

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3 (71), 2023

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2023

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 3 (71), 2023

Groups of specialties:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologies

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2023

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 3 (71), 2023

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485**

№ 3 (71), 2023

Specialty groups:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologie

ИЗВЕСТИЯ

Нижневолжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 3 (71), 2023

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19.02.2010 г. № 686 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук. Журнал индексируется в международных информационных системах **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**.

Официальный партнер международной организации **DOI Foundation (IDF)**, международной Ассоциации **Publishers International Linking Association (PILA)**, международного регистрационного агентства **CrossRef**.

Главный редактор:

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 3 (71), 2023

According to the decision of Presidium of Higher certifying commission of Ministry of Education and science of Russia in 19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of leading peer-reviewed journals and issues where candidate and doctoral degree thesis basic scientific results can be published.

The journal is indexed in the International Information Systems **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**. Official partner of the International Organization **DOI Foundation (IDF)**, **The Publishers International Linking Association (PILA)**, and The International Registration Agency **CrossRef**

Editor-in-Chief:

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products

Deputy Editors-in-Chief:

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Head. Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary, Volgograd State Agrarian University

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь Волгоградского ГАУ

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева
<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

Каштанова Е.Г., доктор, профессор, декан факультета с.х., экотрофологии и ландшафтного развития, Анхальтский университет прикладных наук, г. Бернбург
<https://www.hs-anhalt.de/en/university/service/directory-of-people/prof-dr-elena-kashtanova.html>

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsnb.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)
<http://nasb.gov.by/rus/members/>

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief – Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Deputy Editor in Chief:

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, head of the Center for Scientometrics Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kashtanova E.G., Doctor, Professor, Dean of the Faculty of Agriculture, Ecotrophology and Landscape Development, Anhalt University of Applied Sciences, Bernburg

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН,
научный руководитель Всероссийского
НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

Петрович Милан, доктор биотехнических (сельскохозяйственных) наук, профессор, зам. директора по науке, Институт животноводства, г. Белград, Земун (Сербия)

Рулев А.С., академик РАН, гл. науч. сотрудник,
Всероссийский НИИ орошаемого земледелия
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

Сейдави Алиреза, доктор наук, профессор кафедры кормления с.-х. животных факультета зоотехнии, гл. редактор Иранского журнала прикладной зоотехнии, Директор подразделения по науке и технологиям Исламского университета Азад, Раштский филиал (Иран)

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Сулаймонов Б.А., академик АН РУз, доктор биологических наук, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, г. Ташкент (Узбекистан)
<http://agriculture.uz/ru.php?scientists/detail/28>

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия)
<http://english.ke.hu/university/managing-board>

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf>

Шеварлич Миладин М., доктор агроэкономических наук, профессор экономики сельского хозяйства и кооперативов, заведующий кафедрой экономики сельского хозяйства и рынка Белградского университета, председатель Общества агроэкономистов Сербии (Сербия)
<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/miladin-sevarlic-eng.pdf>

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сената Чешского земледельческого университета в Праге
<http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39>

Щедрин В.Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)
<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich->

Melikhov V.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Petrovich Milan, Doctor of biotechnical (agricultural sciences), Professor, deputy Director for Science, Institute of Livestock, Belgrade, Zemun (Serbia)

Rulev A.S., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Officer All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture

Seidavi Alireza, Doctor of Science, Professor of the Department of Farm Animal Feeding of the Faculty of Animal Science, Editor-in-Chief of the Iranian Journal of Applied Animal Science, Director of the Science and Technology Division of the Islamic Azad University, Rasht Branch (Iran)

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Sulaimonov B.A., academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of Biological Sciences, Rector of the Tashkent State Agrarian University, Tashkent (Uzbekistan)

Savaii Ferenc, Professor, Doctor, Rector of Kaposvar University (Hungary)

Shagovnovich Dragan A., Director of the Institute of Economics, Belgrade (Serbia)

Shevarlich Miladin M., Doctor of Agricultural Economics, Professor of Agricultural Economics and Cooperatives, Head of the Department of Agricultural Economics and Market, University of Belgrade, Chairman of the Society of Agro-Economists of Serbia (Serbia)

Shilerova Edith, Ph.D., member of the Academic Senate of the Czech Agricultural University in Prague

Shchedrin V.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Редакционная коллегия научного журнала

4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Егорова Г.С., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Филин В.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Editorial Board of the Scientific Journal

4.1. Agronomy, forestry and water management

4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)

Dubenok N.N., Academician of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Egorova G.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

4.1.3. Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

Filin V.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

Тютюма Н.В., член-корреспондент РАН, профессор РАН, доктор сельскохозяйственных наук, директор ПАФ НЦ РАН

Петров Н.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агробiotехнологий, Волгоградский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)

Овчинников А.С., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Мелихов В.В., член-корреспондент РАН, научный руководитель Всероссийского НИИ орошаемого земледелия
<http://vniioz.ru/institut/sotrudniki.shtml>

Ходяков Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)

Лихачевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь, Волгоградский ГАУ

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences)

Tyutyuma N.V., corresponding member of RAS, Professor of RAS, Doctor of Agricultural Sciences, Director of PAF SC RAS

Petrov N.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (agricultural sciences)

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State Agrarian University

Dubenok N.N., Academician of the of the RAS, member of the Bureau of the Branch of the RAS, Russian State Agrarian University named after Timiryazev

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Melikhov V.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Scientific Leader of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture

Khodyakov E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (technical sciences)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Bocharnikov V.S., Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary of the Volgograd State Agrarian University

Васильев С.М., доктор технических наук, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации

Ахмедов А.Д., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Пахомов А.А., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)

Иванцова Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский госуниверситет

Рулев А.С., академик РАН, гл. научн. сотр. Всероссийский НИИ орошаемого земледелия <http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

Кулик А.К., кандидат сельскохозяйственных наук, ФНЦ Агроэкологии РАН

Проездов П.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Саратовский ГАУ

Подковыров И.Ю., доктор сельскохозяйственных наук, Всероссийский НИИ фитопатологии, г. Москва

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

Племяшов К.В., член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, ректор ФГБОУ ВО «СПбГУВМ», Санкт-Петербург

Стекольников А.А., академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Беларусь)

Рыжкова Г.Ф., доктор биологических наук, профессор, Курская ГСХА им. Иванова И.И.

Vasiliev S.M., Doctor of Technical Sciences, Russian Research Institute for Problems of Land Reclamation

Akhmedov A.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Pakhomov A.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.1.6 Forest science, silviculture, agroforestry, landscaping, forest pyrology and inventory (agricultural sciences)

Kulik K.N., Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation RAS

Ivantsova E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University

Rulev A.S., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Officer All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture

Kulik A.K., Candidate of Agricultural Sciences, National Science Center of Agroecology RAS

Proezdov P.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State Agrarian University

Podkovyrov I.Yu., Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow

4.2. Animal science and veterinary medicine

4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (veterinary sciences)

Plemyashov K.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Yatusovich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Ryzhkova G.F., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy named after Ivanova I.I

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Ряднова Т.А., кандидат биологических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Ryadnova T.A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

Ряднов А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор по НИР, Волгоградский ГАУ

Сухинин А.А., доктор биологических наук, профессор, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

Ryadnov A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Volgograd State Agrarian University

Sukhinin A.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

Ятусевич А.И., академик РАН, доктор ветеринарных наук, ректор Витебской государственной академии ветеринарной медицины (Республика Беларусь)

Сашнина Л.Ю., доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией иммунологии, Всероссийский НИ ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАН

Yatusevich A.I., Academician of RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Belarus)

Sashnina L.Yu., Doctor of Veterinary Sciences, Chief Researcher, Head Laboratory of Immunology, All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Russian Academy of Sciences

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

4.2.4 Private zootechnics, feeding, feed and livestock production technologies (agricultural sciences)

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Мосолов А.А., доктор биологических наук, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Варакин А.Т., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Натыров А.К., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, декан аграрного факультета Калмыцкого государственного университета

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Чамурлиев Н.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

Горлов И.Ф., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, ВНИИплем

Коханов А.П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Ранделин А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Федотов С.В., доктор ветеринарных наук, профессор, Московская ГАВМиБ

Чеходарида Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, Горский ГАУ

Коханов М.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Mosolov A.A., Doctor of Biological Sciences, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Varakin A.T., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Natyrov A.K., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Agrarian Faculty of Kalmyk State University

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Chamurliev N.G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian State University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Breeding

Kohanov A.P., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Randelin A.V., Doctor of Agricultural Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Fedotov S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine

Chekhodaridi F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Gorsky State Agrarian University

Kohanov M.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Сложенкина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, г.н.с. Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Злепкин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Zlepkin D.A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки)

4.2.6. Fisheries, aquaculture and industrial fisheries (agricultural sciences)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, professor, Volgograd State Agrarian University

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

Ранделин Д.А., доктор биологических наук, Волгоградский ГАУ

Randelin D. A., Doctor of Biological Sciences, Volgograd State Agrarian University

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Республика Беларусь)

Зиганшин Б.Г., доктор технических наук, профессор РАН, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, Казанский ГАУ

Успенский И.А., доктор технических наук, профессор, Рязанский ГАТУ

Шапров М.Н., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Фомин С.Д., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Новиков А.Е., доктор технических наук, член-корр. РАН, ФГБНУ ВНИИОЗ, директор

Ряднов А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Борисенко И.Б., доктор технических наук, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, Кубанский ГАУ

Евдокимов А.П., кандидат технических наук, доцент, Волгоградский ГАУ

Дарманиян А.П., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Гапич Д.С., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

Чернуха И.М., академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФНИЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

Likhatsevich A.P., Corresponding Member, National Academy of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Institute of Land Reclamation (Belarus)

Ziganshin B.G., Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation, Kazan State University

Uspensky I.A., Doctor of Technical Sciences, Ryazan State Agrotechnological University

Shaprov M.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Fomin S.D., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Novikov A.E., Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, GNU VNIIOZ, Director

Ryadnov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Borisenko I.B., Doctor of Technical Sciences, Volgograd State Agrarian University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (technical sciences)

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, Kuban State University

Evdokimov A.P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University

Darmanyanyan A.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

Gapich D.S., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

4.3.3. Food systems (biological sciences)

Chernukha I.M., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, V. M. Gorbatoov Food Science Research Center" RAS

Бабински Лазло, профессор, доктор, директор института кормовых и пищевых биотехнологий, Дебреценский университет (Венгрия)
<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

Babinski Lazlo, professor, doctor, director of the Institute of Feed and Food Biotechnology, Debrecen University (Hungary)

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Сложенкина М.И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Slozhenkina M.I., Doctor of Biological Sciences, **Corresponding Member of RAS**, Professor, Director of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Гиро Т.М., доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Giro T.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

Храмова В.Н., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, декан факультета технологии пищевых производств

Khramova V.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Technical University, Dean of the Faculty of Food Production Technology

Золотокопова С.В., доктор технических наук, профессор, Астраханский ГТУ, Ученый секретарь

Zolotokopova S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State Technical University, Scientific Secretary

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

АГРОНОМИЯ, И ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО AGRONOMY AND FORESTRY

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-01

APPLICATION OF THE LOGISTIC FUNCTION IN THE MODELING OF EROSION-SLOPE CATENAE AND BIOPRODUCTIVITY OF AGROGEOSYSTEMS

A. S. Rulev, O. V. Ruleva, G. A. Rulev

*Federal State Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bifu@mail.ru

Received 04.05.2023

Submitted 18.08.2023

Abstract

Introduction. The relevance of this study is related to the need to summarize the material in various fields of research and translate this data into the language of digital models. Understanding the physical essence of the process is of great importance for mathematical modeling of slope ecogeomorphosystems and biological productivity of agrogeosystems the fundamental nature of the diffusion equation underlying these processes. The log function (LF) was chosen for the analytical description of processes, since it satisfies the representations occurring in the catenary complex at different taxonomic levels: micro-, meso-, macro- and mega-organizational landscapes. With the help of LF, the first and subsequent derivatives are relatively easy to calculate, which give ideas about the speed and acceleration of processes. **Materials and methods.** The studies were conducted from 1986 to 2022. **Objects** of research at the south-eastern end of the Volga upland: land use "Kachalinskoe" of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, land use of the Federal State Budgetary Institution VNIIOZ and on the lands of the Zavolzhskaya irrigation system (Volgograd region), as well as rainfed lands in the Mikhailovsky district of the "Ishkin" A.V. The study and modeling of the catenary complex log function was carried out at macro-, meso-levels. **Results and conclusions.** As a result of studies of the features of the spatial distribution of transitional natural zones, a "Method for mapping natural transition zones (ecotones)" was developed and patented. The essence of the patent is the spatial analysis of transition zones in subboreal landscapes by radiation heat flow. The log function described the relationship of $y(x)$ bioproductivity with soil washout (in normalized values) with parameters $a=3.478$; $b=5.948$; $x=0.00001 - 1.0$. The dependence is performed for chestnut soils of light, medium and heavy granulometric composition. The calculation based on the given dependence was performed by finding the first and subsequent derivatives. The logistic function with a high degree of approximation describes the morphometric changes that occur with agricultural crops during the growing season. These include the growth function of agricultural crops; sunflower (variety "Dainty" and hybrid LG-5456), barley ("Medicum 139"), varieties and hybrids of corn. **Conclusion.** LF is universal. With the help of it, it is possible not only to analyze existing events, to predict the development of processes occurring on slope ecogeomorphosystems and in agrocenoses with sufficiently high accuracy.

Key words: logistic function, modeling, erosion-slope catena, bioproductivity, agricultural systems.

Citation. Rulev A. S., Ruleva O. V., Rulev G. A. Application of the logistic function in the modeling of erosion-slope catenae and bioproductivity of agrogeosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 13-21 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-01.

Author's contribution. All authors are directly related to the present study, were directly involved in the laying of field experience. Participated in the execution and analysis of the experiment. All authors of the paper were made aware of the final results for publication.

Conflict of interests. The authors of this publication declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.6:519.22

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ
ЭРОЗИОННО-СКЛОНОВЫХ КАТЕН И БИОПРОДУКТИВНОСТИ
АГРОГЕОСИСТЕМ**

А. С. Рулев, академик РАН, Лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

О. В. Рулева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник

Г. А. Рулев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Актуальность данного исследования связана с потребностью в обобщении материала по разным направлениям исследований и переводе этих данных на язык цифровых моделей. Большое значение для математического моделирования склоновых экоморфосистем и биологической продуктивности агрогеосистем имеет понимание физической сущности происходящего процесса, фундаментального характера уравнения диффузии, лежащего в основе этих процессов. Лог функция (ЛФ) была выбрана для аналитического описания процессов, так как она удовлетворяет представлениям, происходящим в катенарном комплексе на разных таксономических уровнях: микро-, мезо-, макро- и мегаорганизменных ландшафтах. С помощью ЛФ сравнительно легко вычисляются первая и последующие производные, которые дают представления о скорости и ускорении процессов. **Методика.** Исследования проводились с 1986 по 2022 гг. **Объекты** исследований на юго-восточном окончании Приволжской возвышенности: землепользование «Качалинское» ФНЦ агроэкологии РАН, землепользование ФГБНУ ВНИИОЗ и на землях Заволжской оросительной системы (Волгоградская область), а также богарных землях в Михайловском районе КФ «Ишкин А. В.» Изучение и моделирование катенарного комплекса лог-функцией проводилось на макро-, мезоуровнях. **Результаты и выводы.** В результате исследований особенностей пространственного распределения переходных природных зон был разработан и запатентован «Способ картографирования природных переходных зон (экотонов)». Суть патента состоит в пространственном анализе переходных зон в суббореальных ландшафтах по радиационному потоку тепла. Лог функцией была описана связь $y(x)$ биопродуктивности со смывостью почв (в нормированных величинах) с параметрами $a=3,478$; $b=5,948$; $x=0,00001 - 1,0$. Зависимость выполняется для каштановых почв легкого, среднего и тяжелого гранулометрического состава. Расчет на основе заданной зависимости производился через нахождение первой и последующих производных. Логистическая функция с высокой степенью приближения описывает морфометрические изменения, происходящие с сельскохозяйственными культурами за вегетацию. К ним относится ростовая функция сельскохозяйственных культур; подсолнечника (сорт «Лакомка» и гибрид LG-5456), ячмень («Медикум 139»), сорта и гибриды кукуруза. **Заключение.** ЛФ – универсальна. С ее помощью можно не только провести анализ существующих событий, предсказать развитие процессов, происходящих на склоновых экоморфосистемах и в агроценозах с достаточно высокой точностью.

Ключевые слова: эрозионно-склоновые катены, биопродуктивность агрогеосистем, агрогеосистемы.

Цитирование. Рулев А. С., Рулева О. В., Рулев Г. А. Применение логистической функции при моделировании эрозионно-склоновых катен и биопродуктивности агрогеосистем. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 13-21. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-01.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важное значение для математического моделирования склоновых экогеоморфосистем имели работы У. Каллинга [10], А. Шайдеггера [15], А. С. Девдариани [2] и др., применивших для этих целей дифференциальное уравнение параболического типа, или уравнение диффузии, которые признавали фундаментальный характер уравнения. Математически уравнение диффузии является адекватным выражением физической сути процессов диффузии газов (для чего оно и было предложено А. Эйнштейном и откуда получило свое название), теплопроводности и других явлений энергомассообмена. Термин «катена» (от лат. Catena – цепь) впервые был введен в практику почвенных исследований Милном в 1935 г. «закономерное повторение определенной последовательности почвенных профилей в связи с безусловным характером рельефа» [1]. В современной трактовке объектами исследований выступают не отдельные почвы, а сочетания их разновидностей, т.е. хроноряды педокатен, педофитокомбинаций [3].

Для описания и моделирования процессов на склоновых катенах в математике известна логистическая функция, или логиста, лог-функция (ЛФ) или уравнение Ферхюльста-Перла [4, 13]. Форма склона ею аппроксимируется с высокой точностью (не менее 5%). Лог функция была выбрана нами для аналитического описания процессов, происходящих в эрозионно-склоновых катенах, богарных и орошаемых геосистемах. Во-первых, она удовлетворяет априори представлениям, происходящих в катенарном комплексе на разных таксономических уровнях: микро-, мезо-, макро- и мегаорганизменных ландшафтах [9, 12]. Во-вторых, с помощью ЛФ сравнительно легко вычисляются первая и последующие производные, которые дают представления о скорости и ускорении процессов. Кроме того, первая производная логистической функции (уклон), описывающая форму склоновых катен, имеет колоколообразный вид и аналогична диффузионному уравнению.

Материалы и методы. Исследования проводились с 1986 по 2022 гг. Объекты исследований на юго-восточном окончании Приволжской возвышенности: землепользование «Качалинское» ФНЦ агроэкологии РАН, землепользование ФГБНУ ВНИИОЗ и на землях Заволжской оросительной системы (Волгоградская область), а также богарных землях в Михайловском районе КФ «Ишкин А. В.»

Изучение и моделирование катенарного комплекса лог-функцией проводилось на макро-, мезоуровнях. На макроуровне изучался характер связей зональных ландшафтных экотонов, в которых существуют переходные зоны триггерных режимов функционирования – переходов из одного устойчивого состояния в другое («лес» в «степь», «степь» в «пустыню»). То есть происходит бифуркация в зависимости от главного динамического климатического фактора и, в первую очередь, от количества осадков [5, 6].

На мезоуровне катенарного комплекса проводились исследования на эрозионно-склоновых катенах и в орошаемых геосистемах. С помощью лог-функции были проанализированы многолетние данные [7], представленные в виде сигмоид средней урожайности. Характер кривых определялся смытостью почв.

Для анализа кривой использовалась логистическая функция:

$$Y = \frac{Y_{max} - Y_{min}}{1 + e^{a+bx}} - Y_{min} - \text{в натуральных величинах;}$$

$$Y_{\Delta} = \frac{Y_{\phi} - Y_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} = \frac{1}{1 + e^{a+bx}} - \text{в относительных (нормированных),}$$

где Y_{ϕ} , Y_{Δ} , Y_{max} , Y_{min} – соответственно фактическая и нормированная, максимальная и минимальная урожайность сельскохозяйственных культур; $x=0,001 \dots 1,0$; a и b – параметры, определяющие наклон, изгиб и точку перегиба кривой.

Были проведены исследования орошаемых агроценозов. Для упрощения расчетов параметров растений, различающихся размерами, фактические данные нормировали. В относительных единицах период вегетации приравнивался к единице, дни выражались в её долях. Определяли высоту и биомассу кукурузы различных среднеспелых и позднеспелых гибридов, которые описали единой формулой:

$$P_{\Delta} = \frac{P_p}{P_{\max}} = \frac{1}{1 + e^{a-b\tau}},$$

где τ – время вегетации (количество дней в зависимости от культуры, сроков созревания и условий произрастания), e – число Эйлера $\cong 2,71828$ (или основание натуральных логарифмов), a и b – константы, определяющие наклон, изгиб и точку перегиба кривой. При расчете высоты растений: P_p – высота растения в относительных единицах, $P_{\max}$ – максимальная высота растений в конце вегетации.

Результаты и обсуждение. Известен периодический закон [8] географической зональности, устанавливающий связь географических зон с радиационным балансом земной поверхности и радиационным индексом сухости, где отмечается, что внутри каждого широтного пояса существуют соответствие границ природных зон определенным значениям радиационного индекса сухости $IR=R/L_t$, где R – радиационный поток тепла, L – скрытая теплота испарения, g – годовые осадки.

В результате исследований особенностей пространственного распределения переходных природных зон был разработан и запатентован «Способ картографирования природных переходных зон (экотонных)» (Пат. RU №2507602 C1 Р.Ф., МПК G09B 29/00 (2006.01). Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В., Рулев Г. А. Заявка 21.08.2012; опубл. 20.02.2014.). Суть патента в пространственном анализе переходных зон в суббореальных ландшафтах по радиационному потоку тепла. Для математического описания изменения значения радиационного потока тепла по географической широте удобнее пользоваться нормированными величинами. При этом максимальное и минимальное значение радиационного потока тепла на суше принимаются соответственно 1 и 0. За ноль нормированного широтного диапазона принята широта 90^0 , а за единицу широта 0^0 (экватора).

Установлено изменение значения радиационного потока тепла по географической широте на суше для основных географических зон, характер, которого может быть описан логистической зависимостью:

$$R = \frac{2,81}{1 + 0,72 \exp(-4,25 - 8,51x)} + 0,28,$$

где 2,81 – коэффициент радиационного баланса, ГДж/м² год; 8,51 – коэффициент зональности; 0,28 – минимальный годовой радиационный поток тепла, ГДж/м² год.

Анализ показал, что кривая функции радиационного потока тепла имеет точку перегиба, соответствующую максимуму первой производной, в момент перехода возрастающей в убывающую скорость процесса, определяемого по первой производной $R'(x)$.

Анализ производных позволяет установить границы и величину диапазонов, определяемых значимыми изменениями радиационного потока тепла, по географической широте.

Первая производная $R'(x)$ определяет скорость изменения радиационного потока тепла и имеет максимум, характеризующий её переход от нарастания к убыванию, что позволяет установить широтный центр северной глобальной катены, который равен $48,6^0$ с.ш.

Значения географической широты в точках экстремумов второй производной от $34,2^0$ до $62,1^0$ северной широты задают границы глобального экотона глобальной катены. Вторая производная $R''(x)$ показывает ускорение процесса и в точке перегиба

функции $R(x)$ вторая производная равна нулю. Она достигает максимума и минимума в точках перегиба функции $R'(x)$. Значение широты в точках экстремумов соответствуют границам зоны перехода.

Третья производная $R''(x)$ и последующие используются для выделения ландшафтных экотонов различного пространственного уровня, так как устанавливают географические координаты точек с параметрами, характеризующими изменения радиационного потока тепла на суше в плане переходов «возрастание – 0 – убывание». Анализ последующих производных дает возможность определить центры и границы локальных экотонов географических зон. Таким образом, выявлена закономерность «положение экотонов в ландшафтах, определяемая производными логистической функции».

$$R = \frac{A}{1 + 0,72 \exp^{4,25 - Bx}} + C,$$

Аналогичной лог-функцией была описана связь $y(x)$ биопродуктивности со смываемостью почв (в нормированных величинах) с параметрами $a=3,478; b=5,948; x=0,00001 - 1,0$. Зависимость выполняется для каштановых почв легкого, среднего и тяжелого гранулометрического состава. Расчет на основе заданной зависимости производился через нахождение первой и последующих производных. Эсобразная зависимость имеет точку перегиба, соответствующую максимуму первой производной, в момент перехода возрастающей скорости процесса в убывающую. Первая производная характеризует скорость процесса снижения урожайности. Вторая производная от лог-функции характеризует ускорение процесса (изменение скорости убывания урожайности). В точке перегиба функции $y(x)$ вторая производная равна 0. Она достигает максимума и минимума в точках перегиба функции $y'(x)$. Для вычисления значений экстремумов находят третью производную, которая в точках перегиба обращается в нуль.

При компьютерной обработке значения $y_{\max}$ и $y_{\min}$ задавались соответственно больше и меньше ожидаемых, а поиск параметров осуществлялся методом последовательного приближения. Вычислялись расчетные значения урожайности y_p и находились относительные ошибки, которые обычно были в пределах нескольких процентов, что свидетельствует о высокой точности логистического приближения. Ошибки вычислялись по следующей формуле:

$$E = \frac{y_p - y_{\Delta}}{y_{\Delta}} \cdot 100\%.$$

Помимо этого, логистическая функция с высокой степенью приближения описывает морфометрические изменения, происходящие с сельскохозяйственными культурами за вегетацию [11]. К ним относится ростовая функция многих сельскохозяйственных культур. Нами были описаны высота подсолнечника (сорт «Лакомка» и гибрид LG-5456), ячмень («Медикум 139») [7], сорта и гибриды кукуруза [14]. Для всех культур формула имела вид:

$$H_p = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{1 + e^{a - bt}} + H_{\min},$$

где $H_{\min}$ – высота растения в начале вегетации, см (при $t=0$, $H_{\min}=0$), при $H_{\max}$ – максимальная высота растений, см, t – число дней вегетации, e – основание натуральных логарифмов, a и b – константы, определяющие наклон, изгиб и точку перегиба кривой (рисунок 1).

Расстояния на поле определяли по трансекте от лесной полосы (Lh). Лесная полоса плотной конструкции 10 метров (H) из вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) и ясеня зеленого (*Fraxinus pennsylvanica* Marsh).

На основе физиологических особенностей сорта и гибридов были построены модели зависимости периода созревания подсолнечника от среднесуточных и эффективных температур воздуха и минимальных ночных температур почвы для мониторинга

га и прогноза развития культур, которые также аппроксимируются лог-функцией. Для анализа состояния подсолнечника выделили 3 активных фазы, связанные с температурными показателями (таблица 1, рисунок 2).

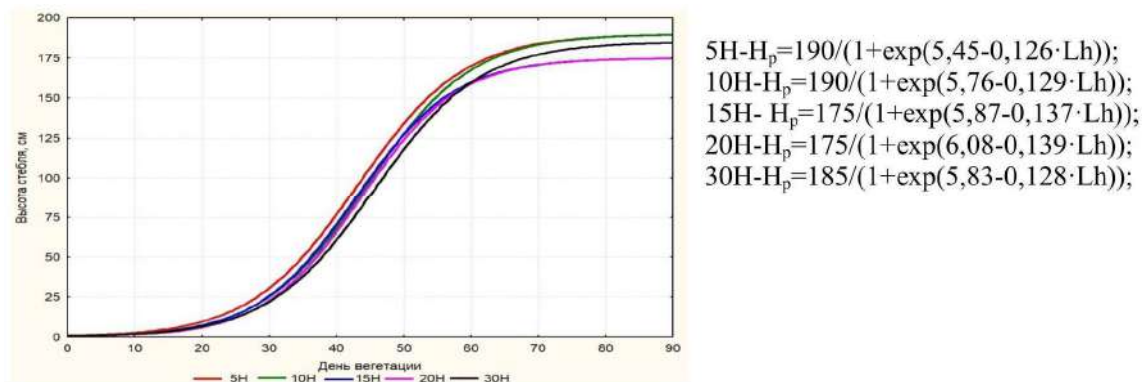


Рисунок 1 – Модель высоты подсолнечника за период вегетации (2018 г.)

Figure 1 – Sunflower height model for the growing season (2018)

Таблица 1 – Продолжительность фаз развития и роста подсолнечника разных гибридов и сортов в зависимости от среднесуточной температуры воздуха при разных сроках сева
Table 1 – The duration of the phases of development and growth of sunflower of different hybrids and varieties, depending on the average daily air temperature at different sowing dates

Дата посева	гибрид, сорт	I		II		III		IV	
		T _{ср}	N	T _{ср}	N	T _{ср}	N	T _{ср}	N
01.06.2016	LG-5456	17,1	15	24,6	20	24,7	17	30	24,1
13.05.2017	LG-5456	15,1	31	20,1	27	23,7	27	25	23,0
30.05.2018	«Лакомка»	18,1	20	25,8	23	23,8	19	30	21,1

* I – формирование корневой системы; II – III – активный рост; IV – урожай;

T_{ср} – среднесуточная температура воздуха, °C; N – число дней

* I – formation of the root system; II – III – active growth; IV – harvest;

T_{sr} – average daily air temperature, °C; N – number of days

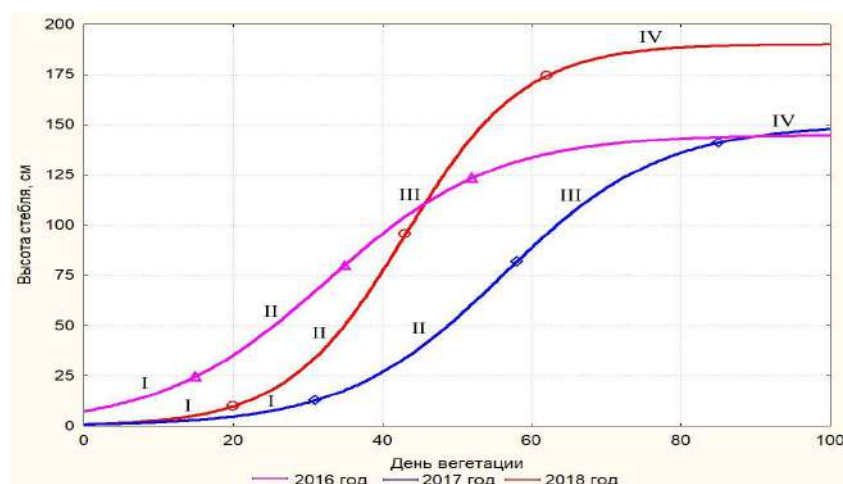


Рисунок 2 – Графическая модель связи фаз развития подсолнечника с ростовой функцией логистического вида $H=H_{\max}/(1+\exp(a-b \cdot L_h))$

I – формирование корневой системы; II – III – активный рост; IV – урожай

Figure 2 – Graphical model of the relationship of sunflower development phases with the growth function of the logistic type $H=H_{\max}/(1+\exp(a-b \cdot L_h))$

I – root system formation; II – III – active growth; IV – yield

Данное уравнение можно привести к общим показателям и представить в нормированных величинах. Чтобы сравнить культуры, различающиеся периодом вегетации, их показатели приравнивают 1, соответственно дни выражаются в её долях.

$$H_{\Delta} = \frac{H_p - H_{\min}}{H_{\max} - H_{\min}} = \frac{1}{1 + ce^{-bt}},$$

при $H_{\min} = 0$
$$H_{\Delta} = \frac{H_p}{H_{\max}} = \frac{1}{1 + ce^{-bt}},$$

где $c = e^a$

Скорость роста (приращение по высоте растений в зависимости от расстояния по трансекте-катене) определяется как первая производная от логистической функции. Нахождение второй и последующих производных для растений не имели физического смысла, поэтому не применялись.

Заключение. Итак, были проанализированы процессы, происходящие на эрозионно-склоновых агрокатенах, в орошаемых и богарных геосистемах за период вегетации при развитии сельскохозяйственных культур. Все эти процессы удовлетворяют априорным представлениям о развитии процесса, дают удовлетворительное приближение при относительно малом числе подбираемых параметров, позволяют получать уравнения развития растений в экосистеме для расчетов высоты, биомассы, фотосинтетического потенциала, суточных приростов, что упрощает изучение продуктивности биocenозов, позволяет использовать для создания моделей по изучению факторов деградации ландшафтов. С помощью логистической зависимости можно не только дать анализ существующих событий, но и предсказать развитие почвенно-мелиоративных систем в будущем с достаточно высокой точностью.

Conclusions. So, the processes occurring on erosion-slope agrocathenes, in irrigated and rain-fed geosystems during the growing season during the development of agricultural crops were analyzed. All these processes satisfy a priori ideas about the development of the process, give a satisfactory approximation with a relatively small number of selected parameters, allow us to obtain equations of plant development in the ecosystem for calculating height, biomass, photosynthetic potential, daily increments, which simplifies the study of the productivity of biocenoses, allows us to create models for studying the factors of degradation of landscapes. With the help of logistic dependence, it is possible not only to analyze existing events, but also to predict the development of soil reclamation systems in the future with sufficiently high accuracy.

Библиографический список

1. Грегори К. География и географы: Физическая география. М. Прогресс, 1988. 384 с.
2. Девдариани А. С. Вклад Западной Европы, США и СССР в изучение рельефа поверхности Земли математическими методами // Рельеф Земли и математика. М. Мир. 1981. 253 с.
3. Лисецкий Ф. Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. Белгород, 2000. 302 с.
4. Московкин В. М., Журавка А. В. Пьер Франсуа Ферхюльст – забытый первооткрыватель закона логистического роста и один из основателей экономической динамики // Оригинальные исследования: науч.-практ. электрон. журн. 2020. Т. 10. № 7. С. 207-218.
5. Панов В. И. Ландшафтно-географическая методология (географический принцип В. В. Докучаева) ресурсного управления и преобразования степного незащищенного агроландшафта в улучшенный природоподобный противоэрозионный агроландшафт лесостепного типа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (3). С. 511-528.
6. Рулев А. С., Юфев В. Г. Термодинамика и моделирование переходных зон в агро-геосистемах // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса. 2016. № 2 (42). С. 34-40.
7. Рулев А. С., Рулева О. В., Овечко Н. Н. Универсальность логистической функции при моделировании прогноза развития природных и антропогенных систем // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 5. С. 67-70.

8. Рулев А. С., Юфев В. Г. Геоинформационное картографирование переходных природных зон (эктонов) // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «География». 2014. Т. 27 (66). № 2. С. 163-169.

9. Biswajit Bera, Soumik Saha, Sumana Bhattacharjee Forest cover dynamics (1998 to 2019) and prediction of deforestation probability using binary logistic regression (BLR) model of Silabati-watershed, India. 2020.100034 .

10. Culling W. E. H. Analytical theory of erosion // J. Geol. 1960. Vol. 68. № 3.

11. Genetic analysis of the seed dehydration process in maize based on a logistic model / Shuangyi Yin, Jun Liu [et al.]. 2019. No 06. P. 011.

12. Logistic model outperforms allometric regression to estimate biomass of xerophytic shrubs / Ma, Chuan Yuan, Jiayu Zhou, Yan Li, Guangyao Gao, Bojie Fu. 2021. 108278.

13. Optimisation of Logistic Model Using Geographic Information Systems: A Case Study of Biomass-based Combined / Jixianghang, Xiaolei Zhang [et al.] // Heat&Power Generationin China https. 2022.100060.

14. Ruleva O. V., Rulev G. A. Relationship Between Air Temperature and Maize Growth Function // Anthropogenic transformation of geospace: Nature, Economy, Society: Advances in Engineering research. Proceeding of IV international Scientific and Practical Conference. 2019. P. 253-256.

15. Scheidegger A. E. Theoretical geomorphology. Berlin: Heidelberg, 1970. 435 p.

References

1. Gregory C. Geography and geographers: Physical geography. M.: Progress, 1988. 384 p.

2. Devdariani A. S. Contribution of Western Europe, the USA and the USSR to the study of the relief of the Earth's surface by mathematical methods // Relief of the Earth and mathematics. M.: Mir, 1981. 253 p.

3. Lisetsky F. N. Space-time organization of agroland shafts. Belgorod, 2000. 302 p.

4. Moskovkin V. M., Zhuravka A. V. Pierre Francois Ferhulst - the forgotten discoverer of the law of logistic growth and one of the founders of economic dynamics // Original research: scientific-practical. electron. magazine. 2020. V. 10. № 7. P. 207-218.

5. Panov V. I. Landscape and geographical methodology (geographical principle of V. V. Dokuchaev) resource management and transformation of the steppe unprotected agroland shaft into an improved nature-like anti-erosion agroland shaft of the forest-steppe type // Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. V. 20. № 2 (3). P. 511-528.

6. Rulev A. S., Yuferev V. G. Thermodynamics and modeling of transition zones in agrogeosystems // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy complex. 2016. № 2 (42). P. 34-40.

7. Rulev A. S., Ruleva O. V., Ovechko N. N. Versatility of the logistic function in modeling the forecast of the development of natural and anthropogenic systems // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2015. № 5. P. 67-70.

8. Rulev A. S., Yuferev V. G. Geo-information mapping of transitional natural zones (ecotons) // Scientific notes of the Tauride National University named after V. I. Vernadsky. Geography series. 2014. V. 27 (66). № 2. P. 163-169.

9. Biswajit Bera, Soumik Saha, Sumana Bhattacharjee Forest cover dynamics (1998 to 2019) and prediction of deforestation probability using binary logistic regression (BLR) model of Silabati-watershed, India. 2020.100034 .

10. Culling W. E. H. Analytical theory of erosion // J. Geol. 1960. Vol. 68. № 3.

11. Genetic analysis of the seed dehydration process in maize based on a logistic model / Shuangyi Yin, Jun Liu [et al.]. 2019. No 06. P. 011.

12. Logistic model outperforms allometric regression to estimate biomass of xerophytic shrubs / Ma, Chuan Yuan, Jiayu Zhou, Yan Li, Guangyao Gao, Bojie Fu. 2021. 108278.

13. Optimisation of Logistic Model Using Geographic Information Systems: A Case Study of Biomass-based Combined / Jixianghang, Xiaolei Zhang [et al.] // Heat&Power Generationin China https. 2022.100060.

14. Ruleva O. V., Rulev G. A. Relationship Between Air Temperature and Maize Growth Function // Anthropogenic transformation of geospace: Nature, Economy, Society: Advances in Engineering research. Proceeding of IV international Scientific and Practical Conference. 2019. P. 253-256.

15. Scheidegger A. E. Theoretical geomorphology. Berlin: Heidelberg, 1970. 435 p.

Информация об авторах

Рулев Александр Сергеевич

, академик РАН, Лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), ORCID:0000-0001-6152-288X, e-mail:AS_Rulev@vniioz.ru

Рулева Ольга Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), тел: 8(8442)-60-24-29, ORCID: 0000-0002-7343-4227, e-mail:ov_ruleva@vniioz.ru

Рулев Глеб Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), ORCID: 0000-0002-5815-0448, e-mail:g.heroes@yandex.ru

Authors Information

Rulev Alexander Sergeevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Laureate of the Prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, Doctor of Agricultural Sciences, Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, (9 Timiryazev St., Volgograd, 400002), ORCID: 0000-0001-6152-288X, e-mail: AS_Rulev@vniioz.ru

Ruleva Olga Vasilyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, (9 Timiryazev St., Volgograd, 400002), ORCID: 0000-0002-7343-4227, tel: 8(8442)-60-24-29, e-mail: ov_ruleva@vniioz.ru,

Rulev Gleb Alexandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, (9 Timiryazev str., Volgograd, 400002), ORCID: 0000-0002-5815-0448, e-mail: g.heroes@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-02

EFFECTIVENESS OF IRRIGATION AND MINERAL NUTRITION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CHIPS POTATO VARIETY IN THE SOUTH OF RUSSIA

A. D. Akhmedov, Y. V. Kuznetsov, G. S. Egorova, S. M. Grigorov, I. A. Gushchina

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: askar-5@mail.ru

Received 08.06.2023

Submitted 18.08.2023

Summary

This article analyzes the growth and development of the potato chips variety depending on the levels of pre-irrigation soil moisture and the dose of mineral nutrition by modern sprinkler equipment in the south of Russia. It has been proven that the combined use of the studied factors has a positive effect on the increase in the area of the leaf surface of early potatoes during the growing season. All this makes it possible to obtain the yield of potato chip variety "BP 808" from 15 to 25 t/ha.

Abstract

Introduction. For the growth and development of potatoes in modern conditions, it is necessary to develop science-based technologies for the cultivation of this crop. In this regard, sprinkling is of particular interest, allowing to establish the optimal combination of irrigation regime and mineral nutrition of early potatoes to obtain productivity at the level of 15, 20, 25 t/ha. **Object.** The object of research was the medium-early chip potato variety "BP 808". **Materials and methods.** Annually for four years (2018-2021) at the pilot production site at the Limited Liability Company «AGRO-PROGRESS», according to the generally accepted recommendations of B.A. Dospekhov, V.N. Ple-shakov conducted a two-factor field experiment of spring planting potatoes. Irrigation was carried out with a Valley sprinkler. **Results and conclusions.** In the course of a three-year study, it was found that the growth and development of potato chips respond well to irrigation and mineral nutrition. At the same time, depending on the studied factors during the growing season, the maximum increase in the

area of the leaf surface of early potatoes is formed in the variant with maintaining soil moisture at the level of 70-80% of FMC and applying a dose of N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ fertilizers. As a result, this option ensured the yield of potato chip variety "BP 808" at the level of 25.4 t/ha.

Key words: *sprinkling, water regime of the soil, doses of mineral fertilizers, potato yield, duration of the growing season of potatoes, increase in the area of the leaf surface of early potatoes.*

Citation. Akhmedov A. D., Kuznetsov Y. V., Egorova G. S., Grigorov S. M., Gushchina I. A. Effectiveness of irrigation and mineral nutrition on the growth and development of chips potato variety in the south of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 21-30 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-02.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЧИПСОВОГО СОРТА КАРТОФЕЛЯ НА ЮГЕ РОССИИ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор
Ю. В. Кузнецов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Г. С. Егорова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. М. Григоров, доктор технических наук, профессор
И. А. Гущина, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В данной статье анализируется рост и развитие чипсового сорта картофеля в зависимости от уровня предполивной влажности почвы и дозы минерального питания современной дождевальной техникой в условиях юга России. Доказано, что совместное применение исследуемых факторов положительно влияет на прирост площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период. Все это позволяет получить урожайность чипсового сорта картофеля «BP 808» от 15 до 25 т/га.

Актуальность. Для роста и развития картофеля в современных условиях необходимо разработать научно-обоснованные технологии возделывания данной культуры. В связи с этим особый интерес представляет дождевание, позволяющее установить оптимальное сочетание режима орошения и минерального питания раннего картофеля для получения продуктивности на уровне 15, 20, 25 т/га. **Объект.** Объектом исследований являлся среднеранний чипсовый сорт картофеля «BP 808». **Материалы и методы.** Ежегодно в течение четырёх лет (2018-2021 гг.) на опытно-производственном участке в ООО «АГРО-ПРОГРЕСС» по общепринятым рекомендациям Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова проводился двухфакторный полевой опыт картофеля весенней посадки. Полив проводился дождевальной машиной Valley. **Результаты и выводы.** В ходе трехлетних исследований установлено, что рост и развития чипсового сорта картофеля на поливы и минеральное питание реагирует хорошо. При этом в зависимости от исследуемых факторов за вегетационный период максимальный прирост площади листовой поверхности раннего картофеля формируется на варианте с поддержанием влажности почвы на уровне 70-80 % НВ и с внесением дозы удобрений N₁₉₀P₉₅K₁₄₀. В итоге данный вариант и обеспечил урожайность чипсового сорта картофеля «BP 808» на уровне 25,4 т/га.

Ключевые слова: *дождевание картофеля, водный режим почвы, дозы минеральных удобрений, урожайность картофеля, продолжительность вегетационного периода картофеля, прирост площади листовой поверхности раннего картофеля.*

Цитирование. Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю. В., Егорова Г. С., Григоров С. М., Гущина И. А. Эффективность влияния орошения и минерального питания на рост и развитие чипсового сорта картофеля на юге России. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 21-30. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время в рационе современного человека картофель является одним из главных растительных источников питания. В нём присутствует значительное количество микроэлементов, около 17 % крахмала, жиры, белки, витамины В, А, С, К, РР, а также оптимальное содержание органических и минеральных веществ. В условиях ограниченных ресурсов и посадочных площадей картофеля возникает необходимость интенсификации технологий возделывания картофеля [7-11]. Для этого необходимо оценить особенности влияния режимов орошения и дозы минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность картофеля [2-6]. С точки зрения науки в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области при этом особый интерес представляет дождевание. В связи с этим в течение четырёх лет нами на территории ООО «АГРО-ПРОГРЕСС» Городищенского района Волгоградской области проводились исследования по возделыванию раннего картофеля с применением дождевальной машины Valley (США) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Полив картофеля весенней посадки дождевальной машиной Valley на опытно-производственном участке

Figure 1 – Watering spring planting potatoes with a sprinkling machine «Valley» at the pilot site

Учитывая вышеизложенное целью исследований, результаты которых изложены в данной статье, являлось установление оптимального сочетания режима орошения и минерального питания раннего картофеля на рост и развитие растения при дождевании для получения урожайности на уровне 15, 20, 25 т/га.

Материалы и методики. Двухфакторный полевой опыт проводился в течение 2018-2021 гг. на светло-каштановых почвах Городищенского района Волгоградской области. При проведении исследований применяли в основном рекомендации Б. А. Доспехова и В. Н. Плешакова. Схемой опыта предусматривался первый фактор как фактор А – водный режим почвы, второй фактор как фактор В – дозы минеральных удобрений (таблица 1 и рисунок 2) [1].

Таблица 1 – Варианты полевого опыта при возделывании картофеля «ВР 808» /

Table 1 – Options for field experience in the cultivation of potatoes «ВР 808»

№ варианта	Фактор А	Фактор В	Планируемая урожайность, т/га
1	70 % НВ	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	15
2	80 % НВ	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	20
3	70-80 % НВ	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	25

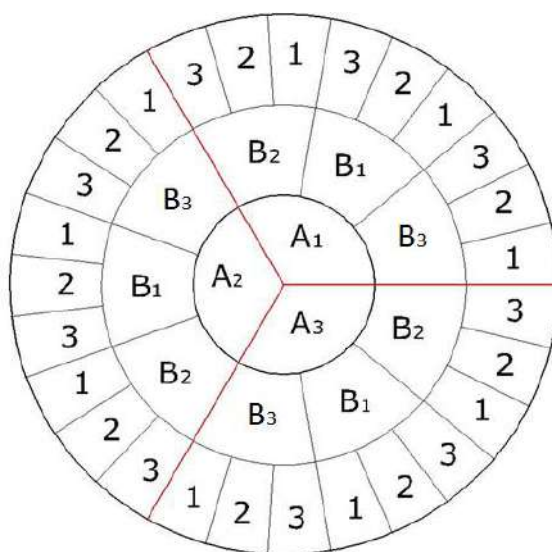


Рисунок 2 – Размещение варианты полевого опыта картофеля весенней посадки дождевальной машиной Valley на опытно-производственном участке

Figure 2 – Placement of field trial variants of spring planted potatoes with a sprinkling machine «Valley» at the pilot site

Показатели фотосинтетической деятельности изучались по методу А. А. Ничипоровича и др. Дозы минеральных удобрений рассчитывались по методу В. И. Филина.

Объектом исследований являлся среднеранний чипсовый сорт картофеля «ВР 808», который имеет массу товарных клубней 80-110 г, содержание крахмала 16-19 %, срок созревания составляет 70-80 дней.

Результаты и их обсуждение. Ежегодно посадки картофеля были произведены во второй декаде мая.

Анализируя полученные данные можно отметить, что продолжительность основных фаз роста и развития раннего картофеля в зависимости от исследуемых факторов по всем вариантам опыта не сильно оказывала влияние на продолжительность вегетационного периода. В целом, от всходов до технической спелости продолжительность вегетационного периода раннего картофеля по вариантам опыта составила от 71 до 77 суток. При этом максимальный вегетационный период в зависимости от предполивной влажности почвы был отмечен на варианте, где применяли дозы минерального питания на уровне N₁₉₀P₉₅K₁₄₀, и составил 75-77 суток. Применение различных доз минерального питания вегетационного периода от всходов до технической спелости увеличивало продолжительность вегетационного периода от двух до четырёх суток (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность вегетационного периода и основных фаз роста и развития раннего картофеля в зависимости от исследуемых факторов (среднее за 2018-2021 гг.)
Table 2 – The duration of the growing season and the main phases of growth and development of early potatoes, depending on the factors studied (average for 2018-2021)

Уровень минерального питания, кг д. в./га	Фазы роста и развития, дней						Всходы – техническая спелость
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Прекращение прироста ботвы	Увядание ботвы	Техническая спелость	
Уровень предполивной влажности почвы 70 % НВ							
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	10	16	8	14	14	9	71
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	10	17	8	15	14	9	73
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	10	18	8	15	15	9	75
Уровень предполивной влажности почвы 80 % НВ							
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	10	17	8	15	13	9	72
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	10	18	8	15	14	9	74
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	10	19	8	16	14	9	76
Уровень предполивной влажности почвы 70-80 % НВ							
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	10	18	8	15	13	9	73
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	10	18	8	16	14	9	75
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	10	20	8	16	14	9	77

Анализируя динамику развития площади листовой поверхности можно отметить, что в зависимости от предполивной влажности почвы и применяемых доз удобрений лучший темп прироста наблюдался в фазы «бутонизация» и «цветение» на варианте N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ и при 70, 80, 70-80 % НВ, что соответственно составил 29,9-38,2; 31,2-38,7; 39,2-40,9 тыс. м²/га. На основе полученных данных установлено, что по рассматриваемым вариантам опыта в фазу «всходы» различные дозы удобрений не оказали существенного воздействия на развитие площади листовой поверхности, который составил 7,9 тыс. м²/га (таблица 3).

Таблица 3 – Нарастание площади листьев по фазам роста и развития раннего картофеля в зависимости от исследуемых факторов (среднее за 2018-2021 гг.)
Table 3 – Increase in leaf area by growth phases and development of early potatoes depending on the studied factors (average for 2018-2021)

Уровень минерального питания, кг д. в./га	Фазы роста и развития, тыс. м ² /га				
	Всходы	Бутонизация	Цветение	Прекращение прироста ботвы	Увядание ботвы
Уровень предполивной влажности почвы 70 % НВ					
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	7,9	26,1	32,5	34,8	22,9
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	7,9	27,2	34,6	36,4	24,6
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	7,9	29,9	36,8	38,2	26,2
Уровень предполивной влажности почвы 80 % НВ					
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	7,9	27,5	34,4	35,7	24,1
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	7,9	29,4	36,5	37,3	25,8
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	7,9	31,2	38,7	39,6	27,5
Уровень предполивной влажности почвы 70-80 % НВ					
N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀	7,9	28,6	35,1	36,2	25,6
N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	7,9	30,5	37,5	38,4	26,9
N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	7,9	32,7	40,9	41,5	28,3

Таким образом, темп прироста площади листовой поверхности в основном формировался в фазы «бутонизация» и «цветение», и в зависимости от исследуемых факторов в среднем за рассматриваемые годы изменились от 26,1 до 32,7 и от 32,5 до 40,9 тыс. м²/га. Далее прирост площади листовой поверхности после окончания фазы «цветение» значительно снижался, однако продолжался до конца периода «прекращение прироста ботвы». По всем вариантам опыта наблюдалось значительное отмирание ботвы в фазу «увядание ботвы».

Анализ полученных данных показывает, что за 2018-2021 гг. в среднем динамика прироста площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период в зависимости от уровня предполивной влажности почвы и различных дозы минерального питания изменяется по-разному (рисунок 3-5).

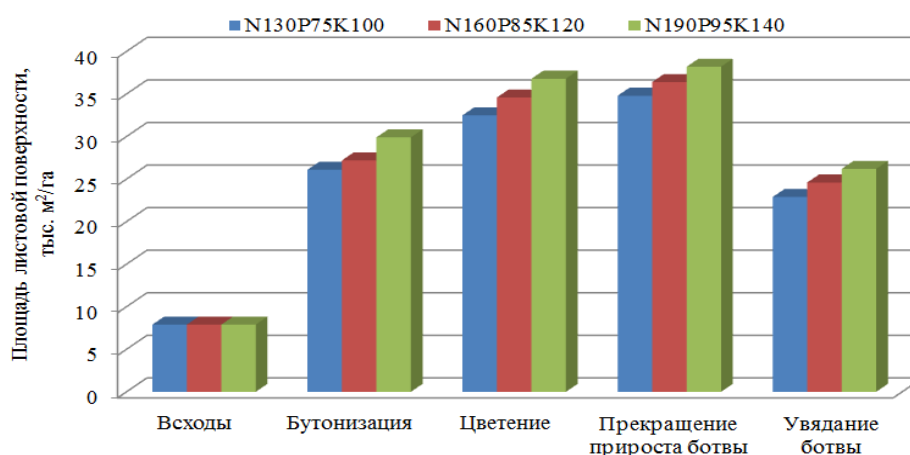


Рисунок 3 – Динамика прироста площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период в зависимости от дозы минерального питания при 70 % НВ в среднем за 2018-2021 гг.

Figure 3 – Dynamics of growth in the area of the leaf surface of early potatoes during the growing season depending on the dose of mineral nutrition at 70% of the lowest moisture resistance on average for 2018-2021

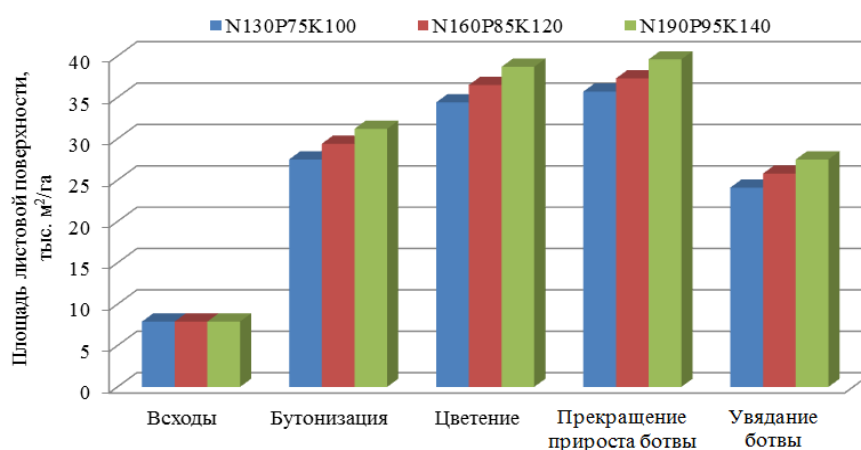


Рисунок 4 – Динамика прироста площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период в зависимости от дозы минерального питания при 80 % НВ в среднем за 2018-2021 гг.

Figure 4 – Dynamics of growth in the area of the leaf surface of early potatoes during the growing season, depending on the dose of mineral nutrition at 80% of the lowest moisture resistance on average for 2018-2021

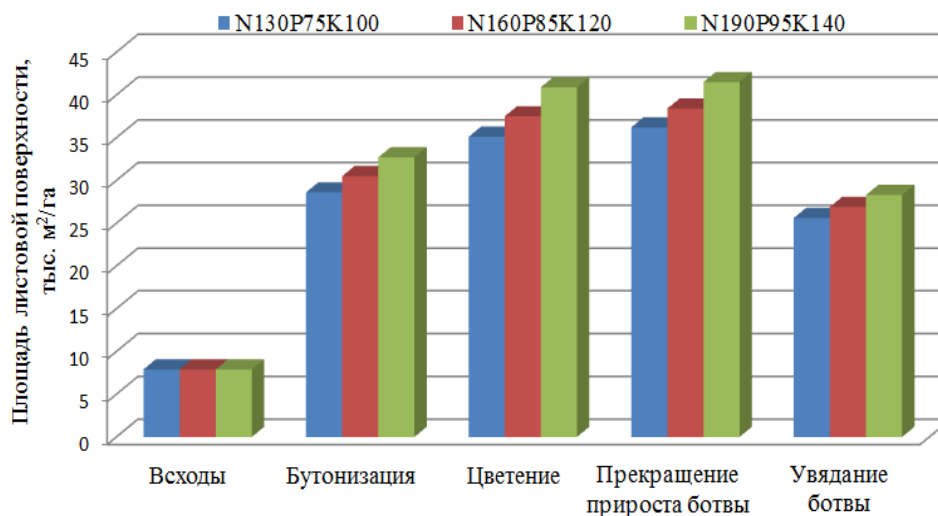


Рисунок 5 – Динамика прироста площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период в зависимости от дозы минерального питания при 70 – 80 % НВ в среднем за 2018-2021 гг.

Figure 5 – Dynamics of growth in the area of the leaf surface of early potatoes during the growing season, depending on the dose of mineral nutrition at 70-80% of the lowest moisture resistance on average for 2018-2021

Анализируя графики 3-5 видим, что максимальный прирост площади листовой поверхности раннего картофеля за вегетационный период в зависимости от дозы минерального питания формируется на варианте N₁₉₀P₉₅K₁₄₀.

На основе полученных результатов исследований установлена эмпирическая зависимость динамики урожайности картофеля от внесения различных доз минеральных удобрений, которая представлена на рисунке 6.

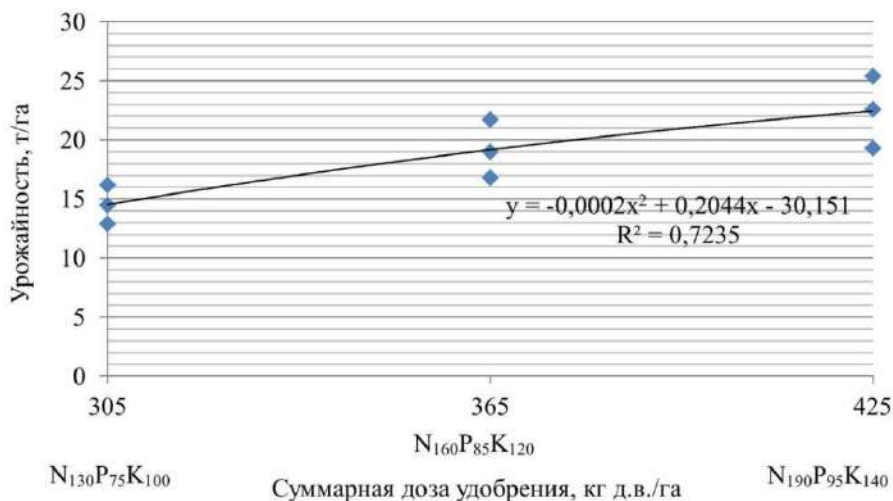


Рисунок 6 – Динамика изменения урожайности картофеля при различных дозах внесения минерального питания, в среднем за 2018-2021 гг.

Figure 6 – Dynamics of changes in potato yield at various doses of mineral nutrition, on average for 2018-2021

В дальнейшем по результатам исследования установлено, что с улучшением режима орошения и уровня минерального питания результаты полученных данных при дождевании подтверждали, что урожайность картофеля значительно возрастала. В

среднем при режиме орошения 70-80 % НВ по всем фонам удобрения сформирована урожайность на уровне 16,2-25,4 т/га, а при 80 % НВ – 14,0-22,6 т/га, или на 4,8 % меньше. При режиме орошения 70 % НВ в указанных вариантах урожайность картофеля составила 12,9-19,3 т/га, что на 2,5 % меньше (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность картофеля в зависимости от орошения и фона питания в среднем за 2018-2021 гг.

Table 4 – Potato yield depending on irrigation and food background on average for 2018-2021

Уровень предполивной влажности почвы, % НВ	Уровень минерального питания, кг д. в./га	Урожайность, т/га	Прибавка урожая к контролю	
			т/га	%
70	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀ (K)	12,9	-	
	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	16,8	3,9	30,2
	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	19,3	6,4	49,6
80	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀ (K)	14,5	-	
	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	19,0	4,5	31,0
	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	22,6	8,1	55,9
80-70	N ₁₃₀ P ₇₅ K ₁₀₀ (K)	16,2	-	
	N ₁₆₀ P ₈₅ K ₁₂₀	21,7	5,5	33,9
	N ₁₉₀ P ₉₅ K ₁₄₀	25,4	9,2	56,8

По результатам исследований установлено, что максимальная урожайность 25,4 т/га картофеля была сформирована при режиме орошения 70-80 % НВ и на фоне минерального питания нормой N₁₉₀P₉₅K₁₄₀.

Таким образом, проведенные на светло-каштановых почвах Волгоградской области исследования с использованием дождевальная машины Valley показали, что применяемые режимы орошения и нормы внесения минеральных удобрений позволяют получать урожайность чипсового сорта картофеля «BP 808» от 15 до 25 т/га.

Заключение. На основе полученных данных можно сделать следующие выводы:

- темп прироста площади листовой поверхности в основном формировались в фазы «бутизация» и «цветение», и в зависимости от исследуемых факторов в среднем за рассматриваемые годы соответственно изменялись от 26,1 до 32,7 и от 32,5 до 40,9 тыс. м²/га;

- максимальная площадь листовой поверхности формировалась на варианте с предполивной влажностью почвы 70-80 % НВ с внесением удобрений дозой N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ и достигала 40,9 тыс. м²/га, которая обеспечивала получение урожайности чипсового сорта картофеля «BP 808» на уровне 25,4 т/га;

- наибольшая прибавка урожая к контролю картофеля обеспечивалась также с предполивной влажностью почвы 80-70 % НВ и на фоне внесения минеральных удобрений нормой N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ и в среднем составила 33,9-56,8 %.

Conclusions. Based on the data obtained, the following conclusions can be drawn:

- the growth rate of the leaf surface area was mainly formed in the phases of "budding" and "flowering", and depending on the factors studied, on average over the years under consideration, respectively, changed from 26.1 to 32.7 and from 32.5 to 40.9 thousand m²/ha;

- the maximum leaf surface area was formed in the variant with pre-irrigation soil moisture of 70-80% of the lowest moisture resistance with the application of fertilizers at a dose of N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ and reached 40.9 thousand m²/ha, which ensured the yield of the chip potato variety "BP 808" at the level of 25.4 tons /ha;

- the greatest increase in yield to potato control was also achieved with pre-irrigation soil moisture of 80-70% of the lowest moisture resistance and against the background of the application of mineral fertilizers at the rate of N₁₉₀P₉₅K₁₄₀ and averaged 33.9-56.8%.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю. В., Гущина И. А. Технология выращивания картофеля дождеванием при весенней посадке // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 32-40.
2. Гонова О. В., Малыгин А. А. Современные подходы к совершенствованию агротехнологий в картофелеводстве // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 2 (66). С. 102-107.
3. Дубенок Н. Н., Болотин Д. А., Фомин С. Д. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 22-28.
4. Новиков А. А. Особенности возделывания картофеля при капельном орошении в Нижнем Поволжье // Картофель и овощи. 2021. № 9. С. 28-32.
5. Плесакачев Ю. Н., Зимина Ж. А., Андросов П. А. Совершенствование технологий возделывания различных сортов картофеля в Северном Прикаспии // Аграрная Россия. 2022. № 5. С. 32-36.
6. Эколого-географическая оценка сортов картофеля отечественной селекции на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / О. Г. Гиченкова, К. А. Родин, А. А. Новиков, Ю. А. Лаптина, Н. А. Куликова // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 1. С. 34-48.
7. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
8. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov, A. Akhmedov, E. Borovoy, S. Milovanov, K. Bondarenko // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. V. 282.
9. Martinez-Romero A., Dominguez A., Landeras G. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 216. P. 164-176.
10. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.
11. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop / A. L. Ribeiro da Silva, H. T. Bisciaia, L. Hashiguti [et al.] // Vadose Zone Journal. 2018. Vol. 17. I. 1. 180077.

References

1. Akhmedov A. D., Kuznetsov Y. V., Gushchina I. A. Technology of potato cultivation by sprinkling during spring planting // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2022. No 3 (67). Pp. 32-40.
2. Gonova O. V., Malygin A. A. Modern approaches to improving agrotechnologies in potato growing // Modern science-intensive technologies. Regional application. 2021. No 2(66). Pp. 102-107.
3. Dubenok N. N., Bolotin D. A., Fomin S. D. Responsiveness of various varieties of potatoes to the water regime of light chestnut soils of the Lower Volga region // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2018. No 4 (52). Pp. 22-28.
4. Novikov A. A. Peculiarities of potato cultivation under drip irrigation in the Lower Volga region // Potatoes and vegetables. 2021. No 9. Pp. 28-32.
5. Pleskachev Yu. N., Zimina Zh. A., Androsov P. A. Improvement of technologies for cultivation of various varieties of potatoes in the Northern Caspian // Agrarian Russia. 2022. No 5. Pp. 32-36.
6. Ecological and geographical assessment of potato varieties of domestic breeding on light chestnut soils of the Lower Volga region / O. G. Gichenkova, K. A. Rodin, A. A. Novikov, Yu. A. Laptina, N. A. Kulikova // Melioration and hydraulic engineering. 2022. V. 12. No 1. Pp. 34-48.
7. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.

8. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov, A. Akhmedov, E. Borovoy, S. Milovanov, K. Bondarenko // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. V. 282.

9. Martinez-Romero A., Dominguez A., Landeras G. Regulated deficit irrigation strategies for different potato cultivars under continental Mediterranean-Atlantic conditions // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 216. Pp. 164-176.

10. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. Pp. 909-913.

11. Soil Water Dynamics of Shallow Water Table Soils Cultivated With Potato Crop / A. L. Ribeiro da Silva, H. T. Biscaia, L. Hashiguti [et all.] // Vadose Zone Journal. 2018. Vol. 17. I. 1. 180077.

Информация об авторах

Ахмедов Аскар Джангир оглы, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Кузнецов Юрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: kuv911@mail.ru

Егорова Галина Сергеевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Григорьев Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) тел. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Гущина Ирина Анатольевна, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: i-gyshina@yandex.ru

Authors Information

Akhmedov Askar Dzhangir ogly, Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Kuznetsov Yuri Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kuv911@mail.ru

Egorova Galina Sergeevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: egorova.g.s.2022@gmail.com

Grigoriev Sergey Mikhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26) tel. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Gushchina Irina Anatolyevna, applicant, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: i-gyshina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-03

RESULTS OF BIOCHEMICAL EVALUATION OF ONION AND BEETS CANTEEN

A. N. Bondarenko, O. V. Kostyrenko

Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»

Astrakhan region, Chernoyarsky district, village of Saline Zaymishche

Corresponding author E-mail: bondarenko-a.n@mail.ru

Received 22.03.2023

Submitted 18.08.2023

Summary

The results of growing canteen beets under conditions of light chestnut soil on drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of a high yield of the studied crop.

Abstract

Introduction. Intensification of vegetable production on irrigated lands of the North-Western Caspian region is possible on the basis of improvement of the entire technological complex and, first of all, it is the prevention of the development of dangerous fungal diseases with the help of mineral fertilizing, optimization of the nutritional regime and protection of plants from weeds. **Object.** Table beet hybrids: Bona, Major, Kestrel; onion variety and hybrid: Kristina, Bayram, Manas F1. **Materials and methods.** For a number of years, the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences has been working to improve zonal technologies for cultivating various varieties and hybrids of table beet and onion. The study material for the canteen beet was complex mineral fertilizers: Aminovite, Zinc, Boron, Magnesium. Herbicides (based on the active substance metribuzin) were used for onions: Goal 2E, CE and Lapis lazuli. **Results and conclusions.** According to the results of studies in 2020...2022, it was found that the studied modern varieties of various breeding are characterized by high potential productivity. High yields of 80.6 t/ha in onions this year were obtained from the Kristina variety on the variant of the joint use of Lazurite+ preparations Aminovite. It was also found that the maximum yield on table beets was achieved in the hybrid Bon F1 47.4 t / ha and Major F1 45.6 t /ha on the variant with non-root treatment with the complex mineral fertilizer Boron. With a lower nitrate content of 48.7...61.6 mg/kg, the Kristina variety was found in the bulbs, which did not exceed the MPC (80.0 mg/kg). Control variants with a maximum value from 1157mg/kg to 1385 mg/kg were identified according to the accumulation of the amount of nitrates in the beet roots of the canteen. The lowest nitrate content was obtained in the hybrid Kestrel F1 1019 mg/kg on the variant with the treatment on the sheet with the complex mineral fertilizer Zinc, which did not exceed the MPC (1400.0 mg/kg).

Key words: onions, beets, onion varieties, beet hybrids, vegetable yields.

Citation. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Results of biochemical assessment of onions and beets of the canteen. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 30-39 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-03.

Author's contribution. All authors of this manuscript directly participated in the bookmark and in the implementation of the scientific experiment.

Conflict of interest. The authors of the article declare that there is no conflict of interest.

УДК 635.25:633.412:632.954:631.8

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЛУКА РЕПЧАТОГО И СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук

О. В. Костыренко, научный сотрудник

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»

Астраханская область, Чернышевский район, с. Соленое Займище

Актуальность. Интенсификация производства овощной продукции на орошаемых землях Северо-Западного Прикаспия возможна на основе усовершенствования всего технологического комплекса, и в первую очередь, это предотвращение развития опасных грибковых заболеваний с помощью минеральных подкормок, оптимизации пищевого режима и защиты растений от сорной растительности. **Объект.** Гибриды свеклы столовой: Бона, Мажор, Кестрел; сорта и гибриды лука репчатого: Кристина, Байрам, Манас F1. **Материалы и методы.** В ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» на протяжении ряда лет ведется работа по усовершенствованию зональных технологий возделывания различных сортов и гибридов свеклы столовой и лука репчатого. Материалом изучения для свеклы столовой послужили комплексные минеральные удобрения: Аминовит, Цинк, Бор, Магний. Для лука репчатого использовались гербициды (на основе действующего вещества метрибузина): Гоал 2Е, КЭ и Лазурит. **Результаты и выводы.** По результатам исследований 2020...2022 гг. было установлено, что изученные современные сорта различной селекции характеризуются высокой потен-

циальной продуктивностью. Высокие показатели урожайности 80,6 т/га у лука репчатого в текущем году были получены у сорта Кристина на варианте совместного использования препаратов Лазурит+Аминовит. Также было установлено, что на свекле столовой максимальная урожайность была достигнута у гибрида Бона F₁ 47,4 т/га и Мажор F₁ 45,6 т/га на варианте с некорневой обработкой комплексным минеральным удобрением Бор. С меньшим содержанием нитратов 48,7...61,6 мг/кг в луковицах оказался сорт Кристина, что не превышало ПДК (80,0 мг/кг). По накоплению количества нитратов в корнеплодах свеклы столовой были выделены контрольные варианты с максимальным значением от 1157 мг/кг до 1385 мг/кг. Наименьшее содержание нитратов было получено у гибрида Кестрел F₁ 1019 мг/кг на варианте с обработкой по листу комплексным минеральным удобрением Цинк, что не превышало ПДК (1400,0 мг/кг).

Ключевые слова: лук репчатый, свекла столовая, сорта лука репчатого, гибриды свеклы столовой, урожайность овощей.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Результаты биохимической оценки лука репчатого и свеклы столовой. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 30-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-03.

Авторский вклад. Все авторы данной рукописи непосредственно участвовали в закладке и в выполнении научного эксперимента.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Наиболее важным направлением в развитии растениеводства является увеличение производства овощной продукции [5, 8, 9, 12].

Решающее место отводится таким овощным культурам, как лук репчатый и свекла столовая [1, 2, 6, 7]. Данная группа культур является необходимым продуктом питания и представляет собой большой практический интерес для аграриев [3, 4]. Объясняется это в первую очередь их высокими пищевыми качествами [10, 11].

В связи с этим, основной целью проводимых исследований послужило – разработка элементов технологии возделывания овощных при капельном способе полива.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- оценить эффективность совместного применения гербицидов и комплексного минерального удобрения, обладающего мощным антистрессовым эффектом воздействия на урожайность лука репчатого;
- провести биохимическую оценку образцов лука репчатого в зависимости от вариантов опыта.

Материалы и методы. В ходе НИР методом расщепленных делянок были заложены два двухфакторных полевых опыта. **Фактор А** – среднепоздние сорта и гибриды лука репчатого: Байрам F₁, Манас F₁, Кристина. **Фактор В** – гербицид Гоал 2Е, КЭ, Лазурит, удобрение Аминовит.

Фактор А гибриды свеклы столовой: Кестрел, Бона и Мажор. Фактор В – комплексные минеральные удобрения: Аминовит, Цинк, Бор и Магний.

Варианты опыта по луку репчатому: В1 – контроль (обработка водой); В2 – Гоал 2Е, КЭ; В3 – Гоал 2Е, КЭ +Аминовит; В4 – Лазурит; В5 – Лазурит + Аминовит.

Варианты опыта по свекле столовой:

1. N₁₂₀P₆₀K₆₀ – Фон (контроль) – опрыскивание водой,
2. N₁₂₀P₆₀K₆₀+Бор. Расход препарата 0,5-1,5 л/га.
3. N₁₂₀P₆₀K₆₀+Цинк. Расход препарата 1-2 л/га.
4. N₁₂₀P₆₀K₆₀+ Магний. Расход препарата 1-2 л/га.

Общая площадь под опытом лука репчатого – 240,0 м². Лук репчатый высевался с использованием овощной сеялки точного посева Schmotzer с одновременной раскладкой капельных лент. Норма посева семян – 1250 тыс.шт./га с расстоянием между семенами в ряду 3-4 см. Схема посева (многорядная).

Полив осуществлялся с использованием системы капельного орошения. Общее содержание внесенных минеральных удобрений, рассчитанных для почвенно-климатических условий Астраханской области с учётом выноса питательных веществ, составило для лука репчатого – $N_{180}P_{60}K_{60}$.

В опыте со свеклой столовой общая площадь составила 1200,0 м². Площадь делянки под сорт – 400,0 м²; площадь делянки под вариантом 100,0 м². Площадь учётной делянки 25,0 м². Посев был осуществлен сеялкой точного высева EarthWay 1001-B.

На культуре лук репчатый проводились обработки от вредителей следующим препаратами: Ланнат СП, Борей Нео СК, Брейк СК, Тайра; от болезней – Экстрасол, Ридомил Голд, Ордан СП, Спирит в соответствии с нормами, рекомендованными товаропроизводителем. Все обработки проводились штанговым опрыскивателем ОН-600 + МТЗ 1021.

В период вегетации свеклы столовой осуществлялись химические обработки от вредителей: свекловичные блошки; свекловичная тля – препаратами Кораген, КС, Брейк в фазу 4..5 настоящий лист. Препаратом Энлиль работали от проволоочника и подгрызающей совки через 2 недели после посева семян и в фазу образования корнеплода. От болезней: фомоз – Метаксил, СП, Раек, КЭ; церкоспороз – Скоростень, РП.

Учет урожайности лука репчатого и свеклы столовой проводился поделочно методом сплошной уборки на всех вариантах по мере технического созревания, осуществляли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур 2015 г., а также согласно Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве, 2018 г.

Результаты и обсуждение. Результат дробного двукратного применения гербицидов в период вегетации существенным образом отразился на урожайности возделываемой культуры, о чем свидетельствуют данные таблицы 1.

Проведенные исследования показали, что в целом, где применялись гербициды в период вегетации лука репчатого, все гибриды и сорт превысили порог урожайности 80,0 т/га. В целом необходимо отметить, что максимальные показатели урожайности были получены на двух вариантах с применением препарата Лазурит и совместного использования двух препаратов гербицида Лазурит и антистрессового стимулятора Аминовит у гибрида Байрам F1 и сорта Кристина.

Показатели урожайности варьировали от 70,6 0 до 80,6 т/га. Высокие значения урожайности 80,6 т/га в текущем году были получены у сорта лука репчатого Кристина на варианте совместного использования препаратов Лазурит+Аминовит (таблица 1). Средняя масса луковицы находилась в диапазоне 105,1...109,5 г.

В ходе проведенных исследований, из всех гибридов за годы изучения, был выделен гибрид Кестрел F1 с высоким уровнем урожайности.

Наиболее продуктивным данный гибрид оказался на варианте при фоновом внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{60}K_{60}$ при совместной некорневой обработке комплексным препаратом Бор.

Урожайность на данном варианте составила 57,0 т/га, при средней массе корнеплода – 221,0 г. Общий сбор с делянки составил 36,5 кг, количество товарных корнеплодов у данного гибрида составило 129 шт. и нетоварных – 36 шт.

Гибриды Бона F₁ и Мажор F₁ были на уровне среднего и немного уступили предыдущему гибриду по показателям урожайности. Максимальная урожайность была получена у гибрида Бона F₁ 47,4 т/га и Мажор F₁ 45,6 т/га на варианте с некорневой обработкой комплексным минеральным удобрением Бор. Общий сбор с делянки у данных гибридов изменялся от 32,0 до 36,3 кг, количество товарных корнеплодов составило 109 шт. у обоих гибридов, нетоварных от 44 до 58 шт. при средней массе корнеплода от 209,0 до 217,0 г (таблица 2).

Таблица 1 – Показатели урожайности лука репчатого в зависимости от вариантов, среднее за 2020...2022 гг.

Table 1 – Indicators of bulb onion yield depending on options, average for 2020... 2022

Гибрид / сорт Hybrid / variety	Вариант / option	Кол-во луковиц с делянки, шт. / Number of bulbs from the plot, pcs.			Общий сбор с делянки, кг / Total plot collection, kg			Средняя масса луковицы, г / Average weight bulbs, g	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
		всего / in total	товарных / commodity	нетоварных / non-commodity	всего / in total	товарной продукции / products	нетоварной продукции / non-commercial products		
Байрам F1 / Byram F1	Контроль / control	390	231	159	43,0	30,0	13,0	109,6	53,8
	Гоал / Goal	350	261	89	50,0	43,5	6,5	143,9	62,5
	Гоал / Goal + Аминовит / aminovite	445	326	119	55,5	46,5	9,0	125	69,4
	Лазурит / lazurite	515	321	194	56,5	45,5	11,0	109,5	70,6
	Лазурит / lazurite + Аминовит / aminovite	575	376	199	60,5	50,5	10,0	105,1	75,6
Кристина / Kristina	Контроль / control	405	256	149	39,5	27,0	12,5	96,3	49,4
	Гоал / Goal	505	331	174	54,5	35,5	19,0	107,7	68,1
	Гоал / Goal + Аминовит / aminovite	520	336	184	56,5	43,5	13,0	108,5	70,6
	Лазурит / lazurite	530	381	149	57,0	46,5	10,5	107,4	71,3
	Лазурит / lazurite + Аминовит / aminovite	595	401	194	64,5	48,5	16,0	108,4	80,6
Манас F1 / Manas F1	Контроль / control	450	281	169	38,0	24,0	14,0	82,8	47,5
	Гоал / Goal	515	331	184	46,5	32,0	14,5	88,5	58,1
	Гоал / Goal + Аминовит / aminovite	545	361	184	49,5	34,0	15,5	90,1	61,9
	Лазурит / lazurite	530	346	184	52,0	41,5	10,5	97,6	65,0
	Лазурит / lazurite + Аминовит / aminovite	560	371	189	57,0	44,5	12,5	101,5	71,3
НСР ₀₅ (A)									11,8
НСР ₀₅ (B)									18,2
НСР ₀₅ (AB)									11,8

Результаты биохимического анализа лука репчатого в зависимости от вариантов листовой обработки, 2020...2022 г. В результате проведенного биохимического анализа луковиц по итогам трех лет изучения было установлено, что максимальное содержание сухого вещества 9,3...10,1% было получено у сорта Кристина и гибрид Манас F1 на варианте совместного использования препаратов Лазурит+Аминовит. По

сумме сахаров 7,1% выделился сорт репчатого Кристина на варианте Гоал+Аминовит и гибрид Манас F1 – 6.4% по аналогичному варианту. С меньшим содержанием нитратов 48,7...61,6 мг/кг в луковицах оказался сорт Кристина (таблица 3).

Таблица 2 – Показатели урожайности свеклы столовой, среднее за 2020... 2022 гг.

Table 2 – Table beet yield indicators, average for 2020... 2022

Гибрид /Hybrid	Вариант / Option	Кол-во корнеплодов с делянки, шт./ Number of root crops from a plot, pcs.			Общий сбор с делянки, кг/ Total harvest from a plot, kg			Средняя масса корнеплода, г / medium root mass, g	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
		Все- го / total	Товар- ных / commo- dity	Него- варных / non- commo- dity	Все- го / total	товар- ной прод. / commo- dity product.	нетовар- ной прод. / Non- commo- dity prod- ucts.		
Кестрел F ₁ / Kestrel F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	142	106	36	25,2	18,8	6,4	177,0	37,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	151	112	39	32,5	24,1	8,4	215,0	48,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	165	129	36	36,5	28,5	8,0	221,0	57,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	174	125	49	36,7	26,4	10,3	211,0	52,8
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	157	118	39	31,7	23,8	7,9	202,0	47,6
Бона F1/Bona F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	127	89	38	23,5	16,5	7,0	185,0	33,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	142	96	46	29,6	20,0	9,6	208,0	40,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	167	109	58	36,3	23,7	12,6	217,0	47,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	159	104	55	33,7	22,0	11,7	212,0	44,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	141	92	49	27,9	18,2	9,7	198,0	36,4
Мажор F1/Major F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	112	73	39	18,9	12,3	6,6	168,0	24,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	145	104	41	29,6	21,2	8,4	204,0	42,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	153	109	44	32,0	22,8	9,2	209,0	45,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	146	107	39	28,9	21,2	7,7	198,0	42,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	135	98	37	25,8	18,7	7,1	191,0	37,4
НСР ₀₅ (A)									0,8
НСР ₀₅ (B)									0,8
НСР ₀₅ (AB)									0,7

Таблица 3 – Биохимический анализ лука репчатого в зависимости от вариантов листовой обработки за 2020...2022 гг.

Table 3 – Biochemical analysis of onions depending on the options of leaf processing for 2020...2022

Гибрид / сорт Hybrid / variety	Вариант/ option	Сухое вещество, % / Dry substance, %	Сумма сахаров, % / Sum of sugars, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg
			На сырое вещество / On raw matter	
Байрам F1 / Byram F1	Контроль/ control	7,9	4,8	61,7
	Гоал/ Goal	9,1	6,0	77,4
	Гоал/ Goal +Аминовит/ aminovite	9,3	6,1	49,2
	Лазурит/ lazurite	8,7	5,9	60,4
	Лазурит/ lazurite + Амино- новит/ aminovite	8,1	5,3	78,5
Кристина / Kristina	Контроль/ control	8,4	5,1	58,6
	Гоал/ Goal	9,0	6,3	61,6
	Гоал/ Goal +Аминовит/ aminovite	9,0	7,1	58,1
	Лазурит/ lazurite	7,4	5,1	76,8
	Лазурит/ lazurite + Амино- новит/ aminovite	9,3	6,5	48,7
Манас F1 / Manas F1	Контроль/ control	7,6	5,1	67,2
	Гоал/ Goal	8,8	5,4	66,0
	Гоал/ Goal +Аминовит/ aminovite	8,0	6,4	64,6
	Лазурит/ lazurite	9,2	6,3	65,9
	Лазурит/ lazurite + Амино- новит/ aminovite	10,1	6,4	63,7
ПДК/среднее содержание / maximum allowable concentration/ average content		До 7	8...12	80

По итогам трехлетнего изучения было установлено, что использование гербицидов в период вегетации не привело к накоплению нитратов в луковицах. Значение данного показателя не превышает ПДК (80 мг/кг) и находится в пределах 49,2...66,0 мг/кг на сырое вещество (таблица 3).

За годы исследований 2020...2022 гг. с максимальными показателями сухого вещества 11,3 и 11,5 % выделились гибриды Мажор F₁ и Кестрел F₁ на варианте с внекорневой обработкой минеральным удобрением Цинк. При этом сумма сахаров у данных образцов оказалась меньше, чем у гибрида Бона F₁. Так, у гибрида Кестрел F₁ сумма сахаров изменялась по вариантам в изучении от 6,0 до 6,8%, у гибрида Мажор F₁ от 6,1 до 7,2%. Гибрид Бона F₁ по сумме сахаров оказался с максимальным значением 7,5% на варианте с листовой обработкой комплексным минеральным удобрением Магний (таблица 4).

По накоплению количества нитратов в корнеплодах по итогам трех лет были выделены контрольные варианты с максимальным значением от 1157мг/кг до 1385 мг/кг. Наименьшее содержание нитратов было получено у гибрида Кестрел F₁ 1019 мг/кг на варианте с обработкой по листу комплексным минеральным удобрением Цинк.

Таблица 4 – Биохимический анализ корнеплодов столовой свеклы, среднее за 2020...2022 гг.
Table 4 – Biochemical analysis of table beet roots, average for 2020...2022

Гибрид / Hybrid	Вариант / Option	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Сумма сахаров, % / Sum of sugars, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg
			На сырое вещество / On the raw material	
Кестрел F1 / Kestrel F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	9,0	6,2	1243
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	10,3	6,5	1085
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	9,8	6,0	1110
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	11,5	6,8	1019
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	9,2	6,3	1196
Бона F1 / Bona F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	9,3	6,6	1157
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	9,9	6,5	1089
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	10,2	6,7	1112
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	10,4	6,3	1298
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	9,7	7,5	1303
Мажор F1 / Major F1	Контроль (без обработки) / Control (without processing)	9,2	6,3	1385
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	9,7	7,0	1358
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	10,1	6,1	1362
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	11,3	7,2	1254
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний / N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	9,8	6,8	1262
ПДК /среднее содержание / MAC/average content		18,3	6,4...7,5	1400,0

Выводы. 1. В целом основные результаты по возделыванию овощных культур доказывают положительное действие усовершенствованных зональных технологий как на урожайность, так и на биохимический состав изучаемых сортов и гибридов лука репчатого и свеклы столовой.

2. Анализ полученных данных свидетельствует о преимуществах использования гербицидов на луке репчатом, что способствует значительному снижению нитратов до 48,7...61,6 мг/кг в луковицах у сорта Кристина, что не превышало ПДК (80,0 мг/кг).

3. В целом наши результаты доказывают положительное влияние комплексных минеральных удобрений на биохимический состав корнеплодов свеклы столовой. При этом по накоплению количества нитратов в корнеплодах свеклы столовой был выделен гибрид Кестрел F₁ с наименьшим содержанием нитратов 1019 мг/кг на варианте с обработкой по листу комплексным минеральным удобрением Цинк, что не превышало предельно допустимую концентрацию (1400,0 мг/кг).

Conclusions. 1. In general, the main results in the cultivation of vegetables prove the positive effect of improved zonal technologies, both on the yield and on the biochemical composition of the varieties and hybrids of onions and beets of the canteen.

2. Analysis of the obtained data indicates the advantages of using herbicides on bulb onions, which contributes to a significant decrease in nitrates to 48.7... 61.6 mg/kg in bulbs in Christina variety, which did not exceed the MAC (80.0 mg/kg).

3. In general, our results prove the positive impact of complex mineral fertilizers on the biochemical composition of canteen beet roots. At the same time, the Kestrel F1 hybrid with the lowest nitrate content of 1019 mg/kg was isolated from the accumulation of the amount of nitrates in the root crops of the table beet, on the version with treatment with Zinc complex mineral fertilizer according to the sheet, which did not exceed the maximum permissible concentration (1400.0 mg/kg).

Библиографический список

1. Берназ Н. И., Ирков И. И. Эффективность гербицидов на посевах лука репчатого (*Allium cepa* L.) // Овощи России. 2023. № 1. С. 87-89.
2. Берназ Н. И., Ирков И. И. Эффективность минимальных норм препарата Гоал 2Е на луке репчатом в однолетней культуре // Картофель и овощи. 2021. № 2. С. 13-15.
3. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Способы применения ростостимулирующих препаратов, направленные на повышение урожайности сортов и гибридов лука репчатого в условиях Астраханской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. Т. 6. № 1 (21). С. 9-17.
4. Долгополова Н. В., Пигорев И. Я. Правильный выбор способа возделывания репчатого лука (*allium cepa* L.) в адаптивно-ландшафтном земледелии // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 78-81.
5. Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия НВ АУК. 2021. № 1(61). С. 161-173.
6. Малхасян А. Б. Влияние гуминовых препаратов на формирование урожая, качество и сохранность столовой свеклы // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 4 (40). С. 76-84.
7. Производственная эффективность выращивания лука репчатого на Нижней Волге / Н. И. Матвеева, В. П. Зволинский, Н. Ю. Петров, В. Ю. Наумов, В. В. Зволинский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (78). С. 95-98.
8. Рак М. В. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 1 (60). С. 180-192.
9. Солдатенко А. В., Меньших А. М., Федосов А. Ю., Ирков Н. И., Иванов М. И. Повышение конкурентоспособности овощных культур к сорным растениям посредством совершенствования методов борьбы // Овощи России. 2022. № 2 (64). С. 72-87.
10. Хизанейшвили Н. Э. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность корнеплодов столовой свеклы, их качество и вынос элементов питания // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. С. 94-98.
11. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // Acta Horticulturae. 2019. Pp. 37-42.
12. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries 2018. Vol. 13. No 3. Pp. 232-240.

References

1. Bernaz N. I., Irkov I. I. Effectiveness of herbicides on onions (*Allium cepa* L.) // Vegetables of Russia. 2023. No 1. Pp. 87-89.
2. Bernaz N. I., Irkov I. I. The effectiveness of the minimum standards of Goal 2Ye on onions in annual culture // Potatoes and vegetables. 2021. № 2. Pp. 13-15.
3. Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Methods of using growth-stimulating preparations aimed at increasing the yield of varieties and hybrids of bulb onions in the conditions of the Astrakhan region // Bulletin of Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences. 2020. V. 6. № 1 (21). Pp. 9-17.
4. Dolgoplova N. V., Pigorev I. Ya. The right choice of the way to cultivate onions (*allium cepa* L.) In adaptive landscape agriculture // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 3. Pp. 78-81.
5. Likhomanova M. A., Solovyova O. A. Influence of irrigation methods on efficiency of vegetable crops cultivation // Izvestia NV AUK. 2021. No 1 (61). Pp. 161-173.
6. Malkhasyan A. B. Influence of Humic Preparations on Crop Formation, Quality and Safety of Beet Table // Dairy Bulletin. 2020. No 4 (40). Pp. 76-84.

7. Production efficiency of bulb onions cultivation on the Lower Volga / N. I. Matveeva, V. P. Zvolinsky, N. Yu. Petrov, V. Yu. Naumov, V. V. Zvolinsky // *Izvestia of the Orenburg State Agrarian University*. 2019. № 4 (78). Pp. 95-98.

8. Rak M. V. Effectiveness of Non-Root Feeding with MicroStim Liquid Micro-Fertilizers in Cultivating Crops on Sod-Podzolic Soils // *Soil Science and Agrochemistry*. 2018. № 1 (60). P. 180-192.

9. Soldatenko A. V., Menshikh A. M., Fedosov A. Yu., Irkov N. I., Ivanov M. I. Increasing the competitiveness of vegetable crops to weeds by improving the methods of wrestling // *Vegetables of Russia*. 2022. № 2 (64). Pp. 72-87.

10. Khizaneishvili N. E. The influence of macro- and microfertilities on the yield of root crops of table beets, their quality and removal of food elements // *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2020. Pp. 94-98.

11. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // *Acta Horticulturae*. 2019. Pp. 37-42.

12. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries* 2018. V. 13. No 3. Pp. 232-240.

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный д. 8), ORCID ID № 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Костыренко Оксана Владимировна, науч. сотр. лаборатории агротехнологий овощных культур, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный д. 8), ORCID ID № 0000-0002-9650-9674, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Authors Information

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Head. laboratory of agrotechnologies of vegetable crops. FGBNU "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (RF, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq.-l Severny, 8), ORCID ID No. 0000-0003-4816-5667, e-mail: pniiiaz@mail.ru

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, sci. sotr. laboratories of agrotechnologies of vegetable crops, FGBNU "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (RF, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq.-l Severny, 8), ORCID ID No. 0000-0002-9650-9674, e-mail: pniiiaz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-04

THE ROLE OF METHODS OF BASIC TREATMENT OF BARE FALLOW IN THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT

A. V. Zelenev¹, N. M. Egorov², P. A. Smutnev³

¹*Federal Research Center «Nemchinovka»
Moscow region, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University*

³*Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Received 13.06.2023

Submitted 14.08.2023

Summary

The article presents the data on the influence of tillage methods and varieties of different selection on field germination, overwintering, preservation of winter wheat plants to harvesting, reserve of productive moisture in the meter soil layer, total water consumption and its coefficients, weediness of crops and crop yield in the conditions of dry steppe zone of chestnut soils of the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. Improvements in winter wheat cultivation technology are inextricably linked to changes in climatic conditions. **Object.** Winter wheat varieties of different breedings were the objects of the research. **Materials and methods.** Investigated methods of main tillage (factor A) – ploughing to the usual depth of 20 – 22 cm PLN-5-35 (control), deep-cleaving at 30 – 32 cm PCHN-2,3P, shallow discing at 12 – 14 cm BDM-3,6x4P and cultivars (factor B) of Rostov selection Ermak (St), Lilit and Volgograd Kamyshanka 6. Cultivation technology is conventional. The rainfall totals in 2019 – 2020, 2020 – 2021 and 2021 – 2022 agricultural years were 284.0; 429.3 and 405.0 mm, respectively. **Results and conclusion.** The field germination of winter wheat varieties in the leached and Lilit varieties by ploughing was good - more than 80 %, in the other variants – satisfactory from 60 to 80 %. Weak stalk thinning after overwintering was observed only for the Ermak standard by discing – more than 25.0 %, in the other variants thinning was imperceptible – less than 25.0 %. The highest retention rate was achieved in Kamyshanka 6 and Lilit, 72.3 and 72.8 % respectively. The highest total water consumption of winter wheat was noted in Lilit and Kamyshanka 6 by cheesemaking, 274.0 and 274.1 mm respectively. The lowest water use coefficient was provided by Lilit for cheesemaking – 69.5 mm/t. The lowest total weed infestation was in Lilit and Kamyshanka 6, 10 and 11 pcs./m², respectively, with perennials of 4 pcs./m² assessed as moderate, with minor infestations of 6 – 8 pcs./m² assessed as weak. The lowest total air – dry weight of weeds was observed in Kamyshanka 6 – 17.5 g/m² and Lilit – 17.0 g/m² by ploughing. The best winter wheat variety in terms of yield was Lilit on a cheesemaking background – 3.94 t/ha.

Key words: variety, method of basic tillage, yield, winter wheat.

Citation. Zelenev A. V., Egorov N. M., Smutnev P. A. The role of methods of basic treatment of bare fallow in the cultivation of winter wheat. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 39-53 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-04.

Author's contribution. All authors were directly involved in the planning, execution or analysis of the research, and also reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

УДК 631.51.01:631.526.32:633.11

РОЛЬ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧИСТОГО ПАРА В ВЫРАЩИВАНИИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А. В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Н. М. Егоров², аспирант

П. А. Смутнев³, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

Московская область, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

³Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и

защитного лесоразведения РАН

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Усовершенствование технологии возделывания озимой пшеницы неразрывно связано с изменениями климатических условий. **Объект.** Объектом исследований служили сорта озимой пшеницы различной селекции. **Материалы и методы.** Исследовали способы основной обработки почвы (фактор А) – вспашку на обычную глубину 20 – 22 см ПЛН-5-35 (контроль), глубокое чизелевание на 30 – 32 см ПЧН-2,3Р, мелкое дискование на 12 – 14 см БДМ-3,6x4П и сорта (фактор В) ростовской селекции Ермек (Ст), Лилит и волгоградской – Камышанка 6. Технология возделывания общепринятая. Сумма осадков в 2019 – 2020, 2020 – 2021 и 2021 – 2022 сельскохозяйственных годах, соответственно, составляла 284,0; 429,3 и 405,0 мм. **Результаты и выводы.** Полевая всхожесть сортов озимой пшеницы при чизелевании и у Лилит по

вспашке была хорошая – более 80 %, в остальных вариантах – удовлетворительная от 60 до 80 %. Слабая изреженность стеблестоя после перезимовки наблюдалась только у стандарта Ермак по дискованию – более 25,0 %, в остальных вариантах изреженность была незаметная – менее 25,0 %. Наибольшая сохранность достигнута по чизелеванию у Камышанки 6 и Лилит, соответственно 72,3 и 72,8 %. Самое высокое суммарное водопотребление озимой пшеницы отмечалось у Лилит и Камышанки 6 по чизелеванию, соответственно 274,0 и 274,1 мм. Самый низкий коэффициент водопотребления обеспечивался у Лилит по чизелеванию – 69,5 мм/т. Наименьшая общая засоренность обеспечивалась по вспашке у Лилит и Камышанки 6, соответственно 10 и 11 шт./м², у них засоренность многолетниками в 4 шт./м² оценивалась средней, малолетними в 6 – 8 шт./м² – слабой. Самая низкая общая воздушно-сухая масса сорняков наблюдалась у Камышанки 6 – 17,5 г/м² и Лилит – 17,0 г/м² по вспашке. Лучшим по урожайности сортом озимой пшеницы был Лилит на фоне чизелевания – 3,94 т/га.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, способы основной обработки почвы, урожайность озимой пшеницы, озимая пшеница.

Цитирование. Зеленев А. В., Егоров Н. М., Смутнев П. А. Роль способов основной обработки чистого пара в выращивании сортов озимой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 39-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-04.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе исследования, а также просмотрели и одобрили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. Фундаментальную роль в урегулировании зернового вопроса Волгоградской области играет высокоурожайная и перспективная озимая пшеница, посевная площадь которой в 2022 г. составила 1,73 млн. га, в 2023 г. – 1,66 млн. га, что свидетельствует о важности региона для этой культуры. Валовой сбор зерновых в 2022 г. составил 7,2 млн. т, из которых 6,0 млн. т составляла озимая пшеница. Как видно, в структуре производства зерна, собранного в Волгоградской области в 2022 г., преобладала озимая пшеница. На ее долю приходилось 83,3 % всего урожая зерновых. Урожайность озимой пшеницы в 2022 г. составила в среднем 2,77 т/га, что было в 2-3 раза больше, чем у яровых зерновых культур [2, 21].

Совершенствование зональных технологий возделывания озимой пшеницы в Нижнем Поволжье тесно связано с происходящими изменениями климатических условий. Адаптивные ее элементы, разработанные в этом контексте, должны быть сформированы таким образом, чтобы лучше соответствовать биологическим потребностям культуры и продуктивно использовать агроклиматические ресурсы. Сложные почвенно-климатические условия, характеризующиеся резкой континентальностью, засушливостью и большими колебаниями метеорологических параметров, обуславливают необходимость внедрения таких технологий в сельскохозяйственное производство региона, которые позволят получать стабильные и высокие урожаи зерновой продукции пшеницы озимой, нарастить почвенное плодородие [5, 18, 20].

Значительное влияние на рост, дальнейшее развитие культурных растений и всех компонентов, образующих полевые агроценозы, оказывает обработка почвы. Однако именно она является самым энерго- и ресурсоемким из всех приемов технологии возделывания озимой пшеницы. Углубление обработанного слоя, разуплотнение подпочвенного горизонта и устранение плотной подошвы, которая образуется в результате регулярной вспашки плугом на одинаковую глубину, обусловлено применением ресурсосберегающей безотвальной обработки почвы чизелем в качестве основной обработки под чистый пар. Влагосберегающие и почвозащитные способы обработки почвы, при которых на поверхности поля остается до 80 % стерни, обеспечиваются использованием чизельных орудий для глубокого рыхления почвы в зоне водной эрозии и дефляции.

Снижение материальных затрат на производство зерна озимой пшеницы, повышение ее урожайности, качества и рыночной стоимости выращенной продукции гарантирует именно безотвальное чизельное рыхление [3, 4].

Введение в сельскохозяйственное подразделение современных, адаптированных к определенной почвенно-климатической ситуации, подающих надежды сортов с большой зимостойкостью и засухоустойчивостью, устойчивостью к вредоносным объектам, приспособленных к агробиологической системе, представляющих собой основу, на которую опираются технологические элементы, составляет одну из главных причин повышения продуктивности озимой пшеницы. В стабильном производстве зерна сорт имеет первостепенное значение. Именно от сорта зависит реакция на способы основной обработки почвы, гибкость к погодным условиям и продуктивность. Для выращивания озимой пшеницы следует использовать только сильные и ценные современные сорта, которые гарантируют повышение урожайности на 30 % [10, 14, 16].

В Волгоградской области в основном выращиваются сорта озимой пшеницы интенсивных степных экотипов ростовской селекции, которые проигрывают по урожайности региональным сортам ввиду негативных метеорологических обстоятельств, однако имеют высокую потенциальную продуктивность. При благоприятных погодных условиях местные сорта лучше адаптируются к региональным стрессам, но по урожайности находятся на одном уровне с ростовскими или ниже их. Поэтому региону необходимы интенсивные местные сорта, которые лучше всего приспособлены к меняющимся погодным условиям и имеют высокий потенциал урожайности [19].

Целью опыта было изучение реакции новых перспективных сортов озимой пшеницы волгоградской и ростовской селекции на способы основной обработки чистого пара в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Научные исследования проводились в полевом зернопаровом трехпольном агроценозе на каштановых почвах в зоне сухой степи Нижнего Поволжья, заложенном на опытных полях крестьянско-фермерского хозяйства «Морозов А. И.» Котельниковского района Волгоградской области в 2019-2022 годах.

Объектом исследований служили сорта озимой мягкой пшеницы различной селекции, а предметом – способы основной обработки почвы, проводимые под пар.

Почвенный покров экспериментального участка представлял собой каштановую почву, по части гранулометрического состава – тяжелый суглинок и наличием гумуса 2,12 % в обрабатываемом слое. В свою очередь, в данном почвенном горизонте содержалось азота по Корнфилду 91,6 – 94,8 мг/кг, фосфора и калия по Мачигину 22,9 – 26,5 мг/кг и 329,6 – 334,2 мг/кг почвы соответственно, что означало очень низкую, среднюю и высокую снабжённость. Пахотная почва имела слабощелочную реакцию почвенного раствора $pH = 7,4$.

Схема стационарного двухфакторного полевого опыта включала варианты:

Фактором А был способ основной обработки почвы, которая выполнялась после уборки ячменя как предшественника под пар чистый.

1) Контрольный вариант, в котором выполнялась на обычную 20 – 22 см глубину плугом ПЛН-5-35 вспашка с переворачиванием почвенного слоя. Данное орудие является лемешным и располагает пятью корпусами по 35 см шириной захвата. Специализируется на основной обработке почвы с переворачиванием верхнего слоя под зерновые культуры на глубину до 30 см.

2) Чизелевание на глубину 30 – 32 см орудием ПЧН-2,3Р. Данный чизельный плуг имеет ширину захвата 2,3 м, является навесным и специализируется на глубоком до 45 см безотвальном рыхлении, углублении обрабатываемого горизонта, разуплотнении почвы,

ликвидации подошвы, которая образуется в результате однообразной обработки плугом. Результативен в районе распространения ветровой и водной эрозии, при использовании почвозащитной и влагосберегающей технологии обработки почвы. Помогает оставить на поверхности поля до 80 % стерневых остатков. Витые плоские стойки, обладающие наклоном к горизонтали с долотообразными наконечниками разработки Bellota (Испания), представляют рабочие органы. С целью крошения и разравнивания поверхностного почвенного горизонта употребляют зубчатый опорный шлейф – каток.

3) Дискование на мелкую 12-14 см глубину дискатором БДМ-3,6х4П. На данном почвообрабатывающем дисковом орудии 3,6 м шириной захвата, устанавливаются наклонно сферические диски в четыре ряда на отдельных стойках. Предопределено, чтобы обрабатывать почву на мелкую глубину до 15 см, мельчить пожнивные остатки, истреблять сорную растительность, равнять рельеф поля, рыхлить почвенный горизонт до посевного состояния, при котором можно было бы высевать сельскохозяйственную культуру и последующим прикатыванием катками. В системе минимальной обработки почвы проявляется эффект.

Фактор В – сорта пшеницы озимой, зачисленные в государственный реестр по 8 Нижневолжскому региону, выведенные в Ростовской и Волгоградской областях.

1) Ермак (St) – селекционирован индивидуальным отбором из гибридной популяции (Донская полуинтенсивная х Олимпия) х Донщина. Разновидность эритроспермум. В Волгоградской области средняя урожайность равняется 1,95 т/га. Сорт среднеранний с вегетационным периодом 228-287 дней. Районирован с 2001 года. Оригинатором служит АНЦ «Донской» г. Зерноград Ростовской области.

2) Камышанка 6 – родословная Харьковская 92 х (Харьковская 92 х Смоленская обильная). Разновидность лютесценс. В Волгоградской области средняя урожайность равняется 2,02 т/га. Сорт среднеранний с вегетационным периодом 268 – 296 дней. Районирован с 2014 года. Оригинатором служит ФНЦ агроэкологии РАН г. Волгоград и п. Госселекстанция Камышинского района.

3) Лилит – родословная (Мироновская 27 х Дон 95) х Донской сюрприз. Разновидность лютесценс. В Волгоградской области средняя урожайность равняется 2,22 т/га. Сорт среднеранний с вегетационным периодом 221 – 296 дней. Районирован с 2016 года. Оригинатором служит АНЦ «Донской» г. Зерноград Ростовской области.

Опыты были заложены по методу Б. А. Доспехова. Варианты размещались в один ярус. Повторность в опыте была четырехкратной.

Технология возделывания озимой пшеницы была распространенной в исследуемом регионе, за исключением изучаемых факторов.

Схема культурооборота в агроценозе: пар чистый – озимая пшеница – яровой ячмень. Пар чистый являлся предшествующей культурой пшеницы озимой. По подготовленной схеме опыта выполняли основную обработку почвы, которая включала предварительное на глубину 6 – 8 см во всех вариантах лущение стерни ЛДГ-10. Зерновой сеялкой СЗ-3,6 сопровождали посев данной культуры в первой декаде сентября при среднесуточной температуре воздуха 17 – 19 °С обычным рядовым способом. 3,0 млн. шт. всхожих семян на 1 га равнялась норма высева. Культиватор паровой КППГ-4 в интересах непрерывной обработки почвы применялся с целью ухода за паром чистым. К трактору ХТЗ-17021 подсоединялись все почвообрабатывающие орудия. Минеральные удобрения дозой Р₆₀К₅₀ разбрасывали перед основной обработкой почвы. Суперфосфат двойной гранулированный дозой Р₁₀₋₁₅ вносили в рядки во время посева на глубину 5 – 7 см. Подкормку азотными удобрениями в виде аммиачной селитры осуществляли дозой N₃₀₋₄₅ рано весной по мерзлоталой почве. От личинок клопа – черепашки в фазу трубкования посевы подвергали обработке с помощью опрыскивателя самоходного Туман-1М и препаратом Кинфос дозой 0,25 л/га.

Во время посева пшеницы озимой в сентябре 2019 года наблюдалась прохладная и умеренно влажная погода. Фактическая температура воздуха составляла 14,3 °С. Осадков за месяц выпало 23,5 мм. Температура почвы на глубине посева озимой пшеницы в слое 5 см составляла 15 °С, в слое 10 см – 14,8 °С. Получение удовлетворительных всходов пшеницы способствовали в сентябре данные метеорологические условия. Теплая температура воздуха в октябре, равная 10,8 °С, и количество осадков в 23,2 мм способствовали хорошему росту, развитию и подготовке к перезимовке растений озимой пшеницы. Перезимовка озимой пшеницы прошла успешно. Март был очень теплым, температура воздуха составляла 4,6 °С. В апреле и мае наблюдалось похолодание до 7,8 и 15,4 °С, соответственно. Осадки в марте выпали около нормы 23,7 мм, в апреле 16,3 мм, а в мае 55,5 мм. Другими словами, весенний вегетационный период для озимой пшеницы был благоприятным для роста и развития культуры. Июнь был прохладным, с температурой 23,2 °С. Количество осадков в этом месяце равнялось 25 мм, что было на 36,7 % ниже среднего значения. В июле выпало аномальное количество осадков – всего 4 мм, но озимая пшеница уже была убрана в первой декаде месяца, поэтому это не сказалось на урожайности культуры, а недостаток влаги во время уборки положительно повлиял на качество ее зерна. В период вегетации озимой пшеницы средняя фактическая температура воздуха составила 16,3 °С, осадков выпало 147,5 мм. Всего выпало в 2019 – 2020 сельскохозяйственном году 284 мм осадков, что на 17,0 % было ниже средних данных, равных 342,2 мм. Среднемноголетнюю величину на 8,9 % превышала температура воздуха и равнялась 9,8 °С.

В сентябре 2020 года во время посева пшеницы озимой погода была очень сухой и прохладной. Температура воздуха равнялась 16,3 °С, а осадков выпало на 20,0 мм ниже средней нормы и составили всего 4,0 мм. На глубине посева озимой пшеницы в слое 5 см температура почвы обеспечивалась на уровне 16,9 °С, а в слое 10 см – 16,7 °С. Такие погодные условия в сентябре не позволили озимой пшенице полностью обеспечить всходы. Теплый октябрь, в котором фактическая температура воздуха составила 10,6 °С, и полное отсутствие осадков не способствовали хорошему росту и развитию формирующихся растений озимой пшеницы. Перезимовка озимой пшеницы прошла удовлетворительно. Температура воздуха в марте соответствовала норме и равнялась - 2,0 °С. Осадков выпало выше среднемноголетнего значения на 22,4 % и составило 30,1 мм. В апреле посевы озимой пшеницы были подсеяны яровым ячменем. Температура воздуха в этом месяце была около нормы – 9,9 °С. Осадков выпало 68,9 мм. В мае наблюдалось повышение фактической температуры воздуха и количества осадков до 19,7 °С и 106,8 мм. Другими словами, весенний вегетационный период для озимой пшеницы был благоприятным для роста и развития культуры. Июнь был прохладнее июля. Фактическая температура воздуха в эти месяцы, равнялась 23,2 и 26,2 °С. Июнь был более влажным, чем июль. В эти месяцы выпало 65,8 и 20,2 мм осадков, соответственно. Влажный июнь и засушливый июль благоприятствовали формированию и уборке урожая сортов пшеницы озимой. За вегетационный период культуры средняя фактическая температура воздуха обеспечивалась на уровне 17,6 °С, а сумма осадков – 265,7 мм. Температура почвы в слоях 5 и 10 см была одинаковой и соответствовала 18,0 °С. Сумма осадков в 2020 – 2021 сельскохозяйственном году соответствовала значению 429,3 мм, что на 25,4 % было больше среднемноголетних в 342,2 мм. На 1,1 % ниже среднегодового значения была температура воздуха и составляла 8,9 °С.

При посеве озимой пшеницы в сентябре 2021 года обеспечивалась прохладная и влажная погода. Фактическая температура воздуха составляла 13,6 °С. Осадков за месяц выпало 46,8 мм. Температура почвы на глубине посева озимой пшеницы в слое 5 см со-

ставляла $14,6^{\circ}\text{C}$, в слое 10 см – $14,4^{\circ}\text{C}$. Такие погодные условия в сентябре позволили получить хорошие всходы озимой пшеницы. Прохладный октябрь, в котором фактическая температура воздуха обеспечивалась на уровне $7,6^{\circ}\text{C}$, и фактическое отсутствие осадков – 1,0 мм, не способствовали хорошему вегетативному развитию сортов пшеницы озимой. И только теплая погода в ноябре, когда температура воздуха равнялась $2,4^{\circ}\text{C}$ и обильные осадки в 30,8 мм способствовали благоприятному уходу растений озимой пшеницы в зиму. Перезимовка озимой пшеницы прошла успешно. Март и апрель были более теплыми, чем май. В эти месяцы фактическая температура воздуха, соответственно, составляла $-2,8$; $12,2$ и $14,0^{\circ}\text{C}$. В марте и мае количество выпавших осадков было около нормы и соответствовало, соответственно 25,4 и 31,5 мм. Апрель был засушливым, осадков выпало всего 14,0 мм. Другими словами, незначительное количество осадков в апреле не сказалось на вегетативном развитии сортов пшеницы озимой в весенний вегетационный период, так как запасы продуктивной влаги в почве были хорошие: в пахотном слое более 30 мм. Июнь и июль были прохладными, с температурой воздуха, соответственно, $23,0$ и $23,2^{\circ}\text{C}$. Количество осадков в эти месяцы, соответственно, составило 36,0 и 30,9 мм. Поэтому в летние месяцы сложились благополучные условия погоды для вегетативного развития, формирования и уборки урожая сортов пшеницы озимой. За вегетационный период культуры средняя фактическая температура воздуха обеспечивалась на уровне $15,6^{\circ}\text{C}$, суммарное количество осадков выпало всего 160,2 мм. Сумма осадков за 2021 – 2022 сельскохозяйственный год составила 405,0 мм. Одинаковой со среднегодовой была фактическая температура воздуха и равнялась $9,0^{\circ}\text{C}$.

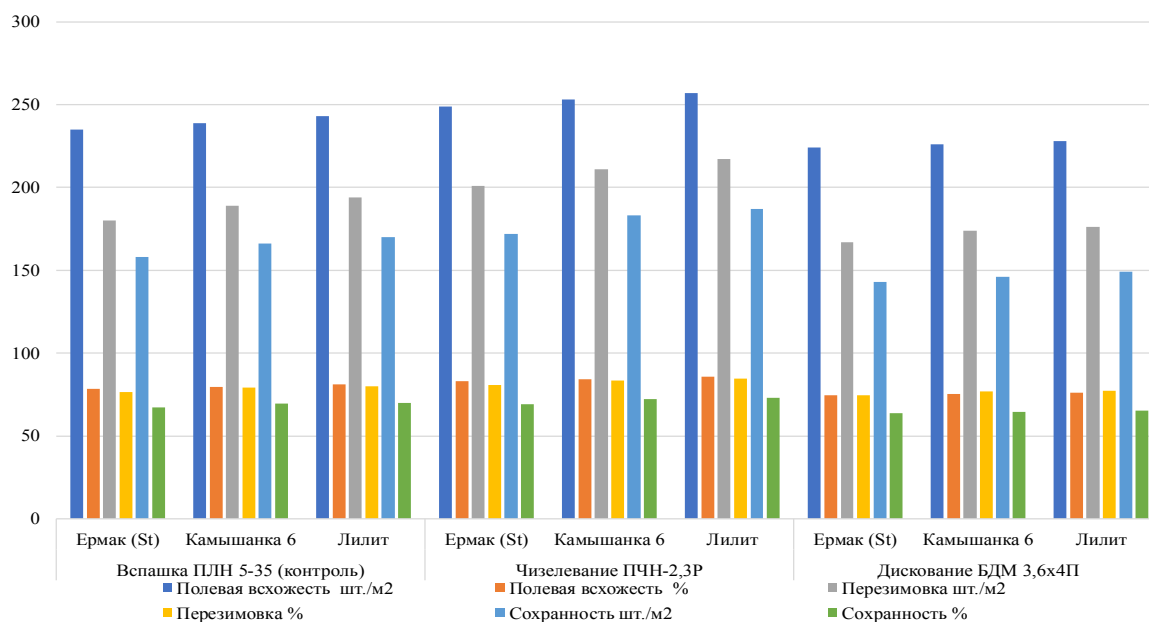
Учеты и наблюдения за посевами озимой пшеницы проводились в соответствии с общепринятыми методами.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных ранее исследований накоплен большой научный материал, свидетельствующий о том, что гибель озимых культур происходит в основном из – за грубых нарушений элементов сортовой технологии и отсутствия достаточно приспособленных к региональным обстоятельствам сортов в ряде важнейших зон возделывания этой культуры. В этой связи особое внимание следует уделить разработке и внедрению в конкретных условиях зоны сортовой технологии, обеспечивающей улучшение полевой всхожести, перезимовки и сохранности районированных сортов пшеницы озимой мягкой [12]. Данные в наших экспериментах обуславливались высеваемыми сортами пшеницы озимой, которые выведены в Ростовской и Волгоградской областях, и способами обработки почвы (рисунок 1).

Данные рисунка 1 показывают, что при глубоком чизелевании у всех сортов пшеницы озимой и у Лилит при вспашке всхожесть полевая была хорошая – более 80 %, в остальных вариантах она была удовлетворительная – 60 – 80 %. Так, наибольший показатель обеспечило глубокое безотвальное рыхление орудием чизельного типа ПЧН-2,3Р на 30 – 32 см, которое проводилось под пар чистый у ростовского сорта Лилит – 257 шт./м² или 85,7 %, что было больше на 22,0 шт./м² или 7,4 %, чем в контрольном варианте, где выполнялась на обычную 20 – 22 см глубину вспашка плугом ПЛН-5-35 у ростовского стандарта Ермак. Камышанка 6, выведенная в Волгоградской области, обладала более низкой всхожестью полевой при такой же обработке почвы, которая составляла 253 шт./м² или 84,3 %, что на 18,0 шт./м² или 6,0 %, было выше контроля. У ростовского сорта Ермак (St) на фоне мелкой на 12-14 см дисковой обработки под пар чистый дискатором БДМ-3,6х4П обеспечивалась наиболее низкая всхожесть полевая равная 224 шт./м² или 74,7 %.

Слабая изреженность стеблестоя растений озимой пшеницы после перезимовки наблюдалась только у ростовского сорта Ермак (St) на фоне дисковой мелкой обработки – более 25,0 %, в результате перезимовка оценивалась в 4 балла, в остальных вари-

антах изреженность была незаметная – менее 25,0 %, в результате чего перезимовка оценивалась в 5 баллов. Так, самая высокая перезимовка была у сорта Лилит ростовской селекции при глубокой обработке почвы чизелем – 217 шт./м² или 84,4 %, что на 37,0 шт./м² или 7,8 % превышало стандарт Ермак при вспашке. Волгоградский сорт Камышанка 6 при глубоком безотвальном рыхлении тоже превосходил на 31,0 шт./м² или 6,8 % контрольный вариант. На Ермаке при мелкой дисковой обработке отмечалась наименьшая перезимовка пшеницы, равная 167 шт./м² или 74,5 %, что было меньше контрольного варианта на 13,0 шт./м² или 2,1 %.



Всхожесть полевая: НСР₀₅ А = 10,3 шт./м²; НСР₀₅ В = 4,8 шт./м²; НСР₀₅ АВ = 3,7 шт./м²
 Перезимовка: НСР₀₅ А = 12,5 шт./м²; НСР₀₅ В = 7,9 шт./м²; НСР₀₅ АВ = 4,4 шт./м²
 Сохранность: НСР₀₅ А = 11,9 шт./м²; НСР₀₅ В = 6,1 шт./м²; НСР₀₅ АВ = 1,8 шт./м²

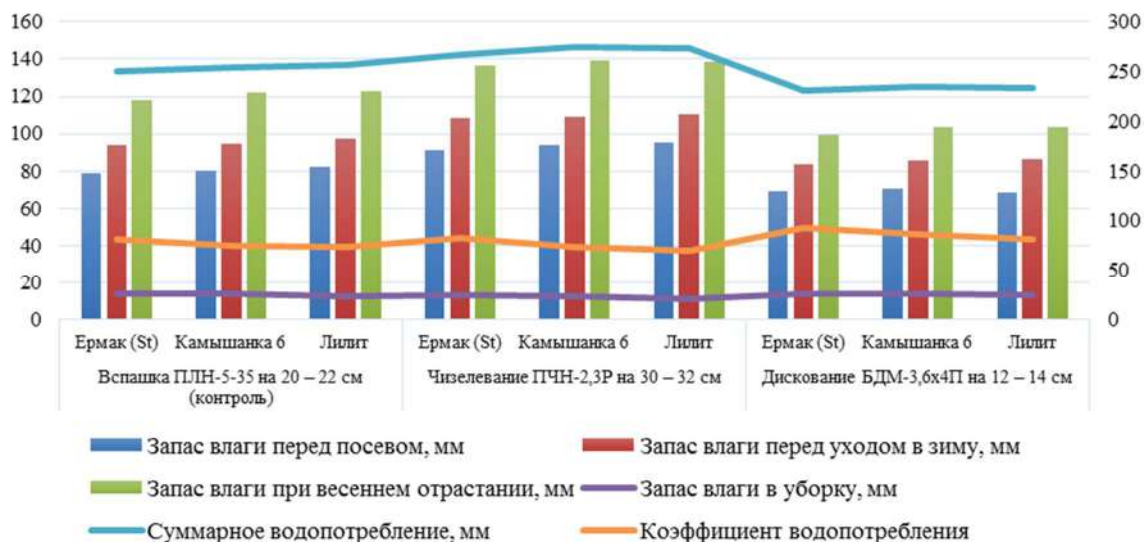
Рисунок 1 – Всхожесть полевая, перезимовка и сохранность пшеницы озимой различных сортов в среднем за 2019 – 2022 гг.

Figure 1 – Field germination, overwintering and persistence of winter wheat varieties on average for 2019 – 2022

Наименьшей в сравнении с перезимовкой и всхожестью полевой обеспечивалась сохранность пшеницы. Отмечался наибольший показатель на фоне глубокого безотвального рыхления у Камышанки 6 и Лилит – 183 и 187 шт./м² или 72,3 и 72,8 % соответственно, что было на 25,0 и 29,0 шт./м² или 5,1 и 5,6 % больше контроля, вспашки у Ермака (St). Наименьшая сохранность растений наблюдалась на фоне мелкого дискования под чистый пар: у Ермака (St) – 143 шт./м² или 63,8 %, Камышанки 6 – 146 шт./м² или 64,6 % и Лилит – 149 шт./м² или 65,3 %, что на 9,0; 12,0 и 15,0 шт./м² или 1,9; 2,6 и 3,4 % соответственно было меньше контрольного варианта. Следовательно, можно утверждать, что разная обработка почвы, которая выполнялась под пар чистый, проявила максимум влияния на показатели полевой всхожести, перезимовки и сохранности растений озимой пшеницы, чем сорта.

Самой важной задачей современного земледелия служит усовершенствование водного режима почв за счет оптимизации основной обработки почвы и наиболее плодотворного расходования влаги осадков сортами озимой пшеницы. Продуктивность этой культуры тесно связана с обеспеченностью посевов влагой. В засушливых услови-

ях влага является основным фактором, ограничивающим формирование урожая пшеницы [1, 6]. Результативность потребления выпадающих осадков сортами пшеницы озимой, связанные с основной обработкой, приведены на рисунке 2.



Запас влаги перед посевом: НСР₀₅ А = 7,6 мм; НСР₀₅ В = 1,9 мм; НСР₀₅ АВ = 10,1 мм

Запас влаги перед уходом в зиму: НСР₀₅ А = 9,7 мм; НСР₀₅ В = 4,2 мм; НСР₀₅ АВ = 8,7 мм

Запас влаги при весеннем отрастании: НСР₀₅ А = 11,3 мм; НСР₀₅ В = 6,3 мм; НСР₀₅ АВ = 17,4 мм

Запас влаги в уборку: НСР₀₅ А = 4,6 мм; НСР₀₅ В = 5,2 мм; НСР₀₅ АВ = 3,8 мм

Рисунок 2 – Запас продуктивной влаги в 1 м слое почвы, суммарное водопотребление пшеницы озимой и его коэффициенты в среднем за 2019 – 2022 годы

Figure 2 – The reserve of productive moisture in 1 m soil layer, the total water consumption of winter wheat and its coefficients on average for 2019 – 2022

Анализируя данные рисунка 2, можно констатировать, что запасы продуктивной влаги в метровом слое наибольшие во время посева пшеницы озимой наблюдались там, где выполнялось глубокое безотвальное рыхление чизелем на 30 – 32 см под всеми сортами – 90,9 – 95,0 мм и характеризовались как удовлетворительные (90 – 130 мм). При выполнении вспашки на 20 – 22 см в контроле этот показатель снизился по сравнению с чизелеванием и составил 78,5 – 82,4 мм у всех сортов. При выполнении мелкой дисковой обработки на 12 – 14 см формировались самые низкие запасы продуктивной влаги у всех сортов – 68,7 – 70,8 мм. В контроле и при мелком дисковании запасы продуктивной влаги характеризовались плохими от 60 до 90 мм.

Самые высокие запасы продуктивной влаги в метровом слое обеспечивались при уходе сортов пшеницы в зиму на фоне глубокого чизелевания – 108,5 – 110,7 мм, что характеризовало их как удовлетворительные. Также удовлетворительный запас влаги наблюдался при вспашке у всех сортов – 93,7 – 97,5 мм. Наименьший показатель по сортам складывался на фоне дискования – 83,4 – 86,0 мм, что характеризовало запас влаги как плохой.

Самые высокие запасы продуктивной влаги в метровом слое при весеннем возобновлении вегетации сортов пшеницы обеспечивались на фоне безотвального рыхления – 136,5 – 139,4 мм, что характеризовало их как хорошие (130 – 160 мм). В контрольном варианте по вспашке и на фоне мелкого дискования запасы влаги были удовлетворительными под всеми сортами и, соответственно, составляли 118,1 – 122,7 мм и 99,4 – 103,2 мм.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое перед уборкой пшеницы снизились до минимальных показателей по всем вариантам в результате использования на образование урожая и составляли менее 60 мм, что характеризовало их как очень плохие. Следует также отметить, что способы обработки почвы под чистый пар оказали большее влияние на содержание продуктивной влаги в почве, тогда как влияние сортов было незаметным.

Наибольшее суммарное водопотребление у сортов Лилит и Камышанка 6 обеспечивалось при культивировании по чизелю – 274,0 и 274,1 мм соответственно, что больше, чем в контроле по вспашке у Ермака на 24,2 и 24,3 мм. При мелком дисковании суммарное водопотребление озимой пшеницы было самым низким и варьировало от 231,3 мм у стандартного сорта Ермак до 235,2 мм у сорта волгоградской селекции Камышанка 6.

Самый низкий коэффициент водопотребления отмечался у ростовского сорта Лилит по чизелю – 69,5 мм/т, что ниже контроля на 12,1 мм/т. Также был низкий коэффициент у этого же сорта, но при вспашке на обычную глубину – 72,8 мм/т. Самый высокий коэффициент водопотребления обеспечивался у волгоградского сорта Камышанка 6 и ростовского Ермак при дисковании, соответственно 85,8 мм/т и 93,3 мм/т.

Борьба с сорняками в посевах сельскохозяйственных культур необходима для получения высоких и устойчивых урожаев [7, 9, 11, 13]. Данные по засоренности посевов пшеницы озимой к уборке в зависимости от основной обработки и сортов приводятся в рис. 3.

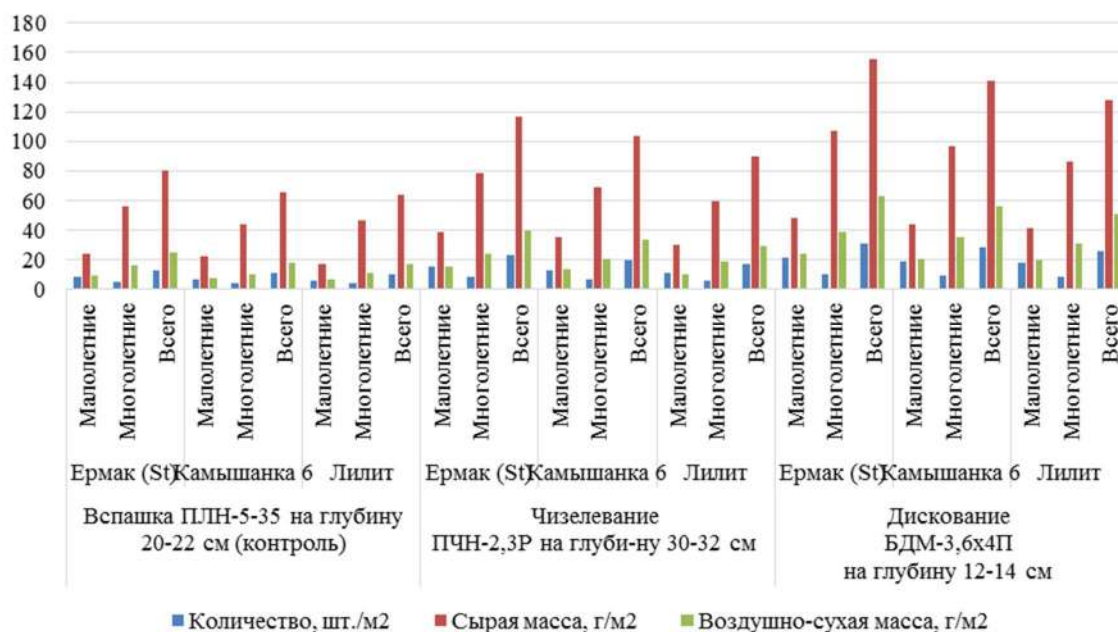
Анализируя данные рисунка 3, можно констатировать, что общая засоренность посевов сорняками к уборке была самой наименьшей, обеспечивалась в контроле по вспашке на обычную глубину для сортов ростовской селекции Лилит и волгоградской селекции Камышанка 6, соответственно 10 и 11 шт./м². Засоренность многолетней сорной растительностью у данных сортов была средней и составляла 4 шт./м² (3 – 4 шт./м²), а у сорта стандарта ростовской селекции Ермак – сильной и равнялась 5 шт./м² (5 – 8 шт./м²). Слабой была засоренность малолетней сорной растительностью по вспашке у всех сортов – 6 – 8 шт./м² (0 – 10 шт./м²). Общая засоренность пшеницы Ермак (St), Камышанка 6 и Лилит по чизелю выше, чем по вспашке и, соответственно, равнялась 23, 20 и 17 шт./м². Кроме того, засоренность многолетними сорняками по данной обработке у сортов насчитывала 11 – 15 шт./м², что было оценено как средняя (11 – 33 шт./м²), а многолетней сорной растительностью – 6 – 8 шт./м², что было установлено как сильная. Самая высокая общая засоренность обеспечивалась по дискованию у сорта стандарта Ермак – 31 шт./м², у Камышанки 6 – 28 шт./м² и у Лилит – 26 шт./м². Вдобавок засоренность малолетними сорняками по этой же обработке наблюдалась средней (11 – 33 шт./м²) и составила 18 – 21 шт./м², а многолетними сорняками у Лилит сильной – 8 шт./м², у остальных сортов – очень сильной (9 – 12 шт./м²) и равнялась 9 – 10 шт./м².

Неблагоприятное действие сорняков в посевах пшеницы зависит не только от их числа, но и массы в сыром и воздушно – сухом состоянии.

Наименьшая общая сырая масса сорняков была достигнута при вспашке на обычную глубину под чистый пар у волгоградского и ростовского сортов Камышанка 6 и Лилит, соответственно – 65,7 и 64,2 г/м². Наибольший показатель был достигнут при мелком дисковании у стандартного сорта Ермак – 155,5 г/м².

По общей воздушно-сухой массе сорняков наиболее благоприятные условия также наблюдались у сорта Камышанка 6 – 17,5 г/м² и сорта Лилит – 17,0 г/м² на фоне вспашки. При чизелевании этот показатель по сортам Ермак (St), Камышанка 6 и Лилит

составил 39,2; 33,7 и 29,1 г/м². Наибольший общий воздушно – сухой вес сорной растительности отмечался в посевах Ермака (St) по дискованию – 63,1 г/м². Из этого следует, что на засоренность пшеницы сорняками в наибольшей степени повлияла обработка почвы и в наименьшей – сорта.



Количество сорняков всего: НСР₀₅ А = 5,5 шт./м²; НСР₀₅ В = 2,0 шт./м²; НСР₀₅ АВ = 1,4 шт./м²
 Сырая масса сорняков всего: НСР₀₅ А = 5,5 г/м²; НСР₀₅ В = 2,0 г/м²; НСР₀₅ АВ = 1,4 г/м²
 Воздушно-сухая масса всего: НСР₀₅ А = 10,1 г/м²; НСР₀₅ В = 3,7 г/м²; НСР₀₅ АВ = 3,2 г/м²

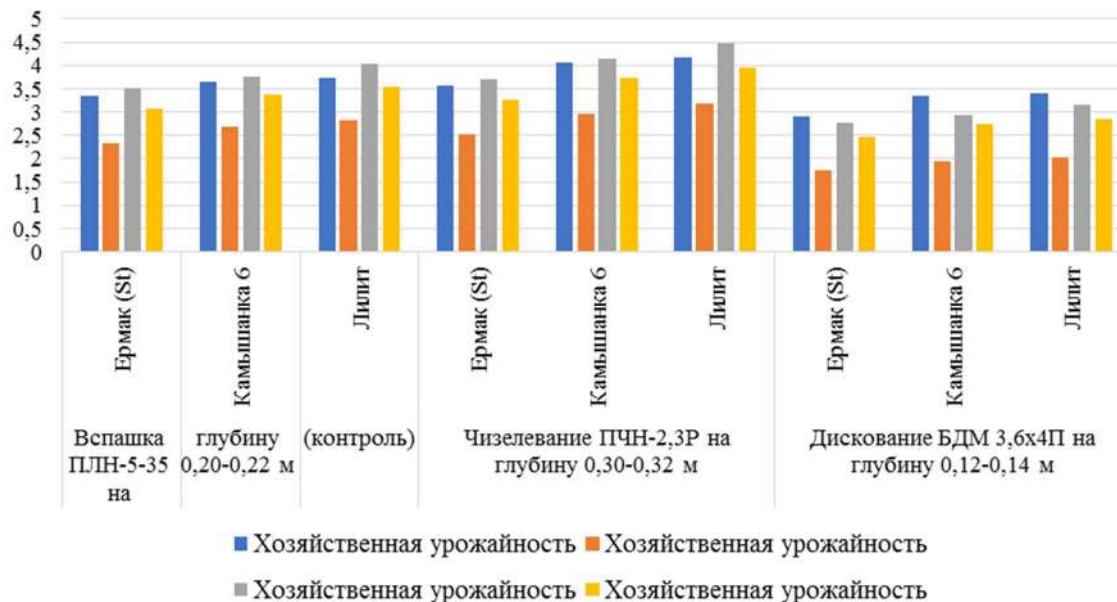
Рисунок 3 – Засоренность посевов пшеницы озимой в среднем за 2020 – 2022 годы
 Figure 3 – Infestation of winter wheat crops on average for 2020 – 2022

Подходящие условия для получения устойчиво высоких урожаев пшеницы немислимы без применения почвозащитной обработки почвы и сельскохозяйственных машин и орудий, которые облегчают обработку почвы без переворачивания поверхностного слоя, оставляя сверху стерню и разрыхляя почву на разную глубину, тем самым разуплотняя ее и разрушая плужную подошву [8, 15, 17].

В нашем эксперименте как сорта, так и способы обработки почвы проявили немаловажное воздействие на урожайность пшеницы (рисунок 4).

Анализ рисунка 4 позволяет констатировать, что максимальная урожайность пшеницы озимой, особенно на фоне вспашки на обычную глубину и глубокой безотвальной чизельной обработки почвы, была получена в умеренно влажном 2022 году – 3,51 – 4,03 т/га и 3,70 – 4,47 т/га соответственно, когда культура получила 160,2 мм осадков за вегетационный период, а с осени 2021 года хорошие всходы были получены благодаря 46,8 мм осадков в сентябре. Самые низкие урожаи этой культуры были получены в 2021 году при мелком дисковании по сортам 1,75 – 2,03 т/га, вспашке 2,32 – 2,82 т/га и глубоком рыхлении 2,51 – 3,18 т/га с неполными всходами с осени 2020 года, из – за выпадения в сентябре всего 4,0 мм влаги и подсева весной следующего года ярового ячменя, хотя в этом году за период вегетации озимой пшеницы выпало наибольшее количество осадков – 265,7 мм, по сравнению со 160,2 мм в 2022 году. В 2020 году была получена средняя урожайность озимой пшеницы по сортам на фоне мелкого дискования 2,92 – 3,39 т/га, вспашки на обычную глубину – 3,35 – 3,74 т/га и глубокого чизелевания – 3,57 –

4,17 т/га, несмотря на то что с осени формировались удовлетворительные всходы данной культуры при выпадении осадков в сентябре 23,5 мм и самого малого их количества в период вегетации культуры – 147,5 мм.



2020 г.: НСР₀₅ A = 0,15 т/га; НСР₀₅ B = 0,12 т/га; НСР₀₅ AB = 0,17 т/га
 2021 г.: НСР₀₅ A = 0,17 т/га; НСР₀₅ B = 0,17 т/га; НСР₀₅ AB = 0,20 т/га
 2022 г.: НСР₀₅ A = 0,12 т/га; НСР₀₅ B = 0,16 т/га; НСР₀₅ AB = 0,13 т/га
 Среднее за 2020 – 2022 гг.: НСР₀₅ A = 0,10 т/га; НСР₀₅ B = 0,11 т/га; НСР₀₅ AB = 0,12 т/га

Рисунок 4 – Хозяйственная урожайность озимой пшеницы, т/га
 Figure 4 – Economic yield of winter wheat, t/ha

В среднем за три года лучшим сортом по урожайности пшеницы был ростовский Лилит при чизельной обработке – 3,94 т/га, что больше, чем в контроле по вспашке у Ермака (St) на 0,88 т/га или 28,8 %. Меньшую урожайность обеспечил волгоградский сорт Камышанка 6 по той же обработке почвы – 3,72 т/га, что больше контроля на 0,66 т/га или 21,6 %. Наименьшая урожайность получена у Ермака (St) по дискованию – 2,48 т/га, что меньше контроля по вспашке у этого же сорта на 0,58 т/га или 19,0 %. Урожайность у Лилит и Камышанки 6 при дисковании составляла 2,86 и 2,74 т/га соответственно, что меньше на 0,20 и 0,32 т/га или 6,5 и 10,5 % в сравнении с контролем.

Выводы. Отбор новейших, приспособленных к условиям Нижнего Поволжья сортов пшеницы озимой, и модернизация способов обработки почвы служат действенными средствами увеличения урожайности этой приоритетной культуры. Повышение всхожести полевой, сохранности и перезимовки, запасов продуктивной влаги, а также снижение коэффициентов водопотребления пшеницей обеспечивалось за счет глубокого безотвального рыхления чизелем. Преимущественно результативным способом обработки в борьбе с сорняками была вспашка на обычную глубину плугом ПЛН-5-35 на 20 – 22 см, при которой засоренность многолетними сорняками была слабой, многолетними – средней. Сорт озимой пшеницы Лилит ростовской селекции оказался самым продуктивным и адаптированным к местным зональным условиям.

Conclusions. Improvement of the basic tillage for bare fallow, selection of new promising varieties of winter wheat of various breeding in the conditions of the dry steppe zone of chestnut soils of the Lower Volga region are effective methods for increasing the yield of this valuable and priority grain crop. From the point of view of increasing field germination, overwintering, plant preservation, reserves of productive moisture, and its economical use for the formation of a unit of winter wheat

yield, deep subsurface loosening under clean fallow with a PChN-2.3R chisel by 30 – 32 cm turned out to be the best. The most effective way of the main tillage in the fight against weeds was plowing to the usual depth with a PLN-5-35 plow for 20 – 22 cm, at which the infestation with perennial weeds was weak, perennial weeds – medium. Winter wheat variety Lilit of Rostov breeding turned out to be the most productive and adapted to local zonal conditions.

Библиографический список

1. Анализ урожайности озимой пшеницы на Кубани в условиях засушливого года / Е. Ю. Гненный [и др.] // *Colloquium-Journal*. 2021. № 33-1 (120). С. 12-13.
2. Беляков А. М. Типизация пашни в агроландшафтах Волгоградской области // *Аридные экосистемы*. 2021. Т. 27. № 1 (86). С. 119-126.
3. Влияние основной обработки на физические свойства почвы и продуктивность озимой пшеницы по предшественнику соя / А. С. Найденов [и др.] // *Труды Кубанского ГАУ*. 2018. № 74. С. 107-112.
4. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности / Р. В. Кравченко [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ*. 2021. № 169. С. 124-132.
5. Воронов С. И. Парадигма адаптивно-биосферного земледелия на современном этапе развития АПК // *Инновационные технологии в земледелии и мелиорации на современном этапе развития АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием*. Махачкала, 2022. С. 26-32.
6. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление новых сортов озимой пшеницы в Ростовской области // *Мелиорация и гидро-техника*. 2022. Т. 12. № 4. С. 286-303.
7. Егоров Н. М., Зеленев А. В., Смутнев П. А. Совершенствование приемов основной обработки почвы под чистый пар при выращивании сортов озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // *Аграрная Россия*. 2022. № 6. С. 8-15.
8. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Повышение плодородия светло – каштановых почв и влияние биологизированных приемов на урожайность зерновых культур // *Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной науч.-практ. конференции*. Солёное Займище: ПАФНЦ, 2020. С. 316-321.
9. Ковалева К. О. Динамика сорных растений в посевах озимой пшеницы сорта Фотинья при гербицидной обработке // *Беккеровские чтения: материалы II Всероссийской науч.-практ. конференции*. Волгоград, 2022. С. 91-95.
10. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н. Новый сорт озимой мягкой пшеницы универсального типа Партнёр // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2018. № 3 (71). С. 63-65.
11. Курдюкова О. Н. Засоренность посевов и продуктивность короткоротационных севооборотов степной зоны // *Вестник Красноярского ГАУ*. 2022. № 7 (184). С. 69-76.
12. Малкандуев Х. А., Малкандуева А. Х., Шамурзаев Р. И. Влияние способов посева семян на перезимовку и урожайность озимой мягкой пшеницы // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2020. № 6 (98). С. 165-172.
13. Нежинская Е. Н. Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019. № 3-1. С. 124-127.
14. Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов озимой мягкой пшеницы в степной зоне Ростовской области / М. А. Фоменко [и др.] // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. № 4 (32). С. 105-111.
15. Рычкова М. И., Тарадин С. А. Урожайность озимой пшеницы на эрозионно-опасном склоне в зависимости от способа основной обработки почвы и уровня минерального питания // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019. № 2-1. С. 60-66.
16. Скоробогатов А. С., Филипенко Н. Н., Бедирханов М. А. Продуктивность озимой пшеницы на черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ*. 2017. № 125. С. 724-737.

17. Урожайность озимой твердой пшеницы сорта Крупинка при различном уровне минерального питания и систем обработки почвы / Н. Р. Магомедов [и др.] // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (383). С. 98-100.

18. Gress V. A., Dolganova A. F. The effect of microbial and growth regulator on the yield of winter wheat // Theory and practice of modern agrarian science: materials of the VI National (All-Russian) scientific conferences with international participation. Novosibirsk: Novosibirsk GAU, 2023. P. 49-53.

19. Improvement of winter soft wheat varieties in the conditions of the Volgograd, Russia / A. V. Solonkin [et al.] // Research on Crops. 2022. Vol. 23. No. 3. Pp. 522-528.

20. Promising agricultural technologies for growing winter wheat for sustainable agricultural development / A V. Zelenov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012003.

21. Semichenko E., Nikolskaya O., Zelenov A. The influence of nutrition elements on the productivity of crop rotation on bogar // International Scientific and Practical Conference «Technology in Agriculture, Energy and Ecology» (TAE2022). AIP Conference Proceedings, Ser. «AIP Conference Proceedings». 2022. P. 020006.

References

1. Analysis of winter wheat yield in the Kuban in the dry year / E. Yu. Gnyenny [et al.] // Colloquium-Journal. 2021. № 33-1 (120). Pp. 12-13.

2. Belyakov A. M. Typization of arable land in the agroland shafts of the Volgograd region // Arid ecosystems. 2021. V. 27. № 1 (86). Pp. 119-126.

3. The influence of the main cultivation on the physical properties of the soil and the productivity of winter wheat according to the predecessor of soybeans / A. S. Naydenov [et al.] // Proceedings of the Kuban GAU. 2018. № 74. Pp. 107-112.

4. The influence of the main soil cultivation for winter wheat on the formation of its productivity / R. V. Kravchenko [et al.] // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban GAU. 2021. № 169. Pp. 124-132.

5. Voronov S. I. Paradigm of adaptive biosphere agriculture at the current stage of development of the agro-industrial complex // Innovative technologies in agriculture and reclamation at the current stage of development of the agro-industrial complex: materials of the All-Russian Scientific Practice. conferences with international participation. Makhachkala, 2022. Pp. 26-32.

6. Volodsky N. N., Kulygin V. A. The influence of cultivation techniques on the yield and water consumption of new varieties of winter wheat in the Rostov region // Reclamation and hydraulic engineering. 2022. V. 12. № 4. Pp. 286-303.

7. Egorov N. M., Zelenov A. V., Smutnev P. A. Improving the methods of basic tillage for clean steam when growing winter wheat varieties in the Lower Volga region // Agrarian Russia. 2022. № 6. Pp. 8-15.

8. Zelenov A. V., Semichenko E. V. Increasing the fertility of light chestnut soils and the influence of biologized techniques on the yield of grain crops // Results and prospects for the development of the agro-industrial complex: materials of the International Scientific Practice. conferences. Salty Zaimishche: PAFNC, 2020. Pp. 316-321.

9. Kovaleva K. O. Dynamics of weeds in winter wheat crops of the Photigna variety during herbicidal treatment // Becker readings: materials of the II All-Russian Scientific Practice. conferences. Volgograd, 2022. Pp. 91-95.

10. Kovtun V. I., Kovtun L. N. New variety of winter soft wheat of the universal type Partner // Izvestia of the Orenburg GAU. 2018. № 3 (71). Pp. 63-65.

11. Kurdyukova O. N. Blockage of crops and productivity of short-rotation crop rotations of the steppe zone // Bulletin of the Krasnoyarsk GAU. 2022. № 7 (184). Pp. 69-76.

12. Malkanduev Kh. A., Malkandueva A. Kh., Shamurzaev R. I. Influence of methods of sowing seeds on overwintering and yield of winter soft wheat // Izvestia of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2020. № 6 (98). Pp. 165-172.

13. Nezhinskaya E. N. Blockage of winter wheat crops depending on the method of tillage // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. № 3-1. Pp. 124-127.

14. Parameters of adaptability and homeostaticity of winter soft wheat varieties in the steppe zone of the Rostov region / M. A. Fomenko [et al.] // Leguminous and cereal crops. 2019. № 4 (32). P. 105-111.
15. Rychkova M. I., Taradin S. A. Winter wheat yield on an erosion-hazardous slope depending on the method of basic tillage and the level of mineral nutrition // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. № 2-1. Pp. 60-66.
16. Skorobogatov A. S., Filipenko N. N., Bedirkhanov M. A. Productivity of winter wheat on chernozem leached in the conditions of the West Ciscaucasia // Politematic network electronic scientific journal of the Kuban GAU. 2017. № 125. Pp. 724-737.
17. The yield of winter hard wheat of the Krupinka variety at a different level of mineral nutrition and soil cultivation systems / N. R. Magomedov [et al.] // International Agricultural Journal. 2021. № 5 (383). Pp. 98-100.
18. Gress V. A., Dolganova A. F. The effect of microbial and growth regulator on the yield of winter wheat // Theory and practice of modern agrarian science: materials of the VI National (All-Russian) scientific conferences with international participation. Novosibirsk: Novosibirsk GAU, 2023. Pp. 49-53.
19. Improvement of winter soft wheat varieties in the conditions of the Volgograd, Russia / A. V. Solonkin [et al.] // Research on Crops. 2022. Vol. 23. No 3. Pp. 522-528.
20. Promising agricultural technologies for growing winter wheat for sustainable agricultural development / A V. Zelenev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. P. 012003.
21. Seminchenko E., Nikolskaya O., Zelenev A. The influence of nutrition elements on the productivity of crop rotation on bogar // International Scientific and Practical Conference «Technology in Agriculture, Energy and Ecology» (TAEE2022). AIP Conference Proceedings, Сер. «AIP Conference Proceedings». 2022. P. 020006.

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории сортовых технологий озимых зерновых культур и систем применения удобрений, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (РФ, 143026, Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), тел. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenev.A@bk.ru

Егоров Николай Михайлович, аспирант кафедры земледелия и агрохимии, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. 8-937-700-74-15, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6709-5804>, e-mail: strelecc34@gmail.com

Смутнев Павел Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий агроном-селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 97), тел. 8-937-720-38-85, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>, e-mail: smut-pavel@yandex.ru

Authors Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, doctor of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory of varietal technologies of winter grain crops and fertilizer application systems of the Federal state budgetary scientific institution «Federal research center «Nemchinovka» (FIC «Nemchinovka»), (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30s1, Skolkovo innovation center), tel. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: Zelenev.A@bk.ru

Egorov Nikolai Mikhailovich, postgraduate student of the department of agriculture and agrochemistry, Federal state budgetary educational institution of higher education «Volgograd state agrarian university» (Volgograd GAU) (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 26), tel. 8-937-700-74-15, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6709-5804>, e-mail: strelecc34@gmail.com

Smutnev Pavel Anatolyevich, candidate of agricultural Sciences, leading agronomist breeder of the laboratory of breeding, seed production and nursery production of the Federal state budget scientific institution «Federal scientific center of agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian academy of sciences» (FSC of agroecology RAS) (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 97), tel. 8-937-720-38-85, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>, e-mail: smut-pavel@yandex.ru

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF BIODIVERSITY OF DENDROLOGICAL RESOURCES OF THE FEDERAL SCIENTIFIC CENTER FOR AGROECOLOGY, INTEGRATED RECLAMATION AND PROTECTIVE FORESTRY OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES TO IDENTIFY AN ADAPTED GENE POOL OF TREE SPECIES IN THE SOUTHERN OF RUSSIA

E. V. Kalmykova¹, N. Yu. Petrov², P. A. Kuzmin¹, P. A. Krylov¹, K. A. Melnik¹

¹ Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences

² Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Received 20.06.2023

Submitted 30.08.2023

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-26-00273
<https://rscf.ru/project/23-26-00273>

Abstract

Introduction. Technologies for the introduction and enrichment of the dendroflora of the degraded territories of the arid regions of Russia are aimed at creating an infrastructure that is characterized by environmental friendliness, economy, adaptability and durability, as well as significant social ones. This is achieved by using a variety of taxa of woody plants, as well as a combination of valuable features and biological properties, and should correspond to the intended purpose and features of environmental protection measures. **Objects.** Trees and shrubs of natural and artificial plant communities of various botanical families and different geographical origins, including resources of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Altai Territory (West Siberian AGLOS – a branch of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Kulundinsky District), Volgograd Region (FSC of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Moscow). Volgograd, Nizhnevolzhskaya station for breeding tree species – branch of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Kamyshevsky district). **Materials and methods.** Multi-criteria complex analysis using the Harrington desirability function method and accentuation of the adaptive gene pool of economically valuable promising plants based on the success assessment developed by N. A. Kokhno on a 5-point scale, and the degree of acclimatization. **Results and conclusions.** A scientifically based scheme for the selection, conservation and continuous use of the adapted gene pool of introduced resources of tree species (about 350 species, forms, hybrids and varieties) in the conditions of the steppes of southern Russia has been formed. groups not only showed sufficient stability, but also outstrip native species in their ability to endure a complex of adverse environmental conditions. The Rosaceae, Fabaceae, Berberidaceae, Caesalpiniaceae, Cupressaceae, Caprifoliaceae, Oleaceae, and Fagaceae families are widely distributed in the collections of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. Of the studied objects, it was found that the Rosaceae and Fabaceae families stably bear fruit and are more resistant to drought. These families are undemanding to soils and withstand severe winters (0.9-0.95). These species increase the efficiency of agroforestry plantations due to their decorative and melliferous qualities. The analysis performed shows that the tree plantations of the collection of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences are characterized by varying degrees of adaptation according to the scale of the integrated assessment of the success of introduction. In 63% of the studied plants of the collection of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, I class of prospects is noted – the most promising. 35% of the presented assortment belongs to the II class – promising. 2% – *Ptelea trifoliata* L. belongs to the III class according to the degree of adaptation – less promising.

Key words: dendro collection, evaluation of adaptation success, degree of acclimatization, drought resistance, winter hardiness, growth pattern, generative reproduction.

Citation. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kuzmin P. A., Krylov P. A., Melnik K. A. Comprehensive assessment of biodiversity of dendrological resources of the federal scientific center for agroecology, integrated reclamation and protective forestry of the Russian academy of sciences to identify an adapted gene pool of tree species in the southern of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 54-66 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-05.

Author's contribution. The team of authors was directly involved in planning, laying, conducting a pilot experiment and processing research results. All authors of this article are familiar with its content and approved the final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 581:630*17

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ФНЦ АГРОЭКОЛОГИИ РАН ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АДАПТИРОВАННОГО ГЕНОФОНДА ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ НА ЮГЕ РОССИИ

Е. В. Калмыкова¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Н. Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

П. А. Кузьмин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

П. А. Крылов¹, кандидат биологических наук

К. А. Мельник¹, аспирант

¹ ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук

² ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00273,
<https://rscf.ru/project/23-26-00273>

Актуальность. Технологии интродукции и обогащения дендрофлоры деградированных территорий аридных регионов России направлены на формирование инфраструктуры, которой свойственны экологичность, экономичность, адаптивность и долговечность, а также значимая социальная комфортность. Это достигается применением разнообразия таксонов древесных растений, а также совокупностью ценных признаков и биологических свойств и должно соответствовать целевому назначению и особенностям природоохранных мероприятий. **Объекты.** Деревья и кустарники естественных и искусственных растительных сообществ различных ботанических семейств и разного географического происхождения, в том числе ресурсов ФНЦ агроэкологии РАН (Алтайский край (Западно-Сибирская АГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Кулундинский район), Волгоградская область (ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград, Нижневолжская станция по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Камышинский район). **Материалы и методы.** Многокритериальный комплексный анализ по методу функции желательности Харрингтона и акцентуации адаптивного генофонда хозяйственно-ценных перспективных растений на основе оценки успешности, разработанной Н. А. Кохно по 5-балльной шкале, и степени акклиматизации. **Результаты и выводы.** Сформирована научно-обоснованная схема отбора, сохранения и непрерывного использования адаптированного генофонда интродукционных ресурсов древесных видов (около 350 видов, форм, гибридов и сортов) в условиях степей юга России. Интродуценты данных групп не только проявили достаточную устойчивость, но и опережают аборигенные виды по способности переносить комплекс неблагоприятных условий окружающей среды. Масштабное распространение в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН получили семейства Rosaceae, Fabaceae, Berberidaceae, Caesalpiniaceae, Cupressaceae, Caprifoliaceae, Oleaceae, Fagaceae. Из изучаемых объектов было установлено, что семейства Rosaceae и Fabaceae стабильно плодоносят и более устойчивы к засухе. Данные семейства малотребовательны к почвам и выдерживают суровые зимы (0,9-0,95). Данные виды повышают эффективность агролесомелиоративных насаждений за счет своих декоративности и

медоносных качеств. Проведенный анализ показывает, что древесные насаждения коллекции ФНЦ агроэкологии РАН характеризуются различной степенью адаптации согласно шкале интегральной оценки успешности интродукции. У 63 % изучаемых растений коллекции ФНЦ агроэкологии РАН отмечается I класс перспективности – самые перспективные. Ко II классу – перспективные относится 35 % представленного ассортимента. 2 % – Птелея трехлистная *Ptelea trifoliata* L. по степени адаптации принадлежит к III классу – менее перспективные.

Ключевые слова: дендроколлекции, оценка успешности адаптации растений, степень акклиматизации растений, засухоустойчивость растений, зимостойкость растений, характер роста растений, генеративное размножение растений.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Кузьмин П. А., Крылов П. А., Мельник К. А. Комплексная оценка биоразнообразия дендрологических ресурсов ФНЦ агроэкологии РАН для выявления адаптированного генофонда древесных видов на юге России. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 54-66. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-05.

Авторский вклад. Авторский коллектив принимал непосредственное участие в планировании, закладке, проведении опытного эксперимента и обработке результатов исследований. Все авторы настоящей статьи ознакомлены с ее содержанием и одобрили окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях стремительного ухудшения экологической ситуации и усиления деградации сельскохозяйственных угодий особенно важно уделять внимание охране и устойчивому использованию биоразнообразия. Сокращение видового и генотипического состава насаждений является результатом хозяйственной деятельности человека, что ставит под угрозу возможность будущей адаптации к природным ландшафтам, а также к сельскохозяйственным и городским экосистемам. Одной из основных стратегических позиций является выделение ценных генофондов, создание постоянных лесосеменных баз, выращивание защитных насаждений с использованием улучшенных и селекционно-улучшенных материалов [1, 8, 10, 12].

Важным элементом лесомелиоративных систем для деградированных экосистем является формирование защитных насаждений различного назначения (полезащитные, овражно-балочные, озеленительные, пастбищные и др.). Остро стоят вопросы подбора нового генофонда адаптированного биоразнообразия деревьев и кустарников для создания экологически сбалансированных насаждений с многофункциональным назначением: эстетическим, рекреационным, почвозащитным, почвоулучшающим, ремизным, обеспечивающим улучшение природной среды, получение хозяйственного сырья (лекарственного, медоносного, пищевого и т.д.). Включение в защитные лесные экосистемы кустарников будет способствовать повышению устойчивости, ландшафтно-эстетической привлекательности защитных насаждений, стабилизации ценотических элементов, улучшению условий для роста деревьев и концентрации полезной биоты [3, 9].

Технологии интродукции и обогащения дендрофлоры деградированных территорий аридных регионов России, направлены на формирование инфраструктуры, которой свойственны экологичность, экономичность, адаптивность и долговечность, а также значимые социальные функции [4, 11, 12]. Рациональное использование биоразнообразия в малолесных регионах определяется формированием эстетических, рекреационных, почвозащитных, почвоулучшающих, санитарно-гигиенических, ремизных и других целевых насаждений. Это достигается применением разнообразия таксонов древесных растений, а также совокупностью ценных признаков и биологических свойств и должно соответствовать целевому назначению и особенностям природоохранных мероприятий [7].

Это во многом определило направления научных исследований и таксономическую структуру дендрологических объектов ФНЦ агроэкологии РАН, которая показывает, что процент интродуцированных деревьев и кустарников в коллекции варьирует от 85 до 92%.

Цель – обобщение, оценка и акцентуация адаптивного генофонда хозяйственно-ценных перспективных растений, разработка механизма сохранения и непрерывного использования многофункциональных насаждений аридных территорий юга России.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись деревья и кустарники естественных и искусственных растительных сообществ различных ботанических семейств и разного географического происхождения, в том числе ресурсов ФНЦ агроэкологии РАН (Алтайский край (Западно-Сибирская АГЛОС – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Кулундинский район), Волгоградская область (ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград, Нижневолжская станция по селекции древесных пород – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, Камышинский район). Изучался их ассортимент, ареалы и эколого-биологическая характеристика в условиях аридных районов, хозяйственная и практическая ценность культивируемых древесно-кустарниковых растений.

Главными лимитирующими факторами являются погодные условия различных лет вегетации, которые рассмотрели и проанализировали в период с 1983 по 2022 гг. на примере г. Волгограда.

Десятилетний период 2013-2022 гг. стал самым теплым с 1983 года – $+10,1^{\circ}\text{C}$. Средняя температура воздуха по данным многолетних наблюдений составляла в 1983-1992 гг. – $+8,3^{\circ}\text{C}$, в 1993-2001 гг. – $+8,7^{\circ}\text{C}$, в 1993-2001 гг. – $+9,6^{\circ}\text{C}$.

Сумма осадков за последние 20 лет сократилась с 425,3 (1983-2002 гг.) до 375,4 мм (2003-2022 гг.), что привело к существенному обеднению растительного покрова, эрозии, деградации и опустыниванию земель (рисунок 1) [7].

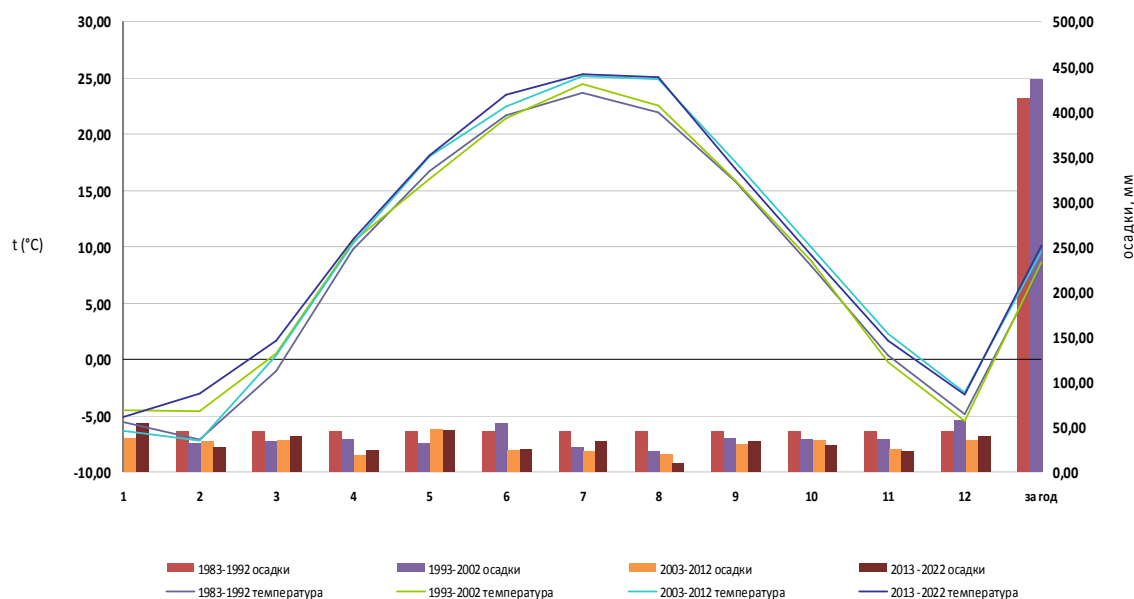


Рисунок 1 – Климатические условия
Figure 1 – Climate conditions

На этой основе была сформирована и обобщена *оценка совокупных признаков*, которые синтезировались в единый количественный признак по методу функции желательности Харрингтона, где с помощью математических инструментов был произведен перевод полученных показателей по 4 группам, полученных по общепринятым методикам (Болотов Н. А., 1980; Трулевич Н. В., 1991; Булыгин Н. Е., 1991; Черепанов С. К., 1995; Кругинин В. М., 2001; методика Главного ботанического сада РАН и др.) (рисунок 2) в единую безмерную числовую шкалу по

формуле: $d = \exp(-\exp\{-y'\})$, где y' – кодированное значение признака (рисунок 3) [2]. Функция желательности позволяет повысить эффективность многокритериальной оценки результатов комплексного анализа и акцентуации адаптивного генофонда хозяйственно-ценных перспективных растений.

Для оценки успешности интродукции и степени акклиматизации использовали методику Н. А. Кохно (1980), определяя **акклиматизационное число по формуле:**

$$A = P \cdot v_1 + G_3 \cdot v_2 + 3m \cdot v_3 + 3c \cdot v_4,$$

где: A – адаптационное число; P – показатель роста, G_3 – +33 показатель генеративного развития, $3m$ – показатель зимостойкости, $3c$ – показатель засухоустойчивости, v – коэффициент весомости признака ($v_1=2$, для генеративного развития – $v_2=5$, для зимостойкости – $v_3=10$, для засухоустойчивости – $v_4=3$).

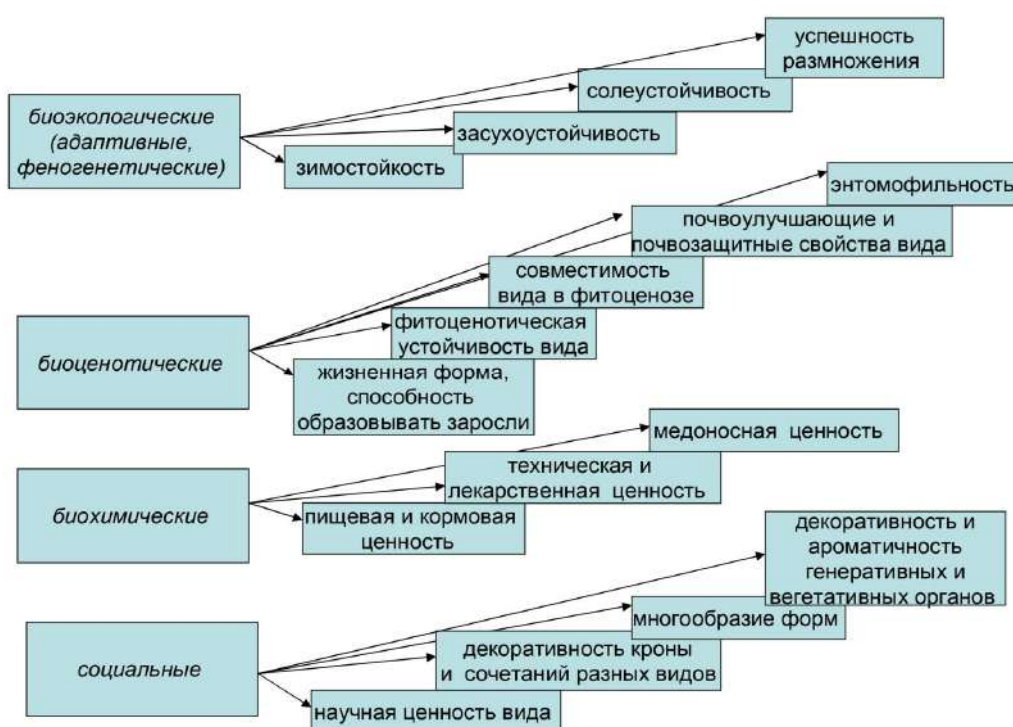


Рисунок 2 – Признаки комплексной оценки признаков деревьев и кустарников
Figure 2 – Signs of a comprehensive assessment of the signs of trees and shrubs

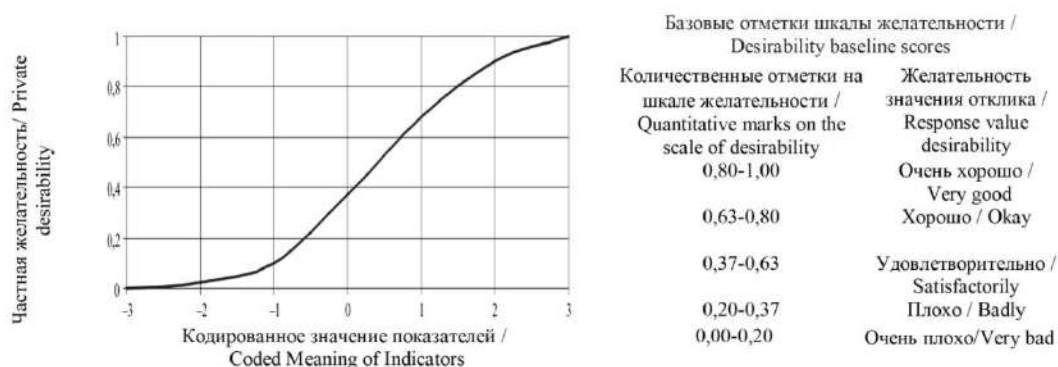


Рисунок 3 – Функция желательности Харрингтона [2]
Figure 3 – Harrington's desirability function [2]

Названные показатели оценивались по разработанной Н. А. Кохно 5-балльной шкале (рисунок 4).

5 Отличный, как в ареале	5 Размножение самосевом	5 Вполне зимостойкие	5 Растение вполне засухоустойчивое
4 Менее интенсивный, но относительно хороший	4 Плодоношение регулярное, самосев отсутствует, самостоятельно размножается вегетативно	4 Обмерзает не более 50 % длины годичных побегов	4 В засуху частично сбрасывает листья
3 Относительно умеренный	3 Семена не дают всходов, размножение вегетативное	3 Обмерзает 50-100 % длины годичных побегов	3 В засуху сбрасывает все листья
2 Слабый, растение может приобретать иную жизненную форму	2 Растение цветет, но не плодоносит	2 Кроме однолетних побегов, повреждаются более старые части растений	2 В засуху листья теряют тургор, но потом восстанавливаются
1 Очень слабый, растение приобретает иную жизненную форму	1 Цветение и вегетативное размножение отсутствуют	1 Растения обмерзают до уровня снежного покрова, корневой шейки или погибают	1 Растение от засухи погибает
Характер роста / Характер генеративного развития / The nature of generative development Growth pattern Winter hardiness Drought tolerance			

Рисунок 4 – Шкала оценки успешности интродукции древесных растений (в баллах)
Figure 4 – Scale for assessing the success of the introduction of woody plants (in points)

Согласно данной шкале определяли степень адаптации по значению акклиматизационного числа (рисунок 5).

Степень адаптации / Degree of adaptation, %				
A=Меньше 20 / Less 20	A=39-20	A=59-40	A=79-60	A=100-80
Отсутствие адаптации / Lack of adaptation	Слабая адаптация / Weak adaptation	Удовлетворительная адаптация / Satisfactory adaptation	Хорошая адаптация / Good adaptation	Полная адаптация / Full adaptation

Рисунок 5 – Шкала степени адаптации
Figure 5 – Scale of the degree of adaptation

Характер роста, генеративного развития, зимостойкость и засухоустойчивость составляют основу интегральной оценки успешности интродукции, которая состоит из 6 классов перспективности: I кл – самые перспективные (91-100 баллов), II кл – перспективные (76-90 баллов), III кл – менее перспективные (61-75 баллов), IV кл – мало-перспективные (41-60 баллов), V кл – неперспективные (21-40 баллов), VI кл – непригодные (5-25 баллов) [2].

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по методике Г. И. Зайцева (1984) с использованием компьютерных программ.

Результаты и их обсуждение. Проведенный контент-анализ российской и зарубежных исследований в области селекции, семеноводства и питомниководства древесно-кустарниковых растений позволил сформировать научно-обоснованную схему отбора, сохранения и непрерывного использования адаптированного генофонда интродукционных ресурсов древесных видов в засушливых регионах (рисунок 6).

На основе анализа многолетних данных эколого-экспериментальной интродукции и мониторинга по дендрологическим ресурсам ФНЦ агроэкологии РАН (Алтайский край, Волгоградская область) обосновали и дали комплексную оценку ассортимента хозяйственно ценных деревьев и кустарников (около 350 видов, форм, гибридов и сортов) с учетом экологических законов минимума и толерантности (таблица 1).

География интродукционных ресурсов обширна, ареалы естественного распространения древесных растений обосновываются в Европе (26 %), Северной Америке (22 %), Китае, Японии, Корее (13 %), Средней Азии (11 %) – (наибольшее количество видов), в Сибири (9 %), на Дальнем Востоке (7 %), на Кавказе и в Крыму (4 %) (наименьшее количество видов).



Рисунок 6 – Схема отбора, сохранения и непрерывного использования адаптированного генофонда интродукционных ресурсов древесных видов в засушливых регионах

Figure 6 – Scheme of selection, conservation and continuous use of the adapted gene pool of introduced resources of tree species in dry regions

Опыт интродукции указывает на перспективность использования растений из областей, схожих по климатическим характеристикам с районом интродукции [9]. При этом зачастую интродуценты данных групп не только проявляют достаточную устойчивость в условиях степей юга России, но и опережают аборигенные виды по способности переносить комплекс неблагоприятных условий окружающей среды.

По возрастным категориям в коллекции дендрологических ресурсов г. Волгограда и Кулундинского района преобладают древесно-кустарниковые растения в возрасте до 45 лет. В г. Волгограде более 50 % – 16-30 лет, более 30 % – 31-45 лет, более 20 % – 0-15 лет. В дендрарии Алтайского края более 45 % древесной растительности находится в возрасте 16-30 лет, более 35 % – до 15 лет, к возрастной категории от 31 до 45 лет относится не более 20 %. В Камышинском районе продолжительность жизни увеличивается до 65 лет: около 75 % фиксируются растения в возрасте до 15 лет (15 %), от 31 до 45 лет (22 %), от 46 до 55 лет (18 %), от 56 до 65 лет (20 %).

Оценка успешности интродукции зависит от совокупности различных факторов. Масштабное распространение в коллекциях ФНЦ агроэкологии РАН получили семейства Rosaceae, Fabaceae, Berberidaceae, Caesalpinaceae, Cupressaceae, Caprifoliaceae, Oleaceae, Fagaceae (рисунок 7).

Из изучаемых объектов было установлено, что семейства *Rosaceae* и *Fabaceae* стабильно плодоносят и более устойчивы к засухе. Данные семейства малотребовательны к почвам и выдерживают суровые зимы (0,9-0,95).

Данные виды повышают эффективность агролесомелиоративных насаждений за счет своих декоративности и медоносных качеств.

Таблица 1 – Дендрологические ресурсы ФНЦ агроэкологии РАН по состоянию на 2022 год
Table 1 – Dendrological resources of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences as of 2022

Семейства / Families	Коллекция дендрологических ресурсов / Collection of dendrological resources		
	Объекты ФНЦ агроэкологии РАН / Objects of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences		
	г. Волгоград / Volgograd	Камышинский район / Kamyshinsky district	Кулундинский район / Kulundinsky district
Rosaceae	Aflautunia (1), Amelanchier (7), Amygdalis (2), Armeniaca (4), Aronia (1), Cerasus (5), Chaenomeles (1), Cotoneaster (7), Crataegus (15), Exochorda (1), Malus (3), Padelus (1), Padus (3), Physocarpus (1), Pyrus (3), Rhodotypus (1), Rosa (5), Sorbaria (3), Sorbus (3), Spiraea (3)	Amelanchier (4), Amygdalis (5), Armeniaca (3), Cerasus (8), Chaenomeles (1), Cotoneaster (4), Crataegus (10), Exochorda (1), Malus (11), Padus (5), Persica (1), Physocarpus (1), Prunus (4), Pyrus (6), Rhodotypus (1), Rosa (11), Sorbaria (1), Sorbus (5), Spiraea (8)	Amelanchier (2), Amygdalis (2), Armeniaca (1), Aronia (1), Cerasus (2), Cotoneaster (2), Crataegus (9), Malus (4), Padus (4), Physocarpus (1), Primus (2), Pyrus (2), Rosa (7), Sorbaria (1), Sorbus (1), Spiraea (5)
Berberidaceae	Berberis (7), Mahonia (1)	Berberis (4), Mahonia (2)	Berberis (5)
Fabaceae	Amorpha (1), Caragana (3), Colutea (1), Cytisus (3), Robinia (5), Sophora (1)	Colutea (1), Genista (1), Robinia (4), Sophora (1), Lespedeza (1), Amorpha (4), Caragana (4), Cytisus (1)	Amorpha (1), Caragana (4), Cytisus (2)
Oleaceae	Fraxinus (8), Ligustrum (1), Syringa (10), Forsythia (2), Forestiera (1), Ligustrina (1)	Fraxinus (8), Ligustrum (1), Syringa (5), Forsythia (1), Forestiera (1)	Fraxinus (1), Syringa (5), Forsythia (1)
Caprifoliaceae	Diervilla (1), Kolkwitzia (1), Lonicera (7), Sambucus (2), Symphoricarpos (1), Viburnum (1)	Kolkwitzia (1), Lonicera (5), Sambucus (3), Symphoricarpos (1), Viburnum (3), Weigela (2)	Lonicera (2), Sambucus (2), Symphoricarpos (1), Viburnum (2)
Cupressaceae	Juniperus (3), Platycladus (1), Thuja (5)	Juniperus (4), Platycladus (1), Thuja (1)	Juniperus (1)
Caesalpinaceae	Cercis (1), Gleditsia (5)	Cercis (2), Gleditsia (2)	
Celastraceae	Celastrus (1), Euonymus (2)	Euonymus (4)	
Fagaceae	Quercus (4)	Quercus (4)	Quercus (2)
Betulaceae	Betula (3), Ainus (1)	Betula (3)	Betula (7)
Cornaceae	Cornus (2)	Cornus (3)	Cornus (1)

Семейство *Cupressaceae* в основном используют для озеленения, так как таксоны долговечные, лучше всех улучшают почву (0,95). Для хозяйственного значения следует обратить внимание на семейство *Rosaceae*, деревья используют в качестве сырья для фармакологии, в технических сферах и в животноводстве (0,95). Декоративными свойствами преобладает *Caesalpinaceae* (0,96), семейство *Betulaceae* тоже имеет высокое декоративное значение (0,96), но не устойчив по биоэкологическим и биоценотическим признакам (0,40-0,48).

При оценке признаков и средних суммарных показателей можно сделать вывод, что семейство *Rosaceae* имеет огромный биопотенциал (0,82) среди других изучаемых семейств.

Менее перспективными из всех изучаемых семейств стали *Cornaceae* и *Betulaceae* (0,55).

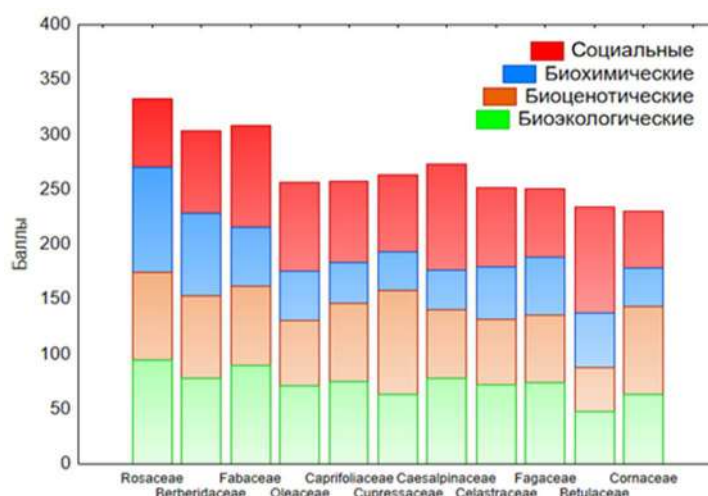


Рисунок 7 – Комплексная оценка перспективности семейств дендрофлоры коллекций
ФНЦ агроэкологии РАН

Figure 7 – A comprehensive assessment of the prospects of dendroflora families from the collections
of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

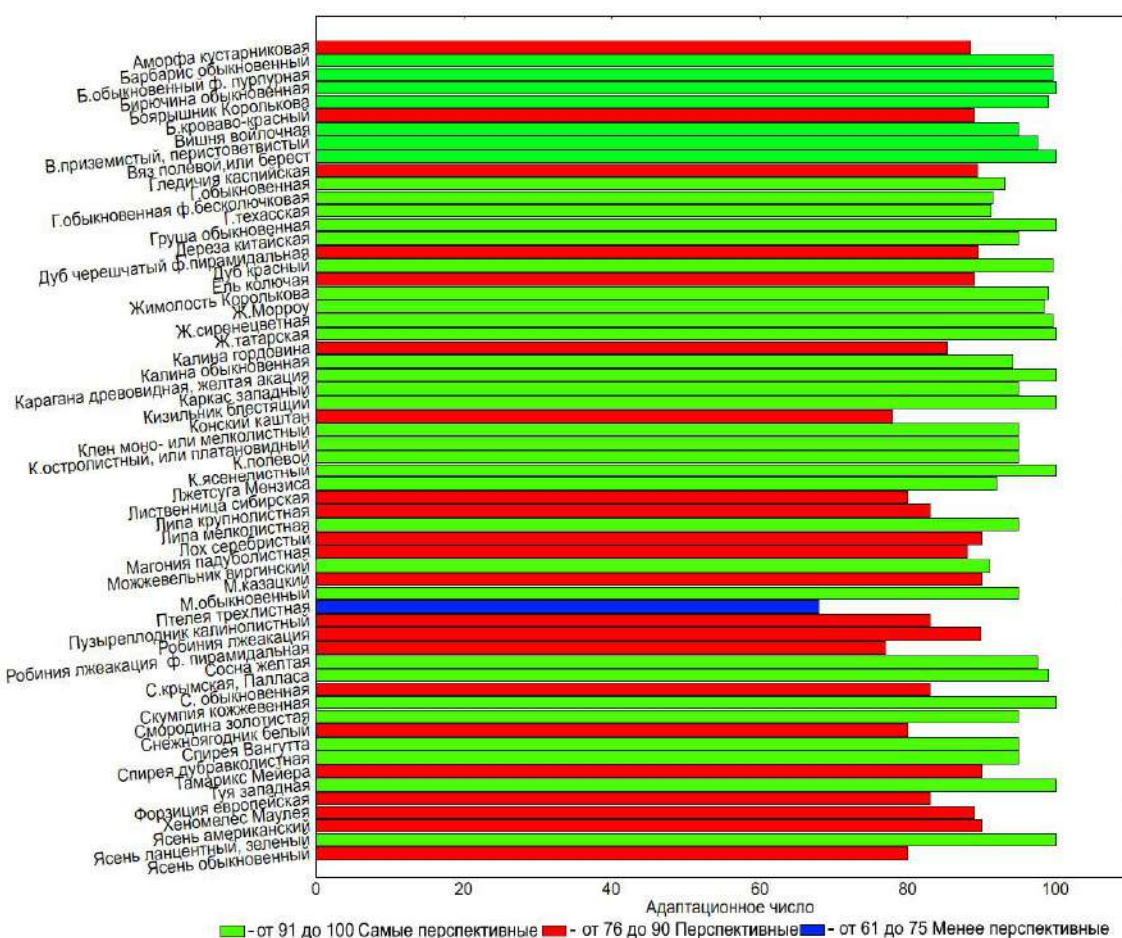


Рисунок 8 – Интегральная оценка успешности интродукции семейств дендрофлоры коллекций
ФНЦ агроэкологии РАН

Figure 8 – Integral assessment of the success of the introduction of dendroflora families from the
collections of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

Представители данных рассматриваемых семейств обладают защитными, рекреационно-озеленительными, декоративными, лесомелиоративными, кормовыми, медоносными, лекарственными и другими достоинствами.

Оценка успешности интродукции древесных растений, степени устойчивости растений имеет большое теоретическое и практическое значение.

Проведенный анализ показывает, что древесные насаждения коллекции ФНЦ агроэкологии РАН характеризуются различной степенью адаптации согласно шкале интегральной оценки успешности интродукции. У 63 % изучаемых растений коллекции ФНЦ агроэкологии РАН отмечается I класс перспективности – самые перспективные. Ко II классу – перспективные относится 35 % представленного ассортимента. 2 % – Птелея трехлистная *Ptelea trifoliata* L. по степени адаптации принадлежит к III классу – менее перспективные.

Выводы. Для повышения разнообразия видов и количества древесных пород, проявляющих высокие адаптационные свойства и устойчивость к экстремальным условиям произрастания в степной зоне юга России, необходимо детальное изучение успешности интродукции, которая определяется генетически обусловленной экологической пластичностью. География интродукционных ресурсов обширна, ареалы естественного распространения древесных растений обосновываются в Европе (26 %), Северной Америке (22 %), Китае, Японии, Корее (13 %), Средней Азии (11 %) – (наибольшее количество видов), в Сибири (9 %), на Дальнем Востоке (7 %), на Кавказе и в Крыму (4 %) (наименьшее количество видов). Опыт интродукции указывает на перспективность использования растений из областей, схожих по климатическим характеристикам с районом интродукции. При этом интродуценты данных групп не только проявляют достаточную устойчивость в условиях степей юга России, но и опережают аборигенные виды по способности переносить комплекс неблагоприятных условий окружающей среды.

Коллекция древесных насаждений ФНЦ агроэкологии РАН располагает более 60 % самыми перспективными деревьями и кустарниками, успешно интродуцированными в данных климатических условиях.

Conclusions. To increase the diversity of species and the number of tree species that exhibit high adaptive properties and resistance to extreme growing conditions in the steppe zone of southern Russia, a detailed study of the success of introduction, which is determined by genetically determined ecological plasticity, is necessary. The geography of introduction resources is extensive, areas of natural distribution of woody plants are established in Europe (26%), North America (22%), China, Japan, Korea (13%), Central Asia (11%) – (the largest number of species), in Siberia (9%), in the Far East (7%), in the Caucasus and Crimea (4%) (the smallest number of species). The experience of introduction indicates the prospects of using plants from areas similar in climatic characteristics to the area of introduction. At the same time, introduced species of these groups not only show sufficient resistance in the conditions of the steppes of southern Russia, but are also ahead of native species in their ability to tolerate a complex of unfavorable environmental conditions.

The collection of tree plantations of the Federal Scientific Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences contains more than 60% of the most promising trees and shrubs that have been successfully introduced in these climatic conditions.

Библиографический список

1. Адаптация древесных видов в экстремальных условиях и критерии отбора генофонда хозяйственно ценных растений / А. В. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.] // Международные научные исследования. 2017. № 1 (30). С. 77-85.
2. Беднова О. В., Кузнецов В. А., Тарасова Н. П. Трансформация лесных экосистем в урбанизированных условиях: индикация и интегральная оценка // Доклады Академии наук. 2015. Т. 463. № 6. С. 713.
3. Болотов Н. А. Метод комплексной оценки итогов интродукция основных лесообразующих пород // Бюл. Глав. ботан. сада АН СССР. 1976. Вып. 101. С. 38-43.

4. Калмыкова Е. В., Мельник К. А., Кузьмин П. А. Видовые различия в содержании фотосинтетических пигментов у растений аридных территорий юга России // Аграрный вестник Урала. 2023. № 3(232). С. 32-42.
5. Крючков С. Н., Иозус А. П., Завьялов А. А. Биоэкологическая характеристика древесных видов в условиях выращивания в сухой степи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 131-134.
6. Кулик К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 8-13.
7. Мелихов В. В., Зибаров А. А., Мелихова Н. П., Романова А. В. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.
8. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах / А. В. Семенютина, И. П. Свинцов, А. Ш. Хужахметова [и др.]. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2021. 288 с.
9. Рунова Е. М., Гнаткович П. С., Новоселова О. И. Оценка ассортимента зеленых насаждений Братска в условиях резко-континентального климата и атмосферного загрязнения // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2022. № 62. С. 260-263.
10. Семенютина А. В., Костюков С. М., Кашенко Е. В. Методы выявления механизмов адаптации древесных видов в связи с их интродукцией в засушливые регионы // Успехи современного естествознания. 2016. № 2. С. 103-109.
11. Kalmykova E., Lazarev S. Increasing the Biodiversity of the Dendroflora of Sparsely Wooded Regions by Adapted Representatives of the Genus Robinia L. // Agriculture. 2023. No 13. P. 695.
12. Latitudinal patterns of forest ecosystem stability across spatial scales as affected by biodiversity and environmental heterogeneity / Xuetao Qiao, [et al.] // Global Change Biology. 2023. V/ 29. No 8. Pp. 2242-2255.

References

1. Adaptation of tree species in extreme conditions and selection criteria for the gene pool of economically valuable plants / A. V. Semenyutina, I. P. Svintsov, A. Sh. Khuzhakhmetova [et al.] // International Scientific Research. 2017. No 1 (30). Pp. 77-85.
2. Bednova O. V., Kuznetsov V. A., Tarasova N. P. Transformation of forest ecosystems in urban conditions: indication and integral assessment // Doklady Akademii Nauk. 2015. V. 463. No. 6. Pp. 713.
3. Bolotov N. A. A method for a comprehensive assessment of the results of the introduction of the main forest-forming species // Byul. Glav. botan. garden of the USSR Academy of Sciences. 1976. No 101. Pp. 38-43.
4. Kalmykova E. V., Melnik K. A., Kuzmin P. A. Species differences in the content of photosynthetic pigments in plants of arid territories of southern Russia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No 3 (232). Pp. 32-42.
5. Kryuchkov S. N., Iozus A. P., Zavyalov A. A. Bioecological characteristics of tree species under growing conditions in the dry steppe // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2018. No 10. Pp. 131-134.
6. Kulik K. N. The current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the consequences of droughts and desertification of lands // Scientific and agronomic journal. 2022. No 3 (118). Pp. 8-13.
7. Melikhov V. V., Zibarov A. A., Melikhova N. P., Romanova A. V. The nature and direction of changes in climatic parameters of the Volgograd region // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2019. No 1 (53). Pp. 60-67.

8. Mobilization of dendrological resources and ways of preserving their biodiversity in sparsely forested regions / A. V. Semenyutina, I. P. Svintsov, A. Sh. Khuzhakhmetova [et al.]. Volgograd: Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, 2021. 288 p.

9. Runova E. M., Gnatkovich P. S., Novoselova O. I. Assessing the range of green spaces in Bratsk under conditions of a sharply continental climate and atmospheric pollution // Actual Problems of the Forestry Complex. 2022. No 62. Pp. 260-263.

10. Semenyutina A. V., Kostyukov S. M., Kashchenko E. V. Methods for identifying the mechanisms of adaptation of tree species in connection with their introduction into arid regions // Successes of modern natural science. 2016. No 2. Pp. 103-109.

11. Kalmykova E., Lazarev S. Increasing the Biodiversity of the Dendroflora of Sparsely Wooded Regions by Adapted Representatives of the Genus Robinia L. // Agriculture. 2023. No 13. P. 695.

12. Latitudinal patterns of forest ecosystem stability across spatial scales as affected by biodiversity and environmental heterogeneity / Xuetao Qiao, [et al.] // Global Change Biology. 2023. V/ 29. No 8. Pp. 2242-2255.

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией биоэкологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>. e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, д-р с.-х. наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: technolog_16@mail.ru

Кузьмин Петр Анатольевич, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории биоэкологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>, e-mail: kuzmin-p@vfanc.ru

Крылов Павел Андреевич, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории геномных и постгеномных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>, e-mail: krylov-p@vfanc.ru

Мельник Кристина Андреевна, младший научный сотрудник, лаборатории биоэкологии древесных растений, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7103-6436>, e-mail: melnik-k@yandex.ru

Authors Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, chief researcher – head of the Laboratory of Bioecology of Woody Plants, "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences", (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Petrov Nikolai Yurievich, Doctor of Agricultural Sciences PhD, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: technolog_16@mail.ru

Kuzmin Petr Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Bioecology of Woody Plants, "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1303-765X>; e-mail: kuzmin-p@vfanc.ru

Krylov Pavel Andreevich, PhD, Leading Researcher, Laboratory of Genomic and Post-Genomic Technologies, "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, University Ave., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9587-5886>, e-mail: krylov-p@vfanc.ru

Melnik Kristina Andreevna, Junior Researcher, Laboratory of Bioecology of Woody Plants, "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7103-6436>, e-mail: melnik-k@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-06

INHERITANCE OF LARGE-FRUITED BERRIES OF HYBRID PROGRESS OF THE BLACK CURRANT

E. G. Akulenko, G. L. Yagovenko, S. M. Ostrovskaya, N. V. Misnikova

*All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams»
Bryansk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Received 23.05.2023

Submitted 17.07.2023

The studies were carried out within the framework of the Program for Fundamental Research of the Russian Academy of Sciences (AAAA-A19-119122490147-7) of the Ministry of Science and high Education on the topic "To improve the methods for research, mobilization and DNA-typing of genetic resources of feed and fruit plants aimed to reveal adaptive and economic potential, development of sources and donors for economic-and-valuable characters and properties"

Abstract

Introduction. Black currant (*Ribes nigrum* L.) is one of the most valuable berry crops. Large-fruited berries play an important role in the productivity of a variety; therefore, to create new large-fruited competitive varieties, it is necessary to identify donors and sources of large-fruited and other economically valuable traits for the purpose of their further use in the breeding process. Purpose of the work: from 764 black currant seedlings from ten intervarietal crosses, to identify new sources of large fruit for further selection in the conditions of the southwestern part of the Non-Black Earth Region of Russia. **Materials and methods.** The work was carried out in the fruit growing department of the All-Russian Research Institute of Lupine in the period from 2020 to 2022 using generally accepted breeding techniques. Well-known donors of large fruit and the best elite selections of interspecific origin, which were distinguished by a high level of economic and biological characteristics, were involved in the crossings. **Results and conclusions.** Large-fruited genotypes with a berry weight of 3 g or more were isolated from hybrid families: 7-1-302 (3.0 g), 7-2-73 (3.0 g), 7-2-106 (3.0 g), 7-2-78 (3.1 g), 7-4-97 (3.2 g), 7-4-105 (3.3 g), 7-2-90 (3.6 g). The selected hybrids have a high level of selection-significant traits - productivity, vitamin C content, resistance to powdery mildew and bud mite.

Key words: *black currants, breeding, large-fruitedness, crossing combination, seedlings, heterosis degree.*

Citation. Akulenko E. G., Yagovenko G. L., Ostrovskaya S. M., Misnikova N. V. Inheritance of large-fruited berries of hybrid progress of the black currant. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 66-76 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-06.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.723.1:631.527

**НАСЛЕДОВАНИЕ КРУПНОПЛОДНОСТИ ЯГОД ГИБРИДНОГО ПОТОМСТВА
СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ****Е. Г. Акуленко**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**Г. Л. Яговенко**, доктор сельскохозяйственных наук**С. М. Островская**, младший научный сотрудник**Н. В. Мисникова**, кандидат сельскохозяйственных наук*Всероссийский научно-исследовательский институт люпина –
филиал ФГБНУ ФНЦ ВИК им. В.Р. Вильямса
г. Брянск, Российская Федерация**Исследования проведены в рамках Программы фундаментальных научных исследований
РАН (AAAA-A19-119122490147-7) Миннауки и высшего образования РФ по теме «Усовершенствовать методы обследования, мобилизации и ДНК-типирования генетических ресурсов кормовых и плодовых растений в целях выявления адаптивного и хозяйственного потенциала, создания источников и доноров хозяйственно-ценных признаков и свойств»*

Актуальность. Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одной из наиболее ценных ягодных культур. Крупноплодность ягод играет важную роль в продуктивности сорта, поэтому для создания новых крупноплодных конкурентных сортов необходимо выявление доноров и источников крупноплодности и других хозяйственно-ценных признаков с целью их дальнейшего использования в селекционном процессе. **Цель работы:** из 764 семян смородины черной от десяти межсортных скрещиваний выделить новые источники крупноплодности для дальнейшей селекции в условиях юго-западной части Нечерноземья России. **Материалы и методы.** Работа была выполнена в отделе плодоводства ВНИИ люпина в период с 2020 по 2022 год с использованием общепринятых методик по селекции. В скрещивания были вовлечены известные доноры крупноплодности и лучшие элитные отборы межвидового происхождения, которые отличались высоким уровнем хозяйственно-биологических признаков. **Результаты и выводы.** Из гибридных семей были выделены крупноплодные генотипы с массой ягод 3 г и более: 7-1-302 (3,0 г), 7-2-73 (3,0 г), 7-2-106 (3,0 г), 7-2-78 (3,1 г), 7-4-97 (3,2 г), 7-4-105 (3,3 г), 7-2-90 (3,6 г). Выделенные гибриды обладают высоким уровнем селекционно-значимых признаков – продуктивностью, содержанием витамина С, устойчивостью к мучнистой росе и почковому клещу.

Ключевые слова: смородина черная, селекция смородины черной, крупноплодность смородины, комбинации скрещивания смородины, сеянцы смородины.

Цитирование. Акуленко Е. Г., Яговенко Г. Л., Островская С. М., Мисникова Н. В. Наследование крупноплодности ягод гибридного потомства смородины черной. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 66-76. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-06.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Смородина черная (*Ribes nigrum* L.) является одной из наиболее востребованных ягодных культур в садоводстве как среди садоводов-любителей, так и при возделывании в промышленных масштабах. В связи с высокой адаптивностью и зимостойкостью этой культуры ареал её возделывания по сравнению с другими ягодниками является более широким. Смородина черная культивируется во многих регионах России и зарубежья. Эта культура пользуется популярностью благодаря высокой продуктивности (до 11 т/га), скороплодности, неприхотливости возделывания – все процессы в настоящий момент при необходимости механизированы, включая сбор урожая. Глав-

ным достоинством черной смородины являются высокие лечебно-диетические качества ягод. Содержание углеводов, органических кислот и витаминов в легкоусвояемых формах делает ее незаменимой в питании человека. Богатый витаминный состав ягод смородины черной оказывает благотворное влияние на метаболизм организма человека [22]. Витамин С в сочетании с Р-активными соединениями обеспечивает лечебное действие при сердечно-сосудистых заболеваниях и повышенных дозах облучения [17, 21]. Наибольшее количество витамина С содержится в ягодах, листьях, почках. Ягоды смородины черной являются ценным сырьем для перерабатывающей промышленности. Они пригодны для заморозки в свежем виде, приготовления натуральных соков, компотов, варенья, джема, мармелада, повидла, вина и так далее [20]. Употребление свежих или переработанных ягод в количестве 50 г достаточно для того, чтобы организм человека получил суточную дозу витамина С и Р.

Одной из приоритетных задач в селекции смородины черной является создание крупноплодных сортов, так как величина и одномерность ягод являются важными показателями продуктивности и качества ягодной продукции [11]. Над созданием крупноплодных сортов работают селекционеры во многих научных учреждениях России. В этом направлении удалось добиться значительных успехов во ВНИИСПК (г. Орел), на Кокинском опорном пункте ФНУ Садоводства (Брянская обл.), Башкирском НИИСХ (г. Уфа), ФНЦ им. Мичурина (г. Мичуринск), ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров), Якутском НИИСХ им. М. Г. Сафронова (г. Якутск), ВНИИ люпина (г. Брянск) и других НИУ [1, 5, 6, 10, 14, 18, 19].

В реестр селекционных достижений РФ внесено 218 сортов смородины черной, 8 из них в 2022 году [7]. В связи с выведением большого числа крупноплодных сортов требования к сорту по массе ягод возрастают. Крупноплодность – генетически обусловленный признак, однако на его проявление влияют погодно-климатические условия, особенно в период роста и налива ягод, когда умеренно влажная погода способствует максимальному проявлению признака [15]. В настоящее время крупноплодными принято считать сорта со средней массой ягод 1,5 г и выше. Возделывание одного и того же сорта в разных регионах также показывает разную массу ягод [12]. Плоды мельчают и по мере старения ветвей [16].

Интрогрессивная гибридизация представляет собой метод переноса генов, при котором генетические материалы двух наиболее отдаленных видов объединяются, что дает возможность создавать гибридные сорта растений с более высокой гетерозисной способностью. Гибридные сорта обладают улучшенными характеристиками, такими как высокая продуктивность, устойчивость к заболеваниям и адаптивность к меняющимся условиям выращивания.

Селекционная работа по смородине черной во ВНИИ люпина начата в 1969 году. Была разработана поэтапная селекционная программа на длительный период. Исходными сортами для проведения исследований были сорт Голиаф (*Ribe snigrum* var. *Europaeum* Janez.) и Сеянец Чёрный (*Ribes dikuscha* Fisch). Эти сорта имели четкие различия по морфологическим и количественным признакам, что и предопределило их выбор. За одно поколение удалось увеличить массу ягод почти в 2 раза. По сравнению с исходными формами (Голиаф с массой ягод – 0,8 г и Сеянец Чёрный – 0,6 г) выделены сеянцы с массой ягод 0,9 – 1,4 г.

Позднее в селекцию были вовлечены источники устойчивости к болезням и других хозяйственно-ценных признаков: сорта Приморский чемпион, Стахановка Алтай, Брёдторп, Сеянец Голубки, Оджебин и другие. За два последующих десятилетия был проработан гибридный фонд, насчитывающий более 16 тысяч сеянцев, включая сеянцы

первого, второго, третьего инбредных поколений, F_2 и F_3 сортолинейных, межлинейных и межсортовых гибридов. В поколениях I_1 , I_2 , F_2 в течение ряда лет проводился селекционно-генетический анализ, изучались параметры признаков массы и биохимического состава ягод; от сортолинейных скрещиваний были выделены ряд генотипов со средней массой ягод 1,5–2,5 г и максимальной – 5,5 г. В результате сложной многоступенчатой селекции созданные впоследствии сорта и отборные формы имели в геномах генетическую информацию 3-5 видов [2].

На Государственные испытания были переданы сорта Селеченская, Севчанка, Перун. При выполнении селекционной программы проводилось периодическое чередование инбридинга и кроссбридинга, вовлекались новые источники иммунитета к грибным болезням и вредителям, а также комплексные источники хозяйственно-полезных признаков [9].

Быстрое распространение грибных болезней в 90-х годах XX века требовало привлечения новых источников и доноров для создания высокоустойчивых и иммунных сортов. На этом этапе селекции использовались скандинавский экотип сорт Титания, многогенный источник 37-5, межвидовые гибриды с сибирским подвидом, смородиной дикушей и смородиной Янчевского (744-7-54). В результате этих испытаний были выделены новые крупноплодные (1,6–2,3 г) сорта Изюмная, Гулливер и другие формы с высоким качеством ягод, устойчивостью к грибным болезням и почковому клещу. Особенно крупные ягоды у сорта Добрыня и элитных отборов 6-21-245, 5-35-55 (максимальная масса 4–6 г). Впервые в селекции черной смородины были созданы крупноплодные гетерозисные сорта, обладающие адаптивностью как в условиях европейской части России, так и в условиях Сибири.

В отделе плодоводства ВНИИ была проведена успешная селекционная работа по созданию адаптированных, крупноплодных сортов смородины черной. За период исследований было создано 25 сортов, 14 из которых внесены в Реестр селекционных достижений РФ, а 11 проходят Государственное сортоиспытание. На данный момент продолжается селекционная работа по улучшению качества сортов смородины черной.

Для создания новых сортов проводится оценка 1400 семян из 8 инбредных семей и 29 межсортовых скрещиваний в селекционных питомниках. Важным фактором при выведении новых сортов становится содержание витамина С, что затрудняется из-за отрицательной сопряженности между массой ягод и содержанием данного витамина. Несмотря на это, ученые продолжают искать решения данной проблемы. В гибридных популяциях было установлено, что крупноплодные генотипы содержат меньше витамина С, чем мелкоплодные. Доля высоковитаминных семян составляет от 70 до 90 % от гибридной популяции в семьях, где средняя масса ягод меньше 1,5 г. Однако гибридные формы с массой 2 г и более содержат всего от 70 до 140 мг/100 г витамина С. Поэтому проводится отбор не только крупноплодных генотипов, но и по высокому содержанию витамина С и комплексной устойчивости к вредителям и болезням. В результате исследований были выделены формы с хорошим качеством ягод, устойчивостью к болезням и почковому клещу. Средняя масса ягод у этих форм составляет от 2 до 3,6 г, а максимальная – от 4 до 7 г [3].

Целью наших исследований было проведение сравнительной оценки семян смородины черной 2015 года посадки из 10 семей межсортовых скрещиваний и выделение крупноплодных форм для дальнейшей селекционной работы.

Материалы и методы. Работа проводилась в 2020-2022 гг. на опытном участке сада ВНИИ люпина (Брянская обл.). В изучении находилось 764 семян смородины черной от десяти межсортовых скрещиваний. Для изучения селекционные участки за-

кладывались двухлетним посадочным материалом, схема посадки 3 x 0,6 м. Учёты проводились на растениях с 4-летнего возраста. Почва опытного участка светло-серая лесная, легкосуглинистая. Содержание гумуса – 2,37 %, рН_{KCl} – 5,9, P₂O₅ – 251 мг/кг почвы, K₂O – 181 мг/кг почвы.

Исследования вели в соответствии с общепринятой «Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур». Для оценки гибридов по крупноплодности была использована балльная система: 1 балл соответствует массе ягод 0,3 - 0,5 г (очень мелкие), 2 балла – 0,6-0,8 г (мелкие), 3 балла – 0,9-1,3 г (средние), 4 балла – 1,4-2,0 г (крупные), 5 баллов – выше 2 г (очень крупные). Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли с применением однофакторного дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8].

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия за период исследований отличались разнообразием. Умеренно теплым и влажным был 2020 год. Во время цветения смородины чёрной температура воздуха была ниже нормы на 0,5–4,5°C, а выпадение осадков за май было рекордным, особенно в первую и третью декаду, ГТК за этот месяц был 5,0. Однако последующее установление нормального температурного режима и выпадение осадков в пределах нормы с незначительными отклонениями способствовало нормальному росту и формированию массы ягод. Величина ягод за этот период была близка к средним показателям за время изучения.

Температура воздуха в мае – июле 2021 года была выше среднемноголетних значений на 1,2-5,0°C, а количество осадков недостаточным, особенно в период созревания ягод (48,0 % от нормы), ГТК в это время составил 0,9. В отдельные дни в III декаде июня в дневные часы отмечены температуры до +34°C при полном отсутствии осадков. В этот период наблюдалось дневное увядание растений и запекание кожицы ягод на солнце, что привело к преждевременному созреванию и недобору массы ягод – они были мельче, чем в предыдущем году.

Влажными и холодными были апрель и май 2022 года. Цветение смородины чёрной было на 10 дней позже обычных сроков. Средние температуры на 2,1-3,6 °C были ниже среднемноголетних. Однако такие погодные условия не оказали большого влияния на массу плодов, а лишь задержали период созревания. В дальнейшем благоприятный температурный режим и наличие продуктивной влаги в период роста и созревания ягод положительно сказались на массе ягод.

Масса ягод является важным качественным показателем культуры. При выборе сортимента потребитель в большинстве случаев отдаёт предпочтение крупноплодным сортам [13]. При сборе урожая крупноплодных сортов в 2,5 – 4 раза повышается производительность труда. Поэтому селекция на увеличение массы ягод является не только одним из главных элементов высокой продуктивности новых сортов, но и повышает экономическую эффективность культуры смородины чёрной. Основные методы селекционной работы по смородине чёрной на крупноплодность и другие хозяйственно-полезные признаки – внутривидовая гибридизация, инбридинг, отдаленные скрещивания, полиплоидия и искусственный мутагенез. Наибольшие успехи достигнуты методом межвидовой гибридизации с включением в селекционный процесс европейского, сибирского, скандинавского подвидов смородины чёрной и смородины дикуши [4]. В настоящее время основой селекции являются современные сорта – межвидовые гибриды. В селекции наиболее важный момент – это подбор исходного материала. В наших исследованиях в селекцию включены сорта и отборные формы собственной селекции и других НИУ разных эколого-географических зон, являющиеся донорами и источниками крупноплодности и других хозяйственно-ценных признаков, несущие в своём гено-

ме более 3-х видов (таблица 1). В селекции улучшение нужного признака можно получить с помощью мейотических рекомбинаций исходных форм, мало отличающихся друг от друга. Выделение среди потомства генотипов, превосходящих обоих родителей и есть результат удачного подбора исходных форм. В последнее время явление трансгрессии стало основой успешной отечественной селекции смородины черной на крупноплодность и качество ягод. В результате использования в скрещиваниях географически и систематически отдаленных форм с целью увеличения гетерозиготности аллелей генов, а в последующем и массы ягод у гибридного потомства возрастает количество гетерозисных форм, выделенных в семье. В наших исследованиях в 10 гибридных семьях проведен анализ наследования хозяйственно-ценных признаков. Изучались морфологические и биологические признаки: количество цветков в кисти, масса ягод, содержание в них витамина С, устойчивость к поражению мучнистой росой, почковым клещом. Исходными формами анализируемых семей были как доноры крупноплодности, так и комплексные источники биологически-полезных признаков. По устойчивости к американской мучнистой росе донорами иммунитета выступают 6-11-11 (ген *M₃*), 762-5-82 (ген *Sph₃*), Стор класс (ген *R*).

Источниками иммунитета к почковому клещу являются 762-5-82 (ген *Ce*), 6-12-230, 6-12-127, 6-12-128 и сорт Изюмная (ген *P*). Источниками длиннокистности являются родительские формы 6-11-11 и 762-5-82. Длиннокистность у них обусловлена генами смородины черешчатой и смородины клейкой. Источники высокого содержания витамина С (240–340 мг/100г) – 6-12-127, 6-12-128, 6-12-134, 6-19-39. Проведенный нами гибридологический анализ семей по массе ягод показал, что в потомствах доминирует мелкоплодность. Средняя масса ягод в гибридных семьях значительно уступает родительским донорам на крупноплодность – сортам Добрыня (2,8 г), Ядреная (3,5г), Селеченская 2 (2,6 г). Средняя масса ягод по семьям варьировала от 1,0 г у семьи 6-19-39 × (762-5-82 × Добрыня) до 2,1 г у семей Ядреная × (6-12-127+6-12-128) и Стор класс × Ядреная. Анализ гибридного потомства изучаемых семей по величине ягод выявил широкий размах изменчивости признака от 0,6 до 3,6 г.

Таблица 1 – Таксонометрическая принадлежность исходных форм смородины черной
Table 1 – Taxonometric affiliation of the black currants initial lines

Комбинации скрещиваний	Таксонометрическая принадлежность
Ядреная х Изюмная 6-11-11 х Селеченская 2 6-28-105 х Селеченская 2	производные европейского, сибирского подвида и смородины дикуши
6-12-230 х Ядреная Ядрёная х (6-12-127+6-12-128) Стор класс х Ядреная Чершнева х 6-12-128	производные европейского, сибирского, скандинавского подвида и смородины дикуши
(762-5-82 х Добрыня) х Ядрёная 6-19-39 х (762-5-82 х Добрыня) (762-5-82 х Добрыня) х 6-12-134	производные европейского, сибирского, скандинавского подвида, смородины дикуши, смородины клейкой, крыжовника отклонённого

Во всех семьях, за исключением 6-19-39 х (762-5-82 х Добрыня) и (762-5-82 х Добрыня) х 6-12-134 были выделены сеянцы с крупными ягодами, более 2 грамм (рисунк 1). Наибольшее количество гетерозисных сеянцев отмечено в гибридной комбинации Стор класс х Ядреная (60%).

Значительное количество трансгрессивных гибридов с массой более 2 г выделено в семьях 6-12-230 х Ядреная и Ядреная х (6-12-127+6-12-128) – 42 и 54% соответственно.

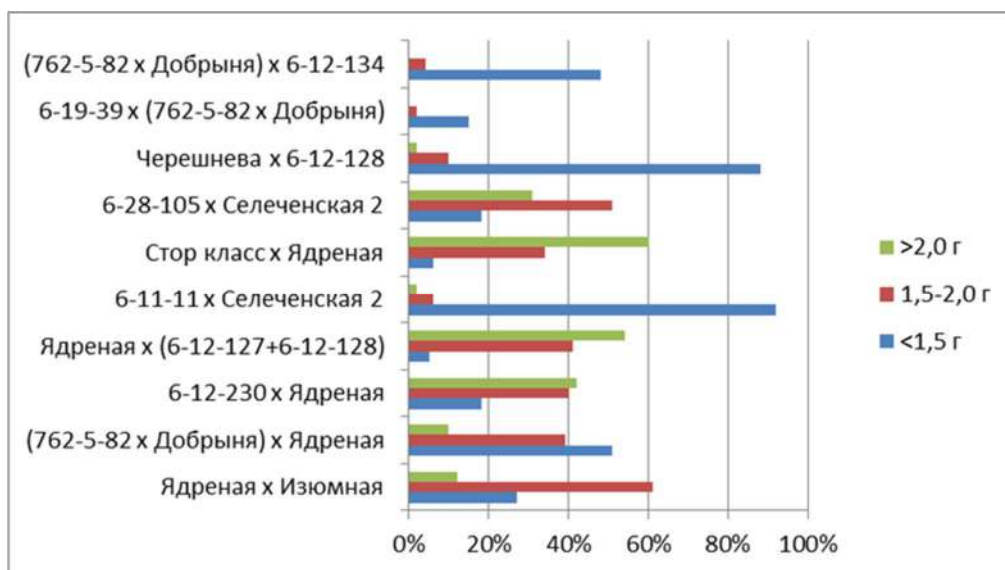


Рисунок 1 – Распределение гибридного потомства смородины черной помассеягод

Figure 1 – Distribution of black currant hybrid progeny by weight of berries

Анализ показал, что большинство гибридных семей имеют уклонение в наследовании признака крупноплодности в сторону худшей родительской формы. В то же время в некоторых семьях, таких как Ядреная х Изюмная и 6-28-105 х Селеченская 2, наблюдается проявление депрессии. Единственной семьей, где была отмечена положительная трансгрессия ($H_p=+0,6$), является Стор класс х Ядреная (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка гибридного потомства смородины черной по средней массе ягод, 2020-2022 гг.

Table 2 – The estimation of black currants hybrid offspring for the average weight of berries, 2020-2022

Комбинации скрещиваний	Число сеянцев, шт.	Средняя масса, г			Тч, %	Нр
		♀	♂	F ₁		
Ядреная х Изюмная	75	2,3	2,1	1,7	5,3	-5
(762-5-82 х Добрыня) х Ядреная	150	1,1	2,3	1,6	2,7	0
6-12-230 х Ядреная	57	1,3	2,3	1,9	18,6	-1
Ядреная х (6-12-127+6-12-128)	99	2,3	2,1	2,1	26,0	-1
6-11-11 х Селеченская 2	84	0,9	2,1	1,1	1,2	-0,6
Стор класс х Ядреная	99	1,3	2,3	2,1	29,3	+0,6
6-28-105 х Селеченская 2	90	1,6	2,1	1,8	17,3	-3
Черешнева х 6-12-128	41	1,7	1,1	1,2	4,9	-0,7
6-19-39 х (762-5-82 х Добрыня)	17	1,3	1,3	1,0	5,9	0
(762-5-82 х Добрыня) х 6-12-134	52	1,3	1,7	1,2	1,9	-1,5

В ходе 3-летнего изучения в контрастных погодных условиях у большинства гибридных семей выявлены крупноплодные сеянцы. Однако в некоторых комбинациях скрещиваний с участием крупноплодных генотипов выход крупноплодного потомства оказался невысоким. Так, например, в семье Ядреная х Изюмная сеянцы со средней массой более 2 грамм составили 12 %. Особенно мелкие ягоды отмечены в семье 6-11-11 х Селеченская 2, где в геноме материнской формы 6-11-11 содержатся гены смородины черешчатой. Это свидетельствует о том, что проявление признака крупноплодности гибридных сеянцев зависит от специфической комбинационной способности родительских форм, и не всегда крупноплодные по фенотипу исходные формы обеспечива-

ют высокий выход крупноплодного потомства. В семьях 6-12-230 х Ядреная и Ядреная х (6-12-127+6-12-128), где отмечено полное доминирование худшего родителя ($H_r = 1$), выделены сеянцы со средней массой ягод 2,8-3,2 г. Это подтверждает правильность положения об индивидуальном отборе как основном в селекции плодово-ягодных культур и невозможности замены его среднестатистическими характеристиками гибридных семей в целом. Из трёх семей были сделаны перспективные крупноплодные отборы (таблица 3). Из семьи Стор класс х Ядреная – 7-4-97 (3,2 г), 7-4-105 (3,3 г); из семьи 6-12-230 х Ядреная – 7-1-302 (3,0 г); из семьи Ядреная х (6-12-127+6-12-128) – 7-2-73 (3,0 г), 7-2-106 (3,0 г), 7-2-78 (3,1 г), 7-2-90 (3,6 г). Все отборные генотипы являются крупноплодными, продуктивными, имеют высокое содержание витамина С, устойчивы к мучнистой росе и почковому клещу.

Таблица 3 – Характеристика новых перспективных генотипов смородины черной по комплексу полезных признаков, 2020-2022 гг.

Table 3 – Characteristic of the new perspective genotypes of black currants for the complex of useful characters

Отборная форма	Продуктивность, кг/куст	Масса ягод, г		Содержание витамина С, мг/100 г	Поражение, балл	
		средняя	max		мучнистая роса	почковый клещ
7-2-90	2,5	3,6	4,9	174	1	0
7-4-105	2,6	3,3	4,6	171	0	0
7-4-97	2,7	3,2	4,8	180	0	0
7-2-78	2,7	3,1	4,3	222	1	0
7-2-106	3,0	3,0	4,5	199	0	0
7-2-73	3,6	3,0	5,1	161	1	0

Заключение. В результате оценки гибридных семей выделены крупноплодные генотипы со средней массой 3 г и более, обладающие комплексом хозяйственно-полезных признаков – 7-4-97, 7-4-10, 7-1-302, 7-2-106, 7-2-78 7-2-90. Заключительным этапом селекционного процесса является выделение перспективных образцов из гибридных семей, первичное клонированное размножение и изучение перспективных генотипов. Подводя итог исследований, следует отметить, что данные отборы можно использовать с самыми крупноплодными генотипами в других комбинациях скрещиваний, в том числе и с неустойчивыми к мучнистой росе и почковому клещу генотипами.

Conclusions. The estimation of the hybrid families resulted in selection of the large-fruited genotypes with the average weight of 3 g and higher with a complex of economic useful characters: there are 7-4-97, 7-4-10, 7-1-302, 7-2-106, 7-2-78 7-2-90. The finishing stage of the breeding process is the selection of perspective lines among hybrid families, the initial clonal reproduction and study of perspective genotypes. Summarizing it's to notice that these selections can be used with the most large-fruited genotypes in other crossings' combinations included non-resistant to the powdery mildew and bud mites ones.

Библиографический список

1. Акуленко Е. Г., Каньшина М. В., Яговенко Г. Л. Результаты и перспективы селекции смородины черной во ВНИИ люпина // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 63. С. 11–15.
2. Акуленко Е. Г. Самоплодность и урожайность новых сортообразцов смородины черной селекции ФГБНУ ВНИИ люпина // Вестник Брянской Государственной сельскохозяйственной Академии. 2017. № 2 (60). С. 28-30.
3. Акуленко Е. Г. Новые комплексные источники хозяйственно-ценных признаков смородины черной // Вестник Брянской Государственной Академии. 2017. № 1 (59). С. 72–75.
4. Габышева Н. С. Оценка межвидовых гибридов смородины черной в Якутии // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 56-65.

5. Головина Л. А., Нигматзянов Р. А. Сортоизучение растений смородины черной (*Ribes Nigrum* L.) Башкирской селекции полученных при помощи клонального микроразмножения *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 60. С. 36-41.
6. Голяева О. Д., Кураев О. В., Князев С. Д. Новые сорта смородины и крыжовника селекции ВНИИСПК // Вестник Российской Сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 41-46.
7. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию/Сорта растений. Т. 1. С. 424-425.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования. М., 2011. 352 с.
9. Каньшина М. В. Генетические ресурсы и инновационные методы в селекции сортов смородины черной // Современные тенденции устойчивого развития ягодоводства России (смородина, крыжовник): материалы науч.-практ. конф., посвященной 110-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, Заслуженного деятеля науки РСФСР К. Д. Сергеевой. Воронеж, 2018. С. 98-119.
10. Сазонов Ф. Ф. Достижение в селекции и основные направления совершенствования сортимента смородины черной в ФНУ Садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. Т. 67. С. 18-28.
11. Сазонов Ф. Ф. Формирование отечественного сортимента смородины черной в условиях нечерноземного региона России // Садоводство и виноградарство. 2021. № 1. С. 23-31.
12. Сазонов Ф. Ф. Роль генотипа и погодных условий в формировании хозяйственно ценных признаков инродуцированных сортов черной смородины // Вестник КрасГАУ. 2021. № 11. С. 61-70.
13. Сазонов Ф. Ф. Селекция смородины черной в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России. Москва. ВСТИСП. Саратов. Амирит. 2018. 304 с.
14. Салтыкова Т. И., Сафронов А. П. Комплексная оценка элитных форм смородины черной селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 4 (25). С. 26-31.
15. Салтыкова Т. И., Вахрушева Н. С., Сафронов А. П. Влияние погодных условий на качественные показатели ягод элитных форм смородины черной селекции Федерального аграрного научного центра Севера-Востока // Садоводство и виноградарство. 2019. № 2. С. 5-9.
16. Селекция черной смородины: методы, достижения, направления / С. Д. Князев, Н. С. Левгерова, М. А. Макаркина, А. В. Пикунова, Е. С. Салина, Е. И. Чекалин, Т. В. Янчук, М. А. Шавыркина. ВНИИ СПК, 2016. 328 с.
17. Скрининг биологического состава плодов смородины черной // В. В. Гавриченко [и др.] // Современные тенденции развития аграрной науки: материалы международной научно-практической конференции. Брянск: Брянский ГАУ, 2022. С. 474-478.
18. Современные тенденции в обновлении промышленного сортимента ягодных и нетрадиционных садовых культур / Т. В. Жидехина, О. С. Родюкова, И. В. Гурьева [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 33 (2). С. 22-26.
19. Сорокопудов В. Н., Назарюк Н. И., Габышева Н. С. Совершенствование сортимента смородины черной в Азиатской части России // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 23-28.
20. Pluta S. New Challenges in the *Ribes* Breeding and Production // Proceedings of the Xth International *Rubus* & *Ribes* Symposium. Zlatibor. Serbia. Acta Hort, 2012. V. 946. P. 27-35.
21. Polyphenolic profile as well as antioxidant and anti-diabetes effects of extracts from freeze-dried black raspberries / T. Xiao, Z. Guo, X. Bi, Y. Zhao // J. Funct. Foods. 2017. N 31. P. 179-187.
22. Qualitative properties of the fruits of blackcurrant *Ribes nigrum* L. genotypes in conventional and organic cultivation. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences / A. Kikas, K. Kahu, L. Arus, H. Kaldmäe, R. Rätsep, A.-V. Libek // Section B. 2017. V. 71. No 3 (708). P. 190-197.

References

1. Akulenko E. G., Kanshina M. V., Yagovenko G. L. The results and prospects of black currant selection at the All-Russian Research Institute of Lupin // Fruit and berry growing in Russia. 2020. V. 63. Pp. 11-15.

2. Akulenko E. G. Self-fertility and yield of new black-selected currant assortment samples of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Lupin // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2017. № 2 (60). Pp. 28-30.
3. Akulenko E. G. New complex sources of economically valuable signs of black currant // Bulletin of the Bryansk State Academy. 2017. № 1 (59). Pp. 72-75.
4. Gabysheva N. S. Assessment of interspecies black currant hybrids in Yakutia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. № 01 (216). Pp. 56-65.
5. Golovina L. A., Nigmatzyanov R. A. Variety study of black currant plants (*Ribes Nigrum* L.) of Bashkir selection obtained by clonal micro-multiplication invitro // Fruit and berry growing in Russia. 2020. V. 60. Pp. 36-41.
6. Golyaeva O. D., Kuramev O. V., Knyazev S. D. New varieties of currants and gooseberries of selection VNIISPK // Bulletin of Russian Agricultural Science. 2020. № 4. Pp. 41-46.
7. State Register of Breeding Achievements of Approved Plants. Varieties. V. 1. P. 424-425.
8. Armor B. A. Field experience methodology with the basics of statistical processing of study results. M., 2011. 352 p.
9. Kanshina M. V. Genetic resources and innovative methods in the selection of black currant varieties // Modern trends in the sustainable development of Russian berry growing (currants, gooseberries): scientific and practical materials. conf., Dedicated to the 110th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Honored Scientist of the RSFSR K. D. Sergeeva. Voronezh, 2018. Pp. 98-119.
10. Sazonov F. F. Achievement in selection and the main directions for improving the black currant variety in the Federal State Institution of Horticulture // Fruit and berry growing in Russia. 2021. V. 67. Pp. 18-28.
11. Sazonov F. F. Formation of the domestic variety of black currants in the conditions of the non-soil region of Russia // Gardening and viticulture. 2021. № 1. Pp. 23-31.
12. Sazonov F. F. The role of genotype and weather conditions in the formation of economically valuable signs of introduced blackcurrant varieties // Bulletin of KrasGAU. 2021. № 11. Pp. 61-70.
13. Sazonov F. F. Selection of black currants in the conditions of the southwestern part of the Non-Chernozem zone of Russia. Moscow: PSISP. Saratov: Amirite, 2018. 304 p.
14. Saltykova T. I., Safronov A. P. Comprehensive assessment of elite forms of black currant of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Fan Center of the North-East // Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2018. № 4 (25). Pp. 26-31.
15. Saltykova T. I., Vakhrusheva N. S., Safronov A. P. Impact of weather conditions on the qualitative indicators of berries of elite forms of black currant of the Federal Agrarian Scientific Center of the North-East // Horticulture and viticulture. 2019. № 2. Pp. 5-9.
16. Selection of blackcurrants: methods, achievements, directions / S. D. Knyazev, N. S. Levgerova, M. A. Makarkina, A. V. Pikunova, E. S. Salina, E. I. Chekalin, T. V. Yanchuk, M. A. Shavyrkina. VNII SPK, 2016. 328 p.
17. Screening of the biological composition of black currant fruits//V.V. Gavrichenko [et al.] // Modern trends in the development of agrarian science: materials of an international scientific and practical conference. Bryansk: BryanskGAU, 2022. Pp. 474-478.
18. Modern trends in updating the industrial variety of berry and non-traditional garden crops / T. V. Zhidekhin, O. S. Rodyukov, I. V. Guryev [et al.] // Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2019. № 33 (2). Pp. 22-26.
19. Sorokopudov V. N., Nazaryuk N. I., Gabysheva N. S. Improving the black currant variety in the Asian part of Russia // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 7. P. 23-28.
20. Pluta S. New Challenges in the Ribus Breeding and Production //Proceedings of the Xth International Rubus & Ribes Symposium.Zlatibor. Serbia. Acta Hort, 2012. V. 946. Pp. 27-35.
21. Polyphenolic profile as well as antioxidant and anti-diabetes effects of extracts from freeze-dried black raspberries / T. Xiao, Z. Guo, X. Bi, Y. Zhao // J. Funct. Foods. 2017. N 31. Pp. 179-187.
22. Qualitative properties of the fruits of blackcurrant *Ribesnigrum* L. genotypes in conventional and organic cultivation.Proceedings of the Latvian Academy of Sciences / A. Kikas, K. Kahu, L. Arus, H. Kaldmäe, R. Rätsep, A.-V. Libek // Section B. 2017. V. 71. No 3 (708). Pp. 190-197.

Информация об авторах

Акуленко Елена Георгиевна, кандидат с.-х. наук, руководитель направления плодородства, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2), тел.: +7 910 734-18-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-1230>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Ягovenko Герман Леонидович, доктор с.-х. наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, п. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3205-230X>, e-mail: lupin_mail@mail.ru

Островская Светлана Михайловна, младший научный сотрудник научного направления плодородства, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2).

Мисникова Надежда Викторовна, кандидат с.-х. наук, ученый секретарь, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, п. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: lupin_nvmsnikova@mail.ru

Authors Information

Akulenko Elena Georgievna, PhD in Agricultural Sciences, the head of the department of fruit breeding of the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (RF, 241524, Bryansk region, p/o Michurinskiy, Berezovaya str., 2), phone: +7 910 734-18-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-1230>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Yagovenko Herman Leonidovich, Doctor in Agricultural Sciences, director of the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (RF, 241524, Bryansk region, p/o Michurinskiy, Berezovaya str., 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3205-230X>, e-mail: lupin_mail@mail.ru

Ostrovskaya Svetlana Mikhailovna, junior researcher, the department of fruit breeding the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (RF, 241524, Bryansk region, p/o Michurinskiy, Berezovaya str., 2).

Misnikova Nadezhda Viktorovna, PhD in Agricultural Sciences, Research Secretary of the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (RF, 241524, Bryansk region, p/o Michurinskiy, Berezovaya str., 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: lupin_nvmsnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-07

WATER CONTENT OF TISSUES OF VINE PLANTS OF DIFFERENT CULTIVARS DURING ADAPTATION TO LOW NEGATIVE TEMPERATURES

N. O. Arestova, I. O. Ryabchun

*All-Russian Research Institute for Viticulture and Winemaking named after Ya. I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center»
Novocherkassk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ruswiner@mail.ru

Received 17.05.2023

Submitted 01.08.2023

Summary

The article provides information on the dynamics of the content of the total amount of water and its fractions (bound and free) in the shoots of various grape varieties. The research results showed that the studied grape varieties differed in the degree of adaptation to low negative temperatures. This property can be explained with the state of water in the tissues of the shoots during the period of stress exposure to negative temperatures.

Abstract

Introduction. The Rostov region is the northernmost zone of industrial viticulture, where in some years, during the dormant period, there is a decrease in negative temperatures to a critical level. Under such conditions, when cultivating hybrid grape varieties with increased frost resistance without shelter for the winter, there is a high risk of losing not only part or the entire crop due to damage to plants due to exposure to low negative temperatures, but also their complete death. **Object.** The object of research was the shoots of grape varieties of different origin and adaptation to low negative temperatures. **Materials and Methods** The studies were carried out on the experimental field of the All-Russian Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution Rostov Federal Agrarian Research Center in accordance with generally accepted methods. The adaptive potential to low negative temperatures of various varieties was assessed by freezing lignified annual shoots in a refrigerator in the following exposures: 18 ° C – 24 hours; -25 ° C – 12 hours; -30° C – 8 hours, followed by determination of the number of live and damaged eyes. Previously, they were hardened in natural conditions, and then they were hardened in artificial ones, with a gradual decrease in temperature from -5 ° C to -15 ° C (7 days), followed by determining the number of live and damaged eyes, carried out after gradual thawing plant material. Water fractions (bound and free) were determined by the refractometric method, taking into account the amount of “bound” water remaining in the tissues and using hypertonic sucrose solution at different concentrations. **Results and conclusions.** It was revealed that the varieties most adaptive to frost (Kober 5BB, Kristall, Violet early), even when exposed to a temperature of -30 ° C, had up to 8% of fully preserved eyes and 13 ... 25% of partially damaged ones. In other varieties, almost complete death of eyes was observed. By the beginning of the full maturity of the shoots, the water content in them stabilized at the level of 50...61% with a tendency to decrease during the period of stable frosty weather. In winter, the total amount of water decreased compared to the hardening phase, but changed less significantly than the ratio of its fractions (by 2.0-2.8 times). The relationship between the degree of adaptation to low negative temperatures of lignified shoots of different grape varieties and the state of water in them during the dormant period was confirmed ($r=0.88...0.92$).

Key words: *grapes, water content of shoots, stability, bound and free forms of water, frost resistance.*

Citation. Arestova N. O., Ryabchun I. O. Water content of tissues of vine plants of different cultivars during adaptation to low negative temperatures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 76-86 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-07.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.8:581.17

ОСОБЕННОСТИ ОВОДНЕННОСТИ ПОБЕГОВ РАСТЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА ПРИ АДАПТАЦИИ К НИЗКИМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Н. О. Арестова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И. О. Рябчун, кандидат сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр г. Новочеркасск, Российская Федерация

Актуальность. Ростовская область является самой северной зоной промышленного виноградарства, где в отдельные годы в период покоя наблюдается снижение отрицательных температур до критического уровня. В таких условиях при культивировании гибридных сортов винограда с повышенной морозоустойчивостью без укрытия на зиму имеется большой

риск потери не только части или всего урожая из-за повреждений растений вследствие воздействия низких отрицательных температур, но и их полной гибели. **Объект.** Объектом исследований являлись побеги различных по происхождению и адаптации к низким отрицательным температурам сортов винограда. **Материалы и методы** Исследования проводились на опытном поле Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия-филиала ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» в соответствии с общепринятыми методами. Адаптивный потенциал к низким отрицательным температурам различных сортов оценивали с помощью промораживания одревесневших однолетних побегов в холодильной камере в следующих экспозициях: 18 °С – 24 часа; -25 °С – 12 часов; -30 °С – 8 часов с последующим определением количества живых и поврежденных глазков. Предварительно они проходили закалку в естественных условиях, а затем их закачивали в искусственных, с постепенным понижением температуры от -5 °С до -15 °С (7 суток) с последующим определением количества живых и поврежденных глазков, проведенного после постепенного оттаивания растительного материала. Фракции воды (связанную и свободную) определяли рефрактометрическим методом с учетом количества оставшейся в тканях «связанной» воды и с использованием гипертонического раствора сахарозы в разных концентрациях. **Результаты и выводы.** Выявлено, что наиболее адаптивные к морозу сорта (Кобер 5ББ, Кристалл, Фиолетовый ранний) даже при воздействии температуры -30 °С имели до 8 % полностью сохраненных глазков и 13...25% частично поврежденных. У остальных сортов наблюдалась практически полная гибель глазков. К началу полной зрелости побегов содержание воды в них стабилизировалось на уровне 50...61% с тенденцией снижения в период устойчивой морозной погоды. В зимний период общее количество воды уменьшалось по сравнению с фазой закачивания, но изменилось менее существенно, чем соотношение ее фракций (в 2,0-2,8 раза). Подтверждена зависимость между степенью адаптации к низким отрицательным температурам одревесневших побегов разных сортов винограда и состоянием в них воды в период покоя ($r=0,88...0,92$).

Ключевые слова: оводненность побегов винограда, сорта винограда, адаптивность винограда, морозоустойчивость винограда.

Цитирование. Арестова Н. О., Рябчун И. О. Особенности оводненности побегов растений различных сортов винограда при адаптации к низким отрицательным температурам *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 76-86. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-07.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение Виноградные насаждения, произрастающие в умеренном климатическом поясе, довольно часто повреждаются морозами. Повреждение виноградной лозы может произойти весной, осенью или зимой во многих регионах выращивания винограда в России.

В 20 веке суровые зимы с критически низкими отрицательными температурами и существенными повреждениями или гибелью растений винограда повторялись в условиях Ростовской области с частотой один раз в 10-15 лет. За последние 20 лет такие критические условия в зимний период наблюдались в 2006 г, когда недобор урожая по причине повреждения растений морозами у большинства сортов достигал 50...100 % при полной гибели растений отдельных сортов. В связи с очевидным изменением климата предполагается, что зимы станут менее суровыми, однако при этом возможно увеличение частоты экстремальных погодных явлений, особенно в зимний период. Поэтому изучение факторов, влияющих на морозоустойчивость виноградного растения, является важным для решения задач устойчивого развития виноградарства [3, 4, 13].

В последние годы достаточно большой интерес ученых проявляется к изучению механизмов, влияющих на холодоустойчивость винограда на физиологическом и молекулярном уровнях. Понимание физиологических механизмов адаптивности, связанных с устойчивостью к заморозкам винограда, дает возможность оптимально подобрать сорта к определенному месту произрастания, обеспечивает минимизацию потерь от заморозков [2, 6].

Процесс адаптации виноградных растений к низким температурам происходит в период покоя виноградных растений. С сентября по декабрь растения адаптируются к холоду. В этот период положительные температуры снижаются до низких положительных и незначительных морозов, что сопровождается изменениями в обмене веществ и накоплением соединений, предохраняющих клетки от повреждений низкими температурами.

В период с декабря по февраль проявляется максимальная морозостойкость винограда (эндодормантность). В этот период протоплазма клеток обезвоживается за счет ее связывания с высокомолекулярными соединениями, что увеличивает защитные свойства клеток. Повышение адаптивности растений к низким отрицательным температурам обусловлено повышением гидрофильности и вязкости протоплазмы, увеличением активности некоторых ферментов, изменениями в углеводном обмене и другими биохимическими реакциями. Морозостойкость заложена генетически, она проявляется только после прохождения растением периода акклиматизации, в течение которого происходит снижение содержания свободной воды в тканях и повышение осмотического давления. Это защищает клетки от образования внутриклеточного льда.

Уровень адаптации винограда к низким температурам зависит от ряда факторов, в том числе от генетических особенностей сорта, своевременного прекращения роста побегов; накопления в них достаточного количества пластических веществ; высокой степени вызревания побегов; возможности закаливания растений к низким температурам, продолжительности морозного периода и т.д. [10, 11].

Механизм адаптации к низким отрицательным температурам связан, в том числе, с водным потенциалом растений в период подготовки к покою [1]. Вся вода в растительных клетках находится в упорядоченном состоянии, но не однородна по свойствам, определяющим ее значение для жизни растения. По структурно-функциональным свойствам вода в тканях растений подразделяется на связанную и свободную. Физиологическое значение свободной и связанной воды различно. В обмене веществ растений участвует только свободная вода. От нее зависит интенсивность физиологических процессов, в том числе и темпы роста клеток и тканей. Связанная с молекулами других веществ вода обеспечивает водоудерживающую способность клеток. Повышение связанной воды происходит за счет возрастания гидрофильности коллоидов и увеличения их количества, что способствует изменению вязкости цитоплазмы клеток. Связанная вода в зимний период создает более плотные и прочные структуры с высокомолекулярными соединениями, чем в период вегетации. Но при критическом снижении температуры из воды могут образоваться кристаллы льда, которые способны вызвать повреждения клеточных структур. Такие повреждения возникают, если силы механического давления кристаллов льда или гидростатического давления воды при таянии льда превышают силу связей между высокомолекулярными компонентами протоплазмы [7]. Кристаллы льда в клетках образуются при резком снижении температуры ниже критических значений или при действии критических отрицательных температур в течение продолжительного периода. Такие явления в условиях Ростовской области наблюдаются редко и приводят к существенным повреждениям и гибели виноградных растений. Чаще наблюдается чередование отрицательной температуры с оттепелями, когда есть

риск пробуждения ростовой активности растений и повреждения их тканей. Для адаптации растений к таким явлениям необходимо устойчивое состояние связанной воды, количество которой преобладает над свободной [12].

Цель исследований. Оценить адаптивные способности растений различных сортов винограда к низким отрицательным температурам по содержанию воды в тканях побегов. В задачи исследований входила оценка состояния воды в тканях побегов в различные фазы вегетации и покоя.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись побеги различных по происхождению и адаптации к низким отрицательным температурам сортов винограда. Исследования проводили в Ростовской области на опытном поле и в лабораторных условиях Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия в условиях северной зоны промышленного виноградарства.

Зимний период в Ростовской области характеризуется неустойчивостью и незначительной мощностью снегового покрова. Минимальные температуры в период покоя могут достигать в отдельные годы $-30... -35^{\circ}\text{C}$, максимальные $+12... +15^{\circ}\text{C}$. Годовой ход температур свидетельствует о континентальности климата. Средняя годовая температура составляет около $+9^{\circ}\text{C}$. Период со средней температурой выше 0°C продолжается в среднем 250 дней, сумма активных температур составляет $3300...3400^{\circ}\text{C}$. Из-за вероятности низких отрицательных температур в зимний период растения европейских сортов винограда укрываются на зиму. Сорта винограда, являющиеся по происхождению межвидовыми гибридами с участием амурского винограда или американских сортов, культивируются без укрытия на зиму.

Для исследования были взяты сорта различного происхождения. В их числе гибридные сорта с участием амурского или американского родителей с повышенной адаптационной способностью к морозам: Кристалл (Альфред-100 $\times$ Сейв Виллар В 12-375); Фиолетовый ранний (Северный $\times$ Мускат Гамбургский); Восторг ((Заря севера $\times$ Долорес) $\times$ Русский ранний); Кобер 5ББ (Берландиери $\times$ Рипариа), а также сорта *Vitis vinifera*, неустойчивые к низким отрицательным температурам: Каберне Совиньон (Каберне Фран $\times$ Совиньон Блан); Сибирьковый (естественным сеянцем сорта Пухляковский белый).

Исследования морозоустойчивости винограда проводили по методике В. А. Шерер (2009). Адаптивный потенциал к низким отрицательным температурам различных сортов оценивали с помощью промораживания одревесневших однолетних побегов в холодильной камере в следующих экспозициях: -18°C – 24 часа; -25°C – 12 часов; -30°C – 8 часов с последующим определением количества живых и поврежденных глазков. Предварительно они проходили закалку в естественных условиях, а затем их закаливали в искусственных, с постепенным понижением температуры от -5°C до -15°C (7 суток) с последующим определением количества живых и поврежденных глазков, проведенного после постепенного оттаивания растительного материала.

Общее количество воды в вызревших побегах определяли путем их высушивания при температуре $100...105^{\circ}\text{C}$. Фракции воды (связанную и свободную) определяли рефрактометрическим методом с учетом количества оставшейся в тканях «связанной» воды, зависящей от водоудерживающих сил клеточных коллоидов при использовании гипертонического раствора сахарозы в разных концентрациях.

Результаты и обсуждение. По среднемноголетним наблюдениям в полевых условиях сорта винограда, находящиеся в изучении, имели различную степень морозостойкости: от высокой – сорт Кобер 5 ББ (-30°C) до низкой – сорт Сибирьковый – ($-15...-18^{\circ}\text{C}$) (таблица 1).

На морозоустойчивость растений влияют генетические особенности сортов и их эколого-географическое происхождение [9, 14].

Таблица 1 – Морозоустойчивость сортов винограда
(среднедолгосрочные данные в полевых условиях)

Table 1 – Frost resistance of grape varieties (average long-term data in the field)

Сорт	Морозоустойчивость	Степень морозоустойчивости
Кобер 5ББ	-30 С	высокая
Кристалл	-29 С	высокая
Фиолетовый ранний	-23-26 С	умеренная
Восторг	-23-26 С	умеренная
Каберне Совиньон	-19-22 С	низкая
Сибирьковский	-15-18 С	низкая

Сорта, относящиеся к *V. vinifera* (Каберне Совиньон, Сибирьковский), достигают максимальной морозостойкости в середине зимы (вторая половина января), гибриды *V. vinifera* с участием американских видов (Кристалл) – в середине и конце зимы (вторая половина февраля), гибриды *V. vinifera* с участием *V. amurensis* (Восторг, Фиолетовый ранний) – в начале (декабрь) и в середине зимы.

Была изучена степень сохранности глазков сортов винограда в зависимости от искусственного промораживания при температурах -15°, -25 ° и -30 ° С. Исследуемые сорта различного эколого-географического происхождения различались по адаптационным способностям к низким отрицательным температурам, которые проявились в разной степени повреждения глазков после такового воздействия (таблица 2).

Таблица 2 – Сохранность глазков одревесневших побегов у различных сортов после их промораживания

Table 2 – Preservation of buds of lignified shoots in different varieties after their freezing

Сорт	Сохранность глазков при температуре, %					
	-15°С		-25°С		-30°С	
	без повреждения	частично поврежденных	без повреждения	частично поврежденных	без повреждения	частично поврежденных
Кристалл	90	10	51	19	10	25
Фиолетовый ранний	89	3	50	17	8	13
Восторг	67	6	38	19	0	8
Каберне Совиньон	68	13	20	15	0	0
Сибирьковский	46	10	0	13	0	0
Кобер 5 ББ	93	6	75	10	12	32

Наиболее адаптивные к низким отрицательным температурам сорта (Кобер 5ББ, Кристалл) даже при воздействии температуры -30° С имели до 10...12 % полностью сохраненных глазков с живыми центральной и замещающими почками и 25...32% частично поврежденных, когда наблюдалась хотя бы одна живая почка. У менее стойких сортов (Каберне Совиньон, Сибирьковский) наблюдалась полная гибель глазков.

Исследования динамики изменения количественного и качественного состава воды в тканях побегов показали, что в первой половине вегетации растения всех изучаемых сортов характеризовались низкой водоудерживающей способностью клеток в фазы активного роста растений и минимальным количеством связанной воды по отношению к свободной (таблица 3).

У сортов Кристалл, Фиолетовый ранний, Кобер 5ББ на фоне более раннего начала вегетации отмечено наибольшее количество общей и свободной форм воды, что можно объяснить более активными ростовыми и ассимиляционными процессами. У менее стойких к отрицательным температурам сортов в этой фазе вегетации соотношение связанной и свободной воды было выше. В фазе роста ягод существенность различий между сортами по влажности побегов и соотношению в их тканях фракций воды не доказана.

Таблица 3 – Общее количество воды и соотношение фракций воды (связанной к свободной) в побегах различных сортов винограда в период вегетации
Table 3 – The total amount of water and the ratio of water fractions (bound to free) in the shoots of various grape varieties during the growing season

Сорт	Фазы вегетации					
	начало вегетации		рост ягод		вызревание побегов	
	влаж-ность, %	соотношение фракций	влаж-ность, %	соотноше-ние фракций	влаж-ность, %	соотношение фракций
Кристалл	82	0,10	70	0,25	50	1,3
Фиолетовый ранний	81	0,09	70	0,25	50	1,2
Восторг	78	0,07	68	0,24	52	1,1
Каберне Совиньон	76	0,14	69	0,21	57	0,7
Сибирьковский	77	0,14	70	0,22	61	0,6
Кобер 5ББ	80	0,09	69	0,23	51	1,1
НСР ₀₅	3,0	0,03	2,5	0,05	4,0	0,3

К началу полной зрелости побегов содержание воды в них стабилизировалось на уровне 50...61% с тенденцией снижения в период устойчивой морозной погоды. При этом изменилось соотношение между различными фракциями воды: уменьшение свободной и увеличение связанной. У более адаптивных к морозу сортов была выявлена более низкая оводненность побегов и пониженное содержание воды в свободной форме. У сортов Каберне Совиньон и Сибирьковский общее количество воды было на уровне 57...61%, что указывает на достаточно высокую активность обмена веществ в клетках растений, незавершенность процессов вызревания побегов.

В период покоя проявились наибольшие различия между растениями по соотношению фракций воды (таблица 4)

Таблица 4 – Общее количество воды и соотношение ее фракций (связанной к свободной) в одревесневших побегах различных сортов винограда в период покоя
Table 4 – The total amount of water and the ratio of its fractions (bound to free) in lignified shoots of various grape varieties during the dormant period

Сорт	Ноябрь		декабрь		январь	
	влаж-ность, %	соотношение фракций	влаж-ность, %	соотношение фракций	влаж-ность, %	соотношение фракций
Кристалл	46	1,6	46	2,5	44	2,8
Фиолетовый ранний	44	1,5	45	2,3	45	2,7
Восторг	48	1,3	45	2,1	46	2,4
Каберне Совиньон	53	1,1	49	1,7	48	2,1
Сибирьковский	54	1,0	50	1,5	50	2,0
Кобер 5ББ	48	1,5	45	2,2	45	2,8
НСР ₀₅	3,0	0,2			3,0	0,3

В зимний период общее количество воды уменьшилось, по сравнению с фазой закаливания, но изменилось менее существенно, чем соотношение ее фракций. У более адаптивных к низким отрицательным температурам сортов (Кристалл, Фиолетовый ранний, Кобер 5ББ) в январе количество связанной воды превышало количество свободной в 2,7...2,8 раза, что существенно выше, чем у менее стойких сортов (в 2,0...2,4 раза). Общее количество воды в побегах всех сортов в зимний период достигало 50%...44 % в зависимости от сорта.

Исследователи отмечают разную степень влияния оводненности побегов в период покоя на морозостойкость винограда. В ранних исследованиях Hamman J.R, Renquist RA, Hughes HG (1999) отмечается, что изменения содержания воды в побегах не сильно

коррелируют с морозоустойчивостью виноградных растений, тогда как более поздние исследования Ershadi et al, Karimi R. [5, 8] показали тесную обратную связь между этими показателями.

Нами проанализировано влияние общего количества воды и соотношения связанной фракции и свободной фракции в вызревших побегах в два срока: в ноябре – в начальный период акклиматизации виноградных растений и в январе, когда морозостойкость растений проявлялась в наибольшей степени (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние состояния воды в вызревших побегах разных сортов винограда на степень их адаптации к низким отрицательным температурам

Table 5 – Influence of the state of water in mature shoots of different varieties of grapes on the degree of their adaptation to low negative temperatures

Сорт	Сохранность глазков после действия $t-30^{\circ}\text{C}$, %	Ноябрь		Январь	
		влажность, %	соотношение фракций	влажность, %	соотношение фракций
Кристалл	35	46	1,6	44	2,8
Фиолетовый ранний	21	44	1,5	45	2,7
Восторг	8	48	1,3	44	2,4
Каберне Совиньон	0	53	1,1	48	2,1
Сибирьковский	0	54	1,0	50	2,0
Кобер 5ББ	44	48	1,5	45	2,8
НСР ₀₅		3,0	0,2	3,0	0,3
r			0,88		0,92

Нашими исследованиями установлена умеренная обратная связь адаптационного потенциала к низким отрицательным температурам одревесневших побегов разных сортов винограда и оводненности побегов в ноябре и январе. Коэффициент корреляции составил -0,67.

Зависимость сохранности глазков вызревших побегов от соотношения в них фракций воды (связанной к свободной) доказана статистическими методами – выявлена тесная прямая корреляционная связь. В наибольшей степени это влияние отмечено в зимний период, после действия температуры -30°C (рисунок 1).

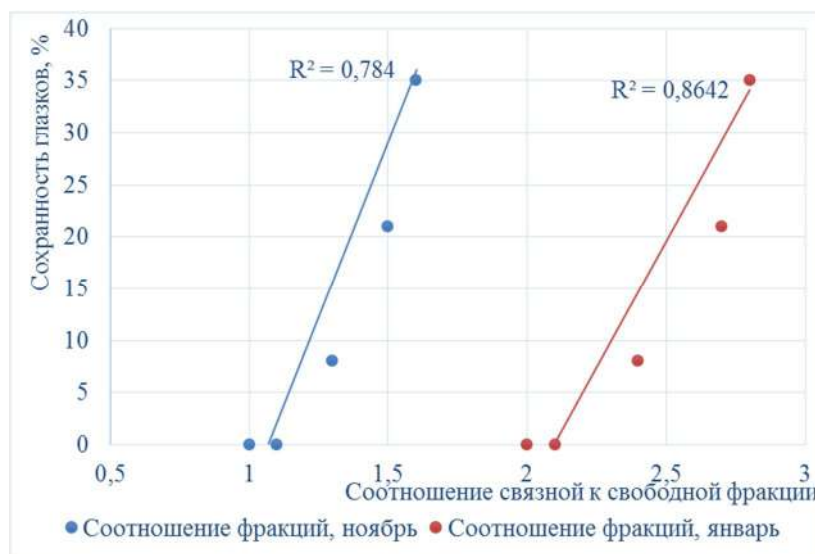


Рисунок 1 – Корреляционные связи сохранности глазков и соотношения связанной и свободной фракций воды в вызревших побегах винограда

Figure 1 – Correlations of the safety of eyes and the ratio of cohesive and free fractions of water in mature grape shoots

Закключение. Наиболее адаптивные к низким отрицательным температурам сорта винограда (Кобер 5ББ, Кристалл, Фиолетовый ранний) даже при воздействии температуры -30°C имели до 8 % полностью сохраненных глазков и 13...25% частично поврежденных. У остальных сортов наблюдалась полная гибель глазков.

В первой половине вегетации растения всех изучаемых сортов характеризовались низкой водоудерживающей способностью клеток в фазы активного роста растений и минимальным количеством связанной воды по отношению к свободной, причем у менее стойких сортов в этой фазе вегетации соотношение связанной и свободной воды было выше.

Общее количество воды в зимний период уменьшалось по сравнению с фазой закаливания, но менее существенно, чем соотношение ее фракций. Общее количество воды в побегах всех сортов не превышало 50%...44 % в зависимости от сорта, а соотношение фракций воды (связанной к свободной) у наиболее стойких к низким отрицательным температурам сортов составляло 2,7-2,8 раза, что существенно выше, чем у менее стойких сортов (2,0-2,4 раза).

Исследования показывают возможность оценки адаптивности растений винограда к низким отрицательным температурам по физиологическим показателям оводненности побегов в период покоя. Зависимость степени морозостойкости одревесневших побегов разных сортов винограда от состояния воды в период покоя подтверждена коэффициентом корреляции ($r=0,88-0,92$) между показателем сохранности глазков после воздействия температуры -30°C и соотношением фракций воды (связанной к свободной) в ноябре и январе.

Conclusions. The varieties most adaptable to low negative temperatures (Kober 5BB, Kristall, Violet early), even when exposed to temperatures of -30°C , had up to 8% of completely preserved eyes and 13 ... 25% of partially damaged ones. In other varieties, the complete death of the eyes was observed.

In the first half of the growing season, plants of all studied varieties were characterized by low water-retaining capacity of cells in the phases of active plant growth and a minimum amount of bound water relative to free water, and in less resistant varieties in this phase of vegetation, the ratio of bound and free water was higher.

The total amount of water in the winter period decreased compared to the hardening phase, but less significantly than the ratio of its fractions. The total amount of water in the shoots of all varieties did not exceed 50% ... 44%, depending on the variety, and the ratio of water fractions (bound to free) in the varieties most resistant to low negative temperatures was 2.7 ... 2.8 times, which is more – significantly higher than in less resistant varieties (2.0 ... 2.4 times).

Studies show the possibility of assessing the frost resistance of grape plants according to the physiological indicators of water content in grape shoots during the dormant period. The dependence of the degree of adaptation to low negative temperatures of lignified shoots of different varieties of grapes on the state of water during the dormant period in November and January is confirmed by the correlation coefficient ($r = 0.88, 0.92$) between the safety index of eyes after exposure to a temperature of -30°C and the ratio of water fractions.

Библиографический список

1. Морозостойкость сортов винограда различного эколого-географического происхождения / Н. И. Ненько, Г. К. Киселева, И. А. Ильина, В. С. Петров, Н. М. Запорожец, В. В. Соколова // Садоводство и виноградарство. 2021. № 4. С. 37-42.
2. Advances in understanding cold tolerance in grapevine / C. Ren, P. Fan, S. Li, Z. Liang // Plant Physiology. 2023. kiad092.
3. Assessing impacts of climate change on phenology and quality traits of *Vitis vinifera* L.: the contribution of local knowledge / R. Biasi, E. Brunori, C. Ferrara, L. Salvati // Plants (Basel, Switzerland). 2019 V. 8 (5). P. 121.
4. Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change / E. Neethling, T. Petitjean, H. Quéno [et al.] // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2017. V. 22. P. 777–803.
5. Ershadi A., Karimi R., Mahdei K. N. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars // Acta Physiol Plant. 2016. V. 38 (1). P. 1–10.

6. Formation of adaptive responses of grapes to the action of abiotic stressors of the winter period / N. Nenko, G. Kiseleva, I. Ilina, V. Sokolova, N. Zaporozhets // BIO Web Conf. 2021. V. 34. P. 01013.
7. Ievinsh G. Water Content of Plant Tissues: So Simple That Almost Forgotten? // Plants. 2023. № 12. P. 1238.
8. Karimi R. Cold hardiness evaluation of 20 commercial table grape (vitis Vinifera L.) cultivars // International journal of fruit science. 2020. V. 20 (3). P. 433–450.
9. Lisek J., Lisek A. Cold hardiness of primary buds of wine and table grape cultivars in Poland // South African journal of enology and viticulture. 2020. V. 41. No 2. P. 189-196.
10. Londo J. P., Kovaleski A. P. Characterization of wild North American grapevine cold hardiness using differential thermal analysis // American Journal of Enology and Viticulture. 2017. V. 68 (2). P. 203-212.
11. Londo J., Kovaleski A. P. Deconstructing cold hardiness: variation in supercooling ability and chilling requirements in the wild grapevine *Vitis riparia* // Australian Journal of Grape and Wine Research. 2019. V. 25 (3). P. 276-285.
12. Modeling dormant bud cold hardiness and budbreak in twenty-three Vitis genotypes reveals variation by region of origin / J. C. Ferguson, M. M. Moyer, L. Mills, G. Hoogenboom // American Journal of Enology and Viticulture. 2014. V. 65 (1). P. 59-71.
13. Ollat N., Touzard J., Van Leeuwen C. Climate Change Impacts and Adaptations: New Challenges for the Wine Industry // Journal of Wine Economics. 2016. V. 11 (1). P. 139-149.
14. Yilmaz T., Alahakoon D., Fennell A. Freezing Tolerance and Chilling Fulfillment Differences in Cold Climate Grape Cultivars // Horticulturae. 2021. V. 7 (1). P. 4.

References

1. Frost resistance of grape varieties of various ecological and geographical origin / N. I. Nenko, G. K. Kiseleva, I. A. Ilyina, V. S. Petrov, N. M. Zaporozhets, V. V. Sokolova // Gardening and viticulture. 2021. № 4. Pp. 37-42.
2. Advances in understanding cold tolerance in grapevine / C. Ren, P. Fan, S. Li, Z. Liang // Plant Physiology. 2023. kiad092.
3. Assessing impacts of climate change on phenology and quality traits of Vitis vinifera L.: the contribution of local knowledge / R. Biasi, E. Brunori, C. Ferrara, L. Salvati // Plants (Basel, Switzerland). 2019 V. 8 (5). P. 121.
4. Assessing local climate vulnerability and winegrowers' adaptive processes in the context of climate change / E. Neethling, T. Petitjean, H. Quéno [et al.] // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2017. V. 22. Pp. 777–803.
5. Ershadi A., Karimi R., Mahdei K. N. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars // Acta Physiol Plant. 2016. V. 38 (1). Pp. 1–10.
6. Formation of adaptive responses of grapes to the action of abiotic stressors of the winter period / N. Nenko, G. Kiseleva, I. Ilina, V. Sokolova, N. Zaporozhets // BIO Web Conf. 2021. V. 34. P. 01013.
7. Ievinsh G. Water Content of Plant Tissues: So Simple That Almost Forgotten? // Plants. 2023. № 12. P. 1238.
8. Karimi R. Cold hardiness evaluation of 20 commercial table grape (vitis Vinifera L.) cultivars // International journal of fruit science. 2020. V. 20 (3). Pp. 433–450.
9. Lisek J., Lisek A. Cold hardiness of primary buds of wine and table grape cultivars in Poland // South African journal of enology and viticulture. 2020. V. 41. No 2. Pp. 189-196.
10. Londo J. P., Kovaleski A. P. Characterization of wild North American grapevine cold hardiness using differential thermal analysis // American Journal of Enology and Viticulture. 2017. V. 68 (2). Pp. 203-212.
11. Londo J., Kovaleski A. P. Deconstructing cold hardiness: variation in supercooling ability and chilling requirements in the wild grapevine *Vitis riparia* // Australian Journal of Grape and Wine Research. 2019. V. 25 (3). Pp. 276-285.

12. Modeling dormant bud cold hardiness and budbreak in twenty-three Vitis genotypes reveals variation by region of origin / J. C. Ferguson, M. M. Moyer, L. Mills, G. Hoo-genboom // American Journal of Enology and Viticulture. 2014. V. 65 (1). Pp. 59-71.

13. Ollat N., Touzard J., Van Leeuwen C. Climate Change Impacts and Adaptations: New Challenges for the Wine Industry // Journal of Wine Economics. 2016. V. 11 (1). Pp. 139-149.

14. Yilmaz T., Alahakoon D., Fennell A. Freezing Tolerance and Chilling Fulfillment Differences in Cold Climate Grape Cultivars // Horticulturae. 2021. V. 7 (1). P. 4.

Информация об авторах

Арестова Наталья Олеговна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Баклановский, д. 166), тел.: +79508463232, e-mail: zash.arestova@yandex.ru

Рябчун Ирина Олеговна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Баклановский, д. 166), тел.: +79185181173, e-mail: ruswiner@mail.ru

Authors Information

Arestova Natalya Olegovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the All-Russian Ya.I. Potapenko Research Institute for Viticulture and Winemaking – branch of Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center», (346421, Russia, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky, 166), tel.: +79508463232, e-mail: zash.arestova@yandex.ru,

Ryabchun Irina Olegovna, Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Director for Research, All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya. I. Potapenko – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Rostov Agrarian Research Center", (346421, Russia, Rostov region, Novocherkassk, Baklanovsky, 166), tel.: +79185181173, e-mail: ruswiner@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-08

FODDER PRODUCTIVITY OF PERENNIAL LEGUMINOUS GRASSES ON IRRIGATED LANDS OF THE LOWER VOLGA REGION

N. I. Burtseva, D. K. Kulik, E. I. Molokantseva, O. V. Golovatyuk

*Federal State Budget Scientific Institution
«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: burcseva.58@yandex.ru

Received 30.06.2023

Submitted 18.08.2023

The research was carried out within the framework of the research topic 2022-2024. "To develop a system of field forage production on irrigated lands when realizing the biological potential of feed agrophytocenoses in order to provide livestock with high-quality balanced feed for the reproduction of soil fertility." Topic No. FNFR-2022-0004

Abstract

Introduction. One of the most important state tasks is to ensure the country's food security. In addition to bakery products, the food basket of the population includes meat and dairy products, the production of which depends on the provision of livestock with full-fledged feed. Perennial grasses, especially legumes, play a crucial role in stabilizing the production of highly nutritious feed, improving soil fertility. In this regard, the issues of expanding the range of perennial grasses due to the introduction of new species and varieties of highly productive legumes that allow producing high-quality feed are relevant. The purpose of the research is to search for and scientifically substantiate the main parameters of the formation of high-yielding herbage from promising species of legumes to obtain the planned harvests of high-quality fodder mass. **Object.** The object of research is traditional and non-

traditional leguminous grasses for the Lower Volga region: yellow alfalfa, blue hybrid and variegated hybrid, meadow clover, horned lyadvenets and esparcet: sandy, vicolisty and Transcaucasian.

Materials and methods. A comparative analysis was carried out on the irrigated area of the «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» from 2019 to 2022 to identify optimal combinations of yield-forming factors affecting the productivity of the studied crops. The research material was variants of the water regime of the soil, calculated doses of fertilizers, types of legumes. All measurements and records were carried out in accordance with the requirements of the experimental business methods. **Results and conclusions.** It has been established that in the Lower Volga region on irrigated lands it is possible to obtain high and stable yields of promising legumes. The total water consumption of the studied grasses depended on the variant of the water regime of the soil and the age of the herbage. While maintaining the 60% pre-irrigation threshold, the total water consumption averaged 4248 m³/ha per year of sowing, 5209 – in the third year of life, 70% - 4375 and 5426, respectively, 80% – 4660 and 5737 m³/ha. The maximum yields of green mass were obtained in the second year of life with the maintenance of pre-watering soil moisture of at least 80% HB and the application of fertilizers with a dose of N₁₆₀P₉₀K₁₀₀ – 79-80 t / ha of alfalfa, 83-88 – esparcet, 63 – liadvenza, 69 t/ ha - clover with a yield of 11.7 to 13.5 thousand k units, 2.3-2.8 t trans. prot. and 170-200 GJ OE. The fodder mass of leguminous grasses was distinguished by high nutritional value: 1 kg of dry mass of liadvenza contained 0.8 K. units, alfalfa – 0.62-0.64, esparcet – 0.60-0.64. The content of digestible protein was, respectively, 153, 132-137

Key words: alfalfa, sainfoin, meadow clover, birdsfoot, water regime of soil, nutrition background, yield, nutritional value of feed.

Citation: Burtseva N. I., Kulik D. K., Molokantseva E. I., Golovatyuk O. V. Fodder productivity of perennial leguminous grasses on irrigated lands of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 86-96 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-08.

Author's contribution. Authors of this study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 633.31/.37

КОРМОВАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Д. К. Кулик, доктор сельскохозяйственных наук

Е. И. Молоканцева, кандидат сельскохозяйственных наук

О. В. Головатюк, младший научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022-2024 гг. «Разработать систему полевого кормопроизводства на орошаемых землях при реализации биологического потенциала кормовых агрофитоценозов в целях обеспечения животноводства высококачественными сбалансированными кормами при воспроизводстве почвенного плодородия».

Тема № FNFR-2022-0004

Актуальность. Одна из важнейших государственных задач – обеспечение продовольственной безопасности страны. В продовольственную корзину населения помимо хлебобулочных изделий входят мясные и молочные продукты, производство которых зависит от обеспеченности скота полноценными кормами. Многолетние травы, особенно бобовые, играют важнейшую роль в стабилизации производства высокопитательных кормов, улучшении плодородия почвы. В связи с этим актуальны вопросы расширения ассортимента многолетних трав за счет интродукции новых видов и сортов высокопродуктивных бобовых культур, позволяющих

производить качественные корма. Целью исследований является поиск и научное обоснование основных параметров формирования высокоурожайных травостоев из перспективных видов бобовых трав для получения запланированных урожаев высококачественной кормовой массы. **Объектом** исследований являются традиционные и нетрадиционные для Нижнего Поволжья бобовые травы: люцерна желтая, сине- и пестрогибридная, клевер луговой, лядвенец рогатый и эспарцет: песчаный, виколистный и закавказский. **Материалы и методы.** На орошаемом участке ФГБНУ ВНИИОЗ с 2019 по 2022 гг. проведен сравнительный анализ по выявлению оптимальных сочетаний урожаеобразующих факторов, влияющих на продуктивность изучаемых культур. Материалом исследований служили варианты водного режима почвы, расчетные дозы удобрений, виды бобовых культур. Все измерения и учеты проводились в соответствии с требованиями методик опытного дела. **Результаты и выводы.** Установлено, что в Нижнем Поволжье на орошаемых землях возможно получение высоких и стабильных урожаев перспективных бобовых трав. Суммарное водопотребление изучаемых трав зависело от варианта водного режима почвы и возраста травостоя. При поддержании 60 % предполивного порога суммарное водопотребление составило в среднем 4248 м³/га в год посева, 5209 – в третий год жизни, 70 % соответственно 4375 и 5426, 80 % – 4660 и 5737 м³/га. Максимальные урожаи зеленой массы были получены во второй год жизни при поддержании предполивной влажности почвы не ниже 80 % НВ и внесении удобрений дозой N₁₆₀P₉₀K₁₀₀ – 79-80 т/га люцерны, 83-88 – эспарцета, 63 – лядвенца, 69 т/га – клевера с выходом от 11,7 до 13,5 тыс. к. ед., 2,3-2,8 т пер. прот. и 170-200 ГДж ОЭ. Кормовая масса бобовых трав отличалась высокой питательностью: в 1 кг сухой массы лядвенца содержалось 0,8 к.ед., люцерны – 0,62-0,64, эспарцета – 0,60-0,64. Содержание переваримого протеина составило соответственно 153, 132-137 и 126-140 г, количество обменной энергии изменялось по видам трав от 9,99 до 10,85 МДж.

Ключевые слова: люцерна, эспарцет, клевер луговой, лядвенец рогатый, бобовые травы, фоны питания бобовых трав, урожайность бобовых трав, питательная ценность корма.

Цитирование: Бурцева Н. И., Кулик Д. К., Молоканцева Е. И., Головатюк О. В. Кормовая продуктивность многолетних бобовых трав на орошаемых землях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 86-96. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-08.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов экспериментальных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основная проблема скотоводства – это нехватка кормов, богатых питательными веществами. Дефицит белка в кормах для животных достигает в некоторых хозяйствах до 25-30, а микроэлементов – до 45-55%. В результате рационы с точки зрения энергии и белка не сбалансированы, что приводит к превышению рациона на 20-50% и увеличению доли зернофуража [3, 4, 5].

При производстве полевых кормов основным направлением увеличения их объема на первом этапе является восстановление посевных площадей многолетних трав, а в дальнейшем – повышение их урожайности. Важно найти способы повышения продуктивности кормовых агрофитоценозов [6, 8].

В Нижнем Поволжье основной бобовой культурой является люцерна. Её кормовая масса обладает высокими питательными свойствами: содержит много белка, фосфора, кальция, незаменимых аминокислот. Она формирует мощную корневую систему, обогащает почву азотом и органикой. К сожалению, стародавние сорта люцерны при возделывании на корм поражаются болезнью под условным названием «карликовая кустистость». В результате происходит чрезмерное образование мелких побегов, что приводит к снижению урожайности люцерны на втором или третьем году жизни. В этих условиях для производства кормов особенно важно расширение ассортимента бобовых, обладающих высоким урожайным потенциалом, хорошими кормовыми качествами, устойчивостью к болезням [1, 2, 9].

Анализ современных тенденций развития сельского хозяйства показывает, что формирование адаптивной структуры посевных площадей, улучшение ассортимента бобовых, создание стрессоустойчивых сортов, разработка и развитие современных ресурсосберегающих технологий их выращивания позволяют увеличить производство кормов высокого качества [7, 10, 11].

Сорта кормовых культур, выведенные отечественными селекционерами в настоящее время, отличаются повышенной зимостойкостью, устойчивостью к неблагоприятным условиям окружающей среды и высокой продуктивностью. Выращивание современных сортов многолетних бобовых культур на орошаемых землях позволяет в большей степени реализовать их биологический потенциал и получить урожайность зеленой массы не менее 65-80 т/га [5, 12].

Во Всероссийском научно-исследовательском институте орошаемого земледелия проводятся исследования, цель которых заключается в изучении влияния водного, пищевого режимов почвы и биологических особенностей различных видов бобовых культур на формирование запланированных уровней урожайности и получение высококачественных кормов.

Материалы и методы. Работы проводились в 2019-2022 годах на экспериментальной площадке ФГБНУ ВНИИОЗ. Почва участка бедна гумусом (1,8%), с содержанием азота в верхнем слое почвы 21-23 мг/кг, подвижного фосфора – 22-25 мг и обменного калия – 230-270 мг/кг.

Материалами исследований являются синегибридная, желтая и пестрогибридная люцерна, эспарцет – песчаный, виколистный и закавказский, лядвенец рогатый и клевер луговой. Семена этих видов бобовых были предоставлены ведущими научно-исследовательскими институтами Российской Федерации.

Фосфорные и калийные удобрения вносили в дозах, рассчитанных по экспериментальным вариантам, осенью под основную обработку почвы, азотные – весной, в начале отрастания трав, а затем под полив после первых двух скашиваний. Сев трав проводился весной под покров ячменя, при норме высева 7 млн семян (люцерна, клевер и лядвенец) и 6 млн всхожих семян/га (эспарцет). Влажность почвы в 0,7-метровом слое под травостоями на заданном уровне поддерживалась за счет орошения с помощью дождевальной машины Бауер. Предполивной порог влажности составлял 60, 70 и 80% НВ. Ячмень заготавливали на сено в фазе колошения, травы – в фазе бутонизации – начале цветения.

Наблюдения за ростом и развитием бобовых культур, учеты и измерения проводились по методике полевого опыта в условиях орошения (Волгоград: ВНИИОЗ, 1983) и методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (М., 1997).

Результаты и обсуждение. Кормовая продуктивность бобовых трав во многом зависит от плотности травостоя перед уборкой, которая определяется полнотой всходов и сохранностью растений. В период полных всходов на 1 м² насчитывалось от 280 до 394 растений. За вегетационный период изреживание бобовых трав изменялось в пределах от 15 до 28%. Зимы были благоприятными для перезимовки бобовых, гибель растений не превышала 10%. Весеннее отрастание трав во второй, третий и четвертый годы жизни отмечалось в начале апреля, густота стояния растений на 1 м² колебалась от 225 до 280 штук. В апреле – мае бобовые травы быстро развивались, активно шло нарастание надземной массы.

В годы закладки опытов травы поливали 7-10 раз. При появлении всходов на посевах проводили частые поливы небольшой нормой – 150-250 м³/га. После уборки покрова поливные нормы увеличивали до заданных объемов. При поддержании предполивной влажности по вариантам опыта – 60, 70 и 80 % НВ суммарное водопотребление

посевов бобовых трав первого года жизни варьировало от 4248 до 4660 м³/га. Во второй год жизни суммарное водопотребление повышалось до 4834-5577, в третий – 5209-5737 м³/га. На посевах четвертого года жизни водопотребление было несколько ниже, чем в третий год – 5124, 5374 и 5709 м³/га – при 60, 70 и 80 %-ной предполивной влажности соответственно (рисунок 1).

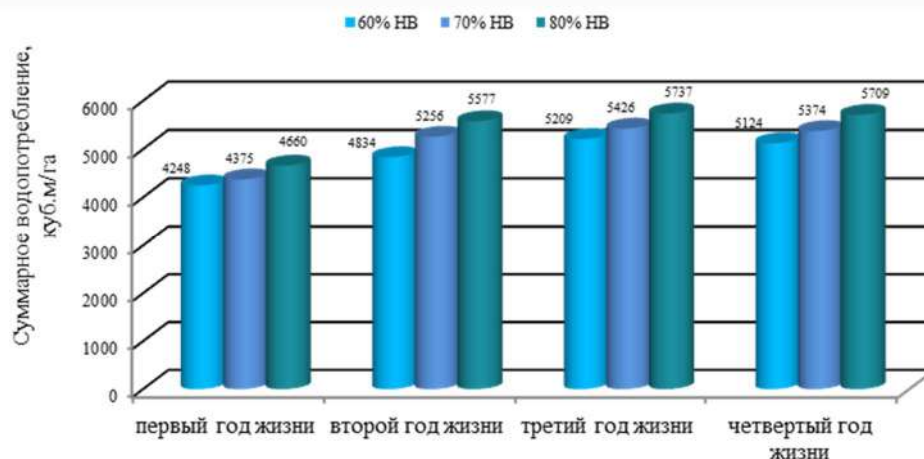


Рисунок 1 – Суммарное водопотребление трав, в среднем за 2019-2022 гг.

Figure 1 – Total water consumption of herbs, on average for 2019-2022

В структуре суммарного водопотребления основной приходной статьей водного баланса является оросительная норма. Её доля по вариантам водного режима почвы равнялась 66,6-73,6%, участие атмосферных осадков измерялось 22,3-25,7, а из запасов почвенной влаги расходовалось 4,1-7,7% (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структура суммарного водопотребления трав, в среднем

за 2019-2022 гг.

Figure 2 – The structure of the total water consumption of grasses, on average for 2019-2022

Поддержание заданных порогов влажности способствовало формированию урожайности разного уровня. В течение вегетации посевы трав потребляли разное количество воды. Наиболее продуктивно на построение урожая использовали влагу растения люцерны сине- и пестрогибридной, эспарцетов – песчаного, закавказского и виколистного. В вариантах с улучшенным фоном питания (NPK₂) и повышенным до 80 % НВ предполивным порогом влажности затраты воды на формирование 1 т зеленой массы составили 67-81 м³.

В годы исследований посевы бобовых трав второго, третьего и четвертого года жизни скашивали трижды. Наиболее продолжительным формированием травостоя отличался первый укос – 62-66 суток, на образование второго требовалось от 33 до 40, третьего – 38-45 суток. Сумма положительных температур к моменту первого скашивания составляла 1008±32 °С, второго и третьего – 955±50 и 1100±60 °С соответственно.

Максимальные урожаи (69,0-90,6 т/га зеленой массы) многолетние бобовые культуры формировали во второй год жизни при поддержании на посевах 80%-ного предполивного порога влажности в сочетании с внесением удобрений расчетной дозой $N_{160}P_{90}K_{100}$ (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность трав второго года жизни, среднее за 2020-2022 гг.

Table 1 – Yield of herbs of the second year of life, average for 2020-2022.

Вид, сорт	Фон питания	Зеленой массы, т/га		
		60% НВ	70% НВ	80% НВ
Люцерна синегибридная (контроль)	без удобрений (контроль)	33,5	42,3	47,5
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	50,2	59,0	65,1
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	64,7	72,2	78,9
Люцерна пестрогибридная	без удобрений	32,9	42,4	48,1
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	50,9	59,3	64,4
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	64,7	72,9	79,8
Люцерна желтая	без удобрений	26,6	33,6	37,1
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	41,5	44,8	48,2
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	52,4	54,1	57,7
Лядвенец рогатый	без удобрений	30,5	35,7	40,2
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	38,7	46,5	51,1
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	47,3	58,1	62,6
Эспарцет песчаный	без удобрений	39,6	46,7	49,5
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	55,5	64,4	68,4
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	69,2	77,0	82,9
Эспарцет закавказский	без удобрений	40,7	46,6	50,6
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	55,7	65,7	70,8
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	68,3	77,7	83,0
Эспарцет виколистный	без удобрений	40,9	45,8	49,7
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	58,1	63,9	70,0
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	71,7	79,0	87,8
Клевер луговой	без удобрений	32,8	37,7	42,5
	$N_{120}P_{68}K_{75}$	44,9	51,8	58,1
	$N_{160}P_{90}K_{100}$	58,0	61,2	67,8
НСР ₀₅ : А – 1,03-1,92; В – 1,04-2,03; С – 1,58-3,10				

Математическая обработка полученных данных подтвердила существенное влияние изучаемых факторов: водного, пищевого режимов почвы и видов бобовых культур на продуктивность трав.

На посевах бобовых трав третьего и четвертого года жизни максимальная урожайность (57,5-79,0 и 55,6-72,1 т/га) была получена на делянках с аналогичными условиями выращивания.

Сравнительная оценка урожайности изучаемых многолетних бобовых культур показала, что по продуктивности выделились травостой эспарцета и люцерны синегибридной. При создании оптимальных условий выращивания (поддержание 80%-ного предполивного порога влажности почвы и улучшенный за счет удобрений фон питания) эти культуры в среднем за годы исследований обеспечили урожай зеленой массы на уровне 78,9-83,0 т/га во второй, 70,2-79,0 – в третий и 63,6-72,1 т/га – в четвертый год жизни. У лядвенца рогатого в лучших вариантах урожайность изменялась по годам жизни от 62,6 до 59,7 т/га, клевера – 69,2-65,5, люцерны желтой – 57,7-55,6 т/га зеленой массы (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность трав при оптимизации водного и пищевого режимов почвы
(80% НВ + NPK₂), 2020-2022 гг.

Table 2 – Yield of grasses during optimization of water and food regimes of soils (80% НВ + NPK₂),
2020-2022

Вид, сорт	Урожайность, т/га зеленой массы		
	2 г. ж.	3 г. ж.	4 г. ж.
Люцерна синегибридная	78,9	70,2	63,6
Люцерна пестрогибридная	79,8	72,9	69,7
Люцерна желтая	57,7	57,5	55,6
Лядвенец рогатый	62,6	60,9	60,0
Эспарцет песчаный	82,9	78,1	72,1
Эспарцет закавказский	83,0	79,0	70,2
Эспарцет виколистный	87,8	-	-
Клевер луговой	69,2	68,3	65,5

Качество корма из бобовых культур, изучаемых в наших исследованиях, оценивалось по содержанию кормовых единиц, обменной энергии и переваримого протеина. Самым высоким содержанием кормовых единиц характеризовалась биомасса лядвенца рогатого – 0,80, а самым низким – эспарцета виколистного – 0,60 в килограмме сухого корма. Биомасса синегибридной и пестрогибридной люцерны, а также лядвенца рогатого была наиболее богата переваримым протеином (147-157 г/кг), а биомасса желтой люцерны, эспарцета песчаного и виколистного содержала наименьшее количество переваримого протеина (126-132 г). Следует отметить, что корм из трав второго года жизни имел довольно высокую обменную энергию – от 9,98 до 10,85 МДж/кг сухой биомассы (таблица 3).

Таблица 3 – Питательность сухой массы бобовых трав второго года жизни, 2022 г.

Table 3 – Nutritional value of the dry mass of legumes of the second year of life, 2022

Вид	Содержание в 1 кг		
	кормовые единицы	переваримый протеин, г	ОЭ, МДж
Люцерна синегибридная	0,64	157	10,00
Люцерна желтая	0,62	132	9,99
Люцерна пестрогибридная	0,63	147	10,04
Лядвенец рогатый	0,80	153	10,85
Эспарцет песчаный	0,63	128	10,21
Эспарцет закавказский	0,64	140	10,31
Эспарцет виколистный	0,60	126	9,98

В конце второго года жизни на вариантах опыта бобовые травы накапливали до 7,2 т/га сухих корней в слое почвы 0,5 м, в конце третьего года – 8,9, а в четвертом – до 9,2 т/га. Установлено, что влажность почвы и питательный режим оказывают значительное влияние на рост и развитие корневой системы бобовых культур: внесение удобрений дозой NPK₂ при влажности не менее 70% НВ увеличивало массу корней на 1,2-2,7 т/га во второй и третий годы выращивания по сравнению с контролем. В вариантах с предполивной влажностью почвы 80% увеличение составило 2,5-3,4 т/га (рисунок 3). После четырех лет выращивания бобовых трав в почву с корневыми остатками поступило до 167 кг/га азота, 59 кг/га фосфора и 87 кг/га калия.

Выращивание бобовых трав характеризуется высокой энергетической эффективностью: во второй год коэффициенты составляли 1,94-4,30. Соотношение между энергией, накопленной в урожае, и энергией, затраченной на его выращивание, зависело от условий

возделывания и вида культуры. Улучшение водного режима почвы способствовало повышению продуктивности травостоя и накоплению большего объема энергии. Коэффициенты энергетической эффективности на контроле составили 1,94-2,53 в вариантах с предполивным порогом влажности 60 %, 2,08-2,66 при 70 % и 2,13-2,71 в вариантах с влажностью 80 % перед поливом. Внесение удобрений и поддержание более высокого предполивного порога увеличивало коэффициент энергетической эффективности до 3,48-4,30.

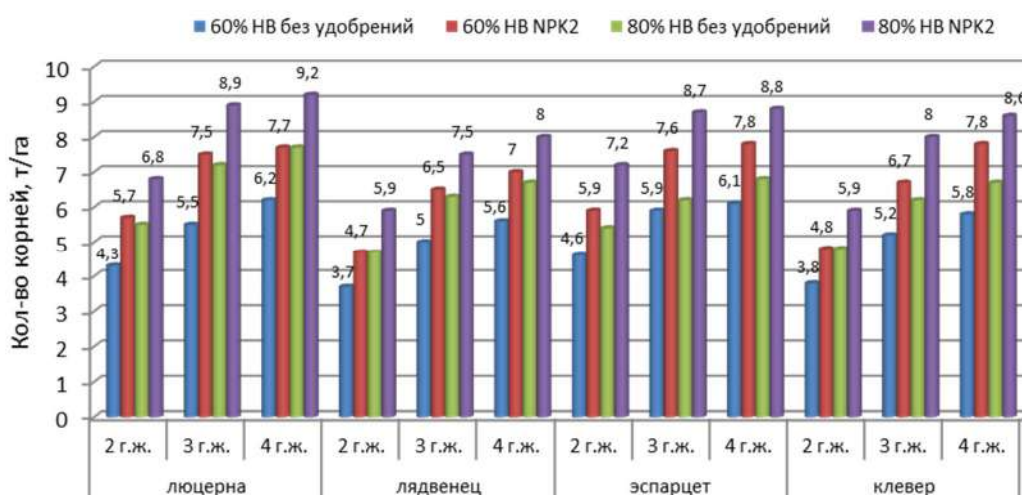


Рисунок 3 – Накопление корней в слое почвы 0,5 м посевами трав по вариантам опыта

Figure 3 – Accumulation of roots in a soil layer of 0.5 m by grass crops according to the experimental options

Выводы. Результаты исследований подтвердили возможность получения высоких и стабильных урожаев качественной кормовой массы на орошаемых землях при выращивании перспективных видов бобовых трав.

Суммарное водопотребление посевов бобовых трав зависело от возраста травостоя и вариантов водного режима. Минимальные значения были зафиксированы в первый год жизни растений, а максимальные – на третий год. В варианте с предполивной влажностью почвы 60 % НВ суммарное водопотребление изменялось по годам от 4248 до 5209, при 70 % – 4375-5426, при предполивном пороге 80 % – от 4660 до 5737 м³/га. На долю оросительной воды приходилось 62,3-71,6 %, осадков – 22,7-27,1, водных ресурсов почвы – 5,1-10,6 %.

При поддержании 80 % НВ предполивного порога влажности и внесении удобрений дозой NPK₂ (N₁₆₀P₉₀K₁₀₀) многолетние бобовые травы во второй год жизни дали в среднем 78,9-79,8 т/га зеленой массы люцерны, 82,9-87,8 – эспарцета, 62,6 – лядвенца, 69,2 т/га – клевера, обеспечив выход 11,7-13,5 тыс. к. ед., 2,3-2,8 т переваримого протеина и 170-200 ГДж ОЭ.

Кормовая масса бобовых трав характеризуется высокой кормовой ценностью. Наибольшее содержание кормовых единиц отмечается в лядвенце рогатом – 0,80, а наименьшее у эспарцета виколистного – 0,60 в килограмме сухой массы. Наиболее богат переваримым протеином корм из люцерны синегибридной и пестрогибридной, лядвенца рогатого – 147-157 г/кг. Один килограмм сухого корма содержит 9,99-10,85 МДж обменной энергии.

На рост и развитие корневой системы бобовых культур существенное влияние оказывали влажность и пищевой режим почвы: внесение удобрений NPK₂ при влажности не менее 70% НВ во второй и третий годы возделывания увеличивало массу корней на 1,2-2,7 т/га по сравнению с контролем. В вариантах с предполивной влажностью почвы 80% увеличение составило 2,5-3,4 т/га. После четырех лет выращивания бобовых трав в почву с корневыми остатками поступило до 167 кг/га азота, 59 кг/га фосфора и 87 кг/га калия.

Выращивание многолетних бобовых трав является энергетически выгодным: коэффициенты энергетической эффективности во всех вариантах опыта больше единицы. Наиболее благоприятное соотношение между накопленной и затраченной энергией наблюдалось у люцерны сине- и пестрогибридной, эспарцета песчаного, закавказского и виколистного: при под-

держании порога влажности на уровне 80 % и внесении удобрений NPK_2 коэффициенты энергетической эффективности составили 4,03–4,30. Для люцерны желтой и лядвенца рогатого в аналогичных вариантах коэффициент $K_{\text{э}}$ был несколько ниже – 3,48–3,59.

Таким образом, изучаемые виды бобовых трав способны давать высокие и стабильные урожаи биомассы на орошаемых землях. Чтобы реализовать их потенциал, необходимо использовать оптимальные сочетания водного и пищевого режимов почвы.

Conclusions. The research results confirmed the possibility of obtaining high and stable yields of high-quality fodder on irrigated lands when growing promising types of leguminous grasses.

During the research period, the total water consumption of leguminous grass crops changed by year and by water regime variants. The minimum values were recorded in the first year of plant life, and the maximum in the third year. In the variant with pre-irrigation soil moisture of 60% NV, the total water consumption varied over the years from 4248 to 5209, with 70% – 4375–5426, with a pre-irrigation threshold of 80% – from 4660 to 5737 m³/ha. The share of irrigation water accounted for 62.3–71.6%, precipitation – 22.7–27.1, soil water resources – 5.1–10.6%.

When maintaining an 80% pre-irrigation moisture threshold and fertilizing with a dose of NPK_2 ($\text{N}_{160}\text{P}_{90}\text{K}_{100}$), perennial leguminous grasses in the second year of life produced an average of 78.9–79.8 t/ha of green mass for alfalfa, 82.9–87.8 for sainfoin, 62.6 – lambswort, 69.2 t/ha – clover, providing a yield of 11.7–13.5 thousand units, 2.3–2.8 t of digestible protein and 170–200 GJ of OE.

The fodder mass of leguminous grasses is characterized by high feed value. The highest content of feed units is observed in the horned sweet potato – 0.80, and the lowest in sainfoin – 0.60 per kilogram of dry weight. The richest in digestible protein is the feed made from blue-hybrid and variegated alfalfa, and horned clamweed – 147–157 g/kg. One kilogram of dry food contains 9.99–10.85 MJ of metabolizable energy.

The growth and development of the root system of legumes was significantly influenced by the humidity and nutritional regime of the soil: the application of NPK_2 fertilizers at a humidity of at least 70% HB in the second and third years of cultivation increased the root mass by 1.2–2.7 t/ha compared to the control. In options with pre-irrigation soil moisture of 80%, the increase was 2.5–3.4 t/ha. After four years of growing legumes, up to 167 kg/ha of nitrogen, 59 kg/ha of phosphorus and 87 kg/ha of potassium entered the soil with root residues.

Growing perennial leguminous grasses is energetically beneficial: energy efficiency coefficients in all experimental variants are greater than one. The most favorable ratio between accumulated and expended energy was observed in blue- and variegated-hybrid alfalfa, sandy sainfoin, Transcaucasian and vicifolia: when maintaining the humidity threshold at 80% and applying NPK_2 fertilizers, the energy efficiency coefficients were 4.03–4.30. For yellow alfalfa and horned rockweed in similar variants, the coefficient K_E was slightly lower – 3.48–3.59.

Thus, the studied legume species are capable of producing high and stable biomass yields on irrigated lands. To realize their potential, it is necessary to use optimal combinations of water and nutritional regimes of the soil.

Библиографический список

1. Агроэкологическое испытание многолетних бобовых трав в условиях орошения юга России / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Е. И. Молоканцева, О. В. Головатюк // Орошаемое земледелие. 2022. № 1. С. 53–58.
2. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Головатюк О. В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 58–65.
3. Ивлева О. Е., Берсенева С. А., Митрополова Л. В. Роль многолетних бобовых трав в кормопроизводстве Приморского края // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 8 (98). С. 172–176.
4. Козлова З. В., Матаис Л. Н., Глушкова О. А. Сравнительная оценка продуктивности кормовых севооборотов с многолетними бобовыми травами // Вестник ИРГСХА. 2020. № 99. С. 55–61.
5. Михайлова И. В., Хвостова А. Б., Малышев Л. Л. Сравнительный анализ кормовых бобовых культур в условиях Мурманской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (4). С. 122–131.

6. Нелюбина Ж. С., Касаткина Н. И., Фатыхов И. Ш. Питательная ценность и продуктивность агрофитоценозов многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного в условиях Среднего Предуралья // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 18-22.
7. Павлова О. В. Наумова Т. В. Авраменко А. А. Урожайность травосмесей из многолетних трав в зависимости от фона минерального питания на лугово-бурой оподзоленной почве в условиях Приморского края // Кормопроизводство. 2020. № 7. С. 8-12.
8. Продуктивность кормовых культур и основные принципы применения удобрений на мелиорируемых землях Калмыкии / М. М. Оконов, Б. А. Гольдварг, Г. Д. Унканжинов, С. Б. Адьяев, Р. М. Шабанов // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2022. № 1. С. 12-16.
9. Севооборот – важное средство сохранения и повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов / Н. П. Мелихова, А. А. Зибаров, Д. С. Тегесов, Г. М. Севостьянова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 92-99.
10. Фигурин В. А., Кислицына А. П. Повышение продуктивности многолетних трав на дерново-подзолистых кислых почвах // Пермский аграрный вестник. 2022. № 2 (38). С. 91-97.
11. Irrigation and nitrogen fertilization influence on alfalfa yield, nutritive value, and resource use efficiency in an arid environment / Muhammad Kamran [et al.] // Field Crops Research. 2022. V. 284. P. 108587.
12. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China / Linlin Wang [et al.] // Agricultural Water Management. 2020. V. 243. P. 106415.

References

1. Agroecological test of perennial legumes in irrigation conditions in the south of Russia / T. N. Dronov, N. I. Burtseva, E. I. Molokantseva, O. V. Golovatyuk // Irrigated agriculture. 2022. № 1. P. 53-58.
2. Dronova T. N., Burtseva N. I., Golovatyuk O. V. Comparative assessment of the productivity of alfalfa and clover on irrigated lands of the Lower Volga region // Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2019. № 3 (55). P. 58-65.
3. Ivleva O. E., Berseneva S. A., Mitropolova L. V. The role of perennial legumes in the feed production of the Primorsky Territory // International Research Journal. 2020. № 8 (98). P. 172-176.
4. Kozlova Z. V., Matais L. N., Glushkova O. A. Comparative assessment of the productivity of feed crop rotations with perennial legumes // Bulletin of IRGSHA. 2020. № 99. P. 55-61.
5. Mikhailova I. V., Khvostova A. B., Malyshev L. L. Comparative analysis of fodder legumes in the Murmansk region // Proceedings on applied botany, genetics and selection. 2022. № 183 (4). P. 122-131.
6. Nelyubina Zh. S., Kasatkina N. I., Fatykhov I. Sh. Nutritional value and productivity of agrophytocenoses of perennial herbs based on meadow tetraploid clover in the Middle Urals // Feed production. 2020. № 7. P. 18-22.
7. Pavlova O. V., Naumova T. V., Avramenko A. A. Crop yield of grass mixtures from perennial herbs depending on the background of mineral nutrition on meadow-brown podzolnaya soil in the conditions of Primorsky Krai // Feed production. 2020. № 7. P. 8-12.
8. The productivity of feed crops and the basic principles of the use of fertilizers on the reclaimed lands of Kalmykia / M. M. Okonov, B. A. Goldvarg, G. D. Unkanzhinov, S. B. Adyaev, R. M. Shabanov // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2022. № 1. P. 12-16.
9. Crop rotation is an important means of preserving and increasing the productivity of irrigated agricultural shafts / N. P. Melikhov, A. A. Zibarov, D. S. Tegesov, G. M. Sevostyanova // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2019. № 4 (56). P. 92-99.
10. Figurin V. A., Kislitsyna A. P. Increasing the productivity of perennial herbs on sod-podzolic acidic soils // Perm Agricultural Bulletin. 2022. № 2 (38). P. 91-97.
11. Irrigation and nitrogen fertilization influence on alfalfa yield, nutritive value, and resource use efficiency in an arid environment / Muhammad Kamran [et al.] // Field Crops Research. 2022. V. 284. P. 108587.
12. Forage yield, water use efficiency, and soil fertility response to alfalfa growing age in the semiarid Loess Plateau of China / Linlin Wang [et al.] // Agricultural Water Management. 2020. V. 243. P. 106415.

Информация об авторах

Бурцева Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Кулик Дмитрий Константинович, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-6661>, e-mail: Kulikdk.vniioz@yandex.ru

Молоканцева Елена Ивановна, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-7976>, e-mail: elena-molok@yandex.ru

Головатюк Ольга Владимировна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: [orcid:0000-0002-7773-880X](https://orcid.org/0000-0002-7773-880X), e-mail: golovatuk2011@yandex.ru

Authors Information

Burtseva Natalia Ivanovna, Leading Researcher of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazeva str.), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Kulik Dmitry Konstantinovich, Senior Researcher of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazeva str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8043-6661> e-mail: Kulikdk.vniioz@yandex.ru

Molokantseva Elena Ivanovna, Senior Researcher of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazeva str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-7976>, e-mail: elena-molok@yandex.ru

Golovatyuk Olga Vladimirovna, Junior Researcher of the Department of Intensive Technologies of Cultivation of Agricultural Crops, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, 9 Timiryazeva str.), ORCID: [orcid:0000-0002-7773-880X](https://orcid.org/0000-0002-7773-880X) e-mail: golovatuk2011@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-09

GRAPE VARIETY «RUBINOVY MAGARACHA» AT THE DON AMPELOGRAPHIC COLLECTION

V. A. Ganich, L. G. Naumova

«All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: lgnaumova@yandex.ru

Received 05.05.2023

Submitted 15.08.2023

Summary

The article presents the results of a study in 2016-2020 of the grape variety «Rubinovyy Magarach» (selected by the Magarach Institute) on a collection in the Lower Don region. The results of the study of economically valuable traits and the technological assessment of the variety made it possible to reveal its potential for the production of high-quality wines with good organoleptic characteristics. The variety is promising for expanding the range of vine plantations, as well as for use in breeding programs.

Abstract

Introduction. Establishment of vine plantations requires large long-term investments, therefore, for successful cultivation, a complex of economic and biological indicators and properties of grape varieties should be taken into account. The main focus is the yield and quality of the products obtained. **Object.** The object of the study are the grape varieties Rubinovyy Magarach and the control variety

Cabernet Sauvignon. **Materials and methods.** The study of grape varieties was carried out on the Don ampelographic collection named after Ya. I. Potapenko in 2016-2020. The culture of reference is covering, grafted onto the rootstock Kober 5BB, not irrigated. The scheme of planting bushes 3.0 x 1.5 m. The results of the study of agrobiological indicators, productivity, crop condition, organoleptic characteristics and tasting assessments of wines are presented. The study of varieties was carried out according to the methods generally accepted in viticulture and GOSTs. **Results and discussion.** The analysis of agrobiological records showed that the preservation of eyes in the covering shaft averaged 71.5% for the Rubinovy Magaracha variety and 75.6% for the control variety Cabernet Sauvignon. The percentage of fruitful shoots, coefficients of fruiting and fruitfulness were higher in the studied variety at the level of 82.3%, 1.4 and 1.8, respectively, in the control variety – 80.5%, 1.3 and 1.6. The average weight of a bunch by years varied from 99 to 176 g in the studied variety and from 76 to 131 g in the control. The yield was more than 13 t/ha, exceeding the yield of the control variety by 62%. Wine tasting scores for the Rubinovy Magaracha variety over the years ranged from 8.6 to 8.8 points, the average score for the entire study period was 8.74. Cabernet Sauvignon has from 8.5 to 8.7 points, the average score is 8.58. **Conclusion.** According to the results of the research, the Rubinovy Magaracha variety stood out as promising in terms of productivity and quality of wine products. Recommended for expanding the range of vine plantations and use in breeding.

Key words: grapes, variety, ampelographic collection, variety study, harvest conditions, wine, tasting assessments.

Citation. Ganich V. A., Naumova L. G. Grape variety «Rubinovy Magaracha» at the Don ampelographic collection. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 96-104 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-09.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 634.853(470.61)

СОРТ ВИНОГРАДА РУБИНОВЫЙ МАГАРАЧА НА ДОНСКОЙ АМПЕЛОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ

В. А. Ганич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Л. Г. Наумова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
заведующий лабораторией

Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потанина – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный
научный центр»

г. Новочеркасск, Российская Федерация

Актуальность. Закладка виноградных насаждений требует больших долгосрочных инвестиций, поэтому для успешного возделывания должен учитываться комплекс хозяйственно-биологических показателей и свойств сортов винограда. Основного внимания требует урожайность и качество получаемой продукции. **Объект.** Объектом исследования являются сорта винограда Рубиновый Магарача и контрольный сорт Каберне Совиньон. **Материалы и методы.** Изучение сортов винограда проводили на Донской ампеλογрафической коллекции им. Я. И. Потанина в 2016-2020 гг. Культура ведения – укрывная, привитая на подвое Кобер 5ББ, неполиваемая. Схема посадки кустов 3,0 x 1,5 м. Представлены результаты изучения агrobiологических показателей, урожайности, кондиции урожая, органолептическая характеристика и дегустационные оценки вин. Изучение сортов выполнено по общепринятым в виноградарстве методикам и ГОСТам. **Результаты и обсуждение.** Анализ агrobiологических учетов показал, что сохранность глазков в укрывном валу в среднем составила у сорта Рубиновый Магарача – 71,5% у контрольного сорта Каберне Совиньон 75,6%. Процент плодоносных побегов, коэффициенты плодоношения и плодоносности были выше у изучаемого сорта на уровне 82,3%, 1,4 и 1,8 со-

ответственно, у контрольного сорта – 80,5%, 1,3 и 1,6. Средняя масса грозди по годам варьировала от 99 до 176 г у изучаемого сорта и от 76 до 131 г у контрольного. Урожайность составила более 13 т/га, превышая урожайность контрольного сорта на 62%. Дегустационные оценки вин у сорта Рубиновый Магарача по годам были от 8,6 до 8,8 балла, средний балл за весь период изучения составил 8,74. У Каберне Совиньон от 8,5 до 8,7 баллов, средний балл – 8,58. **Заключение.** По результатам проведенных исследований сорт Рубиновый Магарача выделился как перспективный по продуктивности и качеству винодельческой продукции. Рекомендуется для расширения сортимента виноградных насаждений и использования в селекции.

Ключевые слова: сорта винограда, ампелографические коллекции, сортоизучение, кондиции урожая, вино, дегустационные оценки вина.

Цитирование. Ганич В. А., Наумова Л. Г. Сорт винограда Рубиновый Магарача на Донской ампелографической коллекции. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 96-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Закладка виноградных насаждений требует больших долгосрочных инвестиций, поэтому при выборе сортов рассматривается весь комплекс ценных хозяйственно важных показателей и свойств, уделяя внимание урожайности и его качеству, а также производимой продукции. Ежегодные аномалии климатических условий в виде засух, суховеев, обледенений лозы, поздних весенних и ранних осенних заморозков приводят к потере более 20% урожая [1, 3-6, 8, 9, 11].

Первичное изучение проводится на ампелографических коллекциях, по его результатам происходит пополнение сортимента сортами винограда, получившими положительную оценку по основным хозяйственным показателям. Агробиологическая и технологическая оценка сортов является актуальным направлением исследований, проводимых на коллекциях [2, 7, 10-12].

Цель исследования – изучение агробиологических особенностей интродуцированного сорта винограда Рубиновый Магарача в условиях Нижнего Придонья.

Материалы и методы. На Донской ампелографической коллекции им. Я.И. Потапенко (г. Новочеркасск Ростовской области) в 2016-2020 гг. изучали интродуцированный сорт винограда Рубиновый Магарача. В качестве контроля материнская форма – Каберне Совиньон. Кусты привиты на подвое Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ. Формировка – длиннорукавная. Виноградник укрыт не поливной. Схема посадки кустов на коллекционном участке – 3,0 × 1,5 м.

Климатические условия области контрастные: летние периоды сухие и жаркие с дефицитом атмосферных осадков; зимние – отличаются неустойчивым характером погоды, с резкими колебаниями температуры от отрицательных до плюсовых значений. Весной существует угроза поздних, а осенью – ранних заморозков. Почвы – карбонатные черноземы, тяжелосуглинистые, слабо перегнойные на лессовидных суглинках. Грунтовые воды имеют глубокое залегание (на 15-20 м) и не оказывают влияния на корневую систему винограда. Технология возделывания виноградников стандартная для северной зоны промышленного виноградарства РФ.

Сорта винограда на ампелографической коллекции изучали по общепринятым в виноградарстве методикам (Лазаревский М. А. Изучение сортов винограда. 1963 и Простосердов Н. Н. Изучение винограда для определения его использования (Увология). 1963). Определение сахаристости сока ягод проводили по ГОСТ 27198-87; титру-

емой кислотности – ГОСТ 32114-2013. Образцы вин готовили в условиях микровиноделия по классической технологии приготовления сухих красных вин. Оценка образцов вин осуществлялась дегустационной комиссией института по 10-балльной шкале (ГОСТ 32051-2013).

Рубиновый Магарача (рисунок 1) сорт выведен в институте «Магарач» в результате скрещивания сортов Каберне Совиньон и Саперави.



Рисунок 1 – Урожай на кустах сорта Рубиновый Магарача
Figure 1 – Harvest on the bushes of the Rubinovyy Magarach variety

Согласно описанию в издании «Ампелография СССР. Отечественные сорта винограда» сорт Рубиновый Магарача имеет обоеполющий тип цветка. Гроздь средняя, коническая или цилиндроконическая, лопастная, среднеплотная. Ягода средняя, округлая, черная, имеет довольно плотную кожицу и тающую сочную мякоть с пасленовыми тонами во вкусе. Кусты средней силы роста с хорошим вызревaniem побегов. Вызревший однолетний побег коричневый. Сорт относительно устойчив к серой гнили.

Результаты и обсуждение. Виноград – культура, которая очень отзывчива на условия произрастания (климат, почвы, водный баланс, температурный режим и т.д.), проявляя при этом свои биологические особенности. Свойство винограда реагировать на изменение условий внешней среды учитывается при зональном районировании сортов винограда, позволяющем наиболее максимально раскрыть потенциальные возможности хозяйственных качеств. Изучение сортов винограда и обработка данных проводится с обязательной увязкой с метеорологическими данными.

Метеорологические показатели представлены по сведениям с метеопоста института, который расположен рядом с коллекционными участками. Погодные условия проведения исследований характеризовались как благоприятные по температурному режиму (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия проведения исследований
Table 1 – Meteorological conditions for conducting research

Показатели		Годы исследований					Много- летние данные
		2016	2017	2018	2019	2020	
Минимальная температура, °C		-20,5	-18,9	-13,6	-11,5	-19,3	-31,7
Максимальная температура, °C		37,5	39,0	40,0	37,2	39,9	42,0
Сумма активных температур, °C		3789	3531	4210	3927	3481	3209
Осадки	в период покоя, мм	385,8	204,0	343,2	228,4	163,4	264,6
	в период вегетации, мм	370,5	257,1	183,4	171,3	139,0	269,2

Зимние периоды были довольно теплые, особенно в 2019 году, когда минимальные температуры не опускались ниже минус 11,5°C, только в 2016 году абсолютный минимум зафиксирован на уровне минус 20,5°C, что значительно выше многолетних показателей (минус 31,7°C). Максимальные температуры воздуха в вегетационные периоды по годам были от 37,2°C в 2019 году до 40°C в 2018 году. Сумма активных температур значительно выше среднемноголетних показателей была в 2016, 2018 и 2019 годах.

По осадкам за последние три года исследований (2018-2020 гг.) наблюдался дефицит. Наибольшее количество выпавших осадков отмечено в период покоя 2016 и 2018 годов, превышение среднемноголетних значений составило на 47 и 30 % соответственно, а в период вегетации только в 2016 году. Максимальные показатели по осадкам отмечены в 2016 году, всего за год выпало 756,3 мм при средней многолетней 533,8 мм, отклонение составило +222,5 мм. Очень дождливыми были май – 165 мм и июль – 87,6 мм при многолетних значениях 49,1 и 44,7 мм соответственно.

Распускание глазков в среднем происходило с разницей в один день (таблица 2). По годам наиболее раннее распускание глазков отмечено у сортов в 2016 году Рубиновый Магарача – 16 апреля, а Каберне Совиньон – 20 апреля. Причиной раннего распускания глазков послужила теплая весна, март был теплее на 4,4°C, а апрель на – 3,2°C среднемноголетних значений. Устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через плюс 10°C отмечен 5 апреля, при средней многолетней дате – 12 апреля.

Таблица 2 – Агробиологические и хозяйственно-ценные показатели сортов, 2016-2020 гг.
Table 2 – Agrobiological and economically valuable indicators of varieties, 2016-2020

Показатели	Рубиновый Магарача	Каберне Совиньон
Дата начала распускания глазков	24.04	25.04
Распустившихся почек, %	71,5 ± 7,9	75,6 ± 4,9
Плодоносных побегов, %	82,3 ± 8,4	80,5 ± 9,8
Коэффициент плодоношения	1,4 ± 0,2	1,3 ± 0,3
Коэффициент плодоносности	1,8 ± 0,1	1,6 ± 0,2
Средняя масса грозди, г	140 ± 27,6	95 ± 22,9
Продуктивность побегов, г	196 ± 8 0,7	124 ± 56,0
Расчетная урожайность, т/га	13,1 ± 8,6	8,2 ± 5,4
От начала распускания глазков до полной зрелости ягод: количество дней сумма температур, °C	153 ± 7,0 3353 ± 183,7	152 ± 5,7 3333 ± 85,4

При районировании сортов учитывается сумма активных температур от начала распускания глазков до полной зрелости ягод, что позволяет определить северные границы возделывания сорта. Оба сорта имеют средне-поздний период созревания – 153 дня у Рубинового Магарача и 152 дня у Каберне Совиньон, сумма активных температур составила 3333 и 3353°C соответственно.

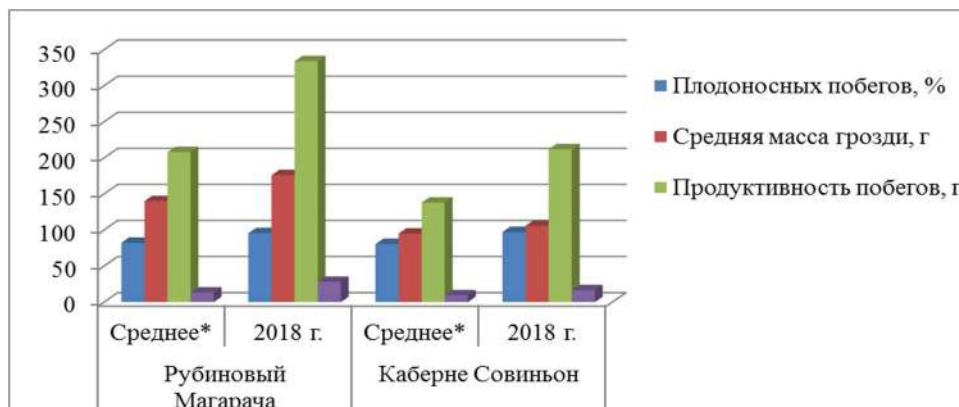
Рассмотрение агробиологических учетов показало, что теплые зимы с умеренным количеством осадков способствовали хорошей сохранности глазков в укрывном валу. В среднем за годы изучения (2016-2020 гг.) у контрольного сорта Каберне Совиньон распустившихся глазков было на 4,1% больше, чем у сорта Рубиновый Магарача 75,6 и 71,5% соответственно.

Изучаемый сорт Рубиновый Магарача превосходит контроль по всем показателям, определяющим продуктивность сорта.

По годам коэффициент плодоношения у сорта Рубиновый Магарача варьировал от 1,1 до 1,9, а плодоносности от 1,6 до 2,0, у контрольного сорта Каберне Совиньон от 1,0 до 1,3 и 1,4 до 1,7 соответственно. Высокие показатели плодоносных побегов более 90% от-

мечены у обоих сортов в 2018 году на уровне 95,6% у Рубинового Магарача и 97,2% у Каберне Совиньон. В среднем за годы исследований этот показатель у изучаемого сорта был немного выше, чем у контрольного (82,3 и 80,5%).

Благоприятные условия 2017 года по температурному режиму и количеству осадков в период закладки плодовых почек отразились на показателях продуктивности у обоих сортов винограда в 2018 году, они были более высокие все годы изучения (рисунок 2).



* – средние показатели за годы исследований (2016-2020)

Рисунок 2 – Показатели продуктивности сортов

Figure 2 – Productivity indicators of varieties

Продуктивность побега – это произведение показателей коэффициента плодоношения и средней массы грозди. По средней массе грозди Рубиновый Магарача превосходит контрольный сорт Каберне Совиньон на 68 %. Средняя масса грозди оказывает значительное влияние на количество урожая, по годам она варьировала от 99 до 176 г у изучаемого сорта и от 76 до 131 г у контрольного. Более высокие показатели средней массы грозди и коэффициента плодоношения у сорта Рубиновый Магарача отразились на продуктивности побега и на урожайности в целом. При нагрузке 30 нормально развитых побегов на куст урожай с куста составил 5,9 кг, а в перерасчете на 1 га – 13,1 т, превышая урожайность контрольного сорта на 62%.

Одним из основных этапов сортоизучения технических сортов является технологическая оценка. Качество готового продукта во многом зависит от технологического процесса переработки, однако решающее значение имеет сырье, и в первую очередь, содержание сахаров и кислот в соке ягод.

Сорта по сроку созревания являются средне-поздними, они способны накапливать в третьей декаде сентября более 20 г/100 см³ сахаров при довольно хорошем показателе титруемых кислот (табл. 3).

Таблица 3 – Кондиции изучаемых сортов винограда

Table 3 – Conditions of the studied grape varieties

Годы исследований	Сахаристость сока ягод, г/100 см ³		Титруемая кислотность, г/дм ³	
	Рубиновый Магарача	Каберне Совиньон	Рубиновый Магарача	Каберне Совиньон
2020	24,1	22,5	8,0	8,0
2019	24,1	22,9	9,0	6,9
2018	22,1	24,3	7,0	8,9
2017	24,0	20,8	6,9	6,9
2016	21,8	20,8	7,2	6,9
Среднее	23,2	22,3	7,6	7,5

В среднем сахаристость сорта Рубиновый Магарача была – 23,2 г/100 см³, варьируя по годам от 21,8 до 24,1 г/100 см³, у контроля немного ниже – 22,3 г/100 см³. По содержанию титруемых кислот различий практически не отмечено, они находились в диапазоне от 6,9, до 9 г/дм³ у изучаемого сорта и от 6,9 до 8,9 г/дм³ у контроля.

Такие показатели сахаров и кислот способствовали получению вин высокого качества, что и подтвердилось в результате органолептической оценки готовой продукции. В таблице 4 представлена органолептическая характеристика и дегустационные оценки сухих красных вин, приготовленных в условиях микровиноделия, за каждый год в отдельности.

Вино из сорта Рубиновый Магарача отличается стабильно высокой оценкой на уровне 8,7-8,8 балла. Сложившиеся метеорологические условия (большое количество осадков) в вегетационный период 2016 года отразились на качестве винограда, и оценка вина была немного ниже – 8,6 балла.

Таблица 4 – Органолептическая характеристика и дегустационные оценки вин
Table 4 – Organoleptic characteristics and tasting evaluations of wines

Год урожая	Органолептическая характеристика вина	Дегустационная оценка вина, балл
Рубиновый Магарача		
2020	Темно-рубинового цвета, аромат яркий, с легкими сафьяновыми тонами. Вкус насыщенный, экстрактивный.	8,8
2019	Темно-рубинового цвета. Аромат сложный, с тонкими тонами сафьяна. Вкус сложенный, гармоничный.	8,7
2018	Темно-рубинового цвета. Аромат яркий, с тонами вишни и легкими сафьяновыми нотками. Вкус содержательный, гармоничный.	8,8
2017	Темно-рубинового цвета, хорошо выражен аромат, сложный, с тонами ягод и чернослива, вкус полный, гармоничный.	8,8
2016	Рубинового цвета, аромат чистый смородиновый, с тонами ягод. Вкус полный, гармоничный.	8,6
Средний балл		8,74
Каберне Совиньон		
2020	Рубинового цвета, аромат типичный, сортовой. Во вкусе выделяется кислотность.	8,5
2019	Рубинового цвета, в аромате легкие сафьяновые тона. Вкус типичный, полный.	8,6
2018	Темно-рубинового цвета. Аромат типичный, начинающийся сафьян. Вкус полный, гармоничный.	8,7
2017	Темно-рубинового цвета, аромат типичный, с легкими сафьяновыми оттенками, во вкусе излишне свежий, с хорошей основой.	8,6
2016	Рубинового цвета, аромат терново-пасленовый. Вкус излишне свежий, нет полноты.	8,5
Средний балл		8,58

Оценки вин контрольного сорта были от 8,5 до 8,7 балла. В характеристике за 2016 и 2020 годы дегустационная комиссия отмечает, что в вине нет полноты, выделяется кислотность, поэтому оценка снижена до 8,5 балла.

В целом образцы вин из обоих сортов имеют все типичные характеристики, присущие типу и сорту. Они имеют красивую темно-рубиновую и рубиновую окраску вин, различную палитру ароматов с тонами фруктов и сафьяна, сложенный гармоничный вкус.

Заключение. Результаты изучения хозяйственно-ценных признаков и технологической оценки сорта Рубиновый Магарача в почвенно-климатических условиях Нижнего Придонья позволили раскрыть потенциальные возможности сорта для производства высококачественных вин с хорошими органолептическими характеристиками. Сорт перспективный для расширения сортамента виноградных насаждений, а также использования в селекционных программах НИИ.

Conclusions. The results of the study of economically valuable traits and technological assessment of the variety Rubinovy Magaracha in the soil and climatic conditions of the Lower Don region made it possible to reveal the potential of the variety for the production of high-quality wines with good organoleptic characteristics. The variety is promising for expanding the range of vine plantations, as well as for use in breeding programs.

Библиографический список

1. Ганич В. А., Наумова Л. Г., Матвеева Н. В. Донские автохтонные сорта винограда для расширения сортимента виноградных насаждений в Нижнем Придонье // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 63 (3). С. 30–44.
2. Ганич В. А., Наумова Л. Г. Урожайность и качество интродуцированных сортов винограда в условиях Нижнего Придонья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 9 (174). С. 86–91.
3. Егоров Е. А., Шадрин Ж. А., Кочьян Г. А. Комплексные программы и тенденции в развитии виноградарства в России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 6. С. 19–23.
4. Никулушкина Г. Е., Хмырова И. Л., Коваленко А. Г. Новые гибридные формы винограда селекции АЗОСВиВ – потенциал отечественного виноградарства // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2017. № 47 (5). С. 33–40.
5. Петров В. С., Фисюра А. В., Мarmorштейн А. А. Биологический метод управления продуктивностью орошаемого винограда сорта Ливия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 62–71.
6. Полулях А. А., Волынкин В. А., Лиховской В. В. Влияние экстремальных зимних температур на продуктивность столовых сортов винограда *Vitis vinifera orientalis* Negr. Магарач // Виноградарство и виноделие. 2016. № 1. С. 6–9.
7. Полулях А. А., Волынкин В. А., Лиховской В. В. Генетические ресурсы винограда института «Магарач». Проблемы и перспективы сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 6. С. 608–616.
8. Сорта селекции СКЗНИИСВиВ для импортозамещения и совершенствования отечественного сортимента технического винограда / Е. Т. Ильницкая, Т. А. Нудьга, А. В. Прах, О. Н. Шелудько, А. И. Талаш // Садоводство и виноградарство. 2016. № 5. С. 31–36.
9. Формирование адаптивных реакций винограда на нестабильные климатические условия зимнего периода / Г. К. Киселева, И. А. Ильина, В. В. Соколова, Н. М. Запорожец, В. С. Петров, А. В. Караваева, Т. В. Схалыхо // Современное садоводство. 2022. № 2. С. 31–41.
10. Autochthonous grape species, varieties and cultivars of Crimea / V. Volynkin, A. Polulyakh, S. Levchenko, I. Vasylyk, V. Likhovskoi // Acta Horticulturae. 2019. 1259. Pp. 91–98.
11. Dal Monte G., Labagnara T., Cirigliano P. Agroclimatic evaluation of Val d'Agri (Basilicata, Italy) suitability for grapevine quality: the example of PDO «Terre dell'Alta Val d'Agri» area in a climate change scenario // Italian Journal of Agrometeorology. 2019. N 3. Pp. 3–12.
12. Novikova L. Y., Naumova L. G. Dependence of fresh grapes and wine taste scores on the origin of varieties and weather conditions of the harvest year in the northern zone of industrial viticulture in Russia // Agronomy. 2020. V. 10. No 10.

References

1. Ganich V. A., Naumova L. G., Matveeva N. V. Don autochthonous grape varieties for expanding the grape range in Nizhny Pridonya // Fruit growing and viticulture of Southern Russia. 2020. № 63 (3). Pp. 30–44.

2. Ganich V. A., Naumova L. G. Yield and quality of introduced grape varieties in the Lower Pridonye // Bulletin of KrasGAU. 2021. № 9 (174). Pp. 86-91.
3. Egorov E. A., Shadrina J. A., Kochyan G. A. Comprehensive programs and trends in the development of viticulture in Russia // Economy of agricultural and processing enterprises. 2020. № 6. P. 19-23.
4. Nikulushkina G. E., Khmyrova I. L., Kovalenko A. G. New hybrid forms of grapes of AZ-OSViV selection - the potential of domestic viticulture // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2017. № 47 (5). Pp. 33-40.
5. Petrov V. S., Fisyura A. V., Marmorstein A. A. Biological method for managing the productivity of irrigated grapes of Libya variety // Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2022. № 2 (66). Pp. 62-71.
6. Polulyakh A. A., Volynkin V. A., Likhovskoy V. V. The influence of extreme winter temperatures on the productivity of table grapes *Vitis vinifera orientalis* Negr. Magarach // Winegrowing and winemaking. 2016. № 1. Pp. 6-9.
7. Polulyakh A. A., Volynkin V. A., Likhovskaya V. V. Genetic resources of grapes of the Magarach Institute. Problems and prospects for conservation // Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2017. V. 21. № 6. Pp. 608-616.
8. Varieties of selection SKZNIISiV for import substitution and improvement of the domestic variety of technical grapes / E. T. Ilnitskaya, T. A. Nudga, A. V. Prakh, O. N. Sheludko, A. I. Talash // Gardening and viticulture. 2016. № 5. P. 31-36.
9. Formation of adaptive grape reactions to unstable climatic conditions of the winter period / G. K. Kiselev, I. A. Ilyin, V. V. Sokolova, N. M. Zaporozhets, V. S. Petrov, A. V. Karavaeva, T. V. Shalyakho // Modern gardening. 2022. № 2. Pp. 31-41.
10. Autochthonous grape species, varieties and cultivars of Crimea / V. Volynkin, A. Polulyakh, S. Levchenko, I. Vasylyk, V. Likhovskoi // Acta Horticulturae. 2019. 1259. Pp. 91-98.
11. Dal Monte G., Labagnara T., Cirigliano P. Agroclimatic evaluation of Val d'Agri (Basilicata, Italy) suitability for grapevine quality: the example of PDO «Terre dell'Alta Val d'Agri» area in a climate change scenario // Italian Journal of Agrometeorology. 2019. N 3. Pp. 3-12.
12. Novikova L. Y., Naumova L. G. Dependence of fresh grapes and wine taste scores on the origin of varieties and weather conditions of the harvest year in the northern zone of industrial viticulture in Russia // Agronomy. 2020. V.10. No 10.

Информация об авторах

Ганич Валентина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346421 г. Новочеркасск, Ростовской области, пр. Баклановский, д. 166), тел. 8-952-574-93-07, e-mail: ganich1970@yandex.ru

Наумова Людмила Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ампелографии и технологической оценки сортов винограда, Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346421 г. Новочеркасск, Ростовской области, пр. Баклановский, д. 166), тел. 8-908-51-77-109, e-mail: LGnaumova@yandex.ru

Authors Information

Ganich Valentina Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Rostov Agrarian Scientific Center" (RF, 346421 Novocherkassk, Rostov region, Baklanovsky Ave., 166), tel. 8-952-574-93-07, e-mail: ganich1970@yandex.ru

Naumova Lyudmila Georgievna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Ampelography and Technological Evaluation of Grape Varieties, All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Rostov Agricultural Research Center" (RF, 346421 Novocherkassk, Rostov region, Baklanovsky, Ave. 166), tel. 8-908-51-77-109, e-mail: LGnaumova@yandex.ru

NEW PROMISING TOMATO VARIETIES OF THE ASTRAKHAN BREEDERS

O. P. Kigashpaeva, A. V. Gulin

*All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
the branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: okigashpaeva@mail.ru

Received 05.05.2023

Submitted 01.08.2023

The research was carried out within the framework of the state task on the topic No. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. With the increase in the application of economic sanctions, the urgent task is to create new domestic varieties that contribute to ensuring the stability of agricultural production. The most common and popular vegetable crop is tomato, the fruits of which contain vitamins, enzymes and biologically active substances that contribute to the preservation of human health and life expectancy. **The purpose** of this research work is to assess the potential of promising tomato breeding material and create new competitive varieties based on it. The task is to replace foreign varieties and hybrids with domestic ones on the market of agricultural producers. **The novelty** consists in qualitatively new features of the created varieties, their wide direction of use. **Materials and methods.** The objects of study were selection samples of tomato salad direction. The research was carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences» in 2020-2022 according to generally accepted methods. Agrotechnical techniques corresponded to those used in the irrigated conditions of the Astrakhan region. **Results and conclusions.** Tomato samples of the salad group were compared with the zoned variety Astrakhan. The selected varieties and lines are characterized by high yield, marketability and friendly ripening of large, durable fruits. Horse variety – with beautiful yellow fruits weighing 160-180 g. Since 2023, it has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation. A new variety of Red filling with large red fruits weighing 200 -220g, with a strong skin, has been transferred to the State Sortipyntanie for 2023. A promising breeding line SL – 70/21 with fruits weighing 70-80 g of a leveled rounded shape with a small spout, characterized by a high sugar content. You can use the fruits of the presented samples as salads, processing into tomato products and canning. The cultivation of new tomato varieties by peasant farms and personal subsidiary farms will contribute to the import substitution of this crop and, as a result, the stability and food independence of the state.

Key words: tomato, economically valuable traits, donors, selections, breeding, varieties.

Citation. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. New promising tomato varieties of Astrakhan breeders. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 105-112 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-10.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 635.1/.7:631.527(470.44/.47)

**НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРТА ТОМАТА АСТРАХАНСКИХ
СЕЛЕКЦИОНЕРОВ****О. П. Кигашпаева**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. В. Гулин**, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства»**г. Камызяк, Российская Федерация*

*Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013
«Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным
набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных
агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья»
(Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг.
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

Аннотация. С увеличением применения экономических санкций актуальной задачей является создание новых отечественных сортов, способствующих обеспечению стабильности сельскохозяйственного производства. Наиболее распространенной и востребованной овощной культурой является томат, плоды которого содержат витамины, ферменты и биологически активные вещества, способствующие сохранению здоровья и продолжительности жизни человека. **Цель** данной исследовательской работы - оценка потенциала перспективного селекционного материала томата и создание на его основе новых конкурентноспособных сортов. **Задача.** Замещение на рынке сельхозпроизводителей зарубежных сортов и гибридов отечественными. **Новизна** состоит в качественно новых признаках создаваемых сортов, широком направлении их использования. **Материалы и методы.** Объектами изучения были селекционные образцы томата салатного направления. Исследования проводили во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в 2020–2022 годах согласно общепринятым методикам. Агротехнические приемы соответствовали применяемым в орошаемых условиях Астраханской области. **Результаты.** Образцы томата салатной группы сравнивали с районированным сортом Астраханский. Выделившиеся сорта и линии характеризуются высокой урожайностью, товарностью и дружностью созревания крупных, прочных плодов. Сорт Хорс – с красивыми плодами желтой окраски массой 160–180 г. С 2023 года внесен в Госреестр селекционных достижений РФ. Новый сорт Красный налив с крупными красными плодами массой 200–220 г, прочной кожицей передан на 2023 год в Госсортиспытание. Перспективная селекционная линия СЛ – 70/21 с плодами массой 70 – 80 г выровненной округлой формы с небольшим носиком, отличающихся высоким содержанием сахара. Использовать плоды представленных образцов можно в качестве салатов, переработки на томатопродукты и консервирования. **Выводы.** Возделывание крестьянско-фермерскими и личными подсобными хозяйствами новых сортов томата будет способствовать импортозамещению этой культуры и, как следствие, стабильности и продовольственной независимости государства.

Ключевые слова: томат, хозяйственно ценные признаки сортов томата, селекция томата, сорта томата.

Цитирование. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Новые перспективные сорта томата астраханских селекционеров. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 105-112. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Спрос на продукцию овощных культур, отвечающую современным требованиям сельскохозяйственного производства, возрастает с каждым годом. А в результате экономических санкций западных стран, применяемых в настоящее время к России, увеличилась возможность снижения и замены импортного продукта, в том числе семенного материала, что способствует расширению ассортимента качественных отечественных сортов и обеспечению стабильности производства сельскохозяйственной продукции [8]. Наиболее распространенной и востребованной у населения и в перерабатывающей промышленности как в нашей стране, так и во всем мире среди овощных пасленовых культур является томат [3, 4]. По данным FAO (Продовольственной и сельскохозяйственной организации объединенных наций) он занимает в общей сложности около 4,5 млн. гектаров. Это объясняется содержанием в его плодах витаминов, таких как B1, B2, B3, B6, B9, E, а также ферментов и других биологически активных веществ, которые способствуют сохранению здоровья и продолжительности жизни человека. Культура томата характеризуется высокой урожайностью, пластичностью, хорошими вкусовыми качествами плодов [2]. Астраханская область по возделыванию овощей открытого грунта, в том числе томата, занимает одно из ведущих мест на Юге России. Создание новых сортов томата для различных направлений использования будет более полно удовлетворять потребность населения в высококачественных продуктах питания и за счет увеличения внутреннего производства способствовать продовольственной независимости государства. [1, 10, 11]. Селекционеры Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН», расположенного в г. Камызяк Астраханской области, выполняют Государственное задание по созданию новых отечественных сортов овощных культур, которое соответствует «Федеральной научно – технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2030 гг. » и «Программе развития селекции и семеноводства овощных культур на 2024-2030 гг.» (М.: Минсельхоз РФ. 2022. 56 с.).

Цель и задачи исследований – оценка селекционного материала томата на наличие ценных признаков, отбор, изучение и создание на их основе новых перспективных сортов для замещения на рынке сельхозпроизводителей зарубежных сортов и гибридов отечественными.

Новизна состоит в качественно новых признаках создаваемых сортов, широком направлении их использования, способности замещения зарубежных сортов и гибридов на отечественном рынке, что будет способствовать продовольственной безопасности страны.

Материалы и методы Работа выполнена в отделе селекции и семеноводства Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в 2020–2022 годах. **Объектом** изучения были перспективные селекционные линии томата, полученные как методом гибридизации, так и методом отбора на комплекс ценных признаков. Закладку полевых опытов, фенологические наблюдения, учет урожайности проводили согласно методике (Алпатьева А. В. – М., 1986). Посев селекционных образцов томата проводили в теплице в первой декаде апреля сухими семенами по схеме 0,05 х 0,03 м. В стеллажах почвосмесь состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя. Уход за рассадой в теплице состоял из своевременных поливов, рыхления, прополок сорняков, двух-трех подкормок минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды, внесенных на 5 м² площади стеллажа. Закладку полевых опытов проводили во второй декаде мая согласно «Методике государственного сортоиспытания с/х культур» [6], «Методике полевого опыта в овощеводстве» [5] и других методик [7, 9]. Схема посадки – 1,4 х 0,20 м. Участок характеризуется аллювиально-луговыми среднесуглинистыми среднесолёнными

почвами со сравнительно однородным механическим составом: в слое 0 – 0,20 м гумуса содержалось: от 1,7 до 4,0%, гидролизуемого азота от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора от 28 до 45 мг/кг и обменного калия от 250 до 400 мг/кг. Перед посадкой проводили внесение нитроаммофоски – 250 кг/га. Полив – капельным способом с интервалом 3–4 дня, оросительная норма 2750 м³/га. За время вегетации в поле проводили две-три междурядных обработки и две – три ручные прополки сорняков в рядах. Против хлопковой совки – одну-две обработки препаратом Кораген, в зависимости от сроков отрождения вредителя. Оценку содержания в плодах сухого вещества, сахаров и других показателей проводили в лаборатории биохимических анализов, определяли: а) массовая доля сахара – ГОСТ 8756.13-87, п.2; б) массовая доля витамина С – ГОСТ 24556-89, п. 2в) содержание сухого вещества и каротина. Прочность кожицы плодов определяли с помощью прибора пенетromетра – Мегеон 0401.

Статистическую обработку опытных данных осуществляли по методике Доспехова (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985).

Результаты. Во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства ежегодно в конкурсном испытании томата изучаются селекционные линии и те из них, которые в течение 3–х лет сохраняют заданный набор ценных хозяйственных признаков, передаются в Госкомиссию РФ на сортоиспытание в качестве новых перспективных сортов. В 2020–2022 годах изучалось 6 образцов из группы салатного направления использования. В качестве стандарта был взят районированный сорт Астраханский. В 2022 году Госкомиссией была проведена экспертная оценка нового сорта томата Хорс (рис. 1), и он предложен к районированию на 2023 год. За все годы изучения этот сорт показал высокие урожайные качества – до 65–70 т/га, а товарность до 96,7 %. Характеризуется сорт Хорс обыкновенным типом куста высотой 0,65–0,72 м, красивыми крупными прочными округлыми плодами яркой желтой окраски массой 160–180 г, без зеленого пятна у основания, с сочленением плодоножки. Созревание дружное, хотя и более позднее в сравнении с другими изучаемыми образцами – 120 суток от массовых всходов до начала созревания. Плоды нового сорта Хорс рекомендуются к использованию на салатные цели, а в бурой и молочной фазе созревания – перевозки на дальние расстояния.



Рисунок 1 – Сорт томата Хорс
Figure 1 – Tomato variety *Horse*

В ходе проведения научной селекционной работы по комплексу признаков, в том числе высоким урожайным качествам и дружном созреванию плодов, выделилась линия томата СЛ-8/21, характеризующаяся обыкновенным типом растения высотой 0,65-0,75 м, крупным прочным плодом округлой формы, ярко-красной окраски массой 200-220 г, без зеленого пятна у основания и сочленением плодоножки. Средняя урожайность за три года высокая – 62,08 т/га, товарность 95,69%. В 2022 году по этой выделившейся по ряду ценных признаков линии томата подготовили и передали в Госкомиссию по испытанию и охране селекционных достижений РФ пакет документов на проведение сортоиспытания. Назвали сорт Красный налив (рисунок 2). Плоды этого сорта можно использовать на салатные цели, переработку на томатопродукты, а бурые и свежесозревшие плоды для транспортировки в промышленные центры страны.



Рисунок 2 – Сорт томата Красный налив

Figure 2 – Tomato variety *Krasny Naliv*

Хозяйственный интерес представляет селекционная линия СЛ-70/21 (рисунок 3), которая имеет выровненной округлой формы с носиком плоды красной окраски, средней массой 70-80 г. Растения обыкновенного типа, высотой 0,80 м. Средняя урожайность за три года – 41,27 т/га, товарность – 92,85 %.



Рисунок 3 – Селекционная линия СЛ-70/21

Figure 3 – Breeding line SL-70/21

Плоды этого образца можно рекомендовать для использования как на салатные цели, так и для переработки на томатопродукты и цельноплодного консервирования. Селекционный образец является перспективным материалом и планируется для передачи в последующие годы в Госкомиссию РФ на сортоиспытание (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика хозяйственно-биологических признаков образцов конкурсного питомника томата (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 1 – Characteristics of the economic and biological characteristics of the samples of the competitive tomato nursery (average for 2020-2022)

Название образца	Количество суток от массовых всходов до начала созревания	Общая урожайность, т/га	Стандартная урожайность, т/га	Товарность, %	Средняя масса плода, г
СЛ – 70/21	112	41,27	38,32	92,85	72
СЛ – 8/21, Красный налив	110	62,08	59,41	95,69	221
Хорс	120	68,21	757,68	96,77	162
СЛ – 14/19	118	59,04	571,45	91,50	157
СЛ – 47/18	103	53,84	578,35	95,09	164
СЛ – 65/ 19 Гигант полосатый	122	44, 07	423,29	95,40	232
Астраханский (стандарт)	105	61,03	57,34	93,95	156
НСР ₀₅	-	1,9	-	-	6,5

Кроме внешних ценных признаков важным свойством является содержание биохимических веществ в плодах томата, количество которых определяет их вкусовые качества. В представленных изучаемых образцах самые высокие показатели сухого вещества были у стандартного сорта Астраханский; по сумме сахаров значительное превосходство имел образец СЛ–70/ 21. Прочностью кожицы выделился сорт Красный налив (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание биохимических веществ и прочностные свойства плодов перспективных образцов томата (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 2 – Content of biochemical substances and strength properties of fruits of promising tomato samples (average for 2020-2022)

Название образца	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Прочность кожи- цы плодов, кг / см ²
	на сырую массу		
СЛ – 70/ 21	7,20	9,57	2,771
СЛ – 8/21 Красный налив	8,25	6,40	3,812
Хорс	8,24	6,20	3,376
СЛ – 14/19	8,11	7,60	3,164
СЛ – 47/18	7,38	6,20	3,433
СЛ – 65/ 19 Гигант полосатый	7,45	5,60	1,970
Астраханский (стандарт)	9,04	6,80	2,323

Как видно из представленных результатов комплексной оценки томата в условиях открытого грунта, изучаемые селекционные сортообразцы несут ценные признаки, в том числе высокой продуктивности и качества плодов, различных сроков созревания, формы, размера, окраски и являются перспективным материалом для импортозамещения селекционно-семенного продукта.

Заключение. Изучаемые селекционные образцы томата салатной группы и созданные на их основе сорта представляют практический интерес для производителей и потребителей сельскохозяйственной продукции, а также работников консервной промышленности. Сорт то-

мата Хорс, внесенный с 2023 года в Госреестр селекционных достижений РФ, отличается высокой урожайностью, товарностью крупных, прочных плодов красивой желтой окраски и дружным созреванием. Новый сорт Красный налив, переданный в госсортиспытание на 2023 год, имеет крупные красные плоды массой 200-220г с прочной кожицей, а селекционная линия СЛ – 70/21 с плодами массой 70 – 80г красивой выровненной округлой с носиком формы высоким содержанием сахара. Плоды всех выделившихся сортов и линий пригодны для различных направлений использования: в качестве салатов, переработки на томатопродукты и консервирования. Использование этих сортов и линий в крестьянско-фермерских и личных подсобных хозяйствах расширит ассортимент сортов томата и будет способствовать продовольственной независимости государства.

Conclusions. The studied selection samples of the lettuce tomato group and the varieties created on their basis are of practical interest to producers and consumers of agricultural products, as well as workers in the canning industry. The Khors tomato variety, which has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2023, is distinguished by high yields, marketability of large, durable fruits of beautiful yellow color and friendly ripening. The new variety Krasny Naliv, transferred to the state variety test for 2023, has large red fruits weighing 200-220g with a strong skin, and the breeding line SL – 70/21 with fruits weighing 70-80g of a beautiful, leveled, round shape with a spout, high in sugar. The fruits of all selected varieties and lines are suitable for various uses: as salads, processing into tomato products and canning. The use of these varieties and lines in peasant farms and personal subsidiary farms will expand the range of tomato varieties and will contribute to the food independence of the state.

Библиографический список

1. Батыров В. А., Гарьянова Е. Д., Киселева Г. Н. Подбор сортов томата для механизированной уборки в условиях Прикаспийской низменности // Вестник КрасГАУ. 2020. № 7. С. 26–30.
2. Гарьянова Е. Д., Байрамбеков Ш. Б., Кипаева Е. Г. Урожайность и качество отечественных сортов томата // Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: сб. науч. тр. Астрахань, 2018. С. 52–55.
3. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Брендовые астраханские сорта томата // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 2 (42). С. 93-97.
4. Кигашпаева О. П., Гулин А. В. Перспективные салатные сорта томата для Юга России // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 101-110.
5. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 2015. 61 с.
7. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с.
8. Ушачев И. Г., Маслова В. В., Чекалин В. С. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.
9. Элементы технологии возделывания овощных культур (томат, огурец, перец) в Астраханской области: монография / Ш. Б. Байрамбеков, В. Н. Бочаров, Г. Ф. Соколова [и др.]. Астрахань, 2017. 52 с.
10. Mikaelyan H. A., Harutyunyan S. S. The comparative effectiveness of the application of mineral fertilizers and microbiological azoto-phosphate Barvar concentrate at vegetation experiment of tomato // Bulletin of national Agrarian university of Armenia. 2018. V. 21. Pp. 5-8.
11. Role of the tomato Non-ripening mutation in regulating fruit quality elucidated using iTRAQ protein profile analysis / X. Y. Yuan [et al.] // PLoS ONE. 2016. Vol. 11 (10).

References

1. Batyrov V. A., Garyanova E. D., Kiseleva G. N. Selection of tomato varieties for mechanized harvesting in the Caspian lowland // Bulletin of KrasGAU. 2020. № 7. Pp. 26-30.
2. Garyanova E. D., Bayrambekov S. B., Kipaeva E. G. Yield and quality of domestic tomato varieties // Modern technologies for cultivating crops: sat. scientific. tr. Astrakhan, 2018. Pp. 52-55.

3. Kigashpaeva O. P., Avdeev A. Yu. Branded Astrakhan tomato varieties // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2020. № 2 (42). Pp. 93-97.
4. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V. Promising salad varieties of tomato for the South of Russia // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex. 2022. № 2 (66). Pp. 101-110.
5. Litvinov S. S. Field experience methodology in vegetable growing. M., 2011. 649 p.
6. Method of State Crop Variety Testing. Moscow, 2015. 61 p.
7. Selection, seed production and varietal agricultural equipment of vegetable, melons and flower crops. M., 2016. 344 p.
8. Ushachev I. G., Maslova V. V., Chekalin V. S. Import substitution and ensuring food security in Russia // Vegetables of Russia. 2019. № 2. Pp. 3-8.
9. Elements of the technology of cultivation of vegetable crops (tomato, cucumber, pepper) in the Astrakhan region: monograph/Sh. B. Bayrambekov, V. N. Bocharov, G. F. Sokolova [and others]. Astrakhan, 2017. 52 p.
10. Mikaelyan H. A., Harutyunyan S. S. The comparative effectiveness of the application of mineral fertilizers and microbiological azoto-phosphate Barvar concentrate at vegetation experiment of tomato // Bulletin of national Agrarian university of Armenia. 2018. V. 21. Pp. 5-8.
11. Role of the tomato Non-ripening mutation in regulating fruit quality elucidated using iTRAQ protein profile analysis / X. Y. Yuan [et al.] // PLoS ONE. 2016. Vol. 11 (10).

Информация об авторах

Кигашпаева Ольга Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом селекции и семеноводства, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341 г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Authors Information

Kigashpaeva Olga Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Breeding and Seed Production of All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences» (416341 Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID0000-0003-4578-6177, e-mail: vniiob@mail.ru

Gulin Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director of the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences» (416341 Kamyzyak, Lubicha str., 16), ORCID0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-11

INFLUENCE OF DIFFERENT SOWING TIMES ON THE PRODUCTIVITY OF FLOW-FREE ALFALFA UNDER THE CONDITIONS OF LIGHT-CHESTNUT SOILS OF THE ASTRAKHAN REGION

N. I. Kudryashova, G. K. Bulakhtina

Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

Astrakhan region, Chernoyarsky district, village of Saline Zaymishche, Russian Federation

Corresponding author E-mail: stone79.79@list.ru

Received 13.05.2023

Submitted 14.08.2023

Summary

The article presents the results of studying the influence of various periods of alfalfa sowing in rainfed conditions on the yield of green mass. The results of the research showed that the late autumn sowing period is more productive than the spring one, the excess in the second year of life averaged 8.4 t/ha for variety samples; the maximum yield in the variant with late autumn sowing was recorded in variable alfalfa Rostovskaya 60 (standard) and amounted to 46.0 t/ha.

Abstract

Introduction. In the Astrakhan region, for a long time, natural pastures were the main source of succulent fodder. Today, due to climate change (more frequent droughts, winters with little snow, low rainfall), as well as uncontrolled, year-round, exceeding all allowable norms for the load per hectare, farm animals, natural pastures are under threat of extinction. Overseeding of perennial leguminous grasses, which are of great agroecological and agrotechnical importance, as well as provide animals with high-protein vegetable feed, can solve this problem. Due to the arid climate, alfalfa for hay in the region is cultivated mainly on irrigation. But this method is not suitable for pasture restoration. Therefore, the development of new improved agricultural practices for the cultivation of alfalfa in rainfed conditions is timely and relevant. The purpose of our research was to determine the optimal timing of sowing alfalfa under rainfed conditions on light chestnut soils of the Astrakhan region. **Materials and methods.** The task was solved by setting up a field experiment in 2020 ... 2022 according to the method of Dospekhov B.A. (1985), VIR guidelines (1985) and practical recommendations of the All-Russian Research Institute of Feeds (1999) in the fields of the Federal State Budget Scientific Institution "PAFNTs RAS", located in the north of the Astrakhan region. **Object.** The object of the study was alfalfa varieties from the collection of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov. The subject of the study was different timing of sowing alfalfa. **Results and conclusions.** The agro-climatic resources of the Astrakhan region make it possible to grow alfalfa on dry land; the late autumn sowing period is more productive than in the spring, the excess in the second year of life averaged 8.4 t/ha for variety samples; the maximum yield in the variant with a late autumn sowing period was recorded for alfalfa variety Rostovskaya 60 (standard) and amounted to 46.0 t/ha; in the experimental variants with the spring sowing period, 5 samples significantly exceeded the standard in terms of green mass yield, the maximum yield was in the King alfalfa variety – 22.7 t/ha.

Key words: alfalfa, sowing dates, variable alfalfa, yield of green mass.

Citation. Kudryashova N. I., Bulakhtina G. K. Influence of different sowing times on the productivity of flow-free alfalfa under the conditions of light-chestnut soils of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 112-120 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-11.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.2.031

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРОКОВ ПОСЕВА НА УРОЖАЙНОСТЬ БОГАРНОЙ ЛЮЦЕРНЫ В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»
Астраханская обл., Черныйярский район, село Солёное Займище, Российская Федерация

Актуальность. В Астраханской области долгое время основным источником сочных кормов являлись естественные пастбища. На сегодняшний день из-за изменений климата (участившихся засух, малоснежных зим, малого количества осадков), а также неконтролируемого, круглогодичного, превышающего все допустимые нормы по нагрузке на гектар выпаса сельскохозяйственных животных естественные пастбища оказались под угрозой исчезновения. Подсев многолетних бобовых трав, которые имеют большое агроэкологическое и агротехническое значение, а также обеспечивают животных высокобелковым растительным кормом, может решить эту проблему. Из-за засушливого климата люцерну на сено в регионе возделывают в основном на орошении. Но для восстановления пастбищ этот метод не подходит. Поэтому разработка новых улучшенных агроприемов возделывания люцерны в богарных условиях является своевременной и актуальной. Целью наших исследований было определение оптимальных сро-

ков посева люцерны в богарных условиях на светло-каштановых почвах Астраханской области. **Материалы и методы.** Поставленная задача решалась путем постановки в 2020...2022 гг. полевого опыта по методике Б. А. Доспехова (1985), методическим указаниям ВИР (1985) и практическим рекомендациям ВНИИ кормов (1999) на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенных на севере Астраханской области. Объектом исследования являлись сортообразцы люцерны из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Предметом изучения являлись различные сроки посева люцерны. **Выводы.** Агроклиматические ресурсы Астраханской области позволяют выращивать люцерну на богаре; позднеосенний срок посева более урожайный по сравнению с весенним, превышение на втором году жизни составило в среднем по сортообразцам, 8,4 т/га; максимальная урожайность на варианте с позднеосенним сроком посева была зафиксирована у люцерны изменчивой Ростовская 60 (стандарт) и составила 46,0 т/га; на вариантах опыта с весенним сроком посева 5 образцов существенно превысили стандарт по урожайности зеленой массы, максимальная урожайность была у сортообразца люцерны посевной King – 22,7 т/га.

Ключевые слова: люцерна посевная, сроки посева люцерны, люцерна изменчивая, урожайность зеленой массы люцерны.

Цитирование. Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К. Влияние различных сроков посева на урожайность богарной люцерны в условиях светло-каштановых почв Астраханской области. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 112-120. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-11.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Низкая продуктивность и неустойчивость производства продукции растениеводства и животноводства, дефицит белка в кормах для животных, затратность и неконкурентоспособность производства молока и говядины, деградация сельскохозяйственных земель, в том числе пашни, кормовых угодий (эрозия, потеря гумуса) являются хроническими проблемами сельского хозяйства России. Низкая эффективность кормопроизводства, недостаток высокопитательных растительных кормов приводит к тому, что генетически обусловленный потенциал продуктивности животных используется только на 45...50%. На юге России природные кормовые угодья, в первую очередь пастбища, являются основным источником дешевых зеленых кормов для овец, мясного скота, лошадей и верблюдов [1, 2, 10, 11].

Количество природных сенокосов в полупустынных и пустынных регионах крайне ограничено. Возделывание кормовых трав было и остается гарантом устойчивости развития животноводства. Многолетние травы занимают в валовом производстве кормов значительное место – на их долю приходится в среднем по России 50 % от всего объема заготавливаемых кормов. Основными направлениями развития кормопроизводства в свете решения Национального проекта «Развитие АПК», предусматривается увеличение площадей многолетних трав до 20...21 млн.га. Наиболее слабым местом в полевом травосеянии является несовершенство структуры посевных площадей. Бобовые травы из общей площади трав занимают лишь 35...40%, что не обеспечивает получение животноводами кормов с высокой протеиновой питательностью и улучшение почвенного плодородия [3, 12, 13, 14].

В последнее время перед аграриями стоит задача по увеличению производства продукции растениеводства и животноводства. Увеличение продукции животноводства невозможно без увеличения поголовья сельскохозяйственных животных и, соответственно, увеличения количества кормов. В Астраханской области долгое время основным источником сочных кормов являлись естественные пастбища. На сегодняшний день, из-за изменений климата (участившихся засух, малоснежных зим, малого количе-

ства осадков), а также неконтролируемого, круглогодичного, превышающего все допустимые нормы по нагрузке на гектар сельскохозяйственных животных, естественные пастбища оказались под угрозой исчезновения. Подсев многолетних бобовых трав, которые имеют большое агроэкологическое и агротехническое значение, а также обеспечивают животных высокобелковым растительным кормом, может решить эту проблему. Различными исследователями было доказано, что на урожайность люцерны влияют различные агроприемы возделывания: обработка почвы, обеспеченность минеральными элементами, климатические условия, способы и сроки посева и особенности сорта [8, 9, 11]. Из-за засушливого климата, люцерну на сено в регионе возделывают в основном на орошении. Но для восстановления пастбищ этот метод не подходит. Поэтому разработка новых улучшенных агроприемов возделывания люцерны в богарных условиях является своевременной и актуальной [4-7].

Целью наших исследований было влияние сроков посева люцерны на ее продуктивность при выращивании на богаре в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели в Прикаспийском аграрном федеральном научном центре был заложен многолетний полевой опыт (2020...2022 гг.). В двухфакторном полевом опыте изучалось влияние различных сроков посева на продуктивность 13 сортообразцов люцерны из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Повторность опыта трехкратная. Общая площадь под опытом – 390 м². Под каждым вариантом опыта занято 15 м².

Опыт закладывали по методу расщепленных делянок:

фактор А, сроки посева:

- позднеосенний посев – 23.11.2020;
- весенний посев – 01.04.2021.

фактор В, сортообразцы:

- Люцерна изменчивая 48035, Ростовская обл. Ростовская 60 – стандарт;
- Люцерна посевная 3177, США. King;
- Люцерна изменчивая 45860, Омская обл. Флора 4;
- Люцерна посевная 47806, США. Ladak 65;
- Люцерна посевная 48620, Омская обл. Флора 5;
- Люцерна посевная 37611, Казахстан. Кокше;
- Люцерна посевная 6344, Казахстан. Местная;
- Люцерна изменчивая 29573, Казахстан. Тибетская;
- Люцерна изменчивая 28902, р. Хакассия. Хакасская;
- Люцерна посевная 38272, Узбекистан. Каракалпакская 15;
- Люцерна изменчивая 29661, Омская обл. Флора;
- Люцерна посевная 6254, Казахстан. Местная;
- Люцерна изменчивая 31790, Читинская обл. Забайкалка.

Объектом исследования являлись сортообразцы люцерны из коллекции Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР).

Предметом изучения являлись различные сроки посева люцерны.

Люцерну выращивали по общепринятой технологии, согласно Методическим указаниям ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 2014. За 2021 сельскохозяйственный год выпало 308,7 мм осадков, за 2022 – 281,8 мм.

Результаты и обсуждения.

Для определения продуктивности люцерны в 2021 и 2022 году было проведено по одному укосу в фазу бутонизации растений. После укосов, в условиях богары, дальнейшие посевы были пригодны только для выпаса животных.

Сроки посева не оказали существенного влияния на наступление фенологических фаз. Поэтому укосы на обоих вариантах сроков посева проводились в одно и то же время. В 2021 году, в первый год жизни трав, укос проводился 24 июня, в 2022 году, во второй год жизни трав, укос проводили 3 июня.

В таблице 1 представлены данные по урожайности зеленой массы люцерны в 2021 году по вариантам опыта.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы сортообразцов богарной люцерны, т/га, ФГБНУ «ПАФНЦРАН», 2021 г.

Table 1 – Green mass yield of rainfed alfalfa varieties, t/ha, 2021

Название вида, № по каталогу, страна, сорт	Поздне осенний посев	Весенний посев
Люцерна изменчивая 48035, Ростовская бол. Ростовская 60 – ст.	3,8	1,9
Люцерна посевная 3177, США.	1,5	2,3
Люцерна изменчивая 45860, Омская обл. Флора 4	3,4	1,3
Люцерна посевная 47806, США. Ladak 65	3,1	1,5
Люцерна посевная 48620, Омская обл. Флора 5	5,1	1,8
Люцерна посевная 37611, Казахстан. Кокше	3,4	1,3
Люцерна посевная 6344, Казахстан. Местная	3,4	1,8
Люцерна изменчивая 29573, Казахстан. Тибетская	2,7	2,2
Люцерна изменчивая 28902, р. Хакассия. Хакасская	2,1	1,7
Люцерна посевная 38272, Узбекистан. Каракалпакская 15	2,6	2,5
Люцерна изменчивая 29661, Омская обл. Флора	4,0	1,4
Люцерна посевная 6254, Казахстан. Местная	4,5	1,9
Люцерна изменчивая 31790, Читинская обл. Забайкалка	2,3	2,0
НСР ₀₅	0,37	
НСР _A	0,05	
НСР _B	0,26	
НСР _{AB}	0,13	

Анализ данных таблицы 1 показывает, что в 2021 году, в первый год жизни трав, урожайность сортообразцов люцерны позднеосеннего срока посева варьировала от 1,5 т/га у люцерны посевной King до 5,1 т/га у люцерны посевной Флора 5 и составила в среднем 3,2 т/га. Продуктивность зеленой массы у стандарта, люцерны изменчивой Ростовская 60 составила 3,8 т/га. У трех сортообразцов продуктивность была выше стандарта – у люцерны посевной Флора 5 (5,1 т/га), Местной из Казахстана, № по каталогу ВИР 6254 (4,5 т/га) и люцерны изменчивой Флора (4,0 т/га), но у последнего сортообразца это превышение не было достоверным (разница меньше НСР).

Продуктивность зеленой массы сортообразцов с весенним сроком посева, была ниже, чем у образцов посеянных поздно осенью и в среднем составила 1,8 т/га. Минимальная продуктивность – 1,3 т/га была отмечена у люцерны изменчивой Флора 4 и люцерны посевной Кокше. У трех сортообразцов продуктивность зеленой массы была достоверно выше, чем у стандарта – у люцерны посевной Каракалпакская 15 (2,5 т/га), King (2,3 т/га) и у люцерны изменчивой Тибетская (2,2 т/га).

Сравнение урожайности зеленой массы по срокам посева показало, что урожайность образцов позднеосеннего срока посева в среднем на 1,6 т/га выше, чем урожайность образцов весеннего срока посева. Исключение составил образец люцерны посевной King из США, урожайность зеленой массы которого на весеннем сроке посева была на 0,8 т/га выше, по сравнению с позднеосенним сроком посева. У остальных образцов было отмечено достоверное превышение урожайности зеленой массы на вариантах опыта с позднеосенним сроком посева.

В таблице 2 представлены данные по урожайности зеленой массы люцерны второго года жизни по вариантам опыта.

В 2022 году продуктивность люцерны позднего срока посева выросла в среднем на 22,1 т/га, весеннего срока посева на 15,1 т/га по сравнению с 2021 годом. Так же, как и в 2021 году, в 2022 году урожайность зеленой массы люцерны на вариантах опыта с поздним сроком посева была выше, чем на вариантах с весенним посевом. В среднем по сортам превышение составило 8,4 т/га. Так же в 2022 году, единственным сортом, у которого урожайность зеленой массы на весеннем сроке посева была выше, чем на позднем оказался сорт King из США, разница которого составила 0,2 т/га.

На вариантах опыта с подзимним посевом, ни один из сортов не превысил стандарт по урожайности зеленой массы. Урожайность стандарта (люцерна изменчивая Ростовская 60) составила 46,0 т/га, наиболее близки к нему были сорта люцерны изменчивой Тибетская и люцерны посевной Флора 5 – 40,4 и 34,6 т/га, соответственно. Минимальная урожайность отмечена у сорта люцерны изменчивой из Омской области Флора – 12,9 т/га.

Таблица 2 – Урожайность зеленой массы сортов люцерны, т/га,
ФГБНУ «ПАФНИЦРАН», 2022 г.

Table 2 – Green mass yield of rainfed alfalfa varieties, t/ha, 2022

Название вида, № по каталогу, страна, сорт	Поздний посев	Весенний посев
Люцерна изменчивая 48035, Ростовская бол. Ростовская 60 – ст.	46,0	16,1
Люцерна посевная 3177, США. King	22,5	22,7
Люцерна изменчивая 45860, Омская обл. Флора 4	20,1	18,6
Люцерна посевная 47806, США. Ladak 65	15,9	12,6
Люцерна посевная 48620, Омская обл. Флора 5	34,6	14,3
Люцерна посевная 37611, Казахстан. Кокше	22,5	15,9
Люцерна посевная 6344, Казахстан. Местная	17,7	13,8
Люцерна изменчивая 29573, Казахстан. Тибетская	40,4	22,1
Люцерна изменчивая 28902, р. Хакасия. Хакасская	28,1	18,0
Люцерна посевная 38272, Узбекистан. Каракалпакская 15	26,0	16,0
Люцерна изменчивая 29661, Омская обл. Флора	12,9	16,4
Люцерна посевная 6254, Казахстан. Местная	17,9	14,3
Люцерна изменчивая 31790, Читинская обл. Забайкалка	23,7	19,3
НСР ₀₅	0,62	
НСР _A	0,18	
НСР _B	0,44	
НСР _{AB}	0,22	

На вариантах опыта с весенним посевом у 6 сортов урожайность была выше стандарта. У 5 сортов люцерны изменчивой: Флора 4 (18,6 т/га), Тибетская (22,1 т/га), Хакасская (18,0 т/га), Флора (16,4 т/га) и Забайкалка (19,3 т/га) и у сорта люцерны посевной King (22,7 т/га). Существенно превысили стандарт 5 сортов, у сорта Флора из Омской области превышение было ниже НСР.

Выводы. Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- агроклиматические ресурсы Астраханской области позволяют выращивать люцерну на богаре;
- поздний срок посева более урожайный, по сравнению с весенним, превышение на втором году жизни составило в среднем по сортам 8,4 т/га;

- максимальная урожайность на варианте с позднеосенним сроком посева была зафиксирована у люцерны изменчивой Ростовская 60 (стандарт) и составила 46,0 т/га;

- на вариантах опыта с весенним сроком посева 5 образцов существенно превысили стандарт по урожайности зеленой массы, максимальная урожайность была у сортообразца люцерны посевной King – 22,7 т/га;

Так как совершенствование агротехнических приемов возделывания люцерны на богаре является актуальным, то изучение их влияния на урожайность различных видов и сортов люцерны будет в дальнейшем продолжено.

Conclusions. Analysis of the data obtained allows us to draw the following conclusions:

- agro-climatic resources of the Astrakhan region allow growing alfalfa on dry land;

- the late autumn sowing period is more productive than in the spring, the excess in the second year of life averaged 8.4 t/ha for variety samples;

- the maximum yield in the variant with a late autumn sowing period was recorded for alfalfa variable Rostovskaya 60 (standard) and amounted to 46.0 t/ha;

- in the experimental variants with the spring sowing period, 5 samples significantly exceeded the standard in terms of green mass yield, the maximum yield was in the variety sample of alfalfa King – 22.7 t/ha;

Since the improvement of agrotechnical methods of alfalfa cultivation on rainfed land is relevant, the study of their influence on the yield of various types and varieties of alfalfa will be continued in the future.

Библиографический список

1. Дедов А. А., Дедов А. В. Технология возделывания люцерны синей на кормовые цели // Кормопроизводство. 2016. № 12. С. 24-27.
2. Достижения, приоритетные направления и задачи селекции и семеноводства кормовых культур / З. Ш. Шамсутдинов, Ю. М. Писковацкий, М. Ю. Новосёлов [и др.] // Кормопроизводство. 2016. № 8. С. 29-33.
3. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 63-71.
4. Меремьянина И. А. Кенийз В.В. Оценка сложно гибридных популяций люцерны // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 12. С. 43-46.
5. Мисюряев В. Ю., Гузенко Е. Ю., Джафаров В. В. Способы основной обработки почвы при выращивании люцерны в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 90-96.
6. Приемы повышения семенной продуктивности люцерны / Ш. М. Абасов, М. Ш. Гаплаев, М. Ш. Абасов, Р. Х. Мулигова // Земледелие. 2021. № 7. С. 40-43.
7. Результаты изучения коллекции многолетних кормовых культур в «Белогорке» / Н. Ю. Малышева, Т. В. Дюбенко, Т. Б. Нагиев, Н. В. Ковалева, А. Л. Малышев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 4 (97). С. 126-131.
8. Спиридонов А. М., Мазин А. М. Продуктивность сортов люцерны изменчивой и синей в условиях северо-запада России // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (60). С. 16-22.
9. Харалгина О. С. Урожайность зеленой массы и продуктивность люцерны изменчивой в северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 12. С. 110-115.
10. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль бобовых трав в изменении гумусированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 125-132.
11. Aponte A., Samarappuli D., Berti M. T. Alfalfa–Grass Mixtures in Comparison to Grass and Alfalfa Monocultures // Agronomy Journal. 2019. V. 111. Pp. 628-638.
12. Crop yields and supply of nitrogen compared in conventional and organic systems / M. Alaru [et al.] // Agricultural & Food Science. 2014. № 23. Pp. 317–326.

13. Impacts of organic soil amendments on forage grass production under different soil conditions / T. Persson [et al.] // *Agricultural and food science*. 2020. № 29. Pp. 482–493.

14. Performance of alfalfa sainfoin mixed pastures and grazing steers in western Canada / E. Sottie [et al.] // *The Professional Animal Scientist*. 2017. v.33. №4. Pp. 472-482.

References

1. Dedov A. A., Dedov A. V. Technology of cultivating alfalfa blue for fodder purposes // *Feed production*. 2016. № 12. Pp. 24-27.

2. Achievements, priority areas and tasks of selection and seed production of feed crops / Z. Sh. Shamsutdinov, Yu. M. Piskovatsky, M. Yu. Novosyolov [et al.] // *Feed production*. 2016. № 8. Pp. 29-33.

3. Dronova T. N., Burtseva N. I. On the role of perennial herbs in preserving soil fertility // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2016. № 2 (42). Pp. 63-71.

4. Meremyanina I. A., Kenyiz V. V. Assessment of complex hybrid alfalfa populations // *Achievements in the science and technology of the agro-industrial complex*. 2015. V. 29. № 12. P. 43-46.

5. Misyuryaev V. Yu., Guzenko E. Yu., Dzhabarov V. V. Methods of basic tillage when growing alfalfa in the Volga-Don interfluvium // *Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2022. № 3 (67). Pp. 90-96.

6. Techniques for increasing the seed productivity of alfalfa / Sh. M. Abasov, M. Sh. Gaplaev, M. Sh. Abasov, R. Kh. Muligov // *Agriculture*. 2021. № 7. Pp. 40-43.

7. The results of studying the collection of perennial feed crops in Belogorka / N. Yu. Malysheva, T. V. Dyubenko, T. B. Nagiyev, N. V. Kovaleva, A. L. Malyshev // *Technologies and technical means of mechanized production of crop production and animal husbandry*. 2018. № 4 (97). Pp. 126-131.

8. Spiridonov A. M., Mazin A. M. The productivity of alfalfa varieties is variable and blue in the conditions of northwestern Russia // *Izvestia of St. Petersburg State Agrarian University*. 2020. № 3 (60). Pp. 16-22.

9. Kharalgina O. S. Green mass yield and alfalfa productivity variable in the northern forest-steppe of the Tyumen region // *Bulletin of KrasGAU*. 2021. № 12. Pp. 110-115.

10. Shramko N. V., Vikhoreva G. V. The role of legumes in changing the humusness of sod-podzolic soils in the Upper Volga region // *Leguminous and cereal crops*. 2016. № 3 (19). P. 125-132.

11. Aponte A., Samarappuli D., Berti M. T. Alfalfa–Grass Mixtures in Comparison to Grass and Alfalfa Monocultures // *Agronomy Journal*. 2019. V. 111. Pp. 628-638.

12. Crop yields and supply of nitrogen compared in conventional and organic systems / M. Alaru [et al.] // *Agricultural & Food Science*. 2014. № 23. Pp. 317–326.

13. Impacts of organic soil amendments on forage grass production under different soil conditions / T. Persson [et al.] // *Agricultural and food science*. 2020. № 29. Pp. 482–493.

14. Performance of alfalfa sainfoin mixed pastures and grazing steers in western Canada / E. Sottie [et al.] // *The Professional Animal Scientist*. 2017. v.33. №4. Pp. 472-482.

Информация об авторах

Кудряшова Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией лугопастбищных, аридных и пойменных экосистем отдела рационального природопользования, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), тел. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN-код 2816-8178, e-mail: stone79.79@list.ru

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом рационального природопользования, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, д. 8), тел. 89275532822, ORCID-0000-0001-8949-8666; SPIN-код 4070-8492, e-mail: gbulah@mail.ru

Authors Information

Kudryashova Natalia Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Grassland, Arid and Floodplain Ecosystems of the Department of Rational Nature Management, FSBSI «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (RF, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Saline Zaymishche village, Severny block, 8), tel. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN code 2816-8178, e-mail: stone79.79@list.ru

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Rational Nature Management, FSBSI «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (RF, 416251, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Saline Zaymishche village, Severny block, 8), tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492, e-mail: gbulah@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-12

THE FEATURES OF SNOW DEPOSITION IN THE CONTOUR RUNOFF-REGULATING FOREST BELTS SYSTEM

A. V. Kulik

*Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Science»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kulik-a@vfanc.ru

Received 03.07.2023

Submitted 20.08.2023

*This work was performed within the framework of state assignment no. FNFE-2022-0012
Theoretical Foundations of the Erosion-Hydrological Process in Catchment Basins, Conceptual
Directions, Ways and Principles for Creating Efficient Ecological-Friendly Control Systems of
This Process for Complete Prevention of Soil Erosion*

Summary

Improvement of ameliorative efficiency of systems of runoff-regulating forest belts on degraded slopes is based on regulation of snow accumulation in agro-forest landscapes through optimization of forest afforestation designs.

Abstract

Introduction. In areas of exposed to soil erosion with a strongly developed ravine network to ensure the stability of slope agrocenoses it is recommended to create a system of protective forest belts, reinforced along the lower edge by hydraulic structures. The main volume of runoff into river systems is spring melt water. It can be regulated through snow deposition control along the slope profile and its retention in forest belts for accumulation of additional water supply in arid steppe conditions.

The object of the study was a system of contour runoff-regulating forest-strips located on a slope of steepness 1-7o near Kletskaya village, Kletsky district, Volgograd region. The system under study consisted of four paired forest belts reinforced with erosion control mounds along the entire length. The species composition of plantations is represented by *Robinia pseudoacacia*, *Acer negundo*, *Ulmus pumila*, *Ribes aureum*. **Materials and methods.** The efficiency of the forest belt system in snow accumulation within the agroforest landscape was established on the basis of statistical processing of meteorological information in XLstat, calculation of the total range of wind-break influence of forest belts, field snow measurement observations and processing of the obtained data. **Results and conclusions.** Weather conditions during the study periods differed, especially in the amount of precipitation, which affected the amount and nature of snow deposition in the forest belt system. The determining influence on snow distribution on the slope surface was the direction of snow transported winds. The territory is characterized by active snow transfer. The location of the forest belt system relative to the prevailing snowstorms is quite optimal (up to 73.3%). In each of the zones of influence of forest belts (field, upper plume, first paired forest belt, mound, second paired forest belt, lower plume) the character of snow accumulation was different. The results obtained allowed us to evaluate the snow-protective function of the considered system of forest stands and to identify the shortcomings of the plantation design. The erosion control berm had a direct impact on snow redistribution.

Key words: contour runoff-regulating forest belts, snowstorms, total wind-break range of influence of forest belts, snow reserves, snow height.

Citation. Kulik A. V. (2023). The features of snow deposition in the contour runoff-regulating forest belts system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 120-132 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-12.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630*915

ОСОБЕННОСТИ СНЕГООТЛОЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОНТУРНЫХ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ ЛЕСОПОЛОС

А. В. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация*

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № FNFE-2022-0012 Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв

Актуальность. В районах, подверженных эрозии почв, с сильно развитой овражно-балочной сетью для обеспечения устойчивости склоновых агроценозов рекомендуют создавать системы защитных лесных полос, усиленных по нижней опушке гидротехническими сооружениями. Основной объем стока в речные системы приходится на весенние талые воды. Регулирование его возможно через управление снегоотложения по профилю склона и задержание его в лесополосах для накопления дополнительного влагопитания в засушливых условиях степи. **Объектом** исследования являлась система контурных стокорегулирующих лесополос, расположенная на склоне крутизной 1-7° близ ст. Клетской Клетского района Волгоградской области. Изучаемая система состояла из четырех парных лесополос, укрепленных на всем протяжении противоэрозионными валами. Породный состав насаждений представлен *Robinia pseudoacacia*, *Acer negundo*, *Ulmus pumila*, *Ribes aureum*. **Материалы и методы.** Эффективность системы лесополос в аккумуляции снега в пределах агролесоландшафта устанавливалась на основе статистической обработки метеорологической информации в XLstat, расчета суммарной дальности ветроломного влияния лесополос, полевых снегомерных наблюдений и обработке полученных данных. **Результаты и выводы.** Погодные условия в периоды исследований отличались, особенно по количеству осадков, что отразилось на величине и характере снегоотложения в системе лесополос. Определяющее влияние на снегораспределение по поверхности склона имело направление снегопереносимых ветров. Для территории характерен активный снегоперенос. Расположение системы лесополос относительно преобладающих метелей достаточно оптимально (до 73,3%). В каждой из зон влияния лесных полос (поле, верхний шлейф, первая парная лесополоса, вал, вторая парная лесополоса, нижний шлейф) характер аккумуляции снега был различен. Полученные результаты позволили оценить снегозащитную функцию рассматриваемой системы лесополос, выявить недостатки конструкции насаждений. Противоэрозионный вал оказал непосредственное влияние на перераспределение снега.

Ключевые слова: контурные стокорегулирующие лесополосы, регулирование стоков, ветроломная дальность влияния лесополос, снегозапасы, высота снега.

Цитирование. Кулик А. В. Особенности снегоотложения в системе контурных стокорегулирующих лесополос. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 120-132. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-12.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении опытов и анализе полученных результатов. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Лесомелиорация водосборов с помощью инженерно-биологических систем, составными элементами которых являются защитные лесные насаждения различных видов, противозрозионные гидротехнические сооружения, почвозащитные агротехнические приемы и технологии возделывания сельхозкультур, обеспечивает не только создание лесоаграрных ландшафтов устойчивых к воздействию внешних факторов, но и способствует повышению продуктивности агроценозов [9]. Эффективность применяемых мероприятий, направленных на снижение последствий от развития процессов эрозии и дефляции, будет повышаться только при условии их применения на всем водосборе. Создание целостной системы агролесомелиоративного обустройства, особенно склоновых земель, будет обеспечивать экологически сбалансированное аграрное природопользование [7]. Стокорегулирующие лесополосы, усиленные по нижним опушкам противозрозионными сооружениями, должны составлять основу экологического каркаса таких территорий.

Основными причинами развития эрозионных процессов (формирования смыва и размыва) в районах с развитой овражно-балочной сетью является незарегулированный поверхностный сток как талых, так и ливневых вод. Его задержание способствует созданию на склоновых землях систем стокорегулирующих лесополос, усиленных противозрозионными валами. Лесополосы обеспечат равномерное снегораспределение вдоль склона, снижение глубины промерзания почв, что повысит водопоглощение талых вод и перевода стока во внутрпочвенный, а валы по нижней опушке – задержание избыточного потока вод и повышение дополнительного влагонакопления в лесонасаждениях, что особенно важно в условиях засушливого климата.

Под руководством Духнова В. К. в 1974 г. был создан для этих целей экспериментальный опытный объект, который представлял собой систему лесных полос, состоящую из парных лесополос, усиленных противозрозионными валами. Применение этой технологии способствует выводу из сельскохозяйственного оборота большого количества земель. Эффективность ее в настоящее время, при достижении главных древесных пород 40-летнего возраста (приспевающее насаждение), не изучена. Возможность применения данного агролесомелиоративного обустройства в данных экономических условиях проверили посредством изучения влияния системы лесополос на управление снегоотложением по профилю склона, так как основной объем стока в речные системы с водосборов поступает за счет талых вод [1, 11]. Сокращение потерь стока с агролесоландшафтов возможно через уменьшение глубины промерзания почвы посредством управления снеготложением [13, 14, 16], препятствующего накоплению снежных масс в верхней его части.

Целью работы являлось изучение закономерности формирования снежного покрова на склоновом агролесоландшафте в системе контурных стокорегулирующих лесополосах, усиленных противозрозионными валами.

Материалы и методы. Изучаемая система контурных стокорегулирующих лесополос (рисунок 1) расположена на северо-восточном склоне (49°20'44" с.ш., 43°00'20" в.д) близ ст. Клетской (3,7 км) Клетского района Волгоградской области. Эта система была создана для подбора наиболее рационального сочетания гидротехнических устройств с лесными насаждениями в целях защиты почв от эрозии. Рельеф территории сформирован на пермско-триасовых мергелях, юрских глинах и меловых песчано-опочных породах. Местами отмечаются выходы коренных пород. Крутизна склона изменяется от 0,5° на приводораздельной части до 6,5° на присетевой. Между второй и третьей лесополосой расположены потяжины и ложбины, свидетельствующие об активности на этой части склона эро-

зионных процессов. Почвенный покров представлен темно-каштановыми почвами разной степени смывости. Они отличаются хорошей водоудерживающей способностью, пониженной водопроницаемостью, особенно в нижних горизонтах.

Система состоит из четырех стокорегулирующих лесополос, протяженностью от 1,1 км, до 1,8 км. Каждая из них представляет собой сочетание парных (двух) лесных полос (5, 6, или 3-х рядных), между которыми расположен противозрозионный вал (рисунки 2). Высота его увеличивается в направлении сверху вниз по склону – от 0,5 м в первой лесополосе до 1,3 м в четвертой. Породный состав лесополос представлен робинией псевдоакацией (*Robinia pseudoacacia*), кленом ясенелистным (*Acer negundo*), вязом приземистым (*Ulmus pumila*), смородиной золотистой (*Ribes aureum*). В IV лесополосе кустарник отсутствует. Высота древостоя уменьшается сверху вниз по склону от 8,5 м до 6,5 м, что может быть следствием ухудшения почвенно-растительных условий. Насаждение III бонитета.

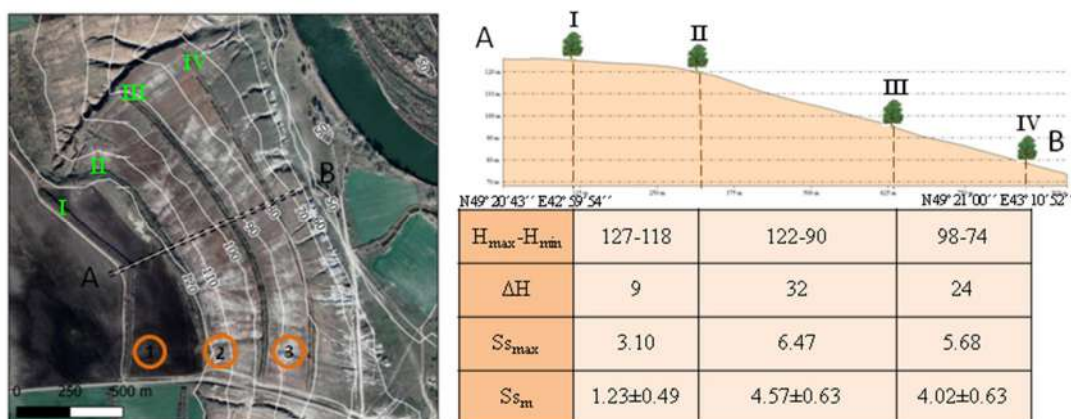


Рисунок 1 – Характеристика системы стокорегулирующих лесополос

I-IV – номера лесных полос; 1-3 – номера межполосных пространств,

$H_{\max}-H_{\min}$ – диапазон высот, м; ΔH – базис эрозии, м; $Ss_{\max}$ – максимальная крутизна склона,

Ss_m – среднее значение крутизны склона

Figure 1 – Characterization of the system of runoff-regulating forest belts

I-IV – numbers of forest belts; 1-3 – numbers of inter-belt spaces, $H_{\max}-H_{\min}$ – height range, m;

ΔH – erosion base, m; $Ss_{\max}$ – maximum slope steepness, m; Ss_m – average value of slope steepness

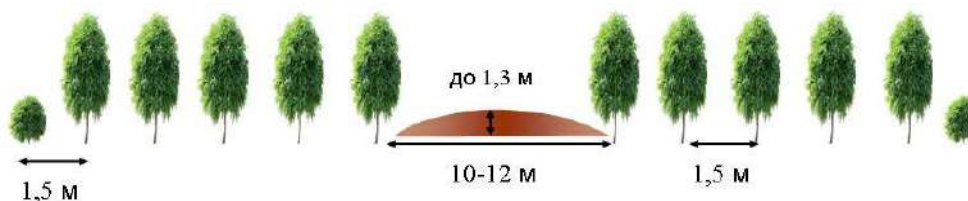


Рисунок 2 – Общая схема стокорегулирующих лесополос

Figure 2 – General scheme of runoff-regulating forest belts

Поверхность склона на межполосных пространствах имеет разную аккумулярующую способность твердых осадков, зависящую от многих факторов, в том числе от вида сельскохозяйственного использования (пашня, пастбище, сенокос). На полях 1 и 3 ведется двухпольный севооборот (озимая пшеница – пар). Второе поле, поверхность которого сильно изрезана ложбинами и промоинами из-за большей крутизны, характеризуется наличием более смытых почв, поэтому используется только под выпас мелкого и крупного рогатого скота.

Изучение снегоотложения на агролесоландшафте в период с 2018 по 2020 г. проводилось на основе анализа метельной активности, эффективности расположения системы лесополос по отношению к снегопереносимым ветрам, а также полевого мониторинга за накоплением снега.

Метеорологический анализ осуществлялся по данным метеостанции Серафимович. Исходные показатели по метелям получены с сайта gr5.ru. Статистическая их обработка осуществлялась в XLstat.

Для обеспечения большей точности расчетов анализ проводили по 16 румбам. Во внимание принимались только метели при одновременном выпадении вертикальных осадков, которые переносятся порывами ветра не только в приземном слое (0-50 см), но и в пределах высоты 10-16 м над поверхностью земли.

Определение эффективности размещения лесополос относительно преобладающих направлений метелей рассчитывалось на основе расчета суммарной дальности их ветроломного влияния по методике Е. А. Гаршинева (2002)¹.

Снегомерные съемки проводились по снегомерным профилям, направленным сверху вниз по склону перпендикулярно насаждениям. Высота снега на межполосных пространствах измерялась снегомерной рейкой через 4 м в 3-х кратной повторности, в лесополосах и в приопушечных зонах – при плавном изменении его мощности через 2 м, а в местах резких перепадов – через 1 м. Плотность снега замерялась в трехкратной повторности с помощью весового снегомера ВС-43 через каждые 50 м в полевой части и в лесополосе (Сурмач Г. П., 1967)².

Результаты и обсуждение. Первый снег зимой 2018-2019 гг. выпал в конце ноября, но быстро растаял. Устойчивое снижение температуры воздуха (min до -15,0°C) наблюдалось с первой декады декабря. В течение месяца отмечались периоды с повышением температуры до 0°C, но продолжительных оттепелей не было. Всего за месяц выпало 42 мм осадков в виде снега. В январе 2019 г. температура в среднем колебалась от -4,4 до -8,6°C, что в целом за месяц составило на 1,1°C больше среднееголетней нормы. Во второй декаде месяца она поднималась до 0°C на непродолжительное время, при этом сильных оттепелей не наблюдалось. За январь выпало 42 мм осадков (в том числе 27 мм снег).

Зимой 2019-2020 гг. устойчивое понижение температуры воздуха (до -8,0°C) наблюдалось с третьей декады декабря. За месяц выпало всего 8 мм осадков, из которых 3 мм составил снег, а 5 мм – дождь. Январь 2020 г. был теплее и на 7,4°C средне-голетней нормы. По декадам температура колебалась от -0,7 до -1,9°C. В течение месяца продолжительных оттепелей не наблюдалось. В январе выпало 33 мм осадков. Во время оттепелей выпадали преимущественно дожди (8 мм). Февраль был теплее на 6,8°C среднеголетних значений. В начале первой декады месяца наблюдалась оттепель, сопровождающаяся дождем (10 мм), в течение которого температура поднималась до +7°C. После наступило резкое похолодание до -14°C и выпал снег (21 мм). Всего за зиму 2019-2020 гг. выпало 117 мм осадков. Из них в виде снега – 73 мм.

Метельный режим и эффективность размещения системы лесополос относительно преобладающего направления снегопереноса. Дюнин А. К. (1963)³ отмечал, что снегоперенос начинается при метелях с минимальной скоростью 3 м/с (на уровне флю-

¹ Гаршинев Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация. Экспериментальная оценка, расчет, проектирование. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2002. 220 с.

² Сурмач Г.П. Изучение водопоглощающего и противозрозионного влияния защитных лесонасаждений в комплексе с другими мероприятиями: метод. рекоменд. М.: ВАСХНИЛ, 1975. 96 с.

³ Дюнин А.К. Механика метелей (Вопросы теории проектирования снегорегулирующих средств). Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения АН СССР, 1963. 380 с.

гера). Другие авторы определяли значения – 4-5 м/с иногда и более [3, 5, 6]. Возможность подъема снежинки с поверхности земли и дальнейший ее перенос зависят от ее плотности и скорости ветрового потока. Чем выше плотность снега, тем большая скорость ветра потребуется для отрыва и переноса снежных частиц. При анализе данных учитывали самые минимальные скорости снегопереносимого ветрового потока, так как свежеснеживавший снег в морозную погоду при скорости 3 м/с будет переноситься и по воздуху, и по поверхности [3].

По Глебовой М. Я. (1962), исследуемая территория характеризуется относительно большой повторяемостью метелей (от 25 до 10 дней). Здесь исключительно большая устойчивость метельных ветров восточного направления, отличающихся большой скоростью, что также подтверждается проведенным анализом многолетних данных (рисунок 3).

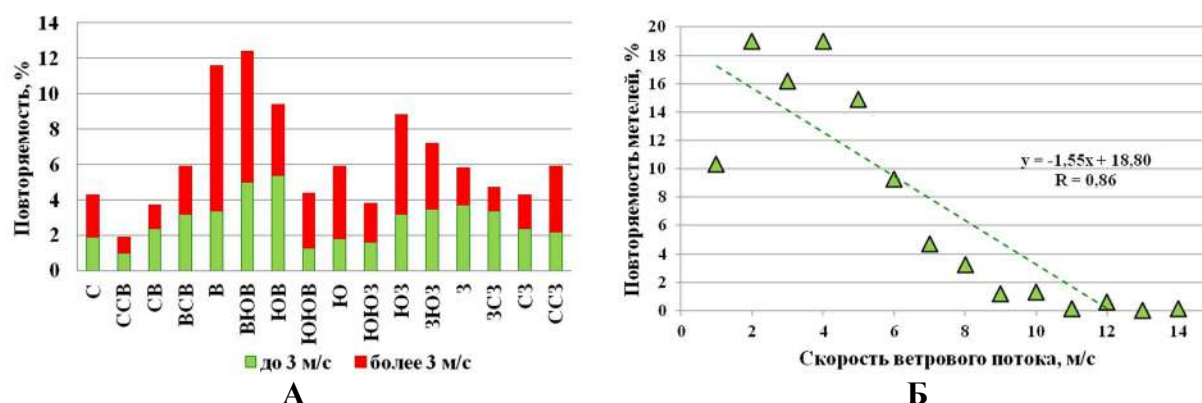


Рисунок 3 – Характеристика многолетних данных (2005-2022 гг.) снегопереносимых ветров по данным метеостанции Серафимович

Figure 3 – Characterization of multiyear data (2005-2022) of snow-bearing winds according to the data of the Serafimovich region weather station

Изучая режим метелей за многолетний период, установили, что для 45% характерны ветровые потоки до 3 м/с. С увеличением скорости повторяемость сокращается. На долю метелей, способствующих снегопереносу (более 3 м/с), приходится 55%. Из них 43% обладают скоростью от 4 до 6 м/с, т.е. изучаемый район характеризуется активным снегопереносом и создание защитных лесополос в целях его задержания является обоснованным.

Зима 2018-2019 гг. характеризовалась преобладанием метелей западного, юго-западного и юго-восточного направлений. При этом максимальное количество осадков соответствовало метелям западных направлений (23 мм из 34 мм). То есть в этот период система лесных полос была расположена практически перпендикулярно снегопереносу, а, следовательно, обладала наибольшей эффективностью.

Зимой 2019-2020 гг. осадков в виде снега выпало всего на 6 мм больше, чем в 2018-2019 г., но метельный перенос был не такой активный. Роза метельных ветров не имела явно выраженное преобладающее направление. Основное количество снега выпадало при северо-западном направлении (7,0 мм), северо-восточном (13,0 мм), юго-восточном (10,3 мм).

Анализ роз снегопереносимых ветров показал, что основной снегоперенос в 2018-2019 гг. осуществлялся ветрами северо-западного и западно-юго-западного направлений, а в 2019-2020 гг. – восточного и восточно-юго-восточного. Самыми высокими скоростями обладали ветра юго-восточных направлений: в 2018-2019 гг. – 8-10 м/с, а в 2019-2020 гг. – 6-7 м/с.

На эффективность снегозадержания лесополосой влияет ее размещение относительно направлений снегопереносимых ветров. Так, при расположении насаждения перпендикулярно к господствующему ветру дальность его влияния наибольшая (Jiao-jun, Z., Fan, Z., Zhou, X., 2002). При отклонении от этого направления на угол $\pm 10-20^\circ$ дальность влияния изменяется на 2-6%, а при отклонении на угол $\pm 30-45^\circ$ уменьшается на 20-30% (Гаршинев, 2002).

Согласно проведенному анализу расположения системы лесополос относительно основных направлений снегопереноса, установлено, что суммарная ветроломная дальность контурной лесополосы на всем ее протяжении изменяется. Обладая контурностью, она размещена сразу относительно разных сторон света, то есть на исследуемом объекте лесонасаждение протягивается сначала с северо-запада на юго-восток, затем по направлению с севера на юг и заканчивается с северо-востока на юго-запад. Так как расчет суммарной дальности ветроломного влияния лесополос основан на определении сумм проекций дальности ветрового влияния лесополосы, зависящей от угла между направлением ветра и размещением лесополосы относительно сторон света, то и эффективность на каждом ее участке будет разная (таблица).

Таблица – Суммарная дальность ветроломного влияния лесополос, %

Table – Cumulative range of windbreak influence of forest belts, %

Зима	Направление размещения контурной стокорегулирующей лесополосы		
	СЗ-ЮВ	С-Ю	СВ-ЮЗ
2018-2019	57,9	75,3	73,3
2019-2020	43,6	73,2	72,4

Изучение закономерности снегоотложения в системе лесополос. Главным фактором повышения урожая сельскохозяйственных культур и увеличения долговечности и сохранности лесополос является их влагообеспеченность, которая в условиях сухих степей во многом определяется сохранностью зимних осадков [2, 4, 12, 17].

Наблюдение за характером снегоотложения в системе в 2019 г. проводилось в конце третьей декады января, а в 2020 г. в конце второй декады февраля. Время проведения снегомерных съемок совпадало с периодом максимального накопления снежных масс в пределах агролесоландшафта. Зимой 2018-2019 гг. агрофон на 1 и 3 полях был представлен зябью. До момента проведения снегомерных съемок выпало 84 мм осадков, в том числе 34 мм в виде снега.

Анализ дополнительного снегонакопления, основанный на значениях снегозапасов в 2019 г., показал, что на межполосных пространствах накопилось до момента проведения снегомерных исследований от 23,2 до 31,9 мм твердых осадков при выпавших до этого момента 34 мм. При этом в зоне лесных полос до 63,2 мм (рисунок 4), т.е. они обеспечили сохранение снега, унесенного с полей, обеспечив себя дополнительным влагозапасом. Несомненно, расположенное на втором поле пастбище с покровом многолетних трав, способствовало наибольшему задержанию снега.

Даже зимой в безлиственном состоянии лесополосы способствуют улучшению микроклимата прилегающей к ним территории [1, 10]. Это подтверждается полученными данными плотности снежного покрова, которые иллюстрируют ее увеличение особенно во вторых парных лесополосах, расположенных за валом. Так, в лесополосе I до вала плотность в 2019 г. составила $0,24 \text{ г/см}^3$, а за валом увеличилась до $0,26 \text{ г/см}^3$. Та же закономерность прослеживалась и в лесополосах II и III. В четвертой различие отсутствовало, что объясняется уменьшением количества задерживаемого ею снега.

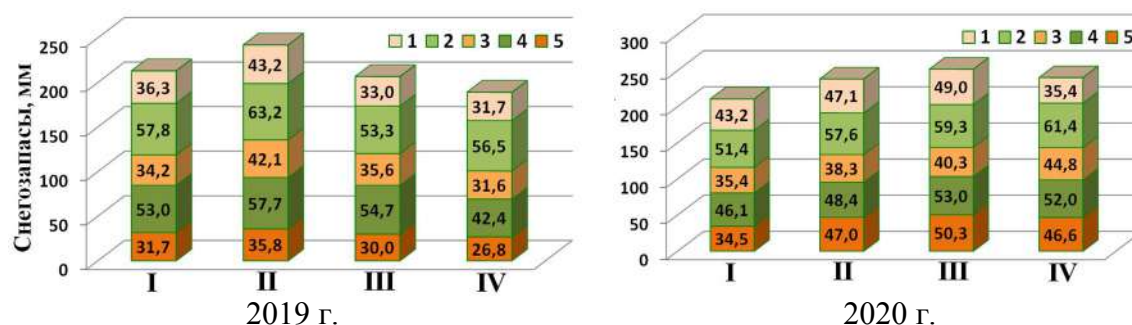


Рисунок 4 – Особенности распределения снегозапасов в стокорегулирующих лесополосах I-IV – номер лесополосы; зоны лесополосы: 1 – верхний шлейф, 2 – первая парная лесополоса, 3 – противозрозионный вал, 4 – вторая парная лесополоса, 5 – нижний шлейф
Figure 4 – Peculiarities of snow accumulation distribution in runoff-regulating forest belts I-IV – forest belt number; forest belt zones: 1 – upper plume, 2 – first paired forest belt, 3 – erosion control mound, 4 – second paired forest belt, 5 – lower plume

В 2020 г. агрофон поля 3 был представлен паром, а на поле 1 располагались посевы озимой пшеницы. С начала зимы и до момента полевых замеров выпало 117 мм осадков. По сравнению с зимой 2019 г., период 2019-2020 гг. был более водный, но снега выпало всего на 6 мм больше. Сохранялась особенность увеличения высоты снега в лесополосе, расположенной после вала. В 2020 г. на поле с посевами озимых снегозапасы составили 35,4 мм, на поле 3 (пар) – 40,8 мм, а на пастбище – 39,1 мм.

При статистической обработке данных высоты снежного покрова установлено, что коэффициенты вариации, характеризующие степень изменчивости или варьирования чисел в ряду наблюдаемых величин, в лесополосе с наветренной стороны меньше, чем с заветренной.

Проанализируем снегоотложение в каждой из лесополос, при этом будем сравнивать показатели между годами исследований для выявления особенностей.

Лесополоса I. Расположена на приводораздельной части склона и является первой в системе на пути водного потока. Изменение высоты снежного покрова в 2019 г. в первой парной лесополосе описывалось полиномиальной функцией ($y = -0,37x^2 + 11,6x - 64$, $r = 0,94$), во второй логарифмической ($y = 3,5 \ln x + 8,8$, $r = 0,60$). В первой парной лесной полосе снега отложилось больше. Увеличение снежного покрова начиналось в зоне верхнего шлейфа – с 4 до 25 см на протяжении 12 м, т.е. 1,7 см на каждый метр. Затем, достигнув максимума (27 см) в середине лесополосы, резко сократился до месторасположения вала, т.е. это микрizona возрастания силы ветрового потока. На западной экспозиции вала сформировался снежный покров высотой до 16 см, а на восточной снег выдулся почти полностью (до 5 см). Этому способствовали восточные метели скоростью до 10 м/с. После чего формируется зона снижения скорости ветра и снег снова начинает откладываться во второй парной лесополосе. В зоне нижнего шлейфа высота снежного покрова меняется в пределах 12-17 см.

В 2020 г. такой явной картины не наблюдалось. Зона верхнего шлейфа составила 10 м. При этом высота снежного покрова увеличивалась постепенно до второго ряда первой парной лесополосы, после чего снизилась до 17 см и вновь увеличилась до вала. На валу происходит закономерное уменьшение снежного покрова в результате его сдувания ветром. Затем высота снега постепенно увеличивается до 3 ряда второй парной лесополосы и снижается в зоне нижнего шлейфа до 12 см на расстоянии 1,5Н от лесной полосы.

В целом в зоне нижнего шлейфа откладывалось снега больше, несмотря на его распределение по профилю лесополосы.

Лесополоса II. В 2019 г. характер снегоотложения в обеих лесополосах идентичен ($r=0,83-0,79$). В 2020 г. во второй парной лесополосе снега отложилось больше, чем в первой, где выделялась зона выдувания, расположенная в третьем ряду насаждения. После нее сформировался снежный сугроб и поэтому коэффициенты корреляции здесь были не очень высоки ($r=0,52$ и $0,58$).

Лесополоса III. В 2019 г. в направлении от зоны верхнего шлейфа к полосе идет постепенное снижение высоты снежного покрова, а в 2020 г. постепенное его увеличение. Причем разница максимальной высоты в первой парной лесополосе и в зоне верхнего шлейфа в 2020 г. составляет всего 3 см. Это можно объяснить наличием в зимний период на поверхности поля 2 надземной части многолетних трав, которая способствует большему задержанию снежных частиц, чем посевы озимых культур. В зоне вала также происходило выдувание снега.

Лесополоса IV. Ширина зоны верхнего шлейфа в 2020 г. была на 7 м больше, что объясняется более спокойным ветровым режимом, при котором скорость потока при подходе к защитному насаждению уменьшалась постепенно. В 2019 г. наблюдался более активный метельный перенос, что отразилось на формировании в первой парной лесополосе в третьем ряду снежного наноса. С западной экспозиции вала в оба периода исследований отмечалось большее накопление снега, чем с восточной. Во второй парной лесополосе выделялась зона максимального снегонакопления с плавным переходом в зону нижнего шлейфа ($0,71$ и $0,73$).

При анализе закономерности распределения снега в 2019 г. на всем агролесоландшафте установлено, что снег аккумулируется в самих насаждениях, особенно в расположенном после вала. При этом высота снега в зоне нижнего шлейфа значительно выше, чем в верхнем. При таком характере снегоотложения возрастает опасность потери талых вод из второго парного насаждения, в результате стока вниз по склону. А если в таких условиях сформируются мощные сугробы, то может возникнуть риск формирования смыва почв, так как при резком потеплении сначала сойдет снег с поверхности полей (на межполосном пространстве). После чего начнет таять снежный покров, расположенный в зоне нижнего шлейфа, а формируемые потоки талой воды, стекая вниз по уже талой почве, могут способствовать ее смыву.

В 2020 г., несмотря на незначительное преобладание осадков в виде снега, в лесополосах отложилось снега меньше, а на полях межполосных пространств больше. Часть снега осталась в поле благодаря наличию всходов озимой пшеницы. Накопление снежного покрова под влиянием агрофона первого поля повлияло на незначительное снижение высоты снега в прилегающей лесополосе.

Плотная конструкция лесных полос и имеющийся между двумя парными лесополосами вал препятствуют дополнительному переотложению снега на полях. Снежные частицы переносятся большей частью в нижнем 20 (50) см приземном слое, поэтому любая преграда в этой зоне будет способствовать снегоотложению на месте ее появления. Вал, с одной стороны, препятствует снегопереносу, но с другой, он необходим на этом склоне с крутизной более $1,5^\circ$, так как способствует задержанию потока не только весенних талых, но и ливневых вод, способствующих развитию эрозионных процессов.

Существующая плотная конструкция лесных полос выявила ряд недостатков:

- лесополосы I-III состоят из 5-7 рядов древесных пород. Панов В. И., Барабанов А. Т. (2022), исследуя аэродинамические и снегозадерживающие свойства лесополос, пришли к выводам, что для полного задержания снежных частиц в насаждении доста-

точно от 2-3 ряда древесных пород. Увеличение их числа не имеет смысла. В условиях Среднего Дона максимальное число составляет 3 ряда. Уменьшение рядности при таком же уровне снегозадержания будет способствовать увеличению дополнительного влагопитания древостоя в весенний период из расчета на одно растение;

- лесополоса IV без кустарника – в первой парной лесополосе снега аккумулировалось меньше, чем после вала. Возрастают потери талых вод.

- лесополосы II и IV имеют меньшую сохранность, что объясняется не оптимальным подбором древесных пород при облесении склона. На объекте отмечались выходы коренных пород (опоки и мела). В таких условиях произрастания предпочтение необходимо отдавать хвойным породам. По ранним исследованиям, проведенным на бывшей Клетской НИАГЛОС, они являются наиболее перспективными для лесоразведения в конкретных условиях.

Для более оптимального снегоотложения можно порекомендовать при формировании систем лесополос, состоящих из двух лесополос и вала, следующее: первую парную лесную полосу формировать по принципу комбинированной конструкции лесных полос [1, 15]. В насаждение подобрать древесные породы, которые самостоятельно в ходе своего роста очищаются от нижних веток, а по верхней опушке располагать низкорослый кустарник, который будет обеспечивать необходимое снегозадержание. Смородина золотистая, которую широко применяют при лесомелиорации, порой достигает 2,0 м в высоту, хотя для эффективного снегозадержания достаточно 50 см. Смородину можно высаживать в прибалочных и приовражных лесополосах, где необходимо максимально предотвратить переброс снежных масс в гидрографическую сеть и снизить риск развития смыва почв и размыва их берегов. Вторые парные лесополосы необходимо формировать продуваемой конструкции (без кустарника). При этом снега в ней накапливаться будет меньше, но он будет переоткладываться в нижерасположенное поле. При этом в это насаждение необходимо подбирать более засухоустойчивые древесные породы.

Заключение. Снегоотложение в системе контурных стокорегулирующих лесных полос, усиленных противозерозионными валами на всем протяжении, подчинено определенным закономерностям, зависящих от их расположения относительно преобладающего направления метелей и суммарной дальности их ветроломного влияния, количества осадков в виде снега. Плотная конструкция насаждений и имеющийся между парными лесополосами вал препятствовали дополнительному переносу снега на межполосные пространства. При этом в зоне нижнего шлейфа аккумуляция снежных масс происходила интенсивнее, что повышало риск возникновения стока талых вод и потери дополнительного источника увлажнения в засушливых условиях степи. При дальнейшем использовании данной технологии лесомелиорации склонов необходимо учитывать выявленные недостатки, уменьшая рядность лесных насаждений до 3-5, более обоснованно подходить к подбору древесных пород, ориентируясь на локальные изменения лесорастительных условий, использовать низкорослый кустарник (высотой 50 см). Смородину золотистую применять при создании прибалочных и приовражных лесополос.

Conclusions. Snow deposition in the system of contour runoff-regulating forest belts reinforced with erosion control windrows along the entire length is subject to certain regularities depending on their location relative to the prevailing direction of snowstorms and the total distance of their wind-break influence, the amount of precipitation in the form of snow. The dense structure of forest plantations and the mound between the paired forest belts prevented additional snow transfer to the inter-floor spaces. At the same time, snow masses accumulated more intensively in the lower plume zone, which increased the risk of melt water runoff and loss of an additional source of moisture in the dry conditions of the steppe. At further use of the given technology of slopes forest amelioration it is

necessary to take into account the revealed disadvantages, reducing the row of forest plantations to 3-5, more reasonable approach to the selection of tree species, focusing on the local changes in forest conditions, to use low-growing shrubs (height 50 cm). Golden currant should be used in the creation of near-baloch and frontage forest belts.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Роль стокорегулирующих лесополос в регулировании снегоотложения и промерзания почв в европейской части РФ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 85-90.
2. Барабанов А. Т., Панов В. И. Влияние снегозапасов на формирование поверхностного стока талых вод в степной зоне на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 96-105.
3. Бычкова В. И., Петров В. Л., Рубинштейн К. Г. Численное моделирование возникновения и развития снежной метели при помощи модели WRF-ARW // Труды Гидрометцентра России. 2015. № 353. С. 46-62.
4. Влияние рельефа и растительности на распределение снежного покрова в бассейнах малых рек / Н. С. Евсеева, А. И. Петров, М. А. Каширо, З. Н. Квасникова, А. С. Батманова, А. В. Хон // Геосферные исследования. 2017. № 4. С. 64-74.
5. Курбатова М. М., Бычкова В. И. Моделирование скорости ветра при низовой метели с помощью модели WRF-ARW // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2020. № 1 (375). С. 130-141.
6. Моделирование процесса отложения снега на автомагистралях в программе FLOWVISION / Т. В. Самодурова, О. В. Гладышева, Н. Ю. Алимова, Е. А. Бончева // Научный журнал строительства и архитектуры. 2020. Вып. № 2 (58). С. 72-83.
7. Панов В. И. Ландшафтный гидромелиоративно-гидротехнический кластер в ландшафтно-синергетическом агроэкологическом природопользовании степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2021. № 1 (112). С. 6-18.
8. Панов В. И., Барабанов А. Т. Новые перспективные многоцелевые конструкции стокорегулирующих лесных полос для степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2022. № 2 (117). С. 15-24.
9. Полуэктов Е. В., Рощина Ж. В. Мониторинг биоинженерного сооружения по регулированию стока талых вод // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 56-70.
10. Проездов П. Н., Маштаков Д. А., Панфилов А. В. Теоретическое обоснование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агролесомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // Нива Поволжья. 2017. № 2 (43). С. 42-48.
11. Сосновский А. В., Осокин Н. И., Черняков Г. А. Динамика снегозапасов на равнинной территории России в лесу и в поле при климатических изменениях // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 2. С. 183-190.
12. Троц В. Б. Агроэкологическое влияние полезащитных лесных полос // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 4 (60). С. 189-192.
13. Шерстюков А. Б., Анисимов О. А. Оценка влияния снежного покрова на температуру поверхности почвы по данным наблюдений // Метеорология и гидрология. 2018. № 2. С. 17-25.
14. Effects of a snow-compaction treatment on soil freezing, snowmelt runoff, and soil nitrate movement: A field-scale pairedplot experiment / Yu. Iwata, Yo Yanai, T. Yazaki, T. Hirota // J. Hydrology. 2018. V. 567. Pp. 280-289.
15. Kulik A., Gordienko O., Shaifullin M. Influence of protective forest belts on snow accumulation in agricultural landscapes of Volgograd region, Russia // Journal of Agrometeorology. 2023. Vol. No. 25 (1). Pp. 120-127.

16. Snow melting water infiltration mechanism of farmland freezing-thawing soil and determination of meltwater infiltration parameter in seasonal frozen soil area / Y. Li, Q. Fu, T. Li, D. Liu, R. Hou, Q. Li, J. Yi, M. Li, F. Meng // *Agricultural Water Management*. 2021. No 258. 13 p.

17. Vavin V. S., Popov A. V., Syromyatnikov V. Yu. Snow-regulating role of forest belts depending on the field area // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019. №392. 7 p.

References

1. Barabanov A. T., Kulik A. V. The role of runoff-regulating forest belts in regulating snow deposition and soil freezing in the European part of the Russian Federation // *Proceedings of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2017. № 2 (46). Pp. 85-90.

2. Barabanov A. T., Panov V. I. Influence of snow reserves on the formation of surface runoff of melt waters in the steppe zone on ordinary chernozems of the Sama-ra Trans-Volga region // *Proceedings of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2020. № 4 (60). Pp. 96-105.

3. Bychkova V. I., Petrov V. L., Rubinstein K. G. Numerical modeling of the emergence and development of a snowstorm using the WRF-ARW model. 2015. № 353. Pp. 46-62.

4. The influence of relief and vegetation on the distribution of snow cover in the basins of small rivers / N. S. Evseeva, A. I. Petrov, M. A. Kashiro, Z. N. Kvasnikova, A. S. Batmanova, A. V. Khon // *Geospheric research*. 2017. № 4. Pp. 64-74.

5. Kurbatova M. M., Bychkova V. I. Modeling of wind speed in a grassroots blizzard using the WRF-ARW model // *Hydrometeorological studies and forecasts*. 2020. № 1 (375). Pp. 130-141.

6. Modeling of the process of snow deposition on highways in the FLOWVISION program / T. V. Samodurova, O. V. Gladysheva, N. Yu. // *Scientific Journal of Construction and Architecture*. 2020. Iss. № 2 (58). Pp. 72-83.

7. Panov V. I. Landscape Irrigation and Drainage and Hydrotechnical Cluster in the Landscape-Synergetic Agroecological Nature Management of the Steppe Dry Belt of Russia // *Scientific and agronomic journal*. 2021. № 1 (112). Pp. 6-18.

8. Panov V. I., Barabanov A. T. New perspective multi-purpose structures of drain-regulating forest belts for the steppe arid belt of Russia // *Scientific and agronomic journal*. 2022. № 2 (117). Pp. 15-24.

9. Poluektov E. V., Roshchina Zh. V. Monitoring of bioengineering structures for regulating melt water runoff // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems*. 2020. № 2 (38). Pp. 56-70.

10. Proezdodov P. N., Mashtakov D. A., Panfilov A. V. Theoretical justification of adaptive-landscape systems of agriculture and agroforestry in the steppe and dry steppe zones of the Volga region // *Niva of the Volga region*. 2017. № 2 (43). Pp. 42-48.

11. Sosnovsky A. V., Osokin N. I., Chernyakov G. A. Dynamics of snow reserves in the plain territory of Russia in the forest and in the field under climatic changes // *Ice and Snow*. 2018. V. 58. № 2. Pp. 183-190.

12. Trots V. B. Agroecological influence of field-protective forest belts // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2016. № 4 (60). Pp. 189-192.

13. Sherstyukov A. B., Anisimov O. A. Assessment of the influence of snow cover on soil surface temperature according to observations // *Meteorology and hydrology*. 2018. № 2. Pp. 17-25.

14. Effects of a snow-compaction treatment on soil freezing, snowmelt runoff, and soil nitrate movement: A field-scale pairedplot experiment / Yu. Iwata, Yo Yanai, T. Yazaki, T. Hirota // *J. Hydrology*. 2018. V. 567. Pp. 280-289.

15. Kulik A., Gordienko O., Shaifullin M. Influence of protective forest belts on snow accumulation in agricultural landscapes of Volgograd region, Russia // *Journal of Agrometeorology*. 2023. Vol. No. 25 (1). Pp. 120-127.

16. Snow melting water infiltration mechanism of farmland freezing-thawing soil and determination of meltwater infiltration parameter in seasonal frozen soil area / Y. Li, Q. Fu, T. Li, D. Liu, R. Hou, Q. Li, J. Yi, M. Li, F. Meng // *Agricultural Water Management*. 2021. No 258. 13 p.

17. Vavin V. S., Popov A. V., Syromyatnikov V. Yu. Snow-regulating role of forest belts depending on the field area // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019. № 392. 7 p.

Информация об авторе

Кулик Анастасия Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>, e-mail: kulik-a@vfanc.ru

Authors Information

Kulik Anastasia Vladimirovna, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the Laboratory of Soil Protection from Erosion of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>, kulik-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-13

STUDY OF THE WATER BALANCE OF SANDY LANDS BASED ON GEOINFORMATION MAPPING

A. K. Kulik

Federal State Budget Scientific Institution

*«Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Science»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kulikak79@yandex.ru

*The work was carried out within the framework of the State Assignment №122020100450-9
"Development of a new methodology for optimal management of bioresources in agrolandscapes of
the arid zone of the Russian Federation using system-dynamic modeling of soil-hydrological
processes, integrated assessment of the impact of climate change and anthropogenic loads on the
agrobiological potential and forest conditions"*

Received 01.07.2023

Submitted 15.08.2023

Abstract

Introduction. Sandy massifs of the Don River and its tributaries, with a total area of more than 1 million hectares, are local hydraulic reservoirs and desalinators of river waters. Atmospheric precipitation, passing through the salt-washed aeration zone, drains into groundwater, springs and rivers. The volume of this water mass depends on the amount of precipitation, the type of sand and the biomass growing in the studied territories. **Materials and methods.** The purpose of the work is to determine the quantitative and qualitative indicators of the water supply of plant formations and river systems, based on the study of the water balance of different types of sands and the determination of their areas when deciphering satellite images of the territory. To accurately calculate the water balance of the sub-region, it is necessary to identify the types of soil and vegetation conditions and the areas occupied by them. When using geoinformation mapping based on the decoding of satellite images by the method of selection of standards and pixel image analysis, the main types of sands and the area of living ground cover in the key area of the Hopero-Medveditsky sand massif were identified. During field studies, the vegetation cover was studied and the features of the water balance for each standard were determined, the amount of water discharged by a key site in the Kumylga river was determined. **Results and conclusion.** On the basis of the selected benchmarks and further interpretation of the space image of the territory, a soil and vegetation map of the key area was drawn up and the areas of sandy land types were determined. Based on water-balance studies at the key site, the annual discharge of precipitation to groundwater is 5348 thousand m³. Water intakes in the operating springs and on the left bank of the Kumylga river allowed to confirm the correctness of our calculations.

Key words: *sandy massif, water balance, decryption, mineralization, type of sandy soils.*

Citation. Kulik A. K. Study of the water balance of sandy lands based on geoinformation mapping. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 132-141 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-13.

Author's contribution. The author of this study independently planned, performed and analyzed the data obtained. The author of this article has familiarized and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 631.432:528.8

ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

А. К. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук

*ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация*

*Работа выполнена в рамках Государственного задания №122020100450-9 «Разработка новой
методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны
РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических
процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок
на агробиологический потенциал и лесорастительные условия»*

Актуальность. Песчаные массивы р. Дон и его притоков, общей площадью более 1 млн. га, являются локальными гидрорезерватами и опреснителями речных вод. Атмосферные осадки, проходя через зону аэрации, промытую от солей, дренируются в грунтовые воды и далее в родники и реки. Объем этой водной массы зависит от величины осадков, типа песков и произрастающей на изучаемых территориях растительности. **Материалы и методы.** Цель работы – определение количественных и качественных показателей воды, идущей на водопитание растительных формаций и речных систем, на основе изучения водного баланса разных типов песков и определения их площадей при дешифрировании космоснимков территории. Для расчета водного баланса субрегиона были выделены типы почвенно-растительных условий и занимаемые ими площади. При применении геоинформационного картографирования, основанного на дешифрировании космических снимков методом подбора эталонов и пиксельного анализа изображения, выявлены основные типы песков и площадь живого напочвенного покрова на ключевом участке Хоперо-Медведицкого песчаного массива. При полевых исследованиях изучен растительный покров и определены особенности водного баланса для каждого эталона, определено количество сбрасываемой воды ключевым участком в р. Кумылга. **Результаты исследований.** На основе выделенных эталонов и дальнейшего дешифрирования космоснимка территории составлена почвенно-растительная карта ключевого участка и установлены площади типов песчаных земель. Исходя из водно-балансовых исследований на ключевом участке ежегодный сброс атмосферных осадков к грунтовым водам составляет 5348 тыс м³. Заборы воды в действующих родниках и на левобережье р. Кумылга позволили подтвердить правильность расчетов.

Ключевые слова: *песчаные массивы, водный баланс земель, картографирование, дешифрирование типы песчаных почв.*

Цитирование. Кулик А. К. (2023). Изучение водного баланса песчаных земель на основе геоинформационного картографирования. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 132-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-13.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования самостоятельно планировал, выполнял и анализировал полученные данные. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Песчаные массивы вдоль р. Дон и его притоков посредством инфильтрации талых и дождевых вод являются гидрорезерватами и опреснителями речных систем [1]. На количество и качество проходящих через пески осадков влияет тип почвенного покрова, характер распространения и видовой состав произрастающей растительности [4, 9, 14]. Для точного определения всех статей водного баланса арен необходимо определить их площади. Песчаные массивы отличаются от зональных почв преобладанием увалисто-грядово-ложбинного и грядово-аккумулятивного рельефа (Гаель А. Г., Смирнова Л. Ф., 1999), где происходит резкая смена понижений с колковыми насаждениями на луговых почвах и повышенных форм с открытыми песками, местами заселенными псаммофитами. Здесь, даже на малых площадях, почвенный покров отличается большой пестротой, исследователям этот аспект сильно затрудняет процесс определения занимаемой площади тем или иным типом песков.

Геоинформационное картографирование на основе дешифрирования космоснимков позволяет довольно точно определить тип почвенного покрова и ареалы его распространения [3, 8]. Изучение водного баланса каждого отдельного типа песков и сопоставление результатов с полученными данными дешифрирования по занимаемой ими площади позволяют установить объемы поступающей воды из песков в речные системы.

Цель работы – определение количественных и качественных показателей воды, идущей на водопитание растительных формаций и речных систем, на основе изучения водного баланса разных типов песков и определения их площадей при дешифрировании космоснимков территории.

Материал и методы исследования. Объектом исследования являлся ключевой участок площадью 6,3 тыс. га на Хоперо-Медведицком песчаном массиве, расположенный севернее ст. Кумылженская Волгоградской области (N 49°55'06", E 42°39'85") у устья р. Кумылга. Почвы участка разнообразны по генезису, возрасту и плодородию. Большое значение имеет характер первоначального геологического наноса (древнего аллювия и делювия): однофазного песчаного или многофазного супесчаного и суглинистого. Зональными почвами здесь являются южные черноземы тяжелого гранулометрического состава с мощностью гумусового горизонта до 60 см и содержанием гумуса 5%. Почвы песчаного массива – азональны. Содержание гумуса в 3-4 раза меньше, почвы выщелочены и промыты от солей. Местами встречаются погребенные почвы, образованные в результате деятельности эоловых процессов.

Здесь активны циклоны, при прохождении которых скорость ветра увеличивается. Число дней в году с эрозионной скоростью ветра (≥ 8 м/с) – 81, как правило, они наблюдаются зимой и в ранневесенний период (Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И., 2010). Основное преобладающее направление ветров западно-юго-западное (11,2%), юго-восточное (10,0%), юго-западное (10,1%). При дешифрировании космоснимка исследуемого ключевого участка песчаного массива четко выделяются гряды открытых и слабозаросших песков расположенных перпендикулярно указанным ветровым потокам.

Песчаный массив располагается на севере степной природно-климатической зоне со среднегодовым количеством осадков 430 мм. В течение года они распределяются неравномерно. Большая их часть выпадает в поздневесенний и в летний периоды (май-август 43,3% от среднегодовой нормы), в результате западного переноса воздушных масс со стороны Атлантического океана (Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И., 2010).

Геоморфологическое строение исследуемого ключевого участка представлено тремя надпойменными террасами. Первая относится к Валдайскому оледенению и занимает площадью 1390 га. Расстилается от уреза воды р. Кумылга с отметками высот 60-75 м. В пределах первой террасы можно различить две ступени низкую с высоко-

бугристым рельефом (высота бугров 2-5 м) и высокую с грядовым рельефом (рис. 1). Средний уклон поверхности составляет $1,0^\circ$, максимальный местами достигает $5,9^\circ$. Вторая терраса Днепровского оледенения представляет собой относительно ровную пологоволнистую поверхность площадью 2300 га со средним уклоном $1,7^\circ$, расположена в пределах 75-100 м над у. м. Третья терраса Окского оледенения характеризуется слабоволнистым рельефом и в пределах ключевого участка занимает площадь 2445 га, средний уклон поверхности $1,5^\circ$.

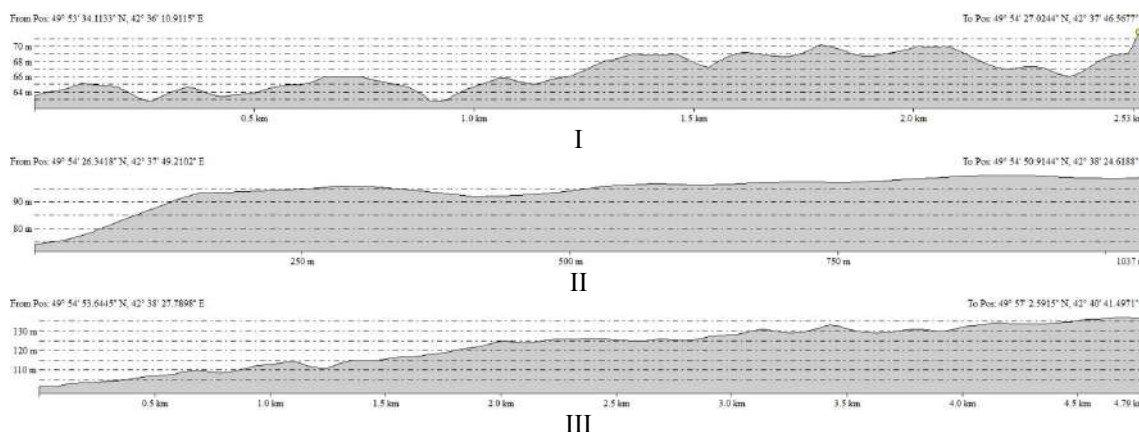


Рисунок 1 – Геоморфологические профили террас песчаного массива
Figure 1 – Geomorphological profiles of sandy massif terraces

Древесно-кустарниковая растительность представлена естественными пойменными и колковыми лесами, в породном составе преобладают береза повислая (*Betula pendula*), осина (*Populus tremula*), ольха черная (*Alnus glutinosa*), дуб черешчатый (*Quercus robur*), различные виды ив и тополей, в культуры введена сосна обыкновенная. Травяной покров представлен разнотравно-дерново-злаковой и злаково-разнотравной ассоциациями, в понижениях – осоково-злаковой [2, 13].

Песчаные почвы ключевого участка имеют разную степень зарастания, что влияет на объемы водопитания пресной водой р. Кумылга. Для определения количественных и качественных характеристик проведено дешифрирование космоснимков поверхности с выделением различных типов песков и степени их зарастания. Это позволило составить почвенно-растительную карту и на ее основе рассчитать водный баланс территории.

Исследования велись по методике геоинформационного картографирования (Кули К. Н., 2004), которая включает в себя пять этапов: предварительное дешифрирование, полевое эталонирование, экстраполяцию дешифровочных признаков, полевой контроль, окончательное дешифрирование и составление карт [6].

На *предварительном этапе* подбирались мультиспектральные космические снимки М 1:37500, на которых облачность отсутствовала совсем или составляла менее 5%, с высоким качеством изображения и наличия соответствия спектрального диапазона снимка и объекта исследования. В прикладной компьютерной программе Global Mapper при анализе космоснимка и снимка SRTM выделены надпойменные террасы и определены занимаемые ими площади.

На этапе полевого эталонирования важным моментом при дешифрировании является классификация объектов в зависимости от фототона изображения и его текстуры. Для этого применяется эталонирование – определение значения фототона изображения соответствующему выделяемому объекту. На цифровом снимке яркость объекта характеризуется определенными уровнями яркости полутоновой шкалы оттенков серого. Цвет является

ся более информативным дешифровочным признаком, чем тон черно-белого изображения, так как он изменяется в трех спектрах (RGB) (Курлович Д. М., 2011). Все элементы ландшафта характеризуются присущими только им особенностями отражения солнечного излучения и обладают уникальными спектрами. Анализируя кривые спектральной яркости изображения, на них можно выделить отрезки характеризующие свойства объекта. В настоящее время чаще всего используется спектральный образ объекта. В зависимости от набора значений спектральной яркости пикселей на снимке определяют его соответствие к определенному классу объектов, т. е. выполняют его классификацию [12].

При этом важно не только выбрать значимые дешифровочные признаки, но и описать их математически. Статистический анализ в диапазоне RGB позволяет наиболее полно определить характеристики объектов. Для каждого выделенного эталона строилась соответствующая только ему гистограмма, представляющая собой графическое изображение количества пикселей для каждого значения фототона от 0 до 225 [6].

Основным дешифровочным признаком типа песчаных почв являлось изменение фототона изображения. Из-за разного содержания гумуса и степени зарастания они отличаются преобладанием более темных или светлых оттенков. Для песчаных почв было определено распределение пикселей на шкале гистограммы в диапазоне RGB, что позволило получить характерные для объекта статистические параметры.

На *третьем* этапе проводилось сравнение параметров распределения пикселей объекта на фотоэталоне и на космоснимке и осуществлялась привязка характеристик последнего к конкретному контуру. При дальнейшем дешифрировании растрового оцифрованного изображения выделялись контуры однородных объектов, отнесенных к определенным типам поверхности на основе принципа распределения пикселей одного фототона и осуществлялась их классификация. Зная площадь полученного изображения и общее количество пикселей, определялись площади объектов, расположенных на космоснимке.

Полевой контроль осуществлялся для сопоставления полученных при предварительном дешифрировании данных с натурными объектами. Проведены полевые исследования песчаных массивов для уточнения границ контуров и степени зарастания песчаных земель.

После *окончательного дешифрирования* и выделения контуров подсчитаны их площади и составлена почвенно-растительная карта ключевого участка.

По результатам определения площадей основных типов песчаных почв установлены основные количественные и качественные характеристики их водного баланса. При расчете водного баланса территории использовалась методика Г. Н. Высоцкого (1960). Физическое испарение в летний период рассчитано по формулам Н. Ф. Кулика (1979). Забор грунтовой воды для определения ее качества осуществлялся в действующих родниках и в р. Кумылга. Степень минерализации измеряли кондуктометром «HANNA» электрометрическим способом.

Результаты. При дешифрировании почв ключевого участка Хоперо-Медведицкого песчаного массива были выбраны эталоны, определены их статистические характеристики для дальнейшего установления площадей, занимаемых разными типами песчаных земель:

– древесно-кустарниковая растительность – распределение пикселей на космоснимке отличается преобладанием их в диапазонах G. График гистограммы смещен влево и имеет следующие средние характеристики тона R=32,7, G=37,8, B=25,4. Стандартное отклонение (σ) по всем диапазонам составляет 14,43, 15,15 и 13,45, соответственно. Вершины графиков по всем тонам расположены близко и на общей гистограмме имеют одну вершину, что говорит об однородности изображения на снимке;

– при анализе эталона открытых и слабозаросших песков установлено, что график гистограмм смещается вправо и имеет следующие средние значения тона: $R=232,6$ ($\sigma=9,3$), $G=221,6$ ($\sigma=11,1$), $B=199,9$ ($\sigma=16,5$). Преобладают пиксели в красном и зеленом диапазонах. На общей гистограмме RGB график имеет ассиметрию и вершина смещена вправо ($\sigma=18,6$);

– эталон почв черноземовидных дерново-степных мощных и темноцветных песчаных отложений древних водотоков отличается от открытых и слабозаросших песков смещением графика гистограмм влево. Эти почвы имеют более высокие показатели по наличию гумуса в верхних горизонтах, поэтому они характеризуются более темным окрасом. Значения тона изображения находятся в следующих диапазонах $R=74,0$ ($\sigma=7,5$), $G=71,6$ ($\sigma=7,9$), $B=60,8$ ($\sigma=8,44$). Общая гистограмма RGB имеет одну вершину и значения тона колеблются от 29 до 118;

– гистограмма описания эталона дерново-степных среднемощных почв (серопесков) близка к почвам древних водотоков, но так как эти почвы более бедны по гумусовому составу, они светлее луговых. Средние значения тона имеют следующие характеристики $R=96,1$ ($\sigma=8,5$), $G=87,7$ ($\sigma=8,7$), $B=81,7$ ($\sigma=9,2$). Гистограмма RGB имеет значения тона от 27 до 157 и характеризуется стандартным отклонением 10,6 со средним значением 88,5;

На основе выделенных эталонов и дальнейшего дешифрирования космоснимка территории составлена почвенно-растительная карта ключевого участка и определены площади разных типов песков в зависимости от степени их зарастания (рис. 2):

– открытые и слабозаросшие пески – мощность гумусового горизонта не превышает 10 см, а местами полностью отсутствует. Распространены практически по всему ключевому участку, но большая часть из них приурочена к центру массива при переходе с первой на вторую террасу. Здесь пески практически полностью открыты и наиболее подвержены дефляции. Для этих типов песков характерно заселение псаммофитами (овес песчаный, пырей мохнатый, полынь песчаная, василек и пр.) массой травостоя 0,2 т/га и общим проективным покрытием не более 40%;

– дерново-степные среднемощные почвы (серопески) – располагаются по границе открытых песков и почв древних водотоков узкой каймой. Мощность гумусового горизонта местами до 20 см. Преобладает типчаково-ковыльная ассоциация с урожайностью травостоя до 0,6 т/га. Общее проективное покрытие составляет 70-80%.

– черноземовидные дерново-степные мощные и темноцветные песчаные отложения древних водотоков получили свое распространение на третьей террасе и в границах долины пересыхающей р. Суходол в границах первой и второй террас с общим проективным покрытием 90%. Масса злаково-разнотравного травостоя не превышает 1,5 т/га;

– древесно-кустарниковая растительность на третьей террасе представлена лесными культурами сосны обыкновенной III бонитета, на второй террасе лесорастительные условия ухудшаются и бонитет их снижается до IV. Естественные леса на припойменных и балочных землях представлены в основном лиственными породами: дубом черешчатым, грушей лесной, терном и др. По низким местам преобладают береза повислая, осина, ольха черная.

При переходе от третьей террасы к пойме тип водного режима меняется от непромывного к промывному и десуктивно-выпотному [11]. Наличие растительности влияет на водно-физические свойства почв и количество поступающей воды (гравитационный сток) к грунтовым водам. Лесные массивы изменяют динамику поступления осадков в почву, задерживая часть из них на кронах и в подстилке; увеличивают период снеготаяния и впитывания воды в почву в результате затенения, уменьшая при этом

физическое испарение с поверхности; сокращают глубину промерзания; повышают инфильтрационную способность и пр. (Идзон П. Ф., Пименова Г. С., 1975). Влажность песчаных почв под лесными насаждениями к началу вегетационного периода близка к наименьшей влагоемкости. Летом в верхнем метровом слое запасы влаги сокращаются, так как в нем сосредоточено до 90% всех корней [7]. А осадки практически полностью перехватываются кронами деревьев и поверхностным слоем почвы, где они скоротечно испаряются (Гаель А. Г., Смирнова Л. Ф., 1999).

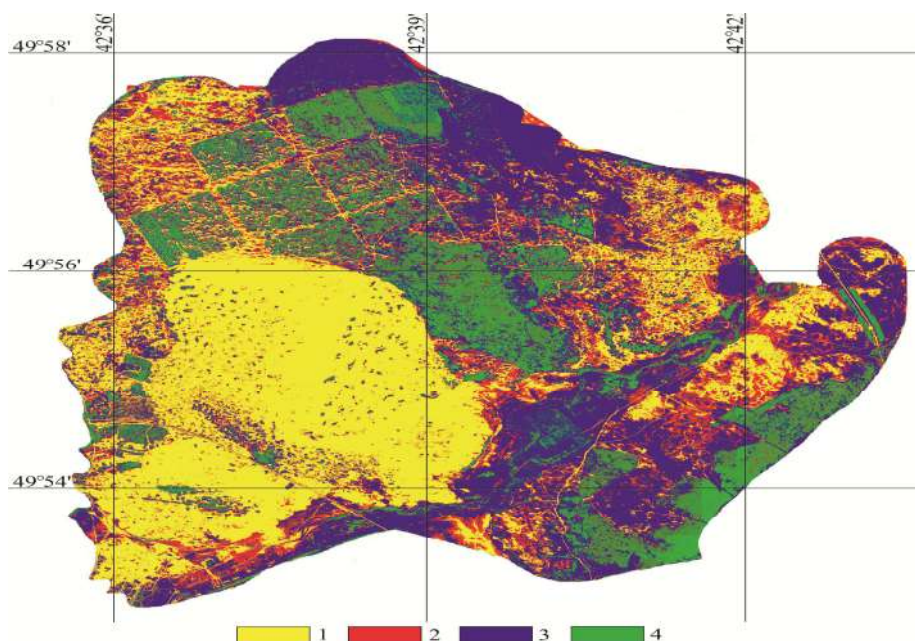


Рисунок 2 – Почвенно-растительная карта ключевого участка Хоперо-Медведицкого песчаного массива

(1 – слабозаросшие и открытые пески, 2 – дерново-степные среднетощные почвы (серопески), 3 – черноземовидные дерново-степные мощные и темноцветные песчаные отложения древних водотоков, 4 – древесно-кустарниковая растительность)

Figure 2 – Soil and vegetation map of the key section of the Khopero-Medveditsky sand massif (1 – slightly overgrown and open sands, 2 – sod-steppe medium-sized soils (seropeski), 3 – chernozem-like sod-steppe thick and dark-colored sandy deposits of ancient watercourses, 4 – tree and shrub vegetation)

В результате многолетних исследований водного баланса песчаных земель установлено, что в степной зоне на лесных участках на физическое испарение расходуется до 35% годовых осадков, 65% летних и 20% зимних. При равновеликом увлажнении ключевого участка атмосферными осадками (430 мм) физическое испарение составляет 198 мм. На высокой третьей террасе при непромывном типе водного режима на транспирацию используется вся оставшаяся влага. На второй террасе грунтовые воды залегают на 2^х м. Влагоемкость почв снижается, по сравнению с третьей террасой водный режим почв переходит в промывной. Лесные насаждения начинают активно использовать грунтовые воды на транспирацию, расход которых по составляет около 90 мм. Транспирационный расход – 310 мм. Почвенный покров первой террасы представлен примитивными неполно-развитыми бугристыми песками с наименьшей влагоемкостью 3-5%. Зимних осадков здесь хватает на полное насыщение почв влагой до начала гравитационного стока, расчетная величина которого составляет 24 мм в летний период, из приточных грунтовых вод на транспирацию расходуется 60 мм. Суммарный транспирационный расход составляет 268 мм. Общая площадь лесных участков составляет 981 га. Потребление лесными растениями грунтовых вод – 286 тыс. м³.

Открытые пески в отличие от лесных формаций являются источником пополнения грунтовых вод [5, 10]. На территории ключевого участка их площадь составляет 1176 га. Гравитационный сток – 2793 тыс. м³. Транспирация отсутствует. Все атмосферные осадки за исключением физического испарения инфильтруются в грунтовые воды.

Слабозаросшие пески на транспирацию расходуют от 140 мм на черноземовидных супесчаных почвах и до 92 мм на бугристых песках. В этом их принципиальное отличие от открытых песков. Гравитационный сток к грунтовым водам с площади 1431 га составляет 2010 тыс. м³.

Заросшие пески на ключевом участке занимают площадь 2456 га. Урожайность трав на третьей террасе может достигать 3-4 т/га. С ухудшением почвенных условий произрастания растений урожайность падает до 0,5-1 т/га. Транспирация колеблется от 270 до 185 мм в зависимости от наличия грунтовых вод на корнедоступной глубине. Гравитационный сток на всем участке заросших песков составляет 546 тыс. м³.

Исходя из водно-балансовых исследований на ключевом участке ежегодный сброс осадков к грунтовым водам составляет 5348 тыс. м³. Качество воды, поступающей с песчаных массивов, высокое [15]. Заборы проб, осуществленные в действующих родниках, показали, что по минерализации они относятся к пресным и ультрапресным (0,2-0,04 г/л). Река Кумылга, проходя через рассматриваемый песчаный массив (протяженность 8 км), снижает минерализацию с 0,6 г/л до 0,5 г/л.

Близ х. Крапцовский на правом берегу р. Кумылга был искусственно прокопан водоток. В нем минерализация воды составила 1,1 г/л. Заборы воды, осуществленные на левобережье, показали уменьшение содержания солей до 0,18 г/л. В середине исследуемого водотока минерализация составила 0,6 г/л.

Выводы. Применение метода геоинформационного картографирования на основе дешифрирования космоснимков позволило выделить территории, характеризующиеся разными инфильтрационными свойствами, определить объемы поступающей с ключевого участка пресной грунтовой воды в р. Кумылга. Произрастание древесной растительности на песках в засушливой степной зоне без дополнительного водопитания из грунтовых вод возможно только на низкобонитетном уровне. В целом песчаные массивы обладают важнейшим экологическим свойством – опреснение речных систем. Исходя из водно-балансовых исследований на ключевом участке ежегодный сброс атмосферных осадков к грунтовым водам составляет 5348 тыс. м³. Гидрохимический анализ воды в действующих родниках и на левобережье р. Кумылги позволил подтвердить правильность представленных расчетов.

Conclusions. Application of geoinformation mapping method on the basis of space images interpretation allowed to identify the territories characterized by different infiltration properties, to determine the volumes of fresh groundwater flowing from the key site into the Kumylga River. The growth of woody vegetation on sands in the arid steppe zone without additional water supply from groundwater is possible only at a low-grade level. In general, sand massifs have the most important ecological property - desalinization of river systems. Based on water-balance studies at the key site, the annual discharge of precipitation to groundwater is 5348 thousand m³. Water quality sampling in the operating springs and on the left bank of the Kumylga River allowed to confirm the correctness of our calculations.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Кулик А. К., Кулик Н. Ф. Неистощительное водопитание и опреснение речных вод донского региона // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 26-34.
2. Власенко М. В. Видовое разнообразие и продуктивность пастбищных экосистем на песчаных почвах // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 17-21.

3. Дорошенко В. В., Балынова В. В. Оценка современных процессов опустынивания в республике Дагестан на примере локального песчаного массива // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 24-29.
4. Манаенков А. С., Костин М. В. Опыт научных исследований по повышению эффективности лесоразведения в южных степях России // Лесохозяйственная информация. 2017. № 3. С. 92-102.
5. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, И. Г. Сурхаев, К. Н. Кулик, Г. П. Стародубцева // Экосистемы: экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23.
6. Рулев А. С., Юфев В. Г., Юфев М. В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. 150 с.
7. Турчина Т. А., Банникова О. А. Приживаемость и особенности роста сосны крымской на песках среднего Дона при разной доступности грунтовых вод // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2019. Т. 15. № 3. С. 74-80.
8. Шинкаренко С. С., Ткаченко Н. А., Юфев В. Г. Геоинформационный анализ хозяйственного освоения бассейна реки Дон // Вестник московского университета. Серия 5: География. 2022. № 3. С. 73-86.
9. Шульгин М. В., Власенко М. В. Гидрологическая роль лесных насаждений в формировании режима водных ресурсов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 1 (62). С. 144-152.
10. Hartmann A. The Hydrology of Groundwater Systems // Encyclopedia of Inland Waters. 2022. V. 3. Pp. 324-330.
11. Kulik A. K., Balkushkin R. N. Water regime types of the sand massifs of the Don river // Arid ecosystems. 2022. V. 1. № 4. Pp. 374-381.
12. Nan Ma, Shuang Su, Xiaoyu Li Image Classification Based on Color Style. Santa Clara University, 2016. 25 p. <https://github.com/susiesu2/ColorStyleClassification>.
13. Vlasenko M. V., Tyutyuma N. A. Productivity of pastoral ecosystems on the sand lands of the south of the European part of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects". 2020. P. 012079.
14. Water-regime formation in sands of the Archeda–Don massif with respect to the distribution of plant formations / Kulik A.K., Kulik K.N., Vlasenko M.V., Sukhorukikh Y.I., Biganova S.G. // Arid ecosystems. 2021. Vol. 11. № 4. Pp. 358-366.
15. World Water Quality Alliance. Assessing Groundwater Quality: A Global Perspective: Importance, Methods and Potential Data Sources. A report by the Friends of Groundwater in the World Water Quality Alliance // Information Document Annex for display at the 5th Session of the United Nations Environment Assembly. Nairobi, 2021. 60 p.

References

1. Borodychev V. V., Kulik A. K., Kulik N. F. Remaining water supply and reduction of river waters of the Don region // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher education. 2018. № 3 (51). Pp. 26-34.
2. Vlasenko M. V. Diversity and productivity of pasture lands ecosystems on sandy soil // Agricultural Scientific Journal. 2021. № 11. Pp. 17-21.
3. Doroshenko V. V., Balynova V. V. Assessment of modern desertification processes in the Republic of Dagestan on the example of a local sand massif // Scientific and agronomic journal. 2022. № 4 (119). Pp. 24-29.
4. Manaenkov A. S., Kostin M. V. Experience in scientific research on improving the efficiency of forestry in the southern steppes of Russia // Forestry information. 2017. № 3. P. 92-102.
5. Experience of forest reclamation of ecosystems of sand massifs of the Tersk-Kumsky interfluvium / G. A. Surkhaev, I. G. Surkhaev, K. N. Kulik, G. P. Starodubtseva // Ecosystems: ecology and dynamics. 2019. V. 3. № 4. Pp. 5-23.
6. Rulev A. S., Yuferev V. G., Yuferev M. V. Geoinformation mapping and modeling of erosion landscapes. Volgograd: VNIALMI, 2015. 150 p.

7. Turchina T. A., Bannikova O. A. Rootiness and features of the growth of Crimean pine on the sands of the middle don with different availability of groundwater // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2019. V. 15. № 3. Pp. 74-80.
8. Shinkarenko S. S., Tkachenko N. A., Yuferev V. G. Geo-information analysis of the economic development of the Don River basin // Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography. 2022. № 3. Pp. 73-86.
9. Shulgin M. V., Vlasenko M. V. The hydrological role of forest plantations in the formation of the water resources regime // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippova. 2021. № 1 (62). Pp. 144-152.
10. Hartmann A. The Hydrology of Groundwater Systems // Encyclopedia of Inland Waters. 2022. V. 3. Pp. 324-330.
11. Kulik A. K., Balkushkin R. N. Water regime types of the sand massifs of the Don river // Arid ecosystems. 2022. V. 1. № 4. Pp. 374-381.
12. Nan Ma, Shuang Su, Xiaoyu Li Image Classification Based on Color Style. Santa Clara University, 2016. 25 p. <https://github.com/susiesu2/ColorStyleClassification>.
13. Vlasenko M. V., Tyutyuma N. A. Productivity of pastoral ecosystems on the sand lands of the south of the European part of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. "International Symposium "Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects". 2020. P. 012079.
14. Water-regime formation in sands of the Archeda–Don massif with respect to the distribution of plant formations / Kulik A.K., Kulik K.N., Vlasenko M.V., Sukhorukikh Y.I., Biganova S.G. // Arid ecosystems. 2021. Vol. 11. № 4. Pp. 358-366.
15. World Water Quality Alliance. Assessing Groundwater Quality: A Global Perspective: Importance, Methods and Potential Data Sources. A report by the Friends of Groundwater in the World Water Quality Alliance // Information Document Annex for display at the 5th Session of the United Nations Environment Assembly. Nairobi, 2021. 60 p.

Информация об авторе

Кулик Алексей Константинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов, ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

Authors Information

Kulik Aleksey Konstantinovich, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5927-7336>, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14

PRINCIPLES OF REGULATION OF FLOWS AND BALANCE OF BIOGENIC ELEMENTS ON RECLAIMED LANDS

M. N. Lytov

*Volgograd branch of the Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research
Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 05.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The problem of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed agricultural lands is considered. The principles of regulating the flows of biogenic elements have been developed, which allow us to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by the global problem of providing food to the growing population of the earth and the contradictions that arise in an effort to solve this problem at the expense of the planet's natural resources. Regulation of the flows of biogenic elements is a powerful tool that allows increasing the productivity of agrophytocenoses, controlling all aspects of soil-forming processes, and preventing environmental pollution. Systematic work with regulators of biogenic element flows should proceed from scientific knowledge of the mechanisms of their formation, dynamics, accumulation, expenditure, etc. And in this regard, it is necessary to make maximum use of all scientific developments, the laws of agriculture, the physical features of the formation of processes. But general rules must also be developed - principles according to which regulators will have to work in order to preserve the continuity of local goals and a global strategy for the harmonious development of nature and man. The purpose of this study is to develop principles for regulating the balance of biogenic elements on reclaimed lands. **Object.** The object of research is the flows and balance of biogenic elements on reclaimed agricultural lands, considered as a factor of productivity of agrophytocenoses and expanded reproduction of soil fertility. **Materials and methods.** The principles should be properly justified and extremely clear, axiomatic, and do not require complex, abstract proofs. Here, the «idealization» of the main provisions that will be included in the formulation of the principle is largely welcomed. The need for full compliance with the principle is not canonized, but the vector of striving for the "ideal" is indicated. For all its "philosophical" nature, the principles should proceed from a physical understanding of objective reality, a physical representation of objects, systems, and relationships. **Results and conclusions.** The research has developed the principles of regulating the flows of biogenic elements, which allow us to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance. The research has proposed formulations of the principle of the objective necessity of regulating the flows of biogenic elements, the principle of naturalness, the principle of balanced turnover of substances, the principle of temporary and deferred action, the principle of dynamic equilibrium, the principle of responsibility for the impact, the principle of limiting regulatory action, the principle of waste-free system. The use of these principles, the desire to comply with their theses in the development of practical ways to regulate the flows of biogenic elements can become the system basis that will help create technologies that are organically integrated into natural ecosystems.

Key words: *biogenic elements, reclaimed lands, flow regulation, principles of regulation, soil fertility, productivity of agrophytocenoses.*

Citation. Lytov M. N. Principles of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 141-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution of work or analysis of experimental data. All authors have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.41:631.81.036

ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ И БАЛАНСА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Актуальность исследований предопределяется глобальной проблемой обеспечения продовольствием растущего населения Земли и теми противоречиями, которые возникают в стремлении решить эту проблему за счет естественных природных ресурсов планеты. Регулирование потоков биогенных элементов является мощнейшим инструментом, поз-

воляющим увеличить продуктивность агрофитоценозов, контролировать все аспекты почвообразовательных процессов, предотвращать загрязнение окружающей среды. Системная работа с регуляторами потоков биогенных элементов должна исходить из научного знания механизмов их формирования, динамики, накопления, расходования и т.д. И в этом плане необходимо максимально использовать все научные наработки, законы земледелия, физические особенности формирования процессов. Но должны быть разработаны и общие правила – принципы, в соответствии с которыми должны будут работать регуляторы, чтобы сохранять неразрывность локальных целей и глобальной стратегии гармоничного развития природы и человека. Целью настоящего исследования является разработка принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях. **Объект.** Объектом исследований являются потоки и баланс биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения, рассматриваемые в качестве фактора продуктивности агрофитоценозов и расширенного воспроизводства плодородия почвы. **Материалы и методы.** Принципы должны быть в должной мере обоснованы и предельно понятны, аксиоматичны и не требовать сложных, абстрактных доказательств. Здесь в значительной мере приветствуется «идеализация» тех основных положений, которые будут заключены в формулировку принципа. Необходимость всестороннего соблюдения принципа не канонизируется, но указывается вектор стремления к «идеалу». При всем своем «философском» характере принципы должны исходить из физического понимания объективной реальности, физического представления объектов, систем, взаимосвязей. **Результаты и выводы.** Исследованиями разработаны принципы регулирования потоков биогенных элементов, которые позволяют сформировать фундаментальные позиции, дающие достаточно ясное представление о том, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом. Исследованиями предложены формулировки принципа объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов, принципа природоподобия, принципа сбалансированного оборота веществ, принципа временного и отложенного действия, принципа динамического равновесия, принципа ответственности за воздействие, принципа ограничения регуляторного действия, принципа безотходности системы. Использование этих принципов, стремление к соответствию данным тезисам при разработке практических способов регулирования потоков биогенных элементов может стать той системной основой, которая поможет создавать технологии органично встраиваемые в природные экосистемы.

Ключевые слова: биогенные элементы, мелиорированные земли, плодородие почвы, продуктивность агрофитоценозов.

Цитирование. Лытов М. Н. Принципы регулирования потоков и баланса биогенных элементов на мелиорированных землях. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 141-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-14.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиорация земель, и в частности гидротехнические мелиорации, сопровождается существенным изменением условий почвообразования [2, 4, 15]. Учитывая глубину встраивания техногенных функций мелиоративной инженерии в биосферные процессы и многообразие действующих факторов, трансформация процессов почвообразования стала объективно сопутствующим фактором и на определенной части мелиорируемых земель является причиной их деградации [6, 7, 12, 15]. Процессы вторичного засоления, осолонцевания, уплотнения и разрушения почвенной структуры, дегумификации являлись и остаются значимыми факторами для орошаемых земель юга России. В значительной мере эти процессы неразрывно связаны с балансом биогенных элементов, формирующимся на мелиорированных землях, потоки которых находятся под непосредственным влиянием производных функций орошения. Учет потоков био-

генных элементов, их динамики, определяющей направленность всего многообразия почвенных процессов, является необходимым условием преодоления проблемы деградации почвы при орошении [3, 10, 11, 13, 16].

Реализуемые технологии, в том числе и гидромелиоративные, используемые при производстве сельскохозяйственной продукции, являются факторами влияния, в той или иной мере, определяющими динамику потоков биогенных элементов. Используя эти технологии при ясном представлении о том, как они влияют на динамику потоков биогенных элементов, можно уже говорить не о факторах влияния, а об инструментах для управления потоками, а следовательно, и для управления балансом. Сюда необходимо также включить те мероприятия, которые проводятся и с целью непосредственного регулирования баланса биогенных элементов. В совокупности это позволит сформировать систему регуляторов для комплексного регулирования потоков и баланса биогенных элементов. На данном этапе целью исследования является разработка принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях.

Материалы и методы. К биогенным элементам относят все химические элементы, которые содержатся в живой материи и в той или иной степени участвуют в метаболических процессах, выполняют определенную функцию [1, 5, 8]. Биогенные элементы не чужды природе и биосфере в целом, но их потоки в естественной среде имеют определенную структуру, позволяющую поддерживать устойчивость системы в целом. Все направления деятельности человека, в том числе и в агросфере, оказывают существенное влияние на формирование потоков биогенных элементов их результирующего баланса. Это процесс объективный, равно как и то, что локальные цели изменения (или формирования новых) потоков биогенных элементов часто не складываются в глобальный вектор развития системы «человек-природа». Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности создания системы регуляторов, которая обеспечила бы баланс интересов в отношении «локальный – глобальный уровень», предоставляя формирование управляемых потоков биогенных элементов на основе глубокого научного знания и понимания природы вещей. Следует понимать, что увеличение продуктивности агрофитоценозов является локальной, но абсолютно необходимой целью, если мы говорим о развитии человечества. А сбалансированным решением будет системное увеличение потенциала продуктивности земель, когда рост их плодородия обеспечивает неуклонное повышение производительности агросферы.

Системная работа с регуляторами потоков биогенных элементов должна исходить из научного знания механизмов их формирования, динамики, накопления, расхода и т.д. И в этом плане необходимо максимально использовать все научные наработки, законы земледелия, физические особенности формирования процессов. Но должны быть разработаны и общие правила – принципы, в соответствии с которыми должны будут работать регуляторы, чтобы сохранять неразрывность локальных целей и глобальной стратегии гармоничного развития природы и человека.

Работа над принципами регулирования потоков биогенных элементов позволяет сформировать те фундаментальные позиции, опираясь на которые можно будет четко представлять, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом (рисунок 1).

В то же время, используя принципы, можно будет понять, какие риски можно ожидать при внедрении технологии, где те наиболее уязвимые места, на которые необходимо обратить особенно пристальное внимание.

Принципы должны быть в должной мере обоснованы и предельно понятны, аксиоматичны и не требовать сложных, абстрактных доказательств. Здесь в значительной мере приветствуется «идеализация» тех основных положений, которые будут заключе-

ны в формулировку принципа. Необходимость всестороннего соблюдения принципа не канонизируется, но указывается вектор стремления к «идеалу». При всем своем «философском» характере, принципы должны исходить из физического понимания объективной реальности, физического представления объектов, систем, взаимосвязей и т.д.

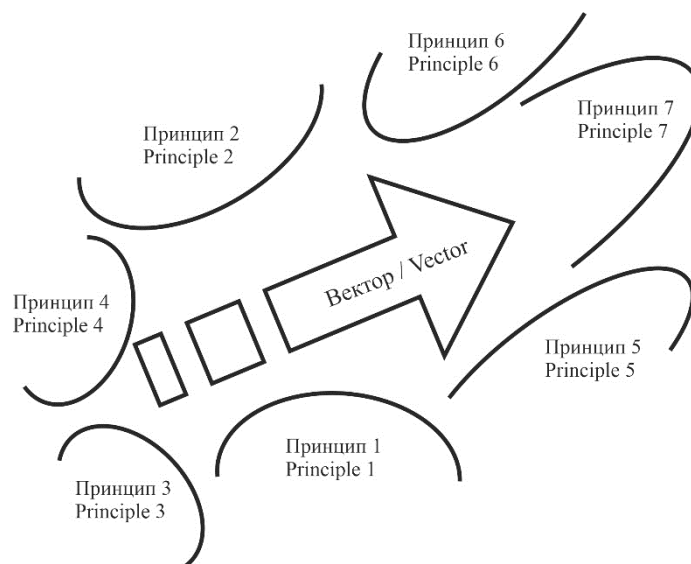


Рисунок 1 – Принципы определяют вектор развития технологий
Figure 1 – Principles determine the vector of technology development

Объектом исследований являются потоки и баланс биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения, рассматриваемые в качестве фактора продуктивности агрофитоценозов и расширенного воспроизводства плодородия почвы. Предмет исследований – принципы регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных землях сельскохозяйственного назначения.

Результаты и обсуждение. Практический смысл «Принципов...» заключается в создании точек притяжения – направлений приоритетного развития технологий, так или иначе связанных с регулированием потоков биогенных элементов при производстве сельскохозяйственной продукции. Использование общих подходов позволяет сформировать сбалансированную модель регулирования потоков биогенных элементов на основе понятной системы приоритетов и ограничений. Принципы должны применяться во всем: в определении методов, механизмов, которые будут использоваться для регулирования потоков биогенных элементов, способов регулирования, при разработке нормативных документов, при создании сельскохозяйственных технологий. Вместе с тем работа над «Принципами...» должна быть открытой, и настоящая публикация это, прежде всего, приглашение к обсуждению, к высказыванию альтернативных мнений, критике в самом широком кругу научной общественности.

На текущий момент мы можем предложить следующие формулировки принципов регулирования баланса биогенных элементов на мелиорированных сельскохозяйственных землях.

1. Принцип объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов. Принцип исходит из признания объективной значимости антропогенного фактора в современном мире. Отделившись от животного мира и используя колоссальные успехи в техносфере, человек значительно расширил горизонты количественной экспансии своего вида. Те механизмы саморегуляции, которые природа использует в отношении всего разнообразия видов живого мира, в отношении человека работают слабо. Про-

порционально росту человечества усиливается и антропогенное воздействие на все компоненты биосферы. В отношении потоков биогенных элементов на освоенных, сельскохозяйственных землях этот фактор ничуть не менее объективен. Любая сельскохозяйственная деятельность, даже без использования удобрений, уже приводит к изменению потоков биогенных элементов, нарушая сложившееся динамическое равновесие, от которого зависит развитие системы в целом. Необходимо признать, что существуют принципиальные различия между естественными и природно-антропогенными (сельскохозяйственными) системами. В соответствии с теорией биотической регуляции естественная природная система – это выполняющая функцию поддержания жизни система определенного иерархического уровня, которая обладает способностью к саморегуляции, а также способна реагировать на изменение окружающей среды. В сельскохозяйственном производстве эта способность в значительной мере ослаблена, нарушена постоянными вливаниями ресурсов и энергии извне. Область устойчивости антропогенно преобразованной (освоенной) экосистемы при этом может смещаться, причем как в сторону развития, так и в сторону деградации. Также следует признать, что сельское хозяйство – необходимый фактор выживания человечества, а его интенсификация для удовлетворения растущих потребностей населения – объективный тренд современного мира. А так как потоки биогенных элементов в любой форме сельскохозяйственной деятельности априори изменяются, то задача их осознанного регулирования видится единственным разумным решением. Принцип утверждает объективную необходимость активного и осознанного участия человека в регулировании потоков биогенных элементов при осуществлении сельскохозяйственной деятельности.

2. Принцип природоподобия. Принцип определяет необходимость использования приемов регулирования баланса биогенных элементов, максимально копирующих процессы, свойственных естественной природной среде. В естественной природной среде все протекающие процессы сбалансированы и поддерживают экосистему на определенном уровне. Эта сбалансированность в значительной мере определяется и той совокупностью механизмов, которые реализуют протекающие процессы, которые в конечном итоге определяют круговорот веществ и биогенных элементов. Внедрение нового механизма регуляции потоков нарушает баланс биосферных процессов. Собственно, такой механизм сам по себе, являясь чуждым системе, не может интегрироваться в процессы саморегуляции, которые так важны для природных экосистем и, вообще говоря, для антропогенно измененных агроэкосистем тоже. Кроме того, использование нового механизма регуляции баланса биогенных элементов, является мощным фактором влияния на всю совокупность протекающих процессов, и каково будет это влияние, с уверенностью предсказать довольно сложно. Принцип предполагает предпочтительность использования известных природе механизмов регуляции потоков биогенных элементов.

3. Принцип сбалансированного оборота веществ. В природе все компоненты биогеоценоза формируют естественный устойчивый баланс, определяющие развитие системы в целом. Процессы почвообразования и рост биомассы также естественным образом сбалансированы: потребление питательных веществ определяет рост биомассы, которая затем непосредственно или опосредованно, с привлечением животного мира, возвращается в почву, обогащая ее биогенными элементами и органикой, активизируя почвообразовательные процессы (рисунок 2).

В агроэкосистемах эти устойчивые связи нарушаются, и хотя первоначальный посыл вроде и положительный, так как агроприемы направлены на увеличение биомассы, но эта биомасса отчуждается, не возвращается в почву. Кроме того, многие приемы

способствуют активизации процессов минерализации гумуса и баланс оборота веществ, тысячелетиями сохраняющий устойчивость в природной среде, коренным образом нарушается. Принцип сбалансированного оборота веществ предполагает восстановление положительных взаимосвязей и сбалансированного развития системы «повышение плодородия почвы – рост биомассы – повышение плодородия почвы».

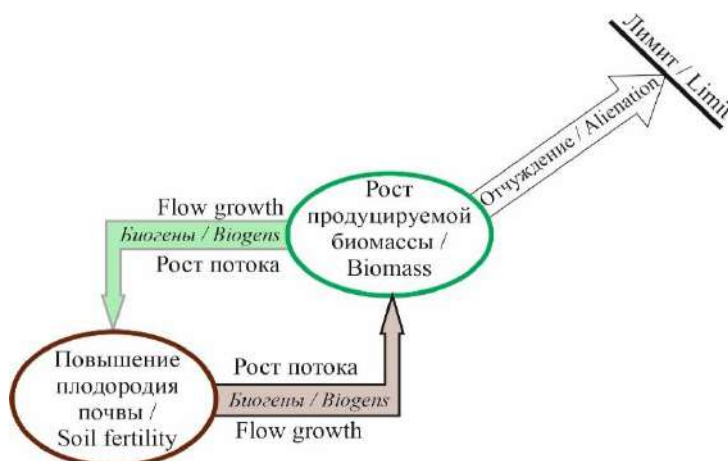


Рисунок 2 – Сбалансированная интенсификация
Figure 2 – Balanced intensification

4. Принцип временного и отложенного действия. Данный принцип исходит из того, что любая система, – а любой биогеоценоз нельзя воспринимать иначе, как системе, – имеет область устойчивого равновесия. Попытка регуляторного воздействия, в том числе при регулировании потоков биогенных веществ, является возмущающим фактором, выводящим систему из данной области. Однако, согласно теории устойчивости систем, при прекращении действия внешнего возмущающего фактора (регулятора в данном случае) система возвращается в прежнюю область устойчивого равновесия. На самом деле процесс этот более сложен, возможны так называемые «качели», когда система на время переходит в точку «ниже» области устойчивого равновесия, то есть временно имеем обратный эффект, но в итоге колебания постепенно затухают. Система оказывается в исходной позиции – если только воздействия (регуляторное действие) не продолжается. То есть если мы хотим сохранить «эффект», то регуляторное действие не должно прекращаться. Но, с другой стороны, должен ли сохраняться объем (мощность) этого регуляторного действия. Если речь идет о регуляции потоков и баланса биогенных веществ, то следует учитывать такой фактор, как отложенное действие. Допустим, регулятор вводит определенный объем биогенного элемента в систему, который предположительно должен использоваться на формирование урожая культуры. Однако часть этого элемента закрепляется в почве, часть расходуется на питание почвенной микробиоты, часть может возвращаться с неотчуждаемыми растительными остатками. И если это количество элемента больше того объема, который потребляется из почвы, – совместно с предоставляемыми регулятором ресурсами, то в следующий раз объем регуляторного действия может быть меньше. Только в этом случае можно считать, что система движется к новой области устойчивости (рисунок 3).

В противном случае, если потребность в объеме регуляторного действия возрастает, область устойчивости системы размывается, система теряет способность к саморегулированию. Следует понимать, что последнее зависит не только от объема регуляторного действия, но и от того в какой форме это действие реализуется, от массы со-

путствующих факторов. Принцип временного и отложенного действия полагает, что регуляторное действие может неоднократно повторяться, но его объем должен неуклонно сокращаться или как минимум не возрастать.

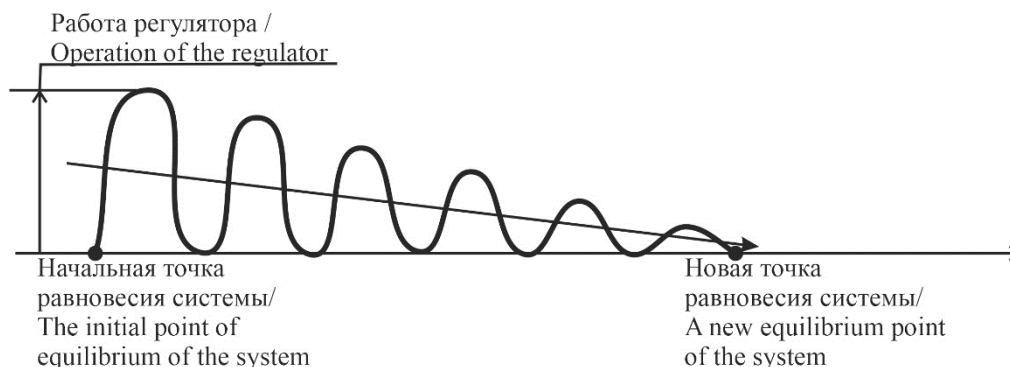


Рисунок 3 – Развитие системы: от равновесия к равновесию
Figure 3 – Development of the system: from equilibrium to equilibrium

5. Принцип динамического равновесия. Если данную формулировку рассматривать с позиции потоков и баланса биогенных элементов, а также их регулирования для повышения плодородия почвы и продуктивности биоценозов, важным может быть следующее. Предположим, что целью регулятора в отношении какого-либо биогенного элемента (комплекса элементов) является повышение объемов его доступных форм для последующего потребления сельскохозяйственными растениями. Первым напрашивающимся действием будет внесение этого объема биогенного элемента в доступной форме, алгебраическое прибавление. Однако внесенный таким образом объем элемента в лучшем случае израсходуется на питание растения. Можно ли в этом случае говорить о повышении плодородия почвы? Конечно, можно вспомнить про актуальное плодородие, но с тем же успехом можно говорить о повышении актуального плодородия субстрата при выращивании культур на гидропонике. Значительно более вероятно, что внесенный объем «доступного» биогенного элемента окажет влияние на все почвенные процессы, причём совсем не обязательно в благоприятную сторону. Вот эти «процессы», во всем их многообразии протекающие в почве и находящиеся в определенном динамическом равновесии, существенно более важны для плодородия почвы, чем физический объем привнесенного биогенного элемента. И если этот добавочный объем биогенного элемента в доступной растениям форме образуется в результате баланса всех протекающих в почве процессов и этот эффект не однократен, а повторяется на регулярной основе, то в этом случае уже можно говорить о повышении плодородия почвы. Принцип динамического равновесия полагает предпочтительным не физическое добавление доступной растениям формы биогенного элемента в почву, а такие регуляторные действия, в результате которых баланс всей совокупности почвенных процессов обеспечит «выделение» дополнительного объема этого элемента в доступной растениям форме.

6. Принцип ответственности за воздействие. Данный принцип исходит из того что каждое действие (воздействие) имеет последствия. Агроэкосистемы по своей сути являются устойчивыми, саморегулирующимися системами. И это крайне важно не только для их нормального функционирования, но и вообще для сохранения жизни на земле. Вступая в производственные отношения с использованием земельных ресурсов, всегда главным считаем эффективность производства – повышение объемов продукции, снижение себестоимости и т.д. И объективно существует соблазн совершить такое

«воздействие», которое бы, коренным образом, максимально, в наибольшей степени повысило бы эффективность производства. Это касается не только, собственно, производства, но и науки. Найти такой способ, разработать такую технологию, использовать такое вещество, которое бы кардинально повысило продуктивность земель, – чем не мечта ученого. Однако следует помнить, что чем больший эффект дает «способ», «технология», «вещество», тем сильнее оно воздействует на агроэкосистему, тем глубже оно интегрируется в природные процессы. И тем более тщательно его нужно изучать, чтобы не пропустить негативные эффекты, которые могут быть такими же сильными и даже катастрофическими. Принцип ответственности за воздействие полагает, что чем большую эффективность показывает технология (способ, вещество), тем с большей внимательностью и осторожностью к ней стоит относиться.

7. Принцип ограничения регуляторного действия. Одной из важнейших побудительных причин регулирования потоков биогенных элементов является увеличение концентрации доступных растениям питательных элементов (азота, фосфора, калия, мезо- и микроэлементов, и т.д.) в корнеобитаемой зоне. Однако с увеличением концентрации любого химического элемента возрастает риск его миграции в соседние и отдаленные зоны, вовлечения в круговороты, где избыток элемента, в том числе, может оказывать влияние на экологию окружающей среды. Такого рода риск существенно возрастает, если концентрация биогенного элемента становится больше поглотительной способности почвы. Уровень полезного использования биогенного элемента, концентрация которого выше поглотительной способности почвы, существенно снижается, скачкообразно возрастают миграционные процессы, усиливая давление на природные антропогенно преобразованные экосистемы. Регуляторное действие в этом случае становится избыточным. Принцип ограничения регуляторного действия предполагает установление диапазона допустимого воздействия регулятора на потоки (поток) биогенных элементов для ограничения накопления их (его) в концентрации, превышающей поглотительную способность почвы.

8. Принцип безотходности системы. Принцип полагает необходимость четкого понимания того, как будут использоваться те дополнительные объемы потоков биогенных элементов, которые формируются за счет действия регулятора (технологии-регулятора). Общий подход активизации локальных круговоротов вещества и минимизации влияния на большой геологический круговорот, используемый в мелиорации, в полной мере актуален и для технологий, регулирующих потоки биогенных элементов. При этом в рамках локального круговорота биогенных элементов должны быть установлены все потребители и источники формирования потоков. Согласно принципу предполагается, что при изменении потока биогенных элементов в результате действия регулятора не должен быть превышен тот предельный объем, который могут утилизировать потребители в стандартных для системы условиях. С другой стороны, источники формирования потоков биогенных элементов, если они входят в состав системы, не должны быть обеднены до уровня, который сопровождается развитием деградационных процессов. В качестве примера можно привести процессы минерализации органического вещества, которые позволяют формировать доступные резервы азота, но при избыточной активизации могут привести и к потере гумуса. Избыточное продуцирование (внесение) биогенного элемента в объемах, превышаемых возможности утилизации потребителями, является фактором вовлечения элемента в большой геологический круговорот.

Выводы. Регулирование потоков биогенных элементов является объективной необходимостью и одним из основных факторов, определяющих суммарный вектор почвообразовательных процессов, расширенного воспроизводства плодородия почвы и повышения продуктивности

агрофитоценозов. Это работу крайне важно проводить на системной основе, чтобы результаты регулирования потоков биогенных элементов отвечали не только локальным целям, но и решали комплексные задачи, повышения плодородия почвы и продуктивности агрофитоценозов, вовлечение регулируемых биогенов только в малые, биохимические круговороты, экономии и рационального использования ресурсов и т.д. Разработаны принципы регулирования потоков биогенных элементов, которые позволяют сформировать фундаментальные позиции, дающие достаточно ясное представление о том, в каком направлении вести поиск эффективных технологий, способов управления балансом. Исследованиями предложены формулировки принципа объективной необходимости регулирования потоков биогенных элементов, принципа природоподобия, принципа сбалансированного оборота веществ, принципа временного и отложенного действия, принципа динамического равновесия, принципа ответственности за воздействие, принципа ограничения регуляторного действия, принципа безотходности системы. Использование этих принципов, стремление к соответствию их тезисам при разработке практических способов регулирования потоков биогенных элементов может стать той системной основой, которая поможет создавать технологии, органично встраиваемые в природные экосистемы.

Conclusions. The regulation of nutrient fluxes is an objective necessity and one of the main factors determining the total vector of soil-forming processes, expanded reproduction of soil fertility and increased productivity of agrophytocenoses. It is extremely important to carry out this work on a systematic basis, so that the results of regulating the flow of nutrients meet not only local goals, but solve complex problems, such as increasing soil fertility and productivity of agrophytocenoses, involving regulated nutrients only in small, biochemical cycles, saving and rational use of resources and etc. The principles of regulating the flow of biogenic elements have been developed, which make it possible to form fundamental positions that give a fairly clear idea of the direction in which to search for effective technologies and ways to manage the balance. Researchers have proposed formulations of the principle of the objective need to regulate the flow of nutrients, the principle of nature-likeness, the principle of a balanced circulation of substances, the principle of temporary and delayed action, the principle of dynamic balance, the principle of responsibility for the impact, the principle of limiting the regulatory action, the principle of wastelessness of the system. The use of these principles, the desire to comply with their theses in the development of practical methods for regulating the flow of biogenic elements can become the systemic basis that will help create technologies that are organically embedded in natural ecosystems.

Библиографический список

1. Аветисян М. Г. Трансформация органического вещества и биогенных элементов почв, вызванная антропогенной деятельностью // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2018. № 4. С. 34-38.
2. Агробиологические приемы восстановления плодородия деградированных орошаемых земель юго-востока Казахстана / А. С. Досжанова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2023. № 2. С. 14-28.
3. Алиярова Ш. Т., Омариев Ш. Ш. К вопросу теоретической основы управления плодородием почв // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 1 (17). С. 12-16.
4. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Особенности изменения мелиоративного состояния и почвенного плодородия при регулярном орошении и в постмелиоративный период земель Юга России // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 168-185.
5. Бгатов А. В. Биогенная классификация химических элементов // Философия науки. 1999. № 2 (6). С. 8.
6. Влияние степени засоления почв и применения биопрепарата на продуктивность кукурузы / М. Н. Пошанов [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2021. № 1. С. 44-56.
7. Волокитин М. П. Агроэкологические аспекты мелиорации аридных почв // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 2-9 (7). С. 134-138.
8. Груздев В. С., Сулов С. В., Хрусталева М. А. Миграция химических элементов в компонентах антропогенно-преобразованных ландшафтов водосборов // Проблемы региональной экологии. 2019. № 6. С. 86-88.

9. Конуров Б. И., Лобковский В. А., Смирнов А. Я. Концепция эффективного природопользования в аспекте устойчивого развития // Проблемы региональной экологии. 2013. № 3. С. 136-143.

10. Модель управления агрохимическими свойствами почв для условий центрального Черноземья / О. Г. Чуян, Г. М. Дериглазова, Л. Н. Караулова, О. А. Митрохина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 88-96.

11. Пашков С. В., Байбусинова С. Б. Природно-агрогенная обусловленность плодородия почв северного Казахстана // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23. № 2. С. 16-27.

12. Пронько Н. А. Проблемы орошаемого земледелия Поволжья и их решение // Аграрный научный журнал. 2022. № 11. С. 24-30.

13. Савинова А. А., Фалынскова Н. П. Биогенные элементы в окружающей среде и в живых организмах // Инновационная наука. 2021. № 5. С. 25-28.

14. Черемисин А. Ю., Барин В. Н., Трухина Н. И. Взаимосвязи природы, общества, производства и экономики // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2019. № 1 (8). С. 8-15.

15. Jafarov V., Mustafaev Z. Effectiveness of applying fertilizers under watermelon on the meadow-grey soils in mugan-salyan zone // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 2. P. 98-106.

16. Nurmanov E. T., Khamzina B. N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. № 1-1 (116). Pp. 62-72.

References

1. Avetisyan M. G. Transformation of organic matter and biogenic elements of soils caused by anthropogenic activities // Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2018. № 4. Pp. 34-38.

2. Agrobiological techniques for restoring fertility of degraded irrigated lands of southeastern Kazakhstan / A. S. Doszhanov [et al.] // Soil science and agrochemistry. 2023. № 2. P. 14-28.

3. Aliyarova Sh. T., Omariyev Sh. Sh. On the theoretical basis of soil fertility management // Izvestia of the Dagestan GAU. 2023. № 1 (17). Pp. 12-16.

4. Babichev A. N., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. Features of changing the reclamation state and soil fertility during regular irrigation and in the post-reclamation period of the lands of Southern Russia // Reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 2. Pp. 168-185.

5. Bgatov A. V. Biogenic classification of chemical elements // Philosophy of science. 1999. № 2 (6). P. 8.

6. Influence of soil salinity and biologics application on corn productivity / M. N. Poshanov [et al.] // Soil science and agrochemistry. 2021. № 1. Pp. 44-56.

7. Volokitin M. P. Agroecological aspects of the reclamation of arid soils // National Association of Scientists. 2015. № 2-9 (7). Pp. 134-138.

8. Gruzdev V. S., Suslov S. V., Khrustaleva M. A. Migration of chemical elements in components of anthropogenic transformed watershed landscapes // Problems of regional ecology. 2019. № 6. Pp. 86-88.

9. Konurov B. I., Lobkovsky V. A., Smirnov A. Ya. The concept of effective environmental management in terms of sustainable development // Problems of regional ecology. 2013. № 3. P. 136-143.

10. Model of managing the agrochemical properties of soils for the conditions of the central Black Earth Region / O. G. Chuyan, G. M. Deriglazov, L. N. Karaulov, O. A. Mitrokhin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 8. Pp. 88-96.

11. Pashkov S. V., Baybusinova S. B. Natural and agrogenic condition of soil fertility in northern Kazakhstan // Bulletin of Transbaikal State University. 2017. V. 23. № 2. Pp. 16-27.

12. Pronko N. A. Problems of irrigated agriculture in the Volga region and their solution // Agricultural Scientific Journal. 2022. № 11. Pp. 24-30.

13. Savinova A. A., Falynskova N. P. Biogenic elements in the environment and in living organisms // Innovative science. 2021. № 5. Pp. 25-28.

14. Cheremisynov A. Yu., Barinov V. N., Trukhina N. I. Relationships of nature, society, production and economics // Models and technologies of environmental management (regional aspect). 2019. № 1 (8). Pp. 8-15.

15. Jafarov V., Mustafaev Z. Effectiveness of applying fertilizers under watermelon on the meadow-grey soils in mughan-salyan zone // Bulletin of Science and Practice. 2023. V. 9. № 2. P. 98-106.

16. Nurmanov E. T., Khamzina B. N. Optimization of the mineral nutrition conditions of mustard // Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University. 2023. № 1-1 (116). Pp. 62-72.

Информация об авторе

Лытов Михаил Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. директора, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Authors Information

Lytov Michail Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Acting director, Volgograd branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov» (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15

VITALITY OF PINE PLANTATIONS WITHIN THE CITY OF BARNAUL

A. A. Malinovskikh, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor*

A. S. Chichkarev, *assistant of the department*

*Altai State Agricultural University
Barnaul, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: almaal1976@yandex.ru

Received 16.03.2023

Submitted 15.08.2023

The study was carried out as part of the implementation of project of the Russian Science Foundation № 23-26-00198

Summary

The article presents the results of assessing vitality of pine plantations under long-term recreational load. The research results showed that the relative vitality of forest stands and undergrowth is characterized as damaged and weakened, regardless of the type of forest. The results can be used to develop recommendations for forest management in suburban forests.

Abstract

Introduction. The rapid growth of cities, the increase in the proportion of the urban population brought to the fore the problems of urban ecology and environmental protection. The preservation of natural forests and the creation of protective green spaces in and around the city contributes to a more comfortable and ecological living. A large amount of research on forest plantations is carried out in densely populated regions of the world within urban limits, as well as in suburban forests. **Object.** The object of the study is pine plantations in fresh and grassy forests subject to recreational load. **Materials and methods.** The work was carried out in the forest reserve of the Barnaul forestry, located within the urban district of Barnaul. At 12 permanent sample plots, the stages of recreational digression, taxation and vitality of the forest stand were assessed, the study of natural regeneration of the forest using methods generally accepted in the forest science was carried out. **Results and conclusions.** Pine plantations within the city of Barnaul are subject to long-term anthropogenic load, which is expressed in the form of I-II stages of recreational digression in the grassy forest, II-III stages in the fresh forest. The index of vitality of forest stands shows that in the grassy forest its range is 46.58-78.00 (mean 60.13), in the fresh forest 46.11-80.81 (mean 65.18) and corresponds to the "damaged" vitality in most of the surveyed areas. The distribution of trees according to diameter classes in pine forest stands corresponds to the normal distribution in both types of forests, except for individual areas where the process of natural thinning occurs. Under the influence of recreational load, the main indicators of natural regeneration of the forest change – density, age structure, vitality. The density of undergrowth in the

grassy forest is 0.8-2.9 thousand pieces/ha, in the fresh forest it is 3.4-8.8 thousand pieces/ha, while the frequency of undergrowth in the grassy forest is 2 times lower than in the fresh forest. The index of vitality of undergrowth in the grassy forest is 46.8-65.7 (mean 58.4), in the fresh forest 64.3-76.2 (mean 68.9), which characterizes it in most of the surveyed forest areas as «weakened».

Key words: *tree stand, undergrowth, vitality, recreational load, Scots pine, forest belt.*

Citation. Malinovskikh A. A., Chichkarev A. S. Vitality of pine plantations within the city of Barnaul. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 152-162 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 630.181

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЧЕРТЕ Г. БАРНАУЛА

А. А. Малиновских, кандидат биологических наук, доцент

А. С. Чичкарев, ассистент

ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет

г. Барнаул, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта Российского Научного Фонда.

Соглашение № 23-26-00198

Актуальность. Быстрый рост городов, увеличение доли городского населения вывели на первый план проблемы урбоэкологии, охраны окружающей среды. Сохранение естественных лесных массивов и создание защитных зеленых насаждений внутри города и вблизи него позволяют сделать уровень проживания более комфортным и экологичным. Большое количество исследований в сфере лесных насаждений проводится в густонаселенных регионах мира в пределах городской черты, а также в пригородных лесах. **Объекты.** Объектом исследования являются сосновые насаждения в свежем и травяном бору, подверженные рекреационной нагрузке. **Материалы и методы.** Работы выполнялись в лесном фонде Барнаульского лесничества, расположенного в черте городского округа г. Барнаула. На 12 постоянных пробных площадях (ППП) выполнена оценка стадий рекреационной дигрессии, таксации и жизненного состояния древостоя, изучение естественного возобновления леса общепринятыми в лесной науке методами. **Результаты и выводы.** Сосновые насаждения в черте г. Барнаула подвержены длительной антропогенной нагрузке, которая выражена в виде I-II стадии рекреационной дигрессии в травяном бору, II-III стадии в свежем бору. Индекс жизненного состояния древостоев показывает, что в травяном бору его диапазон составляет 46,58-78,00 (среднее 60,13), в свежем бору 46,11-80,81 (среднее 65,18) и соответствует «поврежденному» жизненному состоянию на большинстве обследованных участков. Распределение деревьев по ступеням толщины в сосновых древостоях соответствует нормальному в обоих типах леса, кроме отдельных участков, где происходит процесс естественного изреживания. Под влиянием рекреационной нагрузки происходит изменение основных показателей естественного возобновления леса – густоты, возрастной структуры, жизненного состояния. Густота подроста в травяном бору 0,8-2,9 тыс. шт./га, в свежем бору 3,4-8,8 тыс. шт./га, при этом встречаемость подроста в травяном бору в 2 раза ниже, чем в свежем бору. Индекс жизненного состояния подроста в травяном бору составляет 46,8-65,7 (среднее 58,4), в свежем бору 64,3-76,2 (среднее 68,9), что характеризует его на большинстве обследованных участков леса как «ослабленный».

Ключевые слова: *древостои, сосновые насаждения, состояние насаждений, урбоэкология, защитные лесные насаждения, ленточные боры.*

Цитирование. Малиновских А. А., Чичкарев А. С. Жизненное состояние сосновых насаждений в черте г. Барнаула. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 152-162. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-15.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Быстрый рост городов, увеличение доли городского населения выдвинули на первый план проблемы урбэкологии, охраны окружающей среды. Сохранение естественных лесных массивов и создание защитных зеленых насаждений внутри города и вблизи него позволяют сделать проживание более комфортным и экологичным. Большое количество исследований в отношении лесных насаждений проводится в густонаселенных регионах мира в пределах городской черты, а также в пригородных лесах [10, 12]. Доля городских лесов в европейских странах варьирует от 0,1 до 26,3%, а доля пригородных лесов от 1 до 65%. Возникают проблемы, которые приводят к исчезновению этих лесов: вырубки, фрагментация, неправильное управление лесами, изменение среды обитания, ухудшение состояния окружающей среды, интенсивное использование лесов [13].

Воздействие рекреации на лесные сообщества в пригородных лесах изучалось в нашей стране в отношении практически всех компонентов леса: древостоя, подроста, подлеска, почвы и др. [1, 2]. Вытаптывание приводит к обеднению видового состава, разрушению лесной подстилки, гибели самосева и подроста ценных пород [7, 8]. Наиболее устойчивым компонентом леса к длительному рекреационному воздействию является древостой. Это связано с долговечностью большинства хвойных и лиственных древесных пород, их биологической и экологической устойчивостью, пластичностью, способностью выдерживать периодические нагрузки и восстанавливаться после них. Однако при увеличении нагрузок древостой разрушается, что влечет за собой деградацию лесного насаждения, т.к. городская среда является агрессивной по отношению к биологическим видам [6, 9, 11, 14].

Бореальные леса, к которым относятся ленточные боры Западной Сибири, занимают площадь 1,13 млн. га. Это почвозащитные водоохранные сосновые леса, создающие естественный лесной «заслон» на пути сухих юго-западных ветров в Кулундинской степи и на Приобском плато. Ленточные боры и созданная в 50-е гг. XX в. система защитных лесных полос позволяет получать устойчивые урожаи в степной зоне Алтайского края [3]. В настоящее время вблизи г. Барнаула эти леса подвержены длительной рекреационной и аэротехногенной нагрузке. Степень антропогенной трансформации лесных насаждений пригородных лесов г. Барнаула является неизученной. Поэтому мониторинг состояния сосновых лесных насаждений в лесах зеленой зоны г. Барнаула является актуальным.

Цель работы – комплексная оценка жизненного состояния сосновых насаждений, подверженных многолетней рекреационной нагрузке в черте г. Барнаула, а также выявление различий в состоянии компонентов лесных насаждений на лесотипологической основе.

Материалы и методы. Работы выполнялись в лесном фонде Барнаульского лесничества, расположенного в черте городского округа г. Барнаула, в Барнаульском участковом лесничестве (53°16' с. ш., 83°44' в. д.). Для изучения были выбраны наиболее распространенные в лесном фонде типы леса: свежий (западинный) бор (Свб), развивающийся в свежих почвенно-грунтовых условиях (А2) и травяной бор (Трб), развивающийся во влажных почвенно-грунтовых условиях (А3). Объекты исследования – сосновые насаждения в свежем и травяном бору, подверженные рекреационной нагрузке, где подобраны и заложены 12 постоянных пробных площадей (ППП) размером 50×50 м (0,25 га) (таблица 1).

Таблица 1 – Лесоводственно-таксационные параметры сосновых древостоев в
Барнаульском участковом лесничестве

Table 1 – Silvicultural and taxation parameters of pine stands within the
Barnaul district forestry

ППП №	Состав древостоя	Ярусы, вы- сота, м	Элемент леса	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Класс бонитета	Полнота, ед.	Запас на 1 га, м ³	
									сырора- стущий	сухо- стой
Тип леса: травяной бор										
1	7С2С1С+Б	1, 26	С С С Б	150 120 95 90	27 25	40 28	II	0,7	483,03	-
2	5С4С1Б	1, 26	С С Б	120 90 90	28 25 25	48 30 28	II	0,6	336,08	2,94
3	7С2С1С+Б	1, 28	С С Б	130 95 95	30 26 26	48 32 30	I	0,5	308,46	-
4	4С3С3С+Б	1, 26	С Б С	120 88	26 26	30 28	I	0,7	227,72	-
5	6С3С1Б+С	1, 27	С С Б С	130 95 95 60	28 26 26	48 32 32	II	0,5	355,12	1,00
6	7С2С1Б+С	1, 27	С С Б Б С	130 95 95 70 60	28 26 25	48 36 32	II	0,5	373,37	-
Тип леса: свежий бор										
7	7С2С1С	1, 22	С С С	120 95 70	26 23 18	44 26 18	II	0,8	364,97	-
8	6С3С1С	1, 21	С С С	130 85 35	25 20 14	44 22 14	III	0,6	284,89	-
9	10С+С	1, 21	С С	100 75	21	20	II	0,8	353,58	1,00
10	6С4С+Б	1, 22	С С Б	110 85 85	24 21	36 22	III	0,9	316,78	3,88
11	6С4С+С	1, 22	С С С	120 95 70	25 22 18	44 26 18	III	0,8	395,8	-
12	5С3С2С+С +Б	1, 22	С С С С Б	130 90 85 65 40	25 21 16	44 26 16	III	0.6	310,69	-

В пределах каждой пробной площади выполнен сплошной пере́чет древостоя, у каждого дерева в двух направлениях измерялся диаметр на высоте 1,3 м мерной вилкой с точностью до 1 см, высотомером Suunto PM-5/1520 высота дерева с точностью до 0,25°. Возраст деревьев определялся подсчетом годичных колец на кернах, взятых у 5-10 модельных деревьев по основным ступеням толщины с помощью возрастного бурава.

Стадии рекреационной дигрессии определяли трансектным методом по отношению площади вытоптанной до минерального горизонта поверхности напочвенного покрова к общей площади обследуемого участка леса в соответствии с ОСТ 56-69-83.

Категории жизненного состояния деревьев на участках леса определялись по методике В. А. Алексеева, где используется следующая шкала: 1 – здоровое дерево; 2 – поврежденное (ослабленное) дерево; 3 – сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево; 4 – отмирающее дерево; 5 – сухостой. Индексы жизненного состояния древостоев и подроста рассчитаны с использованием формул (по В. А. Алексееву, 1989).

Для оценки состояния естественного возобновления леса (подроста) на каждой ППП были заложены учетные площадки равномерным способом в количестве 30 штук размером 2×2 м. На учетных площадках был подсчитаны всходы и подрост главной, а также второстепенных пород. Подрост распределяли по группам высот: мелкий (не выше 0,5 м), средний (0,6-1,5 м), крупный (выше 1,5 м); группам возраста: всходы, 2-5, 6-10, 11-15, более 16 лет; группы жизненного состояния: здоровый (благонадежный), ослабленный (сомнительный), отмирающий (неблагонадежный) (Методы изучения лесных сообществ, 2002).

Результаты и обсуждение. Наибольшее внимание к древостою среди других компонентов лесного насаждения объясняется тем, что именно древостой является средообразующим компонентом, оказывая ведущее влияние на остальные компоненты лесной экосистемы.

В сосновых древостоях, насаждения в которых подвержены разной степени рекреационной нагрузке, деревья дифференцируются по жизненному состоянию и визуально определяются по степени поврежденности кроны (таблица 2).

Таблица 2 – Распределение деревьев по категориям жизненного состояния в черте г. Барнаула

Table 2 – Distribution of trees by categories of vitality within the city of Barnaul

ППП №	Стадия рекреационной дигрессии	Категория жизненного состояния					Итого, шт./га	L _n , %	Относительное жизненное состояние древостоев
		1	2	3	4	5			
Тип леса: травяной бор									
1	II	220	128	40	20	16	424	73,25	Поврежденный
2	I	128	156	52	48	52	436	54,93	Поврежденный
3	I	56	60	84	8	0	208	47,10	Поврежденный
4	I	76	48	52	4	0	180	60,93	Поврежденный
5	I	92	100	16	0	0	208	78,00	Поврежденный
6	I	64	56	40	60	8	228	46,58	Сильно поврежденный
Тип леса: свежий бор									
7	II	60	320	128	92	24	624	46,11	Сильно поврежденный
8	III	304	132	76	40	12	564	70,57	Поврежденный
9	II	452	244	108	60	16	880	71,04	Поврежденный
10	II	316	268	108	152	72	916	55,73	Поврежденный
11	II	404	290	110	86	20	910	66,82	Поврежденный
12	II	252	160	16	20	4	452	80,81	Здоровый

Примечание: индекс жизненного состояния древостоя L_n, %

Тип леса травяной бор имеет невысокие значения жизненного состояния древостоев в диапазоне 46,58-78,00, что в среднем составляет 60,13 и соответствует «поврежденному» древостою согласно шкале В. А. Алексеева. Сосновые насаждения на ППП № 1-5 в травяном бору имеют «поврежденные», а на ППП № 6 «сильно поврежденные» древостои, несмотря на разную рекреационную нагрузку. Из обследованных в типе леса травяной бор участков II стадия рекреационной дигрессии отмечена нами на ППП № 1, на остальных участках рекреационная дигрессия достигла только I стадии. Сильно поврежденный древостой на ППП №6 по нашему мнению не связан с рекреационной нагрузкой, а связан с отсутствием лесоводственного ухода за лесом в данном выделе.

Тип леса свежий бор имеет несколько более высокие значения жизненного состояния древостоев в диапазоне 46,11-80,81, что в среднем составляет 65,18 и соответствует «поврежденному» древостою согласно шкале В. А. Алексеева. Пробные площади в свежем бору заложены вдоль популярной у горожан «трассы здоровья», которая зимой используется как лыжная трасса, а летом как прогулочная, беговая и велодорожка. Поэтому большая часть этих участков имеет повреждения почвы, лесной подстилки, стадия дигрессии достигла II-III. Несмотря на повреждения почвы, древостой имеет более высокие средние значения индекса жизненного состояния, чем в травяном бору. На ППП № 12 древостой характеризуется как здоровый, хотя и по нижней границе, на ППП № 8, 9 значения индекса выше остальных лесных участков.

В целом древостои на пробных площадях характеризуются как разновозрастные, состоящие из нескольких поколений главной древесной породы – сосны. В отдельных случаях (в травяном бору) в формулу состава в пределах до 1 ед. входит второстепенная порода береза. Самое старшее поколение сосны насчитывает 150-130 лет в типе леса травяной бор, 120-130 лет в типе свежий бор. Разновозрастность сосновых древостоев позволяет им сохранять позиционную структуру и выполнять основные функции, несмотря на рекреационную нагрузку на лесные насаждения и отсутствие своевременного лесоводственного ухода в черте г. Барнаула.

Естественное возобновление леса обеспечивает воспроизводство лесной экосистемы, ее целостность и устойчивость. Подрост – будущий древостой, особенно если мы рассматриваем характеристики главной лесобразующей породы. Густота подроста на исследованных пробных площадях варьировала от 1,3 до 8,8 тыс. шт./га (таблица 3).

Таблица 3 – Характеристика подроста в сосновых насаждениях в черте г. Барнаула

Table 3 – Characteristics of undergrowth in pine plantations within the city of Barnaul

ППП №	Стадия рекреац. дигрессии	Всходы сосны, тыс. шт./га	Состав подроста	Средний возраст, лет	Густота, тыс. шт./га	Встречае- мость под- роста, %
Тип леса: травяной бор						
1	II	-	5С5Б	10	1,3	53,3
2	I	0,3	7С3Б	11	2,9	66,7
3	I	-	7С3Б	10	2,1	60,2
4	I	-	6С4Б	15	1,5	55,8
5	I	-	5С5Б	10	2,0	45,0
6	I	0,2	5С4Б1ОС	12	0,8	50,0
Тип леса: свежий бор						
7	II	1,4	6С4Б	10	5,8	96,7
8	III	8,2	10С	12	3,7	100
9	II	0,1	9С1Б	5	8,8	93,3
10	II	2,2	10С	6	6,9	100
11	II	1,2	9С1Б	10	5,5	85,4
12	II	0,5	9С1Б	15	3,4	90,5

Густота подроста в травяном бору составляет 0,8-2,9 тыс. шт./га, встречаемость 45,0-66,7%. Такое распределение подроста по площади является неравномерным, большая часть его угнетена и вытоптана. Состав подроста в травяном и свежем бору характеризуется как смешанный, второстепенной породой входящей в состав подроста является береза повислая, единично отмечено присутствие осины. Доля березы в составе подроста заметно выше в травяном бору по сравнению со свежим бором, где отмечены участки с чистым по составу подростом (ППП № 8, 10). Средний возраст подроста в травяном бору составляет 10-15 лет, число всходов сосны 0,2-0,3 тыс. шт./га.

Густота подроста в свежем бору заметно выше и составляет 3,4-8,8 тыс. шт./га, встречаемость 85,4-100%. Распределение подроста носит более равномерный характер, только на отдельных вытоптаных участках (полянах, тропах) подрост отсутствует. В типе леса свежий бор средний возраст подроста варьирует в интервале 5-15 лет, а число всходов сосны заметно выше и составляет от 0,1 до 8,2 тыс. шт./га. Различия показателей возраста и высоты вполне характерно для естественного возобновления сосны в разновозрастных насаждениях с неравномерной полнотой и густотой в ленточных борах Алтайского края [3-5]. Встречаемость подроста заметно выше на участках в свежем бору, чем на участках в травяном бору, что связано в первую очередь с рекреационной нагрузкой в лесных насаждениях.

Под влиянием рекреационной нагрузки меняется возрастная структура естественного возобновления леса (таблица 4).

Таблица 4 – Распределение подроста сосны по группам возраста, тыс. шт./га

Table 4 – Distribution of pine undergrowth by age classes, thousand pieces/ha

ППП №	Стадия рекреационной дигрессии	Группы возраста, лет				Итого, тыс. шт./га
		2-5	6-10	11-15	Больше 16	
Тип леса: травяной бор						
1	II	-	0,6	0,3	0,4	1,3
2	I	2,2	0,4	0,2	0,1	2,9
3	I	0,4	0,5	0,9	0,3	2,1
4	I	0,2	0,3	1,0	-	1,5
5	I	1,0	1,2	0,8	-	2,0
6	I	0,5	0,2	0,1	-	0,8
Тип леса: свежий бор						
7	II	1,1	3,4	1,1	0,2	5,8
8	III	2,3	0,6	0,5	0,3	3,7
9	II	6,7	0,9	0,7	0,5	8,8
10	II	5,1	1,7	0,1	-	6,9
11	II	3,4	0,7	1,1	0,3	5,5
12	II	1,2	0,6	1,3	0,3	3,4

Тип леса травяной бор характеризуется неравномерной возрастной структурой естественного возобновления на обследованных участках леса. Даже незначительная рекреационная нагрузка приводит к «выпадению» отдельных поколений в составе подроста. На ППП № 1, где отмечена II стадия рекреационной дигрессии, отсутствует подрост группы 2-5 лет, т.к. подвержен вытаптыванию в первую очередь. В дальнейшем отсутствующий подрост не сможет сменить старшее поколение леса в составе молодняка и древостоя (ППП № 4-6). Впрочем, по нашим наблюдениям рекреационной нагрузке подвержены все возрастные группы подроста как хвойного, так и лиственного: их вытаптывают, ломают, срубают, проезжают по ним на автомашинах и т.д.

В свежем бору возрастная структура также имеет неравномерный характер и сходную закономерность в распределении возрастных групп в зависимости от рекреационной нагрузки. Подрост возрастной группы 2-5 преобладает на большинстве обследованных участках (ППП № 8-12), однако имеет угнетенную жизненную структуру в результате постоянного вытаптывания посетителями леса. Подрост этой группы отмирает в значительном количестве (уходит в отпад), т.к. в старшие группы (6-10 лет и др.) переходит заметно меньшая доля подроста.

Жизненное состояние подроста на участках леса складывается из соотношения здоровых, ослабленных или отмирающих растений лесообразующей породы (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение подроста по категориям жизненного состояния в черте г. Барнаула

Table 5 – Distribution of undergrowth by categories of vitality within the city of Barnaul

ППП №	Стадия ре- креац. ди- грессии	Категории состояния			Итого, тыс. шт./га	C _n ,%	Относительное жизненное со- стояние подростa
		Здоров.	Ослабл.	Отмир.			
Тип леса: травяной бор							
1	II	-	0,5	0,8	1,3	46,8	Сильно ослабл.
2	I	0,8	1,1	1,0	2,9	64,4	Ослабл.
3	I	0,5	1,0	0,6	2,1	65,7	Ослабл.
4	I	0,2	0,7	0,6	1,5	58,0	Ослабл.
5	I	0,3	0,8	0,9	2,0	56,5	Ослабл.
6	I	0,1	0,4	0,3	0,8	58,8	Ослабл.
Тип леса: свежий бор							
7	II	0,5	4,5	0,8	5,8	67,4	Ослабл.
8	III	0,1	3,1	0,5	3,7	64,3	Ослабл.
9	II	4,0	2,2	2,6	8,8	72,1	Ослабл.
10	II	3,0	2,7	1,2	6,9	76,2	Ослабл.
11	II	0,6	4,0	0,9	5,5	67,2	Ослабл.
12	II	0,2	2,8	0,4	3,4	66,7	Ослабл.

Примечание: индекс жизненного состояния подроста C_n, %

Тип леса травяной бор имеет сильно ослабленный и ослабленный подрост на всех обследованных ППП. Это вполне объяснимо тем, что на ППП № 1 с сильно ослабленным подростом нами отмечена II стадия рекреационной дигрессии, тогда как на ППП № 2-6 отмечена I стадия дигрессии. Здоровый подрост сосны на ППП № 1 полностью отсутствует, он вытоптан рекреантами и замещен ослабленным и отмирающим подростом главной породы. На ППП № 2-6 рекреационная обстановка меняется, т.к. участки расположены дальше от основной дороги ведущей в лесной массив. Тем не менее здесь преобладает (60-70% от общего количества) ослабленный и отмирающий подрост, по причине интенсивного вытаптывания посетителями леса.

Тип леса свежий бор характеризуется ослабленным жизненным состоянием подроста на всех обследованных участках леса с рекреационной нагрузкой. Заметно вытоптан и угнетен подрост главной породы на ППП № 7, 8, 11, 12, где значения индекса жизненного состояния находятся в интервале 64,3-67,4%. На участках леса, где заложены ППП № 9-10 подрост сосны имеет заметно более высокий индекс жизненного состояния, который составляет 72,1-76,2%. Тип леса свежий бор имеет более высокую густоту подроста, чем травяной бор. Высокая густота подроста по нашему мнению в некоторой степени может компенсировать часть вытоптанного, сломанного, угнетенного рекреантами естественного возобновления леса.

Заключение. Сосновые насаждения в черте г. Барнаула подвержены многолетней рекреационной нагрузке: на отдельных участках леса в травяном бору дигрессия достигла II стадии, в свежем бору III стадии. Распределение древостоев в сосновых насаждениях по ступеням толщины свидетельствует о нормальном распределении деревьев, кроме отдельных насаждений, где требуется проведение рубок ухода. Относительное жизненное состояние древостоев в травяном бору на обследованных участках в целом характеризуется как «поврежденное», на отдельном участке «сильно поврежденное». В свежем бору жизненное состояние древостоев варьирует от «здоровых» к «сильно поврежденным», большая часть насаждений имеет «ослабленные» древостои.

Подрост в условиях типов леса травяной и свежий бор испытывает постоянное негативное влияние рекреации. На отдельных участках леса подвергается вытаптыванию группы возраста 2-5, 6-10 лет, которые в дальнейшем не смогут сменить старшее поколение леса. Сосновые насаждения в типах леса травяной и свежий бор имеют ослабленное жизненное состояние подраста главной породы, т.е. преобладание категорий «ослабленного» и «отмирающего» над «здоровым».

С целью сохранения лесных насаждений Барнаульского лесничества, повышения их биологической устойчивости рекомендуем продолжить исследования по изучению влияния антропогенной нагрузки на лесные экосистемы ленточного бора и подготовке лесохозяйственных рекомендаций на их основе.

Conclusions. Pine plantations within the city of Barnaul are subject to long-term recreational load: in some areas of the grassy forest, digression has reached stage II, in the fresh forest, stage III. The relative vitality of forest stands in the grassy forest in the surveyed areas is generally characterized as «damaged», in a separate area «severely damaged». In the fresh forest, the vitality of stands varies from «healthy» to «severely damaged», most of the plantations have «weakened» stands.

The undergrowth in the fresh and grassy forest types is constantly affected by recreation. In some areas of the forest, age classes of 2-5 and 6-10 years suffer from trampling, and in the future they will not be able to replace the older generation of the forest. Vitality of the undergrowth of the main species of pine plantations in the grassy and fresh forest types is weakened, i.e. the categories of «weakened» and «dying» prevail over «healthy».

In order to preserve the forest plantations of the Barnaul forestry and increase their biological sustainability, we recommend continuing research to study the impact of anthropogenic load on the forest ecosystems of the belt forests and preparing forestry recommendations based on them.

Библиографический список

1. Грязькин А. В., Кочкин А. А., Петрик В. В. Динамика состава растительности нижних ярусов в парковых фитоценозах // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. № 6 (360). С. 46-55.
2. Кузнецов В. А., Рыжова И. М., Стома Г. В. Изменение лесных экосистем мегаполиса под влиянием рекреационного воздействия // Почвоведение. 2019. № 5. С. 633-642.
3. Ленточные боры Алтайского края – состояние и совершенствование хозяйства в них / А. А. Мартынюк, В. М. Сидоренков, В. И. Желдак, Н. И. Лямцев, О. В. Рябцев [и др.] // Лесохозяйственная информация. 2019. № 1. С. 33-48.
4. Малиновских А. А., Маленко А. А. Процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после выборочных рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2018. № 1. С. 67-72.
5. Малиновских А. А., Савин М. А. Естественное лесовосстановление на гарях в ленточных борах Западной Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2019. Вып. XXXVII. № 3-4. С. 223-228.
6. Оценка биологической продуктивности лесной среды в условиях урбанизации (на примере воронежской нагорной дубравы) / Г. А. Одноралов, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, Т. А. Малинина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2020. № 2 (374). С. 60-72.
7. Подстилки городских насаждений как индикатор интенсивности биологического круговорота в условиях мегаполиса / О. В. Семенюк, В. М. Телеснина, Л. Г. Богатырев, Ф. И. Земсков // Почвоведение. 2022. № 6. С. 673-686.

8. Шугалей Л. С. Рекреационное воздействие на лесные биогеоценозы государственного природного заповедника «Столбы» // Вестник Красноярского гос. аграрного ун-та. 2017. № 9 (132). С. 189-199.
9. Экология города: ретроспектива и перспективы изучения / Т. Н. Карманова, Н. Ю. Феоктистова, Е. А. Фетисова, А. А. Мосалов, А. В. Суров // Журнал общей биологии. 2021. № 3. Т. 82. С. 163-174.
10. Gundersen V., Vistad O. I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests. 2016. V. 7. № 6. P. 113.
11. Lynch A. J. Predictors of tree cover in residential open space: a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // Urban Ecosyst. 2022. V. 5. Pp. 1515-1526.
12. Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe // Urban Forestry & Urban Greening. 2022. V. 68. P. 127453.
13. Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // Forests. 2019. V. 10. № 9. P. 765.
14. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / G. Heringer [et al.] // Urban Ecosystems. 2022. V. 3. Pp. 753-763.

References

1. Gryazkin A. V., Kochkin A. A., Petrik V. V. Dynamics of the composition of vegetation of the lower tiers in park phytocenoses // Izvestia of higher educational institutions. Forest Journal. 2017. № 6 (360). Pp. 46-55.
2. Kuznetsov V. A., Ryzhova I. M., Stoma G. V. Change in the forest ecosystems of the metropolis under the influence of recreational influence // Soil science. 2019. № 5. Pp. 633-642.
3. Belt bores of the Altai Territory - the state and improvement of the economy in them / A. A. Martynyuk, V. M. Sidorenkov, V. I. Zheldak, N. I. Lyamtsev, O. V. Ryabtsev [et al.] // Forestry information. 2019. № 1. Pp. 33-48.
4. Malinovskiyh A. A., Malenko A. A. The process of natural resumption of ordinary pine after selective felling in ripe and perestroika plantings in tape forests of the Altai Territory // Bulletin of the Altai State. Agrarian University. 2018. № 1. Pp. 67-72.
5. Malinovskiyh A. A., Savin M. A. Natural reforestation on burning in tape forests of Western Siberia // Coniferous boreal zones. 2019. No. XXXVII. № 3-4. Pp. 223-228.
6. Assessment of the biological productivity of the forest environment in urbanization (using the example of the Voronezh upland oak forest) / G. A. Odnorolov, E. N. Tikhonov, I. V. Golyadkin, T. A. Malinin // Izvestia of higher educational institutions. Forest Journal. 2020. № 2 (374). Pp. 60-72.
7. Bedding of urban plantations as an indicator of the intensity of biological cycling in a metropolis / O. V. Semenyuk, V. M. Telesnina, L. G. Bogatyrev, F. I. Zemskov // Soil science. 2022. № 6. Pp. 673-686.
8. Shugaley L. S. Recreational impact on forest biogeocenoses of the Stolby State Nature Reserve // Bulletin of the Krasnoyarsk State. Agrarian University. 2017. № 9 (132). Pp. 189-199.
9. Ecology of the city: retrospective and prospects for study / T. N. Karmanova, N. Yu. Feoktistova, E. A. Fetisova, A. A. Mosalov, A. V. Surov // Journal of General Biology. 2021. № 3. V. 82. Pp. 163-174.
10. Gundersen V., Vistad O. I. Public opinions and use of various types of recreational infrastructure in boreal forest settings // Forests. 2016. V. 7. № 6. P. 113.
11. Lynch A. J. Predictors of tree cover in residential open space: a multi-scale analysis of suburban Philadelphia // Urban Ecosyst. 2022. V. 5. Pp. 1515-1526.
12. Multifunctionality in practice: measuring differences in urban woodland ecosystem properties via functional traits / F. Cardou, I. Aubin, B. Shipley, M. Lapointe // Urban Forestry & Urban Greening. 2022. V. 68. P. 127453.
13. Referowska-Chodak E. Pressures and threats to nature related to human activities in european urban and suburban forests // Forests. 2019. V. 10. № 9. P. 765.
14. Urbanization Affects the Richness of Invasive Alien Trees But Has Limited Influence on Species Composition / G. Heringer [et al.] // Urban Ecosystems. 2022. V. 3. Pp. 753-763.

Информация об авторах

Малиновских Алексей Анатольевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет (РФ, 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98), тел. 8 (3852) 203-358, 0000-ORCID: <https://orcid.org/0003-1719-3841>, e-mail: almaa1976@yandex.ru

Чичкарев Александр Сергеевич, ассистент кафедры лесного хозяйства, ФГБОУ ВО Алтайский государственный аграрный университет (РФ, 656049, г. Барнаул, пр. Красноармейский, д. 98), тел. 8 (3852) 203-358, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6292-3247>, e-mail: chichkarev94@mail.ru

Authors Information

Malinovskikh Alexey Anatolyevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry, Altai State Agrarian University (656049, Barnaul, Krasnoarmeysky Ave., 98), tel. 8 (3852) 203-358, 0000-ORCID: <https://orcid.org/0003-1719-3841>, e-mail: almaa1976@yandex.ru

Chichkarev Alexander Sergeyevich, assistant of the forestry department, Altai State Agrarian University (98 Krasnoarmeysky Ave., Barnaul, 656049), tel. 8 (3852) 203-358, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6292-3247>, e-mail: chichkarev94@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-16

IMPROVEMENT OF THE MOLE PLOUGH DESIGN FOR FORMATION OF A MOLE IRRIGATION SYSTEM IN THE LOWER VOLGA REGION

S. G. Milovanov, E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, K. V. Bondarenko

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Agricultural University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: e419829@yandex.ru

Received 10.07.2023

Submitted 15.08.2023

Summary

Based on research conducted in 2022 at the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana», the article presents the results of studying of the mole maker main elements (two rack options and three forms of expanders for them), as the main working body for the formation mole irrigators – the main elements of the mole irrigation system. It has been established that trapezoidal racks with a “knife” (a front cutting edge 30 mm wide along the entire height of the stand) and a “chisel” (a rectangular cutting surface of the drainer) with a cone parabolic expander 380 mm long attached to it form the best mole plough construction.

Abstract

Introduction. At present, drip subsoil irrigation is being intensively developed in the USA, Israel and other countries. The main advantage of these systems, in comparison with drip irrigation, is the complete mechanization of laying drip pipes with a diameter of 16 mm into the soil to a depth of 0.5 m. In this regard, the use of mole irrigation systems, as a main type of subsurface irrigation, consisting of the soil pipes, is a more efficient and cheaper method to deliver water and fertilizers directly to the roots of plants. Such soil pipes (mole sprinklers) are formed annually after the passage of a mole-maker, a special working body fixed on the frame of the MTZ-82 tractor. **Object.** Mole plough for formation of the mole sprinklers. **Materials and methods.** In the field experiments carried out at the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana», 2 variants of the mole-maker stand and 3 forms of expanders for them were investigated. The racks were trapezoidal form with «knife» (a front cutting edge 30 mm wide along the entire height of the stand) and with «chisel» (a rectangular cutting surface of the drainer) and a rectangular shape with an ellipsoid shape of the cutting surface of the drainer. The expanders were a combination of a cone and a cylinder (cone-cylindrical); cone and paraboloid (cone-parabolic) and on the contrary, paraboloid and cone (parabolic-cone) shape 300 and 380 mm long. The choice of the most effective design was evaluated by the degree of the molehill destruction. **Results and conclusions.** Comparison of two variants

of the mole rack showed that the design of the trapezoidal shape with a «knife» and a «chisel» was much more efficient, because for any shape and size of the expanders, the degree of destruction of the formed molehills was 5 ... 38% lower than when using a rectangular form with an ellipsoid the shape of the cutting surface of the drainer. Evaluation of the expander various options made it possible to establish that the cone-parabolic shape of the expander 380 mm long made it possible to form the most dense form of mole irrigators with a diameter of 50 ... 70 mm at a depth of 0.45 ... 0.50 m, minimizing the degree of destruction. The obtained results will be used to create an effective mole irrigation system for technical (on the example of cotton) and leguminous crops (on the example of soybeans). This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Administration of the Volgograd Region under project No. 22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Key words: *mole irrigation, mole plough, mole irrigators, racks and expanders for mole sprinklers, diameters and depth of mole hills.*

Citation. Milovanov S. G., Khodiakov E. A., Petrov N. Yu., Bondarenko K. V. Improvement of the mole plough design for formation of a mole irrigation system in the lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 162-173 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-16.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КРОВОТАТЕЛЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ КРОВОГО ОРОШЕНИЯ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время в США, Израиле и других странах интенсивно развивается капельное внутрипочвенное орошение. Основное преимущество этих систем, по сравнению с капельным орошением заключается в полной механизации укладки капельных трубок диаметром 16 мм в почву. В этом плане представляет значительный интерес использование систем кротового орошения, как основной разновидности внутрипочвенного, состоящих из почвенных труб для подачи воды и удобрений непосредственно к корням растений. Такие почвенные трубы (каналы) формируются ежегодно после прохода кротователя – специального рабочего органа, навешенного на раму трактора МТЗ-82. **Объект.** Кротователь для нарезки кротовых оросителей. **Материалы и методы.** В полевых опытах, проведённых в Учебном научно-производственном центре «Горная поляна» Волгоградского ГАУ, были исследованы 2 варианта конструкции стойки кротователя и 3 формы уширителей к ним. Стойки были трапецеидальной формы с «ножом» (передняя режущая кромка шириной 30 мм по всей высоте стойки) и «долотом» (прямоугольной формы режущая поверхность дренажа) и прямоугольной формы с эллипсоидной формой режущей поверхности дренажа. Уширители представляли собой комбинацию конуса и цилиндра (конусоцилиндрической формы); конуса и параболоида (конусопараболической формы) и наоборот, параболоида и усечённого конуса (параболаконической формы) длиной 300 и 380 мм. Выбор наиболее эффективной конструкции оценивался по степени осыпания кротовин. **Результаты и выводы.** Сравнение двух вариантов стойки кротователя показало, что вариант конструкции трапецеидальной формы с «ножом» и «долотом» был значительно эффективнее, так как при любых формах и размерах уширителей степень осыпания сформированных кротовин был на 5...38 % ниже, чем при использовании прямоугольной стойки с эллипсоидной

формой режущей поверхности дренажа. Оценка различных вариантов уширителей позволила установить, что конусо-параболическая форма уширителя длиной 380 мм позволяла формировать самую плотную форму кротовых оросителей диаметром 50...70 мм на глубине 0,45...0,50 м, снижая до минимума степень разрушения. Полученные результаты будут использованы для создания эффективной системы кротового орошения технических (на примере хлопчатника) и зернобобовых культур (на примере сои). Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области по проекту №22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Ключевые слова: кротовое орошение, кротователи, кротовые оросители, уширители кротователя, диаметры кротовых оросителей, технологии орошения.

Цитирование. Милованов С. Г., Ходяков Е. А., Петров Н. Ю., Бондаренко К. В. Совершенствование конструкции кротователя для формирования системы кротового орошения в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 162-173. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время среди наиболее распространённых способов полива, таких как поверхностное орошение, дождевание, капельное поверхностное и внутрипочвенное орошение внутрипочвенный полив сельскохозяйственных культур по трубам-увлажнителям, уложенным на глубину 0,4...0,5 м, занимает особое место. Многолетние исследования в Волгоградском государственном аграрном университете по внутрипочвенному орошению (ВПО) корнеплодов на примере редьки и столовой свёклы, паслёновых культур, на примере томатов и перца [6, 7, 16] показали, что этот способ полива, также как и капельное орошение, позволяет значительно облегчить эксплуатацию участков, снизить до минимума испарение с почвы, подавать удобрения вместе с поливной водой непосредственно к корням растений, повысить урожайность, снизить расход оросительной воды по сравнению с дождеванием. Одновременно с этим исчезает необходимость в тщательной очистке поливной воды и резко возрастает срок эксплуатации системы по сравнению с капельным поливом.

Главная сложность в создании систем внутрипочвенного орошения заключается в необходимости использования специальной техники с целью устройства траншей для внутрипочвенных увлажнителей. В этом плане представляет значительный интерес использование систем кротового орошения как основной разновидности внутрипочвенного, состоящих из почвенных труб для подачи воды и удобрений непосредственно к корням растений.

На юге России его использовали в основном для полива сельскохозяйственных культур животноводческими стоками [2]. За рубежом кротовое орошение исследовали в Бразилии [17], Аргентине [15], Португалии [10], Египте [14], Китае [13], США [9], Канаде [18], Иране [11] и Нидерландах [12].

В Волгоградской области, как наиболее типичной для Нижнего Поволжья, кротовое орошение изучается впервые, поэтому центральной задачей проведённых исследований встала необходимость разработки рабочих органов-кротователей для устройства кротовых оросителей в почве. Это основная часть поливной сети системы кротового орошения.

Материалы и методы. Участок, на котором проводились исследования, находится в междуречье Волги и Дона. Климат в этом регионе резко континентальный. Лето – жаркое, сухое с практически полным отсутствием дождей в июле и августе. Зима – холодная, малоснежная. Полевые опыты, выполнены в 2022 году в Учебном научно-производственном центре «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета. Они

являются базовой частью (начальным этапом) многолетних полевых опытов по разработке системы кротового орошения для выращивания технических (на примере хлопчатника) и зернобобовых культур (на примере сои), которые будут заложены в 2023 г.

Почвы участка типичные для Нижнего Поволжья светло-каштановые средне- и тяжёлосуглинистые. Поливная сеть системы кротового орошения состоит из кротовых оросителей. Основным рабочим органом для нарезки кротовых оросителей в почве является кротователь.

Для нарезки кротовин может подойти оборудование для формирования систем горизонтального дренажа (системы кротовых дрен) [1, 3-5, 8].

Изучение выпускаемой продукции в России и за рубежом позволило выбрать два варианта кротователя для нарезки кротовых оросителей в почве (рисунок 1), состоящим из стойки (а) с дреном (b) и уширителем (d), закреплённой на специальную раму сзади трактора МТЗ-82. Использование такой стойки позволяет нарезать кротовины – почвенные трубы по ходу движения трактора.

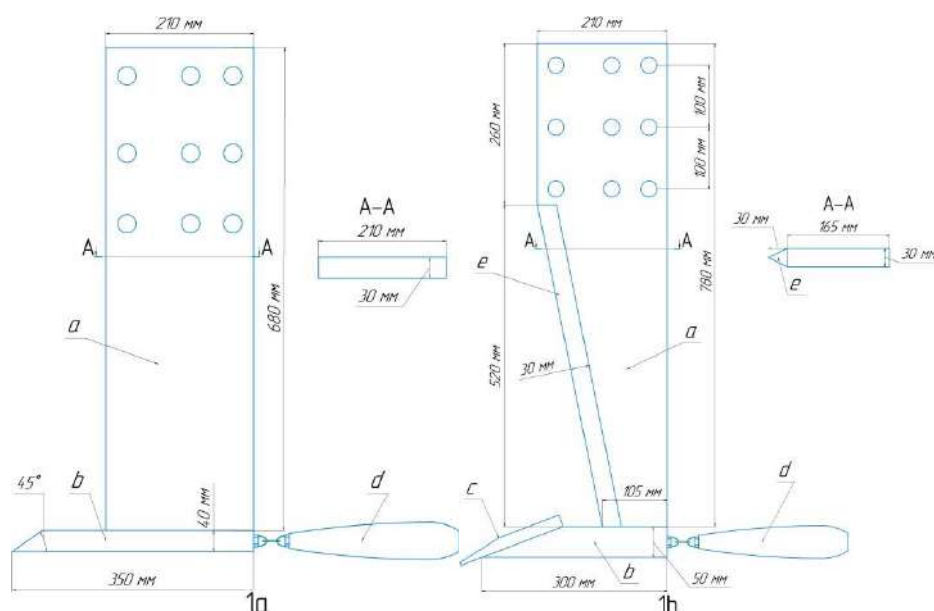


Рисунок 1 – Варианты стойки для устройства поливной сети при кротовом орошении:

1а – стойка прямоугольная с эллипсоидной формой режущей поверхности дренера.

1б – стойка трапециевидная с «ножом» и «долотом»;

а – стойка, b – дреном, c – долото, d – уширитель, e – передняя режущая кромка

Figure 1 – Irrigation network rack options for mole irrigation:

1a – the stand is rectangular with an ellipsoid shape of the cutting surface of the drainer;

1b – trapezoidal stand with "knife" and "chisel";

a – stand, b – drainer, c – chisel, d – expander, e – knife

Одновременно с исследованием стоек кротователя в наших полевых опытах были изучены 3 варианта конструкции уширителей:

1. Уширитель для кротователя № 1 (рисунок 2), сочетающей конус и цилиндр (конусоцилиндрической формы) с тремя вариантами соотношения наибольших и наименьших диаметров:

- 1а. 50 и 30 мм;
- 1б. 60 и 40 мм;
- 1с. 70 и 50 мм.



Рисунок 2 – Формы уширителя для кротователя № 1
Figure 2 – Forms of expander for mole maker No 1

2. Уширитель для кротователя № 2 (рисунок 3), сочетающей усечённые конус и параболоид (конусопараболической формы) с тремя вариантами соотношения наибольших и наименьших диаметров:

- 2a. 50 и 40 мм;
- 2b. 60 и 40 мм;
- 2c. 70 и 40 мм.

Все уширители кротователя № 1 и 2 имели длину 380 мм.



Рисунок 3 – Формы уширителя для кротователя № 2
Figure 3 – Forms of expander for mole maker No. 2

3. Уширитель для кротователя № 3 (рисунок 4), сочетающей параболоид и усечённый конус (параболаконической формы) с тремя вариантами соотношения наибольших и наименьших диаметров:

- 3a. 60 и 50 мм;
- 3b. 70 и 60 мм;
- 3c. 80 и 70 мм.

Все уширители № 3, а также вариант 1d для уширителя № 1 и вариант 2 d уширителя № 2 с сочетанием диаметров 60 и 40 мм имели длину 300 мм.



Рисунок 4 – Формы уширителя для кротователя № 3
Figure 4 – Forms of expander for mole maker No. 3

Оценка эффективности применения различных конструкций стойки и уширителей производилась по степени сохранности кротовин.

Испытания проводились следующим образом: после нарезки кротового оросителя длиной 50 м на расстоянии 20 м от его начала раскапывали сечение кротовин, визуально измеряли полученный диаметр, глубину нарезки и затем с помощью системы телеинспекции «Саламандра 2» устанавливали степень их разрушения и сохранности. Обследование проводилось в обе стороны от места раскопки. Проведённая съёмка (для примера, показанная на рисунках 5 и 6) позволяла с достаточной степенью точности определить степень осыпания стенок кротовин для каждого варианта исследуемых уширителей.



Рисунок 5 – Кротовина (съёмка вперёд)
Figure 5 – Molehill (shooting forward)



Рисунок 6 – Кротовина (съёмка назад)
Figure 6 – Molehill (shooting back)

Полевые испытания проводили при разной влажности почвы, в среднем она составляла 80...85 % НВ. В данной статье представлены осреднённые данные испытания кротовых оросителей, проведённые на почвах с различной влажностью почвы в летне-осенний период 2022 г.

Результаты и обсуждение. Диаметры сформировавшихся кротовин и степень осыпания были основными критериями оценки эффективности и двух вариантов стойки с различными параметрами, к которым поочерёдно присоединялись трёх варианта уширителей различной формы.

Результаты испытания уширителей конусоцилиндрической формы показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытания уширителей конусоцилиндрической формы

Table 1 – Test results for cone-shaped expanders

Вариант опыта (шифр уширителя)	Длина уширителя, мм	Начальный диаметр уширителя, мм	Наибольший диаметр уширителя (d1), мм	Конечный диаметр уширителя (d2), мм	Диаметр кротовины, мм	Глубина нарезки, м	Степень осыпания, %
1a	380	25	50	30	55	0,47	87
1b			60	40	62	0,49	66
1c			70	50	72	0,50	50

Результаты испытания уширителей конусопараболической формы показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытания уширителей конусопараболической формы

Table 2 – Test results for parabolic cone expanders

Вариант опыта (шифр уширителя)	Длина уширителя, мм	Начальный диаметр уширителя, мм	Наибольший диаметр уширителя (d), мм	Конечный диаметр уширителя, мм	Диаметр кротовины, мм	Глубина нарезки, м	Степень осыпания, %
2a	380	25	50	40	58	0,45	40
2b			60	40	63	0,46	25
2c			70	40	77	0,47	11

Результаты испытания уширителей параболаконической формы показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытания уширителей параболаконической формы

Table 3 – Test results for parabolaconic expanders

Вариант опыта (шифр уширителя)	Длина уширителя, мм	Начальный диаметр уширителя, мм	Наибольший диаметр уширителя (d1), мм	Конечный диаметр уширителя (d2), мм	Диаметр кротовины, мм	Глубина нарезки, м	Степень осыпания, %
1d	300	25	60	40	65	0,49	85
2d			60	40	60	0,45	73
3a			56	50	57	0,45	65
3b			68	60	60	0,48	58
3c			80	70	77	0,48	51

Результаты испытания двух вариантов стойки (первый – с прямоугольной стойкой с эллипсоидной формой режущей поверхности дренажа и второй – с трапециевидной стойкой с «ножом» и «долотом») с уширителями трёх различных форм для устройства кротовых оросителей приведены в таблице 4.

Форма конструкции уширителя для кротователя № 1 (рисунок 7) представляла собой коническую часть длиной 70 мм, переходящую в цилиндрическую переменной длины (l) и диаметра (d1) и далее – снова в коническую длиной 30 мм и переменным диаметром концевой части (d2). Общая длина уширителя была равна 380 мм.

Изменение наибольшего диаметра уширителей от 50 до 70 мм позволило сформировать кротовины диаметром 55 ... 72 мм с отклонением +2...+5 мм или 2,9...10,0 %. Глубина нарезки была одинаковой, составляя 0,47 ... 0,50 м. Степень осыпания кротовин была в пределах 50 ... 87 %.

Таблица 4 – Результаты испытания стоек с уширителями трёх различных форм для устройства кротовых оросителей

Table 4 – The results of testing racks with expanders of three different shapes for the installation of mole sprinklers

Форма уширителя	Размеры уширителей, мм			Степень осыпания кротовин, %	
	Длина	Наибольший диаметр	Конечный диаметр	Первый вариант стойки	Второй вариант стойки
конусоцилиндрическая	380	50	30	100	87
		60	40	85	66
		70	50	65	50
	300	60	40	100	85
конусо-параболическая	380	50	40	45	40
		60	40	36	25
		70	40	21	11
	300	60	40	95	73
парабола-коническая	300	56	50	100	65
		68	60	96	58
		80	70	77	51

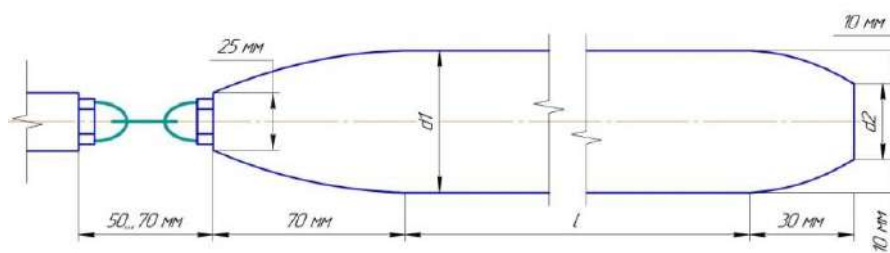


Рисунок 7 – Схема уширителя для кротователя №1 конусоцилиндрической формы
Figure 7 – Scheme of the expander for the mole maker No. 1 of a cone-cylindrical shape

Форма конструкции уширителя для кротователя №2 (рисунок 8) представляла собой конусо-параболическую конструкцию. То есть, это конус переменной длины (l) и наибольшего диаметра (d), переходящий в параболоид длиной 30 мм и диаметром в концевой части 40 мм. Общая длина уширителя 380 мм.

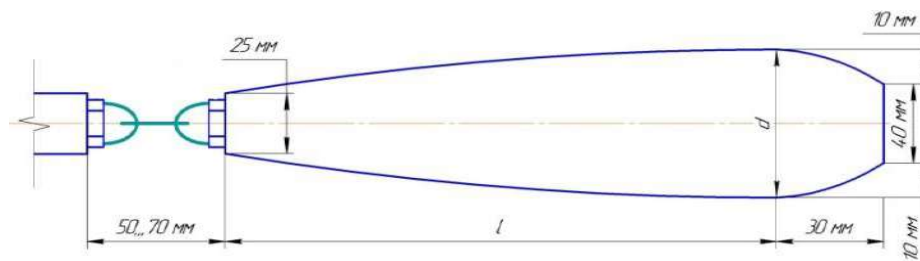


Рисунок 8 – Схема уширителя для кротователя № 2 конусопараболической формы
Figure 8 – Scheme of the expander for the mole maker No. 2 of a coneparabolic shape

Изменение наибольшего диаметра уширителей от 50 до 70 мм позволило сформировать кротовины диаметром 58 ... 77 мм с отклонением +3...+8 мм или 5,0...16,0 %. Глубина нарезки была одинаковой, составляя 0,45 ... 0,47 м. Степень осыпания кротовин составила 11 ... 40 %.

Конструкция уширителя для кротователя №3 (рисунок 9) имела обратную (перевёрнутую) форму уширителя №2, параболаконическую. Здесь сначала шла параболическая часть переменной длины (l_1), переходящая в коническую часть переменной длины (l_2) с наибольшим диаметром (d_1) в начале и наименьшим (d_2) в конце. Длина уширителя была снижена до 300 мм.

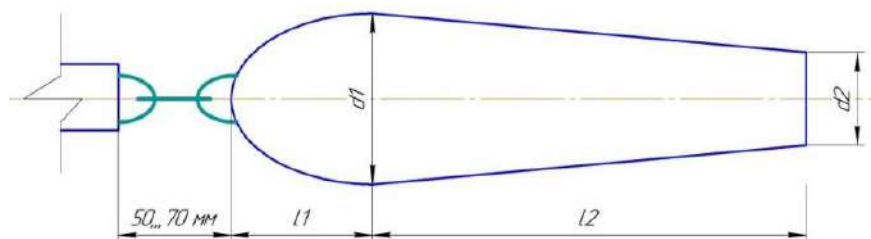


Рисунок 9 – Схема уширителя для кротователя № 3 параболаконической формы
Figure 9 – Scheme of expander for mole maker No. 3 of paraboliconic shape

Полевые опыты позволили установить, что, в отличие от предыдущих конструкций уширителя, сформировавшиеся кротовины были меньше наибольшего диаметра на (-3)...(-10) мм или на 1,5...5,0 %. Глубина нарезки составила 0,45...0,48 м. Степень осыпания кротовин составила 65 ... 51 %, снижаясь до минимальных значений при увеличении диаметра уширителя от 50 до 70 мм.

Испытание различных вариантов конструкции стойки с уширителями различной формы и длины для устройства кротовин (таблицы 1-4) показали, что степень их разрушения была очень высокой, достигая 100 % на отдельных вариантах. Это было связано с тем, что толщина стойки составляла 30 мм. Следовательно, в дальнейшем, повысив прочность стали, можно её уменьшить в 2 раза до 12... 15 мм.

Сравнительный анализ различных конструкций стоек показал, что при использовании второго варианта стойки, по сравнению с первым, разрушение кротовин для уширителей конусоцилиндрической формы снижалось на 13...19 %, конусопараболической формы – на 4...22 %, параболаконической формы – на 26...38 %.

Выводы. Таким образом, проведённые исследования показали, что при глубине нарезки кротовых оросителей 0,45...0,50 м из трёх рассматриваемых форм уширителей наиболее эффективной оказалась конусопараболическая, поскольку степень осыпания кротовин здесь была наименьшей.

При сравнении вариантов размеров уширителя №1 1d с 1b, а для уширителя №2 2d с 2b степень осыпания снизилась соответственно от 85 и 73 до 66 и 25 %. Это доказывает то, что наиболее эффективно формируются кротовины при использовании уширителей длиной 380 мм.

Сравнительный анализ различных использования двух конструкций стоек по сформированному диаметру и степени сохранности кротовых оросителей показал, что независимо от формы и размеров уширителей наиболее эффективной является с трапециевидальной стойкой с «ножом» и «долотом».

Conclusions. Thus, the conducted studies showed that with a cutting depth of mole sprinklers of 0.45...0.50 m for the three forms of expanders under consideration, the cone-parabolic one turned out to be the most effective, since the degree of shedding of molehills here was the least.

When comparing the size options for extender No. 1 1d with 1b, and for extender No. 2 2d with 2b, the degree of shedding decreased, respectively, from 85 and 73 to 66 and 25%. This proves that molehills are formed most effectively when using extenders 380 mm long.

A comparative analysis of the different uses of two designs of stands in terms of the formed diameter and degree of preservation of mole sprinklers showed that, regardless of the shape and size of the extenders, the most effective is a trapezoidal stand with a “knife” and a “chisel.”

Библиографический список

1. Ахмеджонов Д. Г., Жураев Ф. У., Ахмеджанов Г. Применение полимер-полимерного комплекса для закрепления почвы в кротовом дренаже // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2015. № 3 (59). С. 54-57.
2. Гостищев Д. П. Эксплуатация систем кротово-внутрипочвенного орошения при использовании сточных вод и животноводческих стоков // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейной международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). М.: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2007. С. 130-136.
3. Дьяченко Е. В., Чеботарев М. И. Применение универсальной кротодренажной машины на рисовых чеках // Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 16-17.
4. Жураев Ф. У., Тухтаев Г. П. Деформации почвы при образовании кротового дренажа // Молодой ученый. 2015. № 4 (84). С. 179-182.
5. Исследование кротования закрытых почвогрунтов на основе реологических моделей / В. В. Бородычев, В. А. Шевченко, А. Е. Новиков, М. И. Ламскова, М. И. Филимонов // Сельский механизатор. 2017. № 7. С. 10-11.
6. Овчинников А. С., Ходяков Е. А., Милованов С. Г. Получение планируемых урожаев овощных культур при использовании локальных способов полива на юге России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: «Агрономия и животноводство». 2018. № 3 (13). С. 232-240.
7. Ходяков Е. А., Милованов С. Г. Совершенствование конструкции системы внутрипочвенного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 269-275.
8. Чеботарёв М. И., Дьяченко Е. В. Обоснование параметров рабочих органов комбинированного кротователя-бороздодела // Рисоводство. 2019. № 2 (43). С. 61-65.
9. Acharya S., Mylavarapu R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // Agricultural water management. 2015. V. 149. Pp. 166-174.
10. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisil soil under irrigation // Biosystems Engineering. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.
11. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // Agricultural water management. 2022. V. 266. N. 107579.
12. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // Agricultural water management. 2022. V. 269. N. 107677.
13. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // Agricultural water management. 2019. V. 221. Pp. 231-237.
14. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta, Egypt // International Journal of Plant & Soil Science. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.
15. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // Soil and Tillage Research. 2022. V. 223. N. 105448.
16. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. A. Khodyakov, A. D. Akhmedov, E. P. Borovoy, K. V. Bondarenko, S. G. Milovanov // Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic: E3S Web of Conferences International Conference. 2021. V. 282. N. 05001.
17. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // Agricultural water management. 2014. V. 146. Pp. 105-114.
18. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // Agricultural water management. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

References

1. Akhmedzhonov D. G., Zhuraev F. U., Akhmedzhanov G. Use of polymer-polymer complex for soil consolidation in mole drainage // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. Novocherkassk: Russian Research Institute of Reclamation Problems. 2015. № 3 (59). Pp. 54-57.
2. Gostishchev D. P. Operation of mole-in-soil irrigation systems when using wastewater and livestock effluents // Problems of sustainable development of land reclamation and rational nature management: materials of the anniversary international scientific and practical conference (Kostyakov readings). M.: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, 2007. Pp. 130-136.
3. Dyachenko E. V., Chebotarev M. I. Use of a universal crotodrainage machine on rice checks // Rural machine operator. 2018. № 10. Pp. 16-17.
4. Zhuraev F. U., Tukhtaev G. P. Soil deformations during the formation of mole drainage // Young scientist. 2015. № 4 (84). Pp. 179-182.
5. A study of crotting of closed soils based on rheological models / V. V. Borodychev, V. A. Shevchenko, A. E. Novikov, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Rural machine operator. 2017. № 7. Pp. 10-11.
6. Ovchinnikov A. S., Khodyakov E. A., Milovanov S. G. Obtaining the planned yields of vegetable crops using local irrigation methods in southern Russia // Bulletin of the Russian University of Peoples' Friendship. Series: "Agronomy and Animal Husbandry." 2018. № 3 (13). Pp. 232-240.
7. Khodyakov E. A., Milovanov S. G. Improving the design of the internal irrigation system // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2018. № 1 (49). Pp. 269-275.
8. Chebotarev M. I., Dyachenko E. V. Justification of the parameters of the working organs of the combined crotch-furrow // Rice growing. 2019. № 2 (43). Pp. 61-65.
9. Acharya S., Mylavarapu R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // Agricultural water management. 2015. V. 149. Pp. 166-174.
10. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisil under irrigation // Biosystems Engineering. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.
11. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // Agricultural water management. 2022. V. 266. N. 107579.
12. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // Agricultural water management. 2022. V. 269. N. 107677.
13. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // Agricultural water management. 2019. V. 221. Pp. 231-237.
14. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta, Egypt // International Journal of Plant & Soil Science. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.
15. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // Soil and Tillage Research. 2022. V. 223. N. 105448.
16. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. A. Khodyakov, A. D. Akhmedov, E. P. Borovoy, K. V. Bondarenko, S. G. Milovanov // Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic: E3S Web of Conferences International Conference. 2021. V. 282. N. 05001.
17. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // Agricultural water management. 2014. V. 146. Pp. 105-114.
18. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // Agricultural water management. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

Информация об авторах

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Authors Information

Milovanov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment of the Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>. E-mail: redas008@mail.ru

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Land Development, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Bondarenko Kirill Vladimirovich, post-graduate student, junior researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment of the Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agroindustrial Complex of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-17

PHYLLOXERA-TOLERANT GRAPE VARIETIES FOR PROCESSING FOR WINE AND STRONG DRINKS

N. A. Sirotkina, A. G. Manatskov, I. A. Tarasenko

«All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nad.sirotkina2017@yandex.ru

Received 30.05.2023

Submitted 15.08.2023

The study was carried out within the research topic No. 0710-2019-0033 "To develop models for managing the production process based on adaptive technologies of grapevine cultivation and ecological zoning"

Summary

The paper presents the results of studies on the effect of shoot load of tolerant to phylloxera variety – Pervenec Magaracha, cultivated in own-rooted culture, on the quality of grapes and wine. Based on literary review, the possibility of using grapes of this variety in cognac production has been confirmed.

Abstract

Introduction. The production of grapes and their processed products is becoming increasingly expensive. Fuel for machinery, pesticides, fertilizers, materials for trellises, seedlings, etc. are becoming more expensive. All this is reflected in the cost of production. One of the ways to reduce the cost of grapes is the use

of own-rooted seedlings tolerant to the main pest of grapevine – phylloxera. Until recently, it was believed that wine and other beverages made from grapes of such varieties were inferior in quality to classic European varieties. Our work proves the opposite. Therefore, studies aimed at identifying the possibility of using phylloxera-tolerant varieties grown in own-rooted culture for making wine and spirits in order to increase the profitability of grape production and its processed products are relevant. **The object** of research is the effect of shoot load on the productivity of plantings and qualitative indicators of grapes and wine of tolerant to phylloxera variety – Pervenecz Magaracha, cultivated in own-rooted culture. **Materials and methods.** The research was carried out on experimental plots of Novocherkassk department of experimental field of the All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko (Novocherkassk, Rostov region). The experiments and all observations were carried out according to the method generally accepted in viticulture. **Results and conclusions.** On average, over 4 years of research, the best yield indicators were noted in plants of the variant with a load of 45 shoots per plant – 16.6 t/ha. Higher quality indicators of grapes during this period were in the variant with the minimum load in the experiment (30 shoots per bush) – the concentration of sugars was 18.8 g/100 cm³, titrated acids – 8.4 g/dm³. With an increase in the number of shoots in structure of a bush to the maximum in the experiment (45 pieces/bush), the yield increased by 33%, the sugar content of berry juice decreased by 7.5%. According to the years of research, the yield of vineyards varied in a wide range, but was naturally higher in the latter variant. The conditions of grapes changed both by the years of research and by the variants of experiment. In 2019, 2020 and 2022, the values of sugar content in berry juice naturally decreased with an increase in the load of shoots. In 2021, an inverse dependence was found: with an increase in the load, the sugar content increased and the amount of titrated acids decreased. It depended on the weather conditions of growth period, filling and ripening of berries. The highest tasting rate of the wine of the 2019 vintage had wine made from grapes with 35 shoots in the structure of the bush (8.6 points). The most interesting wine made from grapes of the 2020 vintage was in the variants with the smallest (30 pcs/bush) and the largest (45 pcs/bush) shoot load. It was evaluated by the tasting commission of the Institute by 8.6 points. The grapes of Pervenecz Magaracha variety are suitable for the production of cognac, in quality comparable to the drinks made from classic cognac grapevine varieties.

Key words: *phylloxera tolerant varieties, own-rooted vineyards, yield, berry juice quality, organoleptic evaluation of wines and cognac.*

Citation. Sirotkina N. A., Manatskov A. G., Tarasenko I. A. Phylloxera-tolerant grape varieties for processing for wine and strong drinks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 173-182 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-17.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution of work or analysis of experimental data. All authors have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 634.8.04:631.54

ТОЛЕРАНТНЫЕ К ФИЛЛОКСЕРЕ СОРТА ВИНОГРАДА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ НА ВИНО И КРЕПКИЕ НАПИТКИ

Н. А. Сироткина, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор,
старший научный сотрудник

А. Г. Манацков, кандидат сельскохозяйственных наук, директор
И. А. Тарасенко, аспирант

*Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия –
филиал ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр
Ростовская область, пос. Рассвет, Российская федерация*

Исследования проведены в рамках тематики НИР № 0710-2019-0033 «Разработать модели управления производственным процессом на основе адаптационных технологий возделывания винограда и экологического зонирования»

Актуальность. Производство винограда и продуктов его переработки становится все более дорогостоящим делом. Дорожают топливо для техники, пестициды, удобрения, материалы для устройства шпалеры, саженцы и т.д. Все это отражается на себестоимости продукции. Одним

из способов снижения себестоимости винограда является использование корнесобственных саженцев толерантных к основному вредителю винограда – филлоксере сортов. До недавнего времени считалось, что вино и другие напитки, изготовленные из винограда таких сортов, уступают по качеству классическим европейским сортам. Наша работа доказывает обратное. Поэтому исследования, направленные на выявление возможности использования толерантных к филлоксере сортов, выращенных в корнесобственной культуре, для приготовления вина и крепких напитков с целью повышения рентабельности производства винограда и продуктов его переработки, являются актуальными. Объектом исследований является влияние нагрузки побегами на продуктивность насаждений и качественные показатели винограда и вина толерантного к филлоксере сорта Первенец Магарача, возделываемом в корнесобственной культуре. Материалы и методы. Исследования проведены на опытных участках Новочеркасского отделения опытного поля Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия им. Я. И. Потапенко (г. Новочеркасск Ростовской области). Закладка опытов и все наблюдения проводили по общепринятой в виноградарстве методике. Результаты и выводы. В среднем за 4 года исследований лучшие показатели по урожайности отмечены у растений варианта с нагрузкой 45 побегов на растение – 16,6 т/га. Более высокие качественные показатели винограда за этот период были в варианте с минимальной в опыте нагрузкой (30 побегов на куст) – концентрация сахаров составила 18,8 г/100 см³, титруемых кислот – 8,4 г/дм³. С увеличением количества побегов в структуре куста до максимальной в опыте (45 штук/куст) урожайность увеличивалась на 33%, сахаристость сока ягод снижалась на 7,5%. По годам исследований урожайность виноградников варьировала в достаточно широком диапазоне, но закономерно была выше в последнем варианте. Кондиции винограда изменялись и по годам исследований, и по вариантам опыта: в 2019, 2020 и 2022 годах значения содержания сахаров в соке ягод закономерно снижались с увеличением нагрузки побегами, а в 2021 году была обнаружена обратная связь: с увеличением нагрузки увеличивалось содержание сахаров и снижалось количество титруемых кислот. Это зависело от метеоусловий периода роста, налива и созревания ягод. Дегустационная оценка вина урожая 2019 года была выше у изготовленного из винограда с 35 побегами в структуре куста (8,6 балла). Вино, приготовленное из винограда урожая 2020 года, наиболее интересным было в вариантах с наименьшей (30 шт/куст) и наибольшей (45 шт/куст) в опыте нагрузкой побегами и было оценено дегустационной комиссией института на 8,6 балла. Виноград сорта Первенец Магарача пригоден для производства коньяка, по качеству сопоставимого с напитками, приготовленными из классических коньячных сортов винограда.

Ключевые слова: толерантность к филлоксере, сорта винограда, корнесобственные виноградники, урожайность винограда, качество сока ягод, органолептическая оценка вин, качество коньяка.

Цитирование. Сироткина Н. А., Манацков А. Г., Тарасенко И. А. Толерантные к филлоксере сорта винограда для переработки на вино и крепкие напитки. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 173-182. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-17.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Филлоксера (*Phylloxera vastatrix* Planch), корневая тля, которая живет и питается только на винограде, впервые на евразийском континенте зарегистрирована во Франции в 1861 году. К 1874 году вредитель стал настолько распространен в Европе, что стал угрожать существованию виноградарства и виноделия (Hedrick U. P., 1919).

Филлоксерная проблема возникла, когда из Америки в Европу был завезен посадочный материал, зараженный не только грибными болезнями (милдью, оидиум), но и филлоксерой. Учеными было установлено, что если эти болезни в отдельные годы могут лишь уничтожить урожай, то филлоксера и патогенная микрофлора почвы за несколько лет полностью уничтожает виноградное растение [1].

Встал вопрос: каким образом защитить растения от столь вредоносного насекомого? Наиболее эффективным методом, по мнению многих исследователей, является прививка *V. vinifera* на филлоксероустойчивые американские сорта, т.е. внедрение привитой культуры [1].

Филлоксера питается на корнях американских сортов, но их корни устойчивы к процессу гниения (Филлоксера виноградная – корневая тля, вредители винограда. URL: <https://vinograd.info/spravka/slovar/filloksera-vinogradnaya.html>. (дата обращения 21.02.2023).

Пионером в раскрытии причины филлоксероустойчивости винограда был Millardet (1898), который установил, что в корнях американских видов образуется слой пробковой ткани, через который не проникает патогенная микрофлора почвы и корни не загнивают. У неустойчивых европейских сортов винограда слой пробковых клеток не образуется, и корни подвергаются гниению (Устойчивость винограда к вредителям и болезням. URL: <https://vinograd.info/knigi/fiziologiya-vinograda-stoev/ustoychivost-vinograda-k-vreditelyam-i-boleznyam.html>.

У привитой культуры винограда есть как положительные стороны, так и отрицательные. Общий опыт в Европе и Калифорнии показывает, что подвой может оказать влияние на увеличение или снижение урожая, на качество винограда и лозы, на сроки созревания винограда. Виноделы отмечают, что на качество их продукта может повлиять, к лучшему или к худшему, сырье. Часто подвой настолько улучшает привитый сорт, что компенсируются расходы на производство прививки и подвой; хотя так же часто последствия оказываются вредными (Hedrick U. P., 1919). По мнению Мозельского винодела Ульриха Штайна, разница между вином с привитых и корнесобственных виноградников одного возраста и одного места произрастания практически не заметна [13].

Отрицательные стороны привитой культуры: более длительный период выращивания посадочного материала; при гибели привоя нужно либо снова делать прививку, либо удалять подвой с виноградника, что повлечет за собой изреженность насаждений [10]; короткий срок эксплуатации кустов (20-25 лет), чувствительность растений к повышенным дозам извести, высокая стоимость посадочного материала, невозможность восстановления кустов отводками [1, 12], бактериальный рак и вирусы, несоответствие подвоя привою и др. (Костик М. А., 2009).

Еще в период массового применения привитой культуры была высказана мысль, что будущее виноградарства за толерантными к филлоксере сортами, созданными путем скрещиваний, а прививка является только переходным этапом (Костик М. А., 2009).

Французские учёные Миллярде и Пюлья более 100 лет тому назад пришли к мысли о возможности создания сортов, сочетающих устойчивость к филлоксере (присущей американским сортам) с качеством винограда сортов *V. Vinifera*. Первые гибриды были устойчивыми к вредителю, но качество продукции было низким. Дальнейшая работа Зейбея, Сейв Виллара, Раваза и др. позволила получить гибриды со значительно лучшим качеством урожая, чем исходные формы. Работы, начатые этими селекционерами, были продолжены в Советском Союзе, Германии, Венгрии, Болгарии и увенчались созданием устойчивых сортов с качеством урожая на уровне сортов *V. Vinifera* (Костик М. А., 2009).

Под руководством профессора П. Я. Голодриги во Всесоюзном НИИВиВ «Магарач» выведены сорта винограда, сочетающие высокую устойчивость к филлоксере с качеством урожая – Кентавр, Первенец Магарача, Подарок Магарача и др. Подтверждены полевая устойчивость к филлоксере и хорошее качество продукции в корнесобственной культуре таких сортов, как Первенец Магарача, Подарок Магарача, Молдова, Бианка, Оницканский белый и др. (Костик М. А., 2009).

В Южном Дагестане было изучено большое количество сортов винограда различных эколого-географических групп и выделены наиболее устойчивые к филлоксере – Алы терский, Сарах, Ркацителы, Гечеи заматощ, Бианка, и др. Они могут быть рекомендованы для возделывания в корнесобственной культуре [1].

Исследователи из Всероссийского НИИ виноградарства и виноделия пришли к выводу, что виноградники, зараженные филлоксерой, могут существовать 5-6 лет на бедных каменистых почвах; 12-15 лет на мощных черноземах; 20-25 лет на песчаных почвах (Алиев А. М. и др., 2003). Maker M. [12] доказала, что лессовые почвы также пригодны для ведения корнесобственной культуры винограда, т.к. структура почвы не позволяет особям филлоксеры свободно перемещаться. Некоторые ведущие специалисты отрасли утверждают, что вести корнесобственную культуру винограда можно только на песках (Костенко, 2006; Шевченко, 2007). Но в 2006 г., когда температура воздуха в период покоя достигала -26...-28°C, только растения с собственной корневой системой сортов Подарок Магарача, Бианка, Первенец Магарача и др. на черноземах и на красноземах хорошо перезимовали и дали урожай 70-130 ц/га (Костик М. А., 2009).

Для лучшей сопротивляемости винограда этому вредителю изначально нужно вырастить сильные кусты, а если посадки загущены, растения страдают от засухи или морозов, перегружены побегами и урожаем, то это укорачивает путь к их гибели. Т.е. все, что угнетает кусты, способствует развитию филлоксеры [8].

Казахмедов Р. Э. экспериментальным путем доказал, что применение ФАС может продлить срок рентабельной эксплуатации корнесобственных виноградников [4].

Во Всероссийском НИИ виноградарства и виноделия им. Я. И. Потапенко получен ряд сортов, отличающихся устойчивостью к филлоксере и гниению корней с хорошим качеством винограда и продуктов его переработки [6].

Ларькина М. Д., Никулушкина Г. Е. на АЗОВВиВ выделили и изучили европейский сорт Филлоксероустойчивый «Джемте», пригодный для длительного корнесобственного выращивания при соблюдении на высоком уровне агротехнических мероприятий [7].

По мнению П. Н. Недова (1977), в генотипе В. винифера нет генов устойчивости к филлоксере, толерантность обоснована присутствием гена устойчивости к гниению корней.

Гусейнов Ш. Н. и Чигрик Б. В. (2013) рекомендуют закладку корнесобственных насаждений производить черенками или саженцами. Более долговечными и экономичными были насаждения, заложенные черенком, так как общие затраты на закладку и уход за 1 га виноградников снизились в 5-6 раз.

В Краснодарском крае учеными экспериментальным путем доказано, что качество винограда и вина сорта Красностоп АЗОВ было лучшим в варианте с растениями без прививки [11].

Целью наших исследований является оценка корнесобственных насаждений винограда толерантного к филлоксере сорта Первенец Магарача для производства вина и коньяка.

Материалы и методы. Объектом исследований является виноград сорта Первенец Магарача, возделываемый в корнесобственной неукрывной культуре. Исследования проводили на виноградниках Новочеркасского отделения опытного поля Всероссийского НИИ виноградарства и виноделия им. Я. И. Потапенко в 2019-2022 гг.

Климат зоны исследований умеренно континентальный. За годы исследований критически низких температур (-25oC) осенне-зимнего периода для винограда сорта Первенец Магарача не было: абсолютный минимум наблюдался в январе 2021 г. и составил -20,7oC. Осадков выпадало меньше среднесезонных данных (532,9 мм), в особенно засушливом цикле (ноябрь 2019 октябрь 2020 г.) выпало 307,4 мм.

Почва – черноземы обыкновенные, карбонатные, средне- и тяжелосуглинистые, развитые на лессовидном суглинке.

Посадка винограда сорта Первенец Магарача произведена в 1986 году по схеме 3 x 1,5 м, форма куста двусторонний горизонтальный кордон с резервным рукавом, высота штамба 100 см. Участки не орошаемые.

Все учеты и наблюдения проводили в соответствии с общепринятой в виноградарстве методикой (Захарова Е. И. и др., 1978). Данные по погодным условиям предоставлены метеопостом ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко. Качественные показатели винограда и вина оценивали в соответствии с ГОСТ 31782-2012 (Виноград свежий машинной и ручной уборки для промышленной переработки. Технические условия. М. Стандартиформ. 2014. 7 с.) и 32030-2021 (Вина. Общие технические условия. М., Российский институт стандартизации. 2021. 9 с.) в лаборатории технологии виноделия ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко. Статистическую обработку данных проводили на ПК в программе Excel.

Результаты и обсуждение. В последнее время усилия ученых-виноградарей и виноделов направлены на снижение затрат на закладку и возделывание винограда и получения конкурентоспособной конечной продукции – вина и других напитков из винограда. Для достижения этих целей используют толерантные к филлоксере сорта, которые возделывают в корнесобственной культуре. Утверждение многих ученых о недолговечности виноградников, возделываемых на собственных корнях, не находят подтверждения в наших исследованиях. Насаждения сорта Первенец Магарача были заложены в 1986 году, т.е. виноград растет и стабильно плодоносит уже 36 лет. Кроме того, он дает высокий урожай хорошего качества, который зависит от агротехнических приемов, в частности от нагрузки растений побегами (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели урожайности, качества винограда и ежегодного однолетнего прироста в зависимости от нагрузки побегами сорта Первенец Магарача (среднее за 2019-2022 гг.)

Table 1 – Indicators of yield, quality of grapes and annual annual growth depending on the load of shoots of the Pervenecz Magaracha variety (average for 2019-2022)

№ пп	Нагрузка побегами, шт/куст	Урожайность, т/га	Массовая концентрация в соке ягод		Объем, см ³	
			сахаров, г/100см ³	титруемых кислот, г/дм ³	1 побега	1 куста
1	30	11,2	18,8	8,4	9,2	276,1
2	35	13,6	18,4	8,2	9,1	318,5
3	40	15,0	17,5	8,2	7,9	316,2
4	45	16,6	17,4	8,0	8,1	365,4
НСР ₀₅ 2,4		2,08				

Из данных таблицы видно, что с увеличением нагрузки побегами достоверно увеличивается урожайность виноградника, но снижаются показатели накопления сахаров в соке ягод, хотя и незначительно. Угнетения кустов не наблюдается, судя по объему однолетнего прироста куста, несмотря на снижение объема одного побега.

По годам исследований стабильно высокий, превышающий другие варианты, урожай винограда был получен у растений с 45 побегами в структуре (таблица 2). Самая низкая продуктивность насаждений за годы исследований отмечена в 2021 году, когда кондиции винограда были в прямой зависимости от количества зеленых побегов. В этом году, в отличие от других, были лучшие условия по количеству выпавших осадков в период роста и созревания ягод: с июня по сентябрь выпало 169,2 мм осадков, что примерно равно среднегодовым данным (183,2 мм). В 2019, 2020 и 2022 годах де-

фицит влаги за эти месяцы составлял более 100 мм. Т.е. при достаточном обеспечении влагой высокая урожайность виноградников может сочетаться с хорошим качеством продукции.

Таблица 2 – Показатели урожайности и качества винограда в зависимости от нагрузки побегами винограда сорта Первенец Магарача по годам исследований

Table 2 – Indicators of yield and quality of grapes depending on the load of shoots of the Pervenecz Magaracha grape variety by years of research

№ пп	Нагрузка побегами, шт/куст	Урожайность, т/га				Массовая концентрация в соке ягод							
						сахаров, г/100см ³				титруемых кислот, г/дм ³			
		2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
1	30	12,0	10,2	11,1	11,3	19,6	18,0	15,9	21,6	7,6	8,8	10,0	7,0
2	35	16,4	14,0	10,2	13,9	19,1	17,2	16,7	20,6	7,7	9,0	9,6	6,4
3	40	17,8	16,2	12,9	13,0	18,6	16,7	17,2	17,6	7,8	9,2	8,9	6,7
4	45	18,2	17,7	14,5	16,0	18,3	17,0	18,3	16,0	7,6	9,2	8,4	7,0
НСР ₀₅ 2,4		1,16	0,54	0,34	0,63								

В 2019 и 2020 годах из винограда сорта Первенец Магарача было изготовлено вино, качество которого зависело от кондиций винограда, которые в свою очередь изменялись по вариантам опыта. В 2019 году самый высокий урожай был получен в варианте с максимальной нагрузкой побегами (45 поб./куст) при самом низком значении накопления сахаров в соке ягод (18,3 г/100 см³). Лучшие значения этого показателя были у винограда с кустов при минимальной нагрузке (30 поб./куст) – 19,6 г/100 см³. Качество суслу было в обратной зависимости от количества побегов на растении. Дегустационная оценка выше у вина, изготовленного из винограда варианта с 35 побегами в структуре куста (8,6 балла) (таблица 3) [2].

Таблица 3 – Качественные показатели вина из урожая 2019 г

Table 3 – Quality indicators of wine from the 2019 harvest

№ пп	Нагрузка побегами, шт/куст	Урожай жай- ность, т/га	Массовая концентрация в сусле		Крепость вина, % об.	Дегустационная оценка вина, балл
			сахаров, г/100см ³	титруемых кис- лот, г/дм ³		
1	30	12,0	19,6	7,6	11,4	8,3
2	35	16,4	19,1	7,7	11,3	8,6
3	40	17,8	18,6	7,8	11,4	8,3
4	45	18,2	18,3	7,6	10,7	8,5

Вино, приготовленное из винограда урожая 2020 года, наиболее интересным было в вариантах с наименьшей (30 шт/куст) и наибольшей (45 шт/куст) в опыте нагрузкой побегами и было оценено дегустационной комиссией института на 8,6 балла (таблица 4). Вино первого варианта обладало полным умеренно свежим вкусом с легкими оттенками полевых трав в аромате. Вино из винограда последнего варианта опыта продемонстрировало яркий сортовой аромат с легкими тонами полевых цветов и мягкий, гармоничный вкус [5].

Виноград сорта Первенец Магарача по достоинству оценили и технологи, использовавшие его для приготовления коньяка. Серпуховитина К. А., Аванесьянц Р. В. (2011) отмечают, что климатические и почвенные условия нашего региона способствуют получению сырья для выработки коньяков хорошего качества. В России сортами для переработки на коньяк, наряду с другими, являются Бианка и Первенец Магарача.

Таблица 4 – Качественные показатели вина из урожая 2020 г.

Table 4 – Quality indicators of wine from the 2020 harvest

№ пп	Нагрузка побе- гами, шт/куст	Урожайность, т/га	Массовая концентрация в сусле		Дегустацион- ная оценка вина, балл
			сахаров, г/100см ³	титруемых кис- лот, г/дм ³	
1	30	10,2	18,0	8,8	8,6
2	35	14,0	17,2	9,0	8,4
3	40	16,2	16,7	9,2	8,4
4	45	17,7	17,0	9,2	8,6

Чурсина О. А. и др. выявили особенности состава коньячных виноматериалов и молодых коньячных дистиллятов из винограда этих сортов, которые положительно влияют на качество конечного продукта [9].

Чекмарева М. Г. (2006) также считает, что сорта межвидового происхождения Бианка, Первенец Магарача, Степняк, Грушевский белый являются наиболее перспективными для производства крепких напитков, использование которых позволит увеличить рентабельность производства на 10-11%. Трехлетняя выдержка не выявила существенного отличия в развитии опытных образцов по сравнению с контрольным (сорт Ркацителли) – оценки по 7,9 балла.

Гугучкина Т. И. и др. считают, что сорта межвидового происхождения позволят получать устойчивые урожаи сырья заданных кондиций [3].

Выводы. Выращивание толерантного к филлоксере сорта Первенец Магарача, возделываемого в неукрывной корнесобственной культуре, позволит получать высокий урожай с низкой себестоимостью. Из него готовят вина, практически не уступающие по качеству, изготовленному из европейского сорта Алиготе, а также коньяки, сопоставимые по органолептической оценке с напитками, произведенными из классических коньячных сортов винограда.

Conclusions. The cultivation of the phylloxera-tolerant Pervenecz Magaracha variety, cultivated in an unbroken root culture, will allow obtaining a high yield with a low cost. It is used to make wines that are practically not inferior in quality to those made from the European Aligote variety, as well as cognacs comparable in organoleptic evaluation with drinks made from classic cognac grape varieties.

Библиографический список

1. Аскеров Э. С. Научное обоснование способов ведения культуры винограда в Дагестане // Проблемы развития АПК региона. 2015. Т. 24. № 4 (24). С. 4-6.
2. Влияние нагрузки куста побегами на качество винограда и вина / Н. А. Сироткина, Т. В. Гапонова, Н. Н. Калмыкова, Е. Н. Калмыкова // Виноградарство и виноделие. 2020. № 22 (4). С. 326-329.
3. Гугучкина Т. И., Прах А. В., Шелудько О. Н. Сорта винограда для производства коньяков в России. <https://vineyard.su/varieties-for-cognac-production>.
4. Казахмедов Р. Э. Физиологические аспекты повышения толерантности винограда к корневой филлоксере // Агрохимия. 2018. № 6. С. 18-26.
5. Калмыкова Н. Н., Калмыкова Е. Н., Гапонова Т. В. Влияние агротехнических мероприятий на состав и качество сухих белых вин из сорта винограда Первенец Магарача // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 159-164.
6. Корнесобственная и привитая культура винограда. <http://kuban-grape.ru/2009/10/vinograd-kornesobstvennyj-i-privitoj-ch1>.
7. Ларькина М. Д., Никулушкина Г. Е. Филлоксероустойчивые гибридные формы винограда технического направления для совершенствования сортимента // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1166-1176.
8. Филлоксера (тля виноградная) – VINEYARD. <https://vineyard.su/grape-aphid/>.

9. Чурсина О. А., Легашева Л. А., Загоруйко В. А. Технологическая оценка сорта винограда Первенец Магарача для коньячного производства // Виноградарство и виноделие. 2019. № 21 (3). С. 272-276.

10. Carroll B. Rootstocks for Grape Production. Oklahoma State University. 2017. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/rootstocks-for-grape-production.html>.

11. Dergunov A., Kurdenkova E. Influence of grape culture and agrotechnical methods on its yield and wine quality // Vestnik of Kazan state agrarian university. 2021. P. 11-15.

12. Maker M. Own-Rooted: A Vine Stock Nursery Story – Terroir Review. <https://terroirreview.com/2017/04/30/own-rooted-vine-stock-nursery-mercercanyons-washington-state>.

13. Zecevic A. Own Rooted vs. Grafted Vines: Which Make Better Wines? // Wine Spectator. 2018. <https://www.winespectator.com/articles/do-grafted-or-own-rooted-vines-make-better-wine>.

References

1. Askerov E. S. Scientific substantiation of methods for maintaining grape culture in Dagestan. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2015. V. 24. № 4 (24). Pp. 4-6.

2. The influence of the load of the bush with shoots on the quality of grapes and wine / N. A. Sirotkin, T. V. Gaponov, N. N. Kalmykova, E. N. Kalmykova // Viticulture and winemaking. 2020. № 22 (4). Pp. 326-329.

3. Guguchkina T. I., Prakh A. V., Sheludko O. N. Grape varieties for the production of cognacs in Russia. <https://vineyard.su/varieties-for-cognac-production>.

4. Kazakhmedov R. E. Physiological aspects of increasing the tolerance of grapes to root phylloxera // Agrochemistry. 2018. № 6. Pp. 18-26.

5. Kalmykova N. N., Kalmykova E. N., Gaponova T. V. Impact of agrotechnical measures on the composition and quality of dry white wines from the grape variety Magarach's firstborn // Bulletin of KrasGAU. 2022. № 1 (178). Pp. 159-164.

6. Indigenous and grafted grape culture. <http://kuban-grape.ru/2009/10/vinograd-kornesobstvennyj-i-privitoj-chl>.

7. Larkina M. D., Nikulushkina G. E. Phyllox-resistant hybrid forms of grapes of the technical direction for improving the variety // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 112. P. 1166-1176.

8. Phylloxera (grape aphid) – VINEYARD. <https://vineyard.su/grape-aphid/>.

9. Chursina O. A., Legasheva L. A., Zagoruiko V. A. Technological assessment of the grape variety Magarach's first child for cognac production // Viticulture and winemaking. 2019. № 21 (3). Pp. 272-276.

10. Carroll B. Rootstocks for Grape Production. Oklahoma State University. 2017. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/rootstocks-for-grape-production.html>.

11. Dergunov A., Kurdenkova E. Influence of grape culture and agrotechnical methods on its yield and wine quality // Vestnik of Kazan state agrarian university. 2021. Pp. 11-15.

12. Maker M. Own-Rooted: A Vine Stock Nursery Story – Terroir Review. <https://terroirreview.com/2017/04/30/own-rooted-vine-stock-nursery-mercercanyons-washington-state>.

13. Zecevic A. Own Rooted vs. Grafted Vines: Which Make Better Wines? // Wine Spectator. 2018. <https://www.winespectator.com/articles/do-grafted-or-own-rooted-vines-make-better-wine>.

Информация об авторах

Сироткина Надежда Александровна, кандидат с.-х. наук, профессор, Всероссийский НИИ виноградарства и виноделия – филиал ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр (РФ, 346421, Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), 89043499927; <https://orcid.org/0000-0003-4107-800X>, e-mail: nad.sirotkina2017@yandex.ru,

Манацков Александр Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, директор, Всероссийский НИИ виноградарства и виноделия – филиал ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр (РФ, 346421, Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: manaczkov84@mail.ru;

Тарасенко Ирина Анатольевна, аспирант, Всероссийский НИИ виноградарства и виноделия – филиал ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр (РФ, 346421, Новочеркасск, пр. Баклановский, д. 166), e-mail: irina.tarasenko@internet.ru

Authors Information

Sirotkina Nadezhda Alexandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Professor «All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (346421, Novocherkassk, 166 Baklanovsky Ave.), <https://orcid.org/0000-0003-4107-800X>, 89043499927, e-mail: nad.sirotkina2017@yandex.ru

Manatskov Alexander Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Director, «All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (346421, Novocherkassk, 166 Baklanovsky Ave.), e-mail: manaczkov84@mail.ru

Tarasenko Irina Anatolyevna postgraduate student, «All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (346421, Novocherkassk, 166 Baklanovsky Ave.), e-mail: irina.tarasenko@internet.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-18

EFFICIENCY OF ONION CULTIVATION WITH DRIP IRRIGATION METHOD

O. A. Solovyova¹, I. B. Borisenko¹, N. V. Kuznetsova¹, N. B. Efimova¹,
V. V. Barabanov²

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Limited Liability Company Scientific and Production Association «Meliorator»
Volzhsky, Russian Federation

Corresponding author E-mail: olqamatveeva@inbox.ru

Received 24.04.2023

Submitted 15.08.2023

The research was carry out as part of the scientific work on the topic «Development of the water regime of the soil in the cultivation of vegetable crops» of the Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex of the Center for Irrigation Reclamation and testing of sprinkler equipment Volgograd State Agrarian University

Summary

The article presents the results of the analysis of the efficiency indicators of cultivating onions of the Hilton F1 onion variety with a drip irrigation method. The research results have shown that the considered options for combining regulated factors of yield formation are cost-effective and can be recommend for implementation in the process of agricultural production.

Abstract

Introduction. The main goal of agricultural production in modern conditions is the optimal combination of technological and agrotechnical methods of cultivation of agricultural crops to increase production efficiency ensure high yields, increase production volumes. In this regard, onions are of particular interest. Therefore, optimization of the water regime of onion crops in the Lower Volga region is relevant. It is prove that the choice of an effective technology for growing products leads to the intensification of agricultural production, an increase in labor productivity, a reduction in the level of cost and an increase in the level of profitability of agricultural enterprises. **Object.** The object of research is a hybrid of onions of the early-ripening growing season Hilton F1. **Materials and methods.** The 2-factor field experiment was conduct according to the methodology of B. A. Dospekhov based on the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana». **Results and conclusions.** According to the results of the research, the optimal combination of factors was revealed - variant A₃B₁ with a yield of 50 t/ha of onions with a pre-watering soil moisture of 80-90-80 % of the Lowest moisture capacity and the application of a dose of fertilizers (N₈₅P₇₀K₈₀). Net income per 1 ha of products in this variant amounted to 199.48 thousand rubles, and the level of profitability – 68.8%. Increasing the dose of fertilizers at 80-90-80 % of the Lowest moisture capacity contributed to an increase in the profitability of production from 68.8 to 71.8%, with an

increase in yield to 60 t/ha and the value of net income. Combination of soil moisture factors 60-70-60 % of the Lowest moisture capacity and the dose of fertilizer application $N_{160}P_{95}K_{105}$ kg d.v./ha will allow to obtain onion yield at the level of 70 t/ha, while the profitability of production is 75.9%, net income amounted to 328.13 thousand rubles. Thus, the studied combinations of regulated yield-forming factors are cost-effective and can be recommend for implementation in the process of agricultural production.

Key words: *irrigation regime, onion, Hilton F1, yield, profitability, production costs, net income, drip irrigation method.*

Citation. Solovyova O. A., Borisenko I. B., Kuznetsova N. V., Efimova N. B., Barabanov V. V. Efficiency of onion cultivation with drip irrigation method. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 182-191 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-18.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674:635

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РЕПЧАТОГО ЛУКА ПРИ КАПЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ПОЛИВА

О. А. Соловьева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И. Б. Борисенко¹, доктор технических наук, профессор

Н. В. Кузнецова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Б. Ефимова¹, кандидат экономических наук, доцент

В. В. Барабанов², кандидат сельскохозяйственных наук, директор по развитию

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ООО «НПО Мелиоратор»

г. Волжский, Российская Федерация

*Исследования проведены в рамках выполнения научной работы по теме
«Разработка водного режима почвы при выращивании овощных культур»
НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК Центра оросительной
мелиорации и испытания дождевальной техники
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»*

Актуальность. Основной целью аграрного производства в современных условиях является оптимальное сочетание технологических и агротехнических приёмов возделывания сельскохозяйственных культур для повышения производственной эффективности, обеспечения высокой урожайности, увеличения объемов производства. В связи с этим особый интерес представляет репчатый лук. Поэтому проблема оптимизации водного режима луковых культур в Нижнем Поволжье является актуальной. Доказано, что выбор результативной технологии выращивания продукции ведет к интенсификации сельскохозяйственного производства, росту производительности труда, снижению уровня себестоимости и повышению уровня рентабельности деятельности аграрных предприятий.

Объект. Объектом исследований является гибрид репчатого лука раннеспелого вегетационного периода Хилтон F1. **Материалы и методы.** 2-х факторный полевой опыт проводился по методике Доспехова Б. А. на базе УНПЦ «Горная Поляна» ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета. **Результаты и выводы.** По результатам исследований выявлена оптимальная совокупность факторов - вариант A_3B_1 при урожайности 50 т/га лука при предполивной влажности почвы 80-90-80 % НВ и внесении дозы удобрений ($N_{85}P_{70}K_{80}$). Чистый доход на 1 га продукции в данном варианте составил 199,48 тыс. руб., а уровень рентабельности – 68,8 %. Увеличение дозы удобрений при 80-90-80 % НВ способствовало увеличению рентабельности производства продукции от 68,8 до 71,8 %, при увеличении урожайности до 60 т/га и величины чистого дохода. Сочетание факторов влажности почвы 60-70-60 % НВ и дозы внесения удобрений $N_{160}P_{95}K_{105}$ кг д.в./га позволит

получить урожайность лука на уровне 70 т/га при этом рентабельность производства равна 75,9 %, чистый доход составил 328,13 тыс. руб. Таким образом, исследованные сочетания регулируемых урожаеобразующих факторов являются экономически эффективными и могут быть рекомендованы для реализации в процессе сельскохозяйственного производства.

Ключевые слова: режимы орошения лука, репчатый лук, Хилтон F1, урожайность лука, рентабельность возделывания лука, капельное орошение лука.

Цитирование. Соловьева О. А., Борисенко И. Б., Кузнецова Н. В., Ефимова Н. Б., Барабанов В. В. Эффективность возделывания репчатого лука при капельном способе полива. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 182-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-18.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные экономические условия ставят перед агропромышленным комплексом страны важные стратегические задачи. Одной из них является комплексное эффективное развитие овощеводческой отрасли, и как следствие, полное обеспечение населения отечественной сельскохозяйственной продукцией высокого качества с минимизацией импорта. Для выполнения этой задачи необходимо как расширение объемов производства, так и увеличение видового разнообразия выращиваемых овощных культур. Важным фактором при этом является освоение экологически эффективных систем земледелия [5].

Аграрным предприятиям для увеличения объемов производства и расширения ассортимента получаемой продукции необходимо применение современных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, которые основываются на новейших достижениях сельскохозяйственной науки и техники, селекции сортов и гибридов овощей, адаптированных к местным природно-климатическим условиям. Годовая потребность в овощной продукции, в том числе в репчатом луке, в РФ оценивается в 17 млн. т. Фактический объем производства в период с 2018 по 2022 гг. составляет до 15 млн. т. [11].

Репчатый лук достаточно прихотливая культура по отношению к водному режиму. В связи с этим проблема оптимизации водного режима луковых культур в Волгоградской области является актуальной.

Многолетними исследованиями установлено, что репчатый лук является влаголюбивой культурой и в течение всего вегетационного периода нуждается в значительном количестве поливов. Поэтому показатель общего водопотребления отражает текущую ситуацию и является важным для сельскохозяйственного производства. Основными элементами поступления влаги являются вегетационные поливы и осадки.

Целью наших исследований является изучение эффективности возделывания репчатого лука при капельном поливе в открытом грунте для получения планируемой урожайности 50, 60 и 70 т/га и различных вариантов сочетания факторов (влажность почвы и доза внесения удобрений).

Материалы и методы. На сегодняшний день перед агропромышленным комплексом страны стоят задачи выбора технологий и технических средств полива отвечающих требованиям экологической безопасности и экономической эффективности. Научными исследованиями доказано, что капельный режим орошения соответствует вышеназванным требованиям [9]. При проведении опытных исследований орошение производилось капельной системой производства фирмы «Volga Drip». Монтаж системы производился весной. Демонтаж системы – осенью. Вода на опытный участок подается по системе водоснабжения из Варваровского водохранилища.

Принятый нами способ полива, капельное орошение, является наиболее эффективным для полива репчатого лука, чувствительного к низкой влажности воздуха [11]. Поливная норма зависит от многих факторов, таких как способы полива, посева, характер погоды в течение вегетационного периода и на разных этапах вегетации растений.

Объектом исследования является гибрид репчатого лука раннеспелого вегетационного периода Хилтон F1. 2-х факторный полевой опыт проводился по методике Доспехова Б. А. на базе УНПЦ «Горная Поляна» ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета.

Участок проведения опытов расположен на светло-каштановых почвах с механическим составом от тяжелосуглинистого до среднесуглинистого. В соответствии со шкалой Качинского Н. А. по гранулометрическому составу почвы исследуемого участка классифицируются как иловато-крупнопылеватые средние суглинки.

Плотность почв по горизонтам в естественном сложении можно классифицировать в соответствии со следующими показателями: гранулометрический состав, структура, содержание органического вещества, вид обработки. Для пахотного слоя $A_{\text{пах}} = 0,00-0,25$ м плотность почвы классифицируется как низкая, варьирует в пределах от 1,24 до 1,26 /м³. В подпахотных горизонтах, которые являются более глубокими, этот показатель изменяется от 1,29 до 1,39 т/м³. Для слоя 0,0-0,5 м в среднем он был равен 1,30, а в слое 0,0-1,0 м – 1,32 т/м³.

Анализ полученных результатов наименьшей влагоемкости показал:

- в пахотном слое – 22,7...23,2 % массы сухой почвы; - в активном слое почвы (0,0 – 0,5 м) – 22,1 %; – в среднем в слое (0,0-1,0 м) – 21,9 %.

Показатель скважности почвы составил:

- в слое 0,0-1,0 м варьировался от 47 до 50 %; – в слое 0,0-0,5 м – 48 % – в слое 0,0-1,0 м – 46 %.

По показателю доступных форм элементов минерального питания на светло-каштановых почвах наблюдается недостаток азота, хорошая обеспеченность фосфором и избыточное содержание калия [10]. Реакция почвенного раствора слабощелочная – рН 7,0 – 8,3.

Грунтовые воды не оказывают подпитывающего влияния на растения, т.к. находятся на глубине ниже 8-11 м.

Гибрид лука Хилтон F1 подходит для всех зон выращивания. Сочетает высокий потенциал урожая и раннеспелость. Требователен к влажности. Высокие товарные качества. Болезнеустойчив. Устойчив к стрессовым условиям. Луковица малогнёздная. Цвет луковицы – бронзовый. Наружные чешуи – жёлто-коричневые. Внутренние чешуи – белые. Содержит до 11,5 мг % сухого вещества и до 9,3 мг % витамина С. Период от всходов до технической спелости – 100 – 105 дней. Общая урожайность – 50 – 70 т/га.

Влажность почвы определяли штыревым влагомером французского производства (TR 498), после тарирования производили термостатно-весовым методом. Отбор проб с целью определения влагозапаса в слое 0-1,0 м проводился через каждого слоя мощностью 0,1 м и на глубину активного слоя почвы 0,5 м.

Расчёт суммарного водопотребления производился по уравнению А. Н. Костякова методом водного баланса.

Определение биологического урожая репчатого лука проводили отдельно по каждому варианту путём сбора растений с трёхкратной повторностью.

Результаты и обсуждение. В соответствии с целью исследований была разработана схема полевого опыта. При планировании урожаев руководствовались основными положениями, разработанными В. И. Филиным [8].

Для исследований гибрида Хилтон F1 был выбран 2-х факторный вариант опытов, включающий: фактор А (водный режим почвы) и фактор В (внесение различных доз удобрений).

Исследуемый фактор А представляет собой поддержание уровней влажности в активном слое почвы (таблица 1):

1) 60-70-60 % НВ; 2) 70-80-70 % НВ; 3) 80-90-80 % НВ.

В качестве фактора В были определены следующие варианты доз минеральных удобрений с целью получения планируемой урожайности гибрида Хилтон F1 на уровне 50, 60 и 70 т/га соответственно:

1. N₈₅P₇₀K₈₀ (50 т/га); 2. N₁₃₅P₈₅K₉₅ (60 т/га); 3. N₁₆₀P₉₅K₁₀₅ (70 т/га).

Контрольным вариантом принимали вариант без внесения удобрений.

При закладке опытов применялся метод «расщепленных делянок» размером 95 м² с трехкратной повторностью. Ширина защитных полос между вариантами пищевого режима почвы при одном поливном режиме составляла 3 м, минимальная ширина – 2,8 м.

Таблица 1 – Варианты полевого опыта, 2021 г.

Table 1 – Field experience options, 2021

№ п/п	Фактор А	Обозначение	Фактор В	Обозначение	Полное обозначение вариантов
	Предполивная влажность почвы, % НВ		Доза минерального удобрения, кг д.в./га		
1	60-70-60	A ₁	Без удобрения	B ₀	A ₀ B ₀
2		A ₁	N ₈₅ P ₇₀ K ₈₀	B ₁	A ₁ B ₁
3		A ₁	N ₁₃₅ P ₈₅ K ₉₅	B ₂	A ₁ B ₂
4		A ₁	N ₁₆₀ P ₉₅ K ₁₀₅	B ₃	A ₁ B ₃
1	70-80-70	A ₂	Без удобрения	B ₀	A ₀ B ₀
2		A ₂	N ₈₅ P ₇₀ K ₈₀	B ₁	A ₂ B ₁
3		A ₂	N ₁₃₅ P ₈₅ K ₉₅	B ₂	A ₂ B ₂
4		A ₂	N ₁₆₀ P ₉₅ K ₁₀₅	B ₃	A ₂ B ₃
1	80-90-80	A ₃	Без удобрения	B ₀	A ₀ B ₀
2		A ₃	N ₈₅ P ₇₀ K ₈₀	B ₁	A ₃ B ₁
3		A ₃	N ₁₃₅ P ₈₅ K ₉₅	B ₂	A ₃ B ₂
4		A ₃	N ₁₆₀ P ₉₅ K ₁₀₅	B ₃	A ₃ B ₃

При установлении поливной нормы учитывались биологические особенности растений, почвенно-климатические условия, фенологические фазы развития лука (таблица 2).

Таблица 2 – Поливные нормы и количество поливов лука Хилтон F1 по вариантам исследований в среднем за 2020-2021 гг.

Table 2 – Irrigation norms and the number of watering Hilton F1 onions by research options on average for 2020-2021

Варианты	Посев – появление настоящих листьев, м ³ /га/шт.	Появление 5-6 листьев – формирование луковицы, м ³ /га/шт.	Созревание луковицы – техническая зрелость, м ³ /га/шт.	Оросительная норма, м ³ /га/шт.
60-70-60 % НВ	160/5	130/10	160/4	2740
70-80-70 % НВ	130/7	110/13	130/6	2930
80-90-80 % НВ	110/9	90/17	110/8	3400

В соответствии с данными таблицы 2 рассматривалось 3 варианта опыта по режиму орошения. В зависимости от варианта опыта количество поливов изменялось от 19 до 34. При этом поливные и оросительные нормы соответственно изменялись в пределах от 90 до 160 м³/га и от 2740 до 3400 м³/га.

Суммарное водопотребление лука Хилтон F1 по вариантам представлено в таблице 3. В рамках данного исследования проанализированы показатели изменения расхода почвенной влаги, потребляемой растениями в различных вариантах опыта с целью управления водным режимом почвы (таблица 3).

Таблица 3 – Суммарное водопотребление репчатого лука Хилтон F1 по вариантам водного режима почвы в среднем за 2020-2021 гг., м³/га

Table 3 – The total water consumption of Hilton F1 onions according to the variants of the water regime of the soil on average for 2020-2021, m³/ha

Вариант по режиму орошения	Оросительная норма, м ³ /га	Влагозапасы почвы, м ³ /га	Осадки, м ³ /га	Суммарное водопотребление, м ³ /га
Вариант 1 (60-70-60 % НВ)	2740	330	880	3950
Вариант 2 (70-80-70 % НВ)	2930	320	880	4130
Вариант 3 (80-90-80 % НВ)	3400	350	880	4630

Анализируя полученные результаты, установили, что суммарное водопотребление лука Хилтон F1 в среднем за 2020-2021 гг. В первом варианте суммарное водопотребление составило 3950 м³/га; во втором варианте – 4130 м³/га; в третьем варианте – 4630 м³/га (таблица 3).

Водопотребление репчатого лука Хилтон F1 в периоды роста и развития растений лука изменяется в пределах от 3950 до 4630 м³/га. Самый низкий расход воды можно наблюдать в начале вегетационного периода до наступления фазы формирования листьев.

Увеличение водопотребления происходит в периоды нарастания листовой биомассы и непосредственно при формировании луковицы. В период полного созревания лука и достижения им фазы технической спелости – водопотребление уменьшается.

Наши исследования показали, что за вегетационный период суммарное водопотребление репчатого лука Хилтон F1 составляет 3950-4630 м³/га, при этом основную долю составляет оросительная норма в среднем 70-73 % (рисунок 1).

Оценка экономической эффективности выращивания сельскохозяйственных культур позволяет провести комплексный анализ результативности деятельности и включает систему показателей, основными из которых являются:

– урожайность репчатого лука, т/га; – себестоимость единицы продукции репчатого лука, руб./т; – чистая прибыль от реализации репчатого лука, руб.; – рентабельность полученной продукции, %.

При этом необходимо учитывать влияние рыночных факторов (формирование ценовой политики, уровня реализации готовой продукции) в отчетном периоде и проводить сравнительный анализ в динамике по сравнению с базисным периодом.

Исследованиями установлено, что применение технологии капельного полива при выращивании репчатого лука обеспечивает получение улучшенных производственных показателей, таких как высокая урожайность, хорошие качественные характеристики продукции, увеличение объемов производства лука репчатого. При этом увеличение значений перечисленных показателей происходит за счет интенсификации

фикации производства, а не за счет расширения посевных площадей, дополнительного привлечения рабочей силы. Таким образом, выбор эффективной технологии выращивания продукции ведет к интенсификации сельскохозяйственного производства, росту производительности труда, снижению уровня себестоимости и повышению уровня рентабельности деятельности аграрных предприятий.

Расчет производственных затрат (таблица 4) выполнен для варианта опытных исследований А₁ В₁, при котором соблюдается водный режим почвы 60-70-60 % НВ и внесение различных доз удобрений N₈₅P₇₀K₈₀.



Рисунок 1 – Структуры суммарного водопотребления репчатого лука по вариантам
Figure 1 – Structures of total water consumption of onions by variants

Таблица 4 – Структура производственной себестоимости лука репчатого, руб.
Table 4 – The structure of the production cost of onions, rubles

Статья затрат	Затраты на 1 га, руб.	Структура затрат, %
Фонд оплаты труда	8205	8,6
Семена	12887	13,5
Удобрения	8943	9,4
Пестициды	8470	8,9
ГСМ и топливо	7207	7,6
Амортизационные отчисления	7241	7,6
Техническое обслуживание и ремонт техники	3000	3,2
Вода (полив)	7750	8,1
Электроэнергия	14996	15,7
Итого	78699	82,6
Прочие затраты	7870	8,3
Итого прямых затрат	86569	90,9
Общехозяйственные расходы	8657	9,1
Всего производственных затрат	95226	100

В таблице 5 приведен расчет экономической эффективности возделывания лука репчатого в 2021 г. для планируемой урожайности 50, 60 и 70 т/га и различными вариантами сочетания факторов (влажность почвы и доза внесения удобрений).

Таблица 5 – Экономическая эффективность возделывания лука Хилтон F1 в 2021 г.

Table 5 – Economic efficiency of cultivation of onion Hilton F1 in 2021

Предполивная влажность почвы, % НВ	Фактическая урожайность, т/га	Производственные затраты на 1 га, руб.	Стоимость продукции, руб./га	Чистый доход на 1 га, руб.	Рентабельность, %
50 т/га					
A ₁ B ₀	35,2	68562,7	191301	122738,4	64,2
A ₁ B ₁	47,3	95226	262042,7	166816,7	63,6
A ₂ B ₁	49,7	93321,5	286462,2	193140,7	67,4
A ₃ B ₁	50,3	90464,7	289940,8	199476,1	68,8
60 т/га					
A ₂ B ₀	40,5	91702,6	200268,4	108565,8	54,2
A ₁ B ₂	51,5	99987,3	306337,0	206349,7	67,4
A ₂ B ₂	57,2	99035,0	348227,8	249192,82	71,6
A ₃ B ₂	60,5	98082,8	348227,8	250145,0	71,8
70 т/га					
A ₃ B ₀	50,4	95300	211228,3	115928,3	54,9
A ₁ B ₃	62,3	107605,4	410002,1	302396,7	73,8
A ₂ B ₃	67,4	104748,6	420463,9	315715,3	63,0
A ₃ B ₃	70,2	103796,3	431922,1	328125,8	75,9

Заключение. Лучшим вариантом для планируемой урожайности 50 т/га лука является вариант A₃B₁ при сочетании факторов: влажность почвы перед поливом 80-90-80 % НВ и применяемая доза удобрений (N₈₅P₇₀K₈₀). Чистый доход на 1 га продукции в данном варианте составил 199,48 тыс. руб., а уровень рентабельности – 68,8 %. Увеличение дозы удобрений при 80-90-80 % НВ способствовало увеличению рентабельности производства продукции от 68,8 до 71,8 %, при увеличении урожайности до 60 т/га и величины чистого дохода. Планируемая урожайность 70 т/га репчатого лука с экономической точки зрения выгодна при варианте влажности почвы 60-70-60 % НВ и дозе внесения удобрений N₁₆₀P₉₅K₁₀₅ кг/га. Тогда рентабельность производства составит 75,9 %, чистый доход равен 328,13 тыс. руб.

Таким образом, исследованные сочетания регулируемых урожаеобразующих факторов являются экономически эффективными и могут быть рекомендованы для реализации в процессе сельскохозяйственного производства.

Conclusions. The best option for the planned yield of 50 t/ha of onions is option A3B1 with a combination of factors: soil moisture before watering 80-90-80 % of the Lowest moisture capacity and the applied dose of fertilizers (N₈₅P₇₀K₈₀). Net income per 1 ha of products in this variant amounted to 199.48 thousand rubles, and the level of profitability – 68.8%. Increasing the dose of fertilizers at 80-90-80 % of the Lowest moisture capacity contributed to an increase in the profitability of production from 68.8 to 71.8%, with an increase in yield to 60 t/ha and the value of net income. The planned yield of 70 t/ha of onions is economically advantageous if the soil moisture is 60-70-60 % of the Lowest moisture capacity and fertilizer application dose N₁₆₀P₉₅K₁₀₅ kg/ha. Then the profitability of production will be 75.9%, net income is 328.13 thousand rubles. Thus, the studied combinations of regulated yield-forming factors are cost-effective and can be recommend for implementation in the process of agricultural.

Библиографический список

1. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Способы применения ростостимулирующих препаратов, направленные на повышение урожайности сортов и гибридов лука репчатого в условиях Астраханской области // Вестник Марийского государственного университета. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. Т. 6. № 1 (21). С. 9-17.
2. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 3. С. 159.
3. Калмыкова Е. В., Новиков А. А., Петров Н. Ю., Калмыкова О. А. Эффективность ресурсосберегающих приемов возделывания лука репчатого при орошении в условиях Нижнего Поволжья // Овощи России. 2020. № 1. С. 58-63.

4. Плескачев Ю. Н., Сухов А. Н., Мисюряев В. Ю. О севооборотах в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2013. № 2. С. 3-5.
5. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (61). С. 161-174.
6. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Энергетическая оценка режимов орошения при выращивании овощей в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 172-177.
7. Abdelkhalik Abdelssattar, Pascual-Seva Nuria, Najera Inmaculada Influence of insufficient irrigation on productive response of onion with drip irrigation (*Allium cepa* L.) in Mediterranean conditions // Gardening magazine. 2019. V. 88. I. 4. Pp. 488-498.
8. Erdem T., Kayhan A. Growth, yield and quality of onions under the influence of different lateral depths of drip irrigation and irrigation levels // Ndian journal of horticulture. 2019. V. 76. I. 3. Pp. 457-465.
9. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Forecasting of onion hybrids' growth on light-chestnut soil Scheck circle outline // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. Vol. 1. Pp. 79-84.
10. Michaletz S. T., Weiser M. D., Zhou J. Plant thermoregulation: energetics, traitenvironment interactions, and carbon economics // Trends in ecology & evolution. 2015. Vol. 30. № 12. Pp. 714-724.
11. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. № 24 (5). Pp. 909-913.

References

1. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Methods of using growth-stimulating preparations aimed at increasing the yield of varieties and hybrids of bulb onions in the conditions of the Astrakhan region // Bulletin of Mari State University. Agricultural sciences. Economic sciences. 2020. V. 6. № 1 (21). Pp. 9-17.
2. Vasiliev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Technical means of drip irrigation // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Reclamation Problems. 2017. № 3. P. 159.
3. Kalmykova E.V., Novikov A.A., Petrov N. Yu., Kalmykova O.A. Efficiency of resource-saving techniques for cultivating onions during irrigation in the Lower Volga region // Vegetables of Russia. 2020. № 1. Pp. 58-63.
4. Pleskachev Yu. N., Sukhov A. N., Misyuryaev V. Yu. About crop rotations in the Lower Volga region // Agriculture. 2013. № 2. Pp. 3-5.
5. Solovyova O. A., Likhomanova M. A. Influence of irrigation methods on the effectiveness of vegetable cultivation // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2020. № 1 (61). Pp. 161-174.
6. Solovyova O. A., Likhomanova M. A. Energy assessment of irrigation regimes when growing vegetables in the Volgograd region // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2018. № 3 (51). Pp. 172-177.
7. Abdelkhalik Abdelssattar, Pascual-Seva Nuria, Najera Inmaculada Influence of insufficient irrigation on productive response of onion with drip irrigation (*Allium cepa* L.) in Mediterranean conditions // Gardening magazine. 2019. V. 88. I. 4. Pp. 488-498.
8. Erdem T., Kayhan A. Growth, yield and quality of onions under the influence of different lateral depths of drip irrigation and irrigation levels // Ndian journal of horticulture. 2019. V. 76. I. 3. Pp. 457-465.
9. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Forecasting of onion hybrids' growth on light-chestnut soil Scheck circle outline // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. Vol. 1. Pp. 79-84.
10. Michaletz S. T., Weiser M. D., Zhou J. Plant thermoregulation: energetics, traitenvironment interactions, and carbon economics // Trends in ecology & evolution. 2015. Vol. 30. № 12. Pp. 714-724.
11. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. № 24 (5). Pp. 909-913.

Информация об авторах

Соловьева Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7653-9886>, e-mail: olqamatveeva@inbox.ru

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия» главный научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Ефимова Наталья Борисовна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Землеустройство, кадастры и экология», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5785-9321>, e-mail: efimova_84.08@mail.ru

Барabanов Владимир Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, директор по развитию, ООО «НПО Мелиоратор» (РФ, 404130, г. Волжский, ул. Пушкина, д. 117г, офис 102.2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8967-9546>, e-mail: BarabanovV@mail.ru

Authors Information

Solovieva Olga Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Land Reclamation and Agricultural Development of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7653-9886>, e-mail: olqamatveeva@inbox.ru

Borisenko Ivan Borisovich, Chief Researcher, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher at the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002), tel. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Agricultural Development of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., d. 26), e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Efimova Natalia Borisovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department "Land Management, Cadastre and Ecology" of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5785-9321>, e-mail: efimova_84.08@mail.ru

Barabanov Vladimir Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Limited Liability Company Scientific and Production Association «Meliorator», (Russian Federation, 404130, Volzhsky, Pushkin str., 117g, office 102.2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8967-954>, e-mail: 6 BarabanovV@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-19

APPLICATION OF DRIP IRRIGATION TO RESTORE THE FERTILITY OF DEGRADED LANDS OF THE VOLGOGRAD REGION

V. A. Suprun, V. A. Relkina

*Federal Scientific Centre of Agroecology, Integrated Reclamation and
Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: relkina-v@vfanc.ru

Received 27.04.2023

Submitted 15.07.2023

*The studies were carried out as part of the implementation of the state task
№ FNFE 2022-0004 «Reclamation complexes: assessment, condition control and process
management using digital technologies»*

Summary

As a result of the conducted research, the advantages of drip were shown and the economic component of these works was revealed.

Abstract

Introduction. The study of the use of drip irrigation, its technical part and economy, for further use in the region for the restoration of the territory of the Volgograd region, as well as the collection and analysis of economic data on the topic. **Object.** The object of research is the degraded soils of the Volgograd region and the technical component of this topic. **Materials and methods.** The study of the material on types of irrigation was carried out on the basis of the scientific works of I.P. Kruzhilin, M.S. Grigorov, V.V. Borodychev, A.C. Ovchinnikov, N.N. Dubenok, S.Y. Semenenko and other foreign sources, the formation of economic data based on the material base of the Volgograd State Agrarian University and the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Forestry of the Russian Academy of Sciences. **Results and conclusions.** The study of this topic allowed us to obtain data that will allow more widespread use of drip irrigation and maximize its advantages over other irrigation methods, reduce the negative load on soils, prevent the degradation of agricultural landscapes.

Key words: soil degradation, drip irrigation, soil restoration, plants, yield, economic efficiency.

Citation. Suprun V. A., Relkina V. A. Application of drip irrigation to restore the fertility of degraded lands of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 191-201 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-19.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.67

ПРИМЕНЕНИЕ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Супрун, кандидат технических наук, научный сотрудник
В. А. Релькина, лаборант-исследователь

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FNFE 2022-0004
«Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управление процессами с помощью цифровых технологий»

Актуальность. Изучение вопроса использования капельного орошения, его технической части и экономики, для дальнейшего применения на территории региона для восстановления земель Волгоградской области, а также сбор и анализ экономических данных по теме. **Объект.** Объектом исследований являются деградированные почвы Волгоградской области и техническая составляющая данной темы. **Материалы и методы.** Было выполнено изучения материалов по видам орошения на основе работ И. П. Кружилина, М. С. Григорова, В. В. Бородычева, Е.А. Ходякова, А. С. Овчинникова, Н. Н. Дубенка, С. Я. Семененко и других зарубежных источников, формирование экономических данных, основываясь на материальной базе ФГБОУ ВО Волгоградского аграрного университета и ФНЦ агроэкологии РАН. **Результаты и выводы.** Изучение этой темы позволило получить данные, которые дают возможность более широко применять капельное орошение и максимально использовать его преимущества перед другими способами полива, снижать негативную нагрузку на почвы, предотвращать процессы деградации агроландшафтов. Исследование выполнено в рамках государственного задания № FNFE 2022-0004 «Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управление процессами с помощью цифровых технологий».

Ключевые слова: *деградация почв, капельное орошение, восстановление почв, технологии орошения.*

Цитирование. Супрун В. А., Релькина В. А. Применение капельного орошения для восстановления плодородия деградируемых земель Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 191-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-19.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В условиях засушливого климата Волгоградской области существует острая проблема деградации почв. 80% площадей сельскохозяйственного назначения, в той или иной степени, подвержены риску деградации. Мониторинг качества земель показывает, что за временной промежуток с 2000 по 2015 гг. деградации земель области было подвержено около 61% всех территорий области. По данным исследований И. И. Конторовича с 2015 по 2020 года общая площадь орошаемых земель составляет около 180 тыс. га. Примерно половина этой территории – типчаково-ковыльные степи, где преобладают темно-каштановые и каштановые почвы [5, 8].

Рост показателей деградации обусловлен тем, что сам процесс является многофакторным и несёт в себе комплекс отрицательных компонентов, из которых наибольшее проявление оказывает дегумификация.

Каштановые почвы формируются в условиях сухого континентального климата, для которого характерны теплое и засушливое продолжительное лето и холодная зима с незначительным снеговым покровом. Как правило, данный вид почв характеризуется невысоким содержанием гумуса, мощность которого составляет 45...55 см.

По П. С. Коссовичу содержание гумуса в каштановых почвах составляет 3...4% и темно-каштановых – 5...6%. Особенности природных условий, такие как скудный растительный покров и, как следствие, слабая гумификация, определяют ослабленное развитие дернового процесса.

Климат зоны – резко-континентальный, типичный для региона. Наиболее интенсивно процессы деградации почв и земель протекают именно в условиях засушливого климата, для которого характерны ветровые эрозии, недостаток влаги, резкие перепады температур, малое количество осадков. Резкий дефицит влаги приводит к неустойчивому урожаю сельскохозяйственных культур.

Большее половины почвенно-земельных ресурсов подвержены различным деградационным процессам, таким как опустынивание агроистощение, эрозия, засоление, солонцевание почв и другие.

Помимо деградационных процессов довольно большие территории орошаемых земель выведены из севооборота в связи с моральным и физическим износом оборудования, применяемого для этих целей, что связано с отсутствием запасных частей. Еще одна причина – это ухудшение условий для поддержания работоспособного состояния оборудования.

Основной потенциал в настоящее время заключается в выращивании растений с применением капельного орошения, в типичных для области почвенно-климатических условиях, можно достичь оптимального сочетания качества и объема урожаев сельскохозяйственных культур.

В связи с этим, особую значимость капельное орошение представляет для почв области, так как данный способ полива создаёт минимальный коэффициент инфильтрации, а также способствует поддержанию почвенного порога влажности и создания и

регулирования благоприятного микроклимата с превышением температуры воздуха. Обеспечивая стабильную и равномерную подачу воды непосредственно в их корнеобитаемый слой, тем самым возможно восстановление и поддержание качества почв, а в дальнейшем увеличение объемов выходной продукции на севооборотах. С экономической точки зрения является наиболее выгодным способом.

Материалы и методы. Теоретическое обобщение и анализ ранее проведенных исследований по литературным данным позволили сформулировать гипотезу исследований, как возможность использования капельного способа орошения для восстановления плодородия деградированных земель Волгоградской области.

Целью данной работы является изучение вопроса использования капельного орошения для его возможного применения в регионе и для восстановления выведенных из сельскохозяйственного оборота земель на территории Волгоградской области, а также сбор и анализ экономических данных по теме исследования.

Оценка состояния деградационных почв заключается в необходимости учитывать ряд дополнительных аспектов или условий в процессе изучения капельного способа полива. Потеря плодородия почвы происходит в следствие утраты питательных веществ. Кроме того, на это влияет повышение кислотности плодородного слоя, повышение концентрации солей, чрезмерное увлажнение, эрозивные процессы [11].

Вода – фактор терморегуляции. Определение расхода тепла и воды в почве связано с испарением и транспирацией влаги.

Механические свойства почв (твердость, набухание, липкость, усадка, удельное сопротивление, пластичность и связность), тесно связаны с ее влажностью. Набухание, липкость и усадка характерны для влажной почвы, так как эти свойства определяют ее как высокодисперсную систему.

Постоянный недостаток влаги приводит к малому накоплению растительных остатков, замедляются процессы гумификации и разложения. Вследствие чего образование гумуса также минимально.

Вместе со смывом плодородных горизонтов происходят изменения агрохимических и агрофизических свойств почв. Эродированные почвы характеризуются меньшей мощностью гумусового горизонта, более низким содержанием гумуса в почве и низкими показателями НРК.

При строительных работах механически снимается плодородный слой, что влияет на свойства почв. Некомпетентное ведение сельскохозяйственных работ, отсутствие последовательности при эксплуатации почвы, нарушение аграрных требований и особенностей технологии возделывания различных сельскохозяйственных видов растений приводит к последовательной деградации земель.

Из этого следует, что значительное внимание должно уделяться уравниванию количества влаги в почве, а также ее обработке, активизирующей почвенное плодородие.

По утверждению профессора А. В. Зеленева, севооборот является основным звеном в современных адаптивных системах ухода за ландшафтом, так как решает основную проблему: рациональное использование пахотных земель [3].

Результаты и обсуждения. По результатам российских и зарубежных источников, применение капельного орошения возможно в чернозёмных, каштановых, степных и полустепных зонах Волгоградской области. Капельницы в рассматриваемой системе полива позволяют дозированно подавать оросительную воду в прикорневую зону растений точечной подачей влаги в почву. Из сформировавшегося места увлажнения влага перемещается вертикально и горизонтально, согласно законам влагопереноса.

Наиболее доступным источником водоснабжения в равнинной местности является пруд или река, с учетом ближайшего расположения к орошаемому участку. Эти водные объекты имеют подходящий химический состав для целей орошения [2].

Если проектируемый участок не имеет поверхностных источников водоснабжения, делают артезианскую скважину, которую бурят специальной буровой установкой. Перед этим необходимо оформить следующие документы: разрешение бассейновой инспекции и согласование с санитарным надзором.

В настоящее время магистральные и распределительные трубопроводы используются в основном из материалов ПВХ или полипропилена. Это связано с тем, что данные материалы имеют малую массу труб, высокую огнестойкость, не деформируются при длительном хранении и эксплуатации.

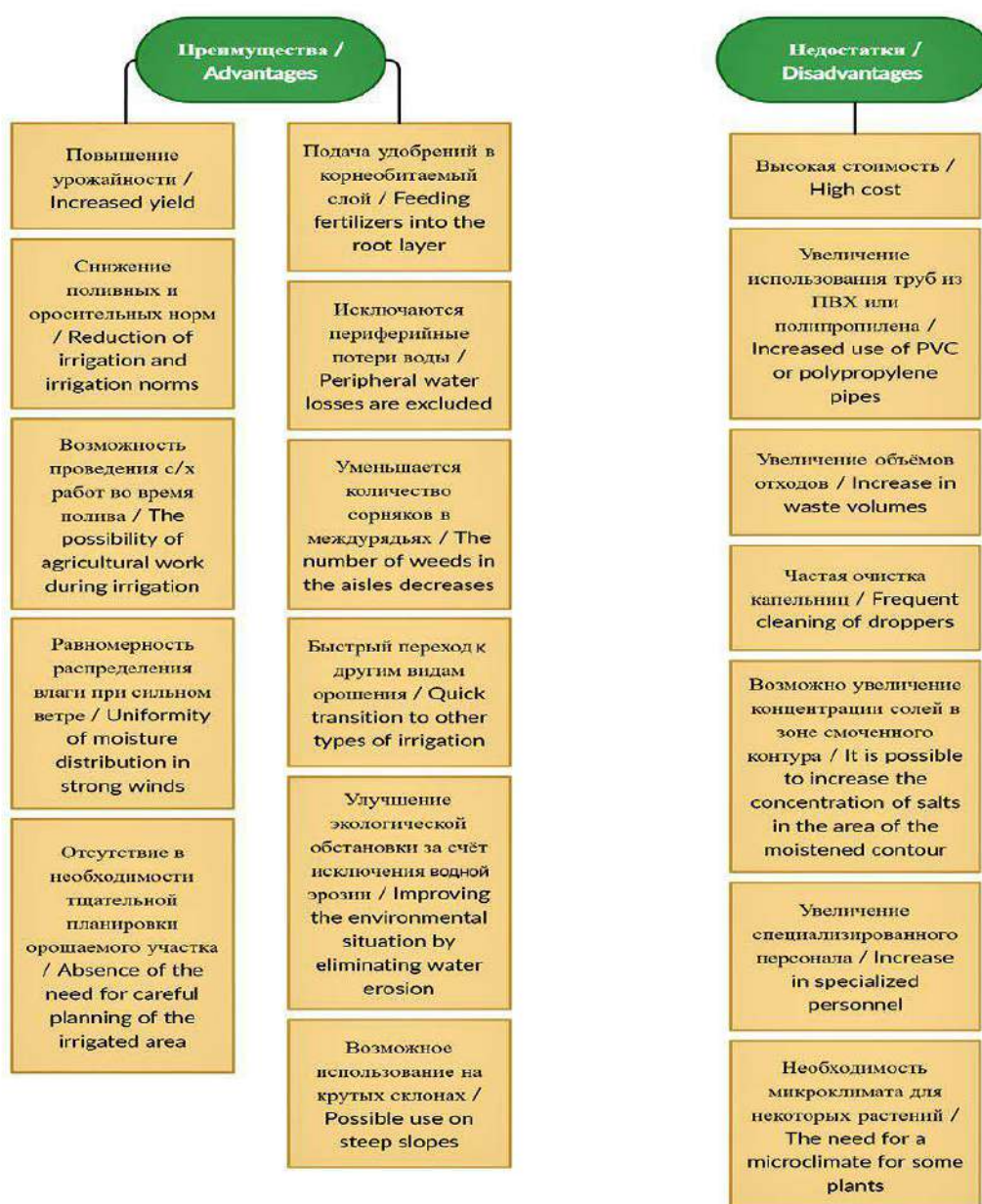


Рисунок 1 – Преимущества и недостатки капельного орошения
Figure 1 – Advantages and disadvantages of drip irrigation

Поливные трубопроводы могут прокладываться поверхностным или подземным способами. Изготавливаются данные материалы из полиэтилена. При капельном орошении капельная лента или линия прокладывается в прикорневой слой орошаемой культуры, что способствует рациональному использованию воды. Технологическая составляющая включается в себя водопотребление культуры и технику ее полива. Это связано с тем, что каждая культура имеет свою поливную норму, срок проведения поливов, их продолжительность, расход поливной воды и схему расположения [1].

Опытами И. П. Кружилина, М. С. Григорова, В. В. Бородычева, А. С. Овчинникова, Н. Н. Дубенка, С. Я. Семененко и других отечественных, а также зарубежных авторов, было установлено, что капельное орошение благоприятно влияет на развитие и продуктивность различных сельскохозяйственных культур. Оно позволяет значительно экономить воду, трудовые ресурсы, энергию, удобрения и пестициды. При этом урожайность возрастает на 20...50% в сравнении с другими способами полива.

Исследованиями 1998-2000 годов, проведенными М. С. Григоровым, Е. А. Ходяковым, Ю. И. Кружилиным и другими учеными, в Волгоградской области показали, что затраты при капельном орошении минимальны, чем с применением дождевальных машин или поверхностных поливов. Результаты этих исследований показали, что капельный полив затрачивает воды в 40...50% меньше, чем при использовании дождевальной машины, и в 50...60% меньше в сравнении с поверхностными способами полива, с учётом одинаковой планируемой урожайности [6].

Уравнивание количества влаги, поступающей в почву, и ее расхода с учетом транспирации и физическим испарением, является благоприятным условием для роста и развития культурных растений.

К этому можно отнести и постоянное поддержание оптимального уровня влажности в корнеобитаемом слое почвы. Использование в расчетах данных условий и отсутствие переувлажнения обеспечивает хорошую аэрацию. Удобрения регулярно подаются вместе с поливной водой для поддержания требуемого режима питательных веществ в почве. Эти факторы в условиях их регулирования обеспечивают равномерный рост и развитие растений, значительное повышение урожайности и улучшение качества получаемой продукции [7].

По исследованиям Б. А. Сотникова, интенсивное разложение органических остатков возможно при достаточном количестве влаги равное 60...80% полной влагоемкости почвы, при этом благоприятная температура воды варьируется от 24 до 30 °C [10].

Комбинация этих показателей улучшает термические и питательные условия почвы, способствуя нормальной микробиологической активности почвы и создавая оптимальные условия для высоких урожаев.

В своих работах Воеводина Л. А. выделяет определенные преимущества и недостатки, которые приведены на рисунке 1.

Ниже на рисунке 2 представлено процентное соотношение преимуществ и недостатков данного способа полива.

Экологичность заключается в том, что при его использовании уменьшаются водные затраты, а также отсутствует ирригационная эрозия почв.

В процессе изучения исследовательской базы ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета была составлена таблица с приведенной в ней урожайностью при использовании капельного полива. Данные по урожайности были взяты из работ: С. М. Григорова (2014-2015 гг.), А. С. Овчинникова (2014 г.), В. В. Бородычева (2018 г.), Ю. П. Фоменко (2009 г.), Т. Н. Дроновой (2012-2015 гг.), Л. Ю. Минченко (2010-2011 гг.), М. В. Ратанова (2022 г.), И. А. Гущина (2022 г.).

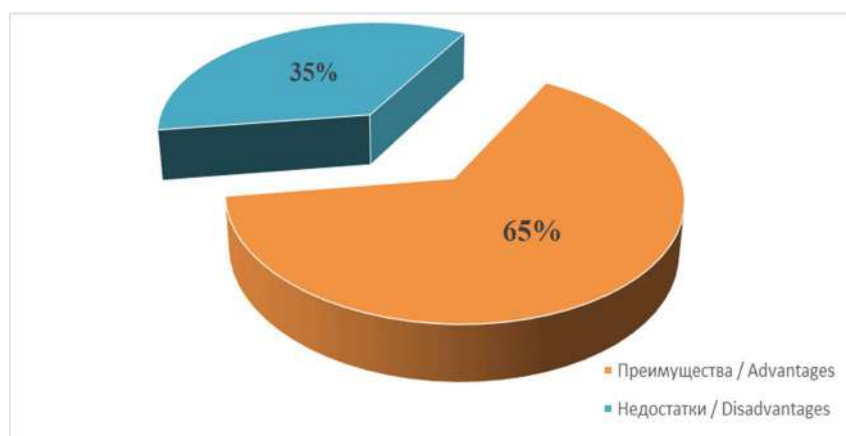


Рисунок 2 – Преимущества и недостатки использования капельного орошения, %
 Figure 2 – Advantages and disadvantages of drip irrigation, %

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о том, что применение систем капельного полива увеличивает продуктивность посевов от 23,2 до 77%.

При ирригации необходимо наиболее рентабельно использовать удобрения, которые способствуют более продуктивному использованию воды. Продукционный потенциал поливов и удобрений значительно выше, чем от их раздельного применения. Основное условие – фертигация в оптимальных соотношениях [5].

Таблица 1 – Сравнительный анализ урожайности основных культур в Волгоградской области при разных способах полива

Table 1 – Comparative analysis of the yield of the main crops in the Volgograd region with different irrigation methods

Культура / Culture	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	
	Дождевание / Sprinkling	Капельный полив / Dripirrigation
Лук репчатый / Onion	65,0...85,0	108,5...110,6
Картофель / Potato	8,9...25,4	38,7...41,5
Томаты / Tomatoes	51,2...87,9	113,09...162,53
Капуста белокочанная/ Whitecabbage	75,6...80,0	120,7...123,4
Виноград/Vineyard	7,0...9,59	12,52...17,0

В 2020 году вложения Минсельхоза России, на мелиоративный раздел АПК, составили от 100 до 350 тыс. рублей на 1 гектар орошаемых земель (таблица 2).

Таблица 2 – Затраты на строительство, реконструкцию и перевооружение орошаемых земель
 Table 2 – Costs of construction, reconstruction and re-equipment of irrigated land

Наименование затрат / Name of costs	Стоимость, тыс. руб. / Cost, thousands rub
Строительство 1 га мелиорируемых земель / Construction of 1 ha of reclaimed land	350 тыс. руб.
Реконструкция одного орошаемого участка / Reconstruction of one irrigated area	250 тыс. руб.
Техническое перевооружение / Technical re-equipment	100-120 тыс. руб.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации за 26.07.2022 год устанавливает размер стоимости мелиоративных работ на 1 га в 2023-2024 году от 210 до 380 тыс. рублей (таблица 3) [9].

Таблица 3 – Предельный размер стоимости работ на 1 га площади земель при проведении мелиоративных мероприятий
Table 3 – The maximum amount of the cost of work per 1 hectare of land area during reclamation activities

Наименование вида работ	Стоимость, тыс. руб.	
	2023 год	2024 год
Применение систем капельного орошения с/х культур	363,4	378,3
Применение систем капельного орошения многолетних насаждений	302,5	314,9
Строительство/реконструкция систем водоподачи	302,5	314,9
Строительство/реконструкция мелиоративных систем с внесением минеральных удобрений	241,6	251,5
Строительство/реконструкция мелиоративных систем с использованием сточных вод животноводческих комплексов с внесением органических удобрений	272,1	283,2
Строительство/реконструкция мелиоративных систем с применением систем учёта горюче-смазочных материалов, расхода электроэнергии и воды	211,2	219,8
Строительство/реконструкция мелиоративных систем с использованием автоматизированного управления	241,6	251,5
Строительство/реконструкция мелиоративных систем с использованием комплексной дистанционной автоматизации	241,6	251,5

Для оценки экономической эффективности капельного способа полива применяются следующие показатели [12]:

- 1) урожайность товарной продукции, т/га;
- 2) величина прибыли, руб.;
- 3) прибыль с 1 тонны проданной продукции, руб.;
- 4) окупаемость затрат, рентабельность производства, %;
- 5) себестоимость производства единицы продукции, руб./т;

Их необходимо рассматривать в динамике с учетом объективных показателей и проводить сравнительную характеристику [4].

На данный момент сельхозпроизводитель может получить компенсационную выплату за проведенные гидромелиоративные, культуртехнические, агролесомелиоративные и фильтрационные мероприятия с помощью субсидий, которые распределяет Министерство сельского хозяйства.

Также на проведение мелиоративных мероприятий аграриям было выделено 6,6 млрд. рублей субсидий в 2022 году, что поспособствовало проведению данных мероприятий на более крупных площадях от 2 до 200 тыс. гектар.

При оценке режима орошения стоит отдавать приоритет также и экологической безопасности использования капельного способа полива, что позволяет сделать выводы о целесообразном или нецелесообразном использовании данного метода. Следует учитывать, что с опытной точки зрения существуют неблагоприятные последствия мелиорации, которые неизбежны.

Каждая сельскохозяйственная культура имеет свой уровень допустимой минерализации и химического состава, повышение которого может пагубно сказаться на качестве плода, в частности на урожайности. В крайнем случае, это может привести к гибели растения. Опытным путем выявлено, что:

- 1) при нормировании качества воды для поливов следует учитывать устойчивость агроэкосистем;
- 2) с увеличением доз минеральных удобрений понижается чувствительность культуры к качеству подаваемой воды.

Особое влияние имеет внесение определенного количества доз органических удобрений, применение агротехнических методов, способствующих улучшения состояния гумусового покрова, планировка полей, щелевание и рыхление.

Ещё одним негативным фактором является анаэробизм, который вызван застоем оросительных вод в пахотном слое. Для сохранения плодородия в этом случае необходимо поддержание автоморфности почвообразования.

Из этого следует, что основным показателем контроля экологической безопасности является качественный показатель воды, в который включен объем подаваемой воды и интенсивность полива.

Выводы. В настоящее время тенденция развития агропромышленного комплекса способствует восстановлению мелиоративной части Волгоградской области.

Изучение и анализ использованных материалов позволяют выделить такие основные аспекты, как:

- 1) рост эффективности в экономии поливной воды около 50%;
- 2) повышение урожайности в пределах 25...50% при осуществлении капельного полива;
- 3) увеличение влагообеспечения сельскохозяйственных земель, что способствует уравновешиванию водного и питательного балансов почв;
- 4) всевозможная государственная инвестиционная и субсидированная поддержка, позволяющая развивать мелиоративный сектор АПК для создания капельных систем нового поколения;
- 5) стабилизированное финансирование, осуществляемое на федеральном уровне;
- 6) использование ранее мелиорированных земель, для их дальнейшего восстановления и развития.

На данный момент капельный способ орошения до сих пор изучается, с внедрением новых технологических разработок. Это позволяет и дальше проводить исследования и переходить к возможному внедрению IT-технологий, а также различных математических моделей.

Conclusions. Currently, the trend of development of the agro-industrial complex contributes to the restoration of the reclamation part of the Volgograd region.

The study and analysis of the materials used allow us to highlight such basic aspects as:

- 1) increase in efficiency in saving irrigation water by about 50%;
- 2) increase in yield within 25...50% during drip irrigation;
- 3) increasing the moisture supply of agricultural lands, which contributes to balancing the water and nutrient balances of soils;
- 4) all kinds of state investment and subsidized support, allowing the development of the reclamation sector of the agro-industrial complex to create a new generation of drip systems;
- 5) stable financing carried out at the federal level;
- 6) the use of previously reclaimed lands for their further restoration and development.

At the moment, the drip irrigation method is still being studied, with the introduction of new technological developments. This allows us to continue conducting research and move on to the possible introduction of IT technologies, as well as any mathematical models.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Куприянов С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1 (77). С. 5-9.
2. Водные ресурсы Волгоградской области и проблемы использования / Д. А. Болотин, Н. Н. Дубенок, А. Г. Болотин, С. Д. Фомин, М. К. Тихонова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 191-197.
3. Зеленев А. В., Беленков А. И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: учебное пособие. Волгоград: Волгоградский государственный педагогический университет, 2018. 316 с.

4. Кадринов М. Х. Факторы экономической эффективности производства зерна // Наука, образование и инновации для агк: состояние, проблемы и перспективы: материалы VI Международной научно-практической онлайн-конференции. Майкоп, 2020.

5. Конторович И. И. Орошение в Волгоградской области: ретроспектива и современное состояние // Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов: сборник научных трудов по матер. научно-практ. конф. Энгельс, 2021. С. 56-61.

6. Кузнецов Ю. В., Колотвин В. М. Анализ рациональных способов полива культур в агроклиматических условиях Волгоградской области // Молодой ученый. 2019. № 23 (261). С. 151-154. <https://moluch.ru/archive/261/60115/>.

7. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. издание. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 304 с.

8. Ольгаренко Г. В., Васильев С. М., Балакай Г. Т. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 128 с.

9. Приказ Министерства сельского хозяйства 26.07.2022 № 470.

10. Современное состояние орошаемых почв юга Приволжской возвышенности / Е. В. Зинченко, И. Н. Горохова, Н. Г. Круглякова, Н. Б. Хитров // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 68–109.

11. Хабиров И. К., Сайфуллин Р. Р. Факторы деградации при оценке состояния почв // Международный научно-исследовательский журнал. 2021 № 4 (106). Ч. 2. С. 68-71.

12. Экономические аспекты развития овощеводства России: науч. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 204 с.

References

1. Balakay G. T., Kupriyanov S. V. Technical condition of reclamation systems in Russia and proposals for their restoration // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2020. № 1 (77). Pp. 5-9.

2. Water resources of the Volgograd region and problems of use / D. A. Bolotin, N. N. Dubenok, A. G. Bolotin, S. D. Fomin, M. K. Tikhonova // Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2018. № 4 (52). Pp. 191-197.

3. Zelenev A. V., Belenkov A. I. Adaptation and landscape systems of agriculture: a textbook. Volgograd: Volgograd State Pedagogical University, 2018. 316 p.

4. Kadrinov M. Kh. Factors of economic efficiency of grain production // Science, education and innovation for the agro-industrial sector: state, problems and prospects: materials of the VI International Scientific and Practical Online Conference. Maykop, 2020.

5. Kontorovich I. I. Irrigation in the Volgograd region: retrospective and modern state // Conceptual aspects of the modern state and development of land reclamation and the effective use of water resources: a collection of scientific works on mater. scientific prakt. conf. Engels, 2021. Pp. 56-61.

6. Kuznetsov Yu. V., Kolotvin V. M. Analysis of rational methods of watering crops in agroclimatic conditions of the Volgograd region // Young scientist. 2019. № 23 (261). Pp. 151-154. <https://moluch.ru/archive/261/60115/>.

7. Reclamation complex of the Russian Federation: inform. edition. M.: Federal State Budgetary Institution "Rosinformagrotech," 2020. 304 p.

8. Olgarenko G. V., Vasiliev S. M., Balakay G. T. Concept of the state program "Restoration and development of the reclamation complex of the Russian Federation for the period 2020-2030." Novocherkassk: RosNIIPM, 2019. 128 p.

9. Order of the Ministry of Agriculture of 26.07.2022 No. 470.

10. The current state of irrigated soils of the south of the Volga Upland / E. V. Zinchenko, I. N. Gorokhov, N. G. Kruglyakov, N. B. Khitrov // Bulletin of the V. V. Dokuchaev Soil Institute. 2020. No 104. Pp. 68-109.

11. Khabirov I. K., Sayfullin R. R. Degradation factors in assessing the state of soils // International Research Journal. 2021 № 4 (106). V. 2. Pp. 68-71.

12. Economic aspects of the development of vegetable growing in Russia: scientific. ed. M.: Federal State Budgetary Institution "Rosinformagrotech," 2021. 204 p.

Информация об авторах

Супрун Вероника Александровна, канд. техн. наук, научный сотрудник, лаборатория эколого-мелиоративных технологий и проектирования, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), тел.: +7(999)925-91-65, e-mail: suprun-v@vfanc.ru

Релькина Валерия Алексеевна, лаборант-исследователь, лаборатория эколого-мелиоративных технологий и проектирования, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), тел.: +7(937)081-02-99, e-mail: relkina-v@vfanc.ru

Authors Information

Suprun Veronika Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Laboratory of Ecological Reclamation Technologies and Design, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, 97 Universitetskiy Ave.), tel.: +7(999)925-91-65, e-mail: suprun-v@vfanc.ru

Relkina Valeria Alekseevna, Research Assistant, Laboratory of Ecological Reclamation Technologies and Design, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), tel.: +7(937)081-02-99, e-mail: relkina-v@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-20

ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE DON RIVER IN THE AREA OF VILLAGE TREKHOSTROVSKAYA

A. P. Istomin, A. S. Mezhevova, S. A. Istomin

*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences"
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Received 24.06.2023

Submitted 25.08.2023

*The studies were carried out within the framework of the state task No. FNFE-2022-0011
"Development of a new methodology for optimal management of bioresources in the
agrolandscapes of the arid zone of the Russian Federation using system-dynamic modeling of
soil-hydrological processes, a comprehensive assessment of the impact of climate change and
anthropogenic pressures on agrobiological potential and forest conditions"*

Abstract

Introduction. The problem of water quality in natural reservoirs due to the high intensity of the use of water resources in economic activities is discussed at various levels. The use of water resources for drinking and domestic water supply of the population is an urgent problem at the present time. Determination of a place for the installation of water intakes on large rivers, including the river. Don is a problem due to silting of water intake pipes due to the degradation of water vows. **Object.** The object of research is a section of the Don River near the village of Trekhostrovskaya. **Materials and methods.** The studies of the bottom topography profile were carried out using a Doppler hydrological profiler Yenisei - 300. Water sampling from the river. Don was carried out in accordance with GOST R 59024-2020. Selection of bottom sediments from the river. Don was produced in accordance with RD 52.24.609-2013. Sample analyzes were carried out in a testing laboratory operating on the basis of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. **Results and conclu-**

sions. In the first section, the most optimal place for installing a water intake is at a distance of 30 meters from the location of the water intake at the time of the study. In the second section, the most optimal location of the water intake is 23 m from the water's edge at the time of the study. The results of the study of water samples indicate that the obtained values do not exceed the maximum permissible concentrations of analytes in water according to SanPiN 1.2.3685-21 and Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 552 dated 12/13/2016. The assessment of the chemical composition of bottom sediments allows us to conclude that they are not a source of secondary pollution of the water body. The samples of bottom sediments were characterized by the presence of chlorides, sulfates, as well as calcium and sodium in small amounts.

Key words: *river Don, use and protection of water resources, quality of water and bottom sediments, water supply to the village of Trekhostrovskaya.*

Citation. Istomin A. P., Mezheva A. S., Istomin S. A. Assessment of the current state of the don river in the area of village Trekhostrovskaya. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 201-212 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-20.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 502.34

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЕКИ ДОН В РАЙОНЕ СТАНИЦЫ ТРЕХОСТРОВСКАЯ

А. П. Истомин, заместитель директора, руководитель Центра по защите и восстановлению малых рек и водоемов

А. С. Межева, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией анализа почв, ведущий научный сотрудник

С. А. Истомин, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках государственного задания № FNFE-2022-0011 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия»

Актуальность. Проблема качества воды в естественных водоемах из-за высокой интенсивности использования водных ресурсов в хозяйственной деятельности обсуждается на различных уровнях. Использование водных ресурсов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения является актуальной проблемой в настоящее время. Определение места под установку водозаборов на крупных реках, в том числе и р. Дон, является проблемой из-за заиливания водозаборных труб вследствие деградации водных объектов. **Объект.** Объектом исследований является участок реки Дон в районе станицы Трехостровская **Материалы и методы.** Исследования профиля рельефа дна проводились при помощи доплеровского гидрологического профилографа Енисей – 300. Отбор проб воды из р. Дон проводился согласно ГОСТ Р 59024-2020. Отбор донных отложений из р. Дон производился согласно РД 52.24.609-2013. Анализы проб проводились в испытательной лаборатории, функционирующей на базе ФНЦ агроэкологии РАН. **Результаты и выводы.** На первом участке оптимальное место для установки водозабора находится на расстоянии 30 метров от расположения водозабора в момент исследования. На втором участке наиболее оптимальное место расположения водозабора в 23 м от уреза воды на момент проведения исследования. Результаты исследования образцов воды

свидетельствуют, что полученные значения не превышают предельно-допустимых концентраций определяемых веществ в воде согласно СанПиН 1.2.3685-21 и Приказа Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016. Оценка химического состава донных отложений позволяет сделать вывод, что они не являются источником вторичного загрязнения водного объекта. Для отобранных проб донных отложений было характерно присутствие в небольших количествах хлоридов, сульфатов, а также кальция и натрия.

Ключевые слова: *р. Дон, охрана водных ресурсов, качество воды, качество донных отложений, водоснабжение станицы Трехостровская.*

Цитирование. Истомин А. П., Межевова А. С., Истомин С. А. Оценка современного состояния участка среднего течения реки дон в районе станицы Трехостровская. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 201-212. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-20.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Проблема качества воды, в том числе питьевой, в настоящее время очень актуальна. Данной проблеме уделяется внимание на разных уровнях. Основной задачей в рамках устойчивого развития ООН является обеспечение к 2030 году всеобщего и равноправного доступа к безопасной и недорогой питьевой воде. Данная работа активно ведется по всему миру, так, в 2020 году 74% мирового населения (5,8 млрд. человек) использовала питьевую воду с соблюдением требований безопасности по сравнению с 62% (3,8 миллиарда) в 2000 г. По текущим прогнозам к 2030 году только 37% населения Африки к югу от Сахары будет использовать безопасную воду. Качество воды имеет большое значение для здоровья и благополучия населения. Отсутствие качественной пресной воды угрожает безопасности здоровья населения и создает серьезную нагрузку для экономики различных стран [11-13].

В Российской Федерации реализация целей устойчивого развития является важным направлением в области комплексного использования водных ресурсов. В разных речных бассейнах страны ситуация различна и можно выделить как индивидуальные проблемные вопросы, так и общие, в том числе такие, как судоходство, деятельность горнорудных компаний, загрязнения сельским хозяйством и коммунальными сточными водами, значительная антропогенная нагрузка, необходимость комплексного использования имеющихся водных ресурсов. Также источником загрязнения водных объектов могут являться и донные отложения, которые депонируют загрязняющие вещества и могут быть источником вторичного загрязнения поверхностных вод [3, 4, 6, 7, 10].

Принятый в Российской Федерации бассейновый принцип управления водными ресурсами позволяет наиболее эффективно реализовать природоохранные мероприятия, обеспечивая координацию заинтересованных федеральных ведомств, органов исполнительной власти регионов и научных организаций [8].

Дон – одна из крупнейших рек Европейской части Российской Федерации протяженностью 1870 км. Бассейн реки занимает территорию 422 тыс. кв. км и территорию 17 субъектов России, а также 1 область Украины. Бассейн р. Дон является экономически развитым районом России и проблема обеспечения водой населения и отраслей экономики становится одной из важнейших [5].

Проблема комплексного использования водных ресурсов реки Дон в части водоснабжения станицы Трехостровская Иловлинского района Волгоградской области актуальна в настоящее время. Данный населенный пункт располагается в пределах Малой излучины реки Дон, которая расположена в центре Волгоградской области. Огибая северо-восточную часть Восточно-Донской гряды, Дон образует излучину, охватывающую его высокое правобережье от станицы Сиротинской до долины р. Большой Го-

лубой. Территория расчленена обширной овражно-балочной сетью. Большая расчлененность рельефа на правобережье Дона создает условия для выхода многочисленных родников. Обследуемый участок находится в зоне влияния Цимлянского гидроузла (до места впадения в р. Дон реки Иловля) [1, 2, 9].

Цель настоящего исследования – оценка современного экологического состояния участка реки Дон, а также разработка рекомендаций, направленных на оптимизацию использования водных ресурсов реки Дон, в том числе реализацию водоснабжения станицы Трехостровская Иловлинского муниципального района Волгоградской области.

Материалы и методы. Для оценки современного состояния обследуемой территории предусматривается:

- исследование участка русла реки Дон в районе имеющихся водозаборных сооружений, целью и задачей которого является определение оптимального расположения водозаборного оголовка (определение наиболее глубокого места в створе сооружений);
- исследование поверхностных источников воды и донных отложений, целью и задачей которых являются анализ современного состояния донных отложений, оценка экологического состояния донных отложений с учетом санитарно-эпидемиологических требований.

В административном отношении изучаемая территория расположена на правом берегу Дона в районе станицы Трехостровская Иловлинского муниципального района Волгоградской области (рисунок 1).

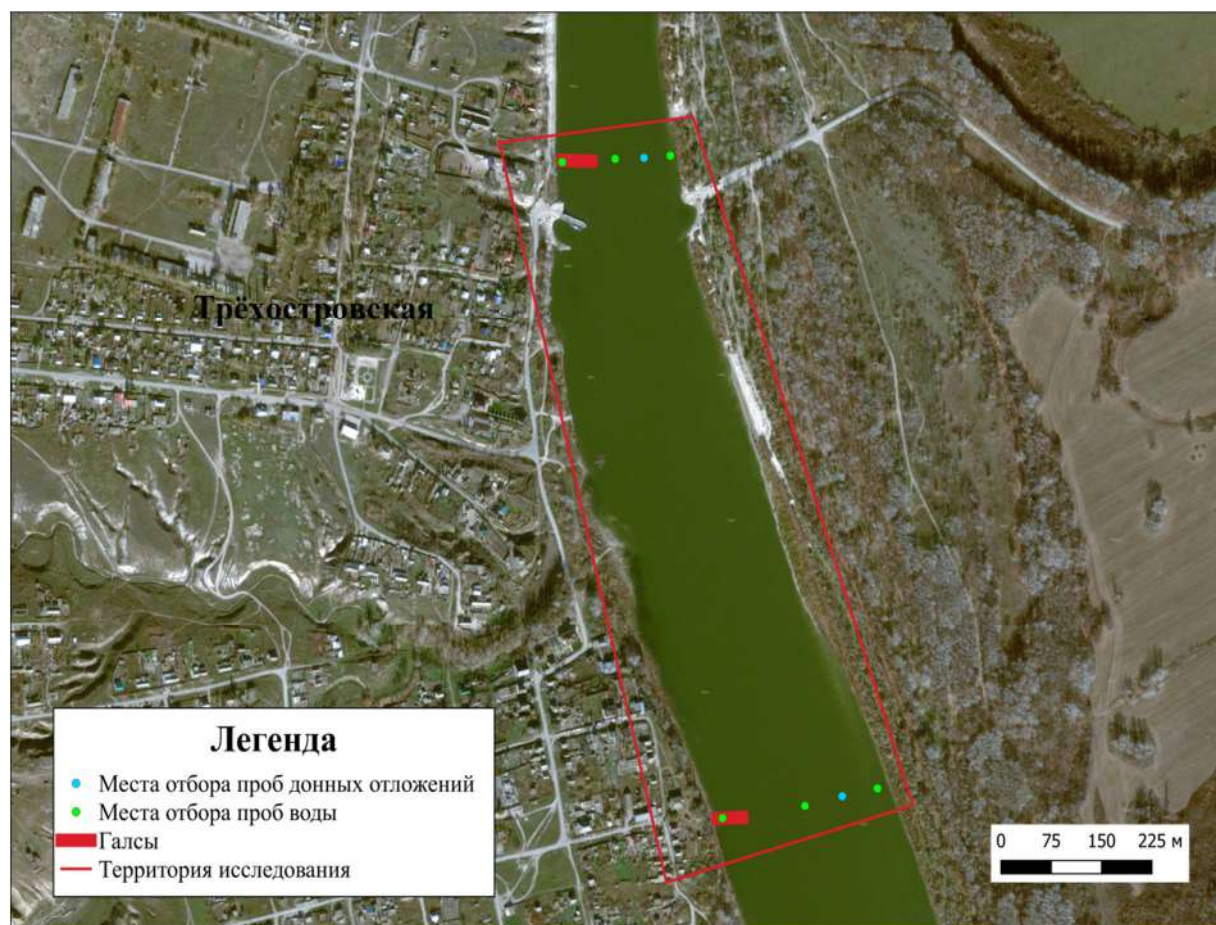


Рисунок 1 – Схема обследования участка на р.Дон
Figure 1 – Scheme of surveying the site on the Don River

Обследование проведено с помощью доплеровского гидрологического профилографа Енисей–300. Цель обследования – изучение профиля дна водного объекта в створе расположения водозаборных сооружений для определения наиболее глубокого места возможного размещения оголовка всасывающей линии.

Методика обследования заключалась в построении профилей дна при помощи доплеровского гидрологического профилографа Енисей–300. Построение профилей осуществлялось прохождением галсами непосредственно от водозаборного сооружения к центру р. Дон под прямым углом (см. рисунок 1).

Для оценки загрязненности воды производился отбор проб воды из р. Дон согласно ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.1.5.04-81 «Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод». Отбор происходил при помощи дискретного пробоотборника жидкости с поверхностного и глубинного слоя реки Дон.

Для оценки загрязнения донных отложений отбор проб из р. Дон производился согласно РД 52.24.609-2013 «Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов».

В ходе исследования определяли показатели качества воды и донных отложений реки Дон, в районе станицы Трехостровская Иловлинского муниципального района Волгоградской области. Анализы проб проводились в испытательной лаборатории функционирующей на базе ФНЦ агроэкологии РАН, при использовании стандартных общепринятых методик.

Результаты и обсуждения. Для разработки рекомендаций, направленных на оптимизацию использования водных ресурсов реки Дон, в том числе водоснабжения станицы Трехостровская Иловлинского муниципального района Волгоградской области проведено обследование двух участков (акваторий) реки Дон в створах расположения существующих водозаборных сооружений.

Первый створ располагается в 70 метрах вверх по течению от переправы через реку Дон (рисунок 2).



Рисунок 2 – Первый участок на река Дон
Figure 2 – The first site on the Don river

Водозабор представляет собой оголовок трубы, погруженный в воду на понтоне. В зависимости от уровня воды в реке Дон водозаборный оголовок на понтонах передвигается на более глубокое место (рисунок 3).



Рисунок 3 – Водозабор на первом участке
Figure 3 – Water intake at the first site

На первом участке от точки водозабора построен профиль рельефа дна при помощи доплеровского гидрологического профилографа Енисей–300. Установлено, что в момент проведения съемки глубина у водозабора составляет 2 м. Постепенное понижения дна начинается в 17 метрах от точки расположения водозабора на момент исследования с глубины 2,5 м. На расстоянии 50 м от водозабора глубина составила 6,5 м.

При снижении уровня реки Дон в меженный период целесообразно устанавливать водозабор на расстоянии 30 метров и более от существующей точки расположения водозабора.

Исследование участка на расстоянии 25-30 метров вверх и вниз по течению от створа водозаборных сооружений не выявило значительных углублений русла реки. Полученный рельеф (профиль) дна представлен на рисунке 4.

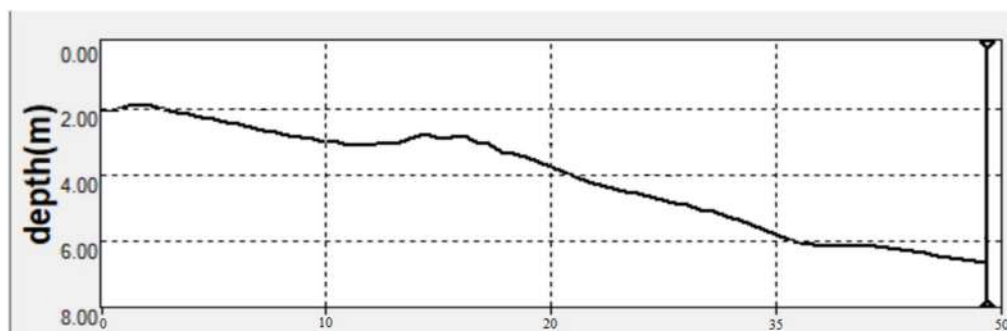


Рисунок 4 – Профиль дна реки Дон на первом участке
Figure 4 – Bottom profile of the Don River on the first site

Второй участок располагается примерно на 800 метров вниз по течению от переправы через р. Дон (рисунок 5).



Рисунок 5 – Второй створ на реке Дон
Figure 5 – The second site on the Don river

Водозабор представляет собой насос с заглубленным оголовком (рисунок. 6).

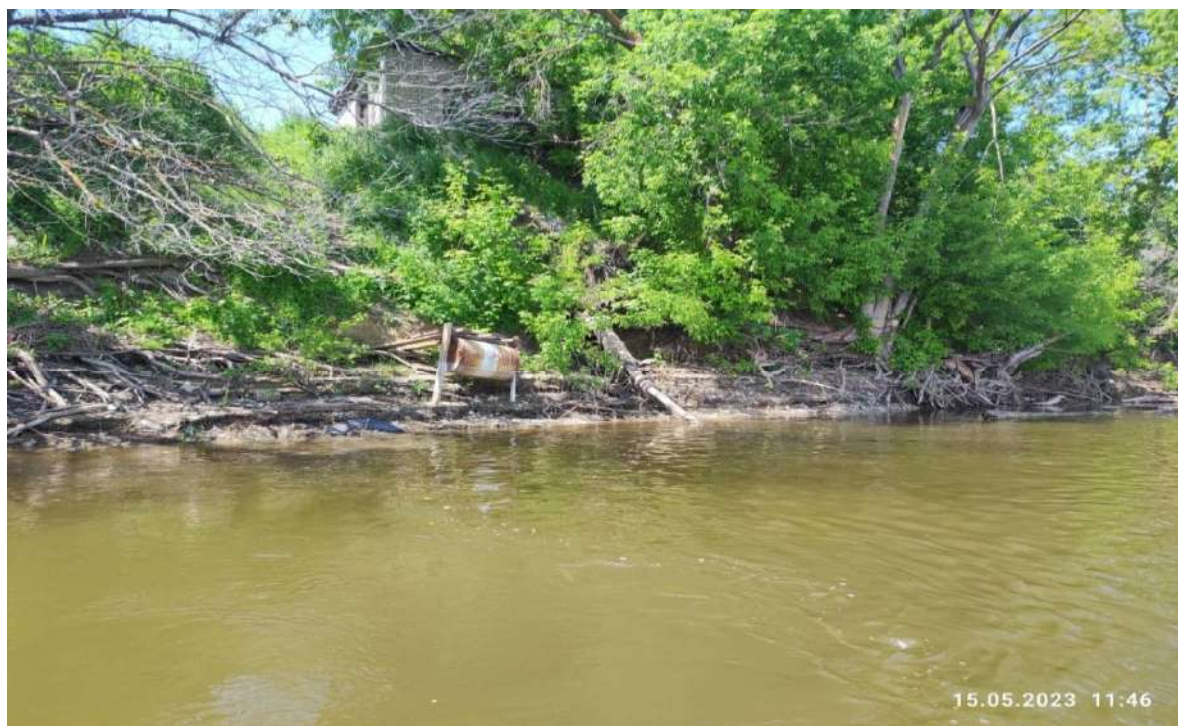


Рисунок 6 – Водозабор на втором участке
Figure 6 – Water intake at the second site

Построение профиля дна осуществлялось при помощи доплеровского гидрологического профилографа Енисей-300. Запись на устройстве началась на расстоянии 2 метра от берега напротив водозабора при начальной глубине 2,0 м. Постепенное понижение дна начинается на расстоянии 4 метра от водозаборного оголовка. На 23 метровой отметке происходит выравнивание дна на глубине 4,0 – 4,5 м (рисунок 7).

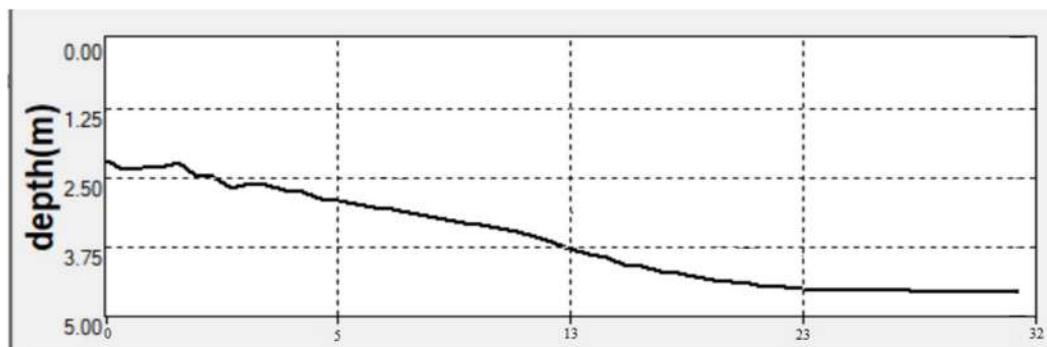


Рисунок 7 – Профиль дна реки Дон на втором участке
Figure 7 – Bottom profile of the Don River on the second site

При снижении уровня Дона в меженный период целесообразно устанавливать второй водозабор на расстоянии 23 метра и далее от уреза воды на момент исследования.

Исследование участка на расстояние 25-30 метров вверх и вниз по течению от створа водозаборных сооружений не выявило значительных углублений русла реки.

Для оценки экологического состояния поверхностных вод и донных отложений с учетом санитарно-эпидемиологических требований проводился отбор проб воды с поверхностного и глубинного слоя реки Дон на 6 различных точках (см. рисунок 1, 2).

Полученные данные, а также значения предельно допустимых концентраций (ПДК) определяемых веществ в воде согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и Приказу Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав воды
Table 1 – Chemical composition water

№ п/п	Определяемый показатель	Поверхностный слой, створ 1 (средний показатель)	Глубинный слой, створ 1 (средний показатель)	Поверхностный слой, створ 2 (средний показатель)	Глубинный слой, створ 2 (средний показатель)	ПДК согласно Приказу Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016	ПДК согласно СанПиН 1.2.3685-21
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аммоний, мг/л	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	0,5	1,5
2	Барий, мг/л	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1	0,74	0,7
3	Калий, мг/л	3,4	3,3	3,2	3,2	50	-
4	Кальций, мг/л	87	82	82	76	180	-
5	Литий, мг/л	менее 0,015	менее 0,015	менее 0,015	менее 0,015	0,08	0,03
6	Магний, мг/л	22,7	21,8	22	21,4	40	50
7	Натрий, мг/л	53	51	51	50	120	200
8	Нитрат, мг/л	0,58	0,60	0,47	менее 0.2	40	45

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	Нитрит, мг/л	менее 0,2	менее 0,2	менее 0,2	менее 0,2	0,08	3
10	Стронций, мг/л	0,57	0,58	0,57	0,59	0,40	7
11	Сульфат, мг/л	97	99	99	100	100	500
12	Фосфат, мг/л	менее 0,25	менее 0,25	менее 0,25	менее 0,25	0,15	-
13	Фторид, мг/л	0,21	0,21	0,19	0,18	0,75	1,5
14	Хлорид, мг/л	41	42	42	42	300	350
15	Перманганатная окисляемость, мг/л	5,2	5,2	5,3	5,3	-	7,0
16	Гидрокарбонат, мг/л	350	349	375	327	-	-
17	Водородный показатель (рН), ед. рН	8,25	8,19	8,27	8,25	6,5-8,5	6-9
18	Взвешенные вещества, мг/л	33	68	14,5	53	-	-

Как видно из таблицы 1, результаты исследования образцов воды свидетельствуют, что полученные значения не превышают предельно-допустимых концентраций определяемых веществ в воде согласно СанПиН 1.2.3685-21 и Приказа Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016.

Известно, что донные отложения водоемов депонируют загрязняющие вещества, поэтому они могут рассматриваться в качестве информативного показателя качества вод и одновременно источника вторичного загрязнения поверхностных вод. Сильно загрязненные донные отложения оказывают серьезное отрицательное влияние на состояние воды водоемов и водотоков.

Для оценки загрязнения донных отложений произведен отбор 2 проб на рассматриваемом участке р. Дон. Оценка химического загрязнения донных отложений проводилась по 13 элементам: аммоний, калий, натрий, магний, кальций, хлорид, сульфат, оксалат, нитрат, фторид, формиат, фосфат, ацетат. Химический состав донных отложений представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав донных отложений
Table 1 – Chemical composition of bottom sediments

Определяемый показатель	Наименование образца	
	Донные отложения, створ 1	Донные отложения, створ 2
Аммоний мг/кг	3,83	3,22
Калий мг/кг	8,1	9,2
Натрий мг/кг	37,3	28,8
Магний мг/кг	8,9	6,8
Кальций мг/кг	35,1	29,4
Хлорид мг/кг	34,2	27,9
Сульфат мг/кг	52,4	30,9
Оксалат мг/кг	менее 3	менее 3
Нитрат мг/кг	16,3	менее 3
Фторид мг/кг	менее 1	менее 1
Формиат мг/кг	3,73	1,05
Фосфат мг/кг	менее 3	менее 3
Ацетат мг/кг	3,79	менее 3

Отобранные образцы донных отложений исследовали в лабораторных условиях. Оценка химического состава донных отложений позволяет сделать вывод, что они не являются источником вторичного загрязнения водного объекта. Для отобранных проб донных отложений было характерно присутствие в небольших количествах хлоридов, сульфатов, а также кальция и натрия и других водорастворимых форм катионов и анионов.

Заключение. В результате анализа профилей рельефа дна выявлено, что на первом участке наиболее оптимальное место для установки водозабора находится на расстоянии от 30 метров и далее от расположения водозабора в момент исследования. На втором участке наиболее оптимальное место расположения водозабора в 23 м от уреза воды на момент проведения исследования. Отсутствие явно выраженных углублений (ям) также является причиной отсутствия накопления загрязняющих предметов (топлива, мусора и др.) в районе водозаборных сооружений.

Результаты исследования образцов воды свидетельствуют, что полученные значения не превышают предельно-допустимых концентраций определяемых веществ в воде согласно СанПиН 1.2.3685-21 и Приказу Минсельхоза России № 552 от 13.12.2016. Донные отложения на рассматриваемом участке не являются источником вторичного загрязнения водного объекта.

В качестве рекомендаций комплексного использования водных ресурсов реки Дон авторский коллектив рекомендует к выполнению заинтересованным органам исполнительной власти следующие мероприятия:

- в целях сохранения благоприятного экологического состояния реки Дон на рассматриваемых участках необходимо обеспечить выполнение требований статьи 65 Водного кодекса Российской Федерации, исключить сброс загрязняющих веществ и предметов с парома;
- регулирование расположения водозаборного оголовка осуществлять в зависимости от уровня воды в реке Дон;
- проработать вопрос использования водных ресурсов реки Дон, не ухудшающих качественный состав водных ресурсов на рассматриваемом участке акватории;
- исключить превышение сброса загрязняющих веществ в водные объекты, расположенные выше по течению от рассматриваемого участка акватории (р. Иловля, р. Тишанка, р. Рубежный);
- при необходимости рассмотреть вопрос о проектировании водозаборных сооружений, на которые не оказывает влияние сезонные изменения уровня реки Дон.

Conclusions. As a result of the analysis of the bottom relief profiles, it was revealed that in the first section the most optimal place for installing a water intake is at a distance of 30 meters and further from the location of the water intake at the time of the study. In the second section, the most optimal location of the water intake is 23 m from the water's edge at the time of the study. The absence of pronounced recesses (pits) is also the reason for the absence of accumulation of polluting objects (fuel fuel, debris, etc.) in the area of water intake facilities. The results of the study of water samples indicate that the obtained values do not exceed the maximum permissible concentrations of analytes in water according to SanPiN 1.2.3685-21 and Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 552 dated 12/13/2016. Bottom sediments in the area under consideration are not a source of secondary pollution of the water body. As recommendations for the integrated use of the water resources of the Don River, the team of authors recommends the following activities for implementation by the interested executive authorities:

- in order to preserve the favorable ecological state of the Don River in the areas under consideration, it is necessary to ensure compliance with the requirements of Article 65 of the Water Code of the Russian Federation, to exclude the discharge of pollutants and objects from the ferry;
- regulation of the location of the water intake head should be carried out depending on the water level in the Don River;
- to work out the issue of using the water resources of the Don River that do not worsen the qualitative composition of water resources in the area under consideration;
- exclude excess discharge of pollutants into water bodies located upstream from the considered area of the water area (R. Ilovlya, R. Tishanka, R. Rubezhny);
- if necessary, consider the issue of designing water intake structures that are not affected by seasonal changes in the level of the Don River.

Библиографический список

1. Геоморфологическая характеристика, мониторинг и пути оптимизации эрозионных процессов в Малой излучине Дона / Н. В. Вишняков, С. Н. Канищев, Д. А. Солодовников [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2015. № 4 (14). С. 81-89.
2. Дандара Н. Т., Борисова И. А. Цимлянское водохранилище на реке Дон: история создания, современное состояние и проблемы природопользования // Мелиорация и водное хозяйство: материалы научно-практической конференции. Новочеркасск: ООО "Лик", 2016. Т. 14. С. 62-72.
3. Закруткин В. Е., Решетняк О. С., Бакаева Е. Н. Гидроэкологические особенности поверхностных вод углепромышленных территорий Восточного Донбасса // Известия РАН. Серия географическая. 2020. Т. 84. № 3. С. 451-460.
4. Изучение современного гидрологического режима озерной системы «Чайка» на территории Волго-Ахтубинской поймы / А. И. Беляев, А. М. Пугачева, А. П. Истомин [и др.] // Экология и промышленность России. 2023. Т. 27. № 7. С. 60-65.
5. Косолапов А. Е., Коржов И. В. Управление водными ресурсами Нижнего Дона в условиях противоречивых интересов водопользователей // Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Сочи: ООО "Лик", 2018. Т. 1. С. 183-190.
6. Куракина Н. И., Шлыгина Н. С. Оценка состояния донных отложений по результатам контрольных измерений концентраций загрязняющих веществ в восточной части Финского залива // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. № 4. С. 72-78.
7. Решетняк О. С., Закруткин В. Е. Донные отложения как источник вторичного загрязнения речных вод металлами (по данным лабораторного эксперимента) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. № 4. С. 102-109.
8. Рыбкина И. Д., Седова Е. Ю. Управление водными ресурсами в регионах России и Франции: бассейновый принцип и участие заинтересованных лиц // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2021. № 4(63). С. 23-36.
9. Рябинина Н. О. Природные и антропогенные факторы изменчивости динамики биопродуктивности геосистем целинных типчаково-ковыльных степей Восточно-Донской гряды // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. 2013. № 2 (6). С. 62-68.
10. Тихонова И. О., Кручинина Н. Е. Загрязнение донных отложений малых рек на урбанизированных территориях // Восточно-Европейский Научный Журнал. 2016. Т. 8. № 5. С. 123-127.
11. Public Health Hazards Due to Unsafe Drinking Water / M. Pal, Y. Ayele, M. Hadush, S. Panigrahi, V. J. Jadhav // Air and Water Borne Diseases. 2018. V. 7. P. 1-6.
12. State of the world's drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, 2022. 114 p.
13. Strong systems and sound investments: evidence on and key insights into accelerating progress on sanitation, drinking-water and hygiene // UN-Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2022: report World Health Organization. 2022. 96 p.

References

1. Geomorphological characteristics, monitoring and ways to optimize erosion processes in the Small Bend of the Don / N. V. Vishnyakov, S. N. Kanishchev, D. A. Solodovnikov [et al.] // Bulletin of Volgograd State University. Series 11: Natural Sciences. 2015. № 4 (14). Pp. 81-89.
2. Dandara N. T., Borisova I. A. Tsimlyansk reservoir on the Don River: the history of creation, the current state and problems of nature management // Reclamation and water management: materials of a scientific and practical conference. Novocherkassk: LLC "Lik," 2016. V. 14. Pp. 62-72.
3. Zakrutkin V. E., Reshetnyak O. S., Bakaeva E. N. Hydroecological features of surface waters of coal-industrial territories of Eastern Donbass // Izvestia RAS. The series is geographical. 2020. V. 84. № 3. Pp. 451-460.

4. Study of the modern hydrological regime of the Chaika lake system on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain / A. I. Belyaev, A. M. Pugachev, A. P. Istomin [et al.] // Ecology and industry of Russia. 2023. V. 27. № 7. Pp. 60-65.
5. Kosolapov A. E., Korzhov I. V. Management of water resources of the Nizhny Don in the conditions of conflicting interests of water users // Water resources of Russia: modern state and management: a collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Sochi: LLC "Lik," 2018. V. 1. Pp. 183-190.
6. Kurakin N. I., Shlygin N. S. Assessment of the state of bottom sediments based on the results of control measurements of pollutant concentrations in the eastern part of the Gulf of Finland // Izvestia SPbGETU "LETI." 2017. № 4. Pp. 72-78.
7. Reshetnyak O. S., Zakrutkin V. E. Bottom deposits as a source of secondary contamination of river waters with metals (according to a laboratory experiment) // Izvestia universities. North Caucasus region. Natural sciences. 2016. № 4. Pp. 102-109.
8. Rybkina I. D., Sedova E. Yu. Water resources management in the regions of Russia and France: the basin principle and the participation of interested parties // Izvestia of the Altai branch of the Russian Geographical Society. 2021. № 4 (63). Pp. 23-36.
9. Ryabinina N. O. Natural and anthropogenic factors of variability in the dynamics of bio-productivity of geosystems of virgin type-feather steppes of the East Don ridge // Bulletin of Volgograd State University. Series 11: Natural Sciences. 2013. № 2 (6). Pp. 62-68.
10. Tikhonova I. O., Kruchinina N. E. Pollution of bottom sediments of small rivers in urbanized territories // East European Scientific Journal. 2016. V. 8. № 5. Pp. 123-127.
11. Public Health Hazards Due to Unsafe Drinking Water / M. Pal, Y. Ayele, M. Hadush, S. Panigrahi, V. J. Jadhav // Air and Water Borne Diseases. 2018. V. 7. Pp. 1-6.
12. State of the world's drinking water: an urgent call to action to accelerate progress on ensuring safe drinking water for all. Geneva: World Health Organization, 2022. 114 p.
13. Strong systems and sound investments: evidence on and key insights into accelerating progress on sanitation, drinking-water and hygiene // UN-Water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2022: report World Health Organization. 2022. 96 p.

Информация об авторах

Истомин Александр Петрович, заместитель директора, руководитель Центра по защите и восстановлению малых рек и водоемов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Межевова Алина Сергеевна заведующий лабораторией анализа почв, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: mezhevova@vfanc.ru

Истомин Сергей Александрович, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агроландшафтов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), e-mail: istomin-s@vfanc.ru

Authors Information

Istomin Alexander Petrovich, Deputy Director, Head of the Center for the Protection and Restoration of Small Rivers and Reservoirs of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., d. 97), e-mail: istomin-ap@vfanc.ru

Mezhevova Alina Sergeevna Head of the Laboratory of Soil Analysis, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail : mezhevova@vfanc.ru

Istomin Sergey Alexandrovich Junior Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforestry Landscapes of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: istomin-s@vfanc.ru

WILDFIRES IN MUNICIPALITIES OF THE VOLGA-AKHTUBA FLOODPLAIN

A. N. Berdengalieva

*Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and
Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: berdengalieva@mail.ru

Received 26.04.2023

Submitted 12.07.2023

The work was carried out within the framework of the state tasks of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences No. № 122020100311-3 "Theoretical foundations of functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry landscape complexes in transitional natural-geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in modern conditions"

Summary

This article presents the results of determining the dynamics of the burnability of landscapes in the Volga-Akhtuba floodplain in the context of municipalities. This is necessary to determine the most fire-hazardous areas in the floodplain, which will further optimize fire prevention measures.

Abstract

Introduction. Identification of burnt-out areas in landscape fires and analysis of the patterns of burnability are quite urgent tasks. While much work has been devoted to forest fires, much less research has been devoted to grass and reed fires. In regions where, significant areas are occupied by reeds, the problem of fighting fires is acute. First of all, these are floodplains and deltas of large rivers, for example, the Lower Volga. The peculiarity of reed fires is that they can occur annually in the same place. The purpose of this study was to determine the dynamics of the burnability of landscapes in the Volga-Akhtuba floodplain in the context of municipalities. This is necessary to determine the most fire-hazardous areas in the floodplain, which will further optimize fire prevention measures. **Object.** Burnt-out areas on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain within the boundaries of municipalities in 3 regions in the south of Russia are investigated. **Materials and methods.** The burned-out areas were determined by the method of visual decoding of satellite images of high and ultra-high spatial resolution in a combination of "artificial colors" channels with the inclusion of near and short-wave infrared channels (NIR and SWIR). For verification, data on the combustion centers of FIRMS and information products FireCCI, MCD64 and GABAM were used. The combined use of all methods gives the greatest accuracy in determining the boundaries of burnt areas. **Results and conclusions.** As a result of mapping using Landsat and Sentinel satellite data for 2001-2021, more than 16.6 thousand ha with a total area of 1.1 million ha (excluding repeatability) were identified. The regularities of the dynamics of the burnability of the landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain have been established: a significant negative trend has been recorded for the entire research area. The municipalities where a significant positive trend of floodplain landscapes is noted are identified: Kolobovskoye, Tsarevskoye rural settlements and Leninsk urban settlement in the Volgograd region.

Key words: wildfires, floodplain landscapes, geoinformation technologies, remote sensing, Volga-Akhtuba floodplain.

Citation. Berdengalieva A. N. Wildfires in municipalities of the Volgo-Akhtuba floodplain. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 213-223 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-21.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.459:528.854

**ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЯХ
ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ****А. Н. Берденгалиева, младший научный сотрудник***ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук
г. Волгоград, Российская Федерация**Работа проведена в рамках выполнения государственных заданий Федерального научного
центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской
академии наук № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-
антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природ-
но-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на
основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-
картографического моделирования в современных условиях»*

Актуальность. Идентификация выгоревших площадей при ландшафтных пожарах и анализ закономерностей горимости являются достаточно актуальными задачами. В то время как лесным пожарам посвящено много работ, травяным и тростниковым пожарам посвящено гораздо меньше исследований. В регионах, где значительные площади заняты тростниками, остро стоит проблема борьбы с пожарами. В первую очередь, это поймы и дельты крупных рек, например, Нижняя Волга. Особенность тростниковых пожаров заключается в том, что они могут происходить ежегодно на одном и том же месте. Целью данного исследования являлось определение динамики горимости ландшафтов в Волго-Ахтубинской пойме в разрезе муниципальных образований. Это необходимо для определения наиболее пожароопасных территорий в пойме, что позволит в дальнейшем оптимизировать меры противопожарной профилактики. **Объект.** Исследуются выгоревшие площади на территории Волго-Ахтубинской поймы в границах муниципальных образований в 3 регионах на юге России. **Материалы и методы.** Определение выгоревших площадей выполнено методом визуального дешифрирования спутниковых снимков высокого и сверхвысокого пространственного разрешения в комбинации каналов «искусственные цвета» с включением ближнего и коротковолнового инфракрасных каналов (NIR и SWIR). Для верификации использовались данные об очагах горения FIRMS и информационные продукты FireCCI, MCD64 и GABAM. Совместное использование всех методов даёт наибольшую точность определения границ выгоревших площадей. **Результаты и выводы.** В результате картографирования по спутниковым данным Landsat и Sentinel за 2001-2021 гг. идентифицировано более 16,6 тыс. гарей суммарной площадью 1,1 млн га (без учета повторяемости). Установлены закономерности динамики горимости ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы: зафиксирован значимый отрицательный тренд для всей территории исследований. Определены муниципальные образования, где отмечен значимый положительный тренд горимости пойменных ландшафтов: Колобовское, Царевское сельские поселения и городское поселение Ленинск в Волгоградской области.

Ключевые слова: природные пожары, пойменные ландшафты, геоинформационные технологии, дистанционное зондирование земель, Волго-Ахтубинская пойма.

Цитирование. Бердигалиева А. Н. Природные пожары в муниципальных образованиях Волго-Ахтубинской поймы. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 213-223. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-21.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природные пожары являются существенным фактором динамики состояния ландшафтов, т.к. приводят к изменению видового состава растительного покрова, разрушают местообитания животных, изменяют спектрально-отражательные ха-

рактеристики земного покрова [10, 25]. Лесные пожары лучше изучены, существуют специализированные системы мониторинга пожаров в лесах [12, 13]. В последние годы проведено достаточно много исследований по определению закономерностей пожарного режима зональных нелесных ландшафтов [15, 16, 25]. Природные пожары в луговых и пойменных ландшафтах изучены значительно хуже, исследования охватывают только отдельные участки речных долин [11, 14]. В то же время высокопродуктивные пойменные ландшафты при пожарах служат источником выбросов больших объемов парниковых газов и других продуктов горения, поэтому их мониторинг крайне важен для оценки эмиссий углерода [24].

Пойменные ландшафты Нижней Волги, включая ее дельту, являются территорией наибольшей частоты пожаров на юге европейской части России, а дельта Волги – единственная территория, где отмечен устойчивый рост горимости [15, 16]. Гидрологические изменения в бассейне Волги, вызванные зарегулированием стока и сменой климатических условий, приводят к сокращению продолжительности и снижению уровней половодья [3, 23, 26]. Это приводит к обсыханию лугов, что увеличивает их горимость. В то же время ухудшение обводнения поймы приводит к деградации растительных сообществ высокой поймы, которая заливается достаточно редко [18]. Это приводит к снижению их продуктивности и, как следствие, к уменьшению мортмассы, что способствует сокращению количества пожаров из-за недостатка горючего материала. По этим причинам требуется проведение пространственного анализа пожарного режима Волго-Ахтубинской поймы для установления участков с увеличением и снижением горимости. Спутниковые данные и методы их дешифрирования лучше всего подходят для этих целей, т.к. позволяют выполнить ретроспективный анализ [5, 6].

Целью данного исследования являлось определение динамики горимости ландшафтов в Волго-Ахтубинской пойме в разрезе муниципальных образований. Это необходимо для определения наиболее пожароопасных территорий в пойме, что позволит в дальнейшем оптимизировать меры противопожарной профилактики.

Материалы и методы. Территория исследования включает Волго-Ахтубинскую пойму (ВАП) от Волгоградского гидроузла до верховий дельты Волги (с. Верхнелебязье), расположена в трех субъектах: Астраханской (Ахтубинский, Енотаевский, Красноярский, Наримановский, Харабалинский, Черноярский районы), Волгоградской (Ленинский, Светлоярский, Среднеахтубинский районы, Кировский район города Волгоград) областях и Республике Калмыкия (Юстинский район). Площадь исследуемой территории составляет 787,6 тыс. га и делится на два гидролого-геоморфологических района (рис. 1): северная (от Волгограда до пос. Черный Яр) и центральная (от пос. Черный Яр до с. Верхнелебязье) части ВАП [23]. Северная часть ВАП характеризуется грядистым рельефом и, соответственно, более высокими отметками поймы, занятыми, в том числе, природными дубравами, тополевыми и искусственными насаждениями ясеня, сосны [9], для центральной части ВАП характерно преобладание заливаемых лугов [4].

В работе применена широко используемая методика картографирования выгоревших площадей [11, 14, 15, 24, 25] по спутниковым снимкам Landsat 5, 7, 8, 9 и Sentinel-2. Для верификации результатов дешифрирования использовались данные об очагах активного горения FIRMS [22] и данные выгоревших площадей FireCCI51 [20], MCD64A1 [21] и GABAM [17]. Ни один из указанных информационных продуктов не обеспечивает достаточную точность при картографировании природных пожаров в пойменных ландшафтах, поскольку содержит как ложные определения гарей, так и большую долю пропусков [1, 2, 11]. На рисунке 2 показан пример выделения гарей по данным использованных информационных продуктов детектирования выгоревших площадей и экспертного дешифрирова-

ния флуоресценции флуоресцирующих спутниковых изображений в комбинации коротковолнового, ближнего инфракрасного и зеленого диапазонов, соответствующих 7, 4, 2 каналам Landsat 5, 7 и 7, 5, 3 каналам Landsat 8, 9. Характерно большое количество ложных определений гарей по данным FireCCI51, MCD64A1, GABAM, связанное с последующим затоплением при половодье, т.к. водные объекты и свежие гари имеют сходные спектрально-отражательные признаки [1]. Исследование охватывает 2001-2021 гг., что связано с запуском спутниковой системы MODIS в 2000 г., на материалах которой основываются информационные продукты детектирования активного горения, необходимые для верификации при картографировании пожаров.



Рисунок 1 – Территория исследований

(I – границы пойменных ландшафтов, II – границы административных районов)

Figure 1 – Research area

(I – boundaries of floodplain landscapes, II – boundaries of administrative districts)

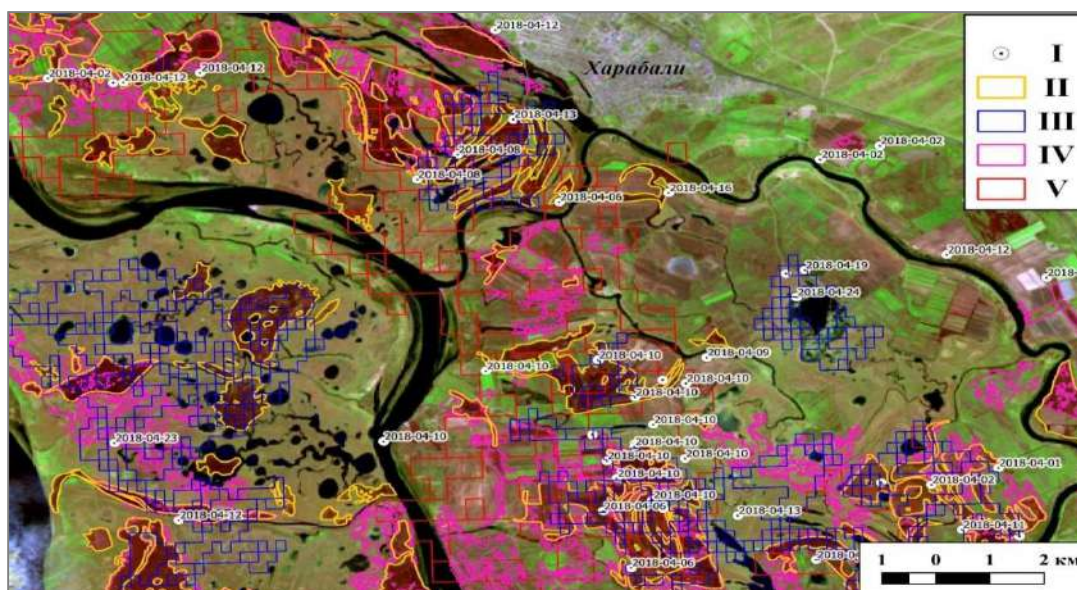


Рисунок 2 – Результат картографирования выгоревших площадей на 17 апреля 2018 г.

Figure 2 – The result of mapping the burnt-out areas on April 17, 2018 (I – thermal dots FIRMS, II – deciphering, III – FireCCI, IV – GABAM, V – MCD64A1)

II – decryption, III – FireCCI, IV – GABAM, V – MCD64A1)

Расходы воды в створе Волгоградского гидроузла, длительности половодья и периодов максимальных расходов воды, уровни половодий приведены согласно работам [7, 8], а также информации официального сайта РусГидро (<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer>) и Государственного водного реестра (<https://gis.favr.ru/web/guest/opendata>). Геоинформационная обработка данных и дешифрирование спутниковых снимков выполнялись в программе QGIS, статистическая обработка результатов произведена MS Excel.

Результаты и обсуждение. В результате картографирования выгоревших площадей по спутниковым данным Landsat и Sentinel за 2001-2021 гг. идентифицировано более 16,6 тыс. гарей суммарной площадью (без учета повторяемости) 1,1 млн га. Таким образом, ежегодно отмечается в среднем почти 800 пожаров, среднемноголетней площадью около 66 га каждый. Многолетняя динамика количества и площадей пожаров на территории исследований показана на рисунке 3. Максимальное количество пожаров было в 2009 г., также выделяются 2003, 2005, 2006, 2014 и 2020 гг., в каждый из которых зафиксировано более тысячи пожаров. В Волго-Ахтубинской пойме отсутствует тренд снижения количества пожаров, кроме Юстинского района Калмыкии, где число гарей уменьшается на 4 за десятилетие ($r=0,46$, $p<0,05$). Во втором десятилетии XXI в. количество пожаров в районе исследований уменьшилось примерно на 30% по сравнению с первым. Подобные тенденции характерны также и для зональных ландшафтов юга европейской части России [15, 16].

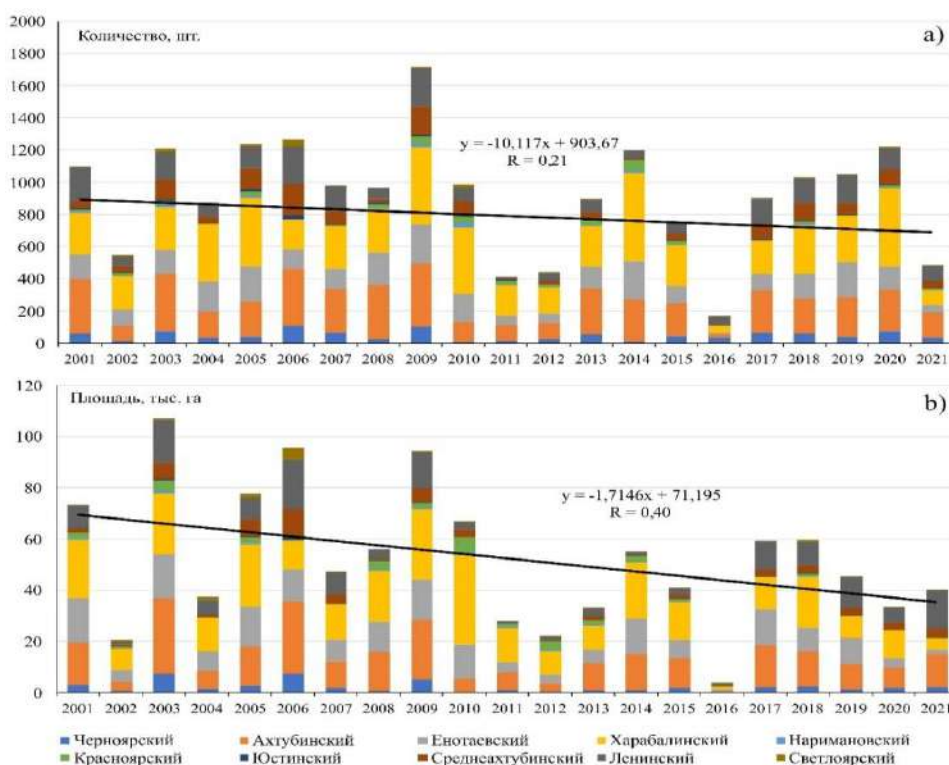


Рисунок 3 – Динамика количества (а) и площадей пожаров (б) в административных районах
Figure 3 – Dynamics of the number (a) and areas of fires (b) in administrative districts

Больше всего пожаров отмечено в Харабалинском и Ахтубинском районах Астраханской области – 5,95 и 4,75 тыс. шт. соответственно. Эти районы имеют наибольшую площадь пойменных ландшафтов, что в некоторой степени может объяснять и наибольшее количество пожаров. В то же время в Енотаевском районе при сопоставимой площади поймы отмечается почти вдвое меньше пожаров – всего идентифицировано 2,9 тыс. случа-

ев. Максимальные среднегодовые площади также характерны для Харабалинского и Ахтубинского районов – 15,4 и 12,5 тыс. га соответственно. Далее следует Енотаевский район (9,4 тыс. га в год) и Ленинский район Волгоградской области (7,2 тыс. га в год). Наибольшие выгоревшие площади зафиксированы в 2003, 2006 и 2009 гг. – 90-110 тыс. га. После 2010 г. площадь пожаров не превышала 50-60 тыс. га в год. Как и в случае с количеством пожаров, большие выгоревшие площади характерны для административных районов большого размера. Динамика площади гарей характеризуется отрицательным трендом с угловым коэффициентом 1,7 тыс. га в год ($r=0,4$, $p<0,05$).

Показателем, который характеризует пожарный режим и в меньшей степени зависит от площади объекта, является горимость – отношение выгоревшей площади ко всей площади ландшафтов исследуемого объекта. На рисунках 4 и 5 показана динамика горимости в муниципальных образованиях в Волго-Ахтубинской пойме. Среднемноголетняя горимость в 2011-2021 гг. уменьшилась на 43% по сравнению с периодом 2001-2010 гг.: с 8,9% в год до 5% в год. Для всех районов характерно снижение горимости после 2010 г., наиболее сильно это проявилось в Светлоярском районе Волгоградской области. Из 66 проанализированных муниципальных образований (МО) горимость снизилась в два и более раз почти в половине случаев (32), еще в 24 МО снижение составило до 50%. Рост горимости отмечен только в шести МО: в четырех случаях до 50% (Золотухинский (№ 41 на рис. 4 и 5), Косикинский (№ 53), Успенский (№ 31) сельсоветы Астраханской области и Царевское сельское поселение (№ 18) в Волгоградской) и в двух – более 50% (Колобовское сельское поселение (№ 19) и городское поселение Ленинск (№ 2)).

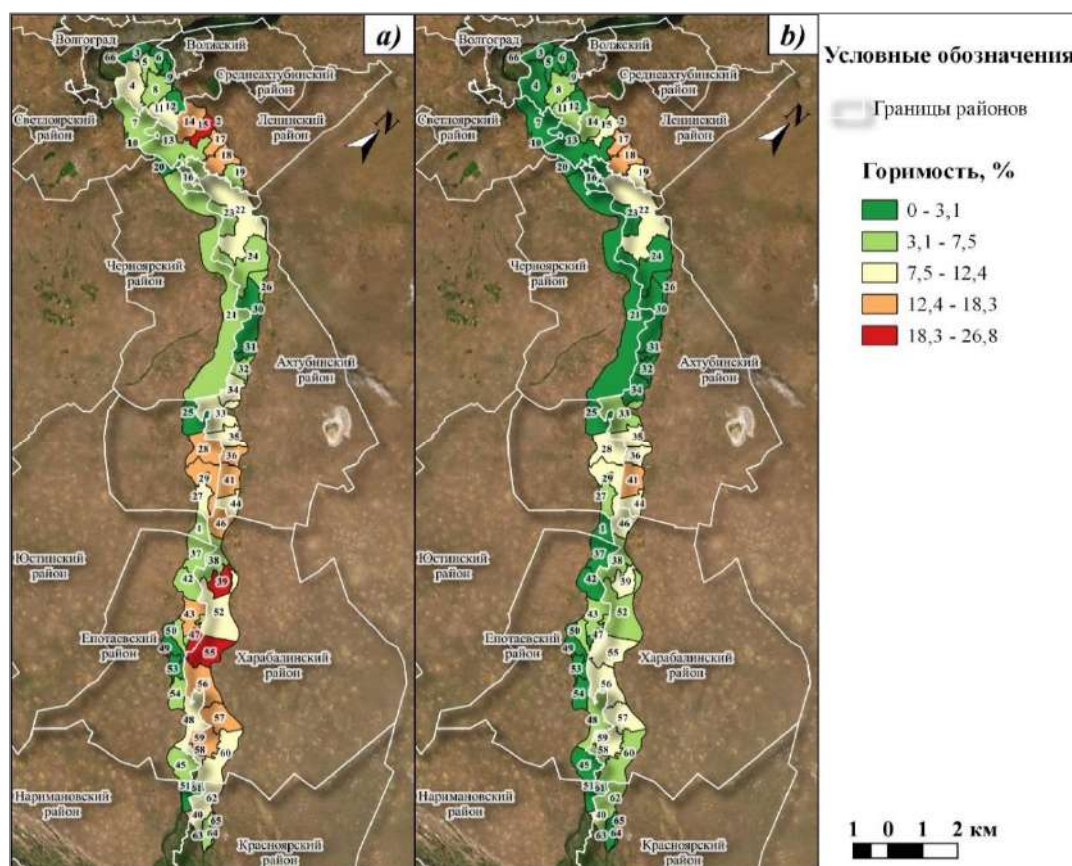


Рисунок 4 – Среднемноголетняя горимость пойменных ландшафтов в муниципальных образованиях в 2001-2010 гг. (a) и в 2011-2021 гг. (b)

Figure 4 – Average annual burnability of floodplain landscapes in municipalities in 2001-2010 (a) and in 2011-2021 (b)

Тренд горимости аналогичен тренду выгоревших площадей ($r=0,4$, $p<0,05$). Для всех районов характерны отрицательные угловые коэффициенты линейных трендов, но значимы только тренды в Харабалинском ($k=-0,27$ % в год, $r=0,48$, $p<0,05$) и Енотаевском ($k=-0,36$ % в год, $r=0,48$, $p<0,05$) районах Астраханской области. Значимые тренды увеличения горимости отмечены в Колобовском, Царевском сельских поселениях и городском поселении Ленинск Волгоградской области. На территории трех МО не зафиксировано пожаров за период исследований, что связано с незначительной площадью пойменных ландшафтов в них, это городские поселения Средняя Ахтуба и Нариманов, а также Волжский сельсовет. Значимые тренды снижения горимости отмечены в 16 МО. На территории 44 МО значимые тренды горимости отсутствуют. Проведенные ранее исследования на уровне гидролого-геоморфологических районов не выявили для данной территории значимых трендов. Одной из причин снижения горимости может быть деградация луговой растительности из-за ухудшения условий обводнения, что приводит к снижению продуктивности и замещению пойменных видов зональными растениями [19, 23]. Также на территории исследований расположены особо охраняемые природные территории: природные парки «Волго-Ахтубинская пойма», «Волго-Ахтубинское междуречье» и «Природный парк Республики Калмыкия», в деятельность которых входит и противопожарная профилактика.

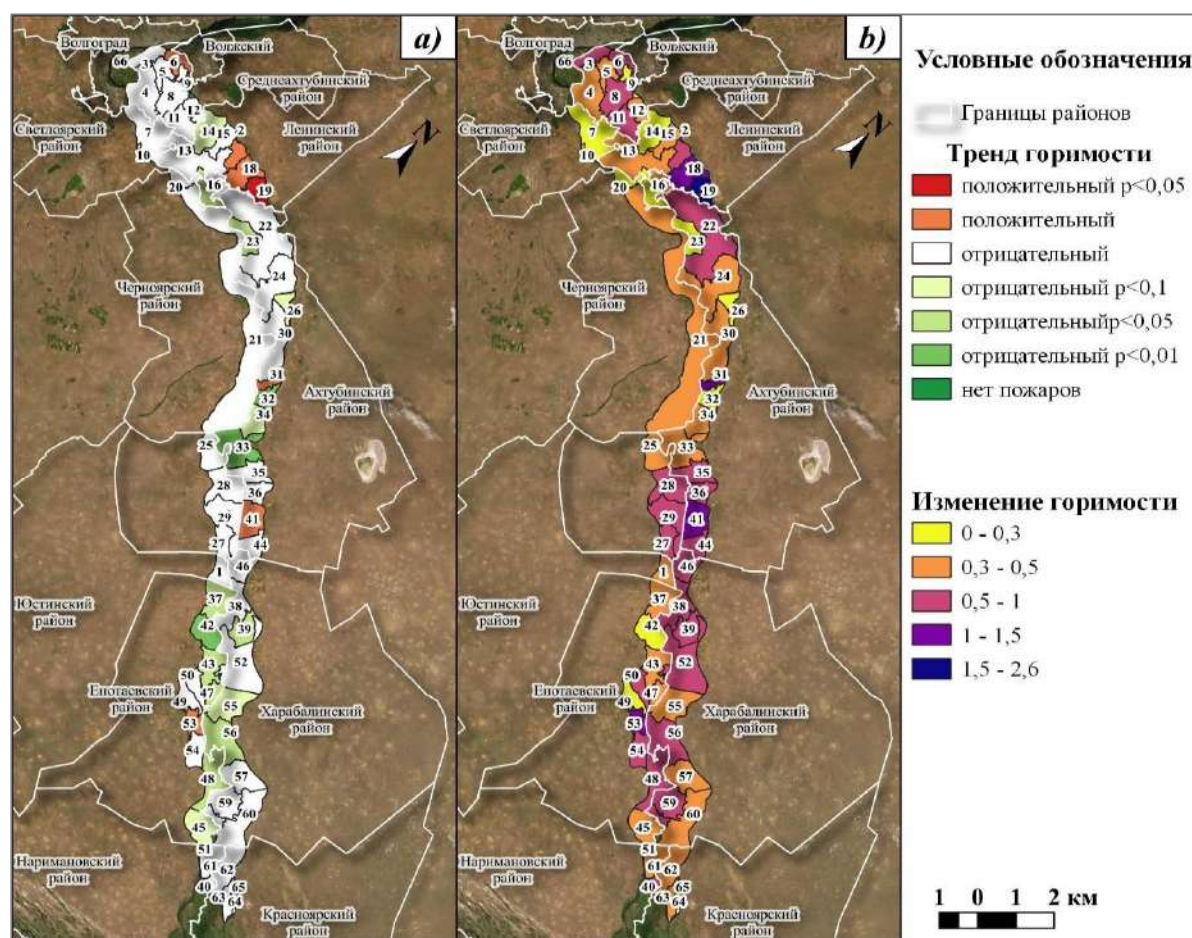


Рисунок 5 – Тренды горимости (а) и отношение горимости пойменных ландшафтов в 2011-2021 гг. к 2001-2010 гг. (б) в муниципальных образованиях
Figure 5 – Trends of burnability (a) and the ratio of burnability of floodplain landscapes in 2011-2021 to 2001-2010 (b) in municipalities

Для исследованных пойменных ландшафтов ранее не было установлено значимой связи горимости весной и гидрологических условий половодья, в то время как длительное и высокое половодье существенно снижает количество и площади пожаров в летний период [14]. В данном исследовании выявлена значимая связь максимальных расходов воды через Волгоградский гидроузел в период половодья и горимостью в Ленинском районе Волгоградской области ($r=-0,4$, $p<0,05$) и Юстинском районе Республики Калмыкия ($r=-0,62$, $p<0,01$). В последние десятилетия отмечено снижение водности половодья, выраженное как в уменьшении максимальных расходов, так и длительности половодья [3, 26], что может приводить к росту горимости в весенний период, и снижению – в летний [14]. Примечательно, что рост температур воздуха в марте способствует снижению горимости практически на всей территории исследования. Это может быть связано с тем, что чаще горят ранней весной высохшие тростниковые заросли. Рост температуры способствует более ранней вегетации растительности, что приводит к снижению пожарной опасности, т.к. более влажные вегетирующие побеги хуже горят. При этом корреляции количества пожаров и гидрологических характеристик не выявлено.

Заключение. В результате исследования установлены закономерности динамики горимости ландшафтов Волго-Ахтубинской поймы: зафиксирован значимый отрицательный тренд для всей территории исследований. При этом для количества пожаров тренд отсутствует. Определены муниципальные образования, где отмечен значимый положительный тренд горимости пойменных ландшафтов: Колобовское, Царевское сельские поселения и городское поселение Ленинск в Волгоградской области. Эти муниципальные образования расположены вблизи от моста через Ахтубу, который активно используется туристами, что может приводить к большим площадям пожаров, причинами которых является неосторожное обращение с огнем. Выявленные особенности горимости могут быть использованы для оптимизации противопожарной профилактики.

Conclusions. As a result of the study, patterns of fire dynamics in landscapes of the Volga-Akhtuba floodplain were established: a significant negative trend was recorded for the entire study area. However, there is no trend for the number of fires. Municipalities were identified where a significant positive trend in the fire rate of floodplain landscapes was noted: Kolobovskoye, Tsarevskoye rural settlements and the urban settlement of Leninsk in the Volgograd region. These municipalities are located near the bridge over Akhtuba, which is actively used by tourists, which can lead to large areas of fires caused by careless handling of fire. The identified features of flammability can be used to optimize fire prevention.

Библиографический список

1. Берденгалиева А. Н., Шинкаренко С. С. Дешифрирование нелесных пожаров в условиях речных пойм // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 43-48.
2. Берденгалиева А. Н. Анализ горимости пойменных ландшафтов нижней Волги по данным информационных продуктов спутникового детектирования активного горения и выгоревших площадей // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 1. С. 346-358.
3. Болгов М. В., Шаталова К. Ю., Горелиц О. В., Землянов И.В. Водно-экологические проблемы Волго-Ахтубинской поймы // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. № 3. С. 15-37.
4. Валов М. В., Бармин А. Н., Бармина Е. А. Современные тенденции динамики растительного покрова интразонального ландшафта дельты реки Волги // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 1. С. 93-103.
5. Васильченко А. А. Пространственный анализ инфраструктуры орошаемых полей Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 12-18.

6. Виноградов Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. С. 79.
7. Кривошей В. А. Река Волга (проблемы и решения). М.: ООО Журн. «РТ», 2015. 92 с.
8. Лобойко В. Ф., Овчарова А. Ю., Никитина Н. С. Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 89–96.
9. Манаенков А. С., Пономарев А. С. Количественная оценка экотопов Волго-Ахтубинской поймы по лесопригодности и условиям облесения культурами сосны // Научно-агрономический журнал. 2021. № 4 (115). С. 6-12.
10. Мониторинг ландшафтных пожаров в Волгоградской области по данным очагов активного горения / С. С. Шинкаренко, О. Ю. Кошелева, А. Н. Берденгалиева, К. А. Олейникова // Природные системы и ресурсы. 2018. Т. 8. № 3. С. 59-66.
11. Остроухов А. В. Применение долговременных рядов данных ДЗЗ для оценки масштабов ландшафтных пожаров в пределах Среднеамурской низменности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 164-175.
12. Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ / С. А. Барталев, В. А. Егоров, В. Ю. Ефремов, Е. А. Лупян, Ф. В. Стыценко, Е. В. Флитман // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 9–27.
13. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) / Е. А. Лупян, С. А. Барталев, И. В. Балашов, В. А. Егоров, Д. В. Ершов, Д. А. Кобец, К. С. Сенько, Ф. В. Стыценко, И. Г. Сычугунов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 158–175.
14. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Берденгалиева А. Н., Иванов Н. М. Пространственно-временной анализ горимости пойменных ландшафтов Нижней Волги // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 143-157.
15. Шинкаренко С. С., Дорошенко В. В., Берденгалиева А. Н. Динамика площади гарей в зональных ландшафтах юго-востока европейской части России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 122-133.
16. Шинкаренко С. С., Дорошенко В. В., Берденгалиева А. Н., Комарова И. А. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 149–164.
17. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine / T. Long [et al.] // Remote Sens. 2019. Vol. 11. P. 489.
18. Belyaev A. I., Pugacheva, A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga–Akhtuba Floodplain // Sustainability. 2022. Vol. 14. Pp. 11240.
19. Changes in the flora composition of the Volga – Akhtuba floodplain after regulation of the flow of Volga River / V. B. Golub [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. V. 10. No. 1. Pp. 44–51.
20. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel product, version 5.1 / E. Chuvieco [et al.] // Centre for Environmental Data Analysis. 2018.
21. Giglio L., Justice C., Boschetti L., Roy D. MCD64A1 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500m SIN Grid V0 06 [Data set] // NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015.
22. Giglio L., Schroeder W., Justice C. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products // Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 178. Pp. 31-41.
23. Kuzmina, Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 4. Pp. 231-244.
24. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016–2019) / M. K. Vanderhoof [et al.] // Fire. 2021. V. 4. No. 3. Pp. 52.

25. Pavleichik V. M., Chibilev A. A. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts // *Geography and Natural Resources*. 2018. V. 39. No 3. Pp. 212–221.

26. Shumova N. A. Changes in environmentally significant characteristics of the hydrological regime of the Lower Volga under runoff control // *Arid Ecosystems*. 2014. V. 4. No 3. Pp. 158-168.

References

1. Berdengalieva A. N., Shinkarenko S. S. Deciphering of non-forest fires in river floodplains // *Scientific and agronomic journal*. 2020. № 4 (111). Pp. 43-48.

2. Berdengalieva A. N. Analysis of the floodplain landscapes of the lower Volga according to the information products of satellite detection of active combustion and burned areas // *InterKarto. InterGIS*. 2022. V. 28. № 1. Pp. 346-358.

3. Bolgov M. V., Shatalova K. Yu., Gorelitz O. V., Zemlyanov I. V. Water-ecological problems of the Volga-Akhtuba floodplain // *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2017. V. 1. № 3. Pp. 15-37.

4. Valov M. V., Barmin A. N., Barmina E. A. Modern trends in the dynamics of the vegetation cover of the intrazonal landscape of the Volga delta // *Scientific notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology*. 2018. V. 4 (70). № 1. Pp. 93-103.

5. Vasilchenko A. A. Spatial analysis of the infrastructure of irrigated fields of the Volga-Akhtuba floodplain in the Volgograd region // *Scientific and agronomic journal*. 2022. № 4 (119). Pp. 12-18.

6. Vinogradov B. V. *Aerospace monitoring of ecosystems*. M.: Science, 1984. P. 79.

7. Krivoshey V. A. *Volga River (problems and solutions)*. M.: LLC Zhurn. "RT," 2015. 92 p.

8. Loboiko V. F., Ovcharova A. Yu., Nikitina N. S. Features of the water regime of the Lower Volga and its influence on the state of the northwestern part of the Volga-Akhtuba floodplain // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education*. 2018. № 4 (52). Pp. 89-96.

9. Manaenkov A. S., Ponomarev A. S. Quantitative assessment of the ecotopes of the Volga-Akhtuba floodplain on forest compatibility and conditions of afforestation with pine crops // *Scientific and Agronomic Journal*. 2021. № 4 (115). Pp. 6-12.

10. Monitoring of landscape fires in the Volgograd region according to the sources of active combustion / S. S. Shinkarenko, O. Yu. Koshelev, A. N. Berdengaliev, K. A. Oleinikov // *Natural systems and resources*. 2018. V. 8. № 3. Pp. 59-66.

11. Ostroukhov A. V. Application of long-term series of data from the FAR to assess the scale of landscape fires within the Sredneamur lowland // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2022. V. 19. № 5. Pp. 164-175.

12. Assessment of the area of fires based on the integration of satellite data of various spatial resolution MODIS and Landsat-TM/ETM + / S. A. Bartalev, V. A. Egorov, V. Yu. Efremov, E. A. Lupyan, F. V. Stytsenko, E. V. Fleetman // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2012. V. 9. № 2. Pp. 9-27.

13. Satellite monitoring of forest fires in the 21st century in the territory of the Russian Federation (figures and facts according to the detection of active combustion) / E. A. Lupyan, S. A. Bartalev, I. V. Balashov, V. A. Egorov, D. V. Ershov, D. A. Kobets, K. S. Senko, F. V. Stytsenko, I. G. Sychugov // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2017. V. 14. № 6. Pp. 158-175.

14. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A., Berdengalieva A. N., Ivanov N. M. Space-time analysis of the floodplain landscapes of the Lower Volga // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2022. V. 19. № 1. Pp. 143-157.

15. Shinkarenko S. S., Doroshenko V. V., Berdengalieva A. N. Dynamics of the area of hareas in the zonal landscapes of the southeast of the European part of Russia // *Izvestia of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical*. 2022. V. 86. № 1. Pp. 122-133.

16. Shinkarenko S. S., Doroshenko V. V., Berdengalieva A. N., Komarova I. A. Dynamics of the combustion of arid landscapes of Russia and adjacent territories according to the detection of active combustion // *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2021. V. 18. № 1. P. 149-164.

17. 30 m Resolution Global Annual Burned Area Mapping Based on Landsat Images and Google Earth Engine / T. Long [et al.] // *Remote Sens*. 2019. Vol. 11. P. 489.

18. Belyaev A. I., Pugacheva, A. M., Korneeva E. A. Assessment of Ecosystem Services of Wetlands of the Volga–Akhtuba Floodplain // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 11240.
19. Changes in the flora composition of the Volga – Akhtuba floodplain after regulation of the flow of Volga River / V. B. Golub [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. V. 10. No. 1. Pp. 44–51.
20. ESA Fire Climate Change Initiative (Fire_cci): MODIS Fire_cci Burned Area Pixel product, version 5.1 / E. Chuvieco [et al.] // Centre for Environmental Data Analysis. 2018.
21. Giglio L., Justice C., Boschetti L., Roy D. MCD64A1 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500m SIN Grid V0 06 [Data set] // NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015.
22. Giglio L., Schroeder W., Justice C. O. The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products // Remote Sensing of Environment. 2016. Vol. 178. Pp. 31–41.
23. Kuzmina, Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S. Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 4. Pp. 231–244.
24. Mapping Wetland Burned Area from Sentinel-2 across the Southeastern United States and Its Contributions Relative to Landsat-8 (2016–2019) / M. K. Vanderhoof [et al.] // Fire. 2021. V. 4. No. 3. P. 52.
25. Pavleichik V. M., Chibilev A. A. Steppe fires in conditions the regime of reserve and under changing anthropogenic impacts // Geography and Natural Resources. 2018. V. 39. No 3. Pp. 212–221.
26. Shumova N. A. Changes in environmentally significant characteristics of the hydrological regime of the Lower Volga under runoff control // Arid Ecosystems. 2014. V. 4. No 3. Pp. 158–168.

Информация об авторе

Берденгалиева Асель Нурлановна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 97), ORCID: 0000-0002-5252-7133, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru

Authors Information

Berdengalieva Asel Nurlanovna, junior researcher laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0002-5252-7133, e-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-22

INFLUENCE OF FERTILIZER DOSES ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRAIN OF EARLY SOYBEAN VARIETIES UNDER IRRIGATION

L. V. Vronskaya

*FGBNU "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: koshkarova-vniimk@yandex.ru

Received 07.07.2023

Submitted 23.08.2023

The studies were carried out within the framework of the R&D topics for 2019-2021. To develop the theoretical foundations of the methodology and technology of breeding, seed production of field crops (corn, soybeans), to create new competitive genotypes with high productivity, product quality and increased resistance to environmental environmental factors in irrigated conditions of the arid zone. Subject FSMG-2019-0005

Summary

The article presents the results of scientific research on the technology of cultivation of early soybean varieties under irrigation. A significant effect of mineral nutrition on the productivity and grain quality of soybean varieties Volgogradka 2 and VNIIOZ 86 was shown.

Abstract

Introduction. Under irrigation conditions, for the cultivation of promising early soybean varieties, it is important to study the mineral nutrition. The purpose of the research is to identify the responsiveness of early soybean varieties to fertilizer doses calculated for programmed yield levels: 2.5; 3.5 and 4.5 t/ha of grain with maintaining the irrigation regime at least 80% HB. **Materials and methods.** Early maturing soybean varieties of the Nizhnevolzhsky agroecotype, registered in the State Sort Register: VNIIOZ 86 – since 2002, Volgogradka 2 – since 2020. Doses of fertilizers (urea, nitroammophoska) were applied in accordance with the planned yield: 2.5 t/ha – $N_{63}P_{50}K_{25}$; 3.5 t/ha – $N_{88}P_{70}K_{35}$; 4.5 t/ha – $N_{113}P_{90}K_{45}$ kg AI/ha. The control variant was without fertilization. The harvesting area of the plots is 35 m². Repetition 4-fold. **Results and discussions.** With an increase in mineral nutrition, the maximum leaf surface area increases significantly – by 9.3–9.5 thousand m²/ha compared with the control (54.8–62.9 thousand m²/ha). The photosynthetic potential increases – up to 2.5–2.9 million m²×day/ha, in comparison with the control variant – 2–2.5 million m²×day/ha. However, an increased increase in biomass under the influence of fertilizers was noted only in the new variety Volgogradka 2 – from 15.3 t/ha of dry matter (control) to 19.3 t/ha. Fertilization led to a significant increase in the share of grain in the biomass in both varieties – up to 21.9–22.9%, compared with the control (14.7–16.6%). An increase in the background of nutrition increased the height of attachment of the lower bean to 0.13–0.16 m (especially in the Volgogradka 2 variety). The increase in economically valuable traits in soybean varieties led to a significant increase in yield in all variants of fertilizer application - up to 3.60–3.96 t/ha of grain, compared with the control – 2.33–2.40 t/ha. On fertilized variants, the content of protein in seeds increased from 32.7 and 36.0% (control) to 37.7–39.2%, as well as its collection – up to 1.19–1.28 t/ha. The concentration of fat increased, and its collection (0.55–0.65 t/ha) exceeded the control by 0.18–0.24 t/ha.

Key words: soybeans, varieties, fertilizer doses, irrigation, yield, growing season, protein, vegetable fat.

Citation. Vronskaya L. V. Influence of fertilizer doses on the productivity and quality of grain of early soybean varieties under irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 223-231 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-22.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.34:631.526.32

ВЛИЯНИЕ ДОЗ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА РАННИХ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

Л. В. Вронская, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2019-2021 гг. Разработать теоретические основы методологии и технологии селекции, семеноводства полевых культур (кукурузы, сои), создать новые конкурентоспособные генотипы с высокой продуктивностью, качеством продукции и повышенной устойчивостью к экологическим факторам среды в орошаемых условиях аридной зоны. Тема FSMG-2019-0005

Актуальность. В условиях орошения для возделывания перспективных ранних сортов сои актуально изучение минерального питания. **Объект.** Объектом исследования является выявление отзывчивости ранних сортов сои на дозы удобрений, рассчитанные на уровни программируемой урожайности: 2,5; 3,5 и 4,5 т/га зерна с поддержанием режима орошения не ниже 80 % HB. **Материалы и методы.** Скороспелые сорта сои Нижневолжского агроэкоотипа, зарегистрированные в Госсортреестре: ВНИИОЗ 86 – с 2002 года, Волгоградка 2 – с 2020 года. Дозы удобрений (мочевина, нитроаммофоска) вносили в соответствии с планируемой урожай-

ностью: 2,5 т/га – $N_{63}P_{50}K_{25}$; 3,5 т/га – $N_{88}P_{70}K_{35}$; 4,5 т/га – $N_{113}P_{90}K_{45}$ кг д.в./га. Контрольный вариант – без внесения удобрений. Уборочная площадь делянок – 35 м². Повторность 4-х кратная. **Результаты и обсуждения.** С увеличением минерального питания значительно возрастает максимальная площадь листовой поверхности – на 9,3–9,5 тыс. м²/га сравнительно с контролем (54,8–62,9 тыс. м²/га). Увеличивается фотосинтетический потенциал – до 2,5–2,9 млн. м²×сут./га, в сравнении с контрольным вариантом – 2–2,5 млн. м²×сут./га. Однако повышенный прирост биомассы под воздействием удобрений отмечен только у нового сорта Волгоградка 2 – с 15,3 т/га сухого вещества (контроль) до 19,3 т/га. Удобрение привело к значительному возрастанию доли зерна в биомассе у обоих сортов – до 21,9–22,9%, сравнительно с контролем (14,7–16,6%). Увеличение фона питания повышало высоту прикрепления нижнего боба до 0,13–0,16 м (особенно у сорта Волгоградка 2). Возрастание хозяйственно-ценных признаков у сортов сои привело к существенному увеличению урожайности на всех вариантах внесения удобрений – до 3,60–3,96 т/га зерна, по сравнению с контролем – 2,33–2,40 т/га. На удобренных вариантах возросло содержание протеина в семенах – от 32,7 и 36,0 % (контроль) до 37,7–39,2 %, а также его сбор – до 1,19–1,28 т/га. Концентрация жира повысилась, и его сбор (0,55–0,65 т/га) превышал контроль на 0,18–0,24 т/га.

Ключевые слова: сорта сои, дозы удобрений, орошение сои, урожайность сои, вегетационный период сои.

Цитирование: Вронская Л. В. Влияние доз удобрений на продуктивность и качество зерна ранних сортов сои в условиях орошения. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 223-231. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-22.

Авторский вклад. Автор этой исследовательской работы принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе этого исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Доля семян сои иностранной не ГМО селекции, высеваемых в Российской Федерации, уже достигла 45%, поэтому важно мобилизовать отечественные селекционные достижения и улучшить технологию производства сои, в том числе в вопросах минерального питания [6, 8, 11]. В Госсортреестре с 2022 года зарегистрировано к использованию в сельскохозяйственном производстве 329 сортов. Это в 6 раз больше, чем 20 лет назад. Из них для региона Нижнего Поволжья предлагается к возделыванию 31 сорт, среди них почти половина – ранних сроков созревания. Волгоградская область – перспективная зона для расширения посевов этой культуры в условиях орошения, где в 80-х годах 20 столетия соя возделывалась на 20–30 тыс. га со 100%-ной обеспеченностью отечественными семенами и урожайность в отдельных хозяйствах (ОПХ Новожиженское НВ НИИСХ, ОПХ Орошаемое, ОПХ Ленинское ВНИИОЗ) превышала 2 т/га [13, 15].

С постепенным увеличением орошаемых земель на юге России расширяются 3,5 млн. га площади посева отечественных сортов сои, отзывчивых на поливную воду и дающих высокие урожаи (2,5–3,5 т/га), что способствует вытеснению с российского рынка зарубежных селекционных компаний. Особое место в повышении эффективности производства сои отводится совершенствованию агротехнологических приёмов, внесению удобрений в орошаемом земледелии. В селекционном арсенале ФГБНУ ВНИИОЗ находится 2 ранних сорта сои, зарегистрированных в Госсортреестре в разные годы по мере их создания: ВНИИОЗ 86 (2002) и Волгоградка 2 (2020). Сорта характеризуются высокой потенциальной продуктивностью – 2,5–3,5 т/га, для реализации которой необходимо оптимизировать минеральное питание. Вопросы влияния минеральных удобрений на продуктивность и качество сои в условиях орошения недостаточно изучены, особенно это касается ранних сортов, важно разработать технологию их производства в условиях орошения, где одно из главных мест принадлежит удобрениям. **Цель исследований** – выявить отзывчивость ранних сортов сои на дозы вносимых удобрений по уровням программируемой урожайности: 2,5; 3,5 и 4,5 т/га зерна в условиях орошения.

Материалы и методы. Исследования осуществлялись учёными ФГБНУ ВНИИОЗ на полях ФГУП «Орошаемое» в период с 2019 по 2021 гг. в условиях орошения, с использованием скороспелых сортов: ВНИИОЗ 86 с вегетационным периодом 100 суток и Волгоградка 2 – 105 суток. Дозы удобрений рассчитывались на получение программируемой урожайности (по уровням): 2,5 т/га – $N_{63}P_{50}K_{25}$; 3,5 т/га – $N_{88}P_{70}K_{35}$ и 4,5 т/га – $N_{113}P_{90}K_{45}$ кг д.в./га. Контрольный вариант высевался без удобрения. Уборочная площадь делянок составляла 35 м², повторность была 4-х кратная. Определение биометрических показателей по вариантам опыта выполняли в соответствии с требованиями методики полевого опыта в условиях орошения [4].

Агротехнология производства сои в опытах соответствовала общепринятым правилам и отличалась лишь добавленными в технологический процесс приёмами удобрительной химизации. За период вегетации было проведено 9–12 поливов при поддержании 80% НВ. Борьбу с сорной растительностью осуществляли с применением почвенного гербицида Трофи и вегетационного – Базаграна. Норма посева – 500 тыс./га всхожих семян. Уборка проводилась поделочно малогабаритным комбайном Сампо по мере созревания растений, с последующим пересчетом убранного зерна на показатели 14% влажности и 100% физической чистоты.

Результаты и обсуждения. Результаты исследований показали, что быстро созревающие сорта характеризуются меньшим расходом оросительной воды, раньше освобождают поле и служат лучшими предшественниками для озимых культур, чем среднеспелые генотипы. Ускоренное распространение сои в посевах Центральной России (более 1 млн. га) как раз и связано с широким использованием в посевах ранних сортов.

В орошаемом земледелии изучение отзывчивости на удобрение скороспелых сортов практически не проводилось. С выведением новых сортов, таких как Волгоградка 2, возникла необходимость экспериментального подбора доз внесения удобрений для оптимизации минерального питания растений.

Поддержание влажности почвы не ниже 80% НВ обеспечивалось оросительной нормой в 2019 году – 3900 м³/га (1 полив нормой 300 м³/га от всходов до фазы ветвления в слое 0,4 м и 8 поливов по 450 м³/га в период бутонизации до полного налива семян в бобах в слое 0,6 м). В 2020 году оросительная норма составила 4200 м³/га (2 полива 300 м³ и 8 поливов 450 м³/га). В засушливом 2021 году оросительная норма была 5100 м³/га (2 полива по 300 м³/га и 10 поливов – 450 м³/га).

Процесс формирования урожая у растений тесно связан с процессом фотосинтеза. При значительном повышении активности этого процесса агрофитоценоз может аккумулировать около 100% энергии и формировать почти 95% сухой биомассы [10, 12, 14]. За счёт фотосинтеза создаётся не только биомасса, но и формируются генеративные органы – бутоны, цветки, бобы, семена, превращающиеся постепенно в зерновую или семенную продукцию.

Важным показателем процесса фотосинтеза является листовая поверхность. Насколько максимальной характеризуется площадь этой поверхности, настолько мощным может быть фотосинтетический потенциал посева, который напрямую определяет уровень урожайности биомассы и зерна [1, 2, 5].

В наших опытах с увеличением доз удобрений площадь листовой поверхности возрастала у обоих сортов, но особенно значительно у Волгоградки 2 – на 9,3–9,7 тыс. м²/га относительно контроля.

По мере улучшения минерального питания повышение фотосинтетического потенциала у сортов было примерно одинаковым. Однако по абсолютному показателю – 2,9 млн. м²×сут./га – он был более высоким у сорта Волгоградка 2. Поэтому сбор сухой

биомассы достигал у нового сорта 19,3 т/га, значительно превысив аналогичный показатель сорта ВНИИОЗ 86 – 16,4 т/га. Следует отметить, что у сорта ВНИИОЗ 86 не наблюдался прирост биомассы по мере увеличения минерального питания растений, что является одним из показателей невысокой отзывчивости его на удобренный фон.

Проблема направленности использования сформированных в процессе фотосинтеза пластических веществ относится к числу наиважнейших в физиологических исследованиях [3]. В наших опытах доля зерна в общей биомассе, с улучшением питания растений, неуклонно возрастала у сорта ВНИИОЗ 86 с 14,7 до 22,9, а у сорта Волгоградка 2 - с 16,6 до 21,9. Однако у сорта ВНИИОЗ 86 этот процесс проходил более интенсивно на всех вариантах внесения удобрений (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение формирования основных хозяйственно-ценных признаков у скороспелых сортов сои в условиях орошения (2019–2021 гг.)

Table 1 – Comparison of the formation of the main economically valuable traits in early-ripening soybean varieties under irrigation conditions (2019–2021 gg.)

№	Показатели	Дозы удобрений, NPK, кг д.в./га контроль	Сорта		Абсолютный показатель отклонения от контроля ±
			ВНИИОЗ 86, контроль	Волгоградка 2	
1	Сбор сухой биомассы, т/га	б/у	17,0	15,3	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	14,1	16,6	1,3
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	14,4	17,1	1,8
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	16,4	19,3	4,0
2	Масса зерна на растении, г	б/у	5,5	5,4	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	6,9	6,5	1,1
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	7,5	7,7	2,3
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	8,3	8,6	3,2
3	Высота прикрепления нижнего боба на растении, м	б/у	0,08	0,13	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	0,11	0,14	0,01
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	0,13	0,16	0,03
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	0,13	0,16	0,03
4	Максимальная площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га	б/у	54,8	62,9	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	62,9	61,5	-1,4
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	56,8	72,6	9,7
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	64,3	70,8	9,3
5	Фотосинтетический потенциал, млн. м ² ×сут./га	б/у	2,0	2,5	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	2,1	2,4	-0,1
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	2,3	2,7	0,2
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	2,5	2,9	0,5
6	Доля зерна в общей биомассе, %	б/у	14,7	16,6	-
		N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	21,9	19,6	3,0
		N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	21,8	21,6	5,0
		N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	22,9	21,9	5,3

Одним из ключевых показателей продуктивности селекционных достижений является масса зерна, которая образовалась на растении в течение вегетационного периода. Анализ влияния удобрительных фонов на этот показатель дал возможность установить, что изучаемые сорта отзывались на улучшение минерального питания примерно с одинаковой интенсивностью и уровнем формирования зерна на растении, ВНИИОЗ 86 – 5,5–8,3 г, Волгоградка 2 – 5,4–8,6 г. Отсюда следует, что оба эти сорта характеризуются высоким биологическим потенциалом зерновой продуктивности.

Из характеристики исследуемых сортов сои видно, что ВНИИОЗ 86 имеет низкое прикрепление первых бобов на растении от поверхности почвы – 0,08 м, а Волгоградка 2 – более высокое (0,13 м), но не способствующее значительному снижению уборочных потерь. Под воздействием увеличивающихся доз удобрений величина этого показателя существенно возрастает, и особенно значительно (до 0,14–0,16 м) у сорта Волгоградка 2. Результаты наших исследований показали, что урожайность зерна у Волгоградки 2 была выше планируемой урожайности 2,5–3,5 т/га на 0,42–0,01 т/га в вариантах применения высоких доз удобрений, у сорта ВНИИОЗ 86 была прибавка на планируемую урожайность 2,5 т/га – 0,47 т/га. Урожайность сорта Волгоградка 2 на максимально удобренном фоне приближалась к 4 т/га (3,96 т/га). Этот сорт хорошо отзывчив на удобрение (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность скороспелых сортов сои в зависимости от доз внесения удобрений (2019–2021 гг.)

Table 2 – Yield of early maturing soybean varieties depending on the doses of fertilizer application (2019–2021 gg.)

Сорта	Планируемая урожайность, т/га	Дозы удобрений, NPK, кг д.в./га	Урожайность, т/га	Отклонение от планируемой урожайности ±
ВНИИОЗ 86		б/у (контроль)	2,33	-
	2,5	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	2,97	+0,47
	3,5	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	3,25	-0,25
	4,5	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	3,60	-0,9
Волгоградка 2		б/у (контроль)	2,40	-
	2,5	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	2,92	+0,42
	3,5	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	3,51	+0,01
	4,5	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	3,96	-0,54
НСП ₍₀₅₎ А			0,1	
НСП ₍₀₅₎ В			0,2	
НСП ₍₀₅₎ АВ			0,2	

Среди всего растительного мира соя является непревзойдённым лидером по содержанию белка (до 40% в среднем) и жира (до 20%). Наиболее древние формы уссурийской сои *Glycine Soya* характеризовались очень высокой – до 46–52% концентрацией протеина. Но последующая domestикация этой культуры до *G. max* привела к существенному уменьшению этого показателя к настоящему времени. Повысить уровень сырого протеина в семенах важно на основе усовершенствования приёмов агротехники – оптимизации минерального питания.

Результаты наших исследований показали, что улучшение почвенного питания сортов сои способствует значительному росту содержания протеина в семенах (таблица 3).

С улучшением условий минерального питания растений содержание белка в семенах сорта Волгоградка 2 увеличивалось на 3,5–5,0%, а у сорта ВНИИОЗ 86 – на 2,1–3,5%, достигая уровней 37,7–39,2%, что значительно выше, чем на вариантах без внесения удобрений.

Для сои, как культуры двойного использования, особое значение имеет и уровень накопления жира в семенах. Но до сих пор отсутствует благоприятный прогноз идентификации более высокомасличных генотипов (23–28% жира), чем существующие (18–20%) в настоящее время [10, 15, 16]. Наши результаты свидетельствуют, что удобрения не влияют на содержание растительного жира в семенах, у сорта ВНИИОЗ 86 – 18,4%, у сорта Волгоградка 2 – 19,8%.

С хозяйственной точки зрения, не менее важными показателями качества сортов сои является сбор протеина и жира с 1 га. Улучшение минерального питания агроценоза существенно повышает выход белка и масла с 1 га примерно с одинаковой интенсивностью у изучаемых сортов. Рост по выходу протеина составил у них от 0,08 до 0,45 т/га, жира – от 0,06 до 0,24 т/га.

Таблица 3 – Содержание в семенах и сбор с гектара протеина и жира у скороспелых сортов сои по вариантам внесения удобрений в условиях орошения (2019–2021 гг.)

Table 3 – Content in seeds and collection per hectare of protein and fat in early maturing soybean varieties by fertilizer application options under irrigation conditions (2019–2021)

Показатели	Дозы удобрений, НРК, кг д.в./га	Сорта		Абсолютный показатель отклонения от контроля по сортам ±	
		ВНИИОЗ 86	Волгоградка 2	ВНИИОЗ 86	Волгоградка 2
Содержание в семенах протеина, % от сухого вещества	б/у контроль	36,0	32,7	-	-
	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	38,1	36,2	2,1	3,5
	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	39,5	38,6	3,5	4,1
	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	39,2	37,7	3,2	5,0
Содержание жира в семенах, % от сухого вещества	б/у контроль	18,4	19,8	-	-
	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	18,3	18,7	-0,1	-1,1
	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	17,4	19,0	-1,0	-0,8
	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	17,4	19,2	-1,0	-0,6
Сбор протеина, т/га	б/у контроль	0,76	0,83	-	-
	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	0,92	0,91	0,16	0,08
	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	1,08	1,08	0,32	0,25
	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	1,19	1,28	0,43	0,45
Сбор жира, т/га	б/у контроль	0,37	0,41	-	-
	N ₆₃ P ₅₀ K ₂₅	0,47	0,47	0,1	0,06
	N ₈₈ P ₇₀ K ₃₅	0,49	0,57	0,12	0,16
	N ₁₁₃ P ₉₀ K ₄₅	0,55	0,65	0,18	0,24

Заключение. Возделывание скороспелых сортов сои ВНИИОЗ 86 и Волгоградка 2 в условиях орошения с минеральным питанием способствует росту урожайности от 3,60 до 3,96 т/га. Рассчитанные дозы минерального питания ранних сортов сои, по программируемым уровням урожайности 2,5; 3,5 и 4,5 т/га, позволили пропорционально повысить показатели важнейших хозяйственных признаков: максимальной площади листовой поверхности, фотосинтетического потенциала, сбора сухой биомассы, доли зерна в общей биомассе, высоты прикрепления нижних бобов. В ходе исследования была достигнута урожайность сортов сои на минеральном питании: ВНИИОЗ 86 от 2,97 до 3,60 т/га, и Волгоградка 2 – от 2,92 до 3,96 т/га. Анализ качества зерна показал, что увеличение содержания протеина до 37,7–39,2% происходило без изменения концентрации растительного жира. Содержание ценных веществ возрастает до 1,19–1,28 т/га – протеина и до 0,55–0,65 т/га – жира при максимальном отклонении от контроля без внесения удобрений.

Фактический уровень близкий к планируемой урожайности 3,5 т/га получен у сорта Волгоградка 2 при поддержании влажности почвы не ниже 80% НВ и внесении минеральных удобрений дозой N₈₈P₇₀K₃₅.

Conclusions. Cultivation of early maturing soybean varieties VNIIOZ 86 and Volgogradka 2 under irrigation conditions with mineral nutrition contributes to an increase in yield from 3.60 to 3.96 t/ha. Calculated doses of mineral nutrition of early soybean varieties, according to programmable yield levels 2.5; 3.5 and 4.5 t/ha, made it possible to proportionally increase the indicators of the most important economic traits: the maximum leaf area, photosynthetic potential, dry biomass harvest, grain share in total biomass, bottom bean attachment height. In the course of the study, the yield of soybean varieties on mineral nutrition was achieved: VNIIOZ 86 from 2.97 to 3.60 t/ha, and Volgogradka 2 –

from 2.92 to 3.96 t/ha. An analysis of grain quality showed that an increase in protein content up to 37.7–39.2% occurred without changing the concentration of vegetable fat. The content of valuable substances increases to 1.19–1.28 t/ha – protein and up to 0.55–0.65 t/ha – fat, with a maximum deviation from control without fertilization. The actual level, close to the planned yield of 3.5 t/ha, was obtained for the Volgogradka 2 variety while maintaining soil moisture at least 80% of the lowest moisture resistance and applying mineral fertilizers at a dose of $N_{88}P_{70}K_{35}$.

Библиографический список

1. Агротехническая и экономическая оценка применения минеральных удобрений и ризоторфина на сортах сои различных групп спелости в условиях орошения / О. Г. Шабалдас, К. И. Пимонов, А. Н. Есаулко, В. В. Бородычев, С. С. Вайцеховская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 209-222.
2. Влияние водного и пищевого режимов почвы на продуктивность многолетних бобовых трав / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Д. К. Кулик, Е. И. Молоканцева, С. В. Земляничина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 53-61.
3. Кирчанова Г. В. Влияние доз минеральных удобрений на качество получаемой продукции и масличности сои // Вестник биотехнологии. 2022. № 2 (31).
4. Плешаков В. Н. Методика полевого опыта в условиях орошения. Волгоград: ВНИИОЗ, 1983. 148 с.
5. Рост урожайности сортов сои и эффективности применения удобрения в условиях орошения / В. В. Толоконников, Л. В. Вронская, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер // Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 24-27.
6. Сопряженность количественных признаков и показателей скороспелости селекционных линий сои овощного и технического направлений / Д. Р. Шафигуллин, Е. В. Романова, М. С. Гинс, Е. П. Пронина // Аграрная Россия. 2017. № 9. С. 2-8.
7. Тарчоков Х. Ш., Тутукова Д. А. Соя различных групп спелости в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Аграрная Россия. 2020. № 6. С. 27-32.
8. Тедеева В. В., Абаев А. А., Тавказахов С. А. Продуктивность сортов сои в зависимости от норм высева и способов посева // Аграрная Россия. 2022. № 11. С. 15-22.
9. Тишков Н. М., Махонин В. Л., Носов В. В. Урожайность и качество урожая сои в зависимости от способов и доз применяемых удобрений // Масличные культуры. 2019. Вып. 4 (180). С. 53-60.
10. Формирование урожайности сои в зависимости от нормы высева и способа посева в условиях Приморского края / Л. Е. Марчук, Р. В. Тимошинов, Е. Ж. Кушаева, А. А. Дубков, А. Г. Клыков // Аграрная Россия. 2022. № 12. С. 3-8.
11. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя - экономически выгодная культура // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17-21.
12. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Влияние минеральных удобрений на рост развитие и урожайность сои на лугово-чернозёмных почвах Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 206-220.
13. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, E. S. Vorontsova, S. D. Fomin, T. S. Koshkarova // International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. 2021. P. 012072.
14. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and Southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy, S. B. Kenenbayev, S. V. Didorenko, V. V. Borodychev // Journal of Ecological Engineering. 2019. V. 20 (7). Pp. 39-44.
15. The effect of fertilizer system on Soybean productivity in conditions of right bank forest – steppe / I. M. Didur [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9 (1). P. 76-80.
16. The models of Soybean varieties adapted to dry conditions / V. V. Tolokonnikov, L. V. Vronskaya, M. V. Trunova, T. S. Koshkarova, G. M. Saenko // Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex. 2021. P. 012013.

References

1. Agrotechnical and economic assessment of the use of mineral fertilizers and risotrophin on soybean varieties of various ripeness groups in irrigation conditions / O. G. Shabalda, K. I. Pimonov, A. N. Esaulko, V. V. Borodychev, S. S. Vaitsekhovskaya // *Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and higher professional education*. 2021. № 2 (62). Pp. 209-222.
2. The influence of water and food regimes of the soil on the productivity of perennial legumes / T. N. Dronov, N. I. Burtsev, D. K. Kulik, E. I. Molokantseva, S. V. Zemlyanitsyn // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2022. № 3 (67). Pp. 53-61.
3. Kirchanova G. V. Impact of doses of mineral fertilizers on the quality of produced products and soybean oiliness // *Bulletin of Biotechnology*. 2022. № 2 (31).
4. Pleshakov V. N. Field test method in irrigation conditions. Volgograd: VNIIOZ, 1983. 148 p.
5. Increase in the yield of soybean varieties and the effectiveness of fertilizer use in irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, L. V. Vronskaya, S. S. Mukhametkhanova, G. P. Kanzer // *Irrigated agriculture*. 2022. № 2. Pp. 24-27.
6. Conjugation of quantitative signs and indicators of early maturity of selection lines of soybeans of vegetable and technical directions / D. R. Shafigullin, E. V. Romanova, M. S. Gins, E. P. Pronina // *Agrarian Russia*. 2017. № 9. Pp. 2-8.
7. Tarchokov Kh. Sh., Tutukova D. A. Soy of various ripeness groups in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria // *Agrarian Russia*. 2020. № 6. Pp. 27-32.
8. Tedeeva V. V., Abaev A. A., Tavkazakhov S. A. Productivity of soybean varieties depending on sowing standards and sowing methods // *Agrarian Russia*. 2022. № 11. Pp. 15-22.
9. Tishkov N. M., Makhonin V. L., Nosov V. V. Yield and quality of soybean harvest depending on the methods and doses of fertilizers used // *Oilseeds*. 2019. No 4 (180). Pp. 53-60.
10. The formation of soybean yield depending on the seeding rate and method of seeding in the conditions of the Primorsky Territory / L. E. Marchuk, R. V. Timoshinov, E. Zh. Kushaeva, A. A. Dubkov, A. G. Klykov // *Agrarian Russia*. 2022. № 12. Pp. 3-8.
11. Shabalkin A. V., Dubinkina E. A. Soy – economically profitable culture // *Agrarian Russia*. 2022. № 1. Pp. 17-21.
12. Yurkova R. E., Dokuchaeva L. M. The influence of mineral fertilizers on the growth and yield of soybeans on meadow-chernozem soils of the Rostov region // *Melioration and hydraulic engineering*. 2021. V. 11. № 3. Pp. 206-220.
13. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, E. S. Vorontsova, S. D. Fomin, T. S. Koshkarova // *International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production*. 2021. P. 012072.
14. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and Southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy, S. B. Kenenbayev, S. V. Didorenko, V. V. Borodychev // *Journal of Ecological Engineering*. 2019. V. 20 (7). Pp. 39-44.
15. The effect of fertilizer system on Soybean productivity in conditions of right bank forest – steppe / I. M. Didur [et al.] // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (1). Pp. 76-80.
16. The models of Soybean varieties adapted to dry conditions / V. V. Tolokonnikov, L. V. Vronskaya, M. V. Trunova, T. S. Koshkarova, G. M. Saenko // *Advances in Science for Agriculture "Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex"*. 2021. P. 012013.

Информация об авторе

Вронская Любовь Васильевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, д. 9), тел: +79173322329, e-mail: lv_vronskaya@vniioz.ru

Authors Information

Vronskaya Lyubov Vasilyevna, Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), tel: +79173322329, e-mail: lv_vronskaya@vniioz.ru

SCREENING OF THE SWEET PEPPER GENE POOL SAMPLES IN SALINIZED CONDITIONS

N. S. Shcherbakova, M. Yu. Puchkov

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Astrakhan State University named by V.N. Tatischev»
Astrakhan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nsherbakova50@mail.ru

Received 28.02.2023

Submitted 01.07.2023

Summary

The article presents the results of assessing the salt resistance of sweet pepper samples by seed germination in saline solutions. According to the results of the study of collection samples of sweet pepper in conditions of stress factor-salinization, a valuable breeding material was identified. Screening for these characteristics at the initial stages of breeding will increase the effectiveness of selection and will allow processing a large amount of breeding material in a short time.

Abstract

Introduction. Salinization of soils reduces the yield of crops, and can cause their death. This stress factor has an adverse effect on the periods of sweet pepper development, especially on seed germination and post-emergence growth. Therefore, the introduction into production of new varieties of sweet pepper, resistant to the stress factor-soil salinization, is a fundamental factor in increasing the yield of sweet pepper. The variety is the most economical way to increase the yield, which has recently been relevant for increasing the production of sweet pepper for import substitution purposes. The aim of the research is to assess the salt resistance of sweet pepper samples by seed germination in saline solutions to identify genotypes resistant to environmental stress factors, which will ensure the creation of highly competitive varieties with a wide adaptive potential. **Object.** The object of research was 21 collectible samples of sweet pepper: varieties, F1 hybrids of Russian and foreign selection, as well as the variety lines of the Astrakhan State University named after V. N. Tatischev. **Materials and methods.** The research was carried out in the scientific and educational laboratory «Selection and seed production of agricultural crops» of the Astrakhan State University named after V. N. Tatischev. The laboratory experiment was carried out using generally accepted methods and guidelines. The method of establishing salt resistance is based on a standard method for determining germination, where, along with germination of seeds on water, a variant of their parallel germination in salt solutions is introduced. **Results and conclusions.** The article presents the results of the study of 21 collectible samples of sweet pepper. During the evaluation of the collection material, the distribution of collection samples of sweet pepper by salt resistance was carried out: highly salt-resistant, medium salt-resistant, weakly salt-resistant. As a result of germination of sweet pepper seeds in salt solutions, it was found that the resistance of the studied samples is different. When evaluating sweet pepper varieties, the “plasticity” indicator was determined. Differences in the reaction of varieties to changes in environmental conditions were revealed by calculating the regression coefficient b_i . The index of environmental conditions (I_j) was calculated. Optimal conditions for the germination of sweet pepper seeds were formed with positive indicators of environmental conditions, the worst with negative indicators. The calculation of the indices of environmental conditions showed that the most favorable for the germination of sweet pepper seeds were: aqueous solution (control) ($I_j = +37$); 0.5% NaCl ($I_j = +27$); the worst conditions for the test were: 1% NaCl ($I_j = -13$); 1.5 % NaCl ($I_j = -51$).

Key words: soil salinization, sweet pepper, salt resistance, ecological plasticity.

Citation. Shcherbakova N. S., Puchkov M. Yu. Screening of the sweet pepper gene pool samples in salinized conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 232-240 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-23.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 635.1/.8

**СКРИНИНГ ОБРАЗЦОВ ГЕНОФОНДА ПЕРЦА СЛАДКОГО В УСЛОВИЯХ
ЗАСОЛЕНИЯ****Н. С. Щербакова**, младший научный сотрудник**М. Ю. Пучков**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник*ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева»
г. Астрахань, Российская Федерация*

Актуальность. Засоление почв снижает урожайность сельскохозяйственных культур и может вызвать их гибель. Этот стрессовый фактор оказывает неблагоприятное воздействие на периоды развития перца сладкого, особенно на прорастание семян и послевсходовый рост. Поэтому внедрение в производство новых сортов перца сладкого, устойчивых к стрессовому фактору-засолению почв, является основополагающим фактором увеличения урожайности перца сладкого. Сорт – это наиболее экономичный способ повышения урожая, что в последнее время актуально для увеличения производства перца сладкого в целях импортозамещения. **Целью** исследований является оценка солеустойчивости образцов перца сладкого по прорастанию семян в солевых растворах для выявления генотипов, устойчивых к стрессовым факторам среды, что обеспечит создание высококонкурентоспособных сортов с широким адаптивным потенциалом. **Объект.** Объектом исследований служили 21 коллекционный образец перца сладкого: сорта, гибриды F1 российской и иностранной селекции, а также сортолинии Астраханского государственного университета им. В. Н. Татищева. **Материалы и методика.** Исследования проводили в научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева». Лабораторный опыт проводили с использованием общепринятых методик и методических указаний. За основу метода установления солеустойчивости положен стандартный способ определения всхожести, где, наряду с проращиванием семян на воде, введен вариант параллельного их проращивания в солевых растворах. **Результаты и выводы.** В статье представлены результаты изучения 21 коллекционного образца перца сладкого. В ходе оценки коллекционного материала было проведено распределение коллекционных образцов перца сладкого по солеустойчивости: высокосолеустойчивые, среднесолеустойчивые, слабосолеустойчивые. В результате проращивания семян перца сладкого в солевых растворах было установлено, что устойчивость изучаемых образцов различна. При оценке сортов перца сладкого определили показатель «пластичность». Выявлены различия реакции сортов на изменение условий среды с помощью расчета коэффициента регрессии b_i . Рассчитали индекс условий среды (I_j). Оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях. Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятными для прорастания семян перца сладкого были: водный раствор (контроль) ($I_j = +37$); 0,5 % NaCl ($I_j = +27$); худшие условия для испытания сложились: 1 % NaCl ($I_j = -13$); 1,5 % NaCl ($I_j = -51$).

Ключевые слова: засоление почв, перец сладкий, солеустойчивость перца, экологическая пластичность перца.

Цитирование. Щербакова Н. С., Пучков М. Ю. Скрининг образцов генофонда перца сладкого в условиях засоления. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 232-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засоление и засуха считаются основными факторами абиотического стресса, которые препятствуют росту сельскохозяйственных культур, что ограничивает посевные площади во многих регионах мира. Кроме того, глобальные изменения климата в последние десятилетия стали очевидным фактом и, согласно большинству прогностиче-

ских климатических моделей, оно будет сопровождаться увеличением частоты аномальных погодных событий. Ежегодно фиксируется более 30 видов экстремальных гидрометеорологических явлений, большая часть из которых способна нанести экономический ущерб сельскому хозяйству. Недостаточное внимание к климатическим изменениям в настоящее время чревато крупными экономическими последствиями в будущем [7].

Засоление считается одной из самых серьезных глобальных проблем, которые влияют на многие метаболические процессы растений и снижает рост и урожайность многих культур [13]. Более 400 миллионов гектаров страдают от засоления или засоления, что составляет более 6% от площади суши в мире [11]. Примерно 20% от общего количества обрабатываемых и 33% орошаемых сельскохозяйственных земель подвержены засолению [11, 13].

Проблемы с засолением возникают при любых климатических условиях и могут быть результатом как естественных, так и антропогенных воздействий. Примечательно, что более двух третей загрязненных солью почв в мире находятся в засушливых и полувзасушливых климатических зонах, из которых 64% расположены в засушливых пустынях и степях [5]. В засушливых и полувзасушливых регионах осадков недостаточно для удовлетворения потребностей сельскохозяйственных культур в воде и вымывания минеральных солей из корневой зоны [13].

Несмотря на десятилетия интенсивных исследований, многие молекулярные механизмы, участвующие в переносимости соли, до сих пор неизвестны [9].

Засоление оказывает вредное воздействие на основную физиологию и метаболизм растений в форме ионной токсичности, осмотического и окислительного стресса [15]. Солевой стресс приводит к разнообразным метаболическим и физиологическим изменениям, которые в конечном итоге снижают урожайность сельскохозяйственных культур. Основной эффект засоления почвы опосредован осмотическим стрессом и ионной токсичностью, что приводит к окислительному стрессу и дисбалансу питания. В последующем гиперосмотический стресс нарушает нормальное поглощение воды корнем и увеличивает потерю воды листьями [6]. Гиперионический стресс, второй важный аспект солевого стресса, вызывает дисфункцию клеточного ионного гомеостаза посредством прямого ингибирования различных клеточных ферментов [12]. Фотосинтез – это основной процесс получения энергии и закрепления ее в углеродных соединениях для последующего использования для роста и развития растений. Солевой стресс значительно уменьшает количество приобретаемой энергии из-за снижения скорости фотосинтеза и из-за перераспределения некоторой энергии на защитные механизмы. Кроме того, высокая соленость повреждает белки хлоропластов, снижает проводимость устьиц, изменяет частоту дыхания и увеличивает накопление повреждающих АФК [8].

Засоление почвы снижает урожайность многих сельскохозяйственных культур, в том числе большинства овощных культур, которые плохо переносят засоление почвы. Существенное увеличение производства и потребления овощных культур является глобальным приоритетом. Овощи играют важную роль в питании и здоровье человека, особенно как источники витамина С, тиамина, ниацина, пиридоксина, фолиевой кислоты, минералов и пищевых волокон [10].

Перец является одной из самых важных овощных культур в мире. В нашей стране перец сладкий выращивают на площади 9-10 тыс. га, причем большая часть посевов в силу биологических особенностей вида размещена в южных регионах. Основное достоинство плодов перца заключается в содержании большого количества витаминов группы В, фолиевой кислоты, витамина РР, а по содержанию витамина С он превосходит все возделываемые овощные культуры [3].

Перец сладкий (*Capsicum annuum* L.) является ценной овощной культурой с лечебно-профилактическими свойствами и играет важную роль в питании людей. Плоды перца – богатый источник витаминов и биологически активных веществ-антиоксидантов, обладают высокими вкусовыми качествами. По содержанию витамина С перец превосходит не только все овощи, но даже цитрусовые [1]. В фазе технической спелости в плодах перца накапливается от 72 до 180 мг% витамина С, в биологической – больше 200 мг%. Они содержат в фазе технической спелости сухого вещества 5-8%, в биологической – до 11%, сахаров – до 5,7%. По содержанию азотистых веществ перец сладкий также занимает первое место среди овощных культур (2,4-3,7% в пересчете на сухую массу) [2].

Постоянно растет спрос и потребление плодов перца. Удовлетворить этот спрос можно за счет увеличения продуктивности и сортового разнообразия. Засоление оказывает неблагоприятное воздействие на периоды развития перца сладкого, особенно на прорастание семян и послевсходовый рост. Засоленность, являясь стрессовым фактором, может вызвать гибель растений. Основополагающими факторами увеличения урожайности перца сладкого является внедрение в производство новых сортов перца сладкого, устойчивых к стрессовому фактору-засолению почв, требующих минимальных затрат на выращивание. Сорт является наиболее экономичным способом повышения урожая, что в последнее время актуально для увеличения производства в целях импортозамещения.

Материал и методика исследований. Исследования проводили в научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева». За основу метода установления солеустойчивости положен стандартный способ определения всхожести, где наряду с проращиванием семян на воде, введен вариант параллельного их проращивания в солевых растворах [4]. Нами экспериментально установлены концентрации солевых растворов, которые позволяют дифференцировать образцы перца сладкого по группам устойчивости. Лабораторный метод диагностики солеустойчивости культуры был предложен ВИРОм в 1986 году. Оценку индекса условий среды (Ij) и коэффициента регрессии (bi) рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [14]. Объектом исследований служили 21 коллекционный образец перца сладкого (см. таблица 1). По результатам исследований выделены источники солеустойчивости [4].

Таблица 1 – Характеристика образцов перца сладкого
Table 1 – Characteristics of sweet pepper samples

№ п/п	Номер по каталогу	Происхождение	Фирма
1	2	3	4
1	1П	Россия	ООО «Селекцентр лагутники»
2	2П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
3	3П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
4	4П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
5	5П	Венгрия	Duna-R Kft
6	6П	Венгрия	Duna-R Kft
7	7П	Италия	Esasem S.p.a.
8	8П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
9	9П	Россия	-
10	10П	Россия	-
11	11П	Россия	-
12	12П	Франция	Sakata Vegetables Europe S.A.S.
13	13П	Россия	-

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
14	14П	Россия	-
15	15П	Голландия	Enza zaden
16	16П	Россия	Agrocenter Lagutniki
17	17П	Голландия	Enza zaden
18	18П	Нидерланды	Bejo Zaden B.V.
19	19П	Россия	ООО НПП «Агровнедрение»
20	20П	Россия	ФГБНУ «ВНИИОБ», ООО НПП «Агровнедрение»
21	21П	Россия	ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» ООО НПП «Агровнедрение»

В соответствии с методическими указаниями по определению солеустойчивости овощных культур по прорастанию семян в солевых растворах, семена перца сладкого поместили в чашки Петри по 25 штук с раствором NaCl различной концентрации: 0,5 %; 1 %; 1,5 %.

Результаты и их обсуждение. Существующие методы оценки солеустойчивости растений делятся на прямые полевые (учет изменений биометрических показателей) и косвенные физиолого-биохимические и биофизические (учитывают изменения отдельных процессов и звеньев метаболизма и коррелируют с показателями оценки прямыми методами). Недостатком прямых полевых методов оценки является длительность и трудоемкость, косвенные методы – сложные технически. Для массовой первичной оценки большого количества образцов применяли прямые лабораторные экспресс – методы.

Начальный этап исследования включал выбор концентрации солей, наиболее четко дифференцирующий образцы по уровню солеустойчивости (0,5%, 1 %; 1,5%).

По результатам исследований была проведена оценка коллекционных образцов перца сладкого по солеустойчивости (см. рисунок 1).

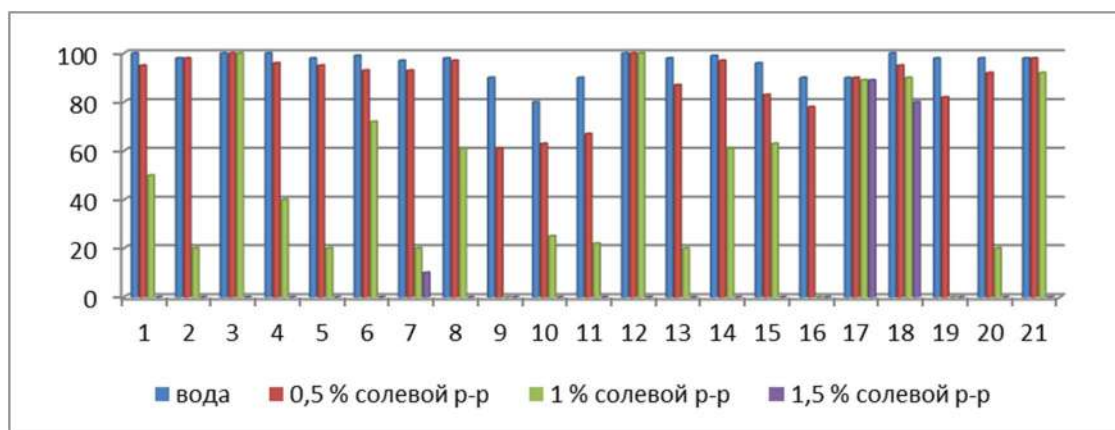


Рисунок 1 – Влияние солевых растворов различной концентрации на прорастание семян перца сладкого, в % от контроля

Figure 1 – The effect of salt solutions of various concentrations on the germination of sweet pepper seeds, in % of the control

В результате лабораторного проращивания семян перца сладкого в солевых растворах было установлено, что устойчивость изучаемых образцов различна (таблица 2):

– в 0,5 растворе NaCl все образцы оказались высокосолеустойчивыми. Показатели прорастания семян – 61...100 %;

– в 1% растворе NaCl высокосолеустойчивыми явились следующие образцы: 3П, 6П, 8П, 12П, 14П, 15П, 17П, 18П, 21П. Всхожесть на уровне 61...100 %;

– среднесолеустойчивыми оказались 1П, 4П, всхожесть семян перца сладкого не превысила 50 %; слабосолеустойчивые это 2П, 5П, 7П, 10П, 11П, 13П, 20П. Процент всхожести семян образцов находился в пределах 20...25 %. Также в результате исследований были выявлены несолеустойчивые коллекционные образцы: 9П, 16П, 19П, процент всхожести составил 0 %.

Таблица 2 – Солеустойчивость коллекционных образцов перца сладкого
Table 2 – Salt tolerance of collection samples of sweet pepper

Градация	Соле- устойчи- вость, %	Образцы		
		0,5 % раствор NaCl	1 % растворе NaCl	1,5 % растворе NaCl
Высокосолеустойчивые	> 51	все образцы	3П, 6П, 8П, 12П, 14П, 15П, 17П, 18П, 21П	17П, 18П
Среднесолеустойчивые	31-50	-	1П, 4П	-
Слабосолеустойчивые	11-30	-	2П, 5П, 7П, 10П, 11П, 13П, 20П	7П
Несолеустойчивые	< 10	-	9П, 16П, 19П	1П, 2П, 3П, 4П, 5П, 6П, 8П, 9П, 10П, 11П, 12П, 13П, 14П, 15П, 16П, 19П, 20П, 21П

При более высокой концентрации солевого раствора (1,5 %) были следующие результаты:

– высокосолеустойчивыми явились образцы 17П, 18П с солеустойчивостью 89% и 80% соответственно;

– слабосолеустойчивым оказался образец 7П, солеустойчивость составила 11%.

Все остальные образцы явились несолеустойчивыми.

Концентрации солей в ходе исследования были различными, их оценку проводили с использованием индекса условий среды (Ij). Оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях. Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятными для прорастания семян перца сладкого были: контроль – водный раствор (Ij = +37); 0,5 % NaCl (Ij = +27); худшие условия для испытания сложились: 1 % NaCl (Ij = -13); 1,5 % NaCl (Ij = -51) (см. рисунок 2).

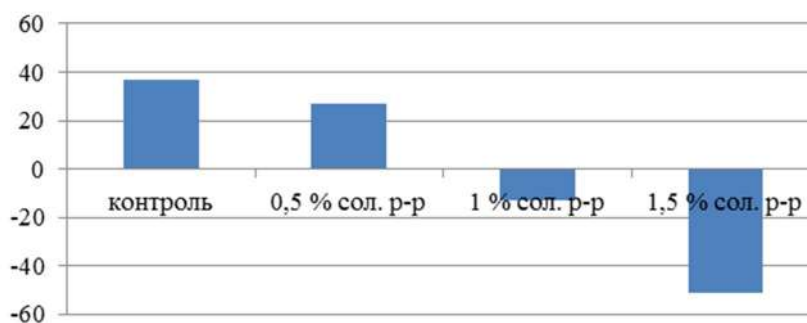


Рисунок 2 – Индекс условий среды
Figure 2 – Environmental conditions index

Согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [14], при оценке сортов перца сладкого определили показатель «пластичность» (коэффициент регрессии b_i). Коэффициент регрессии дает оценку пластичности в генетическом смысле. Коэффициент регрессии показывает реакцию сортов на изменение условий. Он может принимать значения больше или меньше 1, а также быть равным 1. Чем выше значение коэффициента $b_i > 1$, тем большей отзывчивостью обладает данный сорт. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В случае $b_i < 1$ сорт реагирует слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых сортов. Такие сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат. При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения прорастания семян перца сладкого изменению условий проращивания (см. рисунок 3).

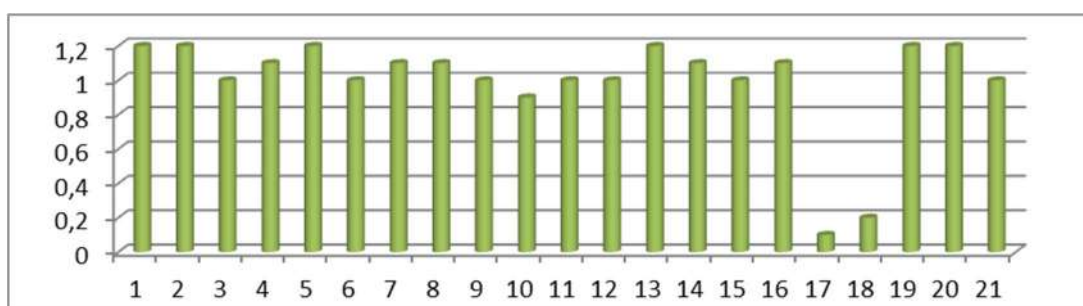


Рисунок 3 – Коэффициент регрессии
Figure 3 – Regression coefficient

По результатам исследований наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) обладают следующие образцы: 1П, 2П, 4П, 5П, 7П, 8П, 13П, 14П, 16П, 19П, 20П.

Не проявили реакцию на изменения условий выращивания ($b_i < 1$) генотипы: 10П, 17П, 18П;

Также были определены образцы, проявившие соответствие изменению условий проращивания: 3П, 6П, 9П, 11П, 12П, 15П, 21П.

Выводы. По результатам изучения коллекционных образцов перца сладкого в условиях стрессового фактора-засоления выявлен ценный селекционный материал. Скрининг по этим признакам на начальных этапах селекции повысит результативность отбора и позволит в короткие сроки обработать большое количество селекционного материала.

Применение оценки солеустойчивости данным методом позволяет ускорить селекционный процесс за счет отбраковки неустойчивых форм. Таким образом, можно сказать, что выделенные линии перца сладкого представляют интерес для дальнейшей селекционной работы и могут использоваться в качестве генетических источников ценного признака – солеустойчивости при создании новых сортов в условиях стрессового фактора-засоления почв.

Наибольшая всхожесть при повышенной концентрации солевого раствора (1,5 %) была отмечена у образцов 17П, 18П – 89% и 80%, которые можно отнести к образцам с высокой солеустойчивостью.

Также при оценке сортов перца сладкого определили коэффициент регрессии b_i , который показал реакцию сортов на изменение условий. Выделены генотипы: обладают большей отзывчивостью на изменения условий среды ($b_i > 1$); реагируют слабее на изменение условий среды, чем в среднем весь набор изучаемых образцов ($b_i < 1$); полное соответствие изменения прорастания семян перца сладкого изменению условий проращивания ($b_i = 1$). Провели оценку условий среды с использованием индекса условий среды (I_j): оптимальные условия для прорастания семян перца сладкого складывались при положительных показателях условий среды ($I_j = +37; +27$), худшие при отрицательных показателях ($I_j = -13; -51$).

Conclusions. Based on the results of studying collection samples of sweet pepper under the stress factor of salinity, valuable breeding material was identified. Screening for these traits at the initial stages of selection will increase the effectiveness of selection and will allow processing a large amount of breeding material in a short time.

Using this method to assess salt tolerance allows you to speed up the selection process by rejecting unstable forms. Thus, we can say that the isolated sweet pepper lines are of interest for further breeding work and can be used as genetic sources of a valuable trait - salt tolerance when creating new varieties under the stress factor of soil salinity.

The highest germination rate at an increased concentration of saline solution (1.5%) was observed in samples 17P, 18P - 89% and 80%, which can be classified as samples with high salt tolerance.

Also, when assessing sweet pepper varieties, the regression coefficient b_i was determined, which showed the response of varieties to changing conditions. The following genotypes were identified:

1. Those with greater responsiveness to changes in environmental conditions ($b_i > 1$).
2. React weaker to changes in environmental conditions than on average the entire set of studied samples ($b_i < 1$).
3. Complete correspondence of changes in germination of sweet pepper seeds to changes in germination conditions ($b_i = 1$).

We assessed environmental conditions using the environmental conditions index (I_j): optimal conditions for the germination of sweet pepper seeds were formed with positive indicators of environmental conditions ($I_j = +37; +27$); the worst conditions were with negative indicators ($I_j = -13; -51$).

Библиографический список

1. Антипова Н. Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 8-1(59). С. 81-84.
2. Гиш Р. А. Культура перца: монография. КубГАУ, 2017. С. 11-15.
3. Минаков И. А. Решение проблемы обеспечения населения овощной продукцией в условиях международных санкций // Вестник Мичуринского ГАУ. 2017. № 3. С. 133-141.
4. Шабетя О. Н., Коцарева Н. В. Основные направления селекции перца сладкого и баклажана в Белгородском государственном аграрном университете имени В. Я. Горина // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 36-43.
5. ФАО. Глобальная карта засоленных почв (GSASmap). 2021. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsasmap/en/>.
6. Arzani A., Ashraf M. Smart Engineering of Genetic Resources for Enhanced Salinity Tolerance in Crop Plants // Crit. Rev. Plant Sci. 2016. V. 35. Pp. 146-189.
7. Cosme N., Niero M. Modelling the influence of changing climate in present and future marine eutrophication impacts from spring barley production // Journal of Cleaner Production. 2017. V. 140. Part 2. Pp. 537-546.
8. Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function / A. Hameed, M. Z. Ahmed, T. Hussain, I. Aziz, N. Ahmad, B. Gul, B. L. Nielsen // Cells. 2021. № 10.
9. Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants / R. Munns, D.A. Day, W. Fricke, M. Watt, B. Arsova, B. J. Barkla, J. Bose, C. S. Byrt, Z. Chen, K. J. Foster // New Phytol. 2020. Pp. 1072-1090.
10. Increasing Fruit and Vegetable Consumption Becomes a Global Priority. <http://www.erails.netconsulted>.
11. Omuto K. T. Mapping saline soils: a technical guide FAO. Italy. 2021. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>.
12. Regulation of Plant Responses to Salt Stress / S. Zhao, Q. Zhang, M. Liu, H. Zhou, C. Ma, P. Wang // IJMS. 2021. V. 22 (9). P. 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>.
13. Shahid S. A., Zaman M., Heng L. Soil salinization: historical perspectives and a global review of the problem // In Guidance on Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Switzerland, 2018. Pp. 43-53.
14. Separation of forms of interaction of the genotype with the environment in the analysis of the stability of the reaction rate / D. L. Waters, Julius H. J. van der Werf, J. H. Robinson, Lee T. Hickey, S. A. Clark // Theory of Genetics. 2023. Vol. 136. V. 5. No. 99.
15. Tsvety T. Dzh., Kolmer T.D. Plant tolerance to salt: adaptation in halophytes. Anna. Bot. 2015. 115 (3): 327-31. doi: 10.1093 / aob/mcu267

References

1. Antipova N. Yu. Dietary and medicinal properties of sweet pepper // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. № 8-1(59). Pp. 81-84.
2. Gish R. A. Pepper culture: monograph. Kuban State Agrarian University, 2017. P. 11-15.
3. Minakov I. A. The solution to the problem of providing the population with vegetable products in the conditions of international sanctions // Bulletin of the Michurinsky State University. 2017. № 3. Pp. 133-141.
4. Shabetya O. N., Kotsareva N. V. The main directions of sweet pepper and eggplant breeding at the Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. № 3. Pp. 36-43.
5. FAO. Global Map of saline soils (GSASmap). 2021. Available online: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsasmap/en/>.
6. Arzani A., Ashraf M. Smart Engineering of Genetic Resources for Enhanced Salinity Tolerance in Crop Plants // Crit. Rev. Plant Sci. 2016. V. 35. Pp. 146-189.
7. Cosme N., Niero M. Modelling the influence of changing climate in present and future marine eutrophication impacts from spring barley production // Journal of Cleaner Production. 2017. V. 140. Part 2. Pp. 537-546.
8. Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function / A. Hameed, M. Z. Ahmed, T. Hussain, I. Aziz, N. Ahmad, B. Gul, B. L. Nielsen // Cells. 2021. № 10.
9. Energy Costs of Salt Tolerance in Crop Plants / R. Munns, D.A. Day, W. Fricke, M. Watt, B. Arsova, B. J. Barkla, J. Bose, C. S. Byrt, Z. Chen, K. J. Foster // New Phytol. 2020. P. 1072-1090.
10. Increasing Fruit and Vegetable Consumption Becomes a Global Priority. <http://www.erails.netconsulted>.
11. Omuto K. T. Mapping saline soils: a technical guide FAO. Italy. 2021. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb7247en>.
12. Regulation of Plant Responses to Salt Stress / S. Zhao, Q. Zhang, M. Liu, H. Zhou, C. Ma, P. Wang // IJMS. 2021. V. 22 (9). P. 4609. <https://doi.org/10.3390/ijms22094609>.
13. Shahid S. A., Zaman M., Heng L. Soil salinization: historical perspectives and a global review of the problem // In Guidance on Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques. Switzerland, 2018. Pp. 43-53.
14. Separation of forms of interaction of the genotype with the environment in the analysis of the stability of the reaction rate / D. L. Waters, Julius H. J. van der Werf, J. H. Robinson, Lee T. Hickey, S. A. Clark // Theory of Genetics. 2023. Vol. 136. V. 5. No. 99.
15. Tsvety T. Dzh., Kolmer T. D. Ustoychivost' rasteniy k soli: adaptatsiya u galofitov // Anna. Bot. 2015. V. 115 (3). Pp. 327-31.

Информация об авторах

Щербакова Наталья Сергеевна, младший научный сотрудник научно-образовательной лаборатории «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (РФ, 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а), e-mail: nsherbakova50@mail.ru

Пучков Михаил Юрьевич, д-р с.-х. наук, доцент, заведующий научно-образовательной лабораторией «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева» (РФ, 414056, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а).

Authors Information

Shcherbakova Natalia Sergeevna, junior researcher at the scientific and educational laboratory «Breeding and seed production of agricultural crops», Astrakhan State University named after. V. N. Tatishchev (Russia, 414056, Astrakhan region, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a), e-mail: nsherbakova50@mail.ru

Puchkov Mikhail Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences Sciences, Associate Professor, Head of the Scientific and Educational Laboratory «Selection and Seed Production of Agricultural Crops», Astrakhan State University named after. V. N. Tatishchev (Russia, 414056, Astrakhan region, Astrakhan, Tatishcheva str., 20a).

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-24

PRODUCTION OF SOFT CHEESE BASED ON GOAT'S MILK WITH A NEW TYPE OF PROTEIN CONCENTRATE

I. F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina^{1,2}, V. V. Kruchkova¹
N. A. Tkachenkova¹, E. S. Vorontsova¹, D. A. Poceluev², A. A. Slozhenkina¹

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

²*Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: esvoronts@mail.ru

Received 30.06.2023

Submitted 18.08.2023

*The work was carried out under the grant of the Russian National Science Foundation
No. 22-16-00041, GNU NIIMMP*

Abstract

Introduction. The use of high-quality dairy raw materials is of the utmost importance in the production of healthy food products. The modern aspiration of the population to the right way of life stimulates manufacturers to expand the range of products that meet the principles of nutrition in this direction. Goat's milk has a unique composition, high nutritional value, easy digestibility and hypoallergenicity, thanks to which it is in high demand among people who monitor their nutrition. The goal Development of technology for the production of cheeses with different contents in the recipe of protein concentrate, quality assessment of manufactured samples, analysis of obtained data. **Materials and methods.** The production of samples of researched cheeses was carried out in laboratory conditions with exact observance of the conditions of all stages of technology. Standard approved methods were used to study and evaluate chemical and organoleptic indicators. **Results and conclusion.** As a result of the experiment, 4 samples of goat cheese were produced, one of which was a control one, and the others with a protein concentrate content in the recipe in the amount of 1, 2.5, 5% of the total weight of the product. The optimal content of the filler was found experimentally, the quality indicators of the samples were evaluated and substantiated.

Key words: goat milk, goat cheese, soft cheese, protein concentrate, fillers.

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kruchkova V. V., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S., Poceluev D. A., Slozhenkina A. A. Production of soft cheese based on goat's milk with a new type of protein concentrate. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 241-250 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-24.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.3.071

**ИЗГОТОВЛЕНИЕ МЯГКОГО СЫРА НА ОСНОВЕ КОЗЬЕГО МОЛОКА С
НОВЫМ ВИДОМ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

И. Ф. Горлов^{1,2}, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
М. И. Сложенкина^{1,2}, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
В. В. Крючкова¹, доктор технических наук, профессор
Н. А. Ткаченкова¹, научный сотрудник, аспирант
Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Д. А. Поцелуев², магистрант
А. А. Сложенкина¹, аспирант

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках гранта РНФ №22-16-00041, ГНУ НИИММП

Актуальность. Использование молочного сырья высокого качества имеет важнейшее значение в производстве здоровых продуктов питания. Современное стремление населения к правильному образу жизни стимулирует производителей расширять ассортимент продукции, отвечающей принципам питания данного направления. Козье молоко имеет уникальный состав, высокую питательность, обладает легкой усвояемостью и гипоаллергенностью, благодаря чему имеет высокий спрос у людей, следящих за своим питанием. **Цель.** Разработка технологии производства сыров с различным содержанием в рецептуре белкового концентрата, оценка качества изготовленных образцов, анализ полученных данных. **Материалы и методы.** Изготовление образцов исследуемых сыров осуществлялось в лабораторных условиях с точным соблюдением условий всех этапов технологии. Для изучения и оценки химических и органолептических показателей использовались стандартные утвержденные методики. **Результаты выводы.** В результате проведения эксперимента вырабатывались 4 образца козьего сыра, один из которых контрольный, а остальные с содержанием в рецептуре белкового концентрата в количестве 1, 2,5, 5% от общей массы продукта. Опытным путем выявили оптимальное содержание наполнителя, оценены и обоснованы показатели качества образцов.

Ключевые слова: молоко козье, сыр козий, мягкий сыр, белковые концентраты, наполнители.

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Крючкова В. В., Ткаченкова Н. А., Воронцова Е. С., Поцелуев Д. А., Сложенкина А. А. Изготовление мягкого сыра на основе козьего молока с новым видом белкового концентрата. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 241-250. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-24.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. С каждым годом все большую популярность в России приобретает здоровый и правильный образ жизни. Важно отметить, что определение здорового образа жизни является комплексным. Необходимо учитывать, что физическая активность тесно связана с правильным, сбалансированным питанием. При сбалансированном питании основным моментом является правильное соотношение потребляемых белков, жиров и углеводов.

Одним из важнейших источников белка является молоко, получаемое от коров, коз, овец и других сельскохозяйственных животных. Наиболее распространены молочные продукты, выработанные из коровьего молока. Однако по сравнению с коровьим молоком козье молоко имеет лучшую усвояемость, а также гипоаллергенный состав, благодаря чему продукты из данного вида сырья рекомендованы людям, склонным к различным пищевым аллергиям [1, 3, 5, 6].

Еще одной положительной стороной молочного козоводства является неприхотливость коз в содержании. Эти животные живут практически в любом климате по всему миру. Кормление коз намного проще, чем любых других сельскохозяйственных животных, они употребляют в пищу более 500 видов трав [4].

Одними из самых древних и распространенных продуктов из козьего молока являются сыры. В настоящее время во всем мире вырабатываются различные виды козьих сыров – от молодых творожных до вызревших твердых. Также козы сыры изготавливаются с различными наполнителями [7-9, 12, 13]. Но при всех масштабах производства продуктов питания из козьего молока, его ассортимент остается значительно скромнее, чем ассортимент продукции из коровьего молока [2, 8, 10, 11]. Основываясь на полезности козьего молока перспективным направлением считаем создание молочных продуктов с новыми функциональными свойствами.

В данной работе при проведении эксперимента были выработаны образцы козьего сыра с использованием в рецептуре белкового концентрата подсолнечника, проанализированы и оценены показатели качества продуктов.

Белковый концентрат представляет собой порошок кремового цвета, полученный из семян подсолнечника без химической и термической обработки. Концентрат в своем составе не содержит химических и синтетических примесей, имеет высокую степень усвояемости. Содержание белка в концентрате достигает 80%, содержание жира около 2%, углеводов – 1%. Энергетическая ценность (калорийность) концентрата в 100 г продукта составляет 1450 кДж/340 ккал. Богатый аминокислотный состав говорит о высокой биологической и пищевой ценности данного концентрата. Введение концентрата в рецептуру продуктов позволит дополнительно обогатить продукты белком.

Целью исследования являлась разработка частной технологии изготовления сыра на основе козьего молока с введением в рецептуру белкового концентрата в различных объемах, а также подробное изучение качественных показателей полученных образцов.

Материалы и методы. При выработке образцов сыра за молочную основу решено было выбрать молоко коз зааненской породы. Технологический процесс изготовления продуктов состоял из таких основных технологических операций, как приемка молока и вводимых компонентов, очистка, подготовка молока к свертыванию, производство образцов, формование головок сыра, посол, созревание и хранение.

Выработка сыров осуществлялась в адаптированных условиях с учетом всех температурных режимов и санитарных норм. При приготовлении исследуемых образцов для повышения свертываемости молока использовали водный раствор хлорида кальция, а для сквашивания молока применяли сычужный фермент и мезофильную закваску, которая содержит в своем составе *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris*.

Введение белкового концентрата решено было производить перед стадией формования сырных головок, так как на данном этапе обеспечиваются наименьшие потери вводимых компонентов. При этом предварительно растворяли белковый концентрат в

подогретой до 65 °С сыворотке, выдерживали в течение 25 мин и охлаждали до 45°С. Образцы сыра изготавливали с содержанием белкового концентрата 1,0%, 2,5% и 4,0% от общей массы продукта, а для сравнения показателей качества вырабатывался контрольный образец без наполнителей.

Для оценки качества полученных продуктов проводили ряд исследований. Активная кислотность образцов контролировалась с помощью портативного рН-метра testo 206-pH2 с функцией определения рН и температуры. Содержание белка было изучено с помощью анализатора, работа которого основана на методе Кьельдаля согласно ГОСТ 34454-2018. Показатели массовой доли жира были определены с помощью стеклянных жирометров (бутирометров) типа 1-6, предназначенных для молочной продукции, по ГОСТ 5867-90. Массовую долю влаги определяли путем высушивания навески в прокаленном песке при температуре 103°С согласно ГОСТ 3626-73. Содержание кальция определяли титриметрическим методом по ГОСТ Р 55331-2012. Наличие в пробах сыра фосфора определяли спектрометрическим методом по ГОСТ 33500-2015.

Полученные результаты исследования обрабатывались с помощью общепринятых стандартных методик.

Результаты и обсуждение. Качественные характеристики готовых сыров напрямую зависят от исходного сырья, технологии производства, а также от строгого соблюдения всех санитарных норм. Отклонение таких показателей, например, как температура, активная кислотность, недостаточная чистота оборудования и посуды, могут привести к серьезным порокам получаемых продуктов. Такие продукты могут быть небезопасными при употреблении в пищу.

При выборе сырья для производства необходимо строго контролировать основные показатели качества. На первом этапе исследовали качество козьего молока, выбранное для выработки сыров, подвергали органолептической оценке и лабораторному анализу, строго следуя установленным методикам. Результаты приведены на рисунке 1.

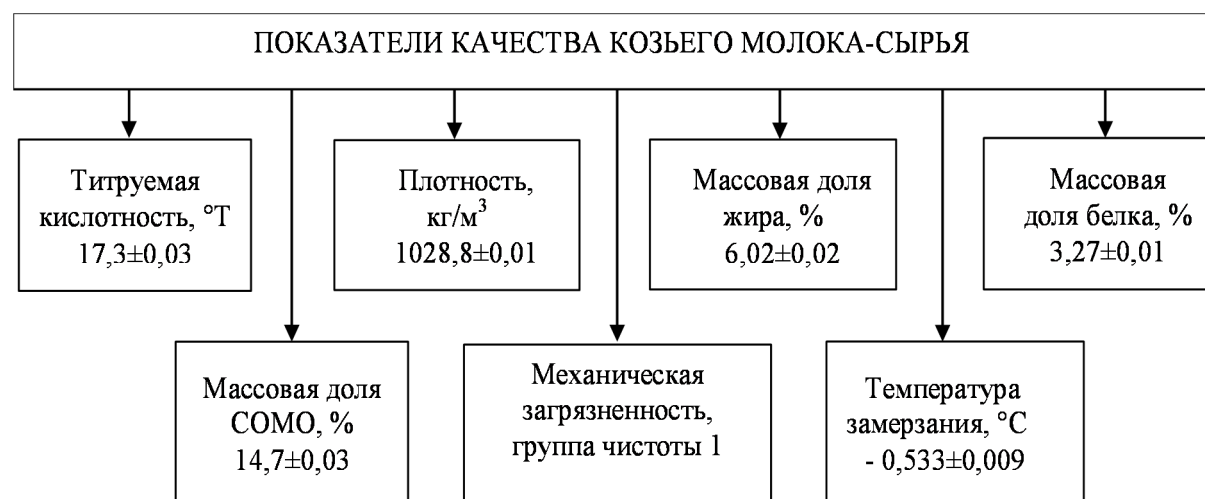


Рисунок 1 – Показатели качества козьего молока
Figure 1 – Organoleptic characteristics of samples

Полученные данные свидетельствуют о пригодности сырья к дальнейшей выработке сыров. Выработка всех образцов сыров производилась по технологии, представленной на рисунке 2.

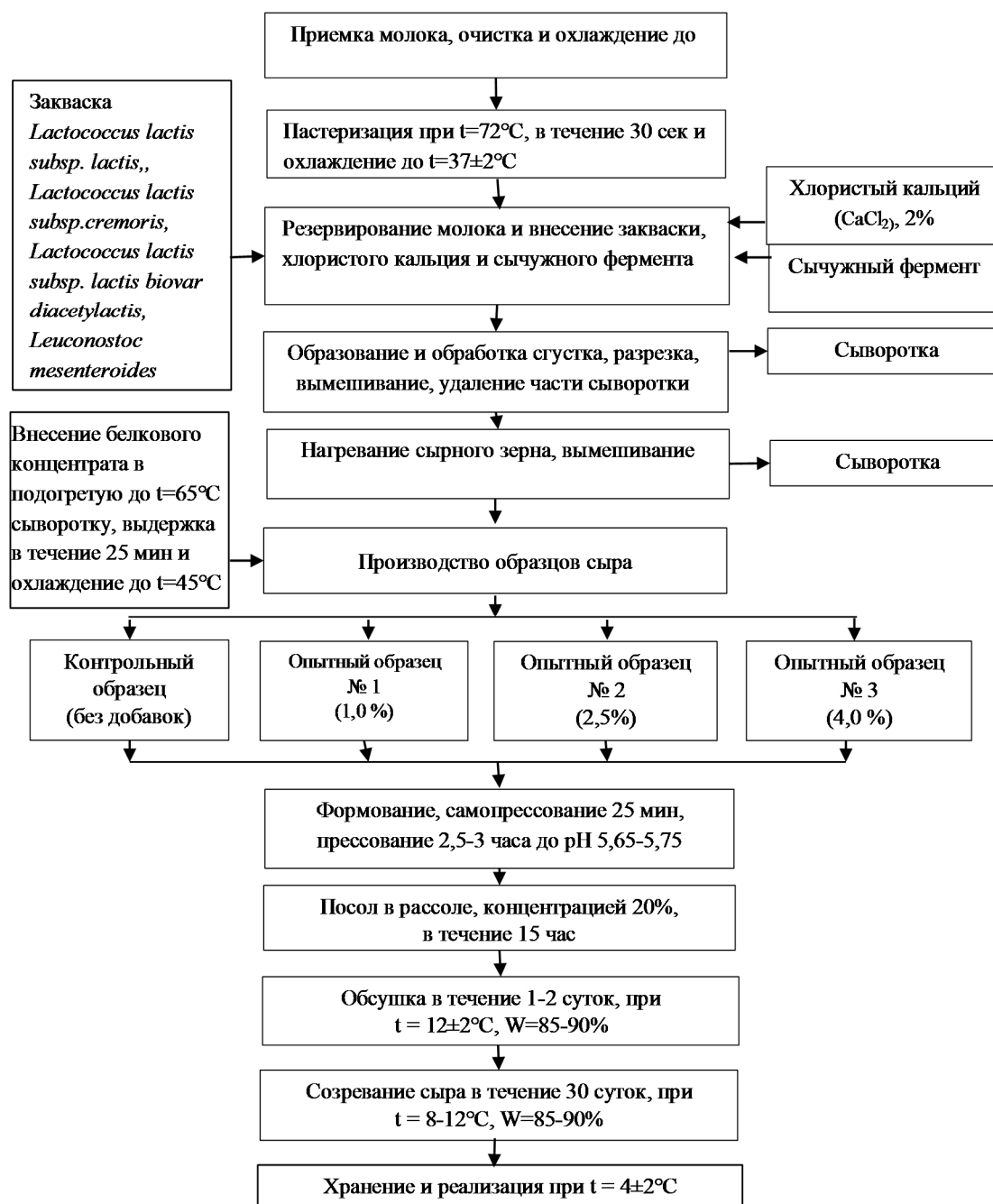


Рисунок 2 – Технология изготовления образцов сыра.

Figure 2 – Technology of making cheese samples

Полученные образцы были подвергнуты комплексной оценке качественных показателей. Как известно, одним из главных факторов при изготовлении сыров является контроль активной кислотности. Именно определение активной кислотности дает полную картину того, как протекают все важные процессы при созревании сыра. Строгий контроль активной кислотности позволяет избежать появления многих пороков готового продукта. Готовность сыра определяли по величине pH. В готовых сырах этот показатель составлял 5,4-5,5.

В первую очередь оценивались органолептические показатели продуктов. Полученные результаты наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели образцов
Table 1 – Organoleptic indicators of samples

№ образца	Внешний вид	Вкус	Запах	Консистенция	Рисунок	Цвет
Контрольный образец	Корка ровная без повреждений,	Выраженный сырный вкус	Кисловатый, сырный	Плотная, эластичная, однородная	Наличие глазков и пустот	Молочно-белый
Образец № 1	Корка ровная без повреждений	Выраженный сырный вкус	Кисловатый, сырный	Плотная, эластичная, однородная	Наличие глазков и пустот	Молочно-белый
Образец № 2	Корка ровная, без повреждений	Выраженный сырный вкус	Кисловатый, сырный	Плотная, эластичная, однородная	Наличие глазков и пустот	Светло-кремовый
Образец № 3	Корка ровная, с мелкими трещинками	Выраженный сырный вкус, с привкусом белкового концентрата	Кисловатый, сырный	Неоднородная, слегка крошливая	Наличие глазков и пустот	Кремоватый, неоднородный

При проведении дегустации отметили положительные и отрицательные стороны образцов по всем показателям. Изучаемые образцы оценивали по 5-ти бальной системе, где 5 – отлично, 1 – неудовлетворительно. На рисунке 3 указаны результаты оценки.



Рисунок 3 – Дегустационные оценки образцов.
Figure 3 – Tasting evaluations of samples

Основываясь на полученных результатах дегустационной оценки, выявили, что наиболее положительными качествами обладал образец № 2, общий балл которого составил 25, а наиболее худшим оказался образец № 3 с общим баллом 18. При проведении дегустации и оценки органолептических показателей явным недостатком образца №3 был непрезентабельный внешний вид, а также крошливая консистенция, что является явным пороком сыра. Образец № 2 обладал наиболее выраженным сырным вкусом и ароматом, имел презентабельный внешний вид, а также правильный рисунок и наиболее однородную консистенцию, по сравнению с другими образцами.

Оценка массовой доли жира и массовой доли белка в образцах проводилась согласно методикам, установленным ГОСТ. Результаты приведены на рисунке 4.

При анализе содержания белка и жира в образцах наиболее высокие показатели отмечали в образце № 3 с содержанием белкового концентрата в количестве 4%. Однако из-за низких оценок органолептических показателей образец № 3 было решено не использовать для дальнейшего исследования. Таким образом, наиболее высокие показатели жира и белка были присущи образцу № 2 с содержанием белкового концентрата 2,5%. Так, в сравнении с контрольным образцом, содержание жира было выше на 0,31%, а содержание белка превышало на 0,80%.

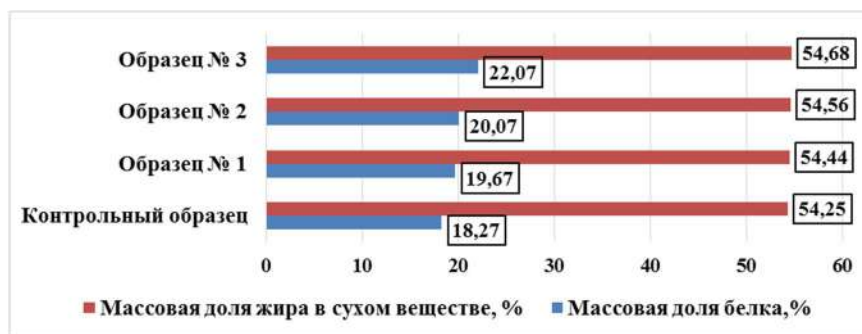


Рисунок 4 – Массовая доля жира и белка в образцах сыра

Figure 4 – Fat and protein content in cheese samples

Заключительным этапом исследования было определение содержания кальция и фосфора в образцах. Результаты указаны на рисунке 5.

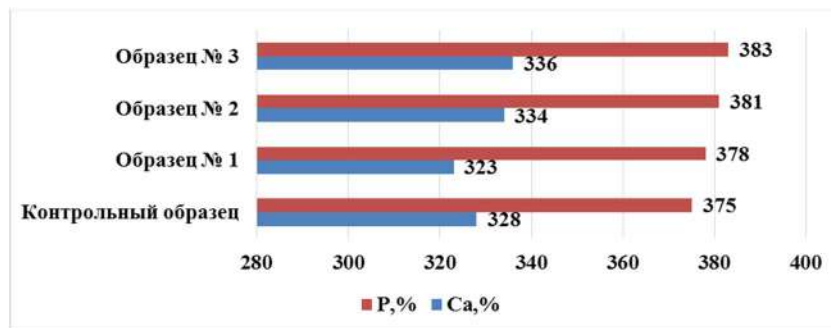


Рисунок 5 – Содержание кальция и фосфора в образцах

Figure 5 – The content of calcium and phosphorus in the samples

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что дополнительное введение белкового концентрата положительно повлияло на содержание кальция и фосфора в полученных продуктах. Так как образец № 3 решено не использовать в дальнейшем исследовании, наиболее высокие показатели отмечались в образце № 2, в котором содержание кальция составило 33,4% от суточной нормы потребления, а фосфора – 38,1%.

Заключение. При лабораторном исследовании выбранное козье молоко-сырье соответствовало всем требованиям стандарта для производства сыров. В рецептуре образцов козьих сыров в качестве добавок использовали белковый концентрат подсолнечника. Образцы сыра с содержанием белкового концентрата подсолнечника в количестве 1,0%, 2,5 % и 4,0% изготавливали по разработанной нами технологии.

Все образцы по показателям качества соответствовали требованиям, установленным для данных видов сырных продуктов. Однако было определено, что увеличение наполнителей до 4% вызывает пороки внешнего вида и консистенции.

Таким образом, на основании полученных результатов оценки органолептических и физико-химических показателей настоящего исследования было установлено, что наиболее оптимальное количество вносимой добавки в образце № 2 с содержанием концентрата 2,5%. Введение белкового концентрата благоприятно повлияло на содержание жира и белка, кальция и фосфора в сыре, так в сравнении с контрольным образцом содержание жира увеличилось на 0,31%, а содержание белка на – 0,80%, содержание кальция составило 33,4% от суточной нормы потребления, а фосфора – 38,1%, что благоприятно воздействует на организм потребителя.

Conclusions. During laboratory testing, the selected raw goat milk met all the requirements of the standard for the production of cheeses. Sunflower protein concentrate was used as an additive in the recipe of goat cheese samples. Samples of cheese with the content of sunflower protein concentrate in the amount of 1.0%, 2.5% and 4.0% were made according to the technology developed by us.

All samples in terms of quality indicators met the requirements established for these types of cheese products. However, it was determined that an increase in fillers up to 4% causes defects in appearance and consistency.

Thus, on the basis of the obtained results of the assessment of organoleptic and physico-chemical parameters of the present study, it was established that the most optimal amount of the introduced additive in sample No. 2 with a concentrate content of 2.5%. The introduction of protein concentrate had a favorable effect on the content of fat and protein, calcium and phosphorus in the raw material, so compared to the control sample, the content of fat increased by 0.31%, and the content of protein by 0.80%, the content of calcium was 33.4% of the daily consumption rate, and phosphorus - 38.1%, which has a beneficial effect on the consumer's body.

Библиографический список

1. Абдугамитова А. Е., Орымбетова Г. Э. Исследование физико-химических свойств козьего молока // АПК России: образование, наука, производство. Пенза, 2023. С. 122-125.
2. Антонова Е. В., Андрухова В. Я. Сравнительная товароведная характеристика козьего сыра // Товаровед продовольственных товаров. 2020. № 10. С. 20-25.
3. Бабунова В. С., Светличкин В. В., Карташова В. М. Определение бета-лактамов антибиотиков в молоке с помощью тест-системы Beta-Lactam Array Plus и иммуномикрочипового анализатора Evidence Investigator "Randox" // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2017. № 4 (24). С. 31-35.
4. Гаврилова Н. Б., Щетинина Е. М. Козье молоко - биологически полноценное сырьё для специализированной пищевой продукции // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 1. С. 66-75.
5. Инновационная технология полутвёрдого сыра из козьего молока для специализированного питания / Е. М. Щетинина, Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, Н. И. Соловьева // Хранение и переработка сельхозсырья. 2021. № 1. С. 93-103.
6. Кононов Д. В., Белоногова А. Н., Терентьева А. С. Выявление примеси коровьего молока в козьем по показателям качества // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 27-32.
7. Мягкий сыр на основе козьего молока для специализированного питания / Е. М. Щетинина, Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская, М. П. Щетинин // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 3. С. 134-146.
8. Подсолнечник и использование его в безотходной технологии переработки с целью производства продуктов лечебно-профилактического и детского питания / Л. В. Гапонова, В. А. Гаврилова, Т. Ф. Демьяненко, Т. А. Полежаева, Г. А. Матвеева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 4 (90). С. 181-189.
9. Рыжкова Т. Н., Штефан В. П., Недилько Ю. О. Разработка технологии нового мягкого козьего сыра // Научные труды SWorld. 2016. Т. 3. № 45. С. 74-79.
10. Смятская Ю. А., Дяченко А. А. Перспективы использования отходов маслоэкстракционного производства // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: сборник материалов IX Всероссийской конференции. Чебоксары, 2022. С. 109.
11. Chaika D. Yu., Plyusnina Yu. A. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production // Natural and Technical Sciences. 2022. № 6 (169). P. 348-349.
12. Gavrilo N. B., Chernopolskaya N. F., Shchetinina E. M. Biotechnological aspects of innovative technology of enriched soft cheese based on goat's milk // Modern Science and Innovations. 2020. № 3 (31). P. 44-49.
13. Sultanova Sh., Ergasheva Z. Modern technology for hard cheese from goat milk // Unisum. 2023. № 6-5 (111). P. 35-37.

References

1. Abdugamitova A.E., Orymbetova G.E. Study of the physicochemical properties of goat milk // In the collection: Russian agro-industrial complex: education, science, production. Penza, 2023. Pp. 122-125.

2. Antonova E. V., Andrukhova V. Ya. Comparative commodity characteristics of goat cheese // *Commodity expert of food products*. 2020. № 10. Pp. 20-25.
3. Babunova V. S., Svetlichkin V. V., Kartashova V. M. Determination of beta-lactam antibiotics in milk using the Beta-Lactam Array Plus test system and the Evidence Investigator «Randox» immunomicrochip analyzer // *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*. 2017. № 4 (24). Pp. 31-35.
4. Gavrilova N. B., Shchetinina E. M. Goat's milk is a biologically complete raw material for specialized food products // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2019. № 1. Pp. 66-75.
5. Innovative technology of semi-hard goat milk cheese for specialized nutrition. Storage and processing of agricultural raw materials / E. M. Shchetinin, N. B. Gavrilova, N. L. Chernopolskaya, N. I. Solovyova // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2021. № 1. Pp. 93-103.
6. Kononov D. V., Belonogova A. N., Terentyeva A. S. Detection of admixtures of cow's milk in goat's milk based on quality indicators // *Bulletin of the agro-industrial complex of the Upper Volga region*. 2018. № 1 (41). Pp. 27-32.
7. Soft cheese based on goat's milk for specialized nutrition / E. M. Shchetinin, N. B. Gavrilova, N. L. Chernopolskaya, M. P. Shchetinin // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2022. № 3. Pp. 134-146.
8. Sunflower and its use in waste-free processing technology for the production of products of medical and preventive and baby food / L. V. Gaponova, V. A. Gavrilov, T. F. Demyanenko, T. A. Polezhaeva, G. A. Matveeva // *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021. V. 83. № 4 (90). Pp. 181-189.
9. Ryzhkova T. N., Stefan V. P., Nedilko Yu. O. Development of technology for a new soft goat cheese // *Scientific works of SWorld*. 2016. V. 3. № 45. Pp. 74-79.
10. Smyatskaya Yu. A., Dyachenko A. A. Prospects for the use of oil extraction waste // *Topical issues of chemical technology and environmental protection: a collection of materials from the IX All-Russian Conference*. Cheboksary, 2022. Pp. 109.
11. Chaika D. Yu., Plyusnina Yu. A. Comparative sensorics of quality indicators of goat cheese, depending on the geographical region of production // *Natural and Technical Sciences*. 2022. № 6 (169). Pp. 348-349.
12. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. F., Shchetinina E. M. Biotechnological aspects of innovative technology of enriched soft cheese based on goat's milk // *Modern Science and Innovations*. 2020. № 3 (31). Pp. 44-49.
13. Sultanova Sh., Ergasheva Z. Modern technology for hard cheese from goat milk // *Univsum*. 2023. № 6-5 (111). Pp. 35-37.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор с.-х. наук, академик РАН, зав. кафедрой «Технология пищевых производств», научный руководитель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. e-mail: niimmp@mail.ru

Крючкова Вера Васильевна, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-2324-4222. e-mail: niimmp@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Поцелуев Дмитрий Александрович, магистрант кафедры «Технологии пищевых производств», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5500-0812>, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, магистрант, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (РФ, 109028, г. Москва, Покровский бульвар, д. 11), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5913-5303>, e-mail: slozhenkina@mail.ru;

Authors Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department "Technology of Food Production", Scientific director, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6), tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, Volgograd State Technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director, Volga Research Institute of Meat and Dairy Products Production and Processing (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6), tel.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09, FGBOU VO Volgograd State Technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>, e-mail: niimmp@mail.ru

Kryuchkova Vera Vasilyevna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Volga Research Institute of Meat and Dairy Products Production and Processing (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6, tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru .

Tkachenkova Natalia Andreevna, Researcher at the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Rokossovsky str., 6, Volgograd, 400131, tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-2324-4222, e-mail: niimmp@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Potseluev Dmitry Aleksandrovich, Master's Student of the Department of Food Production Technologies, Volgograd State Technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation); ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5500-0812>, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Alexandra Alekseevna, Master's student, National Research University "Higher School of Economics" (11 Pokrovsky Boulevard, Moscow, 109028, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5913-5303>, e-mail: slozhenkina@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-25

BIOLOGICAL EFFECT OF COMPLEX FEED ADDITIVE ON BLOOD STATUS AND PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS

A. T. Varakin¹, V. V. Salomatin¹, G. A. Simonov², E. S. Vorontsova¹, M. A. Stepurina¹

¹*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

²*Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming
Vologda, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: varakinat58@mail.ru

Received 10.07.2023

Submitted 30.08.2023

Summary

Data on the evaluation of the effectiveness of the complex mineral supplement of the Volgograd deposit in the diets of lactating cows are presented. The results obtained in the studies showed that the feed additive of natural Volgograd bischofite to diets deficient in magnesium content, allows you to

significantly increase the average daily milk yield of experimental cows, improve its quality indicators in terms of fat and protein content. At the same time, the tested complex feed additive had a positive effect on morphological and biochemical indicators of the blood status of dairy cows.

Abstract

Introduction. Determination of the effectiveness of the use of a natural complex mineral supplement from the Volgograd deposit when feeding lactating cows. **Materials and methods.** In the studies, the influence of the complex mineral supplement of Volgograd bischofite was established on morphological and biochemical indicators of the blood status of dairy cows, their productivity and quality indicators of milk produced in terms of fat and protein content. Experimental work was carried out on lactating cows of the red steppe breed. Of these, two groups were formed, the first - control and the second - experimental. In the diets of experimental cows, a deficiency in the content of a vital mineral element, magnesium, was revealed. This shortcoming was filled for the second experimental group by introducing natural Volgograd bischofite into the diets. **Results and conclusions.** According to the research results, feeding the test complex mineral supplement had a positive effect on the blood status and productive qualities of dairy cows. Thus, compared with analogues of the first control group, in the blood of animals of the second experimental group, the number of erythrocytes and hemoglobin content increased by 7.40% and 2.05%, respectively, which indicates an increase in the work of the hematopoietic organs in them and a higher level of intensity of redox processes in the body. In cows of the experimental group, the content of total protein in the blood serum was higher by 1.87% and albumin - by 2.42% than in the control. In the experimental group, an advantage in average daily milk yield of 7.74% was also established, the content of fat in it by 0.05% and protein by 0.02%.

Key words: diet, cash cow, magnesium, deficiency, bischofite, milk production, blood status.

Citation. Varakin A. T., Salomatina V. V., Simonov G. A., Vorontsova E. S., Stepurina M. A. Biological effect of complex feed additive on blood status and productivity of dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 250-259 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-25.

Author's contribution. All authors of the study were directly involved in the planning, conducting or analyzing this work. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.2.034.084.72

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КОМПЛЕКСНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА СТАТУС КРОВИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ДОЙНЫХ КОРОВ

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Саломатин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Г. А. Симонов², доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук

М. А. Степурина¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский
институт молочного и лугопастбищного хозяйства

г. Вологда, Российская Федерация

Актуальность. Определение эффективности использования природной комплексной минеральной добавки Волгоградского месторождения при кормлении лактирующих коров.

Материалы и методы. В исследованиях было установлено влияние комплексной минеральной добавки Волгоградского бишофита на морфологические и биохимические показатели статуса крови дойных коров, их продуктивность и качественные показатели произведённого молока по содержанию жира и белка. Экспериментальная работа проведена на лактирующих коровах

красной степной породы. Из них сформировали две группы, первую – контрольную и вторую – опытную. В рационах подопытных коров был выявлен недостаток содержания жизненно необходимого минерального элемента – магния. Данный недостаток восполнили для второй опытной группы введением в рационы природного Волгоградского бишофита. **Результаты и выводы.** Согласно полученным результатам исследований, скармливание испытуемой комплексной минеральной добавки оказало положительное влияние на статус крови и продуктивные качества дойных коров. Так, по сравнению с аналогами первой контрольной группы, в крови животных второй опытной группы увеличилось количество эритроцитов и содержание гемоглобина, соответственно на 7,40 % и 2,05 %, что указывает на усиление у них работы кроветворных органов и более высокий уровень интенсивности окислительно-восстановительных процессов в организме. У коров опытной группы содержание общего белка в сыворотке крови было выше на 1,87 % и альбуминов – на 2,42 %, чем в контроле. В опытной группе также установлено преимущество по среднесуточному удою молока на 7,74 %, содержанию в нём жира на 0,05 % и белка на 0,02 %.

Ключевые слова: *рационы дойных коров, магний, бишофит, молочная продуктивность коров, статус крови коров.*

Цитирование. Варакин А. Т., Саломатин В. В., Симонов Г. А., Воронцова Е. С., Степурина М. А. Биологический эффект комплексной кормовой добавки на статус крови и продуктивность дойных коров. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 250-259. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-25.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что на продуктивность животных оказывают влияние многие факторы, например порода, содержание, но самым мощным из них является кормление.

Следует отметить, что наука не стоит на месте, а движется постоянно вперед, при этом инновационные технологии позволяют существенно повышать продуктивность животных. В последние годы как у нас в стране, так и за рубежом были изобретены различные кормовые добавки. При использовании этих добавок к рационам животных и птицы повышаются зоотехнические и экономические показатели [2, 3, 7, 11, 12].

Дальнейшему повышению эффективности производства животноводческой продукции будет способствовать расширение ассортимента вводимых в рационы кормов и необходимых добавок, при использовании которых более полно реализуется генетически обусловленный потенциал продуктивных качеств сельскохозяйственных животных с улучшением данных показателей [3, 16, 18].

Следует подчеркнуть, что балансирующие кормовые добавки к рациону при кормлении животных и птицы улучшают их рост и развитие, повышают продуктивность, качество получаемой продукции, воспроизводительную способность и конверсию корма [6, 8-10, 14, 15], что следует учитывать при составлении рационов дойным коровам.

В современных условиях при ведении молочного скотоводства требуются изыскания новых кормовых средств для совершенствования качественного состава рационов, повышения продуктивности коров и эффективности получения молока [3, 5, 7, 13]. Этому также способствует рациональное использование местных кормовых ресурсов.

К таким эффективным природным источникам кормовых минеральных веществ относится бишофит Волгоградского месторождения. Так, применяя данную комплексную кормовую добавку в промышленном свиноводстве, в частности рационах хряков-

производителей, были получены положительные результаты по количеству и качеству их спермопродукции; воспроизводительным качествам свиноматок, осеменённых спермой данных хряков, а также улучшились экономические показатели производства [17].

В молочном скотоводстве природный Волгоградский бишофит представляет интерес при введении в рационы для повышения биологической полноценности кормления лактирующих коров, и прежде всего в качестве источника жизненно необходимого (биогенного, биотического) макроэлемента магния. Основу Волгоградского бишофита составляет хлорид магния. Однако в бишофите в меньшем количестве также содержатся и другие минеральные вещества. Поэтому он также отличается содержанием таких минеральных элементов: кальций, натрий, калий, хлор, бром, молибден, железо, медь, алюминий, кремний и др.

При организации исследований по совершенствованию кормления сельскохозяйственных животных уделяется значительное внимание изучению показателей состава их крови и продуктивных качеств. Исследователями отмечается взаимосвязь показателей крови и продуктивности животных [1, 4, 17].

В связи с вышеизложенным актуальными и важными являются исследования по использованию природного Волгоградского бишофита в технологии производства молока в скотоводстве.

Целью исследований являлось определение эффективности использования комплексной минеральной добавки бишофита Волгоградского месторождения при кормлении дойных коров.

В задачи исследований входило:

- установить морфологические и биохимические показатели статуса крови дойных коров;
- определить молочную продуктивность лактирующих коров.

На основании полученных данных в исследованиях, дать объективную оценку по использованию природного Волгоградского бишофита в рационах дойных коров.

Материалы и методы. Для проведения экспериментальной работы в ИП КФХ «Кочкина Н. И.» Волгоградской области было отобрано 20 новотельных лактирующих коров красной степной породы. Животных по принципу аналогов разбили на две группы по 10 голов в каждой. Первая группа была контрольной, а вторая опытной. Первая контрольная группа коров получала основной рацион, а вторая опытная группа получала к основному рациону комплексную минеральную добавку: природный Волгоградский бишофит. Продолжительность опыта была 195 дней. Опыт включал предварительный (уравнительный) период эксперимента 20 дней. Коровы обеих групп в этот период получали одинаковый рацион. Переходный период составлял 7 дней. В это время контрольная группа животных получала основной рацион, а опытная группа – к основному рациону минеральную добавку: Волгоградский природный бишофит, с постепенным к нему приучением. Во время заключительного периода эксперимента, с продолжительностью в 15 дней, коровы первой контрольной группы получали основной рацион; второй опытной группы были переведены на основной рацион без природного бишофита. Главный период опыта составлял 153 дня.

Следует отметить, что скармливали бишофит Волгоградского месторождения, восполняя недостаток до нормы содержания жизненно необходимого (биогенного, биотического) макроэлемента магния в составе основного рациона. Эксперимент был проведён с одинаковым содержанием животных всех групп и уходом за ними.

Учёт молочной продуктивности в группах животных был индивидуальным от каждой коровы еженедельно, путём контрольного доения.

За состоянием здоровья коров во время эксперимента осуществляли контроль по морфологическим и биохимическим показателям крови. Её брали у животных в начале и в конце опыта из яремной вены до начала утреннего кормления у 10 коров по 5 из каждой группы.

Полученный цифровой материал в опыте обрабатывали на компьютере с использованием программы «Microsoft Office».

Результаты и обсуждение. Во время научно-хозяйственного опыта рационы дойных коров обеих групп в своём составе содержали разные компоненты – корма и необходимые балансирующие кормовые добавки. Так, компоненты рациона коровам на период раздоя включали (кг): сено злаковое и бобовое – 2,0 и 3,0 соответственно; концентраты – 5,53, в частности протеиновые – 1,43; силос – 27,0; кормовую патоку (мелассу) – 1,5 и необходимые кормовые добавки макро- и микроэлементов, препарат витамина D. В данном рационе был выявлен недостаток магния, который компенсировали для второй опытной группы введением природного Волгоградского бишофита в количестве 67,5 г в расчёте на одну дойную корову в сутки. По содержанию обменной энергии и питательных веществ рационы в обеих группах не различались, а содержание в них магния для коров первой контрольной и второй опытной групп составило 22,88 и 28,0 г соответственно. Рацион во второй опытной группе был сбалансирован включением Волгоградского бишофита по содержанию жизненно важного макроэлемента магния до существующей нормы кормления.

Компоненты рациона коровам после раздоя включали (кг): сено злаковое и бобовое – 2,0 и 3,0 соответственно; концентраты – 3,95, в частности протеиновые – 1,05; силос – 27,0; кормовую патоку (мелассу) – 1,0 и необходимые кормовые добавки макро- и микроэлементов, препарат витамина D. В данном рационе также был выявлен дефицит магния, который компенсировали для второй опытной группы введением природного Волгоградского бишофита в количестве 69,3 г в расчёте на одну лактирующую корову в сутки. По содержанию обменной энергии и питательных веществ рационы в обеих группах не различались, а содержание в них магния для коров первой контрольной и второй опытной групп составило 20,75 и 26,0 г соответственно. Рацион во второй опытной группе был сбалансирован включением Волгоградского бишофита по содержанию жизненно важного макроэлемента магния до существующей нормы кормления.

Результаты исследований, полученные в конце главного периода научно-хозяйственного опыта, показали, что введение в рационы лактирующих коров комплексной минеральной добавки: природного Волгоградского бишофита, оказало положительное влияние на показатели состава крови, в частности в ней установлено повышение количества эритроцитов и концентрации гемоглобина, о чём свидетельствуют приведённые данные (таблица 1).

Таблица 1 – Количество эритроцитов и уровень гемоглобина в крови коров ($M \pm m$)
Table 1 – The number of red blood cells and the level of hemoglobin in the blood of cows ($M \pm m$)

Группа	Уровень содержания в цельной крови	
	эритроциты, $10^{12}/л$	гемоглобин, г/л
Первая контрольная	$6,22 \pm 0,15$	$110,22 \pm 0,62$
Вторая опытная	$6,68 \pm 0,11^*$	$112,48 \pm 0,54^*$

Примечание: * $P \leq 0,05$

Анализ таблицы 1 показывает, что в крови животных второй опытной группы количество эритроцитов и содержание гемоглобина было больше, чем у аналогов первой контрольной группы, соответственно, на $0,46 \cdot 10^{12}/л$ (7,40 %) с разницей статистически достоверной и значением уровня вероятности $P < 0,05$; и 2,26 г/л (2,05 %) при статистически достоверной разнице и значении $P < 0,05$.

Полученные данные по увеличению количества эритроцитов и содержания гемоглобина в крови животных опытной группы показывают усиление у них работы кроветворных органов и более высокий уровень интенсивности окислительно-восстановительных процессов в их организме.

Важное место по оценке физиологического состояния организма животных, его резистентности и иммунологической реактивности занимают лейкоциты, так как им свойственны такие функции, как защитная, антитоксическая, транспортная и другие.

Исследования показали, что уровень содержания в цельной крови лейкоцитов был следующим ($10^9/\text{л}$): у особей контрольной группы - $7,00 \pm 0,07$ и их аналогов из опытной группы - $7,44 \pm 0,12$. Согласно полученным экспериментальным данным, лактирующие коровы второй опытной группы имели преимущество по количеству лейкоцитов в крови, в сравнении с первой контрольной группой, на $0,44 \cdot 10^9/\text{л}$ (6,29 %) при достоверном различии со значением $P < 0,05$.

Следует отметить, что повышение в пределах физиологической нормы количества лейкоцитов в крови коров опытной группы, в сравнении с животными контрольной группы, следует рассматривать как положительный фактор. Это связано с тем, что лейкоциты, наряду с клетками ретикулоэндотелиальной системы, осуществляют фагоцитоз и являются основным продуцентом антител.

Об интенсивности белкового обмена в организме подопытных лактирующих коров можно судить по изменению содержания общего белка и белковых фракций в сыворотке крови. Данные исследований по изучаемым показателям в конце главного периода научно-хозяйственного опыта представлены на рисунке 1.

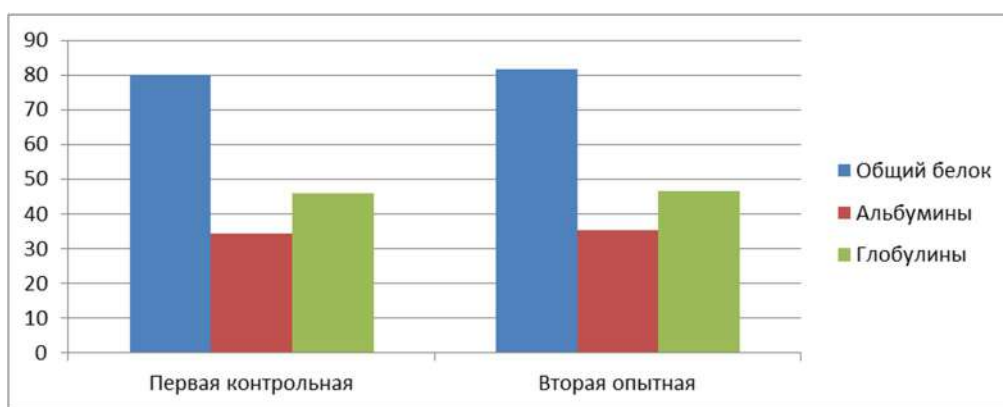


Рисунок 1 – Содержание общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови подопытных коров, г/л

Figure 1 – The content of total protein, albumin and globulins in the blood serum of experimental cows, g/l

Так, дойные коровы первой контрольной группы имели показатель содержания общего белка в сыворотке крови (80,20 г/л), что меньше, чем у животных второй опытной группы, на 1,50 г/л (1,87 %) при достоверной разнице и уровне вероятности $P < 0,05$. При этом повышение уровня общего белка в сыворотке крови коров опытной группы следует рассматривать как более интенсивный белковый метаболизм в их организме.

Включение испытуемой комплексной минеральной добавки в рационы подопытного молочного скота способствовало повышению в сыворотке крови абсолютного содержания альбуминов, по сравнению с аналогами первой контрольной группы (34,32 г/л): у коров опытной группы изучаемый показатель был выше, чем в контрольной группе, на 0,83 г/л (2,42 %) с разницей достоверной и значении уровня вероятности $P < 0,05$.

Следует отметить, что увеличение уровня альбуминов в сыворотке крови лактирующих коров второй опытной группы даёт возможность это характеризовать как более интенсивные окислительно-восстановительные процессы в их организме, а также свидетельствует об усилении белоксинтезирующей функции печени.

В исследованиях выявлено, что животные опытной группы имели более высокий уровень содержания глобулинов в сыворотке крови. При этом абсолютное содержание глобулинов в сыворотке крови коров первой контрольной группы составило 45,88 г/л, а аналоги второй опытной группы имели преимущество по этому показателю на 0,67 г/л (1,46 %). Однако между сравниваемыми группами не было выявлено достоверных различий по изучаемому показателю.

При определении содержания альбуминов и глобулинов в сыворотке крови дойных коров имеет место интерес исследования их уровня в процентном отношении от общего белка. Такие экспериментальные данные представлены на рисунке 2.

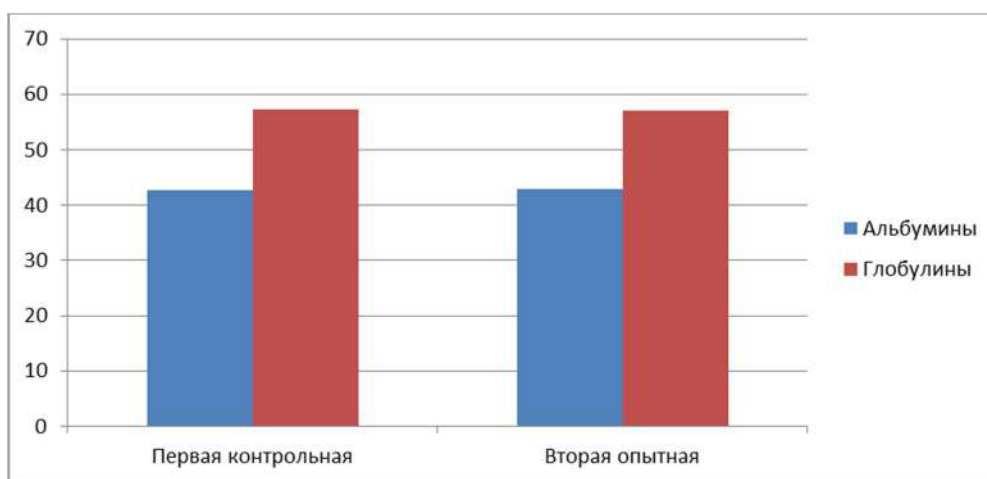


Рисунок 2 – Уровень альбуминов и глобулинов в сыворотке крови коров от содержания общего белка, %

Picture 2 – The level of albumins and globulins in the blood serum of cows of total protein content, %

Так, исследованиями установлено, что в процентном отношении от содержания общего белка в сыворотке крови, дойные животные первой контрольной группы имели альбуминовую фракцию (42,80 %), а во второй опытной группе изучаемый показатель был выше на 0,22 %.

В то же время уровень глобулинов в сыворотке крови лактирующих коров от содержания общего белка в первой контрольной группе составил 57,20 % и у особей второй опытной группы – 56,98 %.

У дойных коров второй опытной группы был также выявлен лучший показатель белкового индекса сыворотки крови. Особи контрольной группы имели данный показатель равным 0,75 и опытной группы – 0,76.

Полученные экспериментальные данные по содержанию общего белка и его фракционному составу в сыворотке крови подопытных животных сравниваемых групп свидетельствуют о том, что интенсивность синтеза общего белка, альбуминов и глобулинов в их организме находилось в определённой зависимости от особенностей состава используемых рационов. Добавление в них природного Волгоградского бишофита способствовало более высокому содержанию в сыворотке крови у дойных коров второй опытной группы общего белка, альбуминов и глобулинов, чем у животных первой контрольной группы, которые получали только корма и добавки основного рациона.

В исследованиях установлено, что включение в основной рацион лактирующим коровам в качестве комплексной минеральной добавки – природного Волгоградского бишофита, нашло положительное отражение на величине производимого молока, и в частности на показателе среднего суточного удоя. По изучаемому показателю, в главном (учётном) периоде научно-хозяйственного опыта, в сравнении с животными первой контрольной группы (16,80 кг), коровы второй опытной группы имели в среднем преимущество по среднесуточному удою натурального молока на 1,3 кг (7,74 %), при высоком уровне статистически достоверной разницы и значении уровня вероятности $P < 0,01$.

Использование в составе рациона испытуемой комплексной кормовой добавки также положительно повлияло на качественный состав произведённого молока, в частности на содержание в нём жира и белка. У дойных коров первой контрольной группы содержание жира в молоке в среднем составило, %: $3,88 \pm 0,015$ и их аналогов из второй опытной группы – $3,93 \pm 0,021$. Отсюда более высокий изучаемый показатель установлен в экспериментальном варианте и разница в его пользу составила 0,05 %, по сравнению с базовым (контролем).

Коровы первой контрольной группы в среднем имели содержание белка в произведённом молоке (%) – $3,38 \pm 0,010$ и второй опытной группы (%) – $3,40 \pm 0,015$. В связи с этим, данный показатель был выше в экспериментальном варианте на 0,02 %, чем у животных в контроле.

Выводы. Таким образом, полученные нами экспериментальные данные показали, что использование комплексной минеральной добавки природного Волгоградского бишофита к рационам дойных коров, дефицитным по магнию, позволяет сбалансировать их поэтому жизненно необходимому (биогенному, биотическому) макроэлементу, при увеличении их среднесуточного удоя натурального молока и улучшении его качественных показателей по содержанию жира и белка. При этом повышение биологической полноценности рационов за счёт комплексной минеральной добавки также способствует улучшению статуса крови лактирующих коров.

Conclusions. Thus, the experimental data obtained by us showed that the use of a complex mineral supplement of natural Volgograd bischofite to the diets of dairy cows deficient in magnesium allows them to balance their therefore vital (biogenic, biotic) macronutrient, while increasing their average daily milk yield of natural milk and improving its quality indicators in terms of fat and protein content. At the same time, increasing the biological usefulness of diets due to a complex mineral supplement also improves the blood status of lactating cows.

Библиографический список

1. Батанов С. Д., Березкина Г. Ю., Килин В. В. Влияние минеральной добавки «Стимул» на биохимические показатели крови // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2014. Т. 220. С. 38-42.
2. БВМК с цеолитовым туфом в рационах бычков / В. Зотеев [и др.] // Комбикорма. 2013. № 8. С. 40-50.
3. Влияние кормовой добавки «Белков-М» на молочную продуктивность голштинизированных первотёлок / В. Г. Елифанов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 93-98.
4. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 222-231.
5. Дуборезов В. Повышение эффективности использования рациона молочных коров // Комбикорма. 2017. № 2. С. 83-84.
6. Зотеев В., Симонов Г., Зотеев С. Рыжиковый жмых в комбикормах для лактирующих коров // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 29-32.
7. Комплексная минеральная добавка в рационе лактирующих коров в летний период / В. С. Зотеев [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2014. Т. 18. № 2 (18). С. 58-61.

8. Кормление КРС полнорационной смесью эффективнее / Г. Симонов [и др.] // Комбикорма. 2013. № 10. С. 63-64.
9. Оптимизация уровня меди в рационе холостых овцематок / В. С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 31-34.
10. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136) С. 46-47.
11. Симонов Г. А., Гайирбегов Д. Ш., Федин А. С. Влияние препарата крезооферан на энергию роста ремонтного молодняка кур-несушек // Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.
12. Симонов Г., Гайирбегов Д., Федин А. Ферросил повышает продуктивность кур-несушек // Комбикорма. 2015. № 4. С. 62.
13. Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов / М. А. Степурина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 269-280.
14. Тяпугин Е. А., Симонов Г. А., Магомедов М. Ш. Качество молока коров при различных технологиях доения // Проблемы развития АПК региона. 2015. Т. 23. № 3 (23). С. 75-78.
15. Эффективное кормление высокопродуктивных молочных коров на разных физиологических стадиях / Г. А. Симонов [и др.] // Эффективное животноводство. 2018. № 1 (140). С. 28-29.
16. Эффективность производства молока с использованием льняного и рапсового жмыхов / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. Вып. 3. С. 30-34.
17. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. Pp. 3837-3841.
18. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. 2020. Vol. 222. P. 1-8.

References

1. Batanov S. D., Berezkina G. Yu., Kilin V. V. The effect of the mineral supplement "Stimulus" on biochemical blood parameters // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2014. Vol. 220. Pp. 38-42.
2. BVMK with zeolite tuff in the rations of bulls / V. Zoteev [et al.] // Compound feed. 2013. No 8. Pp. 40-50.
3. The effect of the feed additive "Belkov-M" on the milk productivity of Holstein first-born heifers / V. G. Epifanov [et al.] // Izvestiya Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2014. No 2 (34). Pp. 93-98.
4. The influence of a new feed additive on the productivity and physiological indicators of dairy cows / A. T. Varakin [et al.] // Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniverse complex: science and higher professional education. 2021. No 1 (61). Pp. 222-231.
5. Duborezov V. Improving the efficiency of using the diet of dairy cows // Compound feed. 2017. No 2. Pp. 83-84.
6. Zoteev V., Simonov G., Zoteev S. Ginger cake in compound feeds for lactating cows // Dairy and meat cattle breeding. 2016. No 3. Pp. 29-32.
7. Complex mineral supplement in the diet of lactating cows in the summer period / V. S. Zoteev [et al.] // Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2014. Vol. 18. No 2 (18). Pp. 58-61.
8. Feeding cattle with a full-fledged mixture is more effective / G. Simonov [et al.] // Compound feed. 2013. No 10. Pp. 63-64.
9. Optimization of the level of copper in the diet of single ewes / V. S. Zoteev [et al.] // Sheep, goats, wool business. 2018. No 2. Pp. 31-34.
10. Digestibility of nutrients of diets by single sheep in the summer period / A. S. Ushakov [et al.] // Effective animal husbandry. 2017. No 6 (136). Pp. 46-47.

11. Simonov G. A., Gayirbegov D. Sh., Fedin A. S. The effect of the drug krezooferan on the growth energy of repair young laying hens // Efficient animal husbandry. 2013. No 5 (91). P. 22-23.
12. Simonov G., Gayirbegov D., Fedin A. Ferrosil increases the productivity of laying hens // Compound feed. 2015. No 4. P. 62.
13. Productive qualities of dairy cows in optimizing the mineral security of rations / M. A. Stepurina [et al.] // Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniverse complex: science and higher professional education. 2020. No 4 (60). Pp. 269-280.
14. Tyapugin E. A., Simonov G. A., Magomedov M. S. The quality of cows' milk with various milking technologies // Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2015. Vol. 23. No 3 (23). Pp. 75-78.
15. Effective feeding of highly productive dairy cows at different physiological stages / G. A. Simonov [et al.] // Effective animal husbandry. 2018. No 1 (140). Pp. 28-29.
16. Efficiency of milk production using flax and rapeseed cake / A. T. Varakin [et al.] // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy. 2018. I. 3. Pp. 30-34.
17. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. Pp. 3837-3841.
18. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. 2020. Vol. 222. Pp. 1-8.

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: varakinat58@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Симонов Геннадий Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных, Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного и лугопастбищного хозяйства (РФ, 160555, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, д. 14), e-mail: gennadiy0007@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Степурина Мария Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: marinaserov84@gmail.com

Authors Information

Varakin Alexander Tikhonovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of "Private Animal Science", Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: varakinat58@mail.ru

Salomatina Viktor Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Private Zootechnia", Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: zootexnia@mail.ru

Simonov Gennady Alexandrovich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Feed and feeding of farm animals, Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming (Russia, 160555, Vologda region, Vologda, Molochnoye village, Lenin str., 14), e-mail: gennadiy0007@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Stepurina Maria Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: marinaserov84@gmail.com

INCREASING THE NUTRITIONAL VALUE OF COMPOUND FEED FOR BROILER CHICKEN DUE TO THE INTRODUCTION OF FISH CONCENTRATE

A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, I. Y. Danilenko, V. V. Shkalenko, S. V. Chekhranova,
M. A. Krotova

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: taranova_15@mail.ru

Received 25.06.2023

Submitted 18.08.2023

*The research was carried out within the framework of agreement No. 39 dated December 13, 2021
“Development and use of low-cost feed for broiler chickens”*

Abstract

Introduction. Feed makes up 65,00 – 70,00 % of the total cost of growing in the poultry industry [2]. Animal protein is the most expensive component of compound feed for birds and makes up over 15,00 % of the total cost. In many poultry industries, fishmeal is the traditional animal protein for complete feed production, but it is expensive and lowers the expected profits of the poultry industry. On the other hand, excessive demand for poultry meat and eggs has increased the need for new feed components to support intensive poultry production. Thus, the feed industry needs an alternative source of highly digestible protein with a suitable amino acid profile to replace traditional protein sources. The fish concentrate studied by us has promising advantages in this respect. Fish concentrate «VolgaFish» is a by-product of aquaculture production with a higher nutritional value, has a crude protein content of 50,00 %, crude fat – up to 17,50 %, crude ash – up to 20,00 %. In addition, the fish concentrate studied by us contains a large amount of important fatty acids and minerals (especially calcium and phosphorus), in this regard, it is successfully integrated as a feed element in the poultry diet. **Object.** The object of the study was the agricultural bird of the fast-growing cross ROSS-308. **Materials and methods.** The methodological basis of the research was the scientific developments of the authors who studied the use of non-traditional feed products in the cultivation of poultry for meat productivity. The presented studies were carried out in the period from 2021 to 2023. In the conditions of the the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» on the poultry of the ROSS-308 cross. To perform the study, four groups were formed in three repetitions: control, 1-experimental. 2-experienced and 3-experienced 40 heads each. The poultry was raised from the daily to 37-day age with outdoor maintenance. The chickens were kept on a deep litter (sawdust), the feeding technology, watering and microclimate parameters meet the requirements of the ROSS-308 cross. **Results and conclusions.** The chemical composition of fish concentrate exceeds fish meal in terms of crude protein by 2,15 %, crude fat by 0,25 %, crude ash by 0,28 %, which suggested the replacement of fish meal in broiler chicken feeding programs with this feed product. The use of «VolgaFish» fish concentrate in the feed for broiler chickens, which replaces 50,00 %, 75,00 % and 100,00 % fishmeal, made it possible to increase the average daily gain of poultry by 1,38-5,18 %, and the live weight individuals by 37 days of age by 1,32-5,01 %.

Key words: *alternative protein source, compound feed, fish concentrate, amino acid profile, productivity of broiler chickens.*

Citation. Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Danilenko I. Y., Shkalenko V. V., Chekhranova S. V., Krotova M. A. Increasing the nutritional value of compound feed for broiler chicken due to the introduction of fish concentrate. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 260-267 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-26.

Author's contribution. All authors of the present study were involved in the planning, execution and analysis of the study results. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.5.034

ПОВЫШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ РЫБНОГО КОНЦЕНТРАТА

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. Ю. Даниленко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
В. В. Шкаленко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. В. Чехранова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М. А. Кротова, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках договора № 39 от 13.12.2021 «Разработка и использование низкокзатратных комбикормов для цыплят-бройлеров»

Актуальность. Корма составляют 65,00-70,00 % от общих затрат на выращивание в птицеводстве. Животный белок является самым дорогим компонентом комбикормов для птиц и составляет свыше 15,00 % от общей стоимости. Во многих птицеводческих предприятиях рыбная мука является традиционным животным белком для производства полнорационных кормов, но она дорогая и снижает ожидаемую прибыль от птицеводства. С другой стороны, чрезмерный спрос на мясо птицы и яйца увеличил потребность в новых кормовых компонентах для поддержания интенсивного птицеводства. Таким образом, кормовая промышленность нуждается в альтернативном источнике легкоусвояемого белка с подходящим аминокислотным профилем для замены традиционных источников белка. Исследуемый нами рыбный концентрат в этом отношении имеет многообещающие преимущества. Рыбный концентрат «ВолгаФиш» является побочным продуктом производства продукции аквакультуры с более высокой пищевой ценностью, имеет содержание сырого протеина 50,00 %, сырого жира – до 17,50 %, сырой золы – до 20,00 %. Кроме того, исследуемый нами рыбный концентрат содержит большое количество важных жирных кислот и минералов (особенно кальция и фосфора) и поэтому он успешно интегрируется в качестве кормового элемента в рацион птицы. **Объект исследования.** Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица быстрорастущего кросса РОСС-308. **Материалы и методы.** Методологической основой данных исследований явились научные разработки авторов, изучавших использование нетрадиционных кормовых продуктов при выращивании птицы мясного направления продуктивности. Представленные исследования были проведены в период с 2021 по 2023 гг. в условиях центра «Безопасность и эффективность кормов и добавок» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ на птице кросса РОСС-308. Для выполнения исследования было сформировано четыре группы в трех повторностях: контроль, 1-опытная, 2-опытная и 3-опытная по 40 голов в каждой. Птица выращивалась с суточного до 37-дневного возраста при напольном содержании. Содержание цыплят проводилось на глубокой подстилке (опилки), технология кормления, поения и параметры микроклимата соответствуют требованию кросса РОСС-308. **Результаты и выводы.** Химический состав рыбного концентрата превосходит рыбную муку по содержанию сырого протеина на 2,15 %, сырого жира – на 0,25 %, сырой золы – на 0,28 %, что позволило предположить о замене рыбной муки в программах кормления цыплят-бройлеров на данный кормовой продукт. Применение в составе комбикормов для цыплят-бройлеров концентрата рыбного «ВолгаФиш», замещающего 50,00 %, 75,00 % и 100,00 % рыбную муку, позволило увеличить среднесуточный прирост птицы на 1,38-5,18 %, а живую массу особей к 37-дневному возрасту на 1,32-5,01 %.

Ключевые слова: альтернативные источники протеина, комбикорма, рыбные концентраты, аминокислотный профиль, продуктивность цыплят-бройлеров.

Цитирование. Карапетян А. К., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Кротова М. А. Повышение питательной ценности комбикормов для цыплят-бройлеров за счет введения рыбного концентрата. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 260-267. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-26.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Птица является одним из наиболее потребляемых источников животного белка во всем мире. Чтобы удовлетворить глобальный спрос на мясо птицы и яиц, необходимо улучшить их питание для поддержания птицеводческой отрасли. Однако птицеводческая отрасль сталкивается с рядом проблем, включая доступность кормов, запрет антибиотиков как стимуляторов роста и ряд факторов экологического стресса. Таким образом, существует острая необходимость включения доступных нутриентов в рацион для поддержания птицеводческой отрасли.

Рынок белковых ингредиентов значительно вырос за последние годы. Прогнозируется, что темпы роста с 2023 по 2027 год составят 9,1% [6, 9]. Белок является важным питательным веществом для домашней птицы, а традиционные источники белка, такие как соя и рыбная мука, имеют ряд недостатков, включая высокую стоимость рыбной муки и проблемы с долгосрочной доступностью. В свете колебаний цен на рыбную муку и постоянного роста стоимости кормов исследователи изучают альтернативные источники белка [11].

Замена рыбной муки альтернативными кормовыми продуктами для птицы может смягчить конкуренцию между людьми и животными за ресурсы белка и увеличить выход животного белка [10].

В последнее время побочные продукты перерабатывающей отраслей, в том числе и продукции аквакультуры, в качестве источника белка в рационах птицы привлекает внимание, что может снизить затраты на корма и повысить прибыльность птицеводства. Использование отходов рыбной промышленности предлагает многообещающее и жизненно важное решение проблем, связанных с традиционными источниками белка, обеспечивая при этом сопоставимую питательную ценность и снижение воздействия на окружающую среду. Вклад птицеводства в экономику страны значителен, в связи с чем, необходимо постоянное укрепление данного сектора [4, 8].

Птицеводческая отрасль год за годом сталкивается с нехваткой высокопротеиновых кормов. Продолжающееся использование традиционных белковых кормов растительного или животного происхождения в рационах птиц стало критической проблемой. Это приводит к росту цен на эти корма и продукцию животноводства. Существует глобальная тенденция к поиску более здоровых натуральных белковых кормов. Поэтому поиск альтернативных и легкодоступных источников протеина имеет большое значение для защиты птицеводческой отрасли [7, 10].

В этой связи были проведены комплексные исследования по изучению возможности использования концентрата рыбного «ВолгаФиш» в кормлении птицы мясного кросса РОСС-308.

Материалы и методы. Методологической основой данных исследований явились научные разработки авторов, изучавших использование нетрадиционных кормовых продуктов при выращивании птицы мясного направления продуктивности. Представленные исследования были проведены в период с 2021 по 2023 гг. в условиях центра «Безопасность и эффективность кормов и добавок» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ на птице

красса РОСС-308. Для выполнения исследования было сформировано четыре группы в трех повторностях: контроль, 1-опытная, 2-опытная и 3-опытная по 40 голов в каждой. Птица выращивалась с суточного до 37-дневного возраста при напольном содержании. Содержание цыплят проводилось на глубокой подстилке (опилки), технология кормления, поения и параметры микроклимата соответствуют требованию красса РОСС-308.

Результаты и обсуждение. Перед проведением серии научно-хозяйственных исследований в лабораторных условиях был изучен и проанализирован сравнительный химический состав исследуемых кормовых продуктов (рисунок 1).

Установлено, что при одинаковой влажности по химическому составу кормовой концентрат, в том числе и благодаря уникальной технологии приготовления, имеет ряд преимуществ в питательной ценности: по сырому протеину (СП) – 2,15 % (50,00 % СП в концентрате рыбном «ВолгаФиш» и 47,85 % СП в рыбной муке), по сырому жиру (СЖ) – 0,25 % (17,50 % СЖ в рыбном концентрате и 17,25 % в рыбной муке), по сырой золе (СЗ) – 0,28 % (19,20 % СЗ в концентрате «ВолгаФиш» и 18,92 % в муке рыбной).

Данные, полученные в ходе данного этапа исследований, позволили прийти к заключению, что концентрат «ВолгаФиш» может быть использован как альтернативный рыбной муке кормовой продукт.

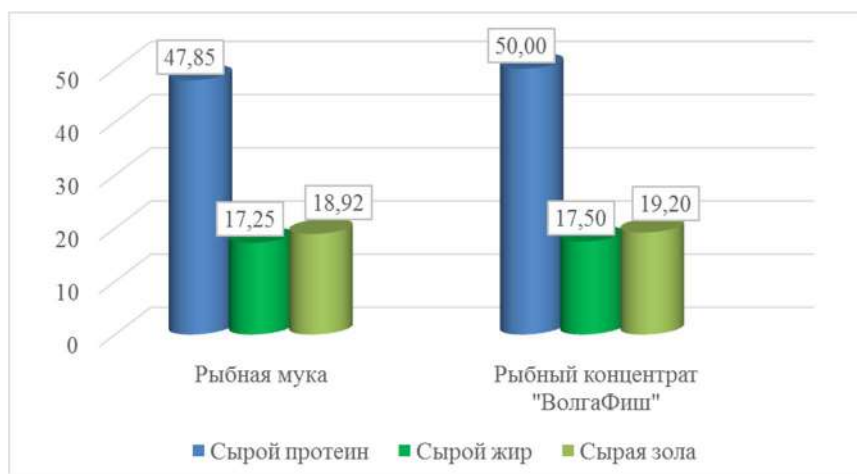


Рисунок 1 – Сравнительный химический состав рыбной муки и рыбного концентрата «ВолгаФиш», %

Figure 1 – Comparative chemical composition of fishmeal and VolgaFish fish concentrate, %

Традиционно используемая программа кормления цыплят-бройлеров в период старта (0-10 сутки выращивания) содержит до 4,00 % рыбной муки; роста (11-24 сутки выращивания) – включает до 5,00 % рыбной муки; финиша (с 25 дня содержания и до убоя) – до 2,00 % рыбной муки. В ходе наших исследований данная концепция была определена для контрольной группы, программы кормления – основные рационы (ОР) опытных групп отличались частичной или полной заменой рыбной муки на концентрат «ВолгаФиш» (таблица 1).

Питательность разработанных программ кормления опиралась на рекомендации ВНИТИП (Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, г. Сергиев Посад).

Основной целью выращивания промышленной бройлерной птицы быстрорастущих кроссов является получение в короткий срок мясной продукции высокого качества [1, 3, 5], в связи с чем в задачу настоящего исследования входило изучение (в сравнительном аспекте) динамики живой массы подопытных особей (таблица 2).

Таблица 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта
Table 1 – Scheme of conducting scientific and economic experience

Группа	Количество голов	Прод.-ть опыта, дней	Особенность программы кормления		
			старт	рост	финиш
Контрольная	120	37	ОР с 4,00 % рыбной муки	ОР с 5,00 % рыбной муки	ОР с 2,00 % рыбной муки
Опытная-1	120	37	ОР с 2,00 % рыбной муки и 2,00 % «ВолгаФиш»	ОР с 2,50 % рыбной муки и 2,50 % «ВолгаФиш»	ОР с 1,00 % рыбной муки и 1,00 % «ВолгаФиш»
Опытная-2	120	37	ОР с 1,00 % рыбной муки и 3,00 % «ВолгаФиш»	ОР с 1,25 % рыбной муки и 3,75 % «ВолгаФиш»	ОР с 0,50 % рыбной муки и 1,50 % «ВолгаФиш»
Опытная-3	120	37	ОР с 4,00 % «ВолгаФиш»	ОР с 5,00 % «ВолгаФиш»	ОР с 2,00 % «ВолгаФиш»

Таблица 2 – Результаты полученных показателей интенсивности роста цыплят-бройлеров, (г) $M \pm m$ при $n=120$

Table 2 – The results of the obtained indicators of the intensity of growth of broiler chickens, (g) $M \pm m$ at $n=120$

Показатель изменения живой массы особей в возрасте, дней	Группа			
	Контрольная	1-опытная	2-опытная	3-опытная
суточные	61,94 $\pm$ 0,16	61,44 $\pm$ 0,21	61,27 $\pm$ 0,18	61,15 $\pm$ 0,20
7	211,15 $\pm$ 2,74	215,67 $\pm$ 2,15	220,26 $\pm$ 3,02*	217,24 $\pm$ 2,98
14	529,50 $\pm$ 9,16	531,99 $\pm$ 8,25	535,17 $\pm$ 8,64	541,05 $\pm$ 9,11
21	954,21 $\pm$ 11,02	998,15 $\pm$ 13,67*	1011,00 $\pm$ 11,25***	1038,00 $\pm$ 12,68***
28	1595,00 $\pm$ 16,36	1605,80 $\pm$ 17,48	1622,00 $\pm$ 16,21	1641,60 $\pm$ 15,26*
35	2251,60 $\pm$ 19,32	2270,80 $\pm$ 21,99	2295,30 $\pm$ 21,87	2354,90 $\pm$ 20,12***
37 (перед убоем)	2389,00 $\pm$ 22,16	2420,50 $\pm$ 23,08	2470,90 $\pm$ 24,99*	2508,70 $\pm$ 22,93***
Зоотехнические показатели:				
Общий прирост	2327,06	2359,06	2409,63	2447,55
Среднесуточный прирост	64,64	65,53	66,93	67,99

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Исследованиями было установлено достоверное превосходство особей из групп 1-, 2- и 3-опытной над контрольной. Перед проведением убоя (в возрасте птицы 37 суток) контрольное взвешивание в группе 1-опытная определило показатель живой массы, равный 2420,50 г, что выше аналогов из контрольной группы на 31,5 г (1,32 %), в группе 2-опытная – 2470,90 г, превзойдя контроль на 81,9 г (3,43 %), в 3-опытной группе – 2508,70 г, что выше, чем у особей из контрольной группы, на 119,7 г (5,01 %).

Расчетным путем были установлены значения общего прироста в группах: в контрольной – 2327,06 г, в 1-опытной группе – 2359,06 г (разница с контролем 32,00 г или 1,38 %), в группе 2-опытная – 2409,63 г (разница с контрольной группой 82,57 г или 3,43 %), в 3-опытной группе – 2447,55 г (разница 120,49 г или 5,18 % с контрольной группой).

Среднесуточный прирост живой массы особей опытных групп был выше относительно контрольной группы на 0,89-3,35 г, что отражено на рисунке 2.

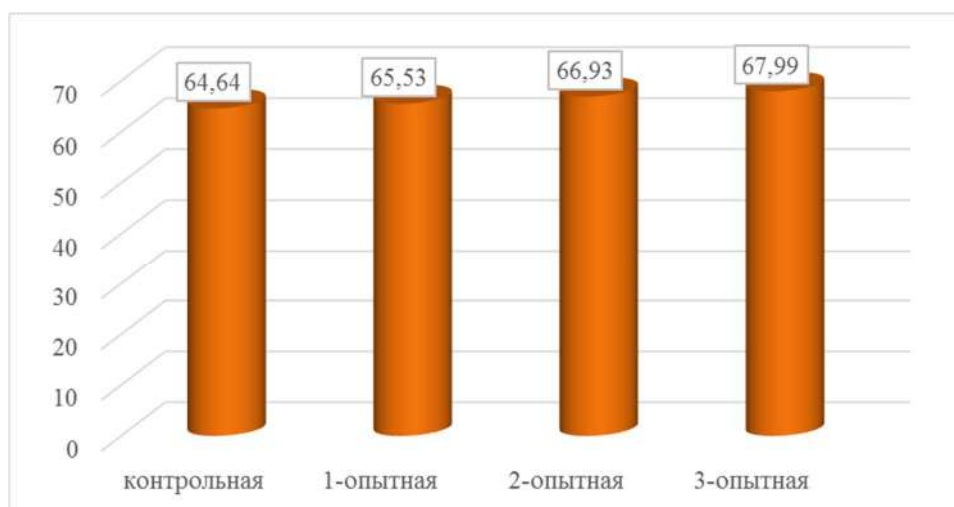


Рисунок 2 – Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров с суточного до 37-дневного возраста, г
Figure 2 – Average daily growth of broiler chickens from one day to 37 days of age, g

Таким образом, данные полученные в период проведения настоящих исследований, убедительно доказывают возможность использования рыбного концентрата «ВолгаФиш» как альтернативной замены дорогостоящей рыбной муки.

Выводы. Использование в составе рациона для цыплят-бройлеров рыбного концентрата «ВолгаФиш» в период старта от 2,00 до 4,00 %; роста от 2,50 до 5,00 %; финиша от 1,00 до 2,00 % от массы комбикорма будет способствовать расширению ассортимента альтернативных кормовых средств для сельскохозяйственной птицы.

Conclusions. The data obtained in the course of the studies made it possible to conclude that the introduction of amaranth cake into the diet of replacement hens, as a source of protein, affects the dynamics of the live weight of the replacement masses of hens, as well as a large proportion of feed consumption per 1 kg of live weight gain.

Библиографический список

1. Влияние новых белковых кормов в престартерных рационах на мясные качества цыплят-бройлеров / В. С. Лукашенко, И. П. Салеева, Е. А. Овсейчик [и др.] // Птицеводство. 2020. № 11. С. 18-21.
2. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров при использовании в кормлении экстракта из древесины сладкого каштана / Н. П. Буряков, А. С. Заикина, М. А. Бурякова [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 3(188). С. 3-12.
3. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров / С. И. Николаев, Р. Н. Муртазаева, В. А. Корнилова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2(54). С. 203-213.
4. Низкозатратные рационы в кормлении сельскохозяйственной птицы / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Самофалова [и др.] // Главный зоотехник. 2022. № 4 (225). С. 33-43.
5. Применение комбикормов с разными источниками белка и аминокислот для мясных кур / В. И. Фисинин, Т. А. Егорова, И. А. Егоров [и др.] // Птицеводство. 2022. № 12. С. 41-46.
6. Продуктивные показатели цыплят-бройлеров при использовании кормовой добавки «Гептран» / В. А. Корнилова, О. Н. Полозюк, Н. Е. Земскова, Х. З. Валитов // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 2(48). С. 78-85.
7. Фисинин В. И. Тренд динамического развития мирового и Российского птицеводства // Современные научные разработки и передовые технологии для промышленного птицеводства. Санкт-Петербург: ООО "Медиапир", 2023. С. 7-13.

8. Banday M. T. The use of silkworm pupae (*Bombyx mori*) meal as an alternative protein source for poultry // *World's Poultry Science Journal*. 2023. V. 79. № 1. P. 119-134.
9. El-Sabroun K., Khalifah A., Mishra B. Application of botanical products as nutraceutical feed additives for improving poultry health and production // *Veterinary World*. 2023. V. 16. № 2. P. 369.
10. Khalifah A. Could Insect Products Provide a Safe and Sustainable Feed Alternative for the Poultry Industry? A Comprehensive Review // *Animals*. 2023. V. 12. № 9. P. 1534.
11. Sajid Q. U. A. Insect Meal as an Alternative to Protein Concentrates in Poultry Nutrition with Future Perspectives (An Updated Review) // *Agriculture*. 2023. V. 13. № 6. P. 1239.

References

1. The influence of new protein feeds in prestarter diets on the meat qualities of broiler chickens / V. S. Lukashenko, I. P. Saleev, E. A. Ovseychik [et al.] // *Poultry*. 2020. № 11. Pp. 18-21.
2. Zootechnical indicators of growing broiler chickens when using sweet chestnut extract from wood in feeding / N. P. Buryakov, A. S. Zaikin, M. A. Buryakov [et al.] // *Feeding farm animals and feed production*. 2021. № 3 (188). Pp. 3-12.
3. The consistency of the use of red cake in feeding broiler chickens / S. I. Nikolaev, R. N. Murtazaev, V. A. Kornilov [et al.] // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2019. № 2(54). Pp. 203-213.
4. Low-cost diets in feeding agricultural poultry / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. V. Samofalova [et al.] // *Chief livestock specialist*. 2022. № 4 (225). Pp. 33-43.
5. The use of mixed feed with different sources of protein and amino acids for meat chickens / V. I. Fisinin, T. A. Egorova, I. A. Egorov [et al.] // *Poultry farming*. 2022. № 12. Pp. 41-46.
6. Productive indicators of broiler chickens when using the Hepran feed additive / V. A. Kornilov, O. N. Polozyuk, N. E. Zemskova, H. Z. Valitov // *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2023. № 2 (48). Pp. 78-85.
7. Fisinin V. I. Trend of dynamic development of world and Russian poultry farming // *Modern scientific developments and advanced technologies for industrial poultry farming*. St. Petersburg: LLC "Mediapapir," 2023. Pp. 7-13.
8. Banday M. T. The use of silkworm pupae (*Bombyx mori*) meal as an alternative protein source for poultry // *World's Poultry Science Journal*. 2023. V. 79. № 1. Pp. 119-134.
9. El-Sabroun K., Khalifah A., Mishra B. Application of botanical products as nutraceutical feed additives for improving poultry health and production // *Veterinary World*. 2023. V. 16. № 2. Pp. 369.
10. Khalifah A. Could Insect Products Provide a Safe and Sustainable Feed Alternative for the Poultry Industry? A Comprehensive Review // *Animals*. 2023. V. 12. № 9. Pp. 1534.
11. Sajid Q. U. A. Insect Meal as an Alternative to Protein Concentrates in Poultry Nutrition with Future Perspectives (An Updated Review) // *Agriculture*. 2023. V. 13. № 6. Pp. 1239.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Карапетыан Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), e-mail: schekhranova@mail.ru

Кротова Мария Андреевна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), e-mail: Makrot301196@mail.ru

Authors Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Danilenko Irina Yuryevna, Senior Lecturer of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400040, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Karapetyan Anzhela Keropovna, Professor of the Department «Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26.), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26.), e-mail: schekhranova@mail.ru

Krotova Maria Andreevna, post-graduate student of the Department «Feeding and breeding of farm animals" of the Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: Makrot301196@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-27

THE USE OF IN-LINE SELECTION IN HERDS OF HOLSTEIN CATTLE

**M. A. Kokhanov, V. A. Zlepkin, A. P. Kokhanov, N. M. Frolova,
E. S. Vorontsova, R. V. Frolov, T. A. Korobkin**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kohanov_000@mail.ru

Received 06.03.2023

Submitted 14.07.2023

Abstract

Introduction. When breeding dairy cattle to increase the genetic potential, it is important to use options for in-line selection and cross-leading lines in the breed. The aim of the study was to study the effectiveness of different selection options in dairy cattle breeding. **Object.** The object of research was the lactating cows of the stud farm "Oroschaemoe". **Materials and methods.** The data of breeding cards of cows (form 2-mol) served as the material for research. **Results and conclusions.** In the herd of cattle of the Holstein breed of the stud farm "Irrigated" by monitoring the productivity of cows, variants of intra-linear selection and line crosses have been established. Animals of various lines obtained by in-line selection are highlighted. The productive qualities of cows were studied (milk yield for the first 305 days of the highest lactation, the mass fraction of fat and protein, the amount of milk fat and milk protein for the analyzed period, live weight). The analyzed data were processed by methods of variational statistics. The analysis found that under the same conditions of feeding and keeping, animals of different lines of the Holstein breed, obtained by intra-linear selection, of the three leading lines of the breed – Vis Ideal, Reflection Sovering and Montvik Chieftain, have different indicators of the productivity of the selected traits. It has been established that the highest yields are characterized by animals obtained by in-

line selection in the Montvik Chieftain 95679 line. Animals of this line outperform cows from other lines in milk yield by 223.1-589.0 kg, or by 6.3-6.7 %. In terms of the amount of milk fat for 305 days of lactation, the superiority is 8.1-18.0 kg, or 2.8-6.3 %. Animals of this intraline selection produced milk protein more than cows of other lines by 11.4-20.8 kg. The article presents data on the live weight of animals of the three leading lines of the Holstein cattle breed.

Key words: *breed, bull, cow, live weight, breeding plant.*

Citation. Kohanov M. A., Zlepkin V. A., Kohanov A. P., Frolova N. M., Vorontsova E. S., Frolov R. V., Korobkin T. A. The use of intra-linear selection in herds of Holstein cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 267-275 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-27.

Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, execution and analysis of the results of the study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors stated that there were no conflicts of interest.

УДК 636.234.1.082

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВНУТРИЛИНЕЙНОГО ПОДБОРА В СТАДАХ ГОЛШТИНСКОГО СКОТА

М. А. Коханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. А. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А. П. Коханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. М. Фролова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

Р. В. Фролов, аспирант

Т. А. Коробкин, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. При проведении селекции молочного скота на повышение генетического потенциала важно использовать варианты внутрилинейного подбора и кросса ведущих линий в породе. Целью исследования было изучение эффективности разных вариантов подбора в молочном скотоводстве. **Объект.** Объектом исследований послужили лактирующие коровы племзавода «Орошаемое». **Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили данные племенных карточек коров (форма 2-мол). **Результаты и выводы.** В стаде крупного рогатого скота голштинской породы племзавода «Орошаемое» мониторингом продуктивности коров установлены варианты внутрилинейного подбора и кроссов линий. Выделены животные различных линий, полученные внутрилинейным подбором. Изучались продуктивные качества коров (удой за первые 305 дней наивысшей лактации, массовая доля жира и белка, количество молочного жира и молочного белка за анализируемый период, живая масса). Анализируемые данные обработаны методом вариационной статистики. Установлено, что в одинаковых условиях кормления и содержания животные разных линий голштинской породы, полученные путем внутрилинейного подбора, трех ведущих линий породы – Вис Айдиала, Рефлексн Соверинга и Монтвик Чифтейна, имеют разные показатели продуктивности селекционируемых признаков. Установлено, что наивысшими удоями характеризуются животные, полученные путем внутрилинейного подбора в линии Монтвик Чифтейна 95679. Животные данной линии превосходят коров из других линий по удою на 223,1-589,0 кг, или на 6,3-6,7 %. По количеству молочного жира за 305 дней лактации превосходство составляет на 8,1-18,0 кг, или на 2,8-6,3 %. Животные данного внутрилинейного подбора произвели молочного белка больше, чем коровы других линий на 11,4-20,8 кг. В статье приведены данные по живой массе животных трех ведущих линий голштинской породы скота.

Ключевые слова: *породы КРС, голштинские быки, коровы голштинской породы, живая масса коров, племзаводы.*

Цитирование. Коханов М. А., Злепкин В. А., Коханов А. П., Фролова Н. М., Воронцова Е. С., Фролов Р. В., Коробкин Т. А. Использование внутрилинейного подбора в стадах голштинского скота. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 267-275. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-27.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали участие в планировании, выполнении и анализе результатов исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Анализ состояния племенной работы в стадах скота пород молочного направления продуктивности, совершенствование продуктивных качеств животных конкретных стад на основе мониторинга его генетического потенциала является актуальным [1, 5, 7].

Лактирующее поголовье скота голштинской породы племзавода «Орошаемое» представлено тремя линиями, животные которых имеют разные показатели продуктивности [7]. Мониторинг продуктивных качеств животных, полученных внутрилинейным подбором, даст возможность прогнозировать уровень продуктивности животных стада на перспективу [6, 9].

В периодических изданиях опубликовано значительное количество работ, посвященных изучению эффективности разных типов подбора в селекции скота молочных пород по селекционным признакам. Однако нет единого мнения об эффективности только одного из подборов – внутрилинейного или кросса линий на формирование основных селекционных признаков молочного скота [2, 3, 4, 8, 10].

Цель исследований – увеличить эффективность молочного скотоводства племзавода путем использования быков-производителей высокопродуктивных линий голштинского скота.

Объект исследования. Объектом исследований послужили лактирующие коровы племзавода «Орошаемое».

Осуществлен мониторинг продуктивности лактирующих коров племзавода «Орошаемое».

Материалы и методы. Мониторингом с последующим анализом данных племенного учета племзавода «Орошаемое» установлена генеалогическая структура стада молочного скота, продуцирующего в 2021 году. Выделены животные различных линий, полученные внутрилинейным подбором. Продуктивные качества коров определены за первые 305 дней наивысшей лактации. Анализируемые данные обработаны методом вариационной статистики.

Результаты и обсуждение. Поголовье голштинского скота племенного завода «Орошаемое», в котором совершенствуется скот трех линий и маточных семейств коров, довел удой на корову до 7 тыс. кг молока. Для роста показателей удоя коров первостепенной задачей селекции на перспективу является внедрение в практику технологических вариантов сочетаемости пар – бык × корова.

Структура маточного поголовья племзавода представлена тремя генеалогическими линиями. Так, в случной сети племзавода использовалась сперма быков линии Вис Айдиал 1013415, которые являются продолжателями внуков родоначальника линии. Быки под кличками Марис 9 и Румбас 2571 – внуки известного в породе быка Р. Элевейшн 1491007, мать которого за наивысшую лактацию произвела 16 582 кг молока с массовой долей жира – 4,28 %. Бык Харрисон 984 – отец коровы Кузины 11047 с удоём за 305 дней второй лактации в 9495 кг с массовой долей жира – 3,68 %, происходит от коровы Коба 7627 с удоём в 12 816 кг (518 кг молочного жира). Бык Харрисон 984 является внуком быка Сторматика 7936, мать которого – корова Блек 9830, имела удой – 14 844 кг (629 кг молочного жира).

Линия Рефлексин Совернига 198998 задействована в стаде скота племзавода через ветвь быка Валианта 1650414 – его внука Спектра 249, отца рекордистки племзавода «Орошаемое» по удою за 305 дней наивысшей лактации коровы Лады 942. Она за 305 дней четвертой лактации дала 10196 кг молока с массовой долей жира 3,68 % (375 кг молочного жира). Многочисленное поголовье коров-дочерей лактирует в стаде племзавода от внуков таких быков, как М. Имори 2114601 (Джимми 6573, Престиж 731, Эльтон 4147, Байер 1316) и Л. Мендел 2119526 (Юнкер 1438, Сиокс 1984, Чемпион 7220).

Используя базу данных племенного учета продуктивности коров за 305 дней наивысшей лактации, мы из поголовья скота племзавода «Орошаемое» сформировали три группы животных, полученных методом внутрилинейного подбора. Наиболее многочисленной оказалась группа из коров линии Рефлексин Соверинга – 41 голова, линия Вис Айдиала представлена 34 коровами и линия Монтвик Чифтейна – 14 животными.

Удой и жирномолочность опытных животных трех групп приведены в таблице 1. За контрольную группу взяты животные, полученные методом внутрилинейного подбора линии Рефлексин Совернига.

Таблица 1 – Продуктивные качества коров при внутрилинейном подборе ($M \pm m$)

Table 1 – Productive qualities of cows with in-line selection ($M \pm m$)

Линия	n	Удой, кг	Массовая доля жира, %	Молочный жир, кг
Р. Соверинга	41	7310,6 $\pm$ 264	3,69 $\pm$ 0,03	270,0 $\pm$ 11,4
В. Айдиала	34	7676,5 $\pm$ 214	3,65 $\pm$ 0,01	279,9 $\pm$ 8,2
М. Чифтейна	14	7899,6 $\pm$ 143	3,65 $\pm$ 0,02	288,0 $\pm$ 4,7
В среднем	89	7543,0 $\pm$ 135	3,67 $\pm$ 0,02	276,6 $\pm$ 4,7

Мониторингом установлено – коровы, полученные с использованием внутрилинейного подбора в линии Вис Айдиала, превосходили по показателям удоя коров линии Рефлексин Соверинга на 365,9 кг, или на 4,8 %. Однако разница в показателях по удою статистически недостоверна при $t_d = 1,08$.

Животные линии Монтвик Чифтейна превосходили по показателям удоя коров линии Рефлексин Соверинга на 589 кг, или на 7,5 % при недостоверной разнице ($t_d = 1,96$).

По показателям произведенного молочного жира молока превосходят коровы линии Монтвик Чифтейна животных линии Вис Айдиала на 8,1 кг (2,8 %) и животных Рефлексин Соверинга – на 18 кг (6,3 %). Разница в показателях статистически не достоверна.

Мониторингом выявлена 41 дочь 16-ти быков-производителей линии Рефлексин Соверинга 198998. Это пять дочерей быка Чемпион 7220, по четыре дочери от быков Спектр 249, Бархат 5524, Юнкер 1438, по три от быков Престиж 731, Леви 27733, Дантес 4262, Юг 8053.

Бык Чемпион 7220 специалистами Центрального племпредприятия оценен по качеству дочерей, признан улучшателем, 188 коров, его дочерей, произвели за 305 дней первой лактации 7627 кг молока с массовой долей жира 3,66 %. А в стаде племзавода «Орошаемое» Волгоградской области 5 его дочерей за наивысшую лактацию имели средний удой 8438,6 кг при массовой доле жира 3,69 %. Наивысшим удоём характеризовалась корова Суббота 11025, она за 305 дней второй лактации дала 9116 кг молока (337 кг молочного жира). В возрасте шести лет имела живую массу в 614 кг. За четыре полных лактации произвела 43067 кг молока с массовой долей жира 3,65 %.

Корова Суббота 11025 получена методом внутрилинейного подбора. Матерью ее является корова Серна 824 (дочь быка Престижа 731 – линии Рефлекшн Соверинга). В стаде племязавода использовалось 5 лактаций, произвела 36 305 кг. Бабушка по матери – корова Морока 23 (дочь быка Лотоса 31 линии Вис Айдиала). Это животное, являясь матерью четырех телочек и трех бычков, за семь лактаций произвело 48 542 кг молока, или 1810 кг молочного жира. Корова Сага 535 (мать – Сорока 23, отец – бык Орстер 226573 линии Рефлекшн Соверинга) за 8 лактаций дала 63 543 кг молока, что на 15 001 кг, или на 23,6 %, выше продуктивности коровы Сороки 23.

Рекордисткой по наивысшему удою за 305 дней лактации среди животных в линии Рефлекшн Соверинга является корова Лада 942. За семь лактаций ею произведено 65777 кг молока с массовой долей жира 3,69 % (2427 кг молочного жира).

Мониторингом продуктивности коров племязавода выявлено 6 животных дочерей быка Орлана 3376, полученных методом внутрилинейного подбора в линии Вис Айдиала. По две коровы происходили от быков-дедов по материнской линии под кличками Марис 9 и Горизонт 6678. Две коровы являлись внучками быков Альт 50298 и Лотос 456. Пять коров – дочерей быка Орлана 3376 происходят от матерей-долгожительниц, продуктивность которых за годы продуктивного использования превышала 30 тыс. кг молока. Установлено – наиболее высокий показатель продуктивности за наивысшую лактацию принадлежит корове Панде 12031. Она за 305 дней пятой лактации дала 9140 кг молока (339 кг молочного жира), а за шесть лактаций произвела 50 106 кг молока (1849 кг молочного жира).

Мать Панды – корова Прима 872, также имела высокий удои за 305 дней наивысшей лактации. Он был равен 9365 кг, а за пять продуктивных лактаций ею произведено 35875 кг молока (1345 кг молочного жира). Более высокой продуктивностью обладала корова – бабушка Панды – корова Персианка 306, которая входит в число самых высокоудойных животных данного хозяйства. Она за девять лактаций имела удои равный 63842 кг молока (2474 кг молочного жира).

Отмечаем – внутрилинейный подбор позволил сохранить высокую живую массу у продолжателей – потомков родоначальницы маточного семейства Послушницы 11220145. Дочь родоначальницы семейства – корова Персианка 306 имела живую массу – 607 кг, внучка – корова Прима 872 (дочь быка Горизонта 6678 линии Вис Айдиала) – 659 кг. Панда в возрасте 7 лет весила 606 кг.

Убедительно высокими удоями отличались и две дочери быка Орлана 3376, матерями которых была корова Петунья – дочь быка Мариса 9 (линия Вис Айдиала). Она за семь лактаций произвела 47236 кг молока с массовой долей жира равной 3,75 %. Отличалась высокой живой массой, в возрасте 9 лет весила 600 кг.

Бык Марис 9 происходит от быка Марса 31223 и коровы Л. Темпо 1412 с удоом за третью лактацию в 15549 кг молока массовой долей жира – 4,0 %. В возрасте 5 лет бык имел массу 895 кг, оценен классом элита-рекорд. В стаде племязавода во время проведения мониторинга лактировало 7 его дочерей. При этом 2 дочери получены методом внутрилинейного подбора в линии Вис Айдиала 1013415. Девять голов приходились данному быку внучками и три коровы – правнучки. Они также получены внутрилинейным подбором.

Дочь – корова Лиска 817 происходит от коровы-долгожительницы Леди 184 маточного семейства коровы Любавы 406953. Корова Леди 184, продуцируя в стаде племязавода, за девять лактаций произвела 60392 кг молока. Отличалась от других лактирующих животных высокими показателями жирномолочности и живой массы. Массовая доля жира молока этого животного по восьмой лактации составляла 3,83 %, а живая

масса в возрасте 13 лет была равна 610 кг. Корова Ласка 817 за 6 лактаций произвела 46440 кг молока (1723 кг молочного жира). Имела живую массу равную 610 кг. Дочь её от быка Чародея 3386 (при внутрилинейном подборе в линии Айдиала 1013415) – коро- ва Лилия 12041 за 305 дней четвертой лактации произвела 8875 кг молока, жирномо- лочность – 3,78 %, живая масса – 618 кг. За 6 лактаций ее продуктивность составила 45558 кг. В период мониторинга данное животное лактировало по седьмой лактации. Вторая дочь – корова Ламбада, 14073 от быка Гудвина 1741 (линия Рефлексн Соверин- га 198998), имела ниже, чем у коровы – сестры Лилии 12041, показатели продуктивно- сти. За три лактации она произвела 19512 кг молока, или в среднем за лактацию – 6504 кг молока.

Среди десяти внучек быка Мариса 9 высокой продуктивностью отличается ко- рова Астра 881, которая за 305 дней третьей лактации произвела 9426 кг молока с мас- совой долей жира 3,66 %, а за 6 лактаций это животное произвело 46056 кг молока (1690 кг молочного жира). Средний удой за 305 дней лактаций от дочерей быка Мариса составил 7219 кг, а за наивысшую лактацию он был выше на 1211 кг.

Животные, происходящие от быков линии Монтвик Чифтейна 95679, более вы- равнены по показателям удоя. Минимальным порогом служит удой коровы Помадка 13013 в 7149 кг, а наивысшим – удой коровы Сербия 10069 – 8776 кг. Быки Динар 3848, Кипрей 9730, Китеж 9726 происходят от производителя под кличкой Келло 3995, мать его – корова Эбони 9410 имела удой на 292 кг превышающий показатель продуктивно- сти за 305 дней лактации в 10 тыс. кг молока. Среди предков лактирующих коров, при- надлежащих к линии Монтвик Чифтейна, выделяются коровы быка Монарха 1092. Их дед по отцовской линии – бык Реган Дрем Сам 4639 происходил от матери – коровы Шер Эст Эмар 7800, с удоём за лактацию в 17173 кг (919,2 кг молочного жира).

В таблице 2 приведены данные по белковомолочности и лактационному показа- телю животных, полученных при внутрилинейном подборе.

Таблица 2 – Белковомолочность и живая масса коров при внутрилинейном подборе ($M \pm m$)
Table 2 – Protein milk content and live weight of cows with in-line selection ($M \pm m$)

Линия	n	Белковомолочность		Живая масса, кг
		массовая доля белка, %	молочный бе-лок, кг	
Р. Соверинга	41	$3,22 \pm 0,015$	$236,6 \pm 8,3$	$570,8 \pm 3,2$
В. Айдиала	34	$3,21 \pm 0,013$	$246,0 \pm 6,9$	$575,5 \pm 4,7$
М. Чифтейна	14	$3,24 \pm 0,034$	$257,4 \pm 5,4^*$	$584,5 \pm 6,3$
В среднем	89	$3,22 \pm 0,020$	$243,5 \pm 5,2$	$574,8 \pm 3,6$

Массовая доля белка в молоке коров опытных группы колебалась от 3,21 до 3,24 %. Коровы линии Монтвик Чифтейна произвели за лактацию в среднем на одно животное больше, чем его произвели коровы двух других опытных групп, на 11,4-20,8 кг, или на 4,4-8,1 %, при достоверной разнице. Лишь при сравнении показателей произведенного молочного белка с молоком коров линии Монтвик Чифтейна и Рефлексн Соверинга. Разница в показателях составляет 20,8 кг (8,1 %) при $t_d = 2,1 - P < 0,05$.

Животные линии Монтвик Чифтейна были более тяжеловесные, средняя живая масса их составляла 584,5 кг, это на 9-13,7 кг выше массы животных других линий. Разница по данному показателю между коровами линии Монтвик Чифтейна и Рефлексн Соверинга статистически достоверна при $P < 0,05$; $t_d = 2,1$.

Выводы. Мониторинг, проведенный в стаде голштинского скота племзавода «Орошае-мое», по определению продуктивных качеств животных, полученных путем внутрилинейного подбора, показал эффективность разведения скота линии Монтвик Чифтейна. В хозяйстве вы-

полняется план индивидуального подбора «бык-корова» с целью использования генетического потенциала быков-производителей Центрального племпредприятия, сперма которых поступает в племязавод «Орошаемое». Для более эффективной работы по повышению генетического потенциала коров стада племязавода «Орошаемое» следует сократить не менее, чем в два раза, количество производителей, сперма которых поступает в хозяйство для осеменения телок и коров племязавода «Орошаемое».

Conclusions. Monitoring conducted in the herd of Holstein cattle of the Irrigated stud farm, to determine the productive qualities of animals obtained by in-line selection, showed the effectiveness of breeding cattle of the Montvik Chieftain line. The farm implements a plan for individual selection of "bull-cow" in order to use the genetic potential of the bulls-producers of the Central plempreprise, whose sperm enters the stud farm "Irrigated". For more effective work to increase the genetic potential of cows of the herd of the stud farm "Irrigated", it is necessary to reduce at least twice the number of producers whose sperm enters the farm for insemination of heifers and cows of the stud farm "Irrigated".

Библиографический список

1. Анисимова Е. И., Катмаков П. С. Генотипический состав стада черно-пестрой породы и его фенотипическая характеристика в связи с голштинизацией // Аграрный вестник Урала. 2020. № 2 (193). С. 37-43.
2. Бакай А., Бакай А., Голубев А. Влияние вариантов подбора родителей на показатели плодovitости коров // Главный зоотехник. 2011. № 11. С. 8-11.
3. Баранова Н. С., Баранов А. В., Подречнева И. Ю. Эффективность повторных подборов в заводских семействах костромской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 7. С. 6-10.
4. Генетический потенциал крупного рогатого скота различного экогенеза и его реализация в условиях промышленного и традиционного производства: монография /А. И. Любимов, Е. Н. Мартынова, Е. М. Кислякова [и др.]. Ижевская ГСХА, 2018. 171 с.
5. Сакса Е. И. Реализации генетического потенциала голштинского скота при создании высокопродуктивного стада ЗАО «ПЗ «Рабитицы» // Молочное и мясное скотоводства. 2019. № 3. С. 5-9.
6. Самусенко Л. Д., Химичева С. Н. Генетические линии как биологические ресурсы молочного скотоводства // Зоотехния. 2018. № 6. С. 7-11.
7. Формирование семейств коров молочных пород племязаводов Нижнего Поволжья: монография /А. П. Коханов, Н. В. Струк, Н. М. Коханова [и др.]. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 148 с.
8. Developing a genetic evaluation system for milk traits in russian black and white dairy cattle / A. A. Kudinov, E. I. Saksa, M. G. Smaragdov, J. Juga, P. Uimari, E. A. Mäntysaari, I. Strandén // Agricultural and Food Science. 2018. V. 27. № 2. P. 85-95.
9. Evaluation of the morphofunctional properties of the udder of simmental cows of various intra-breed types / E. I. Anisimova, N. A. Balakirev, A. G. Koshchaev, O. N. Eremenko, S. Y. Shuklin, A. S. Krivonogova, Y. A. Yuldashbaev // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 9. № 1. P. 4983-4986.
10. Genetic potential of milk productivity of black-and-white cows depending on selection and management / A. I. Liubimov, E. N. Martynova, Yu. V. Isupova, E. A. Yastrebova, E. V. Achkasova // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference «Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources» (FIES 2019). 2020. P. 00158.

References

1. Anisimova E. I., Katmakov P. S. Genotypic composition of the black-and-white breed herd and its phenotypic characteristics in connection with Holstein // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. № 2 (193). Pp. 37-43.
2. Bakai A., Bakai A., Golubev A. The influence of parental selection options on the fertility of cows // Chief zootechnik. 2011. No 11. P. 8-11.
3. Baranova N. S., Baranov A. V., Podrechneva I. Y. The effectiveness of repeated selections in the factory families of the Kostroma breed // Dairy and beef cattle breeding. 2016. No 7. P. 6-10.

4. Genetic potential of cattle of various eco-genesis and its realization in the conditions of industrial and traditional production: mono-graphy / A. I. Lyubimov, E. N. Martynova, E. M. Kislyakova [et al.]. Izhevsk: State Agricultural Academy, 2018. 171 p.
5. Saksa E. I. Realization of the genetic potential of Holstein cattle in the creation of a highly productive herd of CJSC "PZ "Rabititsa" // Dairy and meat production. 2019. No 3. P. 5-9.
6. Samusenko L. D., Khimicheva S. N. Genetic lines as biological resources of dairy farming // Zootechny. 2018. No 6. P. 7-11.
7. Formation of families of dairy cows of breeding farms of the Lower Volga region: mono-graph / A. P. Kohanov, N. V. Struk, N. M. Kohanova [et al.]. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2018. 148 p.
8. Developing a genetic evaluation system for milk traits in russian black and white dairy cattle / A. A. Kudinov, E. I. Saksa, M. G. Smaragdov, J. Juga, P. Uimari, E. A. Mäntysaari, I. Strandén // Agricultural and Food Science. 2018. Vol. 27. No 2. Pp. 85-95.
9. Evaluation of the morphofunctional properties of the udder of simmental cows of various intra-breed types / E. I. Anisimova, N. A. Balakirev, A. G. Koshchaev, O. N. Eremenko, S. Y. Shuklin, A. S. Krivonogova, Y. A. Yuldashbaev // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 9. No 1. P. 4983-4986.
10. Genetic potential of milk productivity of black-and-white cows depending on selection and management / A. I. Liubimov, E. N. Martynova, Yu. V. Isupova, E. A. Yastrebova, E. V. Achkasova // BIO Web of Conferences. International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). 2020. P. 00158.

Информация об авторах

Коханов Михаил Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kohanov_000@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vzlepin@mail.ru

Коханов Александр Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kohanov_000@mail.ru

Фролова Наталья Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель факультета Биотехнологий и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: happiness1993@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Фролов Руслан Валентинович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: frolov002@mail.ru

Коробкин Тимофей Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: tkorobkin97@mail.ru

Authors Information

Kohanov Mikhail Alexandrovich, Professor of the Department "Feeding and Breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: kohanov_000@mail.ru

Zlepin Viktor Aleksandrovich, Head of the Department of "Private Zootechny", Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: vzlepin@mail.ru

Kohanov Alexander Petrovich, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: kohanov_000@mail.ru

Frolova Natalia Mikhailovna, Senior Lecturer at the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine of the Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, 26 Uni-versitetskiy Ave.), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: happiness1993@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Candidate of Biological Sciences, e-mail: esvoronts@mail.ru .

Frolov Ruslan Valentinovich, postgraduate student, Volgograd State University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: frolov002@mail.ru

Korobkin Timofey Alexandrovich, postgraduate student, Volgograd State University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: tkorobkin97@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-28

APPROACHES TO IMPROVING PRODUCTIVITY AND PRODUCTS QUALITY OF BASED ON THE USE OF DIETARY SUPPLEMENTS IN THE INDUSTRIAL RABBIT BREEDING INDUSTRY

**E. E. Kurchaeva¹, A. V. Vostroilov¹, A. N. Zvyagin¹, A. S. Shperov²,
A. A. Mosolov³, O. A. Knyazhechenko³**

¹*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great
Voronezh, Russian Federation*

²*Volgograd State Agrarian University*

³*Volga Region Research Institute for the Production and Processing of
Meat and Dairy Products,
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 17.05.2023

Submitted 15.08.2023

*Authors express their gratitude to the Russian Scientific Foundation for financial support in
conducting research on the scientific project RSF 21-16-00025, VRIIMMP*

Summary

The article presents the results of evaluating the effectiveness of the use of the probiotic drug "Subtilis – S" on the reproductive ability of female rabbits, as well as evaluating the effect of the combined use of the probiotic drug "Subtilis – S" and Jerusalem artichoke pulp as part of a full-fledged granular compound feed for young rabbits. The results of the research showed that the introduction of a complex of dietary supplements contributes to improving the safety, meat productivity and improving the quality of the products obtained in the industrial rabbit breeding industry.

Abstract

Introduction. The main factor in realizing the genetic potential of productivity of rabbits is a full-fledged feeding, that is, balanced in vitamin, amino acid composition, metabolic energy, raw protein. It is this problem in rabbit breeding that is currently the most relevant and significant. On the other hand, more and more attention is being paid to the search and improvement of means aimed at increasing the body's defenses of breeding objects, including complex preparations of various origins as a growth stimulant, the acquisition of specific and nonspecific immunity, including dietary supplements with probiotic and sorption properties that have a positive effect on the safety and productivity of farm animals. The purpose of our research is to evaluate the effectiveness of the use of a complex of bioadditives of probiotic and sorption nature as part of a full-fledged granular compound feed for young rabbits in order to obtain environmentally safe rabbit breeding products. **Object.** The object of research is rabbits of the hybrid form of the French selection Hikol. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the Lipetsk Rabbit LLC industrial complex in the Khleven district of the Lipetsk region. To conduct the research, a population of male rabbits of 30 days old, 15 heads in each group, was selected. The control group of rabbits received the main diet (compound feed without the introduction of dietary supplements), the rabbits of the experimental groups received compound feed PZK-92 UAH, which included the probiotic complex "Subtilis-S" (0.6 g / kg and 1.0 g / kg) and Jerusalem artichoke pulp 10% by weight of compound feed. **Results and conclusions.** The use of the probiotic complex "Subtilis-S" contributed to an in-

crease in the fertilization of rabbits by 8% relative to the control group of peers, there is a decrease in the level of stillborn baby rabbits by 47%. It was found that the largest nest mass during weaning was in the experimental group, which significantly exceeded the control group by 2,504 kg or 29.82% ($P \geq 0.95$), which is associated with higher milk rabbits of the experimental group. The combined use of the probiotic drug "Subtilis - S" at a dosage of 1.0 kg per 1 ton of compound feed and Jerusalem artichoke pulp at a dosage of 10% as part of a full-fledged granular compound feed contributed to an increase in the live weight of individuals in group 3, which affected the slaughter yield, which was 62.09%. As a result of the conducted studies, an increase in the pulp mass in the carcasses of group 3 was achieved by 12.45% and an increase in the meat index to 4.79. An increase in the protein content in the meat of rabbits of the 3rd group was recorded, with a simultaneous decrease in the mass of the fat fraction, which indicates an increase in the nutritional value of meat. The economic evaluation of the research results indicates an increase in the level of profitability by 32.59% when using the proposed full-grain granular compound feed with the introduction of the studied dietary supplements.

Key words: *probiotic preparation, jerusalem artichoke pulp, meat productivity, slaughter yield, livestock safety.*

Citation. Kurchaeva E. E., Vostroilov A. V., Zvyagin A. N. Shperov A. S., Mosolov A. A., Knyazhechenko O. A. Approaches to improving productivity and products quality of based on the use of dietary supplements in the industrial rabbit breeding industry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 275-289 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-28.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 636.92

ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОДОБАВОК В ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО КРОЛИКОВОДСТВА

Е. Е. Курчаева¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. В. Востроиллов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. Н. Звягин¹, экстерн
А. С. Шперов², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. А. Мосолов³, доктор биологических наук
О. А. Княжеченко³, младший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

г. Воронеж, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

³ФГБНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

*Авторы выражают благодарность российскому научному фонду
за финансовую поддержку в проведении исследований по научному проекту
РНФ 21-16-0025, ГНУ НИИММП*

Аннотация. В статье представлены результаты оценки эффективности применения пробиотического препарата «Субтилис – С» на воспроизводительную способность кроликоматок, а также проведена оценка влияния совместного использования пробиотического препарата «Субтилис – С» и жома топинамбура в составе полнорационного гранулированного комбикорма для молодняка кроликов. Результаты исследований показали, что введение комплекса биодобавок способствует повышению сохранности, мясной продуктивности и повышению качества получаемой продукции в отрасли промышленного кролиководства.

Актуальность. Основным фактором реализации генетического потенциала продуктивности кроликов является полноценное кормление, то есть сбалансированное по витаминному, аминокислотному составу, обменной энергии, сырому протеину. Именно эта проблема в кролиководстве на данный момент является наиболее актуальной и значимой. С другой стороны, научным сообществом ведется постоянный поиск способов совершенствования механизмов, способствующих высвобождению внутренних резервов организма. К таким средствам можно отнести использование биологических добавок, действие которых направленно на повышение защитных средств организма и которые включают в себя мультипрепараты различного происхождения в качестве источника для стимуляции роста. Результат применения таких биодобавок с пробиотическими и сорбционными свойствами – сохранение и приобретение специфического и неспецифического иммунитета, положительное влияние на сохранность и продуктивность сельскохозяйственных животных. Целью наших исследований является проведение оценки эффективности применения комплекса биодобавок пробиотической и сорбционной природы в составе полнорационного гранулированного комбикорма для молодняка кроликов с целью получения экологически безопасной продукции кролиководства. **Объект.** Объектом исследований являются кролики гибридной формы Хиколь французской селекции. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик» Хлевенского района Липецкой области. Для проведения исследований было отобрано поголовье кроликов-самцов тридцати суточного возраста по 15 голов в каждой группе. Контрольная группа кроликов получала основной рацион (комбикорм без ввода биодобавок), кролики опытных групп получали комбикорм ПЗК-92 ГРН, в состав которого входил комплекс пробиотик «Субтилис – С» (0,6г/кг и 1,0 г/кг) и жом топинамбура 10% к массе комбикорма. **Результаты и выводы.** Использование пробиотического комплекса «Субтилис – С» способствовало повышению оплодотворяемости крольчих на 8% относительно контрольной группы сверстниц, отмечается снижение уровня мертворожденных крольчат на 47 %. Установлено, что наибольшая масса гнезда при отъёме была в опытной группе, которая превосходила достоверно контрольную на 2,504 кг или 29,82% ($P \geq 0,95$), что связано с более высокой молочностью крольчих опытной группы. Совместное использование пробиотического препарата «Субтилис – С» в дозировке 1,0 кг на 1 т комбикорма и жома топинамбура в дозировке 10% в составе полнорационного гранулированного комбикорма способствовало увеличению живой массы особей в 3 группе, что отразилось на убойном выходе, который составила 62,09%. В результате проведенных исследований было достигнуто увеличение массы мякоти в тушках 3 группы на 12,45% и повышении индекса мясности до 4,79. Было зафиксировано увеличение содержания протеина в мясе кроликов 3-й группы, при одновременном снижении массовой доли жира, что говорит о повышении пищевой ценности мяса. Экономическая оценка результатов исследований свидетельствует о повышении уровня рентабельности на 32,59% при использовании предлагаемого полнорационного гранулированного комбикорма с вводом изучаемых биодобавок.

Ключевые слова: пробиотические препараты, жом топинамбура, мясная продуктивность кроликов, убойный выход кроликов, сохранность поголовья кроликов.

Цитирование. Курчаева Е. Е., Востроилов А. В., Звягин А. Н. Шперов А. С., Мосолов А. А., Княжеченко О. А. Подходы к повышению продуктивности и качества продукции на основе применения биодобавок в отрасли промышленного кролиководства. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 275-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-28.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основным фактором реализации генетического потенциала продуктивности кроликов является полноценное, то есть сбалансированное по витаминному, аминокислотному составу, обменной энергии, сырому протеину кормление. Именно эта

проблема в кролиководстве на данный момент является наиболее актуальной и значимой и направлена на поиск биодобавок, оказывающих положительное влияние на организм кроликов.

Роль биологически активных веществ в организме кроликов заключается в их участии в глубоких процессах обмена веществ в организме, результатом которых является высокая продуктивность и жизнеспособность кроликов. Одним из резервов кролиководства является повышение переваримости корма, позволяющее снизить затраты кормов на единицу продукции и повысить продуктивное действие питательных веществ корма. Определенную роль в этом могут сыграть кормовые добавки, содержащие пробиотики и способствующие повышению сохранности и продуктивности кроликов [2, 4, 6, 10, 12].

Основа продовольственной безопасности страны определяется стратегической целью – обеспечение населения доступной и безопасной сельскохозяйственной продукцией и продовольствием. Основой достижения поставленной цели является стабильность внутреннего производства, обеспечение качества и безопасности продуктов питания [11, 13]. В этом свете отрасль кролиководство является перспективной, динамично развивающейся отраслью животноводства, производящей разнообразную продукцию высокого качества.

Внимание к отрасли кролиководство в Российской Федерации с каждым годом неуклонно растет, это, несомненно, связано с уникальными качествами крольчатины, а именно спросом населения на диетическое мясо [1, 14]. В сравнении с другими сельскохозяйственными животными кролики обладают уникальными биологическими качествами, среди которых следует отметить такие выдающиеся качества, как физиологическая и хозяйственная скороспелость, а также многоплодие. Возраст достижения половой зрелости составляет порядка 3-4 месяцев, крольчихи полиэстричны, за один окрол многоплодие составляет порядка 12-16 крольчат. Крольчата обладают высокой энергией роста. Среднесуточный прирост живой массы в период от 20 до 30-суточного возраста составляет 30-40 граммов. Мясо кролика относится к так называемому белому мясу и считается диетическим.

Систематическое употребление крольчатины обеспечивает потребности организма человека в полноценном белке животного происхождения, а также способствует снижению в рационе питания уровня жиров.

Кроличье мясо обладает уникальными качествами, превосходя по витаминному и минеральному составу все иные виды мяса. Крольчатина показана к применению в качестве прикорма грудным детям в составе различных пюре, людям пожилого возраста, а также кругу лиц страдающих заболеваниями органов ЖКТ и сердечно-сосудистой системы.

В силу особенностей строения пищеварительной системы организм кролика нуждается в постоянном поступлении энергии с кормом, она необходима для выполнения механической работы, поддержания гомеостаза организма и т.д.

Организм кролика пополняется энергией за счет расщепления органических веществ корма, последние в процессе обмена веществ при участии ферментных препаратов разделяются в организме до простых соединений с выделением энергии [7, 9].

В вопросах производства продукции животноводства высокого качества для населения, обеспечению белком животного происхождения отводится ведущая роль, это одна из важнейших задач в области сельского хозяйства, что подтверждается работами ряда отечественных ученых (Балакирев Н. А., Тинаева Е. А., Тинаев Н. И., Шумилина Н. Н., 2007; Череменина Н. А., Сидорова К. А., 2010; Фролов А. В., 2015; Востроиллов А. В., Курчаева Е. Е., 2019, 2020; Княжеченко О. А., 2023).

Для повышения эффективности производства крольчатины в условиях промышленной технологии с целью увеличения сроков сохранности, повышения качественных и количественных показателей производимой продукции рекомендуется применять различные биологические добавки, вырабатываемые из сырья природного, животного и минерального происхождения. В основе любой биологически активной добавки лежит композиция натуральных или аналогичных натуральным биологически активных веществ, применяемых как непосредственно с пищей, так и в составе пищевых продуктов.

На современном этапе развития научных подходов к питанию все большее внимание уделяется поиску и внедрению средств направленных на повышение иммунных сил организма, вобравшие в себя мультипрепараты различного происхождения в качестве стимулятора роста, приобретение специфического и неспецифического иммунитета.

В вопросах организации полноценного кормления сельскохозяйственных животных необходимо уделять большое внимание включению в рационы кормления всех элементов питания, в том числе и минеральных веществ, при этом ввод таких веществ должен быть в пределах оптимальных дозировок. Большой научный и практический интерес представляет использование пробиотических и пребиотических добавок, они оказывают влияние на ряд важных обменных процессов организма, а именно - влияют на степень усвоения питательных веществ, регулируют интенсивность азотистого, углеводного и липидного обмена [3, 8].

При производстве животноводческой продукции в условиях промышленной технологии особая роль отводится вводу в рационы кормления комплексных биологических добавок с высоким содержанием минеральных элементов, они необходимы для организма животных и служат материалом для построения и развития органов и тканей; входят в состав органических веществ; участвуют в повышении иммунитета, способствуют выводу токсических веществ из организма.

На долю минеральных веществ приходится порядка 5% от массы тела животного, роль минеральных веществ разнообразна. Микроэлементы являются важной частью иммунной системы, участвуют в поддержании клеточных функций, участвуют в повышении резистентности организма.

Перспективным направлением в кормлении кроликов является использование растительных добавок, представляющих собой концентрат питательных веществ, способствующих регулированию процессов гомеостаза. К таким ресурсам относится жом топинамбура, который может быть использован как компонент кормовых рационов в качестве вещества сорбционной природы растительного происхождения. В связи с вышеизложенным актуальным является обоснование эффективности применения биодобавок различной природы в составе полнорационных гранулированных комбикормов, способствующих нормализации процессов гомеостаза откармливаемого молодняка кроликов.

Целью наших исследований является проведение оценки эффективности применения комплекса биодобавок пробиотической и сорбционной природы в составе полнорационного гранулированного комбикорма для молодняка кроликов с целью получения экологически безопасной продукции кролиководства.

Материалы и методы. Объектом исследований являются кролики гибридной формы «Хиколь» французской селекции. Исследования проводились в условиях промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик».

Для проведения исследований в условиях ООО «Липецкий кролик» было отобрано поголовье кроликов-самцов 30-ти суточного возраста в количестве 15 голов (в каждой группе) и по 100 голов при проведении промышленной апробации.

В рамках работы был проведен опыт по скормливаю кроликам обогащенного полнорационного гранулированного комбикорма. Для обогащения использовали пробиотический препарат Субтилис – С, в качестве растительной биодобавки – жом топинамбура. Комбикорм вырабатывали в условиях ООО «ЭкоКорм» (Анинский район, с. Николаевка) по заказу ООО «Липецкий кролик». Кролики всех групп содержались в одинаковых условиях и получали: контрольная группа – основной рацион (комбикорм ПЗК-91-914), опытные группы – разработанный полнорационный гранулированный комбикорм с вводом биодобавок. Комбикорма соответствовали требованиям стандартов по влажности и крупности (ГОСТ Р 51899-2002).

Пробиотический препарат «Субтилис-С» (77-3-28.13-1656№ПВР-1-3.8/02165) предназначена для профилактики и лечения бактериальных заболеваний ЖКТ, нормализации пищеварения, повышения естественной резистентности (иммунитета), повышения сохранности, улучшения усвояемости кормов, стимулирования роста и развития сельскохозяйственных и непродуктивных животных, птицы, рыб, кроликов, пушных зверей. «Субтилис™-С» содержит споры природных штаммов микроорганизмов *Bacillus Subtilis* и *Bacillus Licheniformis* не менее 2×10^9 КОЕ в 1 г и наполнитель лактозу.

Жом из клубней топинамбура – вторичный продукт, получаемый при получении фруктозо-глюкозного сиропа и инулина из топинамбура и используется на кормовые цели и при производстве пищевых волокон (производитель ИстАгроДон, г. Данов, Липецкая область). Жом топинамбура содержит до 93,8 % сухих веществ, белковых веществ – 15,3%, общих углеводов 71,5%, минеральных веществ – 7,0%. Углеводная часть жома топинамбура представлена моносахаридами – 4,0%, инулином – 9,1%, пищевыми волокнами – 58,4% (пектиновые вещества 29,3%), целлюлозой 15,3%, гемицеллюлозой – 13,8%.

Динамику живой массы определяли путем индивидуального взвешивания кроликов при постановке на опыт, а затем каждые 15 суток утром до кормления на протяжении всего опыта. Сохранность поголовья в каждой группе определяли путем учёта падежа за все время проведения опыта.

Контрольный убой проводили по методике ВИЖа на 3 аналогичных животных из каждой группы. Мясную продуктивность кроликов определяли путем взвешивания тушек на весах после проведения контрольного убоя в возрасте 90 суток и разделки тушек. При этом изучали предубойную живую массу, массу парной тушки и ее морфологический состав, убойную массу и убойный выход, индекс мясности и химический состав средней пробы мяса.

Морфологический состав тушек изучили путем ее обвалки, охлажденной в течение 24 часов при температуре от -2 до +4°C. На основании обвалки определяли содержание костей, сухожилий и мякотной части, а также выход мякотной части на 1 кг костей в тушке.

Органолептическую оценку мяса, бульона проводили по 9-ти балльной шкале по ГОСТ 9959-2015. Экономическую эффективность применения в рационах кроликов биодобавок устанавливали с учетом себестоимости биодобавок, сохранности откармливаемого поголовья и мясной продуктивности. Полученный цифровой материал был обработан биометрически по методу Н. А. Плохинского (1971) методами вариационной статистики с определением критерия достоверности разности по Стьюденту при 3-х уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение. Изучали воспроизводительные качества, интенсивность роста молодняка и продуктивные качества кроликов гибридной формы Хиколь. В работе использовалось искусственное осеменение, проводимое в условиях ООО «Липецкий кролик» (рисунок 1).

Использование пробиотического препарата «Субтилис – С» при оценке воспроизводительной способности показала положительное влияние не только на воспроизводительную функцию, но и молочной крольчих (таблица 1).

В таблице 1 представлена воспроизводительная способность крольчих в условиях промышленного комплекса.



Рисунок 1 – Проведение искусственного осеменения самок в условиях ООО «Липецкий кролик»
Figure 1 – Artificial insemination of females in the conditions of LLC "Lipetsk rabbit"

Таблица 1 – Воспроизводительная способность крольчих, М±m
Table 1 – Reproductive capacity of rabbits, M±m

Показатели	Группы	
	Контрольная	Опытная
Количество слученных самок, гол	165	165
Оплодотворяемость, %	91,00	100,00
Получено всего, гол	1387	1625
В том числе живых, гол	1240	1555
мертворожденных, гол	147	70
Многоплодие, голов на 1 самку в том числе	8,41±0,12	9,85±0,23***
Масса гнезда при рождении, кг	503,60±28,16	591,00±22,43
Масса гнезда в 7 суток, г	1640,00±42,54	1815,00±44,26*
Масса гнезда в 14 суток, г	1901,00±41,34	2206,00±36,40**
Масса гнезда в 21 сутки, г	2172,70±36,19	2756,00±21,43***
Масса гнезда в 30 суток, г	8396,00±151,6	10900,0±317,32***
Молочность, г	3339,00±86,34	4330,00±51,48***
Сохранность молодняка в 21 сутки, %	91,34±3,19	97,40±4,21
Сохранность молодняка в 30 дней, %	86,50±3,55	98,39±1,26*

*P≥0,95, **P≥0,99, ***P≥0,999.

В опытной группе крольчих оплодотворяемость была выше на 8% относительно контрольной группы сверстниц. Преждевременных окролов зафиксировано не было. В опытной группе, получавшей пробиотический препарата «Субтилис – С» путем ввода его в систему поения (в дозировке 1,5 кг на 1 т воды), отмечается снижение уровня мертворожденных крольчат на 47 %. Следует отметить увеличение молочности в опытной группе на 991 г или 26,68%, что может свидетельствовать об увеличении степени синтеза молока на фоне повышенного усвоения питательных веществ комбикорма.

У крольчих опытной группы была зафиксирована наибольшая сохранность крольчат, как в возрасте 21 сутки, так и по достижении возраста для отсадки (30 суток) – 97,40 и 91,34 % соответственно. Установлено, что наибольшая масса гнезда при отъёме была

в опытной группе, которая превосходила достоверно контрольную на 2,504 кг или 29,82% ($P \geq 0,95$), что связано с более высокой молочной крольчих опытной группы. На рисунке 2 представлен молодняк кроликов возрасте 30 суток на момент отсадки.



Рисунок 2 – Молодняк кроликов в возрасте 30 суток на момент отсадки
Figure 2 – Young rabbits aged 30 days at the time of deposition

Отрасль кролиководства в последнее время интенсивно развивается за счет внедрения интенсивных технологий выращивания, а также привлечения поголовья с высоким генетическим потенциалом, но промышленная технология откорма имеет ряд тонких мест, одно из которых, усиленная микробиологическая нагрузка на организм кроликов, вызывающая каскадное нарушение процессов пищеварения, а также способствующее снижению мясной продуктивности. В этом аспекте актуальным является повсеместное использование пробиотических препаратов, способствующих повышению сохранности поголовья без применения в лечебно-профилактических целях антибиотиков и косвенным путем влияющих на повышение мясной продуктивности и качественного состава получаемых мясных ресурсов.

В исследованиях использовали кроликов гибридной формы Хиколь 30-суточного возраста, которые были разделены на контрольную и опытные группы по 15 голов. Контрольная группа кроликов получала основной рацион (комбикорм без ввода биодобавок), кролики опытных групп получали комбикорм ПЗК-92 ГРН, в состав которого входил комплекс пробиотик «Субтилис – С» (0,6 г/кг и 1,0 г/кг) и жом топинамбура 10% к массе комбикорма.

Была зафиксирована более высокая интенсивность роста кроликов, повышение мясной продуктивности и улучшение химического состава мышечной ткани на фоне использования комбикорма с вводом «Субтилис – С» в дозировке 1,0 г/кг и жома топинамбура в дозировке 10% к массе комбикорма. Результаты исследований были апробированы в условиях промышленного комплекса ООО «Липецкий кролик» и показали положительный эффект от применения биодобавок в составе комбикорма, а также открывают возможности для интенсификации отрасли промышленного кролиководства.

Характер и уровень кормления поголовья молодняка кроликов отражает динамика живой массы. Исследованиями установлено, что по достижении убойного возраста (90 суток) кролики контрольной группы характеризовались более низкой живой массой, в то время как в опытных группах данный показатель имел положительное увеличение (рисунок 3).

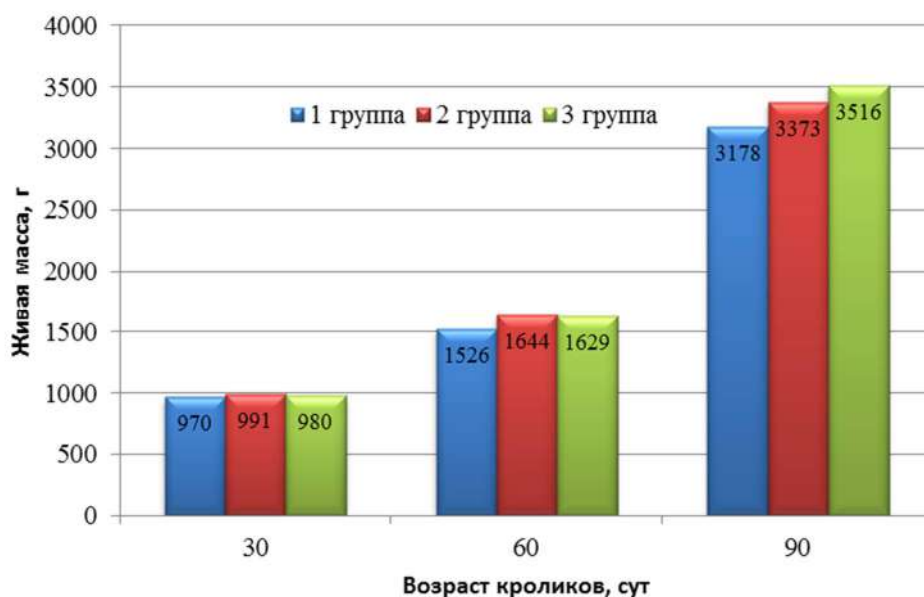


Рисунок 3 – Интенсивность роста молодняка кроликов
Figure 3 – Intensity of growth of young rabbits

За весь период проведения опыта наибольшая живая масса отмечалась у кроликов 3 группы, получавшей в составе комбикорма пробиотический препарат «Субтилис-С» в дозировке 1,0 г/кг комбикорма совместно с жомом топинамбура в количестве 10% к массе комбикорма. Исследованиями установлено, что по достижении убойного возраста (90 суток) кролики контрольной группы характеризовались живой массой 3178 г, в то время как в опытных группах данный показатель имел положительное увеличение – 3373 и 3516 г соответственно. Сохранность кроликов в контрольной группе составила 80,00 %, в 3-й группе (опытной 2) 100,00 %, что связано с усилением общей резистентности организма, а соединения пробиотической природы, возможно, способствовали нормализации процессов пищеварения и, как следствие, улучшению конверсии комбикорма.

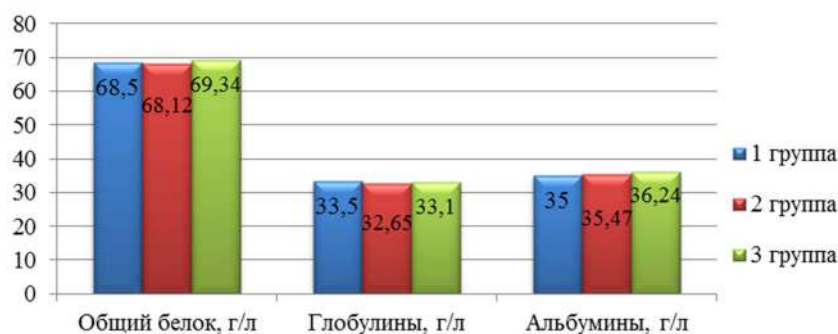
Данные, полученные в ходе опыта, свидетельствуют, что использование обогащенного биодобавками комбикорма положительно влияет на интенсивность роста кроликов.

Состав крови – важный показатель физиологического состояния организма, связанный с выполнением жизненно важных функций, и в том числе с продуктивными качествами животных [5]. Нами были изучены биохимические показатели крови (рисунок 4), которые подтверждают положительное влияние пробиотического препарата «Субтилис – С» в комплексе с жомом топинамбура на функционирование организма в целом.

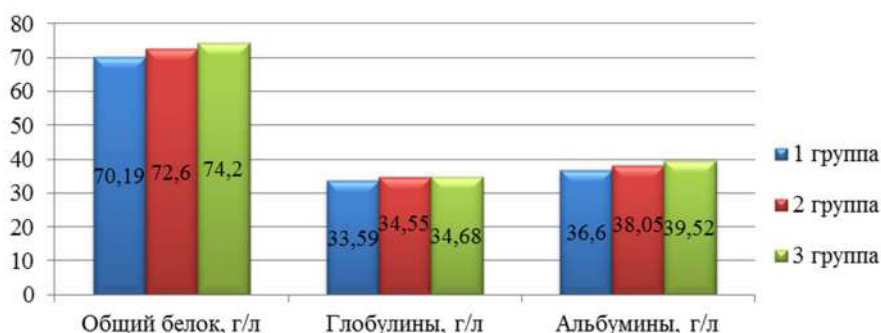
У животных опытных групп в возрасте 90 суток отмечается достоверное повышение количества общего белка сыворотки крови: в третьей группе на 5,71%, во второй группе на 3,43% соответственно по сравнению с контролем, а также положительная динамика увеличения морфологических показателей крови, в частности повышение количества гемоглобина, так, у второй и третьей группы количество гемоглобина достоверно превосходило контрольные значения на 14 г/л или 14,89% и 17 г/л или 18,08 % соответственно.

Аналогичная динамика прослеживается по содержанию эритроцитов (опытные группы превосходили контрольную на 0,31 г/л или 5,88% и 0,65 г/л или 12,34%), что указывает на улучшение обеспеченности организма кислородом и, как следствие, интенсификации обменных процессов, протекающих в организме кроликов.

Мясная продуктивность кроликов зависит от живой массы, породных особенностей, условий кормления, упитанности, пола, возраста и других факторов.



а) в возрасте 30 суток



а) в возрасте 90 суток

Рисунок 4 – Биохимические показатели крови кроликов
Figure 4 – Biochemical parameters of rabbit blood

Основополагающими факторами, влияющими на мясную продуктивность, остаются порода выращиваемого объекта разведения, уровень и полноценность кормовых рационов и технологии содержания. Но следует отметить, что при любой технологии содержания сельскохозяйственных животных наиболее значимыми являются порода выращиваемых особей, а также их физиологический статус, который может подвергаться коррекции с использованием различных кормовых добавок, в том числе пробиотической природы.

В конце опыта для определения степени эффективности нового вида комбикорма в рацион кроликов был произведен контрольный убой с оценкой морфологического состава согласно общепринятой методике с последующей дегустационной оценкой полученной продукции (таблица 2). На рисунке 5 представлены охлажденные тушки кроликов.

Таблица 2 – Результаты контрольного убоя и морфологический состав тушек кроликов
Table 2 – Results of control slaughter and morphological composition of rabbit carcasses

Показатель	Группа		
	1-я группа (контрольная)/	2-я группа (опытная 1)	3-я группа (опытная 2)
Предубойная живая масса, г	3128±6,01	3170±7,56	3211±13,35
Убойная масса, г	1659,0±27,56	1755,0±28,90	1994,0±16,54
Убойный выход, %	53,04±0,41	55,36±0,47	62,09±0,58
Масса парной тушки, г	1513±31,95	1567±17,94	1609±10,71
Масса жира – сырца, г	128,0±4,51	104,0±2,66	103,0±2,31
Масса мякоти, г	1108,0±22,11	1198,0±33,15	1246,0±32,34
Масса кости, г	277,0±4,55	265,0±4,15	260,0±5,26
Индекс мясности	4,00	4,52	4,79

В опытных группах убойный выход составил 55,36 % и 62,09%, в то время как в контрольной группе находился на уровне 53,04 % (таблица 2).



Рисунок 5 – Охлажденные тушки кроликов: 1 – контрольная группа, 2 – опытная 1, 3 – опытная 2

Figure 5 – Chilled rabbit carcasses: 1 – control group, 2 – experimental 1, 3 – experimental 2

Масса мышечной ткани у кроликов опытных группах: второй группы на 8,12 и третьей на 12,45 % соответственно больше, чем у особей в первой (контрольной) группы. Данное увеличение массы мышечной ткани, по-видимому, связано с увеличением трансформации питательных веществ кормового рациона на фоне применения пробиотического препарата «Субтилис-С» совместно с жомом топинамбура, а также активизации выработки ферментных систем в организме, что также способствовало более быстрому и значительному отложению питательных веществ в теле подопытных кроликов и повышению белковой составляющей мышечной ткани.

Была проведена морфометрическая оценка внутренних органов кроликов (таблица 3). Отмечается достоверное увеличение выхода печени и желудка, но в рамках физиологической нормы. На рисунке 6 представлены макропрепараты внутренних органов кроликов.

Таблица 3 – Масса внутренних органов кроликов, г

Table 3 – Weight of internal organs of rabbits, g

Показатель	1-я группа (контрольная)/	2-я группа (опытная 1)	3-я группа (опытная 2)
Легкие с трахеей, г	13,33±1,77	16,67±1,77	16,67±1,47
Сердце, г	8,67±1,08	10,00±0,70	9,33±1,08
Печень, г	97,00±3,93	107,3±4,96	118,33±1,77
Почки, г	18,33±1,94	20,33±1,47	14,00±1,41
Желудок без содержимого, г	49,00±2,12	57,67±1,78	56,00±1,41

Сбалансированность рационов питания оказывает непосредственное влияние на химический состав мяса кроликов, формируя его пищевую и биологическую ценность.

Наибольшее содержание белка отмечено в мясе кроликов 3-й опытной группы, которое составило 20,98%, в то время как в контрольной группе данный показатель находился на уровне 18,87%, что, по-видимому, связано с более высокой трансформацией питательных веществ комбикорма под действием пробиотического комплекса «Субтилис – С» в белковую составляющую мышечной ткани. Одновременно отмечено снижение массой доли жира, что говорит о повышении пищевой ценности мяса.

Проведенная органолептическая оценка мяса и бульона кроликов контрольной и опытных групп, показала положительное влияние совместного использования пробиотического комплекса «Субтилис – С» и жома топинамбура на формирование вкусо-

ароматического профиля как вареного мяса, так и бульона. В результате проведенной дегустации было определено, что наибольшей балльной оценкой характеризовались образцы вареного мяса и бульона, полученного от тушек 3 группы (в суммарной оценке 7,9 балла и 8,5 соответственно).



Рисунок 6 – Макропрепараты внутренних органов кроликов: желудка, сердца и печени:

1 – контрольная группа, 2 – опытная 1, 3 – опытная 2

Figure 6 – Macro-preparations of the internal organs of rabbits: stomach, heart and liver:

1 – control group, 2 – experimental 1, 3 – experimental 2

Используемые полнорационные гранулированные комбикорма с вводом пробиотических комплексов «Субтилис – С» в дозировке 1,0 г/кг комбикорма, жом (10%) позволили достигнуть увеличения прибыли на 15230,6 и уровня рентабельности на 32,59 по отношению к контрольной группе (19,18 %) за счет сохранности откармливаемого молодняка кроликов.

Закключение. Проведенное исследование показывает, что использование пробиотического комплекса «Субтилис – С» и жома топинамбура в составе комбикормов технологически оправданно, а также позволяет избежать целого ряда проблем, связанных со снижением сохранности и продуктивности поголовья, встающих перед производителями качественного мясного сырья. Результаты исследований подтверждают, что использование пробиотического препарата «Субтилис – С» способствовало повышению оплодотворяемости крольчих на 8% относительно контрольной группы сверстниц, отмечается снижение уровня мертворожденных крольчат на 47 %. Установлено, что наибольшая масса гнезда при отъёме была в опытной группе, которая превосходила достоверно контрольную на 2,504 кг или 29,82% ($P \geq 0,95$), что связано с более высокой молочной крольчих опытной группы. Отмечается, что совместное использование пробиотического препарата «Субтилис – С» в дозировке 1,0 кг на 1 т комбикорма и жома топинамбура в дозировке 10% способствовала увеличению живой массы особей в 3 группе, что отразилось на убойном выходе, который составила 62,09%. В результате проведенных исследований было достигнуто увеличение массы мякоти в тушках 3 группы на 12,45% и повышения индекса мясности до 4,79.

Анализ химического состава средних проб мяса кролика свидетельствует о наиболее высоком содержании протеина в мясе кроликов 3-й группы что, по видимому, связано с более высокой трансформацией питательных веществ комбикорма под действием пробиотического комплекса «Субтилис – С» в белковую составляющую мышечной ткани. Одновременно отмечено снижение массой доли жира, что говорит о повышении пищевой ценности мяса. Для повышения сохранности и мясной продуктивности кроликов, выращиваемых в условиях ООО «Липецкий кролик» Хлевенского района Липецкой области рекомендуется вместо кормовых антибиотиков использовать в цикле откорма молодняка кроликов гибридной формы Хиколь полнорационные гранулированные комбикорм с вводом пробиотического препарата «Субтилис – С» в дозировке 1,0 кг на т комбикорма совместно с жомом топинамбура в количестве 10% к массе комбикорма. Экономическая оценка результатов исследований свидетельствует о повышении уровня рентабельности на 32,59% при использовании предлагаемого полнорационного гранулированного комбикорма с вводом изучаемых биодобавок.

Conclusions. The conducted research shows that the use of the probiotic complex "Subtilis-S" and Jerusalem artichoke pulp as part of compound feeds is technologically justified and also avoids a number of problems associated with a decrease in the safety and productivity of livestock facing producers of high-quality meat raw materials. The research results confirm that the use of the probiotic drug "Subtilis C" contributed to an increase in the fertilization of rabbits by 8% relative to the control group of peers, there is a decrease in the level of stillborn baby rabbits by 47%. It was found that the largest nest mass during weaning was in the experimental group, which significantly exceeded the control group by 2,504 kg or 29.82% ($P \geq 0.95$), which is associated with higher milk rabbits of the experimental group. It is noted that the combined use of the probiotic drug "Subtilis-S" at a dosage of 1.0 kg per 1 ton of compound feed and Jerusalem artichoke pulp at a dosage of 10% contributed to an increase in the live weight of individuals in group 3, which affected the slaughter yield, which was 62.09%. As a result of the conducted studies, an increase in the pulp mass in the carcasses of group 3 was achieved by 12.45% and an increase in the meat index to 4.79.

Analysis of the chemical composition of average rabbit meat samples indicates the highest protein content in the meat of rabbits of the 3rd group, which is apparently associated with a higher transformation of feed nutrients under the action of the probiotic complex "Subtilis-C" into the protein component of muscle tissue. At the same time, a decrease in the mass fraction of fat was noted, which indicates an increase in the nutritional value of meat. To increase the safety and meat productivity of rabbits grown in the conditions of LLC "Lipetsk Rabbit" of the Khlevensky district of the Lipetsk region, it is recommended that instead of feed antibiotics, in the cycle of fattening young rabbits of the hybrid form of Hikol, full-fledged granular compound feed with the introduction of the probiotic drug "Subtilis - S" in a dosage of 1.0 kg per ton of compound feed together with Jerusalem artichoke pulp in an amount of 10% to the mass of compound feed. The economic evaluation of the research results indicates an increase in the level of profitability by 32.59% when using the proposed full-grain granular compound feed with the introduction of the studied dietary supplements.

Библиографический список

1. Влияние *Bacillus subtilis* на качественные характеристики мяса птицы и кроликов / Е. Н. Черненко, А. Ф. Шарипова, Д. Д. Хазиев [и др.] // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (58). С. 78-86.
2. Востроилов А. В., Курчаева Е. Е. Пробиотические добавки в системе повышения продуктивности и качества мяса кроликов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 9. С. 139-146.
3. Горлов И. Ф., Княжеченко О. А., Мосолов А. А. Изучение эффективности лактулозосодержащих добавок в рационах кроликов // Кролиководство и звероводство. 2022. № 1. С. 23-29.
4. Использование пробиотиков в практике выращивания кроликов (краткий обзор литературы) / С. В. Свергузова, И. Г. Шайхиев, Ж. А. Сапронова [и др.] // Экономика строительства и природопользования. 2023. № 1 (86). С. 114-122.
5. Миронова И. В., Черненко Е. Н. Естественная резистентность кроликов при скормливании пробиотической кормовой добавки Биогумитель // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 115-117.
6. Остренко К. С., Софронова О. В., Галочкина В. П. Исследование эффективности различных форм пробиотика тетралактобактерин на кроликах // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 4. С. 57-65.
7. Салыхов А. Ш., Фролов Г. С. Продуктивные показатели кроликов при использовании в их рационах минеральной добавки в сочетании с пробиотическим препаратом // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2019. Т. 237. № 1. С. 168-173.
8. Эффективность новых кормовых добавок на основе лактулозы при выращивании кроликов / О. А. Княжеченко, И. А. Семенова, А. А. Мосолов [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 4 (12). С. 52-60.
9. Якимов О. А., Салыхов А. Ш. Продуктивность кроликов при использовании в их рационах кормовых добавок // Кролиководство и звероводство. 2017. № 3. С. 119-120.
10. Adaptive and productive effects when using bacteria of the genus *bacillus* as the basis of a feed additive on a rabbits model / R. F. Ivannikova, N. V. Pimenov, L. F. Sotnikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 22098.

11. Improving rabbit meat productivity: the effect of antioxidant feed additives on meat quality / I. A. Semenova, I. F. Gorlov, O. A. Knyazhechenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 677. P. 32067.

12. Metrological aspects of using probiotics / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, D. V. Nikolaev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 1889. P. 52046.

13. Production of meat products based on organic rabbit breeding resources with the inclusion of protein-carbohydrate composites of plant origin / E. E. Kurchaeva, N. M. Derkanosova, S. V. Kalashnikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2022. V. 1052. P. 012077.

14. Protein and prebiotic feed additives: influence on the quality indicators of rabbit meat / A. G. Zolotareva, A. A. Mosolov, A. N. Struk [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012036.

References

1. The influence of *Bacillus subtilis* on the qualitative characteristics of poultry and rabbit meat / E. N. Chernenkov, A. F. Sharipova, D. D. Khaziev [et al.] // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2021. № 2 (58). Pp. 78-86.

2. Vostroilov A. V., Kurchaeva E. E. Probiotic additives in the system of increasing the productivity and quality of rabbit meat // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019. No 9. Pp. 139-146.

3. Gorlov I. F., Knyazhechenko O. A., Mosolov A. A. Study of the effectiveness of lactulose-containing additives in rabbit diets // Rabbit breeding and animal husbandry. 2022. No 1. P. 23-29.

4. The use of probiotics in the practice of rabbit breeding (a brief review of the literature) / S. V. Sverguzova, I. G. Shaikhiev, Zh. A. Sapronova [et al.] // Economics of construction and environmental management. 2023. No 1 (86). Pp. 114-122.

5. Mironova I. V., Chernenkov E. N. Natural resistance of rabbits when feeding probiotic feed additive Biohumitel // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2017. No 1 (63). Pp. 115-117.

6. Ostrenko K. S., Sofronova O. V., Galochkina V. P. Investigation of the effectiveness of various forms of the probiotic tetralactobacterin on rabbits // Problems of biology of productive animals. 2020. No 4. Pp. 57-65.

7. Salakhov A. Sh., Frolov G. S. Productive indicators of rabbits when using a mineral supplement in combination with a probiotic drug in their diets // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2019. Vol. 237. No 1. Pp. 168-173.

8. Effectiveness of new lactulose-based feed additives in rabbit breeding / O. A. Knyazhechenko, I. A. Semenova, A. A. Mosolov [et al.] // Agricultural and food innovations. 2020. No 4 (12). Pp. 52-60.

9. Yakimov O. A., Salakhov A. S. Productivity of rabbits when using feed additives in their diets // Rabbit breeding and animal husbandry. 2017. No 3. Pp. 119-120.

10. Adaptive and productive effects when using bacteria of the genus *Bacillus* as the basis of a feed additive on a rabbits model / R. F. Ivannikova, N. V. Pimenov, L. F. Sotnikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. P. 22098.

11. Improving rabbit meat productivity: the effect of antioxidant feed additives on meat quality / I. A. Semenova, I. F. Gorlov, O. A. Knyazhechenko [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. V. 677. P. 32067.

12. Metrological aspects of using probiotics / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, D. V. Nikolaev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series: II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 1889. P. 52046.

13. Production of meat products based on organic rabbit breeding resources with the inclusion of protein-carbohydrate composites of plant origin / E. E. Kurchaeva, N. M. Derkanosova, S. V. Kalashnikova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials. 2022. V. 1052. P. 012077.

14. Protein and prebiotic feed additives: influence on the quality indicators of rabbit meat / A. G. Zolotareva, A. A. Mosolov, A. N. Struk [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012036.

Информация об авторах

Курчаева Елена Евгеньевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (РФ, 394087, г. Воронеж, ул. Мичурина, д. 1), тел.: +79805375091, e-mail: alena.kurchaeva@yandex.ru

Востроилов Александр Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (РФ, 394087, Воронеж, ул. Мичурина, д. 1).

Звягин Андрей Николаевич, экстерн кафедры частной зоотехнии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (РФ, 394087, Воронеж, ул. Мичурина, д. 1).

Шперов Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Частная зоотехния», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400066, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, д. 6), 8 (844) 239-10-48, e-mail: niimmp@mail.ru

Княжеченко Ольга Андреевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400066, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, д. 6), 8 (844) 239-10-48, e-mail: niimmp@mail.ru

Authors Information

Kurchaeva Elena Evgenievna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Russia, 394087, Voronezh, Michurina str., 1), tel.: +79805375091, e-mail: alena.kurchaeva@yandex.ru

Vostroilov Alexander Viktorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Private Animal Science, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Russia, 394087, Voronezh, Michurina str., 1).

Zvyagin Andrey Nikolaevich, External of the Department of Private Zootechny, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I (Russia, 394087, Voronezh, Michurina str., 1).

Shperov Alexander Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Zootechny, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: shperov2011@mail.ru

Mosolov Alexander Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russia, 400066 Volgograd, Rokossovsky str., 6), 8 (844) 239-10-48, e-mail: niimmp@mail.ru

Knyazhechenko Olga Andreevna, Junior Researcher, Volga Research Institute of Meat and Dairy Products Production and Processing (Russia, 400066 Volgograd, Rokossovsky str., 6), 8 (844) 239-10-48, e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-29

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF LUPIN GRAIN OF THE DECO VARIETY IN PIG AND POULTRY FARMING

S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. V. Korneeva, S. M. Borodin

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Received 11.07.23

Submitted 20.08.23

Abstract

Relevance. The main factor contributing to the realization of the genetic potential of farm animals and poultry is still a full-fledged balanced feeding. In pig and poultry farming, feed is the largest cost item, accounting for 70-75% of all production costs. Therefore, manufacturers are constantly trying to optimize compound feeds, both in terms of cost and nutritional value, so that animals can better realize their genetic potential for productivity while maintaining health. Due to the steadily rising prices for grain feed, enterprises engaged in the production of pig and poultry products are forced to search for

alternative feed sources. **Object.** The objects of research were young pigs and broiler chickens. **Materials and methods.** The experimental part of the studies on pigs was carried out in the conditions of Scientific studies were carried out on pigs in the conditions of JSC Krasnodonskoye, Ilovinsky district of the Volgograd region, on broiler chickens in the conditions of the Research Center "Safety and Efficiency of Feeds and Additives" of the Volgograd State Agrarian University. **Results and conclusions.** The research results presented in the article testify to the effectiveness of the use of lupine instead of full-fat soybeans in feeding pigs and broiler chickens. The use of lupine grain in the compound feed formula for pigs and broiler chickens allowed to increase live weight and improve blood counts. According to the results of the experiments, due to the use of lupine, the live weight of young pigs increased by 1.83-3.15%, and broiler chickens by 2.95%. The number of erythrocytes in the blood of pigs increased by 0.21-0.83 million / μ l, leukocytes decreased by 0.20-1.70 thousand / μ l, total protein increased by 0.47-1.01 g%, calcium increased by 1.47-1.84%, phosphorus by 0.08-0.16 mmol / l. Feeding compound feed to broiler chickens using lupine contributed to an increase in erythrocytes by 0.14 (10^{12} /l), a decrease in leukocytes by 1.4 (10^9 /l), an increase in total protein by 1.89 g/l, calcium and phosphorus by 0.08 and 0.18 mmol/l. Thus, feeding lupine instead of full-fat soybeans in compound feed for young pigs and broiler chickens had a positive effect on zootechnical and hematological parameters.

Key words: lupine, full-fat soybeans, pigs, broiler chickens, mixed fodder, hematological parameters, live weight.

Citation. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Korneeva O. V., Borodin S. M. The effectiveness of the use of lupin grain of the Deco variety in pig and poultry breeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 289-297 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-29.

Author's contribution. The authors are interested in conducting research and approval has been received from each of them.

Conflict of interest. No conflict of interest was declared by the authors.

УДК 636.084

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕРНА ЛЮПИНА СОРТА ДЕКО В СВИНОВОДСТВЕ И ПТИЦЕВОДСТВЕ

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

О. В. Корнеева, преподаватель

С. М. Бородин, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Главным фактором, способствующим реализации генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птицы, по-прежнему остается полноценное сбалансированное кормление. В свиноводстве и птицеводстве наибольшей статьей расходов являются корма, составляющие 70-75 % от всех затрат на производство продукции. Поэтому производители стараются постоянно оптимизировать комбикорма как по стоимости, так и по питательной ценности, чтобы животные смогли лучше реализовывать свой генетический потенциал по продуктивности при сохранении здоровья. В связи со стабильно повышающимися ценами на зерновые корма предприятия, занимающиеся производством продукции свиноводства и птицеводства, вынуждены осуществлять поиск альтернативных кормовых источников. **Объект исследований.** Объектами исследований явились молодняк свиней и цыплята-бройлеры. **Материалы и методы.** Научные исследования были проведены на свиньях в условиях АО Краснодарское Иловлинского района Волгоградской области, на цыплятах-бройлерах в условиях НИЦ «Безопасность и эффективность кормов и добавок» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет. **Результаты и выводы.** Результаты исследований, изложенные в статье, свидетельствуют об эффективности применения люпина взамен сои полножирной в кормлении свиней и цыплят-бройлеров. Использование зерна люпина в рецептуре комбикормов для свиней и цыплят-бройлеров позволило повысить живую массу и улучшить показатели крови. По результатам про-

веденных опытов за счет использования люпина увеличилась живая масса у молодняка свиней на 1,83-3,15 %, и цыплят-бройлеров на 2,95 %. Количество эритроцитов в крови свиней увеличилось на 0,21-0,83 млн/мкл, лейкоциты снизились на 0,20-1,70 тыс/мкл, общий белок увеличился на 0,47-1,01 г%, кальций увеличился на 1,47-1,84 %, фосфор на 0,08-0,16 ммоль/л. Скармливание комбикорма цыплятам-бройлером с использованием люпина способствовало увеличению эритроцитов на 0,14 (10^{12} /л), снижению лейкоцитов на 1,4 (10^9 /л), увеличению общего белка на 1,89 г/л, кальция и фосфора на 0,08 и 0,18 ммоль/л. Таким образом, скармливание люпина взамен сои полножирной в комбикормах для молодняка свиней и цыплят-бройлеров положительно отразилось на зоотехнических и гематологических показателях.

Ключевые слова: люпин, соя полножирная, кормление свиней, кормление цыплят-бройлеров, живая масса свиней, живая масса цыплят.

Цитирование. Николаев С. И., Карапетян А. К., Корнеева О. В., Бородин С. М. Эффективность применения зерна люпина сорта Деко в свиноводстве и птицеводстве. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 289-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-29.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Волгоградский регион относится к засушливым районам Нижнего Поволжья [6]. В данной области перспективно выращивать сорта растений с определенными параметрами (засухоустойчивость, жаровыносливость, низкая подверженность вредителями) [4]. Одной из таких культур, которой и посвящена данная работа, является люпин [1, 8, 12].

Высокая урожайность, культивирование в областях, где сою не выращивают или ее урожаи низкие, привлекает к люпину все больший интерес в связи с проблемой дефицита белка в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы [3, 5, 10, 11]. Созданы отечественные низкоалкалоидные сорта люпина, которые могут использоваться для замены соевых продуктов в составе комбикормов [2, 10]. К таким сортам можно отнести люпин сорта «Деко», который выращивается на территории Волгоградской области [9].

В связи с вышесказанным наши исследования, направленные на комплексное изучение эффективности использования зерна люпина в кормлении молодняка свиней и цыплят-бройлеров, актуальны.

Цель исследований – изучить влияние люпина в составе комбикормов на гематологические показатели и живую массу молодняка свиней и цыплят-бройлеров.

Объект исследования. Объектом исследований явились молодняк свиней генетики «DanBred» и цыплята-бройлеры кросса «Росс-308».

Материалы и методы. Первый научно-хозяйственный опыт был проведен на молодняке свиней от 57 до 180-дневного возраста. Для проведения опыта были подобраны 4 группы животных, сформированных по принципу аналогов, одна контрольная и три опытные – по 48 голов в каждой. Схема проведения первого научно-хозяйственного опыта представлена в таблице 1.

Животные содержались в станках безвыгульно. Климат в помещениях поддерживали в автоматическом режиме, согласно зоогигиеническим требованиям. Подопытных подсвинков кормили два раза в сутки. Вода была в свободном доступе.

Молодняк свиней контрольной группы получал полнорационный комбикорм с 10 % вводом сои полножирной. Животные 1- опытной группы получали комбикорм, в который был введен люпин сорта «Деко» взамен 50 % сои полножирной, 2-опытной – 75 % люпина сорта взамен сои полножирной, в 3-опытной была произведена полная замена сои полножирной на зерно люпина.

Таблиц 1 – Схема первого научно-хозяйственного опыта на молодняке свиней
Table 1 – Scheme of the first scientific and economic experiment on young pigs

Группа/ Group	Число голов/ Number of heads	Продолжительность опыта, дней/Duration of experience, days	Особенности кормления животных/ Features of animal feeding
Контрольная/ control	48	124	ОР (основной рацион) с соей полно- жирной /OR (main diet) with full-fat soy
1-опытная/1- experience	48	124	ОР с заменой 50 % сои полножирной на зерно люпина/OR with the replace- ment of 50 % full-fat soy with lupine grain
2-опытная/2- experience	48	124	ОР с заменой 75 % сои полножирной на зерно люпина/OR with the replace- ment of 75 % full-fat soy with lupine grain
3-опытная/3- experience	48	124	ОР с заменой 100 % сои полножирной на зерно люпина/OR with the replace- ment of 100 % full-fat soy with lupine grain

Второй научно-хозяйственный опыт на цыплятах-бройлерах был проведен в условиях НИЦ «Безопасность и эффективность кормов и добавок». Цыплят в подопытные группы подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития. Условия содержания, плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали методическим рекомендациям ВНИТИП. В каждой подопытной группе было по 120 голов цыплят-бройлеров. Продолжительность опыта была 37 дней. Схема опыта представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Схема второго научно-хозяйственного опыта на цыплятах-бройлерах
Table 2 – Scheme of the second scientific and economic experiment on broiler chickens

Группа/group	Кол-во голов/ Number of goals	Прод-ть опыта, дней/ Length of ex- perience, days	Особенности кормления/ Feeding features
Контрольная / Control	120	37	ОР (основной рацион) с соей полножирной/OR (main diet) with full-fat soy
Опытная / experimental	120		ОР (основной рацион) с заменой сои полно- жирной на люпин и дополнительно введен в комбикорм бишофит 2 мл на 1 кг комбикорма/ OR (the main diet) with the replacement of full-fat soy with lupin and additionally introduced into the compound feed bischofit 2 ml per 1 kg of compound feed

В комбикормах цыплят-бройлеров с 1 по 21 день выращивания сои содержалось 5 %, с 22 по 35 день выращивания – 6 % и с 36 по 37 день выращивания – 7,5 %. Цыплятам опытной группы в комбикорме сою полножирную заменили на люпин и добавили 2 мл бишофита на 1 кг комбикорма.

Анализ изучения крови молодняка свиней проводили в лаборатории ГБУ ВО «Волгоградская облветлаборатория», анализ крови цыплят-бройлеров проводили в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ.

Результаты и обсуждение. Живая масса к концу откорма свиней (180 дней) в контрольной группе составила 131,04 кг, у свиней 1-опытной группы – 133,97 кг, что на 2,81 кг выше, чем в контрольной группе, во 2-опытной группы – 135,17 кг, что выше контроля на 3,96 кг и в 3-опытной группе свиней – 133,44 кг, что выше аналогов из контрольной группы на 2,30 кг.

Определение гематологических показателей позволяет оценить состояние здоровья животных. На уровень содержания тех или иных показателей влияет в первую очередь питание и физиологическое состояние животных (рисунки 1 и 2).

Количество содержания лейкоцитов в контрольной группе составило 13,90 тыс/мкл лейкоцитов, в 1-опытной группе – 13,70 тыс/мкл, что ниже чем в контроле, на 0,20 тыс/мкл, во 2-опытной группе – 12,20 тыс/мкл, что ниже, чем в контрольной группе молодняка свиней, на 1,70 тыс/мкл и в 3-опытной группе свиней – 12,73 тыс/мкл, что ниже, чем в контрольной группе, на 1,17 тыс/мкл.

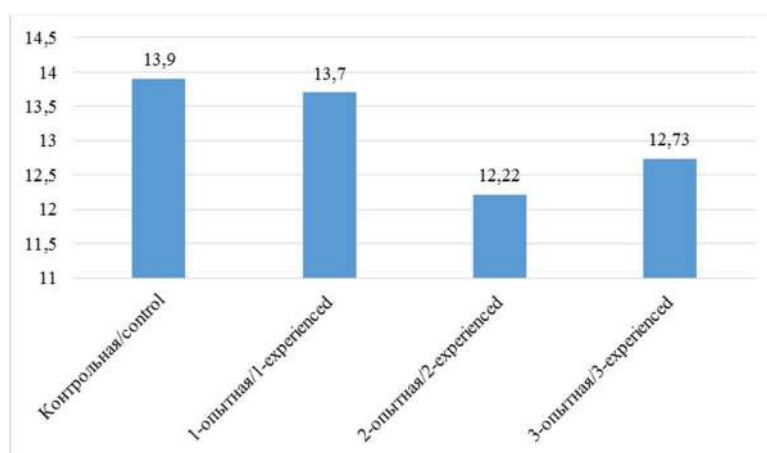


Рисунок 1 – Содержание лейкоцитов в крови молодняка свиней, тыс/мкл

Figure 1 – The content of leukocytes in the blood of young pigs, thousand/ μ l

Эритроцитов в крови свиней в контрольной группе было на уровне – 6,25 млн/мкл, в 1-опытной группе – 6,46 млн/мкл, что выше, чем в контрольной группе, на 0,21 млн/мкл, во 2-опытной группе – 7,08 млн/мкл что выше в соизмерении с контрольной группой на 0,83 млн/мкл и в 3-опытной группе – 6,91 млн/мкл, что было выше, чем в контрольной группе, на 0,66 млн/мкл.

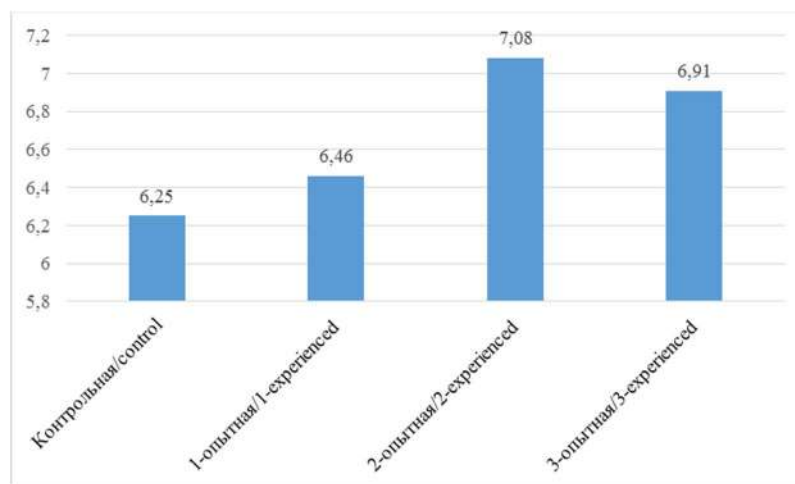


Рисунок 2 – Содержание эритроцитов в крови молодняка свиней, млн/мкл

Figure 2 – The content of erythrocytes in the blood of young pigs, million/ μ l

Уровень общего белка в крови молодняка свиней контрольной группы был на уровне 6,76 г%, а в 1 опытной изучаемый показатель составил 7,23 г%, что в соизмерении с контролем было выше на 0,47 г%, в группе 2 опытная – 7,77 г%, что выше на 1,01 г%, и 3 опытной – 7,62 г%, что в соизмерении с контрольной группой было выше на 0,86 г% (таблица 3).

По результатам исследований уровень глюкозы в контрольной группе – составил 5,67 ммоль/л, однако у свиней опытных групп отмечалось снижение данного показателя в 1-опытной группе на 0,24 ммоль/л, во 2-опытной группе на 0,57 ммоль/л и в 3-опытной группе на 0,27 ммоль/л.

Таблица 3 – Биохимические показатели молодняка свиней, (M±m) (n=3)

Table 3 – Biochemical parameters of young pigs, (M±m) (n=3)

Группа/ Group	Показатель/ Indicator					
	белок общий/ total protein	Глюкоза/ glucose	Мочевина/ urea	неорганический фосфор/ inorganic phosphorus	общий кальций/ total calcium	Холестерин/ cholesterol
Ед. изм./ Ed. ed.	г%/ g%	ммоль/л/ mmol/l	ммоль/л/ mmol/l	ммоль/л/ mmol/l	ммоль/л/ mmol/l	ммоль/л/ mmol/l
Контрольная/control	6,76±0,78	5,67±0,40	6,67±1,15	2,17±0,18	2,72±0,16	1,11±0,11
1-опытная/1-experienced	7,23±0,28	5,43±0,43	6,37±0,52	2,25±0,08	2,72±0,13	1,08±0,18
2-опытная/2-experienced	7,77±0,45	5,10±0,71	5,95±0,51	2,33±0,11	2,77±0,09	1,02±0,08
3-опытная/3-experienced	7,62±0,05	5,40±0,75	6,23±0,59	2,33±0,39	2,76±0,12	1,04±0,12

По результатам исследований уровень глюкозы в контрольной группе – составил 5,67 ммоль/л, однако у свиней опытных групп отмечалось снижение данного показателя в 1 опытной группе на 0,24 ммоль/л, во 2 опытной группе на 0,57 ммоль/л и в 3-опытной группе на 0,27 ммоль/л.

Проведенные биохимические исследования показали, что в крови молодняка свиней опытных групп под влиянием изучаемого корма снизилось количество содержания мочевины: так, в 1-опытной группе – на 0,3 ммоль/л, во 2-опытной группе – на 0,72 ммоль/л и в 3-опытной группе – на 0,44 ммоль/л.

Кальция и фосфора в крови животных контрольной группы содержалось 2,72 ммоль/л и 2,17 ммоль/л. В крови свиней 1-, 2- и 3-опытной групп фосфора содержалось 2,25 ммоль/л, 2,33 ммоль/л и 2,33 ммоль/л, что было выше, чем в контрольной группе, на 0,08 ммоль/л, 0,16 ммоль/л и 0,16 ммоль/л. Кальция в крови животных опытных групп в сравнении с контролем содержалось больше на 1,47-1,84 %.

В крови молодняка свиней опытных групп снизилось содержание холестерина: так, в 1-опытной группе – на 0,03 ммоль/л, во 2-опытной группе – на 0,09 ммоль/л и в 3-опытной группе – на 0,07 ммоль/л.

Таким образом, введение люпина сладкого сорта Деко в состав рациона для молодняка свиней на откорме взамен сои полножирной оказало положительное влияние на изучаемые показатели крови, что говорит о полноценном и сбалансированном кормлении.

Результаты второго научно-хозяйственного опыта, проведенного на цыплятах-бройлерах, по изучению влияния люпина совместно с бишофитом на живую массу и гематологические показатели приведены ниже.

Живая масса является важным показателем роста и развития цыплят-бройлеров, отличающихся большой интенсивностью роста. Так, по окончании проведения опыта живая масса у птицы в опытной группе была выше контроля. В контрольной группе показатель составил 2361,70 г, в опытной – 2433,6 г, что выше в сопоставлении с контролем на 71,9 г или 2,95 %.

Показатели крови, полученные от бройлеров контрольной и опытной групп, варьировали в границах физиологической нормы. Это свидетельствует о нормальном физиологическом статусе подопытной птицы (таблица 4).

Эритроцитов в крови опытной группы было в пределах $3,24 (10^{12}/л)$, а в контроле – $3,10 (10^{12}/л)$. Наибольшим данный показатель отмечался в группе опытной – $3,24 (10^{12}/л)$, что в сравнении с контролем было выше на $0,14 (10^{12}/л)$.

В границах допустимых норм были лейкоциты у птицы. В соизмерении с контрольной группой, где данный показатель составил $32,37 (10^9/л)$, в опытной – $30,97 (10^9/л)$. Разница в опытной группе в сравнении с контролем составила $1,4 (10^9/л)$.

В крови цыплят-бройлеров контроля доля общего белка – 52,24 г/л, а в опытной – 54,13 г/л, и было выше в сравнении с контрольной группой на 1,89 г/л.

Таблица 4 – Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров, ($M \pm m$) (n=6)

Table 4 – Morphological and biochemical parameters of blood broiler chickens, ($M \pm m$) (n=6)

Показатели/ Indicators		Эритроци- ты, $10^{12}/л$ / Erythrocyte s $10^{12}/л$	Лейкоци- ты, $10^9/л$ / Leukocyte s, $10^9/л$	Общий белок, г/л/ Total protein, g/l	Альбу- мин, г/л/ Albumin, g/l	Глюко- за, ммоль/л/ Glucose, mmol/l	Кальций, ммоль/л/ Calcium, mmol/l	Фосфор, ммоль/л/ Phosphor us, mmol/l	Магний, ммоль/л/ Magnesi um, mmol/l
Группы подопытные/ Experimental groups	Кон- троль- ная/con trol	$3,10 \pm 0,17$	$32,37 \pm 0,66$	$52,24 \pm 0,49$	$26,66 \pm 0,22$	$12,37 \pm 0,2$	$2,80 \pm 0,03$	$2,26 \pm 0,07$	$1,25 \pm 0,09$
	Опыт- ная/ experim ental	$3,24 \pm 0,16$	$30,97 \pm 0,62$	$54,13 \pm 0,45^*$	$27,13 \pm 0,25$	$12,84 \pm 0,22$	$3,03 \pm 0,05$	$2,34 \pm 0,05$	$1,43 \pm 0,12$

Альбумин в крови птиц контрольной группы составил 26,66 г/л, в опытной – 27,13 г/л, что на 0,47 г/л выше, чем в контроле.

Несколько повышенное содержание глюкозы в крови было зафиксировано у бройлеров в опытной группе, что в соотношении с контролем на 0,47 (ммоль/л), соответственно, выше. Содержание данного показателя колебалось в пределах 12,84 ммоль/л, а в контрольной группе – 12,37 ммоль/л.

В крови бройлеров уровень кальция в опытной группе был на уровне 3,03 ммоль/л и при сравнении с контролем был больше на 0,08 ммоль/л, в то время как в контрольной группе данный показатель составил 2,8 ммоль/л.

Концентрация фосфора в крови птиц контрольной группы составила 2,26 ммоль/л, в опытной – 2,34 ммоль/л. Разница с контролем в пользу опытной группы составила, соответственно, 0,08 ммоль/л.

Количество содержания магния в крови в контрольной группе цыплят-бройлеров было 1,25 ммоль/л, в опытной – 1,43 ммоль/л. Разница составила 0,18 ммоль/л в пользу опытной группы.

Нами было отмечено положительное действие люпина сорта Деко и природной минеральной добавки бишофит на гематологические показатели и живую массу цыплят-бройлеров.

Выводы. Для повышения живой массы и увеличения гематологических показателей сельскохозяйственных животных и птицы, а в частности молодняка свиней и цыплят-бройлеров рекомендуем использовать в составе рационов зерно люпина сорта Деко.

Conclusions. To improve the hematological and biochemical parameters of the blood of farm animals and poultry, and in particular pigs and broiler chickens, we recommend using the Deco variety lupin as part of the diets.

Библиографический список

1. Антипов А. Е., Юрьева Е. В. Формирование внутренних органов свиней при использовании нетрадиционного корма при откорме // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (72). С. 97-100.
2. Влияние нетрадиционного кормового сырья на морфологические и биохимические показатели крови бройлеров / О. В. Самофалова, А. К. Карапетян, С. И. Николаев, А. С. Чернышков // Птицеводство. 2023. № 1. С. 29-33.
3. Использование альтернативных кормовых продуктов в птицеводстве / И. Ю. Даниленко, А. В. Колодяжный, А. Д. Имангалиев, О. В. Самофалова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (210). С. 72-76.
4. Использование альтернативного кормового ингредиента в рационе свиней / Е. В. Корнилова, С. И. Николаев, А. К. Карапетян [и др.] // Главный зоотехник. 2023. № 3 (236). С. 3-12.
5. Милушев Р. К., Шулаев Г. М. Концентраты из растительного сырья для балансирования комбикормов: теория и практика использования // Свиноводство. 2022. № 3. С. 40-43.
6. Никишенко А. В., Чехранова С. В. Белоксодержащая кормовая добавка "Горlinkка" в рационах лактирующих коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 5. С. 15-25.
7. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства / И. Е. Горин, О. В. Самофалова, А. К. Карапетян, С. И. Николаев, Е. С. Воронцова, Е. В. Корнилова, А. С. Чернышков // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 334-340.
8. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства / И. Е. Горин, О. В. Самофалова, А. К. Карапетян [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 334-340.
9. Руцкая В. И., Сорокин А. Е. К вопросу об использовании люпина в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 1. С. 6-11.
10. Эффективность использования нута волгоградской селекции в кормлении свиней / А. А. Мартынов, В. В. Шкаленко, В. И. Водяников, С. И. Николаев, Е. В. Корнилова // Известия НВ АУК. 2021. № 4 (64). С. 253-266.
11. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Feeding chickpea to weaned pigs // Canadian Hog Journal. 2018. P. 53-55.
12. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Nutrient digestibility of chickpea in ileal-cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs fed chickpea-based diets // Animal Feed Science and Technology. 2017. Vol. 234. P. 205-216.

References

1. Antipov A. E., Yurieva E. V. Formation of internal organs of pigs when using unconventional feed when fattening // Bulletin of Michurin State Agrarian University. 2023. № 1 (72). P. 97-100.
2. Influence of unconventional feed raw materials on morphological and biochemical blood parameters of broilers / O. V. Samofalova, A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, A. S. Chernyshkov // Poultry industry. 2023. № 1. P. 29-33.
3. The use of alternative feed products in poultry farming / I. Yu. Danilenko, A. V. Kolodyazhny, A. D. Imangaliev, O. V. Samofalova // Bulletin of Altai State Agrarian University. 2022. № 4 (210). P. 72-76.

4. The use of an alternative feed ingredient in the diet of pigs / E. V. Kornilov, S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan [et al.] // Chief livestock specialist. 2023. № 3 (236). P. 3-12.
5. Milushev R. K., Shulaev G. M. Concentrates from vegetable raw materials for balancing feed: theory and practice of use // Pig production. 2022. № 3. P. 40-43.
6. Nikishenko A. V., Chehranova S. V. White-containing feed additive "Gorlinka" in the rations of lactating cows // Feeding farm animals and feed production. 2019. № 5. P. 15-25.
7. Development and use of feed, including unconventional feed products / I. E. Gorin, O. V. Samofalova, A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, E. S. Vorontsova, E. V. Kornilova, A. S. Chernyshkov // Izvestia NV AUK. 2022. № 4 (68). P. 334-340.
8. Development and use of compound feed, including unconventional feed products / I. E. Gorin, O. V. Samofalova, A.K. Karapetyan [et al.] // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2022. № 4 (68). P. 334-340.
9. Ruts kaya V. I., Sorokin A. E. On the use of lupine in feeding farm animals and poultry // Adaptive feed production. 2019. № 1. P. 6-11.
10. The effectiveness of using chickpeas of Volgograd breeding in feeding pigs / A. A. Martynov, V. V. Shkalenko, V. I. Vodyannikov, S. I. Nikolaev, E. V. Kornilova // Izvestia NV AUK. 2021. № 4 (64). P. 253-266.
11. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Feeding chickpea to weaned pigs // Canadian Hog Journal. 2018. P. 53-55.
12. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Nutrient digestibility of chickpea in ileal-cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs fed chickpea-based diets // Animal Feed Science and Technology. 2017. Vol. 234. P. 205-216.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетын Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604>, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Корнеева Ольга Владимировна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652>, e-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Бородин Сергей Михайлович, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: sborodin@reddon.ru

Authors Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694>, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Karapetyan Anzhela Keropovna, Professor of the Department of Feeding and Breeding Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604>, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Korneeva Olga Vladimirovna, teacher of the department Feeding and breeding of farm animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1621-3652>, e-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Borodin Sergey Mikhailovich, postgraduate student of the department Feeding and breeding of farm animals, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Biological Sciences, e-mail: sborodin@reddon.ru

SURVIVAL AND ACTIVITY OF RUSSIAN STURGEON SPERMATOZOA USING VARIOUS CRYOENVIRONMENTS

D. A. Randelin, T. M. Davudova, A. I. Novokschenova, Yu. V. Kravchenko,
V. N. Agapova

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: davudovaturkan@mail.ru

Received 07.06.2023

Submitted 10.08.2023

Summary

The article studied the survival and activity of Russian sturgeon spermatozoa using various cryogenic media, assessing the effectiveness of using cryopreserved sperm in the artificial reproduction of Russian sturgeon.

Abstract

Introduction At present, the survival and activity of Russian sturgeon spermatozoa are being studied using various cryogenic media. Possibility of increasing the low cryoresistance of sturgeon sperm due to the use of antioxidants in the composition of basic cryoprotective media. However, today, inbreeding of individuals is often carried out at fish hatcheries, which threatens with the loss of the natural genetic diversity of populations, inbreeding and, accordingly, a decrease in the adaptive potential of animals. While the preservation of cryopreserved sperm during artificial reproduction, at fish farms, will allow obtaining genetically heterogeneous offspring, reduce the area and cost of maintaining males, thereby allowing an increase in the production herd of females. Biotechnical development of cryopreservation of spermatozoa in Russian sturgeon for the purpose of their long-term storage at low and ultralow temperatures is an important area of research in the field of aquaculture and involves the creation of cryobanks of sturgeon genomes. It is known that aqueous plasma crystals and the cell itself often cause spermatolysis when frozen. Therefore, the search for substances with cryoprotective properties continues to this day. In this work, we studied various cryomedia in various proportions using sturgeon seminal fluid. The results obtained were compared with the base medium. In addition, the freezing and storage of seminal fluid was carried out in two versions: at low and ultra-low temperatures. The cold resistance of spermatozoa was assessed by spermatozoa motility and morphological analysis of cells by light microscopy. It is shown that this is due to the composition of cryoprotectants. The most severe violations were observed when adding osmotically active substances, including some inorganic compounds. **Object.** The object of the study is the spermatozoa of the Russian sturgeon. **Materials and methods.** Reproductive cells of Russian sturgeon males obtained in the scientific center "Breeding of valuable sturgeon breeds" were used for the study. The studies were carried out at the Scientific Center "Breeding of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. For the study, Russian sturgeon sperm, obtained at the research center, was used. The studies were carried out in 2020-2022. sperm was obtained by the method of Tsvetkova et al. Collection, placement and storage of samples in a Dewar vessel equipped with canisters for placing biomaterial, which are suspended in a vessel on fiberglass handles to reduce heat gain and obtain maximum storage time at liquid nitrogen temperature, freezing was carried out in accordance with the "Regulations on the collection genetic low-temperature fish sperm bank" (1996) and "Procedure for collecting and laying in a low-temperature bank of genetic collections of fish sperm" (1996), approved by the Interdepartmental Ichthyological Commission. Also used polyethylene containers for freezing and storage with a volume of 1.5 and 0.6 ml. binocular microscope Micromed, Goryaev's camera, which was necessary to count the number of cells in a given volume of liquid. In studies on cryopreservation, semen with an activity of 4 and 5 points was used. Cryopreservation of reproductive cells was carried out according to a previously developed method using the most optimal cryoenvironment. The essence of the freezing technique is as follows. Freezing of a biological object in nitrogen vapor occurs from the initial tempera-

ture to the eutectic one. When the temperature reaches the cryoscopic value, the stage of ice crystal formation begins. When the crystal formation process ends, and the temperature throughout the volume of the test tube with the biological object reaches the eutectic temperature, the test tube with the biological object is immersed in liquid nitrogen, continuing its freezing to a final temperature of -196°C . After that, the test tube with the biological object is left in liquid nitrogen for long-term storage. Russian sturgeon sperm samples were kept in liquid nitrogen for 12 hours. **Results and conclusions.** When freezing the seminal fluid of Russian sturgeon in cryo-medium № 1, the life time of spermatozoa during dilution averaged 228.1 seconds, with defrosting 134.6 seconds, while the activity of diluted sperm was 57.8%, and defrosted 43.8%. During cryopreservation in medium № 2, in comparison with cryo-medium № 1, the activity and lifetime of diluted sperm increased by 6.32% and 5.11%, defrosted sperm by 4.95% and 4.43%, respectively. The use of cryo-medium № 3 in comparison with cryo-medium № 1 did not have a significant effect on the increase in the activity of spermatozoa in dilute and defrosted seminal fluid (3.38 and 2.22%, respectively), however, an increase in the lifetime of spermatozoa by 8.84% was recorded. (diluted) and 8.21% (defrosted). When using medium № 4 containing soy lecithin, it was recorded that, in comparison with cryo-medium № 1, the activity of diluted sperm increased by 13.55, and defrosted by 10.6%, while the lifetime of spermatozoa increased by 2.79 and 2.05%. Thus, the implementation of research results will increase the demand for cryotechnologies for large volumes of sperm required for the formation of industrial cryobanks.

Key words: *Russian sturgeon, cryo-environment, reproductive cells of male fish.*

Citation. Randelin D. A., Davudova T. M., Novokshyonova A. I., Kravchenko Yu. V., Agapova V. N. Survival and activity of Russian sturgeon spermatozoa using various cryoenvironments. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 298-306 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-30.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 639.371.2

ВЫЖИВАЕМОСТЬ И АКТИВНОСТЬ СПЕРМАТОЗОИДОВ РУССКОГО ОСЕТРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ КРИОСРЕД

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор

Т. М. Давудова, преподаватель

А. И. Новокщёнова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ю. В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В. Н. Агапова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время изучается выживаемость и активность сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред, возможность повышения низкой криорезистентности спермы осетровых рыб за счет использования антиоксидантов в составе базовых криопротекторных сред. Однако часто сегодня на рыбоводных заводах проводится близкородственное скрещивание особей, что грозит потерей природного генетического разнообразия популяций, инбридингом и, соответственно, снижением адаптивного потенциала животных. Тогда как сохранение криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве, на рыбоводных предприятиях, позволит получать генетически разнородное потомство, сократит площади и затраты на содержание самцов, тем самым позволив увеличить продуктивное стадо самок. Биотехническая разработка криоконсервации сперматозоидов русского осетра с целью их длительного хранения при низких и сверхнизких температурах является актуальным направлением исследования в области аквакультуры и предполагает создание криобанков геномов осетра. Известно, что водные кристаллы плазмы и сама клетка часто вызывают

сперматозоидов при замораживании. Поэтому поиск веществ с криопротекторными свойствами продолжается до сих пор. В данной работе мы исследовали различные криосреды в различных соотношениях с использованием семенной жидкости осетра. **Объект.** Объектом исследования являются сперматозоиды русского осетра. **Материалы и методы.** Исследования проводили в НЦ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ в 2020-2022 гг. Для проведения исследования использовали сперму русского осетра, полученную в научном центре методом Цветковой с соавторами. Сбор, закладка и хранение образцов в сосуде Дьюара, укомплектованном канистрами для размещения биоматериала, которые подвешиваются в сосуде на стеклопластиковых ручках для уменьшения теплопритока и получения максимального времени хранения при температуре жидкого азота, замораживание проводили в соответствии с «Положением о коллекционном генетическом низкотемпературном банке спермы рыб» и «Порядком сбора и закладки в низкотемпературный банк генетических коллекций спермы рыб», утвержденными Межведомственной ихтиологической комиссией. Также использовали полиэтиленовые контейнеры для замораживания и хранения объемом 1,5 и 0,6 мл, бинокулярный микроскоп Микромед, камеру Горяева, которые были необходимы для подсчета количества клеток в заданном объеме жидкости. В исследованиях по криоконсервации использовали сперму активностью 4 и 5 баллов. Криоконсервацию репродуктивных клеток проводили по разработанной ранее методике с использованием наиболее оптимальной криосреды. **Результаты и выводы.** При замораживании семенной жидкости русского осетра в криосреде №1, время жизни спермиев при разбавлении в среднем составило 228,1 секунды, при дефростации 134,6 секунды, при этом активность разбавленной спермы составила 57,8%, а дефростированной 43,8%. При криоконсервации в среде №2, в сравнении с криосредой №1 увеличилась активность и время жизни разбавленной спермы на 6,32% и 5,11%, дефростированной спермы на 4,95% и 4,43% соответственно. Использование криосреды №3 в сравнении с криосредой №1 не оказало значительного влияния на увеличение активности сперматозоидов в разбавленной и дефростированной семенной жидкости (3,38 и 2,22% соответственно), однако при этом было зафиксировано увеличение времени жизни сперматозоидов на 8,84% (разбавленная) и 8,21% (дефростированная). При использовании среды № 4, содержащей соевый лецитин, было зафиксировано, что в сравнении с криосредой № 1, активность разбавленной спермы увеличилась на 13,55%, а дефростированной – на 10,6 %. При этом время жизни сперматозоидов увеличилось на 2,79 и 2,05%. Таким образом, внедрение результатов исследований позволит увеличить востребованность криотехнологий для больших объемов спермы, необходимых для формирования производственных криобанков.

Ключевые слова: русский осетр, криосреды, репродуктивные клетки самцов рыб.

Цитирование Ранделин Д. А., Давудова Т. М., Новокщёнова А. И., Кравченко Ю. В., Агапова В. Н. Выживаемость и активность сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 298-306. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-30.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В наше время остро стоит вопрос сохранения биологического разнообразия. Критическая ситуация сложилась с русским осетром, который является наиболее ценным объектом промысла в бассейнах южных морей России. Повышенный интерес к криоконсервированию связан с нарастающим антропогенным влиянием на водные экосистемы, от которого особенно пострадали русские осетра – наиболее крупная группа позвоночных животных. Такое воздействие резко ускорило темп преобразования водоёмов, что сказалось на сокращении числа видов, упрощении их популяционной структуры и в целом на биоразнообразии. Наблюдают и неуклонное сокращение численности рыб даже в крупных экосистемах. Особенно это заметно на таких видах, как

осетровые [1, 3, 4]. Если ранее русский осётр имел промысловое значение, то в настоящее время его вылов запрещен. А популяция русского осётра резко уменьшилась. Такое состояние с популяциями аборигенных, уникальных, исчезающих и хозяйственно-ценных видов рыб в южных морях России приводит к острой необходимости, наряду с восстановлением численности этих видов в естественных водоёмах, приступить к полномасштабному выращиванию их в искусственных условиях и развивать аквакультуру как агропромышленный сектор с применением низкзатратных и эффективных технологий, которые обеспечивают снижение промыслового давления на естественные популяции. Среди мероприятий по сохранению этого богатства, важное место принадлежит методам консервирования сперматозоидов с использованием различных криосред [1, 5-7]. Решение такой проблемы возможно путем длительного сохранения генетической информации. В сложившейся ситуации безальтернативным является метод криоконсервации репродуктивных клеток [2, 10]. На сегодняшний день главным источником поддержания запасов русского осетра является его искусственное воспроизводство. Однако в его основу положены принципы содержания и использования производителей из маточных стад, содержащихся на предприятии, что, в свою очередь, ограничивает число особей, скрещивающихся между собой, и приводит впоследствии к инбридингу, что грозит потерей природного генетического разнообразия популяций, и соответственно, снижением адаптивного потенциала животных [3, 9]. Кроме того, в формировании маточных стад на рыбоводных заводах, особенно осетровых, отсутствуют какие-либо принципы и, зачастую, оно носит стихийный характер, что связано с нехваткой производителей. Все это отражается на качестве (физиологическая, генетическая полноценность) молоди, выпускаемой с рыбоводных заводов [2, 4, 5]. Отмечено, что выпуск «заводской» молоди осетровых в водоемы увеличивает долю гетерозигот в популяции, а это приводит к сокращению численности и постепенной деградации потомства [8, 9, 11, 12]. Тогда как сохранение криоконсервированной спермы при искусственном воспроизводстве, на рыбоводных предприятиях, позволит получать генетически разнообразное потомство, сократит площади и затраты на содержание самцов, тем самым позволив увеличить продуктивное стадо самок [8].

Совершенствование методов подготовки клеток и тканей к низкотемпературному консервированию идет путем применения комбинированных методик, доработки существующих подходов и технологий, а также через поиск нестандартных приемов перевода клеток в состояние анабиоза [2].

Целью наших исследований является сохранять и использовать репродуктивные клетки самцов русского осетра, дающих высококачественное потомство в течение длительного времени, превышающего продолжительность жизни самих производителей, также создать банк генов самца русского осетра, представляющих ценный материал для сохранения вида, что позволит транспортировать сперму таких производителей в отдаленные районы, совершенствуя таким образом аквакультуру в этих районах. Спермии является наиболее подходящим для глубокого замораживания видом клеток, так как генетический материал в них плотно упакован, содержание воды, с замерзанием которой связано основное повреждение клетки, мало и уровень жизнедеятельности в неподвижном состоянии низок.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в НЦ «Разведение ценных пород осетровых» Волгоградского ГАУ в 2020-2022 гг. Для проведения исследования использовали сперму русского осетра, полученную в научном центре методом Цветковой с соавторами. Сбор, закладка и хранение образцов в сосуде Дьюара, укомплектованного канистрами для размещения биоматериала, которые подвешиваются в сосуде на стеклопластиковых ручках для уменьшения теплопритока и получения максимального времени хранения при температуре жидкого азота, замораживание проводи-

ли в соответствии с «Положением о коллекционном генетическом низкотемпературном банке спермы рыб» и «Порядком сбора и закладки в низкотемпературный банк генетических коллекций спермы рыб», утвержденными Межведомственной ихтиологической комиссией. Также использовали полиэтиленовые контейнеры для замораживания и хранения объемом 1,5 и 0,6 мл, бинокулярный микроскоп Микромед, камеру Горяева, которые были необходимы для подсчета количества клеток в заданном объеме жидкости. В исследованиях по криоконсервации использовали сперму активностью 4 и 5 баллов. Криоконсервацию репродуктивных клеток проводили по разработанной ранее методике с использованием наиболее оптимальной криосреды. Сущность методики замораживания заключается в следующем. Замораживание биообъекта в парах азота происходит от начальной температуры до эвтектической. При достижении температуры значения криоскопической начинается этап кристаллообразования льда. Когда процесс кристаллообразования заканчивается, а температура по всему объему пробирки с биообъектом достигает эвтектической температуры, пробирку с биообъектом погружают в жидкий азот, продолжая ее замораживание до конечной температуры -196°C . После этого пробирку с биообъектом оставляют в жидком азоте для длительного хранения. Выдерживание образцов спермы русского осетра в жидком азоте проводили в течение 12 часов.

Результаты и обсуждение. В процессе криоконсервирования клетки подвергаются воздействию целого комплекса стрессовых факторов, которые вызывают структурные и функциональные изменения различных субклеточных систем. Данные процессы могут развиваться на этапе, предшествующем замораживанию, в зоне положительных температур в присутствии криопротекторов, а также под влиянием охлаждения или отогрева. Очевидно, что в основе успеха криоконсервации лежит разработка такой методики (а впоследствии и технологии), которая сможет обеспечить, достаточно надежную защиту целостности клеточных органелл после процессов замораживания-оттаивания, необходимый запас энергетических веществ, обеспечивающих начало обменных процессов в клетках и тканях после двойного температурного шока. Таким образом при замораживании семенной жидкости русского осетра в криосреде №1, время жизни спермиев при разбавлении в среднем составило 228,1 секунды, при дефростации – 134,6 секунды, при этом активность разбавленной спермы составила 57,8%, а дефростированной 43,8%. При криоконсервации в среде №2, в сравнении с криосредой №1, увеличилась активность и время жизни разбавленной спермы на 6,32% и 5,11%, дефростированной спермы на 4,95% и 4,43% соответственно. Использование криосреды №3 в сравнении с криосредой №1 не оказало значительного влияния на увеличение активности сперматозоидов в разбавленной и дефростированной семенной жидкости (3,38 и 2,22% соответственно), однако при этом было зафиксировано увеличение времени жизни сперматозоидов на 8,84% (разбавленная) и 8,21% (дефростированная). При использовании среды № 4, содержащей соевый лецитин, было зафиксировано, что в сравнении с криосредой №1, активность разбавленной спермы увеличилась на 13,55%, а дефростированной - на 10,6 %, при этом время жизни сперматозоидов увеличилось на 2,79 и 2,05%. Таким образом, внедрение результатов исследований позволит увеличить востребованность криотехнологий для больших объемов спермы, необходимых для формирования производственных криобанков. Результаты исследований приведены в рисунках 1, 2.

Из приведенных данных рисунков 1, 2 мы установили, что криосреда № 5 в сравнении с криосердой № 1 оказала положительное влияние как на активность, так и на время жизни сперматозоидов. Использование криосерды №6, в значительной степени повлияло на увеличение активности сперматозоидов в сравнении с базовой средой (№ 1). Криосреда № 7 в сравнении со средой № 1 оказала положительное влияние на повышение активности разбавленной и дефростированной семенной жидкости. Наилучшие результаты были зафиксированы при использовании криосреды №8 в сравнении с базовой средой № 1.

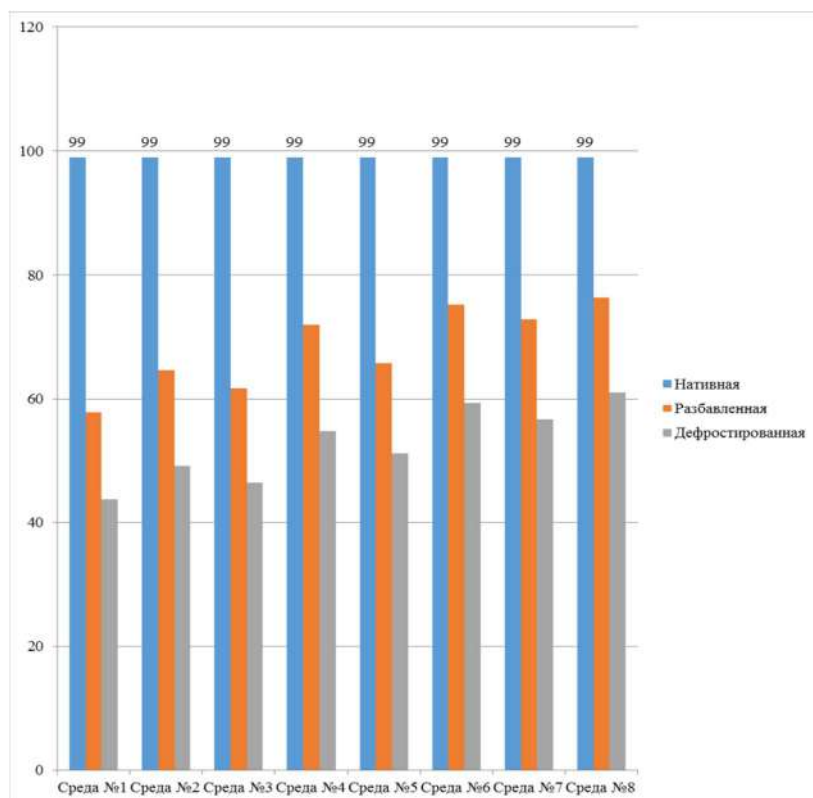


Рисунок 1 – Активность сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред
Figure 1 – The activity of Russian sturgeon spermatozoa using various cryogenic media

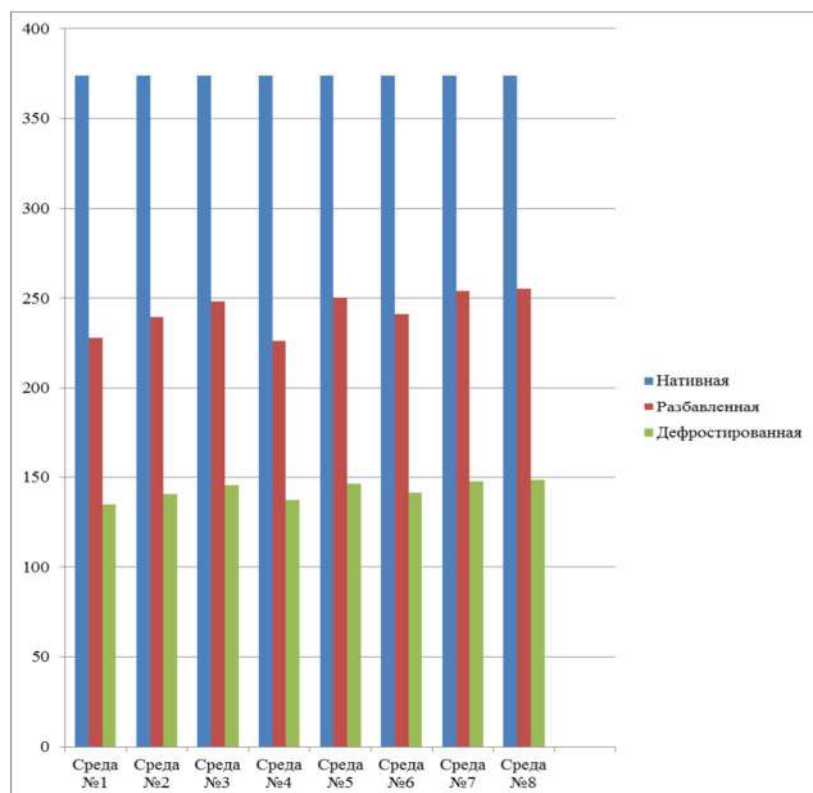


Рисунок 2 – Выживаемость сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред
Figure 2 – Survival of Russian sturgeon spermatozoa using various cryogenic media

Заключение. Анализируя результаты наших исследований по выживаемости и активности сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред, мы установили, что показатели в криосреде № 5 в сравнении с данными криосерды №1 были выше в разбавленной семенной жидкости на 7,2 и 9,76%, а в дефростированной – на 6,97 и 8,62% соответственно. В криосреде №6 активность разбавленной семенной жидкости увеличилась на 16,78%, а дефростированной – на 15,21%, время жизни увеличилось на 5,79 и 5,18% соответственно. Что касается криосреды №7, то мы наблюдали активность семенной жидкости на 14,46 и 12,54% выше, а также увеличение времени жизни на 11,42 и 9,77%. Криосреда №8 в сравнении с контрольной показывает, что активность сперматозоидов увеличилась на 18,03 и 16,86% в разбавленной и дефростированной семенной жидкости, а время жизни увеличилось на 11,9 и 10,37%. Таким образом, наилучшие показатели активности и времени жизни были зафиксированы при использовании среды №8. Поэтому при криоконсервации необходимо отбирать сперму только высокого качества, отвечающую стандартным рыбоводным показателям.

Conclusions. Analyzing the results of our studies on the survival and activity of Russian sturgeon spermatozoa using various cryogenic media, we found that the indicators in cryo-medium No. 5 in comparison with the data of cryo-heart No. 1 were higher in diluted seminal fluid by 7.2 and 9.76%, and in defrosted by 6.97 and 8.62, respectively. In cryoheart No. 6, the activity of diluted seminal fluid increased by 16.78%, and defrosted by 15.21%, and the lifetime increased by 5.79 and 5.18%, respectively. As for the cryo-medium No. 7, we observed the activity of the seminal fluid by 14.46 12.54%, as well as an increase in the life time by 11.42 and 9.77%. Cryo-medium No. 8 in comparison with the control shows that the activity of spermatozoa increased by 18.03 and 16.86% in diluted and defrosted seminal fluid, and the life time increased by 11.9 and 10.37%. Thus, the best indicators of activity and life time were recorded when using medium No. 8. Therefore, during cryopreservation, it is necessary to select only high quality sperm that meets standard fish breeding parameters.

Библиографический список

1. Белая М. М., Красильникова А. А. Влияние скорости замораживания на рыбоводные качества спермы осетровых рыб // Вестник Астраханского государственного технического университета. Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 83–90.
2. Васильева Л. М., Судакова Н. В. Основные направления российского осетроводства // Рыбное хозяйство. 2020. № 4. С. 19-21.
3. Красильникова А. А., Тихомиров А. М. Получение жизнеспособной молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) при использовании криоконсервированной спермы и оценка поведенческих реакций у криопотомства // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 762-768.
4. Красильникова А. А., Тихомиров А. М. Объем замораживаемого образца как один из факторов выживаемости сперматозоидов осетровых видов рыб при криоконсервации // Естественные науки. 2019. № 2. С. 62-69.
5. Красильникова А. А., Тихомиров А. М. Альтернативные способы подготовки сперматозоидов рыб к замораживанию при сверхвысоких значениях скорости охлаждения // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 72–78.
6. Криоконсервация репродуктивных клеток рыб: история и перспективы / Е. Н. Пономарева, А. А. Красильникова, А. В. Фирсова, М. М. Белая // Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 85–88.
7. Фирсова А. В. Действие обволакивающих криопротекторов и их плотности на икру рыб при ее криоконсервации // Естественные науки. 2017. № 4 (53). С. 116-119.
8. Фирсова А. В. Подбор температурных режимов замораживания при криоконсервации яйцеклеток белорыбицы // Естественные науки. 2017. № 4 (61). С. 182-185.
9. Чипинов В. Г., Джаригазов Е. С., Болонина Н. В. Оценка качества спермы осетровых рыб различными методами и опыт ее низкотемпературной консервации // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 1. С. 140–143.
10. Cryoprotective effect of phosphorouscontaining phenolic anti-oxidant for the cryopreservation of beluga sperm / V. P. Osipova, M. N. Kolyada, E. N. Ponomareva, M. M. Belaya, N. T. Berberova, E. R. Milaeva // Cryobiology. 2014. V. 69. № 3. P. 467-472.

11. Development of sperm vitrification protocols for freshwater fish (Eurasian perch, *Perca fluviatilis*) and marine fish (European eel, *Anguilla anguilla*) / E. Kása [et al.] // General and Comparative Endocrinology. 2017. Vol. 245. P. 102–107.

12. Effectiveness of glucose-methanol extender for cryopreservation of *Huso huso* spermatozoa / M. S. Aramli [et al.] // Anim. Reprod. Sci. 2021. V. 162. P. 37–42.

References

1. Belaya M. M., Krasilnikova A. A. The effect of freezing speed on the fish-breeding qualities of sperm of sturgeon fish // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Fisheries. 2019. No. 1. Pp. 83–90.

2. Vasilyeva L. M., Sudakova N. V. The main directions of Russian sturgeon breeding // Fisheries. 2020. No. 4. Pp. 19–21.

3. Krasilnikova A. A., Tikhomirov A.M. Obtaining viable juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) using cryopreserved sperm and assessment of behavioral reactions in cryopotomy // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 4. Pp. 762–768.

4. Krasilnikova A. A., Tikhomirov A.M. The volume of the frozen sample as one of the factors of survival of spermatozoa of sturgeon fish species during cryopreservation // Natural sciences. 2019. No. 2. Pp. 62–69.

5. Krasilnikova A. A., Tikhomirov A.M. Alternative methods of preparing fish spermatozoa for freezing at ultra-high cooling rates // Bulletin of the AGTU. Series: Fisheries. 2020. No. 2. Pp. 72–78.

6. Cryopreservation of fish reproductive cells: history and prospects / E. N. Ponomareva, A. A. Krasilnikova, A.V. Firsova, M. M. Belaya // Fisheries. 2019. № 4. Pp. 85–88.

7. Firsova A.V. The effect of enveloping cryoprotectors and their density on fish eggs during its cryopreservation // Natural sciences. 2017. No. 4 (53). Pp. 116–119.

8. Firsova A.V. Selection of freezing temperature regimes during cryopreservation of white fish eggs // Natural Sciences. 2017. No. 4 (61). pp. 182–185.

9. Chipinov V. G., Dzharigazov E. S., Bolonina N. V. Assessment of the quality of sperm of sturgeon fish by various methods and experience of its low-temperature conservation // Bulletin of ASTU. Series: Fisheries. 2019. No. 1. Pp. 140–143.

10. Cryoprotective effect of phosphorouscontaining phenolic anti-oxidant for the cryopreservation of beluga sperm / V. P. Osipova, M. N. Kolyada, E. N. Ponomareva, M. M. Belaya, N. T. Berberova, E. R. Milaeva // Cryobiology. 2014. V. 69. № 3. Pp. 467–472.

11. Development of sperm vitrification protocols for freshwater fish (Eurasian perch, *Perca fluviatilis*) and marine fish (European eel, *Anguilla anguilla*) / E. Kása [et al.] // General and Comparative Endocrinology. 2017. Vol. 245. Pp. 102–107.

12. Effectiveness of glucose-methanol extender for cryopreservation of *Huso huso* spermatozoa / M. S. Aramli [et al.] // Anim. Reprod. Sci. 2021. V. 162. P. 37–42.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Давудова Туркан Мушфиг кызы, преподаватель кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел: +7 902 659 79 49, e-mail: davudovaturkan@mail.ru

Новокщёнова Анна Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Кравченко Юрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Authors Information

Randelin Dmitry Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Davudova Turkan Mushfig kyzy, Teacher of the Department "Veterinary and sanitary examination, infectious diseases and morphology" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), tel: +7 902 659 79 49, e-mail: davudovaturkan@mail.ru

Novokshchenova Anna Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Kravchenko Yuri Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: uriy34rus@mail.ru

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-31

MORPHOFUNCTIONAL FEATURES OF MAMMARY GLAND NEOPLASMS IN BITCHES OF VARIOUS BREEDS

N. A. Tatarnikova¹, K. A. Sidorova², O. V. Kochetova³, T. A. Yurina²

¹ Perm State Agrarian and Technological University named after Academician
D.N. Pryanishnikov

Perm, Russian Federation

² State Agrarian University of the Northern Trans-Urals
Tyumen, Russian Federation

³ Perm Institute of the Federal Penitentiary Service
Perm, Russian Federation

Corresponding author E-mail: sidorova.clavdiya@yandex.ru

Received 04.03.2023

Submitted 15.06.2023

Summary

The article is devoted to the study of breast cancer in dogs - a common oncological disease in veterinary medicine. The paper analyzes in detail the factors predisposing to the development of this disease and the effect of the tumor on the functioning of the pet's body. The methods of classification and diagnosis of the tumor, including puncture biopsy and photofixation, are described. Histological examination of the breast and adjacent tissues is performed. The results of the study indicate that adenomatosis in dogs is more common than other pathologies and may be associated with various disorders in the sexual cycle.

Abstract

Introduction. Breast cancer in dogs makes up a significant proportion of all cancers, so this type of tumor requires careful and detailed study. Predisposing factors play an important role in the occurrence of tumors. The disease is characterized by a violation of all vital functions of the animal's body. **Materials and methods.** Mammary tumors in bitches were classified according to the TNM system (8th edition, 2017) as follows: T3 – tumor about 6 cm; N0 – regional lymph nodes cannot be palpated; M0 – no signs of distant metastases. Puncture at the sites of tumors was taken using standard selection methods using the puncture biopsy technique, and photographic recording was performed. Puncture at the sites of tumors was taken using standard selection methods using the puncture biopsy technique, and photographic recording was performed. For histological examination, a fragment of the mammary gland with a pathological area of skin, a nipple with adjacent tissues and a lymph node was taken. **Results and conclusions.** Adenomatosis in bitches occurs much more often (19 cases) than other mammary gland pathologies and can be associated with disruption of the reproductive cycle in bitches of various breeds of dogs for a number of reasons - changes in hormonal levels, concomitant diseases, lack of mating, etc.

Key words: mammary glands of dogs, tumors, diseases of dogs, treatment of breast cancer of dogs, oncological diseases of dogs.

Citation. Tatarnikova N. A., Sidorova K. A., Kochetova O. V., Yurina T. A. Morphofunctional features of mammary gland neoplasms in bitches of various breeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 306-314 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-31.

The author's contribution. The author of this study collected the material, analyzed the data and wrote an article.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 619:616:636.8

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ У СУК РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Н. А. Татарникова¹, доктор ветеринарных наук, профессор
К. А. Сидорова², доктор биологических наук, профессор
О. В. Кочетова³, доктор ветеринарных наук, профессор
Т. А. Юрина², кандидат биологических наук, доцент

¹Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика
Д. Н. Прянишникова

Пермь, Российская Федерация

²Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Тюмень, Российская Федерация

³Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний
Пермь, Российская Федерация

Актуальность. Статья посвящена изучению рака молочной железы у собак – распространенного онкологического заболевания в ветеринарии. В работе подробно анализируются факторы, предрасполагающие к развитию этого заболевания, и влияние опухоли на функционирование организма питомца. Описываются методы классификации и диагностики опухоли, включая пункционную биопсию и фотофиксацию. Производится гистологическое исследование молочной железы и прилегающих тканей. Результаты исследования свидетельствуют о том, что аденоматоз у собак встречается чаще других патологий и может быть связан с различными нарушениями в половом цикле. Рак молочной железы у собак составляет значительную долю всех онкологических заболеваний, поэтому данный вид опухолей требует тщательного и детального изучения. В возникновении опухолей большую роль играют предрасполагающие факторы. Болезнь характеризуется нарушением всех жизненно важных функций организма животного. **Методы.** Классифицировали опухоль молочной железы у сук по системе TNM (8-ое издание, 2017) следующим образом: T3 – опухоль около 6 см; N0 – регионарные лимфоузлы не прощупываются; M0 – нет признаков отдаленных метастазов. Пункцию в местах опухолей брали стандартными методами отбора по методике пункционной биопсии, проводили фотофиксацию. Для гистологического исследования был взят фрагмент молочной железы с патологическим участком кожи, сосок с прилегающими тканями и лимфатическим узлом. **Результаты.** Аденоматоз у сук встречается значительно чаще (19 случаев), чем остальные патологии молочной железы. Он может быть связан с нарушением полового цикла у сук различных пород собак по ряду причин: изменение гормонального фона, сопутствующие заболевания, отсутствие вязки и др.

Ключевые слова: молочные железы собак, опухоли, болезни собак, лечение рака молочной железы собак, онкологические болезни собак.

Цитирование. Татарникова Н. А., Сидорова К. А., Кочетова О. В., Юрина Т. А. Морфофункциональные особенности новообразований молочных желез у сук различных пород. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 306-314. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-31.

Вклад автора. Авторы этого исследования собрали материал, проанализировали данные и написали статью.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Аденоматоз является гормонально зависимой патологией, чаще всего встречается у собак старшей возрастной группы [6].

Новообразования, появляющиеся в области молочных желез – это распространенная онкологическая патология, которая встречается у кошек и собак [7]. Среди них – папиллярный рак, саркома мягких тканей, фиброаденома, аденома молочной железы, смешанные опухоли [8].

В возникновении опухолей большую роль играют предрасполагающие факторы, в том числе генетические и способствующие (возраст, пол, состояние регуляторных систем, хронические пролиферативные изменения и др.) [9].

Первое время животное ничего не беспокоит, общее состояние находится в норме [1]. Но при игнорировании проблемы в течение долгого времени опухоль молочной железы у собаки начинает срастаться с кожей и другими тканями вокруг [3].

Цель статьи – выявить частоту случаев возникновения онкологических заболеваний у сук различных пород.

Материал и методы исследования. Исследования проводили в ветеринарной клинике «Клык+» (г. Пермь) и в лаборатории факультета ветеринарной медицины и зоотехники Пермского государственного аграрно-технического университета. Животные, поступавшие в клинику, подвергались полному клиническому осмотру, ставился диагноз, после чего им было проведено лечение патологии молочной железы хирургическим методом.

Классифицировали опухоль молочной железы у сук по системе TNM (8-ое издание, 2017) следующим образом: T3 – опухоль около 6 см; N0 – регионарные лимфоузлы не прощупываются; M0 – нет признаков отдаленных метастазов.

Проводили пальпацию молочной железы на наличие очагов уплотнения, болезненности, изменения местной и общей температуры. Определяли характер и состояние опухоли. Проводили замер линейных размеров всех новообразований, чтобы оценить масштабность патологии. Также проводили осмотр и пальпацию регионарных лимфатических узлов, определяя их форму, болезненность, плотность, размеры.

Пункцию в местах опухолей брали стандартными методами отбора по методике пункционной биопсии, проводили фотофиксацию. Для гистологического исследования был взят фрагмент молочной железы с патологическим участком кожи, сосок с прилегающими тканями и лимфатическим узлом.

При клиническом осмотре обращали внимание на состояние долей молочных желез, величину, симметричность их, изменения сосков и кожных покровов.

Для лечения пациента и дальнейшей патоморфологической диагностики характера опухоли в условиях ветеринарной клиники были проведены операции по иссечению опухолей молочных желез.

Вырезку материала проводили с обязательным включением кожи, соска на границе опухоли и здоровой ткани с целью уточнения особенности роста опухоли. Обработку материала для гистологического исследования осуществляли по общепринятым методикам: культуры тканей, фиксированных и окрашенных препаратов и тотальной.

В ходе исследования использовался раствор гематоксилина (2%) и эозина (0,1%).

Результаты и обсуждение. Определение новообразования по морфологическому типу проводили на основании Международной системы TNM (8-ое издание, 2017). Проводили детальное морфологическое описание объекта, с целью диагностирования типа опухоли молочной железы.

Согласно анализу сведений, собранных в ветеринарной клинике с 2017 по сентябрь 2020 года, зарегистрировано 55 (3,4 % к общему количеству поступивших собак) случаев патологий молочной железы у 1605 собак. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Заболеваемость молочной железы у собак за период наблюдений 2017-2020 гг., исходя из статистики ветеринарной клиники и лаборатории факультета ветеринарной медицины и зоотехники Пермского ГАТУ

Table 1 – The incidence of breast cancer in dogs for the observation period 2017-2020, based on the statistics of the veterinary clinic and laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of Perm State Medical University

	Год			
	2017	2018	2019	2020
Общее количество собак (сук), поступившее в клинику	200	385	467	553
Количество собак (сук) с патологией молочной железы	8	12	15	20
Процентное соотношение пациентов с патологией молочной железы к общему количеству поступивших собак для обследования и лечения в клинику	4%	3,1%	3,2%	3,6%

Таблица 2 – Характеристика патологии молочной железы у животных за период наблюдений 2017-2020 гг., исходя из статистики ветеринарной клиники лаборатории Пермского ГАТУ

Table 2 – Characteristics of breast pathology in animals for the observation period 2017-2020, based on the statistics of the veterinary clinic of the Perm State Medical University Laboratory

Диагноз	Возраст	Количество собак
Аденоматоз молочной железы	От 8 до 10 лет	19
Папиллярный рак молочной железы	От 10 до 13 лет	10
Саркома мягких тканей	От 9 до 13 лет	7
Фиброаденома	От 6-8 лет	10
Аденома молочной железы	От 6 до 10 лет	9

Наиболее часто встречается у собак аденоматоз молочной железы, что может быть связано с нарушением полового цикла у животного по разным причинам.

Рассмотрим несколько клинических случаев.

Собака породы фокстерьер по кличке «Боня», возраст 11 лет. Животное не стерилизовано, 2 раза щенилось, течка 2 раза в год, владельцы заметили на молочной железе образование в виде горошины.

При клиническом осмотре температура тела 37,8° С, на второй и третьей паре сосков молочной железы слева заметно новообразование около 6 см, мягкой консистенции, опухоль подвижная, не горячая, однородная. Регионарные лимфатические узлы не увеличены, около 2 см, плотные безболезненные. Частота дыхания 25 в мин., частота сердечных сокращений 85 в минуту. Внешний вид опухоли представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид опухоли
Figure 1 – The appearance of the tumor

Животному проведена операция по удалению опухоли. Извлеченная опухоль измерена линейно и представлена на рисунке 2.

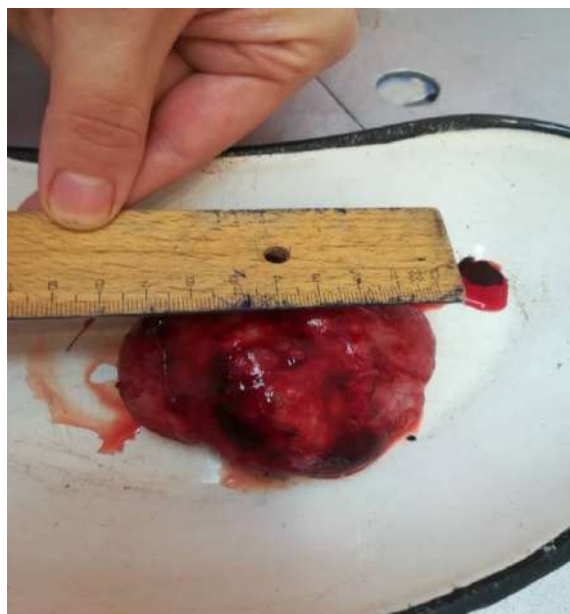


Рисунок 2 – Внешний вид удаленной опухоли
Figure 2 – Appearance of the removed tumor

При гистологическом исследовании были получены следующие результаты – участок ткани молочной железы, построенной из железистых и трубчатых структур, образованных кубическими или уплощенными клетками без признаков атипии (рисунок 3). Структуры формируют небольшие группы, окружены широкими прослойками волокнистой ткани, местами с явлениями гиалиноза. Протоки расширены, по внутренней поверхности видны папиллярные структуры (аденоматоз молочной железы) [1].

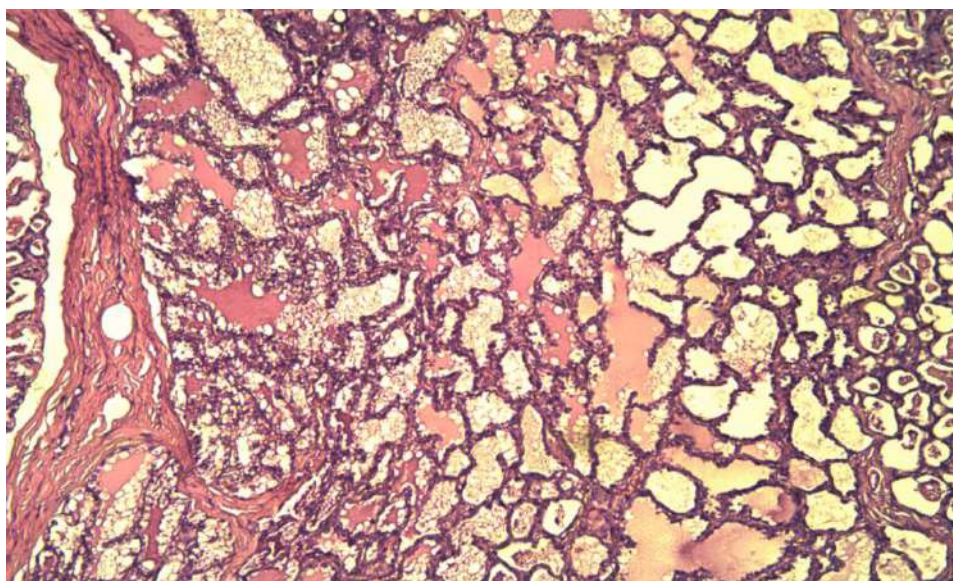


Рисунок 3 – Фиброзно-кистозная мастопатия с пролиферацией эпителия протоков.

Окраска гематоксилин и эозин. Увеличение x 100

Figure 3 – Fibrocystic mastopathy with proliferation of ductal epithelium.

Staining hematoxylin and eosin. Magnification x 100

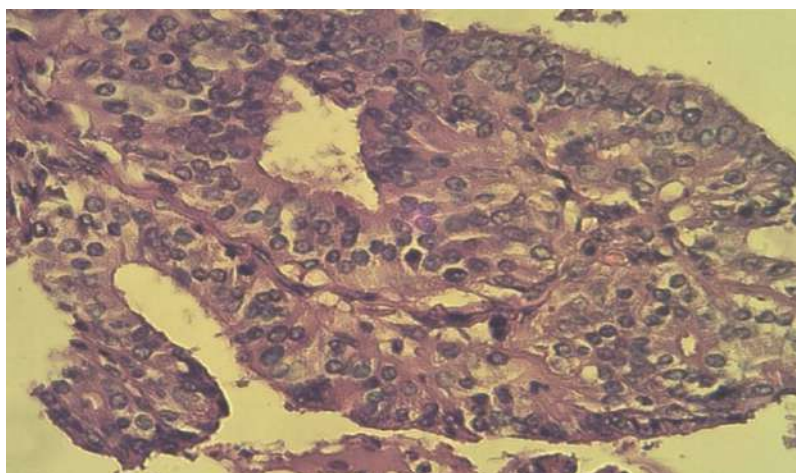


Рисунок 4 – Гиалиноз клеток молочной железы. Увеличение x 100

Figure 4 – Hyalinosis of breast cells. Magnification x 100

Следующим пациентом с зарегистрированным случаем путем фотофиксации была собака породы такса по кличке «Шанель», возрастом 6 лет.

Собака не щенилась, не стерилизована, течка 2 раза в год, после которой наступает ложная беременность. У животного полгода назад владельцы обнаружили уплотнение на молочной железе справа.



Рисунок 5 – Внешний вид опухоли молочной железы у собаки по кличке Шанель

Figure 5 – The appearance of a breast tumor in a dog named Chanel

При клиническом осмотре температура тела 38,3,°С, опухоль при пальпации плотной консистенции около 5 см в объеме, бугристая, подвижная, безболезненная. Регионарные паховые лимфоузлы 2,5 см в объеме, плотные, безболезненные. Частота дыхательных сокращений 35 в мин., частота сердечных сокращений 113 (рисунок 5).

При гистологическом исследовании были получены следующие результаты – клетки опухоли без признаков атипии, протоки расширены, по внутренней поверхности видны папиллярные структуры. Клетки с признаками атипии в отдельных полях зрения, но без инвазивного роста. Аденоматоз молочной железы, фиброзно-кистозная мастопатия с пролиферацией эпителия протоков, формированием протоковых кист и протоковых папиллом. Папиллярный рак в стенках наиболее крупных кист без инвазивного роста (рисунок 6).

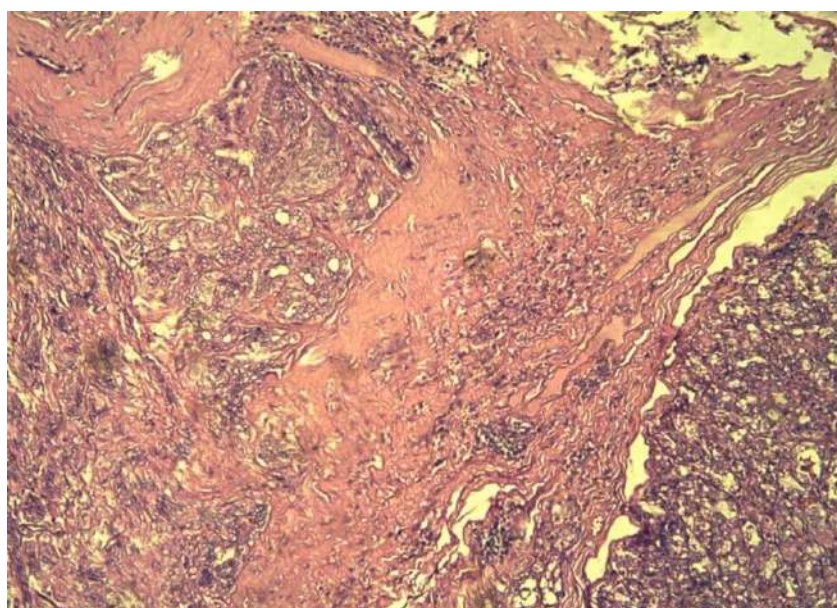


Рисунок 6 – Атипия клеток ткани в молочной железе собаки. Увеличение x 100

Figure 6 – Atypia of tissue cells in the mammary gland of a dog. Magnification x 100

Выводы. 1. Опухоли – достаточное распространенное явление среди домашних собак с нарушенным половым циклом (отсутствие вязки, хронические заболевания, изменение уровня гормонов и т.д.).

2. Аденоматоз у сук встречается значительно чаще (19 случаев), чем остальные патологии молочной железы, и может быть связан с нарушением полового цикла у сук различных пород собак по ряду причин – изменение гормонального фона, сопутствующие заболевания, отсутствие вязки.

3. Папиллярный рак молочной железы и фибroadенома встречается реже (10 / 10 случаев) у сук, аденома встречается практически так же (9 зарегистрированных случаев).

4. Саркома мягких тканей встречается реже всего (7 случаев).

Conclusions. 1. Tumors are a fairly common phenomenon among domestic female dogs with a disturbed sexual cycle (lack of mating, chronic diseases, changes in the level of hormones, etc.).

2. Adenomatosis in females is much more common (19 cases) than other breast pathologies and may be associated with a violation of the sexual cycle in bitches of various breeds of dogs for a number of reasons - hormonal changes, concomitant diseases, lack of mating.

3. Papillary breast cancer and fibroadenoma are less common (10 / 10 cases) in females, adenoma occurs almost as well (9 reported cases).

4. Soft tissue sarcoma is less common (7 cases).

Библиографический список

1. Давыдов Е. В. Фотодинамическая терапия плоскоклеточного рака кожи у собак // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2022. № 2 (54). С. 38-41.
2. Добсон Дж. М., Ласцеллес Б., Дункан К. Онкология собак и кошек. Москва, 2017. С. 331-333.
3. Изменение биохимических и гематологических показателей крови собак при онкологических заболеваниях после фотодинамической терапии / Е. В. Давыдов, Т. О. Марюшина, Г. М. Крюковская, Ю. С. Немцева // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 4 (37). С. 38-41.
4. Ишенбаева С. Н., Иргашев А. Ш. Аденокарцинома молочной железы у собак // Вестник АГАУ. 2022. № 3 (209). С. 63-68.
5. Сазонова В. В., Клейменова Н. В., Мишина И. И. Морфологическая диагностика опухолей молочных желез у собак // Вестник ОрелГАУ. 2021. № 1 (88). С. 99-104.
6. Состояние здоровья домашних животных в связи с пандемией коронавируса SARS-COV-19 / Е. П. Краснолобова, О. Н. Гончаренко, К. А. Сидорова, М. В. Щипакин // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 4. С. 154-159.
7. Татарникова Н. А., Казанцева А. В., Веретенникова Е. А. Распространенность неопластических заболеваний органов брюшной и тазовой полостей у мелких домашних животных в городе Перми // Современные проблемы науки и образования. 2015;. № 2. 287 с.
8. Черепанов Д. В., Татарникова Н. А., Сидорова К. А. Рентгенографическое исследование легких у кошек в гериатрическом периоде при неоплазии молочной железы. Частный случай // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филлипова. 2021. № 4 (65). С. 207-212.
9. Черепанов Д. В., Татарникова Н. А., Юрина Т. А. Диагностика метастаз при раке молочной железы у кошек // Актуальные вопросы развития аграрной науки: сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. 2021. Т. 1. С. 427-432.
10. Яникина М. А. Опухоли молочных желез у собак и кошек // Вестник науки. 2021. № 1 (34). С. 219-222.
11. Fesseha H. Mammary Tumours in Dogs and its Treatment Option - A Review // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 2020. V. 30. Pp. 23552-23561.
12. Kiehl A. R., Brown M., Mays C. Atlas for the diagnosis of tumors in the dog and cat. Ames, Iowa: John Wiley and Sons, Inc. 2016. 248 p.
13. Kim J.-W., Mahiddine F. Y., Kim G. A. Leptin Modulates the Metastasis of Canine Inflammatory Mammary Adenocarcinoma Cells through Downregulation of Lysosomal Protective Protein Cathepsin A (CTSA) // Int. J. Mol. Sci. 2020. V. 21. Pp. 8963.
14. Mammary gland tumours in the dog, a spontaneous tumour model of comparative value to human breast cancer / K. Sahabi, S. K. Rajendren, J. N. Foong, G. Selvarajah // Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 2021. V. 41. Pp. 541-574.
15. Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology // 6th Edition by David M. Vail; Douglas Thamm; Julius Liptak and Publisher Saunders. October 2019.

References

1. Davydov E. V. Photodynamic therapy of squamous cell skin cancer in dogs // Topical issues of veterinary biology. 2022. № 2 (54). Pp. 38-41.
2. Dobson J. M., Laszelles B., Duncan K. Dog and cat oncology. Moscow, 2017. P. 331-333.
3. Change in biochemical and hematological blood parameters of dogs in oncological diseases after photodynamic therapy / E. V. Davydov, T. O. Maryushin, G. M. Kryukovskaya, Yu. S. Nemtseva // Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2021. № 4 (37). Pp. 38-41.
4. Ischenbaeva S. N., Irgashev A. Sh. Adenocarcinoma of the breast in dogs // Bulletin of the AGAU. 2022. № 3 (209). Pp. 63-68.
5. Sazonova V. V., Kleimenova N. V., Mishina I. I. Morphological diagnosis of breast tumors in dogs // Bulletin OryolGAU. 2021. № 1 (88). Pp. 99-104.

6. The state of health of pets in connection with the coronavirus pandemic SARS-COV-19 / E. P. Krasnolobova, O. N. Goncharenko, K. A. Sidorova, M. V. Shchipakin // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2020. № 4. Pp. 154-159.
7. Tatarnikova N. A., Kazantseva A. V., Veretennikova E. A. Prevalence of neoplastic diseases of the abdominal and pelvic cavities in small pets in the city of Perm // Modern problems of science and education. 2015. № 2. 287 p.
8. Cherepanov D. V., Tatarnikova N. A., Sidorova K. A. X-ray examination of lungs in cats in the geriatric period in breast neoplasia. Special case // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov. 2021. № 4 (65). Pp. 207-212.
9. Cherepanov D. V., Tatarnikova N. A., Yurina T. A. Diagnosis of metastases in breast cancer in cats // Topical issues of the development of agrarian science: a collection of materials from the All-Russian (national) scientific and practical conference. 2021. V. 1. Pp. 427-432.
10. Yanikina M. A. Breast tumors in dogs and cats // Bulletin of Science. 2021. № 1 (34). Pp. 219-222.
11. Fesseha H. Mammary Tumours in Dogs and its Treatment Option - A Review // Biomedical Journal of Scientific & Technical Research. 2020. V. 30. Pp. 23552-23561.
12. Kiehl A. R., Brown M., Mays C. Atlas for the diagnosis of tumors in the dog and cat. Ames, Iowa: John Wiley and Sons, Inc. 2016. 248 p.
13. Kim J.-W., Mahiddine F. Y., Kim G. A. Leptin Modulates the Metastasis of Canine Inflammatory Mammary Adenocarcinoma Cells through Downregulation of Lysosomal Protective Protein Cathepsin A (CTSA) // Int. J. Mol. Sci. 2020. V. 21. P. 8963.
14. Mammary gland tumours in the dog, a spontaneous tumour model of comparative value to human breast cancer / K. Sahabi, S. K. Rajendren, J. N. Foong, G. Selvarajah // Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science. 2021. V. 41. Pp. 541-574.
15. Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology // 6th Edition by David M. Vail; Douglas Thamm; Julius Liptak and Publisher Saunders. October 2019.

Информация об авторах

Татаринова Наталья Александровна, доктор ветеринарных наук, профессор, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова (РФ, 614045, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23), <https://orcid.org/0000-0002-7970-438X>, e-mail: tatarnikova.n.a@yandex.ru

Сидорова Клавдия Александровна, доктор биологических наук, профессор, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (РФ, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7), <https://orcid.org/0000-0001-9899-2869>, e-mail: sidorova.clavdija@yandex.ru

Кочетова Оксана Валерьевна, доктор ветеринарных наук, профессор, Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний (РФ, 614012, г. Пермь, ул. Карпинского, д. 125), <https://orcid.org/0000-0001-6997-9067>, e-mail: kochetovaox@yandex.ru

Юрина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, доцент, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (РФ, 625003, г. Тюмень, ул. Республики, д. 7), <https://orcid.org/0000-0002-1604-4484>, e-mail: tatjana.sido2010@yandex.ru

Authors Information

Tatarnikova Natalia Aleksandrovna, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov (Russia, 614045, Perm, Petropavlovsk str., 23), <https://orcid.org/0000-0002-7970-438X>, e-mail: tatarnikova.n.a@yandex.ru

Sidorova Claudia Alexandrovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals (Russia, 625003, Tyumen, Republic str., 7), <https://orcid.org/0000-0001-9899-2869>, e-mail: sidorova.clavdija@yandex.ru

Kochetova Oksana Valeryevna, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service (RF, 614012, Perm, ul. Karpinsky, 125), <https://orcid.org/0000-0001-6997-9067>, e-mail: kochetovaox@yandex.ru

Yurina Tatiana Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, State Agrarian University of the Northern Trans-Urals (Russia, 625003, Tyumen, Republic str., 7), <https://orcid.org/0000-0002-1604-4484>, e-mail: tatjana.sido2010@yandex.ru

HISTOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DIGITAL INDICATORS OF PLACENTAL SEGMENTATION IN PATIENT PREGNANT UTERUS WITH ECLAMPSIAS

R. N. Bulatov¹, K. V. Plemyashov², V. S. Avdeenko²

¹*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

²*St. Petersburg State University of Veterinary Medicine
St. Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bulatov.rinat1991@mail.ru

Received 12.05.2023

Submitted 15.07.2023

Abstract

Introduction. A promising direction in the study of obstetric and perinatal pathology in sheep breeding is the study of eclampsia in pregnant ewes, which makes it possible to more reasonably prevent obstetric and perinatal pathology, as well as to solve issues of animal reproduction and the safety of young lambs. The aim of the study was to study histochemical changes in digital indicators associated with placental segmentation in patients with uterine eclampsia. **Materials and methods.** For pathomorphological examination, tissue samples of sheep placenta, as well as fetal and maternal kidneys were placed in 10% neutral formalin. Then the samples were dehydrated in a battery of alcohols of ascending strength, clarified in chloroform using a Cytadel 2000 histoprocessor (Shendon) and enclosed in a Histomix paraffin medium (Biovitrum). Paraffin blocks were cut on a rotary micrometer, slices with a thickness of 5 microns were obtained and mounted on slides. For the review study, the sections were stained with hematoxylin and eosin-phloxin according to the generally accepted method. To study the distribution of extracellular matrix in placental tissues, Masson staining of paraffin sections was used. To study acidic and neutral glycosaminoglycans (GAG) in the samples of the plate, the sections were subjected to double staining. The nuclei were finished with Mayer's hematoxylin. Micro-preparations were studied and photographed using an AxioScope.A1 (ZEISS) microscope equipped with an AxioCam MRc5 high-resolution digital camera. **Results and conclusion.** When analyzing the structural components of the placenta, it was found that the connective tissue base of the chorionic villi of cotyledon of the sheep fetus was represented by strands of collagen fibers originating from the chorioallantoic membrane. In the stromal part of the caruncular septa, the collagen framework was weakly expressed. The study of the content of neutral and acid GAGs (Glycosaminoglycans) in the sheep placenta revealed that CHIC (Schiff-iodic acid)-positive components (neutral GAGs) constituted the interstitial substance of both the uterine crypts and the stroma of the villi, but acid GAGs were detected only with edema and swelling of single villi. The histological study of this sheep placenta made it possible to establish the absence of acute disorders of the uteroplacental circulation in the form of massive hemorrhages and ischemic infarcts of the placenta, as well as stromal sclerosis or fibrinoid alteration of the chorionic villi. The proportion of avascular villi and fibrinoid deposits increased in eclampsia compared with normal pregnancy increases from 0.06 in control to 0.16 mm³/mm³ and reflects pronounced dystrophic changes and massive deposits of fibrinoid substance in the placenta of pregnant women. sheep at the final stage of gestation. During physiological pregnancy, in the total volume of the fetal membranes, the index of the share of the packing density of avascular villi and fibrinoid takes up. The packing density of the villi in the volume of the placenta was the highest and increased as the severity of the course of eclampsia increased. Therefore, an increase in the digital indicators of certain structural elements of the placenta indicates, on the one hand, the compensatory changes that have occurred, and on the other, extremely adverse consequences for the mother and fetus. An increase in the packing density of the structural elements of the placenta and their specific surface areas is the main mechanism for ensuring adequate conditions for the development of the intrauterine fetus.

Key words: *placenta, histochemical study, eclampsia, pregnant sheep.*

Citation. Bulatov R. N., Plemyashov K. V., Avdeenko V. S. Histochemical characteristics of digital indicators of placental segmentation in patient pregnant uterus with eclampsias. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 315-327 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-32.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.618:013.2/12

ГИСТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВЫХ ИНДИКАТОРОВ СЕГМЕНТАЦИИ ПЛАЦЕНТЫ У БОЛЬНЫХ СУЯГНЫХ МАТОК С ЭКЛАМПСИЕЙ

Р. Н. Булатов¹, кандидат ветеринарных наук

К. В. Племяшов², член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук

В. С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет
ветеринарной медицины

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Актуальность. Перспективным направлением в исследовании акушерской и перинатальной патологии в овцеводстве является изучение эклампсии у суягных овцематок, позволяющее более обоснованно проводить профилактику акушерской и перинатальной патологии, а также решать вопросы репродукции животных и сохранности молодняка ягнят. Целью исследования являлось изучение гистохимических изменений цифровых индикаторов, связанных с сегментацией плаценты у больных эклампсией суягных маток. **Материалы и методы.** Для патоморфологического исследования образцы тканей овечьего плацентома, а также почек плода и материнского организма помещали в 10 % нейтральный формалин. Затем образцы обезвоживали в батарее спиртов восходящей крепости, просветляли в хлороформе с использованием гистопроцессора Cytadel 2000 (Shendon) и заключали в парафиновую среду Histomix (Биовитрум). Парафиновые блоки резали на ротационном микротоме, получали срезы толщиной 5 мкм и монтировали их на предметные стекла. Для обзорного исследования срезы окрашивали гематоксилином и эозин-флоксином по общепринятой методике. Для изучения распределения внеклеточного матрикса в тканях плаценты применяли окраску парафиновых срезов по Masson. Для изучения кислых и нейтральных гликозамингликанов (ГАГ) в образцах плаценты срезы подвергались двойному окрашиванию. Ядра докрашивались гематоксилином Майера. Микропрепараты изучали и фотографировали с помощью микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS), оборудованного цифровой камерой высокого разрешения AxioCam MRc5. **Результаты и выводы.** При анализе структурных компонентов плацентома было обнаружено, что соединительно-тканная основа хориальных ворсин котилодона овечьего плода была представлена тяжами коллагеновых волокон, берущих свое начало от хориоаллантаической мембраны. В стромальной части карункулярных перегородок коллагеновый каркас был слабо выражен. Изучение содержания нейтральных и кислых ГАГ (Гликозаминогликаны) в плаценте овцы выявило, что ШИК (Шифф-йодная кислота) – позитивные компоненты (нейтральные ГАГ) составляли межучточное вещество как маточных крипт, так и стромы ворсин, а вот кислые ГАГ выявлялись только при отеке и набухании единичных ворсин. Проведенное гистологическое изучение данной овечьей плаценты позволило установить отсутствие острых нарушений маточно-плацентарного кровообращения в виде массивных кровоизлияний и ишемических инфарктов плаценты, а также склероз стромы или фибриноидной альтерации ворсин хориона. Возросшая при эклампсии по сравнению с нормальной беременностью доля бессосудистых ворсин и отложений фибриноида

увеличивается с 0,06 в контроле до 0,16 мм³/мм³ и отражает выраженные дистрофические изменения и массивные отложения фибриноидной субстанции в плаценте суягных овец на завершающем этапе гестации. При физиологической беременности в общем объеме плодных оболочек занимает показатель доли плотности упаковки бессосудистых ворсин и фибриноида. Плотность упаковки ворсины в объеме плаценты оказалась наибольшей и нарастала по мере увеличения тяжести течения эклампсии. Поэтому увеличение цифровых показателей тех или иных структурных элементов плаценты свидетельствует, с одной стороны, о произошедших компенсаторных изменениях, а с другой – о крайне неблагоприятных последствиях для матери и плода. Увеличение плотности упаковки структурных элементов плаценты и их удельных площадей поверхности является основным механизмом обеспечения адекватных условий развития внутриутробного плода.

Ключевые слова: плацента, гистохимические исследования, эклампсия, суягные овцы.

Цитирование. Булатов Р. Н., Племяшов К. В., Авдеенко В. С. Гистохимическая характеристика цифровых индикаторов сегментации плаценты у больных суягных маток с эклампсией. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 315-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В овцеводстве особого внимания заслуживают вопросы, связанные с повышением воспроизводства, получением жизнеспособного, полноценного, с высоким генетическим потенциалом молодняка [7, 8]. В настоящее время взаимоотношения матери и плода рассматривают как саморегулирующуюся систему, биологическим назначением которой является обеспечение нормального развития плода, рождение жизнеспособного здорового приплода, реализация генетической программы, заложенной в зиготе [9]. Сложность ситуации состоит в том, что, несмотря на повышенный интерес и необходимость всестороннего изучения этой проблемы, овцеводческая отрасль все еще несет значительный экономический ущерб от недополучения высокопродуктивного молодняка [3]. Низкий уровень жизнеспособности ягнят и, как следствие, снижение эффективности овцеводческой отрасли обусловлено рядом факторов [4]. Для реализации функции данной системы необходимы, прежде всего, соответствующие условия существования плода, создаваемые организмом матери [15]. Наряду с этим необходимо поддержание собственного гомеостаза плода [10, 20]. Полученные данные позволили лучше понять проблему патологии внутриутробного развития плода и разработать теоретическое обоснование методам его перинатальной охраны [6, 11]. Поскольку успех решения этой проблемы во многом зависит от научного обоснования сложных взаимоотношений, обусловленных генетической программой обоих родителей, заключенной в ДНК, которые происходят в материнском организме и обеспечивают дальнейшее развитие плода в постнатальном онтогенезе [1]. За последние годы [12, 18] достигнуты значительные успехи в фундаментальных исследованиях по перинатологии, ставшей составной частью ветеринарного акушерства [15]. Перспективным направлением [2, 14] в исследовании акушерской и перинатальной патологии является изучение эклампсии у суягных овцематок, позволяющее более обоснованно проводить профилактику акушерской и перинатальной патологии [13, 19], а также решать вопросы репродукции животных и сохранности молодняка ягнят.

Специфичность методов, которые обеспечивают [5, 17] получение объема оптимальных данных для поиска надежных тестов, позволяющих выявить и оценить влияние не только материнского организма, но и обоих родителей на рождение полноцен-

ного потомства. Эти вопросы имеют не только теоретическое, но и практическое значение, однако они нашли должного освещения в научной литературе. Нет комплексных работ, в которых были бы исследованы взаимосвязи и причинная обусловленность сдвигов одних процессов относительно других.

Цель исследования – изучить гистохимические изменения цифровых индикаторов, связанных с сегментацией плаценты у больных эклампсией суягных маток.

Материалы и методы. Для патоморфологического исследования образцы тканей овечьего плацентома, а также почек плода и материнского организма помещали в 10 % нейтральный формалин. Время пребывания в фиксаторе составляло 4-5 суток при 4°C. Затем образцы обезживали в батарее спиртов восходящей крепости, просветляли в хлороформе с использованием гистопротектора Cytadel 2000 (Shendon) и заключали в парафиновую среду Histomix (Биовитрум). Парафиновые блоки резали на ротационном микротоме (MICROM HM340E), получали срезы толщиной 5 мкм и монтировали их на предметные стекла. Для обзорного исследования срезы окрашивали гематоксилином и эозин-флоксином по общепринятой методике [Микроскопическая техника: Руководство / Под ред. Д. С. Саркисова и Ю. Л. Перова. – М.: Медицина, 1996. – 544 с]. Для изучения распределения внеклеточного матрикса в тканях плаценты применяли окраску парафиновых срезов по Masson. Для изучения кислых и нейтральных гликозамингликанов (ГАГ) в образцах плаценты срезы подвергались двойному окрашиванию: альциановым синим (pH=3,0) по Сиддху (слабокислые сульфатированные мукоидные вещества, гиалуроновые кислоты и сиаломуцины окрашивались в темно-синий цвет) и ШИК (Шифф-йодная кислота) – реакции в модификации Мак-Мануса (ШИК-позитивные мукопротеины, содержащие гексозу, приобретали ярко-малиновый цвет). Ядра докрашивались гематоксилином Майера. Микропрепараты изучали и фотографировали с помощью микроскопа AxioScope.A1 (ZEISS), оборудованного цифровой камерой высокого разрешения AxioCam MRc5. Полученные фотографии обрабатывали с помощью программы ZENpro 2012 (ZEISS).

Результаты. В результате проведенных исследований выявлены определенные макроскопические изменения плаценты у суягных овец на последних сроках гестации при эклампсии (таблица).

Таблица – Сегментация органомерических цифровых структур провизорных органов у овец в норме и при осложнении суягности эклампсией

Table – Segmentation of organometric digital structures of pharmacological organs in sheep in normal and with complication of pregnancy with eclampsia

Дни до окота	Функциональное состояние беременной овцы	Масса последа, кг	Длина пупочного канатика, см	Количество околоплодных вод, мл
30	Эклампсия (n=8)	1,406±0,03	19,31±0,2*, $p<0,05$	815,6±3,6*, $p<0,05$
	Здоровые животные	1,482± 0,02	17,33± 0,14	932,5±2,15
15	Эклампсия (n=8)	1,715±0,04** $p<0,01$	22,56±0,16*, $p<0,05$	926,0±3,11*, $p<0,05$
	Здоровые животные	1,982± 0,02	17,93± 0,21	1097,5±2,14
5	Эклампсии(n=8)	1,745±0,15*, $p<0,05$	23,87±0,21*, $p<0,05$	969,8±1,6* $p<0,05$
	Здоровые животные (n=5)	2,062±0,12	21,23±0,13	1197,5±1,32

Средняя масса плаценты при неосложненной беременности (контрольная группа) была 565,0±58 г, средние размеры ее – 20,3х18 см, толщина в центральных отделах – 2,9 см, в краевых – 1,3 см. Отношение массы плаценты к массе тела новорожденных (плацентарно-плодовый коэффициент) равнялось 0,155. Очаги обызвествления и инфаркты встречались редко.

При эклампсии масса плаценты составляла $386,05 \pm 11,12$ г, средние размеры – $17,3 \times 14,6$ см, толщина в центральных отделах – 2,42 см, в краевых – 1,06 см. В отдельных наблюдениях толщина центральных отделов плаценты была 1,5 см. ППК равнялся $0,122 \pm 0,003$.

У 8 (из 24) суягных овец в плаценте выявлены инфаркты, в том числе распространенные, а также очаги обызвествления, последние были чаще небольших размеров с преимущественным расположением по периферии.

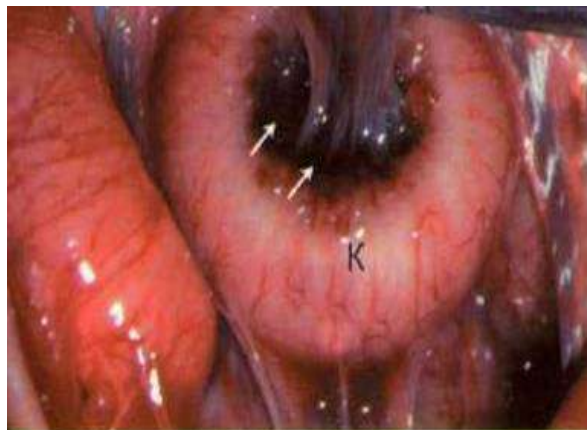


Рисунок 1а – Фото плацентомы овец в норме (карункул и котиледон)

Figure 1a – Photo of sheep placentomas in normal condition (caruncles and cotyledons)



Рисунок 1б – Фото плацентомы овец при эклампсии (плодные оболочки и карункул)

Figure 1b – Photo of sheep placenta in eclampsia (fetal membranes and caruncles)

Хорион изображен вдающимся в материнскую часть плаценты (рисунок 1а). Сосуды плода и ткань хориона «вдавлены» внутрь тканей карункула, образуя вогнутый котиледон. Красно-бежевая ткань на фото котиледон (К), покрытый аллантохорионом. Проведенное морфологическое исследование овечьей плаценты показало, что функциональной единицей является структура, состоящая из плодных оболочек (рисунок 2б) и материнской части плаценты (карункулов). Овечий плацентом, имеет вогнутую форму.

Увеличение объема стромы и сосудов ворсин в общем объеме органа при эклампсии является следствием мобилизации функции этих структурных элементов под воздействием неблагоприятных факторов, но с увеличением тяжести эклампсии доля их возрастает более чем в 3 раза межворсинчатого пространства. Сравнительный анализ изученных структурных элементов плаценты при различных степенях эклампсии показывает, что с увеличением тяжести последнего доля и удельная площадь поверхности, синцитиотрофобласта, стромы ворсин, сосудов ворсин, межворсинчатого пространства, бессосудистых ворсин и фибриноида прогрессивно возрастают.

Аллантоисная оболочка овечьего плацентома достаточно толстая, пронизана разветвленной сетью кровеносных сосудов разного калибра: от крупных артерий и вен до мелких капилляров (рисунок 2).

Стромальная часть аллантоисной оболочки и мембраны аллантоисного хориона представляла собой густую сеть коллагеновых волокон разного диаметра, между которыми располагались фибробласты и фиброциты (рисунок 2). Котиледоны формировались из ворсинок, начинающихся от хориоаллантоисной мембраны (рисунок 3).

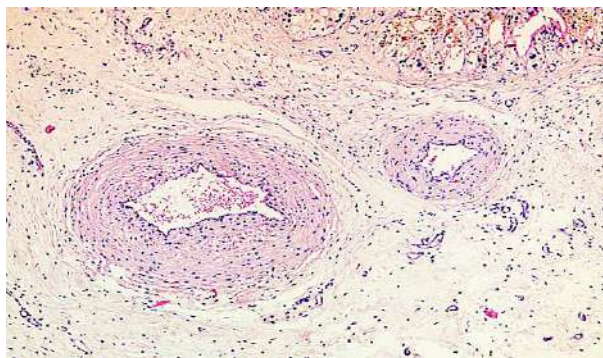


Рисунок 2 – Продольный срез овечьего плацента в норме (Аллантоисная оболочка с разветвленной сосудистой сетью. Окраска гематоксилин-эозином). Общее увеличение 100

Figure 2 – Longitudinal section of sheep placenta is normal. (Allantois shell with branched vascular network. Staining with hematoxylin-eosin). Total increase of 100

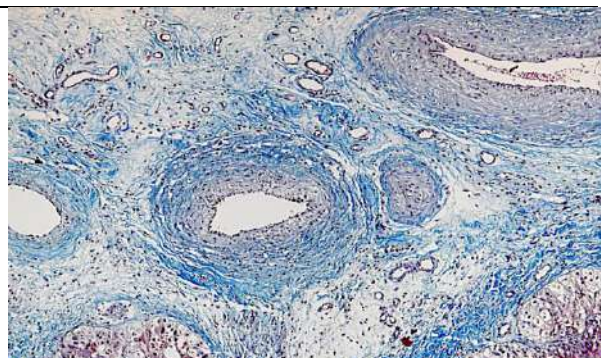


Рисунок 3 – Продольный срез овечьего плацента при эклампсии. (Стромальная часть аллантоисной оболочки представлена коллагеновым каркасом. Трихромная окраска по Masson). Общее увеличение 100.

Figure 3 – Longitudinal section of sheep placenta in eclampsia. (The stromal part of the allantois shell is represented by a collagen framework. Trichromatic coloring by Masson). The total increase is 100.

Материнские септы были выстланы эпителием синцитиального характера, т.е. он представлял собой сплошной, непрерывный, часто многоядерный пласт клеток. При этом на поверхности мембран клеток трофобласта и эпителиальной выстилки крипт присутствовали многочисленные, диффузно переплетенные друг с другом, выросты (микроворсинки) для увеличения площади соприкосновения между плодом и материнским организмом.

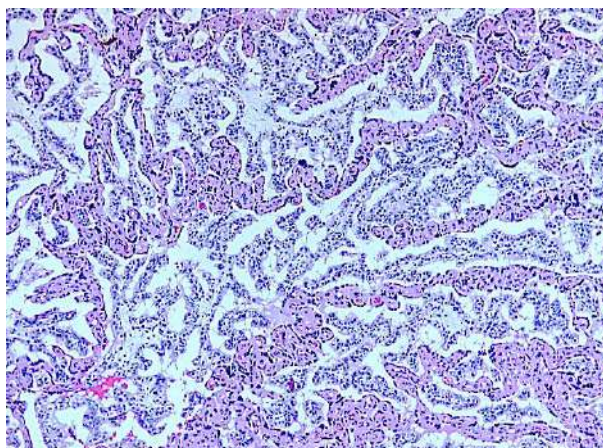


Рисунок 4 – Поперечный срез овечьего плацента в норме. (Взаимное переплетение ворсинок хориона с материнскими септами тяжи темно-розового цвета. Окраска гематоксилин-эозином). Общее увеличение 100.

Figure 4 – Cross section of sheep placenta is normal. ((Mutual interweaving of chorion villi with maternal septa of dark pink strands. Staining with hematoxylin-eosin). The total increase is 100.

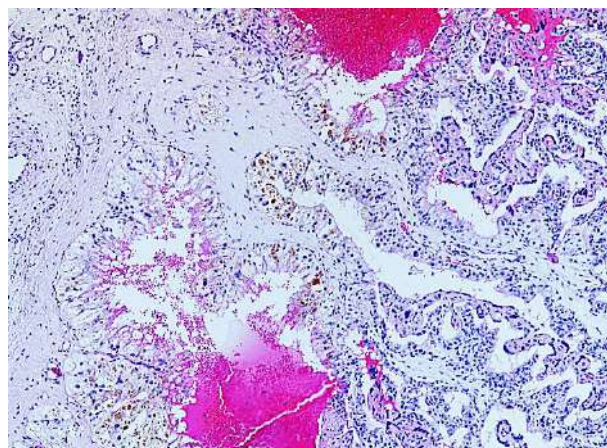


Рисунок 5 – Поперечный срез овечьего плацента при эклампсии. (Ворсины хориона и присутствие бурого пигмента в цитоплазме клеток ареолярной трофэктодермы. Окраска гематоксилин-эозином). Общее увеличение: 100

Figure 5 – Cross section of sheep placenta in eclampsia. ((Chorionic villi and the presence of brown pigment in the cytoplasm of areolar trophoblast cells. Staining with hematoxylin-eosin). The total increase is 100.

Характерной особенностью плаценты овец являлось наличие большого количества двуядерных клеток трофобласта (рисунок 4). Однако частота этих изменений в плацентах и их распространенность (преимущественно в центральных отделах) была неодинаковой. В основании ворсинок отмечались углубления, так называемые ареолы, где обнаруживались субхориальные гематомы, а в цитоплазме высоких столбчатых трофобластов (ареолярная трофэктодерма) локализовалось большое количество бурого пигмента – утероферрина (рисунок 5), который при проведении двойного окрашивания на выявление нейтральных гликозамингликанов (ГАГ) приобретал ярко-малиновый цвет. При эклампсии в плаценте отмечаются массивные отложения фибриноида в области крипт карункулов и ворсин фетальной части плаценты, коллагенизация внутренней поверхности крипт и наружной поверхности ворсинок хориона и бедность кровеносными сосудами стволовых и концевых ворсин, наличие многочисленных мелких, тесно расположенных концевых ворсин, сужение межворсинчатых пространств и увеличение количества синцитиальных узелков с признаками дистрофии. Из 15 наблюдений в фетальной части плаценты больных овец эклампсией после окота установлены инфаркты последа, притом обширные, было значительно увеличено количество мелких концевых ворсин, располагавшихся очень тесно вокруг стволовых ворсин, вблизи хориальной пластинки. Контуры плотно прилегающих друг к другу концевых ворсин местами различались с трудом. В большинстве мелких концевых ворсин, бедных сосудами, строма была пронизана густой сетью коллагеновых волокон, отдельные группы концевых ворсин вблизи базальной пластинки и в плодовой части плаценты были окружены массивным слоем фибриноида, часть из этих ворсин находилась в состоянии некробиоза и некроза (рисунок 6).

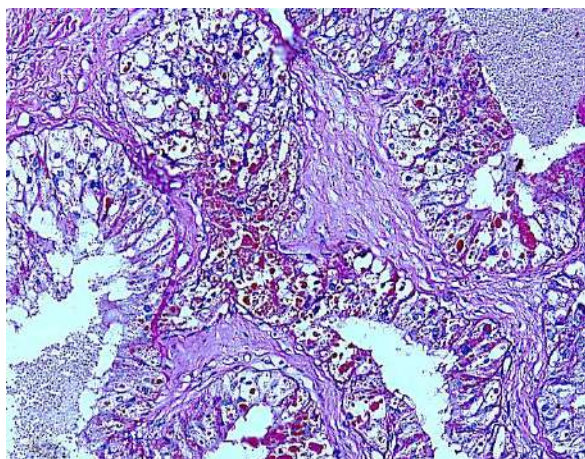


Рисунок 6 – Поперечный срез овечьего плацентома в норме. Гранулы пигмента утероферрина окрашены в ярко-малиновый цвет. Комбинированная окраска альтиановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера. Общее увеличение 200

Figure 6 – Cross section of sheep placentoma is normal. (The granules of the pigment uteroferrin are painted in a bright crimson color. Combined coloring with alcian blue and CHIC-McManus reaction. Staining with Mayer's hematoxylin).

The total increase is 200

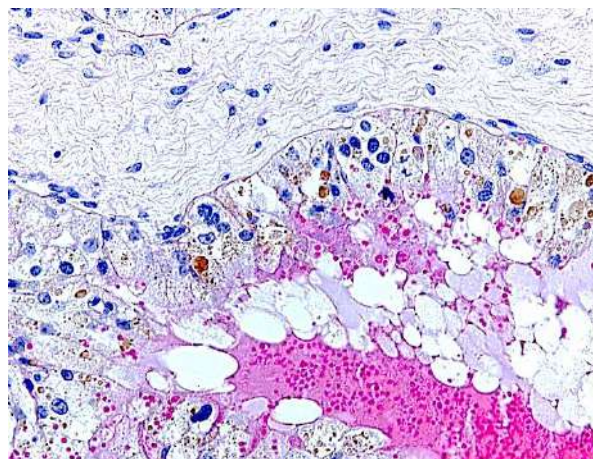


Рисунок 7 – Поперечный срез овечьего плацентома при эклампсии. Наличие в основании ворсин геморрагий и присутствие бурого пигмента в цитоплазме клеток ареолярной трофэктодермы. Окраска гематоксилин-эозином. Общее увеличение: 400.

Figure 7 – Cross section of sheep placentoma in eclampsia. ((The presence of hemorrhages at the base of the villi and the presence of brown pigment in the cytoplasm of areolar trophoblast cells. Staining with hematoxylin-eosin).

The total increase is 400

В створовых ворсинах кислые гликозамингликаны распределялись неравномерно, либо накапливаясь вокруг кровеносных сосудов, либо распространяясь на всем их протяжении. Складки хориона образовывали разветвленные ворсинчатые выступы (хориоаллантоисные ворсинки), которые соединялись с карункулярной стенкой, многочисленные перегородки, формируя каркас крипт (рисунок 7). Крипты карункулов расширяли ветвящиеся выступы образуя таким образом сеть ворсинок плода, расположенных внутри материнских крипт. Характерным для эклампсии являлось снижение активности НАД- и НАДФ-фотаз в тканевых структурах центральных отделов плаценты при сравнении с периферическими, что, по-видимому, обусловлено уменьшением васкуляризации и преобладанием дистрофических изменений в этих отделах. Умеренное снижение активности ферментов пентозного цикла (Г-6-ФДГ и 6-ФГДГ), в периферическом цитотрофобласте, синцитии концевых, средних и створовых ворсин и в синцитиальных узелках, притом преимущественно в периферической фетальной части плаценты.

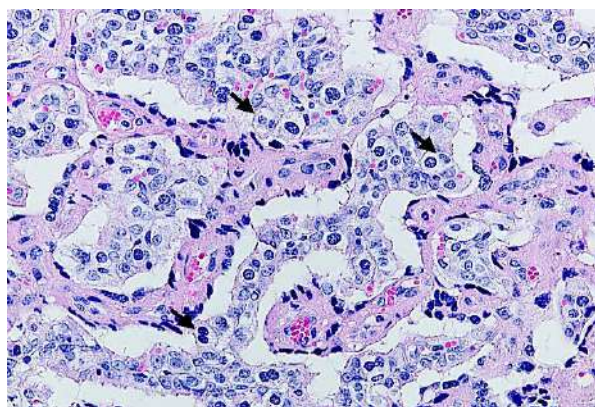


Рисунок 8 – Поперечный срез овечьего плацентома в норме. (Наличие двуядерных клеток трофобласта, которые локализованы в непосредственной близости от эпителия карункулярных стенок показано стрелками. Окраска гематоксилин-эозином). Общее увеличение 100.

Figure 8 – Cross section of sheep placenta is normal. ((The presence of binucleated trophoblast cells that are localized in the immediate vicinity of the epithelium of the caruncular walls is indicated by arrows. Staining with hematoxylin-eosin). The total increase is 100.

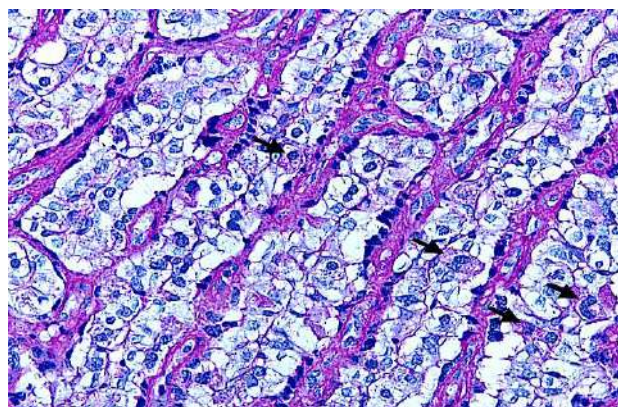


Рисунок 9 – Продольный срез овечьего плацентома. (ШИК-позитивные двуядерные клетки трофобласта, синтезирующие лактоген и прогестерон, показано стрелками. Основная масса трофобласта – это клетки с обедненной цитоплазмой. Комбинированная окраска альциановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера). Общее увеличение 400.

Figure 9 – Longitudinal section of sheep placenta. ((CHIC-positive binuclear trophoblast cells synthesizing lactogen and progesterone are shown by arrows. The bulk of the trophoblast is cells with depleted cytoplasm. Combined coloring with alcian blue and CHIC-McManus reaction. Staining with Mayer's hematoxylin). The total increase is 400.

Наибольшее число мелких гранул утероферрина и высокая ферментативная активность обнаружены в эпителии крипт карункулов (рисунок 8), цитоплазма которого содержала небольшое количество нейтральных ГАГ и гликогена, а кислых ГАГ в виде следов. Наиболее низкая активность обнаружена при выявлении СДГ. В строме концевых ворсин и стенках крупных сосудов створовых ворсин выявлены немногочисленные гранулы утероферрина, а в строме створовых ворсин – лишь единичные (рисунок 9).

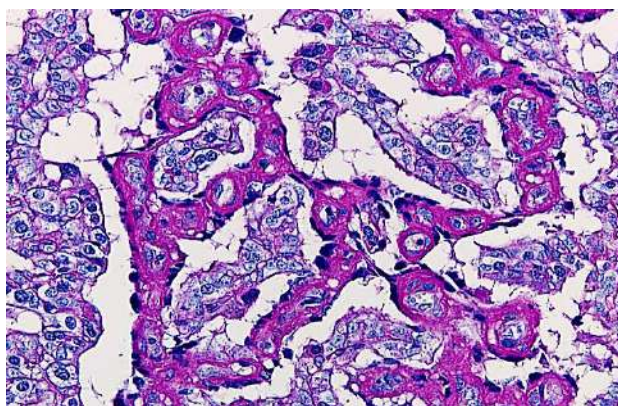


Рисунок 10 – Поперечный срез овечьего плацента в норме. (Наличие многочисленных выростов на клетках трофобласта и маточном эпителии. Гипертрофированные капилляры в материнских септах. Комбинированная окраска альциановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера). Общее увеличение 100.

Figure 10 – A cross-section of a sheep placenta is normal. (The presence of numerous outgrowths on trophoblast cells and uterine epithelium. Hypertrophied capillaries in maternal septa. Combined coloring with alcian blue and CHIC-McManus reaction. Staining with Mayer's hematoxylin). The total increase is 100.

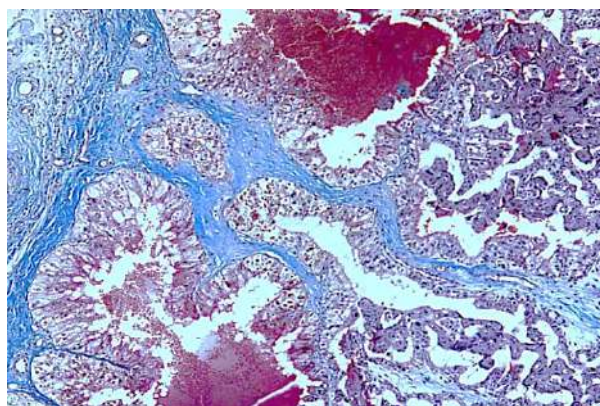


Рисунок 11 – Поперечный срез овечьего плацента при эклампсии. (Коллагеновые волокна в стромальной части ворсин Трихромная окраска по Masson). Общее увеличение 100.
Figure 11 – Cross-section of sheep placenta in eclampsia. (Collagen fibers in the stromal part of the villi are Trichromic coloration by Masson). The total increase is 100.

Результаты сравнительного изучения распределения ферментов и степени их активности в ткани плаценты у женщин с доношенной неосложненной беременностью и нормальной родовой деятельностью и при эклампсии показали, что активность НАДФ-фотазы в различных структурах несколько снижена, более выраженное снижение отмечено в амниотическом эпителии, что может быть связано с нарушением обмена липидов, так как НАДФ-Н2 причастна к синтезу триглицеридов, фосфолипидов и холестерина. Характерной особенностью плаценты овец, являлось интенсивно окрашивающихся ШИК-методом в модификации Мак-Мануса. Выраженное снижение активности окислительных ферментов, главным образом в центральных отделах материнской части плаценты (карункулах), при сохранении неравномерности распределения гранул утероферрин в тканевых структурах ее. Наиболее резко при этом была снижена активность ферментов пентозного цикла (Г-6-ФДГ и 6-ФГДГ), цикла Кребса (СДГ) и фермента анаэробного гликолиза ШДГ, рисунок 10. Снижение активности этих ферментов наблюдалось на более обширных участках плаценты, что можно объяснить снижением васкуляризации и большим распространением дистрофических изменений (рисунок 11).

Вместе с тем в ворсинах хориона котиледонов фетальной части плаценты с ясно выраженной васкуляризацией и отсутствием дистрофических изменений в хориальном эпителии активность НАД- и НАДФ-фотаз, ЛДГ и Г-6-ФДГ оставалась высокой. Большая часть трофобласта представлена кубическими клетками со светлым ядром и обедненной цитоплазмой. Наблюдается очень низкая активность ЛДГ и СДГ в строме ворсин хориона, местами гранулы утероферрин в них отсутствовали. В субэпителиальной зоне карункулярных стенок регистрировали многочисленные материнские капилляры, эндотелиальные стенки которых были заметно гипертрофированы (рисунок 12).

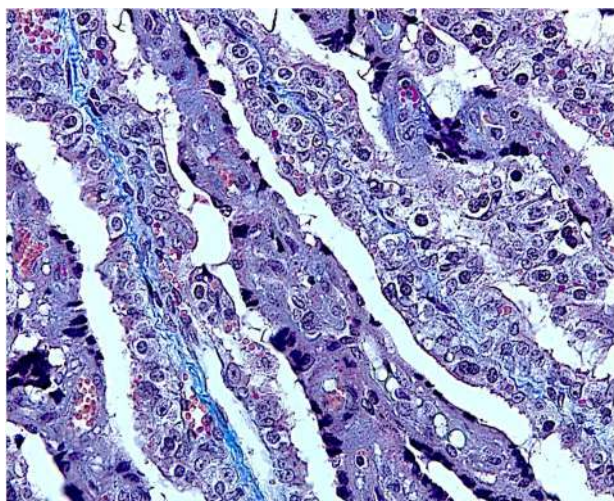


Рисунок 12 – Продольный срез овечьего плацентома в норме. (Коллагеновые волокна в стромальной части ворсин и отсутствие коллагенового каркаса в материнских септах. Трихромная окраска по Masson). Общее увеличение 400.

Figure 12 – Longitudinal section of sheep placenta is normal. ((Collagen fibers in the stromal part of the villi and the absence of a collagen framework in maternal septa. Trichromatic coloring by Masson). The total increase is 400.

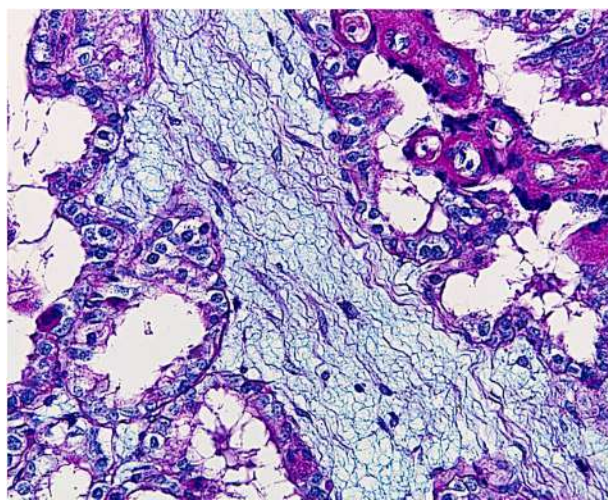


Рисунок 13 – Продольный срез овечьего плацентома при эклампсии. (Кислые ГАГ в строме отекшей ворсины, связанной с предродовой трансформацией плаценты. Комбинированная окраска альциановым синим и ШИК-реакция по Мак-Манусу. Докраска гематоксилином Майера). Общее увеличение 400.

Figure 13 – Longitudinal section of sheep placenta in eclampsia. (Acidic GAGS in the stroma of the swollen villi associated with the prenatal transformation of the placenta. Combined coloring with alcian blue and CHIC-McManus reaction. Staining with Mayer's hematoxylin). The total increase is 400.

В просвете капилляров содержались многочисленные эритроциты и изредка присутствовали сегментоядерные нейтрофилы. Внеклеточный матрикс (ВКМ) является ключевым компонентом плаценты, который опосредует прикрепление трофобласта к эндометрию матки, индуцирует дифференцировку клеток и функционирует как резервуар факторов роста.

Заключение. При анализе структурных компонентов плацентома было обнаружено, что соединительно-тканная основа ворсин овечьего плода была представлена тяжами коллагеновых волокон, берущих свое начало от хориоаллантоисной мембраны. В стромальной части карунклярных перегородок коллагеновый каркас был слабо выражен. Изучение содержания нейтральных и кислых ГАГ в плаценте овцы выявило, что ШИК-позитивные компоненты (нейтральные ГАГ) составляли межучточное вещество как маточных крипт, так и стромы ворсин, а вот кислые ГАГ выявлялись только при отеке и набухании единичных ворсин. Проведенное гистологическое изучение данной овечьей плаценты позволило установить отсутствие острых нарушений маточно-плацентарного кровообращения в виде массивных кровоизлияний и ишемических инфарктов плаценты, а также склероз стромы или фибриноидной альтерации ворсин хориона. Возросшая при эклампсии по сравнению с нормальной беременностью доля бессосудистых ворсин и отложений фибриноида увеличивается с 0,06 в контроле до 0,16мм³/мм³ и отражает выраженные дистрофические изменения и массивные отложения фибриноидной субстанции в плаценте суягных овец на завершающем этапе гестации. При физиологической беременности, в общем объеме плодных оболочек занимает показатель доли плотности упаковки бессосудистых ворсин и фибриноида. Плотность упаковки ворсины в объеме плаценты оказалась наибольшей и нарастала по мере увеличения тяжести течения эклампсии. Поэтому увеличение цифровых показателей тех или иных структурных элементов плаценты свидетельствует, с одной стороны, о произошедших компенсаторных изменениях, а с другой – о крайне неблагоприятных последствиях для матери и

плода. Увеличение плотности упаковки структурных элементов плаценты и их удельных площадей поверхности является основным механизмом обеспечения адекватных условий развития внутриутробного плода.

Conclusions. When analyzing the structural components of the placenta, it was found that the connective tissue base of the villi of the sheep fetus was represented by strands of collagen fibers originating from the chorioallantoic membrane. In the stromal part of the caruncular septa, the collagen framework was weakly expressed. The study of the content of neutral and acidic GAGs in the sheep placenta revealed that PAS-positive components (neutral GAGs) constituted the interstitial substance of both the uterine crypts and the stroma of the villi, but acidic GAGs were detected only with edema and swelling of single villi. The histological study of this sheep placenta made it possible to establish the absence of acute disorders of the uteroplacental circulation in the form of massive hemorrhages and ischemic infarcts of the placenta, as well as stromal sclerosis or fibrinoid alteration of the chorionic villi. The proportion of avascular villi and fibrinoid deposits increased in eclampsia compared with normal pregnancy increases from 0.06 in control to 0.16 mm³/mm³ and reflects pronounced dystrophic changes and massive deposits of fibrinoid substance in the placenta of pregnant women. sheep at the final stage of gestation. During physiological pregnancy, in the total volume of the fetal membranes, the index of the share of the packing density of avascular villi and fibrinoid takes up. The packing density of the villi in the volume of the placenta was the highest and increased as the severity of the course of eclampsia increased. Therefore, an increase in the digital indicators of certain structural elements of the placenta indicates, on the one hand, the compensatory changes that have occurred, and on the other hand, extremely adverse consequences for the mother and fetus. An increase in the packing density of the structural elements of the placenta and their specific surface areas is the main mechanism for ensuring adequate conditions for the development of the intrauterine fetus.

Библиографический список

1. Бойчук Н. В., Улумбекова Э. Г., Челышева Ю. А. Гистология. Эмбриология. Цитология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 927 с.
2. Глуховец Б. И., Глуховец Н. Г. Патология последа. СПб.: Грааль, 2002. 448 с.
3. Диагностика различных форм течения гестоза суягных овцематок на фоне метаболического стресса / А. В. Молчанов [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 3. С. 58-60.
4. Метаболический стресс у суягных овец на последних сроках плодonoшения как фактор развития эклампсии / В. С. Авдеенко [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (42). С. 206-209.
5. Морфологическое и иммуногистохимическое исследование маточно-плацентарной области при тромбофилии / В. А. Жукова [и др.] // Вестник НГУ Серия: Биология, клиническая медицина. 2012. Т. 10. Вып. 2. С. 151-159.
6. Новикова С. В., Савельев С. В. К вопросу о структурных основах, определяющих функциональные проявления плацентарной недостаточности // РМЖ. Мать и дитя. 2014. Т. 22. № 14. С. 1030-1033.
7. Особенности строения плаценты при перенесенной беременности / А. М. Буркитова, В. О. Полякова, В. М. Болотских, И. М. Кветной // Журнал акушерства и женских болезней. - 2019. Т. 68. № 6. С. 73-86.
8. Племяшов К. В., Авдеенко В. С., Булатов Р. Н. Идентификация клинико-биохимических маркеров различных форм проявления эклампсии у суягных овцематок // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2022. № 4. С. 78-83.
9. Этиология и клиническая симптоматика синдрома «ОПГ-Гестоз» у суягных овец на фоне субклинического гестоза / Р. Н. Булатов [и др.] // Materials of the international scientific and practical conference «Citizen of Kazakhstan – national of common future». Уральск, 2016. С. 201-203.
10. A high-concentrate diet provokes inflammatory responses by downregulating Forkhead box protein A2 (FOXA2) through epigenetic modifications in the liver of dairy cows / W. Y. Xie [et al.] // Gene. 2022. V. 837. 146703.
11. A high-concentrate diet induces an inflammatory response and oxidative stress and depresses milk fat synthesis in the mammary gland of dairy cows / N. Ma [et al.] // J. Dairy Sci. 2022. V. 105. Pp. 5493-5505.
12. AMPKα1 regulates lung and breast cancer progression by regulating TLR4-mediated TRAF6-BECN1 signaling axis / M. J. Kim [et al.] // Cancers (Basel). 2020. V. 12. P. 3289.

13. Deletion of TLR4 attenuates lipopolysaccharide-induced acute liver injury by inhibiting inflammation and apoptosis / S. N. Chen [et al.] // *Acta Pharmacol. Sin.* 2021. V. 42. Pp. 1610–1619.
14. Gardner V., Madu C. O., Lu Y. Anti-VEGF therapy in cancer: a double-edged sword. *Intech open science*. 2017. Ch. 19. Pp. 385–410.
15. Overexpression of FOXA2 attenuates cigarette smoke-induced cellular senescence and lung inflammation through inhibition of the p38 and Erk1/2 MAPK pathways / Y. Tao [et al.] // *Int. Immunopharmacol.* 2021. V. 94. 107427.
16. Overexpression of toll-like receptor 4 affects autophagy, oxidative stress, and inflammatory responses in monocytes of transgenic sheep / S. Wang [et al.] // *Front. Cell Dev. Biol.* 2020. V. 8. P. 248.
17. Placental pathology in fetal growth restriction / N. Vedmedovska [et al.] // *Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol.* 2011. Vol. 155. Is. 1. Pp. 36–40.
18. Qin Liu, Tao Yin, Guoping Wang Vascular endothelial growth receptor 1 acts as a stress-associated protein in the therapeutic response to thalidomide // *Exp Ther Med.* 2017. V. 14. Pp. 4263–4271.
19. Sodium butyrate mitigates iE-DAP induced inflammation caused by high-concentrate feeding in liver of dairy goats / Chandra Roy [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* 2018. V. 66. P. 8999–9009.
20. γ -d-Glutamyl-meso-diaminopimelic acid induces autophagy in bovine hepatocytes during nucleotide-binding oligomerization domain1-mediated inflammation / A. C. Roy [et al.] // *J. Cell. Physiol.* 2021. V. 236. Pp. 5212–5234.

References

1. Boychuk N. V., Ulumbekova E. G., Chelysheva Yu. A. *Histology. Embryology. Cytology*. M.: GEOTAR-Media, 2016. 927 p.
2. Glukhovets B. I., Glukhovets N. G. *Pathology after*. St. Petersburg: Grail, 2002. 448 p.
3. Diagnosis of various forms of gestosis of suya ewes against the background of metabolic stress / A. V. Molchanov [et al.] // *Sheep, goats, wool business*. 2018. № 3. Pp. 58–60.
4. Metabolic stress in suya ewes in the last stages of fruiting as a factor in the development of eclampsia / V. S. Avdeenko [et al.] // *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2018. № 2 (42). Pp. 206–209.
5. Morphological and immunohistochemical study of the utero-placental region in thrombophilia / V. A. Zhukov [et al.] // *Bulletin of NSU Series: Biology, clinical medicine*. 2012. V. 10. No. 2. Pp. 151–159.
6. Novikova S. V., Savelyev S. V. On the question of the structural foundations that determine the functional manifestations of placental insufficiency // *BC. Mother and child*. 2014. V. 22. № 14. Pp. 1030–1033.
7. Features of the structure of the placenta during pregnancy / A. M. Burkitova, V. O. Polyakov, V. M. Bolotsky, I. M. Kvetnoy // *Journal of Obstetrics and Women's Diseases*. 2019. V. 68. № 6. P. 73–86.
8. Plemyshev K. V., Avdeenko V. S., Bulatov R. N. Identification of clinical and biochemical markers of various forms of eclampsia in suya ewes // *Regulatory regulation in veterinary medicine*. 2022. № 4. Pp. 78–83.
9. Etiology and clinical symptoms of OPG-Gestosis syndrome in suya ewes against the background of subclinical gestosis / R. N. Bulatov [et al.] // *Materials of the international scientific and practical conference "Citizens of Kazakhstan - national of common future"*. Ural'sk, 2016. P. 201–203.
10. A high-concentrate diet provokes inflammatory responses by downregulating Forkhead box protein A2 (FOXA2) through epigenetic modifications in the liver of dairy cows / W. Y. Xie [et al.] // *Gene*. 2022. V. 837. 146703.
11. A high-concentrate diet induces an inflammatory response and oxidative stress and depresses milk fat synthesis in the mammary gland of dairy cows / N. Ma [et al.] // *J. Dairy Sci.* 2022. V. 105. Pp. 5493–5505.
12. AMPK α 1 regulates lung and breast cancer progression by regulating TLR4-mediated TRAF6-BECN1 signaling axis / M. J. Kim [et al.] // *Cancers (Basel)*. 2020. V. 12. P. 3289.
13. Deletion of TLR4 attenuates lipopolysaccharide-induced acute liver injury by inhibiting inflammation and apoptosis / S. N. Chen [et al.] // *Acta Pharmacol. Sin.* 2021. V. 42. P. 1610–1619.
14. Gardner V., Madu C. O., Lu Y. Anti-VEGF therapy in cancer: a double-edged sword. *Intech open science*. 2017. Ch. 19. Pp. 385–410.
15. Overexpression of FOXA2 attenuates cigarette smoke-induced cellular senescence and lung inflammation through inhibition of the p38 and Erk1/2 MAPK pathways / Y. Tao [et al.] // *Int. Immunopharmacol.* 2021. V. 94. 107427.

16. Overexpression of toll-like receptor 4 affects autophagy, oxidative stress, and inflammatory responses in monocytes of transgenic sheep / S. Wang [et al.] // Front. Cell Dev. Biol. 2020. V. 8. P. 248.
17. Placental pathology in fetal growth restriction / N. Vedmedovska [et al.] // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 2011. Vol. 155. Is. 1. Pp. 36–40.
18. Qin Liu, Tao Yin, Guoping Wang Vascular endothelial growth receptor 1 acts as a stress-associated protein in the therapeutic response to thalidomide // Exp Ther Med. 2017. V. 14. Pp. 4263–4271.
19. Sodium butyrate mitigates iE-DAP induced inflammation caused by high-concentrate feeding in liver of dairy goats / Chandra Roy [et al.] // J. Agric. Food Chem. 2018. V. 66. Pp. 8999–9009.
20. γ -d-Glutamyl-meso-diaminopimelic acid induces autophagy in bovine hepatocytes during nucleotide-binding oligomerization domain1-mediated inflammation / A. C. Roy [et al.] // J. Cell. Physiol. 2021. V. 236. Pp. 5212–5234.

Информация об авторах

Булатов Ринат Нигметович, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Акушерства и терапии», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. 89377028111

Племяшов Кирилл Владимирович, член-корр. РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, зав. кафедрой «Генетические и репродуктивные биотехнологии», ректор, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины" (РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5), тел. 89119208363

Авдеенко Владимир Семенович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Генетические и репродуктивные биотехнологии», ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины (РФ, г. Санкт-Петербург, ул. Черниговская, д. 5), тел. 89179870633, e-mail. avdeenko0106@mail.ru

Authors Information

Bulatov Rinat Nigmatovich, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Obstetrics and Therapy, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), 89377028111

Plemyashov Kirill Vladimirovich, corresponding member. RAS, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies, Rector of the St. Petersburg State University of Veterinary Medicine (Russian Federation, St. Petersburg, Chernigovskaya str., 5), 89119208363

Avdeenko Vladimir Semenovich, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Genetic and Reproductive Biotechnologies St. Petersburg State University of Veterinary Medicine (Russian Federation, St. Petersburg, Chernigovskaya st., 5), 89179870633, e-mail.avdeenko0106@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-33

SELECTION AND GENETIC PARAMETERS OF FISH BREEDING AND REPRODUCTIVE QUALITIES OF STURGEON SPECIES IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

**I. Y. Danilenko, S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, V. V. Shkalenko, S. V. Chekhranova,
E. V. Ulanov**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: taranova_15@mail.ru

Received 27.06.2023

Submitted 18.08.2023

*The research was carried out within the framework of agreement No. 1 dated January 15, 2021
“Use of fish feed “Agro-Matik” in feeding aquaculture facilities” (Agro-Matik LLC)*

Abstract

Introduction. Over the past decades, commercial fish farming has experienced a rapid increase in production volumes, which is favorably reflected in economic profitability [8]. As production scales up, so does the likelihood that the industry will face new biological, economic and social challenges that could affect productive and sustainable fish production. Therefore, it is important

that the industry strives to monitor and control the effects of these problems in order to avoid potential problems when scaling production. Fish populations continue to decline worldwide, signaling the need for new conservation initiatives for endangered species [10]. Over the past two decades, with the development of our understanding of fish biology and commercial fish farming, new strategies for managing fish genetics and reproduction have focused on the use of breeding methods. The development of breeding methods to propagate the most frequently farmed sturgeon species is of increasing interest among scientists, primarily as a means of increasing the production of marketable fish. **Object.** Research was focused on breeding sturgeons (Russian sturgeon, Lena sturgeon, sterlet). **Materials and methods.** The methodological basis of the research was the scientific developments of authors involved in genetics and breeding in the cultivation of sturgeon fish. The presented studies were carried out during the period of the Research Laboratory "Breeding of valuable sturgeon breeds" of the Volgograd State Agrarian University. The basis for conducting scientific research is an integrated approach to the problem under study, which consists in the use of analytical data from scientific literature, classical and modern research methods and comparative analysis, generalization with the calculation of basic statistical parameters. **Results and conclusions.** The analysis of fish-breeding and reproductive qualities of sturgeons was carried out. All the described trends and expectations will provide new research that will be very useful for increasing the commercial production of sturgeon fish and their caviar. In addition, improved analytical tools will enable optimal protection and conservation of endangered sturgeon populations, especially based on valuable gene banks (live fish and cryopreserved sperm).

Key words: *aquaculture, commercial fish farming, sturgeon breeding, fish breeding.*

Citation. Danilenko I. Y., Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Shkalenko V. V., Chekhranova S. V., Ulanov E. V. Selection and genetic parameters of fish breeding and reproductive qualities of sturgeon species in closed water supply installations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 327-334 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-33.

Author's contribution. All authors of the present study were involved in the planning, execution and analysis of the study results. All authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 639.371.2.032

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЫБОВОДНЫХ И ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ ОСЕТРОВЫХ ВИДОВ РЫБ В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

И. Ю. Даниленко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Шкаленко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. В. Чехранова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. В. Уланов, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

*Исследования проведены в рамках договора № 1 от 15.01.2021 г.
«Использование комбикормов для рыбы "Агро-Матик" в кормлении объектов
аквакультуры» (ООО "НПО Агро-Матик")*

Актуальность. За последние десятилетия в товарном рыбоводстве наблюдается быстрый рост объемов производства, что благоприятно отражается на экономической доходности [8]. По мере увеличения масштабов производства – растет и вероятность того, что отрасль столкнется с новыми биологическими, экономическими и социальными проблемами, которые

могут повлиять на продуктивное и экологически безопасное производство рыбы. Поэтому важно, чтобы отрасль стремилась отслеживать и контролировать последствия этих проблем, чтобы избежать потенциальных при масштабировании производства. Популяции рыб продолжают сокращаться во всем мире, что сигнализирует о необходимости новых инициатив по сохранению исчезающих видов [10]. За последние два десятилетия, с развитием нашего понимания биологии рыб, и товарного рыбоводства, новые стратегии управления генетикой и воспроизводством рыб были сосредоточены на использовании селекционных методов. Разработка методов селекции с целью размножения видов осетровых рыб, наиболее часто выращиваемых, вызывает все больший интерес среди ученых, в первую очередь как средство наращивания производства товарной рыбы. **Объект исследования.** Исследования были сосредоточены на селекции осетровых рыб (русский осетр, ленский осетр, стерлядь). **Материалы и методы.** Методологической основой исследований явились научные разработки авторов, занимающихся генетикой и селекцией при выращивании осетровых рыб. Представленные исследования были проведены в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ. Основой проведения научных исследований являлся комплексный подход к изучаемой проблеме, заключающийся в использовании аналитических данных научной литературы, классических и современных методов исследований, сравнительного анализа, обобщения с вычислением основных статистических параметров. **Результаты и выводы.** Проведен анализ рыбоводных и воспроизводительных качеств осетровых рыб. Все описанные тенденции и ожидания предоставят новые изыскания, которые будут очень полезны для увеличения товарного производства осетровых рыб и их икры. Кроме того, благодаря совершенствованию аналитических инструментов, станет возможной оптимальная защита и сохранение исчезающих популяций осетровых.

Ключевые слова: аквакультура, товарное рыбоводство, разведение осетровых, селекция рыб.

Цитирование. Даниленко И. Ю., Николаев С. И., Карапетян А. К., Шкаленко В. В., Чехранова С. В., Уланов Е. В. Селекционно-генетические параметры рыбоводных и воспроизводительных качеств осетровых видов рыб в установках замкнутого водоснабжения. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 327-334. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-33.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Сегодня рыбоводство оказывает значительное воздействие на водные ресурсы и пищевую цепочку с глобальной точки зрения по сравнению с другими видами сельскохозяйственной деятельности. В течение последних десятилетий во всем мире наблюдается непрерывный рост индустрии аквакультуры [1]. Наиболее значительный рост наблюдался в производстве осетровых видов рыб, которые выращиваются в интенсивных условиях. Прогнозы на следующее десятилетие заключаются в том, что будет наблюдаться совершенствование селекционного процесса осетровых рыб, и это дает основание полагать, что рост аквакультуры продолжится. Следует также предположить, что к существующему спектру видов рыб, выращиваемых в аквакультуре, добавятся новые виды, в том числе и морских рыб [4, 7].

Современная интенсивная аквакультура охватывает все стадии жизни рыбы: от производителей/икры до взрослых особей [3, 5]. Инкубационный этап обычно проводится в лабораторных условиях, где можно контролировать условия окружающей среды и другие внешние факторы, влияющие на рыбу. В то время как некоторые виды выращиваются в резервуарах до достижения товарного размера, большинство видов рыб, выращиваемых в промышленных масштабах, переводятся в открытые пруды или садки

для заключительной фазы выращивания. Это связано с тем, что объем воды, необходимый рыбе, сильно зависит от ее размера, и постепенное увеличение объема производственной единицы по мере роста рыбы легче обеспечить в садках, чем в закрытых аквариумах [9, 11].

Осетровые являются одним из наиболее исчезающих видов рыб в мире, особенно из-за затруднения нерестовых миграций из-за строительства плотин на реках, разрушения естественных нерестилищ и интенсивной эксплуатации преимущественно черной икры [2, 6]. В связи с исчезновением многих естественных популяций осетровых, аквакультура начала быстро развиваться, и теперь продукция осетровых является результатом аквакультурного производства.

В период развития осетровой аквакультуры необходимо проведение научных исследований, направленных на поддержку и оптимизацию новых технологий производства с использованием селекции для поддержки последних тенденций в товарном осетроводстве.

Материалы и методы. Методологической основой исследований явились научные разработки авторов, занимающихся генетикой и селекцией при выращивании осетровых рыб. Представленные исследования были проведены в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ. Материал по плодовитости осетровых видов рыб и их гибридов отбирался на стадии зрелости половых продуктов у самок различного возраста, их размера и массы. Измерялся диаметр, и определялась масса икринок. Размер икринок определялся у самок исследуемых осетров с помощью окулярмикрометра. Биологический и морфологический анализ проводился на свежем ихтиологическом материале. Основой проведения научных исследований являлся комплексный подход к изучаемой проблеме, заключающийся в использовании аналитических данных научной литературы, классических и современных методов исследований, сравнительного анализа, обобщения с вычислением основных статистических параметров.

Результаты и обсуждение. Первым этапом при проведении исследований было определение возраста полового созревания родительского поголовья (рисунок 1).

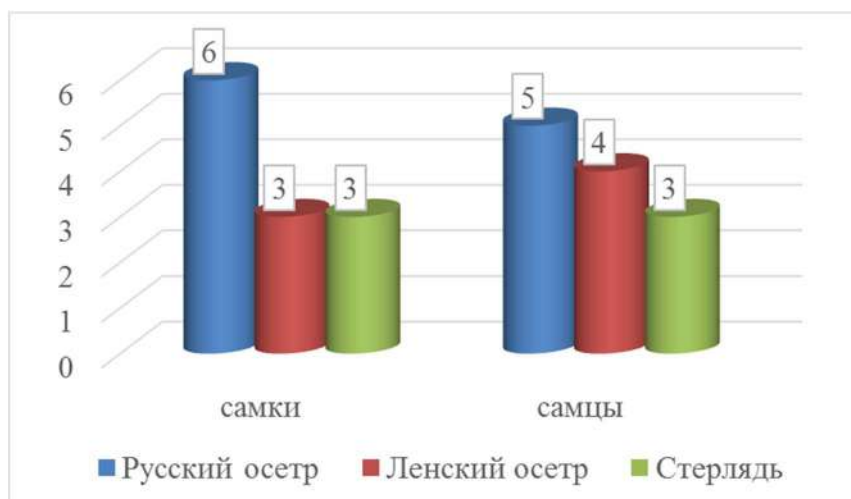


Рисунок 1 – Возраст полового созревания поголовья (родительского) осетровых рыб, лет
Figure 1 – Age of puberty of the (parental) sturgeon population, years

Установлено, что особи стерляди (самки и самцы) имели более интенсивный рост, что отразилось на возрасте полового созревания (3 года), в связи с этим, данный гибрид представляет наиболее высокую производственную ценность.

С целью проведения племенной работы (с родительским поголовьем) нами была проведена оценка полученной икры гибридных форм. Согласно методике проведения исследований, инкубацию оплодотворенной икры проводили на аппарате «Осетр» (рисунки 2, 3).



Рисунок 2 – Инкубация оплодотворённой икры в инкубационном аппарате «Осетр»
Figure 2 – Incubation of fertilized eggs in the incubation apparatus "Sturgeon"



Рисунок 3 – Инкубационный аппарат «Осетр»
Figure 3 – Incubation apparatus "Sturgeon"

В ходе проведения исследований были изучены показатели инкубации икры русского осетра и его гибридов (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты инкубации икры разных видов осетровых
Table 1 – Results of incubation of eggs of different sturgeon species

Особи	Показатель	
	Продолжительность эмбриогенеза, ч	Выход предличинок из заложенной икры на инкубацию, %
Русский осетр	203,00	83,90
Гибрид русского осетра с ленским	198,00	91,50
Гибрид русского осетра со стерлядью	191,00	79,40

В задачу исследований входило изучение массы икринок русского осетра и его гибридных форм. В ходе изучения в сравнительном аспекте массы икринок осетровых рыб было выявлено, что масса икринки у гибрида русского осетра со стерлядью составила 11-12 мг, гибрида русского осетра с ленским 9-11 мг, и русского осетра 8-9 мг, было отмечено, что, гибрид русского осетра со стерлядью и гибрид русского осетра с ленским по массе икринки выигрывали русско-ленскому осетру.

В период проведения опыта определяли зависимость между плодовитостью и длиной тела русского осетра и его гибридных форм (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость плодовитости осетровых рыб от длины их тела
Table 2 – Dependence of the fertility of sturgeon fish on their body length

Показатель	Русский осетр		
Длина тела, см	$X \pm m$	σ	$C_v, \%$
91-131	129,1 $\pm$ 11,29	29,8	21,9
141-150	218,6 $\pm$ 4,85	51,8	25,4
191-200	677,5 $\pm$ 52,36	132,4	18,7
Показатель	Гибрид русского осетра с ленским		
Длина тела, см	$X \pm m$	σ	$C_v, \%$
111-120	135,8 $\pm$ 14,9	29,8	21,9
141-150	204,3 $\pm$ 3,4	51,8	25,4
191-200	709 $\pm$ 76,5	132,4	18,7
Показатель	Гибрид русского осетра и стерляди		
Длина тела, см	$X \pm m$	σ	$C_v, \%$
до 67	14,73 $\pm$ 0,75	3,11	21,1
67,1-73	20,51 $\pm$ 1,01	5,08	25,4
73,1-81	22, 23 $\pm$ 1,11	4,01	18,0
81,1 и более	30,46 $\pm$ 1,04	2,93	9,6

Было установлено, что впервые созревшие самки русского осетра достигают более высокой массы. Соответственно, и выход икры из расчета на одну самку, в сравнении с гибридными формами выше за счет более крупной массы ооцитов. Однако было отмечено, что процесс дойки икры у самок гибрида русского осетра с ленским видом протекает более плавно, самки меньше травмируются. При этом, более стрессоустойчивы, в отличие от русского осетра.

Выводы. В связи с более высокой резистентностью разновозрастного потомства гибридных форм русского осетра с ленским видом и стерлядью, в сравнении с русским осетром, а также с более короткими сроками их полового созревания, в целях увеличения производства мясной продукции и пищевой икры, рекомендуем расширить использование гибридных форм между этими видами.

Conclusions. Due to the higher resistance of the offspring of hybrid forms of the Russian sturgeon with the Lena species and sterlet, in comparison with the Russian sturgeon, as well as the shorter periods of their puberty, in order to increase the production of meat products and food caviar, we recommend expanding the use of hybrid forms between these types.

Библиографический список

1. Агеев В. Ю. Рыбоводство Беларуси в мировой аквакультуре // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2014. № 2. С. 86-93.
2. Акимов Е. Б. Развитие аквакультуры как важнейшее направление рыбного хозяйства // Международный научный журнал. 2013. № 4. С. 52-56.
3. Басонов О. А., Станковская Т. П., Судакова А. В. Зоогигиенические условия содержания и кормления осетровых в промышленных условиях // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3(31). С. 24-28.

4. Коротенко А. В. Самки русского осетра с различными физиолого-рыбоводными характеристиками // Естественные науки. 2011. № 1 (34). С. 157-161.
5. Кравченко Ю. В., Амирханян А. Р., Дикусаров В. Г. Оценка условий выращивания рыб в УЗВ на примере лаборатории "Разведение ценных пород осетровых" // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2016. Т. 1. С. 356-360.
6. Кулагин Г. А. Искусственное разведение осетровых рыб // Агропромышленный комплекс и сельскохозяйственные науки: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2017. С. 95-100.
7. Оценка продукционного стада русского осетра, формируемого в садковом комплексе ООО АРК "Белуга" / Д. А. А. Садлер, А. А. Кокоза, О. Н. Загребина, В. А. Григорьев // Естественные науки. 2011. № 1 (34). С. 175-182.
8. Управление эффективным импортозамещением кормов в отечественном рыбном хозяйстве / А. С. Овчинников, Р. Ю. Скоков, Т. А. Сейдалиев [и др.] // Рыбное хозяйство. 2018. № 6. С. 67-71.
9. Хованский И. Е. ВНИИПРХ - центр научного обеспечения пресноводной аквакультуры // Рыбное хозяйство. 2012. № 4. С. 52-54.
10. Ширина Ю. М., Федоровых Ю. В. Промышленное рыболовство и аквакультура Астраханской области: обзор отрасли // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2017. № 10 (141). С. 6-11.
11. Nazari S., Pourkazemi M. Current status and recent advancements in DNA molecular markers in population genetics of Caspian Sea sturgeons: A review // Regional Studies in Marine Science. 2023. V. 64. P. 103034.

References

1. Ageets V. Yu. Fish farming of Belarus in the world aquaculture // Vesti National Academy of Sciences of Belarus. Series of agricultural sciences. 2014. No 2. Pp. 86-93.
2. Akimov E. B. Development of aquaculture as the most important direction of fisheries // International scientific journal. 2013. No 4. Pp. 52-56.
3. Basonov O. A., Stankovskaya T. P., Sudakova, A. V., Zoo-hygienic conditions for keeping and feeding sturgeons in industrial conditions, Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy. 2021. No 3 (31). Pp. 24-28.
4. Korotenko A. V. Russian sturgeon females with different physiological and fish-breeding characteristics // Natural Sciences. 2011. No 1 (34). Pp. 157-161.
5. Kravchenko Yu. V., Amirkhanyan A. R., Dikusarov V. G. Evaluation of the conditions for growing fish in a RAS on the example of the laboratory "Breeding of valuable sturgeon breeds" // Strategic guidelines for the innovative development of the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the international scientific and practical conference: in 5 parts. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2016. V. 1. Pp. 356-360.
6. Kulagin G. A. Artificial breeding of sturgeons // Agro-industrial complex and agricultural sciences: collection of materials of the I International Scientific and Practical Conference. Novosibirsk, 2017. Pp. 95-100.
7. Evaluation of the production stock of Russian sturgeon formed in the cage complex LLC ARC "Beluga" / D. A. Sadler, A. A. Kokoza, O. N. Zagrebina, V. A. Grigoriev // Natural Sciences. 2011. No 1 (34). Pp. 175-182.
8. Management of efficient feed import substitution in the domestic fish industry / A. S. Ovchinnikov, R. Yu. Skokov, T. A. Seydaliev [et al.] // Fisheries. 2018. No 6. Pp. 67-71.
9. Khovansky I. E. VNIIPRKh – center for scientific support of freshwater aquaculture // Fisheries. 2012. No 4. Pp. 52-54.
10. Shirin Yu. M., Fedorovykh Yu. V/ Industrial fishing and aquaculture of the Astrakhan region: an overview of the industry // Fish breeding and fisheries. 2017. No 10 (141). Pp. 6-11.
11. Nazari S., Pourkazemi M. Current status and recent advancements in DNA molecular markers in population genetics of Caspian Sea sturgeons: A review // Regional Studies in Marine Science. 2023. V. 64. P. 103034.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Карапетыан Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), e-mail: schekhranova@mail.ru

Уланов Евгений Викторович, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: evgeniy.ulanov.1995@mail.ru

Authors Information

Nikolaev Sergey Ivanovich, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Danilenko Irina Yuryevna, Senior Lecturer of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Karapetyan Anzhela Keropovna, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26.), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Doctor of Biological Sciences, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26.), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: schekhranova@mail.ru

Ulanov Evgeniy Viktorovich, post-graduate student of the Department "Feeding and breeding of farm animals", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: evgeniy.ulanov.1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-34

**RESULTS OF ASSESSMENT OF THE THERAPEUTIC EFFECTIVENESS OF
TREATMENT REGIMENS FOR MYCOSIS MASTITIS**

G. M. Firsov, A. A. Ryadnov, T. A. Ryadnova, Z. Ch. Morozova, O. V. Budtuyev

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: firsovgm@yandex.ru

Received 27.06.2023

Submitted 18.08.2023

Summary

The purpose of the study was to establish the comparative effectiveness of the used schemes for the treatment of mycotic mastitis in cows in the Kamyshin district of the Volgograd region. The object of research are dairy cows diagnosed with mycotic mastitis. The diagnosis of mycotic mastitis was based on mycological studies of secretions from the quarters affected by the pathological process. The cows of the second experimental group were treated with Thioconazole and Kerbamin gel.

Abstract

Introduction. The purpose of the study was to establish the comparative effectiveness of the used schemes for the treatment of mycotic mastitis in cows in the Kamyshin district of the Volgograd region. **Object.** The object of research is dairy cows diagnosed with mycotic mastitis. **Material and methods.** The diagnosis of mycotic mastitis was based on mycological studies of secretions from the quarters affected by the pathological process. The results of the clinical study consisted of examination and palpation, as well as analysis of the quality of milk, taking into account its macroscopic changes. For the treatment of cows of the first experimental group (n=10), a local application of the antifungal emulsion «DC - Decamethoxin and Clotrimazole» was used. The cows of the second experimental group (n=10) were treated with Thioconazole and Kerbamin gel. The third group was the control (n=10). The results were subjected to statistical processing in the Biostat 3.0 program. **Results and conclusions.** All 100% of the cows of the experimental groups had clinical signs, such as a swollen udder with heat and pain when touched. Reference intervals for all variables: Wood and Quirosh-Roche were found among leukocytes, segmented and stab neutrophils. The median and frequency distributions of all components of the leukogram differed significantly between the two groups ($P < 0.01$, ANOVA, Mann-Whitney U-test) occurred among eosinophils and basophils. When using the drug Thioconazole + Kerbamin, recovery in the 2nd experimental group occurred 0.2 days earlier than recovery in the 1st experimental group using the drug - the antifungal emulsion «DC - Decamethoxin and Clotrimazole». When using an antifungal emulsion in the 1st experimental group for the treatment of the antifungal emulsion «DC - Decamethoxin and Clotrimazole», the economic efficiency per ruble of costs was 22.77 rubles. When used in the 2nd experimental group for the treatment of Thioconazole and Kerbamin, the economic efficiency per ruble of costs was 22.07 rubles.

Key words: cow, mastitis, clinical sign of mastitis, milk condition, milk yield reduction, treatment.

Citation. Firsov G. M., Ryadnov A. A., Ryadnova T. A., Morozova Z. Ch., Budtuyev O. V. Results of assessment of the therapeutic effectiveness of treatment regimens for mycosis mastitis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 334-344 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-34.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 619:618.14-002.153

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ ЛЕЧЕНИЯ МИКОЗНОГО МАСТИТА

Г. М. Фирсов, кандидат ветеринарных наук
А. А. Ряднов, доктор биологических наук, профессор
Т. А. Ряднова, кандидат биологических наук, доцент
З. Ч. Морозова, кандидат биологических наук
О. В. Будтуев, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Цель исследования – установление сравнительной эффективности использовавшихся схем лечения микозного мастита у коров в Камышинском районе Волгоградской области. **Объект.** Объектом исследований являются молочные коровы с диагнозом микозный мастит. **Материал и методы.** Диагноз микозного мастита был основан на микологических исследованиях выделений из поражённых патологическим процессом четвертей. Результаты клинического изучения состояли из осмотра и пальпации, а также анализа качества молока, учитывая его макроскопические изменения. Для лечения коров пер-

вой экспериментальной группы (n=10) применялась локальное применение ДК противогрибковой эмульсии. Коровам второй экспериментальной группы (n=10) применялись препарат Тиоконазол и гель Kerbamint. Третья группа являлась контрольной (n=10). Результаты подвергали статистической обработке в программе Biostat 3.0. **Результаты и выводы.** У всех 100% коров опытных групп наблюдались такие клинические признаки, как опухшее вымя с жаром и болью при прикосновении к нему. Референтные интервалы для всех переменных: Вуда и Кираса-Роша встречались среди лейкоцитов, сегментоядерных и палочкоядерных нейтрофилов. Медианы и частотные распределения всех компонентов лейкограммы значительно различаются между двумя группами ($P < 0,01$, ANOVA, U-критерий Манна-Уитни) встречались среди эозинофилов и базофилов. При использовании препарата Тиоконазол+Kerbamint выздоровление у 2-й опытной группы наступало на 0,2 дня раньше, чем выздоровление в 1-й опытной группе с применением препарата ДК противогрибковая эмульсия. При использовании у 1-й опытной группы для лечения ДК противогрибковая эмульсия экономическая эффективность на один рубль затрат составила 22,77 рублей. При использовании у 2-й опытной группы для лечения Тиоконазол и Kerbamint экономическая эффективность на один рубль затрат составила 22,07 рублей.

Ключевые слова: маститы коров, клинические признаки маститов, состояние молока коров, снижение надоев, лечение маститов коров.

Цитирование. Фирсов Г. М., Ряднов А. А., Ряднова Т. А., Морозова З. Ч., Будтуев О. В. Результаты оценки терапевтической эффективности схем лечения микозного мастита. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 334-344. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Микотический мастит (mastitis mycotica) все чаще встречается в молочных стадах [1-15].

Грибковый мастит составляет от 2 до 13% всех случаев мастита. [2, 12, 13]. Заболевание иногда может приводить к значительным потерям из-за снижения удоя, изменения структуры железистой ткани вымени и даже гибели животного [8]. Случаи грибкового мастита обычно возникают спорадически, но могут протекать и энзоотически, охватывая большую часть стада коров. Процент встречаемости микотического мастита в стаде определяется от 0 до 73% [6].

Возбудитель микотического мастита в основном грибы, принадлежащие к дрожжевым. В наших климатических условиях другие грибы, вызывающие этот тип воспаления, не встречаются, поэтому это состояние иногда называют дрожжевым маститом.

Дрожжи – это микроорганизмы, широко распространенные в природе, встречающиеся в почве, воде, растениях, цветочном нектаре, фруктах и выделениях деревьев.

Интенсивная селекция крупного рогатого скота и модернизация условий содержания привели к значительным изменениям как в организме животных, так и в среде их обитания. Содержащиеся сегодня породы крупного рогатого скота, и прежде всего высокопродуктивные молочные коровы, сильнее реагируют на воздействие окружающей среды, чем животные, использовавшиеся в прошлом. В настоящее время коровы живут в очень «механизированных» условиях. Их жизненное пространство, как правило, очень ограничено, питаются они однообразно, пищевой рацион не всегда сбалансирован и не полностью покрывает их потребности. Коровы доятся механическим способом

и находятся в постоянном контакте с химическими веществами, моющими средствами, биопрепаратами и антибиотиками [9, 10]. Меняются и требования к коровам, в частности к производимому ими молоку.

Причины мастита обычно инфекционные, хотя приводятся и другие факторы, вызывающие заболевание. В настоящее время идентифицировано около 150 возбудителей маститов у коров. Примерно в 70% случаев выделяют бактерии, тогда как грибки являются этиологическим фактором примерно в 2-13% воспалений.

Грибковые инфекции могут проявляться различными симптомами со стороны вымени. От острого, хронического, даже до субклинического, при котором мы не будем наблюдать визуальных изменений. Острое воспаление характеризуется кратковременным повышением температуры, даже до 42°C. Кроме лихорадки наблюдается снижение или отсутствие аппетита. Также отмечаются рецидивы легкой лихорадки (около 40°C) каждые несколько дней, сопровождающиеся общими нарушениями. В воспаленной четверти обнаруживаются изменения, типичные для острого процесса, т. е. припухлость, покраснение. Достаточно характерным симптомом можно считать относительно небольшую болезненность при сильно выраженных других симптомах воспаления. Выделения демонстрируют разную степень изменений в вымени, при этом микоз обычно имеет серовато-белый цвет, иногда с оттенками желтого или коричневого. Хронические воспаления могут быть следствием острого процесса или вначале быть безлихорадочными, со слабо выраженными изменениями в вымени [11-15].

Цель исследования – установить сравнительную эффективность используемых схем лечения микозного мастита у коров в Камышинском районе Волгоградской области.

Литература по маститам чрезвычайно богата. Большинство публикаций касается бактериального воспаления молочной железы. В последние годы все чаще стали поступать сведения о возникновении грибковых маститов у коров. Исследование микозного мастита обычно связывают с этиологическими факторами. Однако исследований влияния факторов внешней среды не проводилось.

Материал и методы. Диагноз микозного мастита ставили на основании микологического исследования выделений из пораженных патологическим процессом четвертей. В клинике существует правило одновременного посева выделений из воспаленных четвертей (положительный тест) на среды размножения (агар с 5% дефибринированной овечьей крови) и на среду Сабуро.

Результаты клинических исследований включали осмотр и пальпацию, а молоко оценивали органолептически, обращая внимание на его макроскопические изменения. Образцы, взятые у коров с клиническими формами воспаления и из четвертей, прошли квалификацию для микробиологического исследования с нормальным видом молока и отсутствием клинических изменений в железистой ткани, но с положительным результатом ПЕРИТЕСТА.

Для лечения коров 1-й опытной группы (n=5) применяли местно ДК противогрибковую эмульсию (декаметоксин 0,1 г, клотримазол 1,0 г/100 г) (200 г). Декаметоксин – является антисептическим средством группы бисчетвертичных аммониевых соединений. Проявляет широкий спектр противомикробного действия в отношении коринебактерий дифтерии, гнойных кокков (в том числе стафилококков, резистентных ко многим антибиотикам), энтеробактерий, включая псевдомонады, спорообразующие микроорганизмы, простейшие, дрожжеподобные грибы, дерматомицеты. Действует бактерицидно, спороцидно, фунгицидно.

Коровам 2-й опытной группы (n=5) применяли препарат Тиоконазол в дозе 400 мг интравыманно три раза с 12-часовыми интервалами и гель Kerbament.

Гель образует тончайшую эластичную защитную пленку, а также за счет ментолового масла оказывает согревающий и противовоспалительный эффект.

Смягчает и успокаивает сухую и чувствительную кожу, снимает раздражение после доения, а также освежает, восстанавливает баланс и придает коже тонус. Обладает антибактериальным и противогрибковым эффектом.

Легко смывается водой. Содержит 35 % мятного масла фармацевтического качества.

Третья группа являлась контрольной (n=10) и состояла из здоровых коров, лечение к ней не применялось.

Полученные результаты подвергали статистической обработке в программе *Biostat 3.0*.

Результаты и обсуждение. По результатам бактериологических исследований были выделены патогенные грибы *Candida spp.* Изоляты дрожжей для определения чувствительности к полиенам культивировали на агаре Сабуро в течение 24 ч при 37°C.

Клинические симптомы острого мастита существенно не отличаются от наблюдаемых при бактериальных инфекциях. Зараженная четверть красная, горячая, тугая и эластичная по консистенции. В отличие от бактериального воспаления, кожа в пораженной доле вымени смещается и не имеет признаков воспаления. Грибковый мастит может быть слегка болезненным, и обычно нет реакции со стороны грудных лимфатических узлов. Обычно наблюдается также значительное снижение удоя больной четверти. Молочный секрет имеет различную степень изменения, чаще всего он серо-желтого или серо-белого цвета, водянистой консистенции, содержит слизистые хлопья. В воспаленном секрете заметен запах дрожжей. Похожие симптомы отмечаются и другими исследователями [11, 13 15].

Местные симптомы часто сопровождаются кратковременной высокой лихорадкой (до 40°C). Рецидивы лихорадки могут возникать каждые несколько дней и сопровождаться потерей аппетита. Хроническая форма грибкового мастита может быть зарождением острого процесса, либо болезнь принимает эту форму с самого начала. Характеризуется отсутствием общих симптомов, со слабо выраженными местными изменениями.

Молоко вначале может содержать хлопья слизи, а через некоторое время органолептические изменения не проявляются. В большинстве случаев мастита, вызванного *Candida spp.*, клинические симптомы исчезают спонтанно в течение 2-4 недель, в то время как дрожжевые грибки могут сохраняться в течение нескольких месяцев. Guzmán-Luna P. et al. получили аналогичные результаты [7].

Грибковый мастит можно заподозрить при отсутствии улучшения после многократного введения антибиотиков. Четкого углубления изменений железистой ткани нет. Основой диагностики микотического мастита является микологическое исследование.

Наши исследования показывают, что слизеобразующие дрожжи, выделенные из молочной железы крупного рогатого скота, более устойчивы к клотримазолу и более чувствительны к тиоконазолу по сравнению со штаммами, не продуцирующими слизь. Схожие данные получены Kovačević Z. et al. [9].

Характерной особенностью клеток дрожжеподобных грибов, присутствующих в среде биопленки, является их устойчивость к противогрибковым препаратам, что, скорее всего, связано с проникновением без лекарств.

Клинические признаки мастита на начало лечения отображены на рисунке 1.

Так, отек вымени в виде твердой массы встречался в 80% случаев, у 8 коров из 10 исследуемых, по 4 коровы в 1-й опытной группе и по 2-й опытной группе. В каждой опытной группе встречалось одно животное без наличия этого клинического признака.

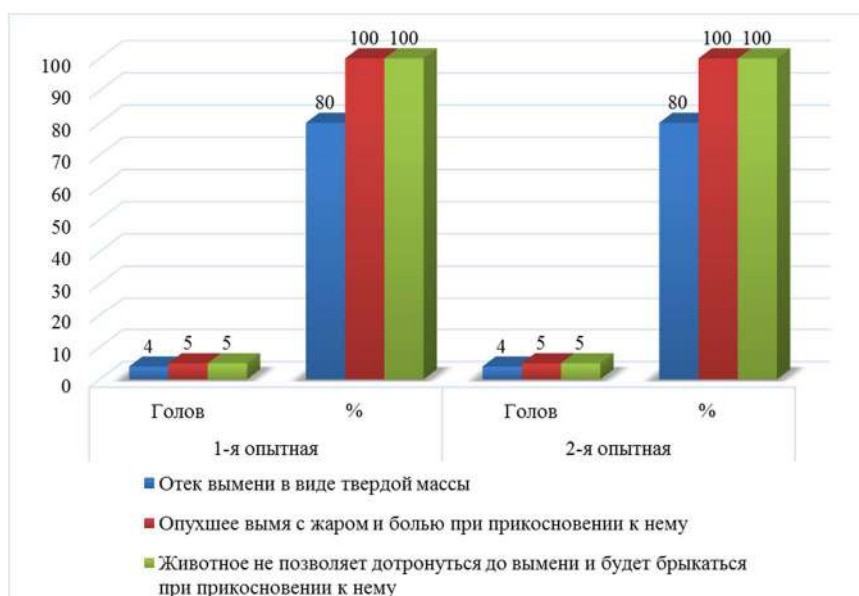


Рисунок 1 – Клинические признаки мастита на начало лечения

Figure 1 – Clinical signs of mastitis at the beginning of treatment

А вот такие клинические признаки, как опухшее вымя с жаром и болью при прикосновении к нему и является тем, что животное не позволяет дотронуться до вымени и будет брыкаться при прикосновении к нему, встречались у всех 100% коров опытных групп.

Клинические признаки по состоянию молока на начало лечения нашли отражение на рисунке 2.

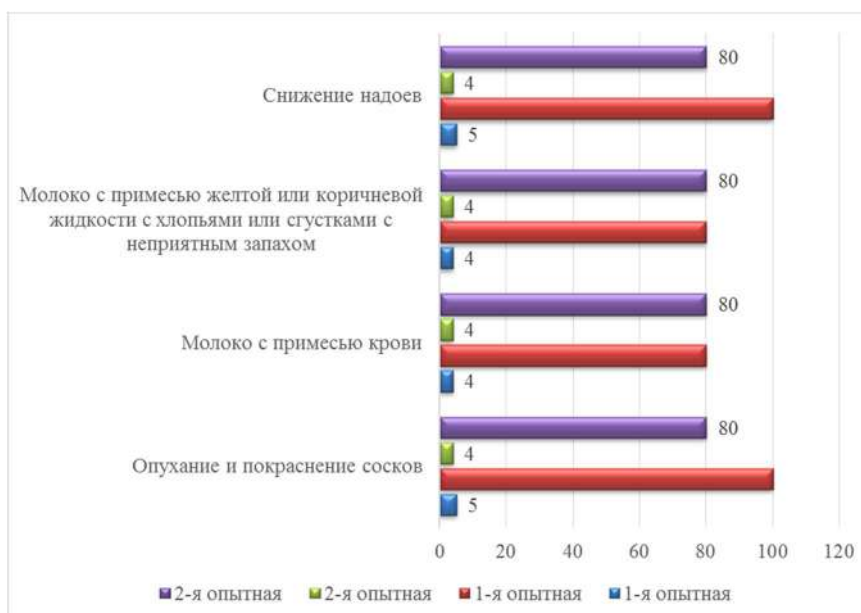


Рисунок 2 – Клинические признаки по состоянию молока на начало лечения

Figure 2 – Clinical signs of the state of milk at the beginning of treatment

При этом молоко с примесью крови или молоко с примесью желтой или коричневой жидкости с хлопьями или сгустками с неприятным запахом встречалось в 80% случаев, у 8 коров из 10 исследуемых, по 4 коровы в 1-й опытной группе и по 2-й опытной группе. В каждой опытной группе встречалось одно животное без наличия этого клинического признака.

А вот такие клинические признаки, как опухание и покраснение сосков и снижение надоев, встречались у всех 100% коров опытных групп.



Рисунок 3 – Клинические признаки мастита на 10 день лечения

Figure 3 – Clinical signs of mastitis on the 10th day of treatment

Клинические признаки мастита (рисунок 3) на 10 день лечения были следующими: отек вымени в виде твердой массы отсутствовал совсем, а опухшее вымя с жаром и болью при прикосновении к нему и явления того, что животное не позволяет дотронуться до вымени и будет брыкаться при прикосновении к нему, встречались у 2 голов (20%) по одной корове в 1-й опытной группе и во 2-й опытной группе.



Рисунок 4 – Клинические признаки по состоянию молока на 10 день лечения

Figure 4 – Clinical signs of the state of milk on the 10th day of treatment

Клинические признаки по состоянию молока на 10 день лечения характеризовались (рисунок 4) полным отсутствием опухания и покраснение сосков и отсутствием молока с примесью крови. Однако, молоко с примесью желтой или коричневой жидкости с хлопьями или сгустками с неприятным запахом и снижение надоев наблюдали у пяти коров, двух в 1-й опытной группе и трёх во 2-й опытной группе.

Таблица 1 – Медианы и частотные распределения компонентов лейкограммы у коров с микозным маститом и в клинически здоровом контроле
Table 1 – Median and frequency distributions of leukogram components in cows with mycotic mastitis and in clinically healthy controls

Переменная	Уровень	Опытные (1-я+2-я n=20)	Контроль (n=10)
Лейкоциты (клеток/мкл)	Медиана	8000	4300
	Нормальный (5100–13 300) ^a	80,0% (n=16)	100% (n=10)
	Пониженный (600–5099)	10% (n=2)	
	Повышенный (13 301–29 100)	10% (n=2)	
Сегментоядерные нейтрофилы (клеток/мкл)	Медиана	2598	860
	Нормальный (1700–6000) ^a	80% (n = 16)	60% (n = 8)
	Пониженный (20–1699)	10% (n = 2)	20% (n = 1)
	Повышенный (6001–18 070)	10% (n = 2)	20% (n = 1)
Палочкоядерные нейтрофилы (клеток/мкл)	Медиана	0	0
	Нормальный (0–200) ^a	90% (n=18)	20% (n=1)
	Повышенный (201–12 670)	10% (n=2)	80% (n=4)
Метамиелоциты (клеток/мкл)	Медиана	0	0
	Нормальный (0)	100% (n=20)	100% (n=10)
Эозинофилы (клеток/мкл)	Медиана	582	50
	Нормальный (100–1200) ^o	50% (n=10)	40% (n=4)
	Пониженный (0–99)	30% (n=6)	50% (n=5)
	Повышенный (1201–2280)	20% (n=4)	10% (n=1)
Базофилы (клеток/мкл)	Медиана	70	0
	Нормальный (0–200)	100% (n=20)	100% (n=10)
	Повышенный (201–339) ^o	0% (n=0)	0% (n=0)
Моноциты (клеток/мкл)	Медиана	336	155
	Нормальный (100–700)	90% (n=18)	40% (n=4)
	Пониженный (0–99)	10% (n=2)	40% (n=4)
	Повышенный (701–2170)	0% (n=0)	20% (n=2)
Лимфоциты (клеток/мкл)	Медиана	3998 (n=10)	1550 (n=10)
	Нормальный (1800–8100)	90% (n=18)	40% (n=4)
	Пониженный (400–1799)	10% (n=2)	20% (n=2)
	Повышенный (8101–8721)	0% (n=0)	40% (n=4)

^a Референтные интервалы для всех переменных: Вуда и Кираса-Роша. ^o Медианы и частотные распределения всех компонентов лейкограммы значительно различаются между двумя группами ($P < 0,01$, ANOVA, U-критерий Манна-Уитни).

У 1 коровы (10%) был микозный мастит в одной четверти, у 7 коров (70%) – в двух четвертях и у двух коров (20%) – в трех четвертях. Пораженные четверти были увеличены и плотны у (100%) коров. Цвет и консистенция молока были явно ненормальными у всех (100%) и, а сгустки были видны в секрете 8 коров (80,0%).

Восстановление нормального количества молока обычно наблюдается через 5-9 дней терапии. Но полное уменьшение размеров вымени наблюдается после нескольких дней терапии. Из-за антисанитарных условий в животноводческих помещениях существует вероятность увеличения грибковых спор и гиф у лактирующих животных. Травмы сосков могут predispose к развитию дрожжевой инфекции.

Количество лейкоцитов было значительно ниже у коров по сравнению с контролем (4300 против 8000 клеток/мкл; $P < 0,01$) (таблица 1) кроме палочкоядерных нейтрофилов и метамиелоцитов, все компоненты лейкограммы были достоверно ниже у больных коров ($P < 0,01$). Распределение частоты также различалось между двумя группами ($P < 0,01$) случаи имели лейкопению (10%) или лейкоцитоз (10%) ($P < 0,01$) значительно

чаще, чем контрольные (100%, соответственно). Количество сегментоядерных нейтрофилов было значительно ниже в 80% случаев (860 клеток/мкл) по сравнению с 60% в контроле (2598 клеток/мкл) ($P < 0,01$). Увеличение числа сегментоядерных нейтрофилов наблюдалось в 10% случаев по сравнению с 20% в контроле.

Палочкоядерные нейтрофилы были обнаружены у 80,0% больных коров (медиана 530 клеток/мкл) и у 0,6% контрольной группы (медиана 0 клеток/мкл) ($P < 0,01$). Метамиелоциты наблюдались в 100% случаев, но не встречались в контроле.

Эозинопения наблюдалась у 40% больных коров и у 10% контрольных ($P < 0,01$). Базофилы были в пределах нормы (от 0 до 200 клеток/мкл) у всех больных коров и у 97,0% контрольных. Моноцитопения (< 100 клеток/мкл) наблюдалась в 10,0% случаев (155 клеток/мкл) по сравнению с 20% контрольной группы (336 клеток/мкл) ($P < 0,01$). Лимфопения имела место в 10% случаев (3998 клеток/мкл) по сравнению с 20,0% в контроле (1550 клеток/мкл) ($P < 0,01$).

Заключение. При использовании препарата Тиоконазол+Kerbamint выздоровление у 2-й опытной группы наступало на 0,2 дня раньше, чем выздоровление в 1-й опытной группе с применением препарата ДК противогрибковая эмульсия.

При использовании у 1-й опытной группы для лечения ДК противогрибковая эмульсия экономическая эффективность на один рубль затрат составила 22,77 рублей.

При использовании у 2-й опытной группы для лечения Тиоконазол и Kerbamint экономическая эффективность на один рубль затрат составила 22,07 рублей.

Подводя итоги, следует констатировать, что поиск и разработка противогрибкового препарата для ветеринарных целей, который будет отвечать признакам хорошего противомикозного препарата, требует дальнейших интенсивных исследований.

Conclusions. When using the drug Thioconazole + Kerbamint, recovery in the 2nd experimental group occurred 0.2 days earlier than recovery in the 1st experimental group using the drug - the antifungal emulsion «DC – Decamethoxin and Clotrimazole». When using the drug - the antifungal emulsion «DC – Decamethoxin and Clotrimazole» in the 1st experimental group for the treatment, the economic efficiency per ruble of costs was 22.77 rubles. When used in the 2nd experimental group for the treatment of Thioconazole and Kerbamint, the economic efficiency per ruble of costs was 22.07 rubles. Summing up, it should be stated that the search and development of an antifungal drug for veterinary purposes, which will meet the criteria of a good antimycotic drug, requires further intensive research.

Библиографический список

1. Внутритропные инфекции у крупного рогатого скота Волгоградской области / Г. М. Фирсов, А. А. Ряднов, С. А. Акимова [и др.] // Аграрная Россия. 2023. № 1. С. 40-43.
2. Роль патологии родов в механизме развития метрита инфекционной этиологии у коров и снижения санитарного качества молока / С. О. Лощинин, Г. М. Фирсов, А. В. Филатова, В. Т. Ахмадов // Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 1(121). С. 114-125.
3. Abebe R. Incidence rate, risk factors, and bacterial causes of clinical mastitis on dairy farms in Hawassa City, southern Ethiopia // Scientific Reports. 2023. V. 13. No 1. P. 10945.
4. De Jong E. Selective treatment of nonsevere clinical mastitis does not adversely affect cure, somatic cell count, milk yield, recurrence, or culling: A systematic review and meta-analysis // Journal of Dairy Science. 2022. No 15. P. 25.
5. Goulart D. B., Mellata M. Escherichia coli mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges // Frontiers in Microbiology. 2022. V. 13. P. 928346.
6. Gu Z. A Comparison of Cefquinome Sulfate and Lincomycin Hydrochloride in the Treatment of Mastitis for Lactating Cows // Indian Journal of Animal Research. V. 1. P. 4.
7. Guzmán-Luna P. Quantifying current and future raw milk losses due to bovine mastitis on European dairy farms under climate change scenarios // Science of the Total Environment. 2022. V. 833. P. 155149.
8. Hu X. The rumen microbiota contributes to the development of mastitis in dairy cows // Microbiology spectrum. 2022. V. 10. No 1. P. e02512-21.
9. Kovačević Z. Pharmacoeconomic Analysis of the Different Therapeutic Approaches in Control of Bovine Mastitis: Phytotherapy and Antimicrobial Treatment // Antibiotics. 2022. V. 12. No 1. P. 11.

10. Milk quality and its suitability for technological processing in cows with metritis / A. S. Ryhlov, S. O. Loschinin, A. V. Filatova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 2021. P. 012101.
11. Neculai-Valeanu A. S., Arton A. M. Udder health monitoring for prevention of bovine mastitis and improvement of milk quality // Bioengineering. 2022. V. 9. No 11. P. 608.
12. Negash S. Review on bovine mastitis and assessments of its associated risk factors in lactating dairy cows // Int. J. Adv. Res. Biol. Sci. 2023. V. 10. No 3. Pp. 59-65.
13. Sigmund M. The effect of antibiotic versus no treatment at dry-off on udder health and milk yield in subsequent lactation: A retrospective analysis of Austrian health recording data from dairy herds // Journal of Dairy Science. 2023. V. 106. N. 1. Pp. 452-461.
14. Tabery J. Evaluation of mammary gland health in dairy cows treated by pegylated granulocyte colony-stimulating factor // Acta Veterinaria Brno. 2023. V. 92. No 1. Pp. 3-9.
15. Tommasoni C. Mastitis in Dairy Cattle: On-Farm Diagnostics and Future Perspectives // Animals. 2023. V. 13. No 15. P. 2538.

References

1. Intrauterine infections in cattle of the Volgograd region / G. M. Firsov, A. A. Ryadnov, S. A. Akimova [et al.] // Agrarian Russia. 2023. No. 1. Pp. 40-43.
2. The role of the pathology of childbirth in the mechanism of development of metritis of infectious etiology in cows and a decrease in the sanitary quality of milk / S. O. Loshchinin, G. M. Firsov, A. V. Filatova, V. T. Akhmadov // Nauchnaya zhizn. 2022. V. 17. No. 1 (121). Pp. 114-125.
3. Abebe R. Incidence rate, risk factors, and bacterial causes of clinical mastitis on dairy farms in Hawassa City, southern Ethiopia // Scientific Reports. 2023. V. 13. No 1. Pp. 10945.
4. De Jong E. Selective treatment of nonsevere clinical mastitis does not adversely affect cure, somatic cell count, milk yield, recurrence, or culling: A systematic review and meta-analysis // Journal of Dairy Science. 2022. No 15. Pp. 25.
5. Goulart D. B., Mellata M. Escherichia coli mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges // Frontiers in Microbiology. 2022. V. 13. Pp. 928346.
6. Gu Z. A Comparison of Cefquinome Sulfate and Lincomycin Hydrochloride in the Treatment of Mastitis for Lactating Cows // Indian Journal of Animal Research. V. 1. P. 4.
7. Guzmán-Luna P. Quantifying current and future raw milk losses due to bovine mastitis on European dairy farms under climate change scenarios // Science of the Total Environment. 2022. V. 833. Pp. 155149.
8. Hu X. The rumen microbiota contributes to the development of mastitis in dairy cows // Microbiology spectrum. 2022. V. 10. No 1. P. e02512-21.
9. Kovačević Z. Pharmacoeconomic Analysis of the Different Therapeutic Approaches in Control of Bovine Mastitis: Phytotherapy and Antimicrobial Treatment // Antibiotics. 2022. V. 12. No 1. P. 11.
10. Milk quality and its suitability for technological processing in cows with metritis / A. S. Ryhlov, S. O. Loschinin, A. V. Filatova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Michurinsk, 2021. P. 012101.
11. Neculai-Valeanu A. S., Arton A. M. Udder health monitoring for prevention of bovine mastitis and improvement of milk quality // Bioengineering. 2022. V. 9. No 11. P. 608.
12. Negash S. Review on bovine mastitis and assessments of its associated risk factors in lactating dairy cows // Int. J. Adv. Res. Biol. Sci. 2023. V. 10. No 3. P. 59-65.
13. Sigmund M. The effect of antibiotic versus no treatment at dry-off on udder health and milk yield in subsequent lactation: A retrospective analysis of Austrian health recording data from dairy herds // Journal of Dairy Science. 2023. V. 106. N. 1. Pp. 452-461.
14. Tabery J. Evaluation of mammary gland health in dairy cows treated by pegylated granulocyte colony-stimulating factor // Acta Veterinaria Brno. 2023. V. 92. No 1. Pp. 3-9.
15. Tommasoni C. Mastitis in Dairy Cattle: On-Farm Diagnostics and Future Perspectives // Animals. 2023. V. 13. No 15. P. 2538.

Информация об авторах

Фирсов Григорий Михайлович, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7-903-375-11-47, ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7-903-374-12-86, ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Ряднова Тамара Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7 905 331 7877, ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

Морозова Зоя Черменовна, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7 961 673 7061, ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

Будтуев Олег Валерьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7 987 650 5745, ORCID 0000-0002-2191-7921, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru

Author Information

Firsov Grigory Mikhailovich, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department "Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology", Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7-903-375-11-47, ORCID 0000-0002-1262-6532, e-mail: firsovgm@yandex.ru

Ryadnov Alexey Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7-903-374-12-86, ORCID 0000-0003-2364-4944, e-mail: radnov@mail.ru

Ryadnova Tamara Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7 905 331 7877, ORCID 0000-0001-9623-5311, e-mail: radnova@yandex.ru

Morozova Zoya Chermenovna, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7 961 673 7061, ORCID 0000-0002-3344-6071, e-mail: zoyachermen@mail.ru

Budtuev Oleg Valerievich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7 987 650 5745, ORCID 0000-0002-2191-7921, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-35

CHANGES IN AVIFAUNA UNDER THE INFLUENCE OF TECHNOGENIC OBJECTS IN THE COASTAL ZONE OF THE MURMANSK REGION

**M. B. Shilin, Yu. A. Lednova, E. A. Romyantseva, M. Y. Menshakova,
R. I. Gainanova, A. V. Abrashkina**

*Murmansk Arctic State University
Murmansk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: alltalk@mail.ru

Received 24.03.2023

Submitted 25.08.2023

The research was carried out within the framework of the Russian Science Foundation project No. 22-27-20109

Summary

The article analyzes in detail the impact of man-made objects on the avifauna in the coastal zone of the Murmansk region. Based on the route records of 2022, the study reveals the dynamics of changes in bird populations and their diversity in the context of various biotopes exposed to man-made impacts. The results of the study identify problem areas and provide a basis for biodiversity conservation strategies in the region.

Abstract

Introduction. In the light of the active anthropogenic impact on natural ecosystems, the issue of studying changes in avifauna is becoming more and more relevant. The article you are holding in front of you is a detailed study of this problem in the context of the coastal zone of the Murmansk region. The Murmansk region, with its diversity and richness of bird species, as well as a significant number of man-made objects, is of great interest to scientists and researchers. The present study addresses the problems of changes in the number and diversity of birds in the context of various man-made objects, such as actively operated industrial enterprises, abandoned man-made objects and places with active economic activity. Particular attention is paid to the relationship of avifauna and various biotopes located in the immediate vicinity of these objects. **Materials and methods.** The presented analysis is based on data obtained as a result of route surveys conducted in May-July 2022, and includes extensive data on 11 sections of the Barents Sea coast. **Object.** This review contributes to understanding the impact of man-made factors on birds and will help in the formation of strategies for the conservation and management of biodiversity in the region. **Results and conclusions.** The analysis of information on the influence of large technosphere objects on the composition of the avifauna of coastal marine ecosystems is carried out. The assessment of the current state of avifauna in the areas of formation and functioning of large man-made objects has been carried out. The possibility of using avifauna as an indicator of environmental sustainability of territorial Arctic objects is evaluated. The classification of ecotopes according to the degree of intensity of their economic development is carried out.

Key words: *technogenic objects, avifauna, coastal zone, monitoring of ecotopes.*

Citation. Shilin M. B., Lednova Yu. A., Rumyantseva E. A., Menshakova M. Yu., Gainanova R. I., Abrashkina A. V. Changes in avifauna under the influence of technogenic objects in the coastal zone of the Murmansk region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 344-352 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-35.

The author's contribution. The author of this study collected the material, analyzed the data and wrote an article.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 598.2

ИЗМЕНЕНИЯ ОРНИТОФАУНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Б. Шилин, кандидат биологических наук, доктор географических наук, профессор

Ю. А. Леднова, кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Е. А. Румянцева, старший научный сотрудник

М. Ю. Меньшакова, заведующая лабораторией

Р. И. Гайнанова, научный сотрудник

А. В. Абрашкина, стажер-исследователь

ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет
г. Мурманск, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках проекта Российского научного фонда № 22-27-20109

Актуальность. В свете активного техногенного влияния на природные экосистемы, вопрос исследования изменений в орнитофауне становится все более актуальным. Настоящая статья представляет собой детальное исследование этой проблемы в контексте береговой зоны Мурманской области. Мурманская область, с ее многообразием и богатством птичьих видов, а также значительным количеством техногенных объектов, представляет большой интерес для ученых и исследователей. Настоящее исследование затрагивает проблемы изменения численности и разнообразия птиц в контексте различных техногенных объектов, таких как активно эксплуатируемые промышленные предприятия, заброшенные техногенные объекты и места с активной хозяйственной деятельностью.

стью. Особое внимание уделяется взаимосвязи орнитофауны и различных биотопов, находящихся в непосредственной близости от этих объектов. **Материалы и методы.** Представленный анализ основан на данных, полученных в результате маршрутных учетов, проведенных в мае-июле 2022 года, и включает обширные данные по 11 участкам побережья Баренцева моря. **Объекты.** Данный обзор способствует пониманию влияния техногенного фактора на птиц и поможет в формировании стратегий сохранения и управления биоразнообразием в регионе. **Результаты.** Проведен анализ информации о влиянии крупных техносферных объектов на состав орнитофауны прибрежно-морских экосистем. Произведена оценка текущего состояния орнитофауны в районах формирования и функционирования крупных техногенных объектов. Оценена возможность использования орнитофауны как индикатора экологической устойчивости территориальных арктических объектов. Проведена классификация экотопов по степени интенсивности их хозяйственного освоения.

Статья подробно анализирует воздействие техногенных объектов на орнитофауну в береговой зоне Мурманской области. Основываясь на маршрутных учетах 2022 года, исследование раскрывает динамику изменений в популяциях птиц и их разнообразии в контексте различных биотопов, подверженных техногенному воздействию. Результаты исследования выявляют проблемные области и обеспечивают основу стратегий сохранения биоразнообразия в регионе.

Ключевые слова: техногенные объекты, орнитофауна, береговая зона, мониторинг экотопов.

Цитирование. Шилин М. Б., Леднова Ю. А., Румянцева Е. А., Меньшакова М. Ю., Гайнанова Р. И., Абрашкина А. В. Изменения орнитофауны под воздействием техногенных объектов в береговой зоне Мурманской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 344-352. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-35.

Вклад автора. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее десятилетие наблюдается рост антропогенной нагрузки на береговую зону Арктики в связи с активизацией развития ее российского сектора и промышленным освоением [4]. Развитие осуществляется с учетом необходимости минимизации ущерба окружающей среде [2]. Объективным показателем эффективности природоохранных мероприятий считается сохранение уровня биологического разнообразия в экотопах, подвергающихся воздействию техногенных объектов [5]. Для Мурманской области в качестве репрезентативного индикатора изменений биоразнообразия в условиях реализации крупных инфраструктурных проектов может быть использована орнитофауна. Ее видовое богатство и общая высокая численность связаны с географическим положением региона как транзитной зоны миграции птиц и наличием в береговой зоне разнообразных экотопов.

Задача настоящего исследования заключается в оценке изменений орнитофауны под воздействием различных техногенных объектов, расположенных в береговой зоне Мурманской области, с целью выявления возможности использовать птиц в качестве индикатора антропогенной нагрузки на прибрежно-морские экотопы.

Птицы занимают особое положение в составе биоты, что обусловлено их нахождением на верхних уровнях пищевых пирамид, приуроченностью к определённым типам природной обстановки (экотопам) и высокой чувствительностью к изменениям природной среды. В связи с тем, что птицы являются конечными звеньями пищевых цепей, наблюдения за ними позволяют оценивать благополучие экосистемы в целом и отслеживать происходящие в ней изменения – как природного, так и антропогенного характера. При проведении мониторинга птицы являются одним из самых удобных объектов для наблюдений, так как хорошо заметны на открытых ландшафтах, сравнительно толерантны к человеку и относительно легко определяемы [8].

Адаптивные реакции орнитофауны на антропогенную нагрузку существенно различаются в природных и трансформированных биотопах. Обычно с увеличением нагрузки на экосистему количество гнездящихся видов птиц и общее количество зарегистрированных видов плавно снижается. Также показано, что антропогенная нагрузка оказывает влияние на видовой состав сообществ птиц [7]. Количество видов, склонных к образованию синантропных субпопуляций, в сообществах гнездящихся птиц с изменением нагрузки колеблется незначительно, но в сильно трансформированных биотопах эти сообщества состоят практически полностью из синантропизирующихся видов. Облигатные синантропы встречаются во всех биотопах, а число их видов увеличивается с возрастанием антропогенной нагрузки.

Одновременно отмечены случаи, когда формирование крупных техногенных объектов в береговой зоне оказало положительное влияние на орнитофауну. Так, строительство береговых объектов порта Сабетта в Обской губе (Карское море) привлекло новые виды птиц в связи с появлением в тундровых ландшафтах новых антропогенных биотопов [9]; при этом также увеличилась общая численность птиц. Аналогичный эффект выявлен для дамб Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений в восточной части Финского залива [1].

Методы исследования. Исследование авиафауны прибрежных экосистем Мурманского региона проводилось посредством стандартных методов маршрутных учетов, утвержденных в научной практике [10]. Отсчеты были выполнены в майско-июльском периоде 2022 года на 11 зонах побережья Баренцева моря: (1) мост через Кольский залив в рамках городского округа Мурманска, (2) Грязная губа на северной стороне Мурманска, (3) область 28-го Судоремонтного завода и марины в губе Чалмпушка, (4) поселок Мишуково, (5) поселок Минькино, (6) восточный берег полуострова Рыбачий (губа Зубовская, ближайшие окрестности мыса Шарапов), (7) восточные и западные рубежи Кольского залива, (8) окрестности села Териберка (губы Териберка и Долгая), (9) побережье архипелага Гавриловский (важная орнитологическая территория), (10) окрестности поселка Дальние Зеленцы (губа Ярнышная) и (11) побережье пролива Иокангский Рейд в области города Островной. Проведение маршрутных учетов было согласовано с периодом наибольшей активности птиц и учитывало вектор ветра, метеорологические параметры и приливно-отливные циклы. По ходу исследовательского маршрута проводилась оценка распространенности видов, их статуса пребывания на данной территории, регистрировались звуки, издаваемые птицами, а также еда, выклевание яиц, опустошенные гнезда, отметки присутствия млекопитающих. Наблюдения осуществлялись с использованием полевых биноклей бренда Bushnell 8x32 и зрительного трубы Carl Zeiss Conquest Gavia 30-60x85 HD. Особенно выделялся анализ встреч гнезд корвиформных птиц, которые могут быть выбраны для гнездования дневными хищными птицами, большая часть из которых является видами, занесенными в Красные книги Российской Федерации (РФ) и Мурманской области. Отдельное внимание было уделено территориям концентрации птиц обычных (фоновых) видов. Эти зоны могут быть значимыми для птиц всех видов в период весенних и осенних миграций, включая хищников.

Для идентификации видов птиц применялся уникальный авторский справочник-путеводитель [13].

Результаты исследования. По результатам мониторинга орнитофауны побережья Баренцева моря выявлено 76 видов птиц. Среди наиболее распространенных видов – серебристая чайка *Larus argentatus*, моевка *Rissa tridactyla*, чайка обыкновенная *Larus canus*, обыкновенная гага *Somateria mollissima*, ловец-сорока *Haematopus ostralegus*, чирок *Anas crecca*, белая куропатка *Lagopus lagopus*, дельфин-чечетка *Carduelis flammea* и

зяблик Фринга *illa montifringilla*. Эти виды птиц обычно наблюдаются во время локальных миграций или при перемещении в пределах своих гнездовых территорий. Орнитологическое сообщество в районе мониторинга состоит преимущественно из бореальных и арктических видов. Кроме того, на территории особо охраняемых природных территорий (ООПТ) отмечены редкие виды птиц. Прибрежные участки Баренцева моря являются обычным местом сбора морских и околоводных птиц. Полуостров Рыбачий и Гавриловские острова предлагают благоприятные условия для гнездования как дневных, так и ночных хищных птиц.

Подавляющее большинство зарегистрированных видов (более 60%) имеет экологическую связь с водой. К ним относятся 17 различных видов чаек, 16 различных видов куликов и 12 различных видов, обитающих исключительно в море. Из трех видов хищных птиц только орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* связан с водными экосистемами. Остальные виды в основном обитают в кустарниках, которые обычно встречаются в прибрежных районах. Также наблюдались четыре синантропных вида, а именно серая ворона (*Corvus cornix*), сорока (*Pica pica*), домашний воробей (*Passer domesticus*) и белая трясогузка (*Motacilla alba*).

В соответствии с изданием Красной книги Мурманской области 2014 года шести видам присвоен охранный статус.

Классификация изученных экотопов основывалась на масштабах и способах их хозяйственного использования, а также их влиянии на орнитофауну. Эти экотопы были разделены на семь отдельных групп, как показано в таблице 1. Каждая группа затем была проанализирована для определения ключевых факторов, влияющих на орнитофауну в них.

Таблица 1 – Характеристика экотопов по общему уровню и типам воздействия на орнитофауну
Table 1 – Characteristics of ecotopes by general level and types of impact on avifauna

№ п/п	Экотоп	Факторы воздействия на орнитофауну
1	Интенсивно используемые техногенные структуры: нефтяные депо, угольные пункты перевалки грузов, функционирующие элементы морской инфраструктуры, судоремонтные заводы, конструкции, находящиеся в процессе возведения в прибрежной области.	Беспокойство, изъятие естественных биотопов, появление биотопов антропогенного происхождения
2	Морская прибрежная зона, где находятся предприятия, занимающиеся активной экономической деятельностью: аквакультура и предприятия по переработке рыбы, мусорные свалки и незаконные отложения твердых бытовых отходов.	Дополнительный источник пищевых ресурсов
3	Отброшенные техногенные структуры: затопленные суда; суда, находящиеся на продолжительном простое; не функционирующая портовая инфраструктура.	Появление биотопов антропогенного происхождения
4	Природные биотопы в рамках и граничащие с жилыми районами.	Беспокойство
5	Природные биотопы за пределами жилых районов, но находящиеся в непосредственной близости от промышленных объектов и объектов Министерства обороны РФ.	Беспокойство
6	Прибрежные области, близкие к лесным биотомам (участки с древесно-кустарниковой растительностью).	Естественные для лесных птиц местообитания, беспокойство
7	Ненарушенные и малонарушенные местообитания на ООПТ	Естественные биотопы, отсутствие фактора беспокойства

Исходная категория экотопов в основном встречается вдоль береговой линии Кольского залива, а также в прибрежных местообитаниях в пределах географической близости «города Островного», являющегося закрытой административной территорией. Эти районы известны ограниченным разнообразием видов птиц. В АО «Мурманский морской торговый порт» имеются колонии *R. trydactyla*, широко известные как моевки, обитающие в пустых сооружениях.

Экотопы второй группы отмечены вдоль побережья Кольского залива и в Териберской губе. Население птиц в этих районах состоит из чаек, а также видов, обычно встречающихся в городских условиях.

Существует набор экотопов, конкретно ограниченный объектами, когда-то использовавшимися для хозяйственной деятельности в определенных прибрежных районах. К таким районам относятся побережье Кольского залива, Териберская и Ярнышная губы, побережье Иокангского пролива Рейда. В этих регионах можно найти множество видов птиц.

Побережье Кольского залива, включающее Териберскую и Ярнышную губы, отличается разнообразием природных биотопов, которые можно встретить на границе с жилыми массивами и в непосредственной близости от хозяйственных объектов.

За исключением островов Гаврилова, древесно-кустарниковая растительность присутствует в понижениях рельефа и руслах водотоков, впадающих в морскую акваторию, на всех обследованных участках побережья Баренцева моря. В пределах этих экотопов были отмечены лесные виды птиц [12, 14, 15].

Гавриловский архипелаг, расположенный в границах Кандалакшского государственного природного заповедника, характеризуется двумя типами местообитаний: нарушенными и слабонарушенными. Этот район известен тем, что в нем обитает множество видов птиц, в том числе тонкоклювые и толстоклювые кайры (*Uria aalge* и *U. lomvia*), тупик (*Fratercula arctica*), большой баклан (*Phalacrocorax carbo*) и черная кайра (*Cerphus grylle*). Кроме того, некоторые виды, такие как орлан-белохвост (*H. albicilla*), занесены в Красные книги нескольких рангов.

Классификация экотопов может охватывать природоохранную зону государственного природного парка «Полуострова Рыбачий и Средний» в пределах своей группировки.

В ходе исследований были сделаны примечательные открытия, такие как обнаружение розового скворца *Sturnus roseus* вдоль побережья пролива Иокангский Рейд. В Мурманской области этот вид ранее не регистрировался, хотя документально подтверждено его присутствие на п-ове Варангер [3].

Заключение. В рамках проекта проводился мониторинг разнообразия орнитофауны различных прибрежных районов Баренцева моря, испытывающих разную степень и виды антропогенного воздействия.

В ходе полевых исследований установлено, что побережье Кольского залива отличается наибольшим разнообразием экотопов, что находит отражение и в наибольшем числе наблюдаемых видов птиц.

Значимого снижения численности видов орнитофауны в экотопах, трансформированных деятельностью человека, или на территориях с наличием техногенных объектов не произошло. Однако выявлено, что качественный состав орнитокомплексов существенно различается в местах с разной степенью антропогенной нагрузки. Этот вывод свидетельствует о том, что данные о видовом составе населения птиц могут быть использованы для указания на влияние деятельности человека на экотопы, в первую очередь от более крупных рукотворных объектов. Наблюдаемая тенденция – увеличение доли синантропных видов на территориях, расположенных вблизи или в пределах техногенных объектов. Морские виды, такие как тупики и кайры, обычно встречаются только в естественных биотопах и наблюдались только на ненарушенных или минимально нарушенных участках морского побережья.

Экологическая приспособляемость видов меевок проявляется в их распределении по среде обитания. Колонии этого вида наблюдались в различных экологически разнообразных районах. К таким территориям относятся скалистые местности в пределах заповедных зон, частично нарушенные прибрежные территории с продолжающейся хозяйственной деятельностью и антропогенные среды. Можно сделать вывод о том, что наличие пищевых ресурсов является существенным ограничивающим фактором для этого вида.

Появление ранее неизвестного вида птиц (розового скворца) в обследованном районе подчеркивает важность постоянного наблюдения за орнитофауной в прибрежных экосистемах Баренцева моря.

Conclusions. The project monitored the diversity of avifauna of various coastal areas of the Barents Sea, experiencing different degrees and types of anthropogenic impact.

During field research, it was found that the coast of the Kola Bay is characterized by the greatest diversity of ecotopes, which is reflected in the largest number of observed bird species.

There was no significant decrease in the number of avifauna species in ecotopes transformed by human activity or in territories with the presence of man-made objects. However, it was revealed that the qualitative composition of ornithocomplexes differs significantly in places with different degrees of anthropogenic load. This conclusion indicates that data on the species composition of the bird population can be used to indicate the impact of human activity on ecotopes, primarily from larger man-made objects. The observed trend is an increase in the proportion of synanthropic species in territories located near or within man-made objects. Marine species such as puffins and kaira are usually found only in natural biotopes and have been observed only on undisturbed or minimally disturbed areas of the seashore.

The ecological adaptability of the mееvok species is manifested in their distribution over the habitat. Colonies of this species have been observed in various ecologically diverse areas. Such territories include rocky areas within protected areas, partially disturbed coastal areas with ongoing economic activity and anthropogenic environments. It can be concluded that the availability of food resources is a significant limiting factor for this species.

The appearance of a previously unknown bird species (pink starling) in the surveyed area underlines the importance of constant monitoring of avifauna in the coastal ecosystems of the Barents Sea.

Библиографический список

1. Арктика окрыляет: наблюдения за птицами в Мурманской области и в районе полуострова Варангер. Справочник-путеводитель / Б. Францен [и др.]. Санкт-Петербург, 2020.
2. Богуш А. И., Мамаева М. А., Шилин М. Б. Анализ, типизация и оценка эффективности компенсационных мероприятий для снижения негативного воздействия на прибрежно-морскую зону при строительстве и функционировании объектов портовой инфраструктуры // Экологическая деятельность и экологическое просвещение: региональный аспект: мат. Всеросс. науч. конф. СПб: Лен. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. С. 251-254.
3. Гайнанова Р. И., Меньшакова М. Ю., Поторочин Е. О. Встреча розового скворца *Sturnus roseus* на побережье Баренцева моря (город Островной, Мурманская область) // Рус. орнитол. журн. 2022. № 31 (2224). С. 3889-3890.
4. Геолого-экологические аспекты освоения морских акваторий России: теория, практика, перспектива / Я. Ю. Блиновская [и др.]. М.: Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина, 2020. 332 с.
5. Гогоберидзе Г. Г., Румянцев Е. А., Шилин М. Б. Классификационные признаки рисков безопасности природопользования в береговой зоне АЗ РФ // XXVIII Береговая конференция «Моря России: исследования береговой и шельфовой зон». Севастополь, 2020. С. 253-254.
6. К осенней орнитофауне отдельных районов северо-запада Мурманской области / И. В. Зацаринный [и др.] // Рус. орнитол. журн. 2017. № 26 (1524). С. 4718-4721.
7. Красная книга Мурманской области / ред. Н. А. Константинова, А. С. Корякин, О. А. Макарова, В. В. Бианки. Кемерово: Азия-принт, 2014. 584 с.
8. Птицы района порта Сабетта / В. А. Жигульский [и др.]. СПб.: Реноме, 2017. 136 с.
9. Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М., 1990. 93 с.

10. Шупова Т. В. Орнитофауна среднего течения реки Ингулец как индикатор рекреационной нагрузки на береговые биотопы // Экосистемы. 2015. № 2 (32). С. 27-36.
11. Экспериментальные исследования морских млекопитающих в условиях Кольского залива. Апатиты: KSC РАН, 2007. 254 с.
12. Evaluation of environmental effects of dredging in the Sabetta seaport (Kara Sea) for regional bioresources management / V. Zhigulsky [et al.] // Ecology and Environmental Protection: 20th Int. Multidisc. Scient. Geoconf. SGEM 2020. P. 315-322.
13. Iovchenko N. P. The Saint Petersburg Flood Protection Barrier as new habitats for biodiversity and rare bird species conservation in the Gulf of Finland // XVI International Environmental Forum «Baltic Sea Day» Thesis Collection. SPb., 2015. P. 266–268.
14. Lednova J., Chusov A., Shilin M. Integrated Indicator Approach for Economic-Environmental Assessment of coastal local municipalities // IEEE. OES Baltic Int. Symposium (BALTIC). Klaipeda, Lithuania, 2018.
15. Northern Sea Rout development under climate change and Covid-19 / V. Mikheev [et al.] // 37th IBIMA Conf., 2021.

References

1. Arctic inspires: bird observations in the Murmansk region and in the area of the Varanger Peninsula. Guidebook / B. Franzen [et al.]. St. Petersburg, 2020.
2. Bogush A. I., Mamaeva M. A., Shilin M. B. Analysis, typification and assessment of the effectiveness of compensatory measures to reduce the negative impact on the coastal-marine zone during the construction and operation of port infrastructure facilities // Environmental activities and environmental education: regional aspect: mat. All-Russian. scientific. conf. St. Petersburg: Len. Gos. un-t named after A. S. Pushkin. Pp. 251-254.
3. Gainanova R. I., Menshakova M. Yu., Potorochin E. O. Meeting of the pink starling *Sturnus roseus* on the coast of the Barents Sea (the city of Ostrovnyaya, Murmansk region) // Rus. ornithol. magazine. 2022. № 31 (2224). P. 3889-3890.
4. Geological and ecological aspects of the development of the marine waters of Russia: theory, practice, perspective / Ya. Yu. Blinovskaya [et al.]. M.: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2020. 332 p.
5. Gogoberidze G. G., Rumyantsev E. A., Shilin M. B. Classification Signs of Environmental Safety Risks in the Coastal Zone of the RF EP // XXVIII Coastal Conference "Seas of Russia: Studies of the Coastal and Offshore Zones". Sevastopol, 2020. Pp. 253-254.
6. By the autumn ornithofauna of certain districts of the north-west of the Murmansk region / I. V. Zatsarinny [et al.] // Rus. ornithol. magazine. 2017. № 26 (1524). P. 4718-4721.
7. Red Book of the Murmansk Region/ed. N. A. Konstantinov, A. S. Koryakin, O. A. Makarova, V.V. Bianki. Kemerovo: Asia-print, 2014. 584 p.
8. Birds of the port area Sabetta/V. A. Zhigulsky [and others]. St. Petersburg: Renome, 2017. 136 p.
9. Ravkin E. S., Chelintsev N. G. Methodological Recommendations on Integrated Route Accounting of Birds. M., 1990. 93 p.
10. Shupova T. V. Ornithofauna of the middle reaches of the Ingulets River as an indicator of the recreational load on coastal biotopes//Ecosystems. 2015. № 2 (32). Pp. 27-36.
11. Experimental studies of marine mammals in the conditions of the Kola Bay. Apatites: KSC RAS, 2007. 254 p.
12. Evaluation of environmental effects of dredging in the Sabetta seaport (Kara Sea) for regional bioresources management / V. Zhigulsky [et al.] // Ecology and Environmental Protection: 20th Int. Multidisc. Scient. Geoconf. SGEM 2020. P. 315-322.
13. Iovchenko N. P. The Saint Petersburg Flood Protection Barrier as new habitats for biodiversity and rare bird species conservation in the Gulf of Finland // XVI International Environmental Forum «Baltic Sea Day» Thesis Collection. SPb., 2015. Pp. 266–268.
14. Lednova J., Chusov A., Shilin M. Integrated Indicator Approach for Economic-Environmental Assessment of coastal local municipalities // IEEE. OES Baltic Int. Symposium (BALTIC). Klaipeda, Lithuania, 2018.
15. Northern Sea Rout development under climate change and Covid-19 / V. Mikheev [et al.] // 37th IBIMA Conf., 2021.

Информация об авторах

Шилин Михаил Борисович, кандидат биологических наук, доктор географических наук, профессор ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Леднова Юлия Анатольевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Румянцева Екатерина Александровна, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Меньшакова Мария Юрьевна, заведующая лабораторией, ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Гайнанова Рамзия Ильшотовна, научный сотрудник, ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Абрашкина Александра Викторовна, стажер-исследователь, ФГБОУ ВО Мурманский Арктический государственный университет (РФ, 183038, Мурманская область, г. Мурманск, ул. Капитана Егорова, д. 15).

Authors Information

Shilin Mikhail Borisovich, Candidate of Biological Sciences, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Murmansk Arctic State University (RF, 183038, Murmansk region, Murmansk, Kapitan Egorov str., 15).

Lednova Yulia Anatolyevna, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Murmansk Arctic State University (RF, 183038, Murmansk region, Murmansk, Kapitan Egorov str., 15).

Rumyantseva Ekaterina Aleksandrovna, Senior Researcher, Murmansk Arctic State University (Russia, 183038, Murmansk region, Murmansk, Kapitan Egorov str., 15).

Menshakova Maria Yuryevna, Head of Laboratory, Murmansk Arctic State University (Russia, 183038, Murmansk Region, Murmansk, Kapitan Egorov str. 15).

Gainanova Ramzia Ilshotovna, Researcher, Murmansk Arctic State University (Russia, 183038, Murmansk region, Murmansk, Kapitan Egorov str., 15).

Abrashkina Alexandra Viktorovna, intern researcher, Murmansk Arctic State University (Russia, 183038, Murmansk region, Murmansk, Kapitan Egorov str., 15).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-36

MONITORING OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES OF THE TSIMLYANSKOYE RESERVOIR BY ICHTHYOLOGICAL INDICATORS FOR OPERATIONAL MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF AQUACULTURE

I. A. Andreeva¹, A. I. Novokshchenova²

¹*Volgograd branch of the «All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography»*

²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Received 15.05.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The article presents the results of monitoring of aquatic biological resources, as well as the release of juvenile fish from the Tsimlyanskiy fish hatchery. The results showed that the number of catches exceeds the number of released juvenile carp and white bighead. White amur, in turn, prevails more in releases than in catches.

Abstract

Introduction. Relevance of theme is caused by necessity of increase of fishery value and also increase of exit of commodity production in Tsimlyanskoye water reservoir by means of artificial reproduction of fish stocks. In order to increase valuable fish species in the reservoir, first of all, it is neces-

sary to carry out technical melioration of spawning grounds. Besides, it is important to carry out catching of those species, which are low-productive, namely roach, goose, crucian carp. So, for regular replenishment of commercial stocks with young valuable fish species, namely to partially replace natural reproduction of fish by industrial rearing of juveniles the Tsimlyansk Fish Hatchery was built. The main advantage of such breeding directly before the natural reproduction is a stable receipt of landing material irrespective of a level mode as well as hydrological features of the Tsimlyanskoye reservoir. **Materials and methods.** The monitoring works were carried out on the base of the Tsimlyanskiy fish-farming plant and the Volgograd branch of the «All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography». The objects of the studies were young carp (*Cyprinidae*), grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and white silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). **Results and conclusions.** According to the received data from release of young carp from the Tsimlyanskiy fish-farming factory, it is possible to draw a conclusion that this species of carp has formed its population optimally enough, according to what, release in 2021 was not carried out at all. During the study period, a total of 85.21 tons of young carp, 183.25 tons of white amur and 65.89 tons of white silver carp were released. The catch in the Tsimlyanskoye reservoir within the borders of Volgograd and Rostov regions in dynamics for the period 2018-2021 is: carp – 3669.5 tons, white amur - 104.75 tons, white bighead carp – 316.27 tons.

Key words: aquatic bioresources (ABR), state of the ABR environment, stocks of aquatic bioresources, fisheries, fishing, fishing gear, catches.

Citation. Andreeva I. A., Novokshchenova A. I. Monitoring of aquatic biological resources of the Tsimlyanskoye reservoir by ichthyological indicators for operational management of technological processes of aquaculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 352-362 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-36.

Author's contribution. All authors of the present study were directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.11

МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ИХТИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ АКВАКУЛЬТУРЫ

И. А. Андреева¹, младший специалист

А. И. Новокщенова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Волгоградский филиал ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Актуальность темы обусловлена необходимостью увеличения рыбохозяйственного значения, а также повышения выхода товарной продукции в Цимлянское водохранилище путем искусственного воспроизводства рыбных запасов.

С целью увеличения ценных видов рыб в водохранилище, прежде всего, необходимо проводить техническую мелиорацию нерестилищ. Кроме того, важно осуществлять отлов тех видов, которые являются низкопродуктивными, а именно плотва, густера, карась.

Так, для регулярного пополнения промысловых запасов молодь ценных видов рыб, а именно проведения частичной замены естественного размножения рыб промышленным выращиванием молоди, был построен Цимлянский рыбоводный завод.

Главным преимуществом такого разведения непосредственно перед естественным воспроизводством является стабильное получение посадочного материала независимо от уровня режима, а также гидрологических особенностей Цимлянского водохранилища. **Материалы**

лы и методы. Мониторинговые работы выполнены на базе Цимлянского рыбоводного завода и Волгоградского филиала ФГБНУ ВНИРО. Объектами исследований были сеголетки сазана (*Cyprinidae*), белого амурса (*Stenopharyngodon idella*) и белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*). **Результаты и выводы.** По полученным данным с выпуска молоди сазана с Цимлянского рыбоводного завода можно сделать вывод, что данный вид сазана достаточно оптимально сформировал свою популяцию, в соответствии с чем выпуск в 2021 году вовсе не проводился. Всего за исследуемый период молоди сазана было выпущено 85,21 тонны, белого амурса – 183,25 и белого толстолобика – 65,89 тонн. Вылов на Цимлянском водохранилище в границах Волгоградской и Ростовской областей в динамике за период 2018-2021 гг. составляет: сазан – 3669,5 т., белый амур – 104,75 т., белый толстолобик – 316,27 т.

Ключевые слова: водные биоресурсы (ВБР), состояние среды ВБР, запасы водных биоресурсов, ихтиологические показатели водоемов, орудия лова, уловы.

Цитирование. Андреева И. А., Новокщенова А. И. Мониторинг водных биологических ресурсов Цимлянского водохранилища по ихтиологическим показателям для оперативного управления технологическими процессами аквакультуры. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 352-362. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-36.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сохранение рыбных запасов влияет естественное воспроизводство, которое на данный момент нельзя назвать стабильным, так как оно находится в зависимости от уровня режима водоема. Как следствие происходят значительные колебания численности различных видов рыб [1].

При изучении закономерностей, определяющих динамику популяций рыб, возможно решить такие вопросы рыбного хозяйства, как определение оптимального масштаба и интенсивности рыболовства, повышение продуктивности стад промысловых рыб, обоснование допустимого к вылову размера, веса и возраста рыб [2, 6].

Прежде всего, важно помнить, что Цимлянское водохранилище, как и другой любой водоем, проходит различные по продолжительности исторические стадии, а именно возникновение, эволюцию (постепенное заиливание и зарастание) и затем преобразование (превращение в водоем озерно-болотного типа). Таким образом, уже через 15 лет после его образования оно находилось на начальной стадии эволюции, то есть процесс заиливания протекал интенсивно. В настоящее время возможно поставить точную оценку, которая дает однозначный ответ того, что происходит переход в экосистему озерного типа [5].

Благодаря проведенным исследованиям было выяснено, что уже с первого года образования водохранилища появилось переформирование береговой линии. В результате чего те склоны, которые относились к речной долине, изменились в берега озерного типа (характерна пологая береговая отмель, заканчивающаяся крутым подводным склоном). Стали появляться возвышения на входах в балки, заливы, протоки, которые перекрыли доступ к местам нереста. Значительных масштабов достигло зарастание прибрежного мелководья жесткой водной растительностью. Вследствие такого зарастания произошло уменьшение нерестовых площадей, которые использовались основными промысловыми рыбами обитающими в Цимлянском водохранилище.

Такой перелом в популяции рыб произошел в середине восьмидесятых годов. Доминировать стали те виды рыб, у которых экологические особенности относительно соответствуют озерным условиям обитания. Так, в период до 1985 г. в составе молоди доминирующим по видам был лещ (34,5%), плотва (17,4%), укля (12,9%) и густера (10,2%).

С целью увеличения ценных видов рыб в водохранилище прежде всего, необходимо проводить техническую мелиорацию нерестилищ. Кроме того, важно осуществлять отлов тех видов, которые являются низко продуктивными, а именно – плотва, густера, карась.

Так, для регулярного пополнения промысловых запасов молодью ценных видов рыб, а именно для проведения частичной замены естественного размножения рыб промышленным выращиванием молоди, был построен Цимлянский рыбоводный завод.

Главным преимуществом такого разведения непосредственно перед естественным воспроизводством является стабильное получение посадочного материала независимо от уровня режима, а также гидрологических особенностей Цимлянского водохранилища [9].

Среднегодовой вылов за последние 10 лет в Цимлянском водохранилище составляет 8,406 тыс. т. или 8% от добываемой во внутренних водоемах рыбы по России.

Материалы и методы. Мониторинговые работы выполнены на базе Цимлянского рыбоводного завода и Волгоградского филиала ФГБНУ ВНИРО. Объектами исследований были сеголетки сазана (*Cyprinidae*), белого амурского толстолобика (*Stenopharyngodon idella*) и белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*).

Основным источником ихтиологических материалов являются уловы, полученные при осуществлении рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях по различным видам орудий лова.

Перечень применяемых промысловых орудий лова регламентирован Правилами рыболовства, которые разрабатывались на основе многолетнего опыта эксплуатации ВБР с учетом исторической тенденции развития промысла и динамики ВБР с целью рационального ведения промысла и сохранения водных биоресурсов. Так правилами рыболовства исключено применение мелкоячеистых ставных сетей (ячеей менее 45 мм) на Цимлянском водохранилище.

Сбор материала проводился в ходе экспедиционных работ и (или) на организуемых временных контрольно-наблюдательных пунктах (КНП).

Данные пункты создаются временно, на необходимый период для проведения исследований на определенном участке водоема для выполнения регулярного сбора ихтиологических, гидробиологических, проб по гидрохимии, а также учета ВБР в целях изучения их биологии, распределения, миграций и динамики численности. Помимо этого на базе временных КНП проводились специализированные контрольные лова. Работы на пункте осуществлялись научными сотрудниками и вспомогательным персоналом (рыбаки, разнорабочие).

При записи измерений рыбы необходимо вначале указать место нахождения. Назвать водоем (реку, пруд, озеро, море), из которого была взята данная рыба. Далее указывается время нахождения – число, месяц, год (Лапицкий, 1970).

Ведется нумерация пойманной рыбы по порядку.

Вес рыбы (г или кг). Значения веса необходимо для подсчета упитанности рыбы.

Обработка материала велась в следующей последовательности. Экземпляр рыбы промерялся и взвешивался. За стандартную длину принималось расстояние от вершины рыла до конца гипурального комплекса (Правдин, 1966).

Результаты и обсуждение. Изучив статистические данные, полученных результатов по выпуску молоди в Цимлянский водохранилище, мы заметим, что в сравнении с 2018-2020 годами, в 2021 году выпуск молоди сазана вовсе прекратился, а белого толстолобика и амурского, наоборот, увеличился (таблица 1).

Таблица 1 – Выпуск молоди с Цимлянского рыбоводного завода за период 2018-2021 гг.
Table 1 – Release of juveniles from the Tsimlyanskiy fish hatchery for the period 2018-2021.

Вид	2018		2019		2020		2021	
	Шт.	Сред- ний вес, г	Шт.	Средний вес, г	Шт.	Сред- ний вес, г	Шт.	Сред- ний вес, г
Сазан	1016820	22,1	693563	15,16	1 023 240	18,1		
	402480	28,2	693563	13,86	693 563	12,7		
			120420	16,37	42 792	12,7		
			59557	14,1				
			250	10,7				
			593	10,2				
			2156	13,6				
			2216	10,7				
			7333	10,7				
			7497	11,9				
			7635	10,7				
			7788	10,7				
Белый амур			19370	10,14				
	900390	23,1	239004	28,9	847 920	16,2	6 083	25,89
	501480	26,8	239004	28,5	6 348	26,5	3 530	25,89
			216019	28,6	239 004	26,5	591	25,89
			5161	24,6	1163	26,5	1 288	25,89
			130147	28,45	3530	26,5	24 982	25,89
			6712	29,03	107	26,5	3 720	25,89
					21 907	26,5	8 171	25,89
							1195980	19,39
							3022719	26,28
Белый толсто- лобик	1515285	10,2	13320	25,0	1135800	10,2	2209080	10,23
	1279236	12,2						

Конечная результативность всякого рыбоводного предприятия определяется числом выращенной молоди, а также интенсивностью эксплуатации стада промыслом [4].

Так, за исследуемый период, всего было выпущено 4800836 шт. молоди сазана, средняя навеска которого составила – 14,03 г, белого амура в количестве 7635448 шт. со средней навеской – 25,82 г и белого толстолобика – 6152721 шт, средней навеской – 13,56 г.

Эффективность искусственного разведения находится в зависимости от правильности определения наиболее перспективных стандартов продукции рыбоводного завода. Научно доказано, что выпускаемая молодь более крупных размеров выживает лучше мелкой, так как раньше выходит из под пресса хищников [7] (таблица 2).

Таблица 2 – Весовой показатель выпущенных сеголетков ВБР за период 2018-2021 гг., т.
Table 2 – Weight indicator of the released juvenile fish in the fish industry for the period 2018-2021, t.

Вид	2018	2019	2020	2021
Сазан	33,81	23,53	27,87	
Белый амур	34,24	23,92	20,94	104,15
Белый толстолобик	31,06	0,66	11,58	22,59

В зависимости от многоводности года, температурного режима и других экологических условий естественное воспроизводство может быть как очень интенсивным, так и нет [3].

Вылов на Цимлянском водохранилище в границах Волгоградской и Ростовской областей в динамике за период 2018-2021 гг. представлен в таблице 3

Таблица 3 – Вылов водных биоресурсов в Цимлянском водохранилище за период 2018-2021 гг., т.

Table 3 – Catch of aquatic bioresources in the Tsimlyanskoye Reservoir for the period 2018-2021, t.

Видовой состав ВБР	2018	2019	2020	2021
Сазан	858,61	947,75	980,73	882,41
Белый амур	40,85	42,70	13,60	7,00
Толстолобик	91,67	91,67	64,07	69,26

Проанализировав статистические данные полученных результатов показателей по выпуску молоди сазана, белого амура и толстолобика, согласно данных Цимлянского рыбоводного завода и Волгоградского филиала ФГБНУ «ВНИРО», можно увидеть, что естественный нерест, особенно это касается сазана, в данном водоеме возможен. Количество пойманных видов превышает показатели по выпуску. Даже с низким показателем выживаемости, который зависит от эпизоотического состояния водоема, хищничества, а также любительского рыболовства, рыба способна продолжить дальнейшее формирование популяции [8]. По результатам сравнительных диаграмм, мы видим, что количество вылова превышает количество выпущенной молоди у сазана и белого толстолобика. Белый амур, в свою очередь преобладает в выпусках, нежели в выловах (рисунки 1, 2, 3).



Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма по выпуску и вылову сазана за период 2018-2021 гг., т.

Figure 1 – Comparative chart of carp production and catch for the period 2018-2021, t.

Выращивание сазана в прудах обычно продолжается в течение не менее 4-х месяцев, заканчиваясь только к осени. Важно отметить, что поздний спуск прудов способен препятствовать проведению полного комплекса дезинфекционных и мелиоративных работ (Лапицкий, 1967).

Учитывая большую воспроизводительную способность популяции сазана непосредственно в Цимлянском водохранилище, выращивание молоди на Цимлянском рыбоводном заводе следует рассматривать как компенсацию в пополнение стада новыми поколениями в те годы, когда наблюдается слабая интенсивность нереста.

Основой искусственного разведения белого толстолобика и в общем растительно-ядных рыб является заводской метод. Сначала проводят стимуляцию овуляции икры у производителей при помощи гипофизарных инъекций и затем проводят искусственное оплодотворение икры и ее инкубацию в водоструйных аппаратах. Однако массовое выращивание растительноядных рыб носит свои трудности. Естественная кормовая база, на основе которой и выращивается толстолобик, часто сдерживает рост молоди. Так, при относительно высоком темпе роста, конечный вес сеголетков не превышает 7-10 г. Также необходимо следить за сильной зарастаемостью прудов, так как это может пагубно повлиять на развитие фитопланктона и распространение заболеваний (Стрекалов, 1955).



Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма по выпуску и вылову белого толстолобика за период 2018-2021 гг, т.

Figure 2 – Comparison chart of white bighead production and catch for the period 2018-2021, t.

Лучше всего проводить выращивание белого толстолобика в небольших, но глубоких выростных прудах, площадью от 10 га, прямоугольной формы. Углубление прудов и сокращение зоны прибрежных мелководий препятствует развитию жесткой растительности и при этом, создает благоприятные условия для вегетации фитопланктона [10].



Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма по выпуску и вылову белого амура за период 2018-2021 гг, т.

Figure 3 – Comparison chart for white amur release and catch for the period 2018-2021, t.

Промысловое стадо белого амура сформировано в результате проведенных выпусков молоди с Цимлянского рыбоводного завода (Калинина, 1985). Обилие питания в водохранилище обеспечивает ему высокий темп роста. По наблюдениям Волгоградско-

го филиала ФГБНУ «ВНИРО» было выявлено, что двухлетки белого амура имеют среднюю массу – 682 г., трехлетки 2801 г., четырехлетки – 5788 г., пятилетки – 7619 г., шестилетки – 10045 г., и семилетки – 12371 г. Промысловая мера определена в 50 см, совокупность особей, начиная именно с этой длины, составляют промысловый запас.

Заключение. Состав промысловых уловов в Цимлянском водохранилище долгое время был относительно постоянным. С момента начала промысловой эксплуатации в 1957 г. и до начала 1990-х основу промысловых уловов составляли лещ, густера и судак в совокупности, составляющие около половины уловов.

Еще в 1970 году с целью увеличения рыбохозяйственного значения внутренних водоемов, а также повышения выхода из них товарной продукции большое внимание стали уделять вопросам воспроизводства рыбных запасов.

На основании проведенных практик, было доказано, что наиболее действенным путем подъема рыбного хозяйства будет проведение частичной замены естественного размножения рыб промышленным выращиванием молоди. Так, на первых вселяемых рыбах. Была подтверждена экономическая целесообразность.

Всего за исследуемый период молоди сазана было выпущено – 85,21 тонны, белого амура – 183,25 и белого толстолобика – 65,89 тонн.

Вылов на Цимлянском водохранилище в границах Волгоградской и Ростовской областей в динамике за период 2018-2021 гг. составляет: сазан – 3669,5 т., белый амур – 104,75 т., белый толстолобик – 316,27 т.

Учитывая большую воспроизводительную способность популяции сазана непосредственно в Цимлянском водохранилище, выращивание молоди на Цимлянском рыбноводном заводе следует рассматривать как компенсацию в пополнение стада новыми поколениями в те годы, когда происходит слабая интенсивность нереста.

По полученным данным с выпуска молоди сазана с Цимлянского рыбноводного завода, можно сделать вывод, что данный вид сазана достаточно оптимально сформировал свою популяцию, в соответствии с чем выпуск в 2021 году вовсе не проводился.

Целесообразность вселения белого толстолобика в Цимлянское водохранилище обусловлена обилием фитопланктона в данном водоеме и отсутствием в составе его ихтиофауны непосредственных потребителей этой части биологических ресурсов, а также высоким темпом роста и хорошими товарными качествами этой рыбы. Кроме того, введенный в состав ихтиофауны белый толстолобик при продолжающейся эвтрофикации водоема будет являться биологическим мелиоратором.

Введение в ихтиофауну белого амура в качестве биомелиоратора – потребителя высшей водной растительности будет способствовать более эффективному использованию кормовой базы прудов и увеличению общей рыбопродуктивности.

Растительноядные рыбы являются искусственными вселенцами и не могут служить элементом природного разнообразия, поэтому к ним применим статус пастбищного рыбноводства. Так как устойчивое существование и способность к воспроизводству полностью связаны с естественным нерестом, который у растительноядных рыб в Цимлянском водохранилище отсутствует, понятие общего допустимого улова для них является неприемлимым.

Таким образом, исходя из полученных данных по выпуску сеголеток и промысловых уловов исследуемых видов рыб в Цимлянском водохранилище за период 2018-2019 гг. можно сделать вывод, что естественный нерест, особенно это касается сазана, в данном водоеме возможен. Величина пойманных видов, превышает показатели по выпуску. Даже с низким показателем выживаемости, который зависит как от эпизоотического состояния водоема, хищничества, так и любительского рыболовства, рыба способна продолжить дальнейшее формирование популяции.

Conclusions. The composition of commercial catches in the Tsimlyanskoye Reservoir has been relatively constant for a long time. Since the beginning of commercial exploitation in 1957 and until the beginning of the 1990s, bream, gустard and pikeperch together constituted the basis of commercial catches, constituting about half of the catches.

As early as 1970, in order to increase the fishery importance of inland water bodies and to increase the yield of marketable products from them, great attention began to be paid to issues of fish stock reproduction.

On the basis of the conducted practices it was proved that the most effective way of fish economy growth would be partial replacement of natural fish reproduction by industrial rearing of juveniles. Thus, on the first fish to be introduced. Economic feasibility was confirmed.

During the study period, a total of 85.21 tons of juvenile carp, 183.25 tons of white amur and 65.89 tons of white silver carp were released.

The catch in the Tsimlyanskoye reservoir within the boundaries of Volgograd and Rostov regions in dynamics for the period 2018-2021 is: carp – 3669.5 tons, white amur – 104.75 tons, white bighead carp – 316.27 tons.

Taking into account a large reproductive capacity of the carp population directly in the Tsimlyanskoye reservoir, rearing of juveniles at the Tsimlyanskoye fish-farm should be considered as a compensation in replenishment of the herd with new generations in those years when there is a weak intensity of spawning.

According to the received data from release of juvenile carp from Tsimlyanskiy fish-farming factory, it is possible to draw a conclusion that the given species of carp formed its population optimally enough, according to what, release in 2021 was not carried out at all.

The expediency of introduction of white bighead carp into the Tsimlyanskoye reservoir is caused by the abundance of phytoplankton in this reservoir and the absence of direct consumers of this part of biological resources in the composition of its ichthyofauna as well as by a high growth rate and good commercial qualities of this fish. Moreover, the introduced to the composition of ichthyofauna white silver carp under continuing eutrophication of the reservoir will be a biological ameliorator.

Introduction of grass carp into ichthyofauna as a biomeliorator – consumer of higher aquatic vegetation, will contribute to more effective use of ponds forage base and increase of general fish productivity.

Plant-eating fishes are artificially inoculated and cannot serve as an element of natural diversity, so the status of pastoral fish breeding is applicable to them. Since the stable existence and the ability for reproduction are completely connected with the natural spawning, which herbivorous fish in the Tsimlyanskoye Reservoir do not have, the concept of the total allowable catch for them is unacceptable.

Thus, based on the data obtained on the release of juveniles and commercial catches of the studied fish species in the Tsimlyansk Reservoir for the period 2018-2019, we can conclude that natural spawning, especially for carp, in this reservoir is possible. The size of the caught species, exceeds the release rates. Even with a low survival rate, which depends on both the epizootic state of the reservoir, predation, as well as recreational fishing, fish are able to continue to further form the population.

Библиографический список

1. Арутюнян Т. В., Демина Н. А. Результаты акклиматизации конструирования растительноядных рыб в Цимлянском водохранилище // Актуальные проблемы и перспективы рыболовства, аквакультуры и экологического мониторинга водных экосистем РФ: материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала: Дагестанский ГАУ, 2022. С. 10-18.
2. Ахмедов А. Д., Ветренко Е. А., Колотухина И. Н. Модель управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 368-380.
3. Выпуск молоди водных биологических ресурсов: мониторинг и прогноз / И. В. Мусаева, А. Б. Алиев, Т. А. Исригова [и др.] // Состояние и перспективы научно-технологического развития рыбохозяйственного комплекса: материалы Национальной научно-практической конференции (с международным участием). Махачкала: Дагестанский ГАУ им. М. М. Джамбулатова, 2019. С. 188-195.

4. Дворянkin Г. А. Методы определения запасов промысловых видов рыб и рыбопродукции внутренних водоемов и оценка их достоверности на примере озер Кенозерского национального парка // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2022. № 2. С. 16-22.

5. Динамика зарастания Цимлянского водохранилища / А. И. Кочеткова, Е. С. Брызгалова, И. Ю. Калужная [и др.] // Принципы экологии. 2018. № 1 (26). С. 60-72.

6. Ихтиофауна Цимлянского водохранилища / В. С. Болдырев, Д. А. Вехов, В. В. Хоружая, В. В. Самотеева // Вопросы ихтиологии. 2021. Т. 61. № 1. С. 36-45.

7. Ковалевский В. Н., Василенко И. Н. Современная эколого-биологическая характеристика Цимлянского водохранилища // Импортзамещение в новых условиях 2022: перспективы направления развития пищевой и перерабатывающей промышленности в экономике региона: Международная научная конференция. Ростов-на-Дону, 2022. С. 132-137.

8. Серветник Г. Е. Использование новых видов рыб в поликультуре // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022. Т. 16. № 9 (200). С. 636-645.

9. Современное состояние и использование водных биоресурсов Цимлянского водохранилища (2009-2013 гг.) / Д. А. Вехов, А. Н. Наumenko, В. П. Горелов [и др.] // Рыбохозяйственные исследования на водных объектах Европейской части России: сборник научных работ, посвященный 100-летию ГосНИОРХ. Санкт-Петербург: ГНИИ озernого и речного рыбного хозяйства, 2014. С. 116-145.

10. Студенов И. И., Торцев А. М. Рекомендации предельно-допустимых объемов выпуска водных биологических ресурсов: нормативное регулирование и практическая реализация // Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 47-53.

11. Froese R., Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication. 2019. www.fishbase.org. Version 12/2019.

12. Novikova N. M., Volkova N. A., Nazarenko O. G. Functioning of ecotone systems at the Tsimlyansk reservoir shores // Arid Ecosystems. 2014. Vol. 4. No 4. P. 244-252.

References

1. Harutyunyan T. V., Demina N. A. Results of acclimatization of the construction of herbivorous fish in the Tsimlyansk reservoir // Actual problems and prospects of fishing, aquaculture and environmental monitoring of aquatic ecosystems of the Russian Federation: materials of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation). Makhachkala: Dagestan GAU, 2022. Pp. 10-18.

2. Akhmedov A. D., Vetrenko E. A., Kolotukhina I. N. Model of water resources management of the Tsimlyansk reservoir // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2020. № 1 (57). Pp. 368-380.

3. Release of juvenile aquatic biological resources: monitoring and forecast / I. V. Musaeva, A. B. Aliyev, T. A. Isrigov [et al.] // State and prospects for the scientific and technological development of the fisheries complex: materials of the National Scientific and Practical Conference (with international participation). Makhachkala: Dagestan GAU named after M. M. Dzhambulatova, 2019. Pp. 188-195.

4. Dvoryankin G. A. Methods of determining the reserves of commercial fish species and fish production of inland water bodies and assessing their reliability on the example of lakes of the Kenozerky National Park // Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fishery. 2022. № 2. Pp. 16-22.

5. Dynamics of overgrowth of the Tsimlyansk reservoir / A. I. Kochetkov, E. S. Bryzgalin, I. Yu. Kalyuzhnaya [et al.] // Principles of ecology. 2018. № 1 (26). Pp. 60-72.

6. Ichthyofauna of the Tsimlyansk reservoir / V. S. Boldyrev, D. A. Vekhov, V. V. Khoruzhaya, V. V. Samotееva // Questions of ichthyology. 2021. V. 61. № 1. Pp. 36-45.

7. Kovalevsky V. N., Vasilenko I. N. Modern ecological and biological characteristics of the Tsimlyansk reservoir // Import substitution in the new conditions 2022: prospects for the development of the food and processing industry in the region's economy: International Scientific Conference. Rostov-on-Don, 2022. Pp. 132-137.

8. Servetnik G. E. Use of new fish species in polyculture // Fish farming and fisheries. 2022. V. 16. № 9 (200). Pp. 636-645.
9. The current state and use of aquatic biological resources of the Tsimlyansk reservoir (2009-2013) / D. A. Vekhov, A. N. Naumenko, V. P. Gorelov [et al.] // Fishery research in water bodies of the European part of Russia: a collection of scientific works dedicated to the 100th anniversary of GosNIORH. St. Petersburg: GNII Lake and River Fisheries, 2014. Pp. 116-145.
10. Studenov I. I., Tortsev A. M. Recommendations of the maximum permissible volume of production of aquatic biological resources: regulatory regulation and practical implementation // Fisheries. 2021. № 3. Pp. 47-53.
11. Froese R., Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication. 2019. www.fishbase.org. Version 12/2019.
12. Novikova N. M., Volkova N. A., Nazarenko O. G. Functioning of ecotone systems at the Tsimlyansk reservoir shores // Arid Ecosystems. 2014. Vol. 4. No 4. Pp. 244-252.

Информация об авторах

Андреева Ирина Александровна, бакалавр в области водных биоресурсов и аквакультуры, научный сотрудник, Волгоградский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (РФ, 400001, г. Волгоград, ул. Пугачевская, д. 1), тел. 89275358315, e-mail: andreeva.irishka@yandex.ru

Новокшенова Анна Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой водные биоресурсы и аквакультура, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 5), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

Authors Information

Andreeva Irina Aleksandrovna, Bachelor in the field of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Researcher, Volgograd Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (Russia, 400001, Volgograd, Pugachevskaya str., 1), tel. 89275358315, e-mail: andreeva.irishka@yandex.ru

Novokshchenova Anna Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd, Timiryazeva str., 5), e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ, ИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ AGROENGINEERING, ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGY

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-37

INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF WATER TREATMENT WITH THE USE OF SORPTION FILTERS WITH A CASSETTE TYPE OF LOADING

A. S. Ovchinnikov, E. V. Pustovalov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova,
M. A. Denisova

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Received 02.08.2023

Submitted 05.09.2023

Summary

The design of a sorption filter developed to increase the efficiency of water treatment technological processes is presented. The main feature of the presented design is to ensure the continuity of the filtration process due to the rapid replacement of filter cassettes without stopping the filter to perform washing.

Abstract

Introduction. The urgent need to improve technological processes of water treatment and to develop new approaches to increase their efficiency is connected primarily with the annually growing volume of water consumption for household, drinking and industrial needs. In its turn, big volumes of water consumption lead to the growth of volumes of waste water discharged into surface water sources. The methods and technologies of water treatment used in Russia are obsolete. Large areas are required for the technological process and technical equipment is worn out, which results in improper water quality for consumers. **Object.** The sorption filter with a cassette type of loading is the object of research. **Materials and methods.** To increase the efficiency of technological processes of water treatment the design of a sorption filter with a cassette type of loading was developed the main feature of which is to ensure filtration process continuity due to operative replacement of the filtering cassettes without stopping the filter for washing. The filtering load in chambers was distributed with decreasing of the size of grains in the direction of filtering of processed liquid: the size of grains in the first chamber was 3-5 mm, in the second chamber 2-3 mm, in the third chamber 1-2 mm and in the fourth chamber 0.5-1 mm. Efficiency of treatment was evaluated both for natural water taken from a surface water source (Volga River) and for preliminarily clarified wastewater from a cattle-breeding complex. **Results and conclusions.** The expediency of application of filters with cassette type of loading is confirmed by high efficiency of natural and waste water treatment. The pH indicator was reduced by 11,39 %, total iron – by 38,3 %, divalent iron – by 20,0 %, trivalent iron – by 59,09 %, zinc – by 57,72 %, copper – by 42,5 %, ammonium nitrogen – by 46,48 %, potassium – by 45,86 %. The presented design of the filter with a cassette type of loading is notable for its high efficiency due to the continuous filtration process and rapid replacement of the filtering cassettes with a filtering load. Rationality of the cassette filter application in the technological chain of water treatment is confirmed by high cleaning efficiency, which is 11,39-59,09 %.

Key words: water treatment, cassette filter, sorption treatment, wastewater, zeolites.

Citation. Ovchinnikov A. S., Pustovalov E. V., Bocharnikov V. S., Bocharnikova O. V., Denisova M. A. Increasing the efficiency of water treatment technological processes using sorption filters with a cassette type of loading. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 363-371 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-37.

Author contribution. The author of this study were directly involved in the planning, execution of experiments and analysis of the results obtained. The authors of this article have familiarized themselves with the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 628.1

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ВОДООЧИСТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОРБЦИОННЫХ ФИЛЬТРОВ С
КАССЕТНЫМ ТИПОМ ЗАГРУЗКИ****А. С. Овчинников**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН**Е. В. Пустовалов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**В. С. Бочарников**, доктор технических наук, профессор**О. В. Бочарникова**, доктор технических наук, профессор**М. А. Денисова**, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Острая потребность в совершенствовании технологических процессов водоочистки и в разработке новых подходов для повышения их эффективности в первую очередь связана с ежегодно растущими объемами потребления воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. В свою очередь, большие объемы водопотребления приводят к росту объемов сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоисточники. Используемые в отечественной практике методы и технологии водоочистки морально устарели. Для технологического процесса требуются большие площади, а техническое оборудование имеет высокий физический износ, что приводит к обеспечению потребителей водой ненадлежащего качества. **Объект.** Объектом исследования является сорбционный фильтр с кассетным типом загрузки. **Материалы и методы.** Для повышения эффективности технологических процессов водоподготовки была разработана конструкция сорбционного фильтра с кассетным типом загрузки, главной особенностью которой является обеспечение непрерывности процесса фильтрации за счет оперативной замены фильтрующих кассет без остановки фильтра для выполнения промывки. Фильтрующая загрузка в камерах распределялась с уменьшением размера зерен в направлении фильтрования обрабатываемой жидкости: размер зерен в первой камере составлял 3-5 мм, во второй камере – 2-3 мм, в третьей камере – 1-2 мм, в четвертой камере – 0,5-1 мм. Оценка эффективности очистки проводилась, как для природной воды, взятой из поверхностного водоисточника (река Волга), так и для предварительно осветленных сточных вод животноводческого комплекса КРС. **Результаты и выводы.** Целесообразность применения фильтров с кассетным типом загрузки подтверждается высокой эффективностью очистки природных и сточных вод. Показатель рН относительно начальных значений был снижен на 11,39 %, общее железо – на 38,3 %, двухвалентное железо – на 20,0 %, трехвалентное железо – на 59,09 %, цинк – на 57,72 %, медь – на 42,5 %, аммонийный азот на 46,48 %, калий – на 45,86 %. Представленная конструкция фильтра с кассетным типом загрузки отличается высокой производительностью за счет непрерывности процесса фильтрации и оперативной замены кассет с фильтрующей загрузкой. Рациональность применения кассетного фильтра в технологической цепочке водоочистки подтверждается высокими показателями эффективности очистки, которые составляют 11,39-59,09 %.

Ключевые слова: водоочистка, технологии водоочистки, кассетные фильтры, сорбционная очистка стоков, сточные воды, цеолиты.

Цитирование. Овчинников А. С., Пустовалов Е. В., Бочарников В. С., Бочарникова О. В., Денисова М. А. Повышение эффективности технологических процессов водоочистки с применением сорбционных фильтров с кассетным типом загрузки. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 363-371. DOI:10.32786/2071-9485-2023-03-37.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Острая потребность в совершенствовании технологических процессов водоочистки и в разработке новых подходов для повышения их эффективности в первую очередь связана с ежегодно растущими объемами потребления воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. В свою очередь, большие объемы водопотребления приводят к росту объемов сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоисточники [3, 9, 10].

Используемые в отечественной практике методы и технологии водоочистки морально устарели [2, 5]. Для технологического процесса требуются большие площади, а техническое оборудование имеет высокий физический износ, что приводит к обеспечению потребителей водой ненадлежащего качества [1].

Таким образом, производственные предприятия вынуждены пользоваться локальными системами водоочистки [6]. Особое место среди таких систем занимают системы обратного осмоса. Однако применение обратного осмоса для очистки воды не всегда является оправданным методом с финансовой точки зрения. Высокая стоимость установок и финансовые затраты на обслуживание являются определяющими факторами для отказа потребителя в пользу более дешевых и простых методов водоочистки, таких как сорбционная очистка [7, 8].

Сорбционный метод уверенно зарекомендовал себя и является одним из высокоэффективных методов очистки природных и сточных вод [4]. Простота конструкций, надежность, а также относительно недорогая цена фильтрующих загрузок послужило причиной массового распространения сорбционных фильтров [6].

При всех своих достоинствах сорбционный метод очистки имеет следующие недостатки:

- требуется периодическая остановка фильтров для промывки загрузки, а для обеспечения непрерывной и стабильной работы станции водоподготовки необходима установка двух и более резервных фильтров;
- при использовании многослойных загрузок продолжительности фильтроциклов слоев зачастую разнятся, что снижает время работы фильтра между регенерациями.

Материалы и методы. Внедрение новых более совершенных методов и технических средств фильтрации позволит повысить эффективность технологических процессов водоподготовки. С этой целью была разработана конструкция сорбционного фильтра с кассетным типом загрузки.

Кассетный фильтр содержит корпус со съемными фильтрующими кассетами (рисунок 1) и имеет четыре горизонтально расположенных камеры, в каждой из которых расположены перегородки с уклоном. Камеры оснащены монтажными люками с уплотнительными резинками для герметизации, подводящим и отводящим патрубками. Патрубки соединены с байпасом, имеющим задвижку для изменения направления движения обрабатываемой воды. На подводящем патрубке закреплены разбрызгиватели для равномерного распределения жидкости по всей площади фильтрующего материала. Фильтрующие кассеты прямоугольного сечения устанавливаются на направляющие, жестко закрепленные на внутренней стенке корпуса фильтра. Верхняя и нижняя части кассет исполнены в виде сетки для удержания фильтрующего материала, а боковые стенки выполнены водонепроницаемыми.

Предлагаемая конструкция кассетного фильтра работает следующим образом. Вода по подводящему патрубку подается в камеру, где через разбрызгиватели попадает в фильтрующую кассету, за счет чего происходит фильтрация через толщу фильтрующего материала под действием гравитационных сил. Отфильтрованная вода попадает на перегородку расположенную под наклоном и самотеком через отводящий патрубок перетекает в байпас, откуда направляется в следующие камеры.

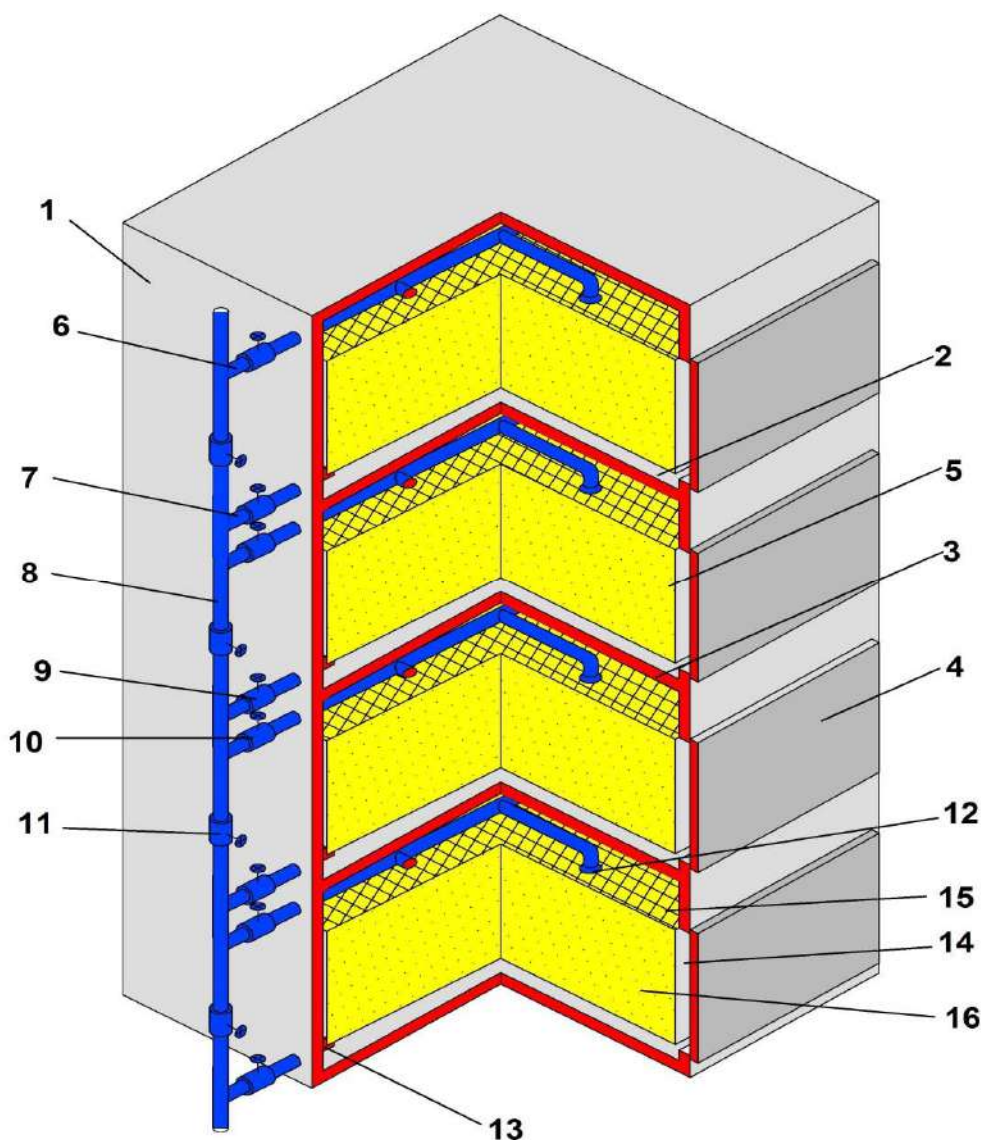


Рисунок 1 – Схема кассетного фильтра

1 – корпус; 2 – камера; 3 – наклонная перегородка; 4 – герметичный люк; 5 – кассета;
6 – подводящий патрубок; 7 – отводящий патрубок; 8 – байпас; 9 – задвижка подводящего
патрубка; 10 – задвижка отводящего патрубка; 11 – задвижка байпаса; 12 – разбрызгиватель;
13 – направляющие; 14 – корпус кассеты; 15 – сетка; 16 – фильтрующая загрузка

Figure 1 – Scheme of the cassette filter

1 – body; 2 – camera; 3 – inclined partition; 4 – sealed hatch; 5 – cassette; 6 – inlet pipe;
7 outlet pipe; 8 – bypass; 9 – valve of the inlet pipe; 10 – valve outlet pipe; 11 – bypass valve;
12 – sprinkler; 13 – guides; 14 – cassette body; 15 – grid; 16 – filtering load

Замена кассет производится через монтажный люк при отключении подачи воды в камеру закрытием задвижки на подводящем патрубке без отключения остальных камер и остановки процесса фильтрации.

Главными достоинствами предлагаемой конструкции кассетного фильтра являются:

1. Обеспечение непрерывности процесса фильтрации за счет оперативной замены фильтрующих кассет без остановки фильтра для выполнения промывки.

2. Возможность комбинирования сорбентов различных по происхождению и гранулометрическому составу в зависимости от степени загрязненности очищаемой воды.

3. При использовании различных по происхождению и гранулометрическому составу сорбентов управление регенерацией кассет производится независимо друг от друга. По завершении фильтроцикла кассеты с фильтрующей загрузкой производится ее замена без остановки фильтра, при этом кассета с отработанным сорбентом отправляется на регенерацию.

Эффективная работа фильтра достигается за счет грамотно подобранного сорбента и его гранулометрического состава. Неправильный подбор фильтрующей загрузки влечет за собой нарушение фильтрационного процесса и может привести к неисправности фильтра.

Наибольшее технологическое применение среди природных адсорбентов получили цеолиты, опоки и цеолитсодержащие кремнистые породы (ЦСП). В проведенных нами исследованиях использовались глинистые опоки Иловлинского месторождения, состав и свойства которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика состава и свойств ЦСП (Иловлинское месторождение)
Table 1 – Characteristics of the composition and properties of the zeolite-containing siliceous rocks (Ilovlinskoye field)

Показатель	Значение
Физические свойства	
Обменная емкость, мг-экв/г	0,4
Плотность, г/см ³	1,1
Пористость, %	55
Минеральный состав (% от масс)	
Клиноптилолит	25
Опал-кristобалит-тридимит	49
Кальцит	2
Глинистые минералы	12
Кварц	11
Полевой шпат	1
Химический состав (% от масс)	
SiO ₂	76,58
TiO ₂	0,33
Al ₂ O ₃	5,19
Fe ₂ O ₃	2,39
CaO	3,0
MgO	0,74
Na ₂ O	0,53
K ₂ O	1,51
H ₂ O	9,73

Было предусмотрено распределение фильтрующей загрузки в камерах с уменьшением размера зерен в направлении фильтрования обрабатываемой жидкости: размер зерен в первой камере составлял 3-5 мм, во второй камере – 2-3 мм, в третьей камере – 1-2 мм, в четвертой камере – 0,5-1 мм.

Оценка эффективности очистки проводилась, как для природной воды, взятой из поверхностного водоисточника (река Волга) для целей питьевого водоснабжения, так и для предварительно осветленных сточных вод животноводческого комплекса КРС, используемых для орошения.

Результаты и обсуждение. По результатам химического анализа, представленного в таблице 2, было определено, что pH воды из поверхностного водоисточника превышает ПДК на 12,9 %, железо общее – на 56,7 %, железо двухвалентное – на 25,0 %, железо трехвалентное – на 60,0 %, цинк – на 88,0 %, медь – на 60 %. В составе животноводческих стоков было зафиксировано превышение БПК₅ на 18,5 %, аммонийного азота – на 14,9 %, калия – на 80,5 % (таблица 3). Химический анализ, проведенный после очистки, указывает на положительный результат, поскольку показатели всех примесей как в природной, так и в сточной воде находились пределах допустимых значений.

Таблица 2 – Химический анализ воды из поверхностного водоисточника (река Волга)

Table 2 – Chemical analysis of water from a surface water source (the Volga river)

№ п/п	Наименование вещества	Результаты анализа		ПДК, мг/л
		Исходная вода мг/л	После очистки мг/л	
1	pH	7,9	7,0	6,5-7,0
2	Сульфаты	108,6	90,4	500
3	Нитриты	0,01	0,0073	0,1
4	Нитраты	0,06	0,03	45
5	Хлориды	5,1	3,5	350
6	Железо общее	0,47	0,29	0,3
7	Железо двухвалентное	0,25	0,2	0,2
8	Железо трехвалентное	0,22	0,09	0,1
9	Жесткость	4,1	3,7	7,0
10	Кадмий	0,0095	0,006	0,01
11	Цинк	9,4	4,35	5,0
12	Медь	1,6	0,92	1,0
13	Хром	0,028	0,02	0,07

Таблица 3 – Химический анализ сточных вод животноводческого комплекса КРС

Table 3 – Chemical analysis of wastewater from the cattle breeding complex

№ п/п	Наименование вещества	Результаты анализа		ПДК, мг/л
		Исходная вода мг/л	После очистки мг/л	
1	pH	8,3	7,8	6,0-8,5
2	Сухой остаток	803,4	450,8	2000
3	БПК ₅	1007,0	752,4	850
4	Хлориды	66,3	36,7	100
5	Нитраты	0,1	0,07	0,5
6	Азот аммонийный	114,9	61,5	100
7	Магний	20,4	10,5	330
8	Кальций	108,6	67,7	450
9	Калий	135,4	73,3	75
10	Натрий	56,1	30,4	200
11	Железо растворимое	0,2	0,07	20

Целесообразность применения фильтров с кассетным типом загрузки подтверждается высокой эффективностью очистки природных и сточных вод (рисунок 2). Показатель pH относительно начальных значений был снижен на 11,39 %, общее железо – на 38,3 %, двухвалентное железо – на 20,0 %, трехвалентное железо – на 59,09 %, цинк – на 57,72 %, медь – на 42,5 %, аммонийный азот на 46,48 %, калий – на 45,86 %.

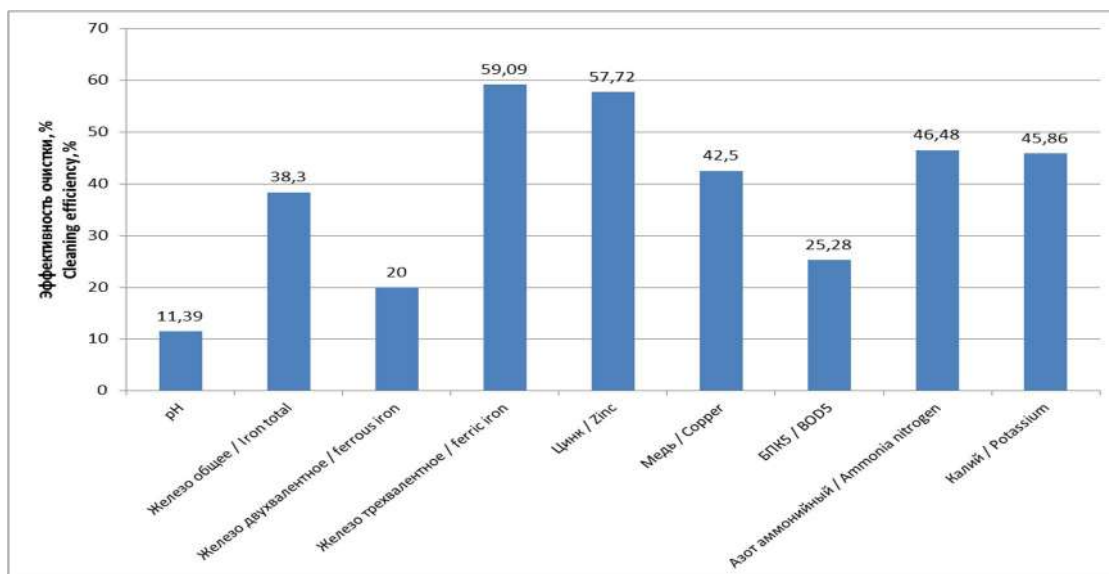


Рисунок 2 – Показатели эффективности очистки природных и сточных вод

Figure 2 – Indicators of the efficiency of natural and waste water treatment

Заключение. Разработка новых конструкций фильтровального оборудования является неотъемлемой частью модернизации систем очистки природных и сточных вод. Представленная конструкция фильтра с кассетным типом загрузки отличается высокой производительностью за счет непрерывности процесса фильтрации и оперативной замены кассет с фильтрующей загрузкой. Рациональность применения кассетного фильтра в технологической цепочке водоочистки подтверждается высокими показателями эффективности очистки, которые составляют 11,39-59,09 %.

Conclusions. Development of new designs of filtering equipment is an integral part of modernization of natural and waste water treatment systems. The presented design of filter with cassette type of loading is characterized by high productivity due to the continuity of filtration process and prompt replacement of cassettes with filter load. Rationality of application of the cassette filter in the technological chain of water treatment is confirmed by high indicators of purification efficiency, which make 11.39-59.09 %.

Библиографический список

1. Анализ эффективности работы фильтрующих загрузок при обезжелезивании воды из подземных водоисточников для систем капельного орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, О. В. Бочарникова, Е. В. Пустовалов, М. А. Денисова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 330-338.
2. Аппаратурное оформление совмещенных процессов в технологии водоподготовки / В. В. Бородычев, А. Е. Новиков, М. И. Ламскова, М. И. Филимонов // Новые технологии. 2020. Т. 16. № 5. С. 55-62.
3. Изучение механизма адсорбции П-динитробензола модифицированными бентонитами при водоочистке в статических условиях / О. В. Атаманова, Е. И. Тихомирова, М. В. Истрашкина, А. А. Подоксенов // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 2 (82). С. 3-11.
4. Ким В. Применение искусственных и природных сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Водоочистка. 2020. № 4. С. 28-31.
5. Ламскова М. И., Филимонов М. И., Новиков А. Е. Использование закрученных потоков и сорбционных эффектов при водоочистке в низконапорных оросительных системах с локальной подачей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 4 (24). С. 189-201.
6. Сорбционный метод очистки воды от примесей нефтепродуктов с помощью цеолита / Ю. А. Козило, О. В. Скопинцева, С. Д. Ганова, В. П. Федотова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № S1. С. 250-259.

7. Урецкий Е. А., Николенко И. В., Мороз В. В. Разработка, внедрение и исследование многоцелевого сорбционного аппарата // Строительство и техногенная безопасность. 2022. № 24 (76). С. 85-95.

8. Adsorption modification of the zeolite surface with chitosan / Zh. A. Tattibayeva, M. T. Tursynbetov, S. M. Tazhibayeva, W. Kujawski, K. B. Musabekov // Chemical Bulletin of Kazakh National University. 2019. V. 95. № 4. Pp. 20-26.

9. Disinfection of wastewater with ultraviolet light on devices of the cyclic principle of action / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, E. V. Pustovalov, M. A. Denisova, T. V. Repenko // Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021" 2022. P. 012014.

10. Water treatment of surface water using a ferrite reagent / A. S. Ovchinnikov, M. A. Denisova, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, Yu. V. Kuznetsov, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 996. 012002.

References

1. Analysis of the effectiveness of filter media at deferrization of water from groundwater sources for drip irrigation systems / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, E. V. Pustovalov, M. A. Denisova // Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher education. 2021. № 2 (62). Pp. 330-338.

2. Hardware design of the combined processes in the water treatment technology / V. V. Borodichev, A. E. Novikov, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // New technologies. 2020. T. 16. № 5. Pp. 55-62.

3. Study of the adsorption mechanism of P-dinitrobenzene by modified bentonites during water treatment under static conditions / O. V. Atamanov, E. I. Tikhomirova, M. V. Istrashkina, A. A. Podoksenov // Water and ecology: problems and solutions. 2020. № 2 (82). Pp. 3-11.

4. Kim V. Application of artificial and natural sorbents for wastewater treatment from oil products // Water treatment. 2020. № 4. Pp. 28-31.

5. Lamskova M. I., Filimonov M. I., Novikov A. E. The use of swirling flows and sorption effects in water treatment in low-pressure irrigation systems with local supply // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2016. № 4 (24). Pp. 189-201.

6. Sorption method of water purification from impurities of petroleum products with the help of zeolite / Y. A. Kozilo, O. V. Skopintseva, S. D. Ganova, V. P. Fedotova // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2020. № S1. Pp. 250-259.

7. Uretsky E. A., Nikolenko I. V., Moroz V. V. Development, implementation and research of a multi-purpose sorption apparatus // Construction and technogenic safety. 2022. № 24 (76). Pp. 85-95.

8. Adsorption modification of the zeolite surface with chitosan / Zh. A. Tattibayeva, M. T. Tursynbetov, S. M. Tazhibayeva, W. Kujawski, K. B. Musabekov // Chemical Bulletin of Kazakh National University. 2019. V. 95. № 4. Pp. 20-26.

9. Disinfection of wastewater with ultraviolet light on devices of the cyclic principle of action / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, E. V. Pustovalov, M. A. Denisova, T. V. Repenko // Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021" 2022. P. 012014.

10. Water treatment of surface water using a ferrite reagent / A. S. Ovchinnikov, M. A. Denisova, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, Yu. V. Kuznetsov, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 996. 012002.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442)41-81-53, e-mail: oas_volgau@mail.ru

Пустовалов Евгений Васильевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442)41-81-53, e-mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442)41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 40002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442)41-17-84, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442)41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Authors Information

Ovchinnikov Alexey Semenovich, Head of the Department "Applied Geodesy, Nature Management and Water Use", Volgograd Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26) Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, tel. 8 (8442)41-81-53, e-mail: oas_volgau@mail.ru.

Pustovalov Evgeny Vasilievich, Associate Professor of the Department of "Applied Geodesy, Nature Management and Water Use", Volgograd Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, 26 Universitetsky Avenue, Volgograd) PhD in Agriculture, tel. 8 (8442)41-81-53, e-mail: pustovalov-evgeniy@mail.ru.

Bocharnikov Victor Sergeevich, Professor of the Department of "Applied Geodesy, Nature Management and Water Use", Volgograd Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. 8 (8442)41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Professor of the Department of "Applied Geodesy, Nature Management and Water Use", Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. 8 (8442)41-17-84, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Denisova Maria Alekseevna, Associate Professor of the Department of "Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26) Ph. 8 (8442)41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-38

THE EFFECT OF INTRA-SOIL APPLICATION OF ANIMAL BY-PRODUCTS ON THE CARBON DIOXIDE CONTENT IN SOIL AIR

A. E. Novikov, S. Y. Semenenko, V. A. Motorin

*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sy_semenenko@vniioz.ru

Received 05.05.2023

Submitted 10.08.2023

The materials of the article are presented based on the results of research conducted with the grant support of the Administration of the Volgograd region (Agreement dated December 14, 2022) on the topic: "Theoretical and experimental studies of greenhouse gas emissions from various methods of introducing wastewater from livestock complexes with the development of equipment and technology to reduce it in the arid climate of the Volgograd region with an increase in fertility and productivity of irrigated lands"

Summary

The relevance and importance of the livestock industry in greenhouse gas emissions has been studied according to scientific publications. The results of experimental field studies in the conditions of a model small-scale vegetation experiment to study the dynamics of greenhouse gas content depending on the technology of multi-depth application of various types of cattle manure and liquid livestock effluents are presented.

Abstract

Introduction. The problem of the intensity of changes in the global climate situation has united many scientists in an effort to study the sources of this phenomenon and determine ways to reduce or slow down the processes that cause it in the chain «biosphere-region-production». **Object** The object of the

study is greenhouse gases, namely carbon dioxide, as the most massive of them, in animal by-products. **The aim of the work** is to obtain updated data on the dynamics of greenhouse gases (CO_2) in the soil profile during the layering of cattle manure and liquid livestock effluents. **Materials and methods.** The methodological basis of the research was the methods of system analysis, synthesis and theoretical provisions of reclamation science. The generally accepted adapted methods of theoretical, laboratory, field research with the use of modern scientific equipment, as well as mathematical and statistical methods of data processing were used. **Results and conclusions.** Under the conditions of a model vegetation field experiment, data were obtained on the significant influence of the depth of manure laying of varying degrees of "maturity" and the method of applying liquid livestock effluents on the volume of layered deposition of carbon dioxide. It is recommended to use the technology of intra-soil application of semi-ripened manure to a depth of 0.10 ... 0.25 m and liquid livestock effluents to a depth of 0.25 ... 0.30 m, providing an increase in the carbon content in the arable and sub-arable layers. The scientific and practical significance lies in obtaining new knowledge about the dynamics of greenhouse gases in the pedosphere with multi-depth intra-soil application of livestock effluents, their effective utilization with the provision of sanitary and hygienic and epidemiological requirements, increasing soil fertility and crop yields.

Key words: *livestock runoff, manure, carbon dioxide, subsurface application.*

Citation. Novikov A. E., Semenenko S. Ya., Motorin V. A. The effect of intra-soil application of animal by-products on the carbon dioxide content in soil air. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 371-384 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-38.

Author's contribution. All the authors of the study were directly involved in the planning, execution and analysis of the results of experimental studies.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.67:628.381

ВЛИЯНИЕ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В ПОЧВЕННОМ ВОЗДУХЕ

А. Е. Новиков, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник

В. А. Моторин, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Российская Федерация

Материалы статьи представлены по результатам исследований, проведенных при грантовой поддержке Администрации Волгоградской области (Соглашение от 14 декабря 2022 г.) на тему: «Теоретические и экспериментальные исследования эмиссии парниковых газов при различных способах внесения стоков животноводческих комплексов с разработкой техники и технологии её снижения в условиях аридного климата Волгоградской области с повышением плодородия и продуктивности орошаемых земель»

Актуальность. Проблема интенсивности изменения мировой климатической ситуации объединила многих ученых в стремлении изучить источники этого явления и определить пути снижения или замедления процессов, его вызывающих, в цепочке «биосфера-регион-производство». **Объект.** Объектом исследования являются парниковые газы, а именно диоксид углерода как наиболее массовый из них в побочных продуктах животноводства. **Целью** работы является получение актуализированных данных о динамике парниковых газов (CO_2) в почвенном профиле при послонном разноглубинном внесении навоза КРС и жидких животноводческих стоков. **Материалы и методы.** Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений мелиоративной науки. Использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследо-

ваний с применением современного научного оборудования, а также статистические методы обработки данных. **Результаты и выводы.** В условиях модельного вегетационного полевого опыта получены данные о существенном влиянии глубины укладки навоза разной степени «зрелости» и способа внесения жидких животноводческих стоков на объём послойного депонирования диоксида углерода. Рекомендованы к использованию технологии внутрипочвенного внесения полуперепревшего навоза на глубину 0,10...0,25 м и жидких животноводческих стоков на глубину 0,25...0,30 м, обеспечивающих депонирование содержания углерода в пахотном и подпахотном слоях. Научно-практическое значение работы заключается в получении новых знаний о динамике парниковых газов в педосфере при разноглубинном внутрипочвенном внесении полуперепревшего навоза и животноводческих стоков.

Ключевые слова: животноводческие стоки, навоз, диоксид углерода, внутрипочвенное внесение удобрений, побочные продукты животноводства.

Цитирование. Новиков А. Е., Семененко С. Я., Моторин В. А. Влияние внутрипочвенного внесения побочных продуктов животноводства на содержание диоксида углерода в почвенном воздухе. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 371-384. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-38.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов экспериментальных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Центральной темой многих научных исследований и публикаций, политических дискуссий и журналистских расследований на протяжении последних десятилетий является проблема глобального изменения климата. В соответствии с современными представлениями глобальное изменение климата связывается с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере, в значительной степени зависящих от результатов антропогенной деятельности человечества. В эту проблематику втянута и Россия, но, как нам кажется, исключительно по политическим мотивам, т.к. на сегодняшний день критической ситуации по суммарной «углеродной нейтральности», ввиду наличия большого массива лесов, в нашей стране не наблюдается.

Но Россия включилась в это направление, и в октябре прошлого года правительство утвердило Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Ее целью является достижение углеродной нейтральности с обеспечением устойчивого роста экономики. Необходимо разрабатывать и внедрять наукоёмкие технологии, позволяющие минимизировать техногенные воздействия на окружающую среду и увеличивать поглощение парниковых газов лесами и другими природными экосистемами, кроме того, необходимо перейти к сбору и переработке углекислого газа. Крупнейшие предприятия с выбросами свыше 150 тыс. т эквивалента углекислого газа в год начиная с 2022-го года обязаны предоставлять углеродную отчетность, поэтому в 2023 г. ожидаются первые результаты.

В Стратегии содержатся задачи по конкретным отраслям народного хозяйства и мероприятия по достижению заданных индикаторов, в том числе в АПК России. Здесь предполагается внедрение принципов точного земледелия, соблюдение норм и сроков внесения удобрений и агрохимикатов, использование технологий повышения урожайности в растениеводстве и продуктивности в животноводстве и др. Поставлена задача накопления углерода в пахотных землях, почвах лугов, пастбищ и залежей.

Многочисленными исследованиями (М. В. Глаголев и др., 2014) установлено, что климат Земли находится в постоянной динамике. И в доиндустриальный период наличие в атмосфере Земли парниковых газов естественного происхождения, таких как CO₂, CH₄, N₂O и O₃, обеспечивало динамическое существование парникового эффекта.

Интенсивные изменения климатической ситуации, инициирующие угрозу глобального потепления, основываются на так называемом «парниковом эффекте», результаты которого неблагоприятно сказываются на мировом хозяйстве. Данная проблема объединила многих ученых в стремлении изучить истоки этого явления и определить пути снижения или замедления процессов, его вызывающих. В связи с этим мировым научным сообществом поставлена задача объективной оценки углеродного и азотного балансов как отдельных производств, так и регионов и биосферы в целом. Решение данной задачи невозможно без изучения бюджетов углерода и азота наиболее типичных экосистем в различных природных зонах исходя из научного принципа познания «от частного к общему».

Несмотря на то, что подобные исследования во всем мире ведутся уже несколько десятилетий, в нашей стране лишь немногие исследовательские институты и отдельные ученые занимаются данной проблемой [5, 11, 15]. Существует ряд работ, посвященных эмиссии диоксида углерода из серых лесных и дерново-слабоподзолистых почв южно-таежной зоны России [1, 6].

Рост концентрации углекислого газа и метана – основной драйвер современного потепления. Во всем мире, и в России в том числе, повышаются среднегодовые температуры. Однако, территория нашей страны теплеет в 1,7 раза быстрее, чем мировая суша в целом на 0,49 градуса по Цельсию за десятилетие, отмечается в докладе Росгидромета (2022). Каждое десятилетие, начиная с 1981–1990 гг., в России теплее предыдущего, а из десяти самых теплых лет девять наблюдались в XXI веке. Для снижения рисков, связанных с изменениями климата, необходимо сокращать выбросы парниковых газов, подчеркивает Росгидромет. Для этого, помимо сокращения доли углеводородного топлива, «необходима ориентация на устойчивое сельское хозяйство, энерго- и ресурсоэффективную экономику».

Животноводство является одним из важных факторов изменения климата. Из-за особенностей пищеварения жвачные животные выделяют около 20 граммов метана на каждый килограмм съеденного корма. Таким образом, 1,5 млрд. обитающих на Земле коров влияют на климат так же, как 10 % выбросов от сжигания ископаемого топлива. Провизорные расчёты показали, что к 2030 г. 99% выбросов метана от всего его объема, выделяемого сельским хозяйством, придется на животноводство, при этом больше всего (85%) его выделяют жвачные животные [7, 8, 12, 14, 17].

Значительные объёмы парниковых газов заключены в буртах свежего и полуперепревшего навоза, складированных на прифермерских территориях, а также в жидких животноводческих стоках в прудах-накопителях, где они проходят процесс кантарирования и осветления. Сельскому хозяйству России для борьбы с климатическими изменениями необходимо, с одной стороны, обеспечить сокращение выбросов парниковых газов посредством инновационных сельскохозяйственных технологий и увеличения поглотителей углерода, с другой стороны, адаптироваться к негативным последствиям, используя потенциальные выгоды. Достигнуть поставленных целей позволит изменение методов ведения сельского хозяйства, а именно использование таких практик, как ресурсосберегающее земледелие, органическое и регенеративное или восстановительное сельское хозяйство. Решение проблемы необходимо начинать с проведения исследований содержания парниковых газов в плодородной оболочке Земли и разработки технологий, техники и орудий, обеспечивающих формирование углеродного баланса.

Исследователями [3, 7, 11, 15] установлено, что большая часть парниковых газов имеет биогенное бактериальное происхождение, поэтому его эмиссия в атмосферу полностью формируется потоками с земной поверхности, а именно с почвенной оболочки Земли, называемой «педосфера».

Провизорные расчёты показали, что к 2030 г. 99% выбросов метана от всего его объема, выделяемого сельским хозяйством, придется на животноводство, при этом больше всего (85%) его выделяют жвачные животные. Основные источники оксида азота (N_2O) связаны с растениеводством, в основном с внесением неорганических (минеральных) удобрений, пожнивными остатками и культивированием органических почв (гистосолов). Их доля к 2030 году составит 51% от всей эмиссии N_2O . Остальное связывается со складированием и хранением навоза (11%), с навозом на пастбищных угодьях (12%), внесением навоза для удобрения полей (16%) и непрямыми эмиссиями (10%). В целом в 2030 г. в объеме всех выбросов, не содержащих CO_2 парниковых газов, выделяемых сельским хозяйством, доля животноводства дойдет до 72%, если эмиссию от навоза, присутствующего на полях, также относить к отрасли животноводства. Растениеводство сгенерирует оставшиеся 28% выбросов, не содержащих CO_2 парниковых газов, часть из которых также связана с производством кормов для животноводства [3, 16, 17].

Сельскому хозяйству России для нивелирования негативного воздействия климатических изменений необходимо, с одной стороны, обеспечить сокращение выбросов парниковых газов посредством наукоёмких инновационных технологий с увеличением количества поглотителей углерода и их ёмкости, с другой стороны создать адаптивные к негативным последствиям технологии с эффективным использованием потенциальных выгод [2, 3].

Достигнуть поставленных индикаторов возможно при последовательном изменении методов ведения сельскохозяйственного производства, используя такие практические наработки, как ресурсосберегающее, почвозащитное орошаемое и органическое земледелие, регенеративное (восстановительное) сельское хозяйство [10].

Крупные животноводческие комплексы и птицеводческие фермы России, в количестве около 2300 единиц, считающиеся основными источниками парниковых газов, производят ежегодно до 1 млрд. m^3 навозосодержащих сточных вод.

Визуализированным восприятием продукции животноводства для потребителя являются мясо и молочные продукты, а невидимой побочной продукцией животноводства является свежий навоз, на каждый литр молока производится 4 кг экскрементов, на 1 кг свиного мяса – 11 кг, на 1 кг говядины – 30 кг. Применение подстилки из соломы или опилок увеличивает объём в 3 раза, а воды для гидросмыва до 10 раз. Анализ литературных источников показывает, что около 50 % получаемого в стране навоза не утилизируется, при этом потребности земледелия в органических удобрениях, как минимум, в два раза больше его годового выхода [2, 5, 11].

По оценке специалистов (Т. Н. Еременко и др., 1981), ежегодная упущенная выгода неэффективного использования ресурсов навоза и навозосодержащих стоков оценивается примерно в 165 млрд. рублей.

Неиспользованный навоз хранящийся в буртах, и жидкие стоки, хранящиеся в прудах-накопителях, становятся источником загрязнения почвы, воды, воздуха и являются серьезной санитарно-гигиенической и экологической проблемой, особенно в зонах действия крупных животноводческих ферм. Он же и важнейший источник возмож-

ного сохранения и восстановления плодородия почв. Почвы с высоким уровнем плодородия позволяют получать высокие урожаи и обеспечивают растениям противостояние неблагоприятным погодным условиям.

Учитывая современную направленность развития животноводства РФ, заключающуюся в создании крупных промышленных комплексов, а также их экологическое влияние на сопрягающие ландшафты, крайне важно надлежащим образом изучить прифермерские поля орошения в качестве возможного источника парниковых газов с точки зрения вклада педосферы в процесс глобального потепления климата и исследовать возможности различных технологий внесения животноводческих стоков, способных обеспечить «углеродную нейтральность».

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений мелиоративной науки. В работе использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследований, а также статистические методы обработки данных. Экспериментальные исследования проводились по общепринятым методикам. Газовый режим почвы складывается из следующих показателей: содержания воздуха в почве, его состава, аэрации и интенсивности выделения газов. Определения проводят каждые 15 дней или приурочивают к фазам развития растений. Одновременно проводились наблюдения за давлением и температурой воздуха и почвы.

Содержание парниковых газов на поверхности измерялось непосредственно в полевых условиях с применением метода камер, который является наиболее предпочтительным, поскольку его результаты позволяют получить более предметную фактическую информацию. Измерения на разных горизонтах почвы проводились с использованием мобильного, аттестованного органами сертификации РФ газоанализатора МАГ 6 П, современных приборов для измерения плотности почвы (пенетрометр 41010), температуры почвы на разных глубинах (термометр RGKCT-11), температуры и относительной влажности воздуха (термометр RGKTH-10), ареометра, методических указаний по выполнению научно-исследовательских работ при изучении вопросов использования сточных вод и стоков животноводческих комплексов на орошение, СанПиН и др.

В задачу исследований входили вопросы изучения влияния разноглубинного внесения навоза различной «спелости», поверхностного (способом дождевания) и внутрипочвенного (способом внутрипочвенного орошения) внесения подготовленных жидких животноводческих сточных вод и определение технологии, максимально отвечающей комплексным требованиям эффективности депонирования парниковых газов, повышения плодородия и обеспечения санитарно-гигиенических и эпидемиологических требований.

Опыт заложен по следующей схеме: – Фактор А (изучаемые культуры):– вариант А₁ – многолетняя трава; – вариант А₂ – озимая пшеница (рис.1); – Фактор В (технологии внесения животноводческих стоков и навоза) (рис. 2): – вариант В₁ – глубокое (0,30-0,45м) внесение свежего навоза (СВН) + орошение природной водой; – вариант В₂ – мелкое (0,10-0,25м) внесение свежего навоза (СВН) + орошение природной водой; – вариант В₃ – глубокое (0,30-0,45м) внесение полуперепревшего навоза (ППН) + орошение природной водой; – вариант В₄ – мелкое (0,10-0,25м) внесение полуперепревшего навоза (ППН) + орошение природной водой; – вариант В₅ – поверхностное внесение подготовленных животноводческих сточных вод (полив дождеванием); – вариант В₆ – внутрипочвенное внесение подготовленных животноводческих сточных вод (внутрипочвенный полив).

В качестве контроля приняты производственные посевы озимой пшеницы на полях ФГБНУ ВНИИОЗ города Волгограда.



Рисунок 1 – Модельный микроделяночный вегетационный опыт

Figure 1 – Model microplot vegetation experiment

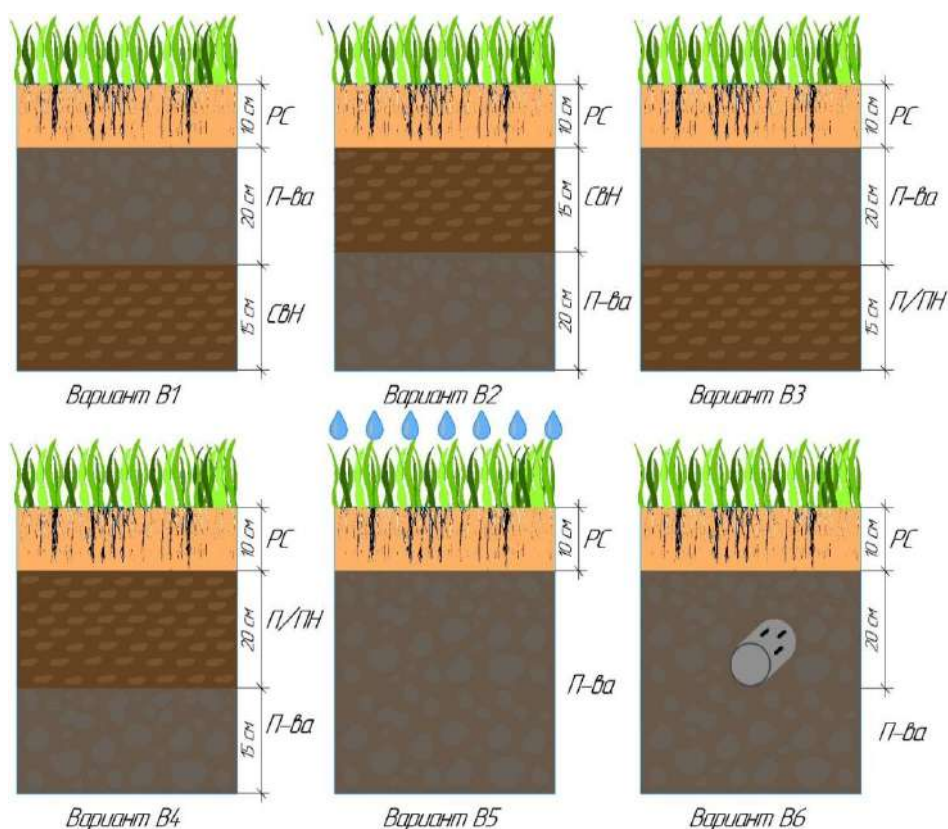


Рисунок 2 – Визуализированные схемы поперечного разреза внутрипочвенного расположения свежего и полуперепревшего навоза и способов внесения жидких

животноводческих стоков

Figure 2 – Visualized cross-sectional diagrams of the subsoil location of fresh and half-rotted manure and methods of applying liquid livestock waste

Результаты и обсуждение. Согласно исследованиям Д. Москуэра и др. (2007), и эмиссия, и сток парниковых газов из почв являются результатом различных микробиологических процессов, которые, в свою очередь, зависят от факторов определяющих рост и условия развития микроорганизмов. К таким факторам можно отнести газовый состав почвенного воздуха и содержание кислорода в нем, температуру почвы, влажность, плотность сложения, содержание минерального азота и органического вещества, а также pH.

Результатами многих экспериментов подтверждается, что различные агротехнологии, виды землепользования, агрохимические способы повышения плодородия почв и различные виды обработок почвы оказывают влияние на среду обитания микробиологических сообществ, тем самым усиливая воздействия на эмиссию или сток парниковых газов [1, 6, 7, 10].

Исследование содержания CO₂ на модельном мелкоделяночном вегетационном опыте проводилось при температуре воздуха 27,4 °C и относительной влажности воздуха 57 %. Замеры CO₂ в бурте хранения полуперепревшего навоза показали его содержание в 7,36 %. Исходное содержание CO₂ над поверхностью стоков в пруду-накопителе (лагуна) жидких животноводческих стоков составляло ≥10 % (предел измерения прибора).

При моделировании мелкоделяночного вегетационного опыта производилась послойная укладка минерального грунта с уплотнением до показателей плотности естественного сложения светло-каштановых почв – 1,2...1,4 т/м³.

При проведении исследований в течение всего вегетационного периода проводилась работа по определению химического состава стоков с отбором проб в местах, определенных методикой исследований. Химический состав навозных стоков, поступающих с комплекса, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Обобщённый химический состав навозных стоков, поступающих с комплекса
Table 1 – Generalized chemical composition of manure effluents coming from the complex

Показатели	Пределы колебаний, мг/л	Показатели	Пределы колебаний, мг/л
реакция pH	6,5 – 8,5	ХПК	60 – 13600
сухой остаток	1500 – 5300	БПК _{полн}	10 – 7500
взвешенные вещества	1240 – 14700	азот общий	100 – 500
хлориды	100 – 900	фосфор общий	30 – 180
сульфаты	20 – 800	нефтепродукты	0 – 25
калий	40 – 290	АПАВ	0,19 – 0,99
кальций	8 – 107	фенолы	0,0 – 15,0
магний	11 – 300	формальдегид	0 – 0,07
натрий	100 – 450	жироподобные	0 – 90

Химический состав животноводческих сточных вод зависит от возраста животных, рациона кормления животных, способа их содержания, способа удаления и сроков хранения навоза. Некоторая стабилизация химического состава наблюдается в прудах – накопителях после шестимесячного отстаивания. Эти стоки в дальнейшем, после необходимого разбавления, используются для внесения с помощью мобильных агрегатов или различными способами полива [8].

Плотность сложения – важный показатель при изучении воздуха почвы. Использование большинства агротехнологий включает в себя борьбу с высокими показателями плотности сложения почв, однако некоторые способы обработки почвы, использование тракторов, сеялок и комбайнов приводят к увеличению плотности сложения почв и, как следствие, к снижению аэрации, особенно во влажных почвах. Снижение плотности сложения почвы может приводить к более низким рискам денитрификации и эмиссии закиси азота, а также к снижению рисков эмиссии метана.

Проведенные исследования показывают, что на паровом поле без применения изучаемых технологий плотность почвы изучаемого слоя 0,0...0,2 м составляет 1,31, а слоя 0,2...0,4 м 1,38 т/м³ (рис. 3).



Рисунок 3 – Исследование температуры и плотности почвы по вариантам
Figure 3 – Study of soil temperature and density by variants

Температура почвы и её распределение зависит от климата, рельефа, растительного и снежного покрова, тепловых свойств почвы и, как показали настоящие исследования, от технологий внесения стоков.

Послойная разноглубинная укладка навоза и способы внесения жидких стоков оказали специфическое влияние на температуру почвы (рис. 4).

Графики показывают наличие температурных «всплесков» на глубинах укладки и снижение плотности на тех же глубинах. При температуре воздуха на высоте 1,5 м 26,7 °С, температура слоя 0,00...0,10 м изменялась от 18,6 до 22,7 °С, а слоя 0,20...0,40 м – от 15,9 до 16,8 °С в зависимости от варианта внесения стоков и навоза.

Внутрипочвенное внесение органического вещества в почву влияет на тепловой режим почв, т.е. на совокупность и последовательность всех явлений поступления, перемещения, аккумуляции и расхода тепла в почве во времени. Основным показателем теплового режима является температура почвы (на разных глубинах почвенного профиля). При увеличении температуры с 5 до 30 °С интенсивность поглощения О₂ и выделения СО₂ возрастает в 10 раз. Почва стабилизирует внутреннюю температуру, чем глубже, там выше уровень стабилизации.

На вариантах В₅ и В₆ чередование циклов увлажнения и высыхания почв приводит к усилению процессов нитрификации, а заполнение порового пространства почв водой примерно на 60 % с высокой вероятностью приводит к увеличению эмиссии газов из почв (таблица 2). При этом на варианте В₅ почвенный воздух вытесняется вниз по профилю и значительная его часть заземляется, а на варианте В₆ воздух выдавливается к поверхности почвы при подаче стоков. Эвапотранспирация и дыхание растений, а также постоянный газообмен между атмосферным и почвенным воздухом изменяют состав почвенного воздуха. Главная роль в газообмене принадлежит механизму диффузии – перемещению газов в соответствии с их парциальным давлением. Поскольку в почвенном воздухе О₂ меньше, а СО₂ больше, чем в атмосфере, то под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления О₂ в почву и выделения СО₂ в атмосферу.

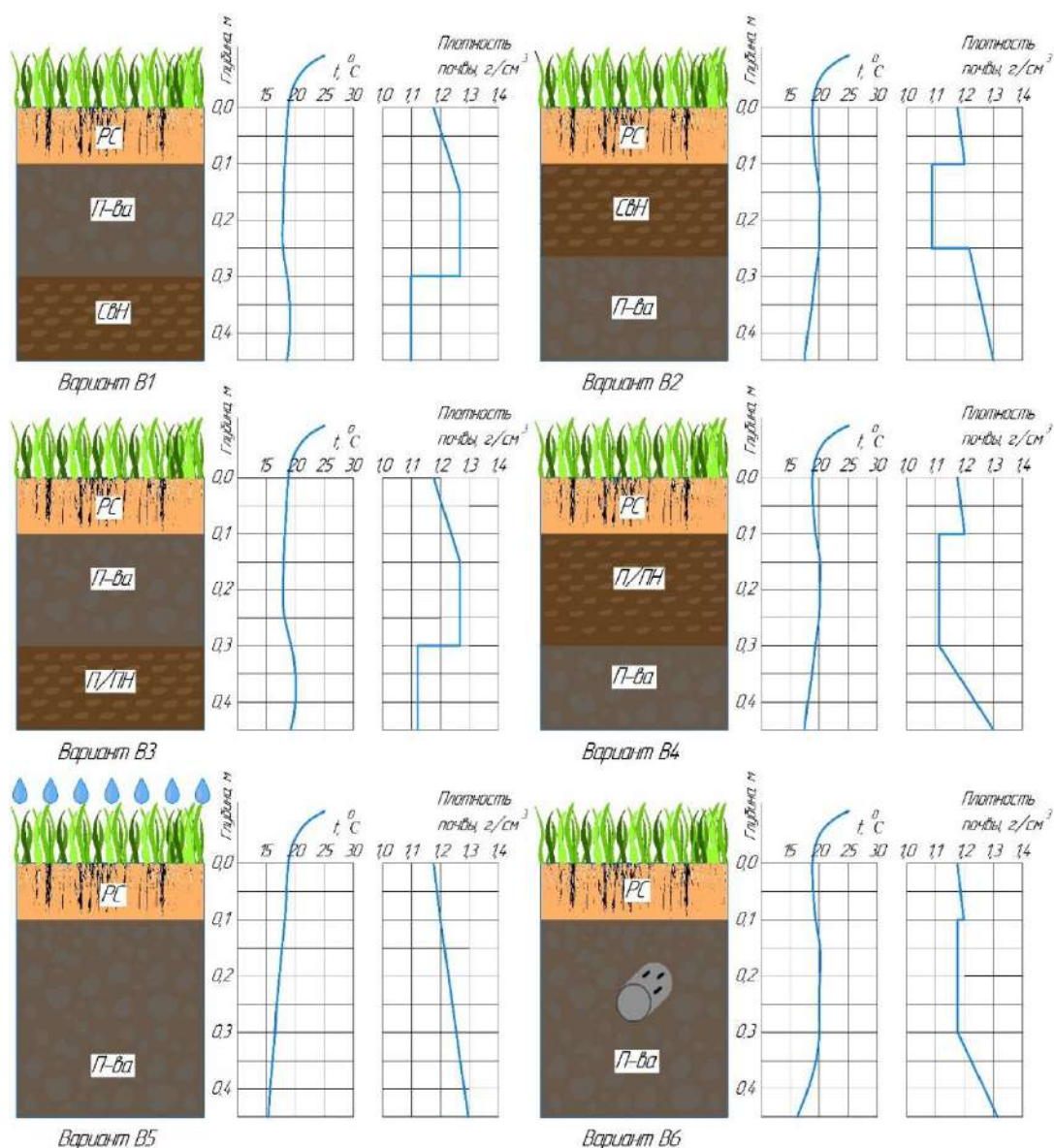


Рисунок 4 – Взаимозависимость плотности почвы и температуры с технологией укладки навоза и внесения стоков

Figure 4 – Interdependence of soil density and temperature with the technology of laying manure and introducing wastewater

Поэтому, если препятствовать увеличению доли пор почвы, занятых водой, то можно минимизировать потенциально возможные эмиссии. Увеличение доли пор в почве, занятых водой до 60 %, приводит, как правило, к увеличению эмиссии углекислого газа.

Динамическим компонентом почвенного воздуха является углекислый газ, который создаётся в почве главным образом благодаря биологическим процессам. Частично он может поступать из грунтовых вод, а также в результате его десорбции из твердой и жидкой фаз почвы. Некоторое количество CO_2 может возникать при превращении бикарбонатов в карбонаты во время испарения почвенных растворов и в процессе воздействия кислот на карбонаты почвы, а также химического окисления органического вещества. Высокое содержание его в почве ($> 3\%$) отрицательно действует на семена, угнетает развитие растений и снижает урожай. Однако CO_2 необходим для фотосинтеза (установлено, что 38...72 % CO_2 доставляется растению из почвенного воздуха).

Регулирование воздушного режима почв достигается агротехническими и мелиоративными приемами.

Применяются такие мероприятия по обеспечению нормального газообмена, как разрушение почвенной корки и поддержание поверхности почвы в рыхлом состоянии путем глубокой вспашки, боронования, культивации, рыхления междурядий в период вегетации.

Таблица 2 – Послойное содержание углекислого газа по вариантам опыта, %

Table 2 – Layer-by-layer carbon dioxide content by experiment options, %

Вариант опыта	Слой почвы, м	Температура, °С	Содержание CO ₂ , %
Контроль, озимая пшеница	Поверхность	21,6	0,19
	0,00...0,20	17,7	0,32
	0,20...0,40	16,8	0,09
В ₁	Поверхность	19,5	0,35
	0,00...0,10	16,7	0,85
	0,10...0,20	16,5	0,64
	0,20...0,45	18,2	0,72
В ₂	Поверхность	18,3	0,61
	0,00...0,10	19,7	0,99
	0,10...0,25	20,0	1,05
	0,25...0,45	14,7	1,54
В ₃	Поверхность	18,7	0,45
	0,00...0,10	18,4	0,92
	0,10...0,30	16,7	1,12
	0,30...0,45	19,9	1,52
В ₄	Поверхность	19,0	0,91
	0,00...0,10	19,7	1,35
	0,10...0,30	20,0	1,67
	0,30...0,45	16,4	1,59
В ₅	Поверхность	18,5	2,97
	0,00...0,10	18,0	2,69
	0,10...0,45	15,3	2,00
В ₆	Поверхность	18,3	0,54
	0,00...0,10	19,5	2,12
	0,10...0,45	20,0	2,38

Анализ полученных данных указывает на отсутствие значимых закономерностей в распределении CO₂ по слоям почвы, что обусловливается чувствительностью микробиологической деятельности почвенных бактерий к внешним и внутренним факторам среды. Однако необходимо отметить, что глубокое, 0,20...0,45 м, заложение СВН и П/ПН не показало заметного увеличения CO₂, что необходимо связать с температурой нижних слоёв почвы. Мелкое заложение несколько активизировало выработку углекислого газа на фоне более высоких температур. Более активно процесс выделения газа наблюдался при поверхностном внесении жидких стоков, который был замечен на всей глубине промачиваемого слоя, при этом его концентрация доходит до уровня ПДК, что делает этот вариант опасным к применению. Внутрипочвенное внесение, когда верхний слой почвы (3...5 см) не увлажняется, обеспечило максимальную биологическую активность в толще от 0,10 м, что можно объяснить периодами увлажнения-иссушения данной зоны, что провоцирует повышение активности микроорганизмов. В ходе исследования метан не обнаружился.

Заключение. В процессе исследования проведён анализ научных результатов по данной тематике, как в зарубежных, так и в отечественных научных источниках. Следует отметить, что мировое научное сообщество крайне обеспокоено усилением эмиссии и уменьшением стока парниковых газов в сельскохозяйственном производстве. Исследование проблематики и опыта использования навоза и жидких животноводческих стоков в сельскохозяйственном про-

изводстве РФ указывает на недостаточность научного обоснования и, таким образом, наукоёмких технологий в вопросе использования и утилизации животноводческих стоков без негативного влияния на окружающую среду.

В рамках проведённого модельного мелкоделяночного вегетационного полевого опыта рекомендуются к внедрению технологии внутрипочвенного внесения полуперепревшего навоза на глубину 0,10...0,25 м и внутрипочвенного внесения жидких животноводческих стоков на глубину 0,25...0,30 м, обеспечивающих депонирование углерода в пахотном слое, повышение плодородия почв и экологическую защиту окружающей среды.

Conclusions. In the course of the research, the analysis of scientific results on this topic was carried out, both in foreign and domestic scientific sources. It should be noted that the world scientific community is extremely concerned about the increased emission and reduction of greenhouse gas runoff in agricultural production. The study of the problems and experience of the use of manure and liquid livestock effluents in the agricultural production of the Russian Federation indicates the insufficiency of scientific justification and, thus, high-tech technologies in the use and disposal of livestock effluents without a negative impact on the environment.

Within the framework of the conducted model small-scale vegetation field experience, a recommendation is made to introduce the technology of intra-soil application of semi-ripened manure to a depth of 0.10...0.25 m and intra-soil application of liquid livestock effluents to a depth of 0.25...0.30 m, providing carbon deposition in the arable layer, increasing soil fertility and environmental protection.

Библиографический список

1. Агробиологическое испытание многолетних бобовых трав в условиях орошения юга России / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Е. И. Молоканцева, О. В. Головатюк // Орошаемое земледелие. 2022. № 1 (36). С. 53-58.
2. Ахметшина Л. Г. Возможности российского сельского хозяйства в снижении выбросов парниковых газов и адаптации к климатическим изменениям // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 4-1. С. 5-14. <https://vael.ru/ru/article/view?id=2129>.
3. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37-43.
4. Карелин Д. В., Цымбарович П. Р. Зависимость микробиологической активности и химических характеристик почвы от топографической позиции на старопахотных участках черноземной лесостепи // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86. № 1. С. 134-150.
5. Околелова А. А., Егорова Г. С., Нефедьева Е. Э. Химические свойства почв сельскохозяйственных угодий «Горной Поляны» // Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 84-88.
6. Основная обработка почв: роль в формировании физических свойств почвы и влияние на эмиссию закиси азота из серых лесных почв / Н. П. Бучкина, С. И. Зинченко, Я. Е. Рижия, С. В. Павлик, Р. Хорн, Е. В. Балашов // Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные положения и перспективы: сборник научных трудов Международной научной конференции, посвящённой 90-летию со дня рождения Анатолия Даниловича Воронина. 2019. С. 394-397.
7. Петрунина И. В., Горбунова Н. А. (2022). Системные меры по снижению выбросов парниковых газов в животноводческих хозяйствах. Обзор // Пищевые системы. 2022. № 5 (3). С. 202-211.
8. Результаты лабораторных испытаний опытных образцов энзимного препарата для очистки сточных вод свиного комплекса / В. И. Титова, Е. Ю. Гейгер, Э. Т. Аюпджанян [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2018. № 3. С. 61-65.
9. Семененко С. Я. Орошение животноводческими сточными водами (с основами проектирования). Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. 176 с.
10. Система мониторинга агрофизического состояния почв в Северо-Западном регионе России / С. В. Павлик, Е. В. Балашов, Н. П. Бучкина [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 6-8.
11. Федоров Ю. А., Сухоруков В. В., Трубник Р. Г. Аналитический обзор: эмиссия и поглощение парниковых газов почвами // Экологические проблемы. Антропогенная трансформация природной среды. 2021. Т. 7. № 1. С. 6-34.

12. Antmounds alter spatial and temporal patterns of CO₂, CH₄ and N₂O emissions from a marsh soil / H. Wu [et al.] // *Soil Biol. Biochem.* 2013. V. 57. Pp. 884–891.
13. Eugene M., Klumpp K., Sauvant S. Methane mitigating options with forages fed to ruminants // *Grass Forage Science*. 2021. No 76 (2). P. 196–204. <https://doi.org/10.1111/gfs.12540>
14. Garkusha D. N., Sukhorukov V. V. Methane Emissions by Reed Formations on the Azov Sea Coast // *OnLineJournal of Biological Sciences*. 2019. No 4. Pp. 286–295.
15. Lindsey R. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide 2019. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>.
16. Soil greenhouse gas emissions under different land-usetypes in savanna ecosystems of Kenya / Sheila Wachiye, Lutz Merbold, Timo Vesala, Janne Rinne, Matti Räsänen, Sonja Leitner and Petri Pellikka // *Biogeosciences*. 2019. P. 17.
17. Ungerfeld E. M., Beauchemin K. A., Muñoz C. (2022). Current perspectives on achieving pronounced enteric methane mitigation from ruminant production // *Frontiers in Animal Science*. 2022. V. 2. Article 795299. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.795200>

References

1. Agrobiological testing of perennial legumes under irrigation conditions in the South of Russia / T. N. Dronov, N. I. Burtseva, E. I. Molokantseva, O. V. Golovatyuk // *Irrigated agriculture*. 2022. № 1 (36). Pp. 53-58. <https://doi.org/10.35809/2618-8279-2022-1-2>.
2. Akhmetshina L. G. The possibilities of Russian agriculture in reducing greenhouse gas emissions and adapting to climate change // *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2022. № 4-1. P. 5-14. <https://vaael.ru/ru/article/view?id=2129>.
3. Bryukhanov A. Yu., Vasiliev E. V., Shalavina E. V. Problems of ensuring the environmental safety of animal husbandry and the best available methods for solving them // *Regional ecology*. 2017. № 1 (47). Pp. 37-43.
4. Karelin D. V., Tsymbarovich P. R. Dependence of microbiological activity and chemical characteristics of the soil on the topographic position in the old land areas of the black earth forest-steppe // *Izvestia of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical*. 2022. V. 86. № 1. P. 134-150.
5. Okolelova A. A., Egorova G. S., Nefedyeva E. E. Chemical properties of soils of agricultural land "Gornaya Polyana" // *Innovative approaches to the development of sustainable agricultural and food systems: materials of the International Scientific and Practical Conference*. Volgograd, 2022. Pp. 84-88.
6. Main soil treatment: role in the formation of physical soil properties and influence on the emission of nitrous oxide from gray forest soils / N. P. Buchkin, S. I. Zinchenko, Y. E. Rigia, S. V. Pavlik, R. Horn, E. V. Balashov // *Fundamental concepts of soil physics: development, modern positions and prospects: a collection of scientific works of the International Scientific Conference dedicated to the 90th anniversary of the birth of Anatoly Danilovich Voronin*. 2019. Pp. 394-397.
7. Petrunina I. V., Gorbunova N. A. Systemic measures to reduce greenhouse gas emissions in livestock farms. Overview // *Food systems*. 2022. № 5 (3). Pp. 202-211.
8. Results of Laboratory Tests of Experimental Samples of Enzyme Preparation for Treatment of Pig Complex Wastewater / V. I. Titova, E. Yu. Geiger, E. T. Hakobjanyan [et al.] // *Theoretical and Applied Problems of APK*. 2018. № 3. Pp. 61-65.
9. Semenenko S. Ya. Irrigation with livestock wastewater (with design basis). Volgograd: Volgograd GAU, 2017. 176 p.
10. System for monitoring the agrophysical state of soils in the North-West region of Russia / S. V. Pavlik, E. V. Balashov, N. P. Buchkina [et al.] // *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2017. № 4. Pp. 6-8.
11. Fedorov Yu. A., Sukhorukov V. V., Trubnik R. G. Analytical review: emission and absorption of greenhouse gases by soils // *Environmental problems. Anthropogenic transformation of the natural environment*. 2021. V. 7. № 1. Pp. 6-34.
12. Antmounds alter spatial and temporal patterns of CO₂, CH₄ and N₂O emissions from a marsh soil / H. Wu [et al.] // *Soil Biol. Biochem.* 2013. V. 57. Pp. 884–891.
13. Eugene M., Klumpp K., Sauvant S. Methane mitigating options with forages fed to ruminants // *Grass Forage Science*. 2021. No 76 (2). P. 196–204. <https://doi.org/10.1111/gfs.12540>
14. Garkusha D. N., Sukhorukov V. V. Methane Emissions by Reed Formations on the Azov Sea Coast // *OnLineJournal of Biological Sciences*. 2019. No 4. Pp. 286–295.

15. Lindsey R. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide 2019. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmo-spheric-carbon-dioxide>.

16. Soil greenhouse gas emissions under different land-usetypes in savanna ecosystems of Kenya / Sheila Wachiye, Lutz Merbold, Timo Vesala, Janne Rinne, Matti Räsänen, Sonja Leitner and Petri Pellikka // Biogeosciences. 2019. P. 17.

17. Ungerfeld E. M., Beauchemin K. A., Muñoz C. (2022). Current perspectives on achieving pronounced enteric methane mitigation from ruminant production // Frontiers in Animal Science. 2022. V. 2. P. 795299. <https://doi.org/10.3389/fanim.2021.795200>.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 40002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), телефон 8(8442)60-24-39, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8051-4786>, e-mail: vnioz@yandex.ru

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 40002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), телефон 8(961)-068-52-07, ORCID:<https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemnenko@list.ru

Моторин Вадим Андреевич, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (РФ, 40002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), телефон 8(8442)60-24-39, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2856-3780>, e-mail: vnioz@yandex.ru

Authors Information

Novikov Andrey Evgenievich, Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» (Russia, 40002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), phone 8(8442)60-24-39, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-8051-4786>, e-mail: vnioz@yandex.ru

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» (Russia, 40002, Volgograd, ul. Timiryazeva, 9), phone 8(961)-068-52-07, ORCID:<https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemnenko@list.ru

Motorin Vadim Andreevich, Doctor of Technical Sciences, senior researcher, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» (Russia, 40002, Volgograd, 9 Timiryazeva str.), phone 8(8442)60-24-39, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2856-3780>, e-mail: vnioz@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-39

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE VITAMIN COMPOSITION OF GLUTEN-FREE PASTA MADE ON THE BASIS OF DOMESTIC RAW MATERIALS

A. B. Abuova, A. I. Kabylda, N. M. Kerimbekova, Zh. Z. Urazbayev, A. S. Kazhibekova

*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of
Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: a.abuova@rpf.kz

The research was carried out within the framework of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023 BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry"

Received 15.05.2023

Submitted 12.08.2023

Summary

In order to compare the vitamin composition of gluten-free pasta from corn, chickpea, buckwheat, rice flour, it can be concluded that the presence of a complex of nutritional components in the pasta has an impact on the quality and nutritional value of pasta. the value of the product.

Abstract

Introduction. The article discusses the results of a comparison of the vitamin content of gluten-free pasta made with non-traditional ingredients like rice, corn, chickpeas, and buckwheat flour. **Object.** During the investigation, it was discovered that the quality of gluten-free pasta developed from corn, chickpeas, buckwheat, rice, and wheat flour is equivalent to the requirements of regulatory and technical documents. **Materials and methods.** For the purpose of comparing the vitamin composition of gluten-free pasta made from corn, chickpeas, buckwheat, rice flour, it can be concluded that the presence of a complex of nutritious components in the pasta has an effect on the quality and nutritional value of the product. **Results and conclusions.** Celiac disease is a chronic condition that is triggered by a genetic predisposition coupled with an intolerance to the gluten protein found in certain cereals, including wheat, rye, barley and oats. This is distinguished by the presence of 6y-xyglutinous gliadin. In the diets of children and adults with gluten-related disorders, special gluten-free products are recommended: these are derived from gluten-free components: buckwheat, corn, chickpea, rice starch, etc. This is how it's crucial to determine and compare the relative vitamin content of gluten-free pasta, which is recommended to be eaten by people. These metrics demonstrate that they augment the qualitative composition of pasta products derived from a new recipe.

Key words: *pasta, non-traditional raw materials, gluten-free products, functional nutrition, vitamin composition, formulation, nutritional value.*

Citation. Abuova A. B., Kabylda A. I., Kerimbekova N. M., Urazbayev Zh. Z., Kazhibekova A. S. comparative analysis of the vitamin composition of gluten-free pasta made on the basis of domestic raw materials. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. 3(71). 384-394 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-39.

The author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 664.69

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИТАМИННОГО СОСТАВА БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ

А. Б. Абуова, доктор сельскохозяйственных наук

А. И. Кабылда, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. М. Керимбекова, магистрант наук

Ж. З. Уразбаев, доктор технических наук

А. С. Кажыбекова, магистрант технических и технологических наук

Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности"
г. Астана, Казахстан

Исследования проводились в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности»

Актуальность. В статье обсуждаются результаты сравнения содержания витаминов в безглютеновых макаронах, изготовленных из нетрадиционных ингредиентов, таких как рис, кукуруза, нут и гречневая мука. **Объекты.** В ходе исследования установлено, что по показателям содержания витаминов качество безглютеновых макаронных изделий, полученных из кукурузы, нута, гречихи, риса, соответствует требованиям нормативно-технических документов. **Материалы и методы.** Целиакия – это хроническое заболевание, вызванное пищевой аллергией.

ей на глютен, белок, который присутствует в некоторых злаках включая пшеницу, рожь, ячмень и овес. Отличается наличием вредного β -глютена. В рационах детей и взрослых с глютенной болезнью рекомендуются специальные безглютеновые продукты, полученные из безглютеновых ингредиентов: гречка, рис, кукурузная мука, нут, рисовый крахмал и др. **Результаты и выводы.** С целью сравнения витаминного состава безглютеновых макаронных изделий из кукурузной, нутовой, гречневой, рисовой муки можно сделать вывод, что наличие комплекса питательных компонентов в составе макаронных изделий оказывает влияние на качество и питательную ценность макаронных изделий, ценность продукта. Вот почему так важно определить и сравнить относительное содержание витаминов в безглютеновых макаронах, которые рекомендуются людям. Эти показатели демонстрируют, что они способствуют повышению качества макаронных изделий, созданных по новому рецепту. С целью сравнения витаминного состава безглютеновых макаронных изделий из кукурузной, нутовой, гречневой, рисовой муки можно сделать вывод, что наличие комплекса питательных компонентов в составе макаронных изделий оказывает влияние на качество и питательную ценность макаронных изделий. ценность продукта.

Ключевые слова: макаронные изделия, нетрадиционное сырье, безглютеновые продукты, функциональное питание, витаминный состав, рецептура макаронных изделий, пищевая ценность макаронных изделий.

Цитирование. Абуова А. Б., Кабылда А. И., Керимбекова Н. М., Уразбаев Ж. З., Кажыбекова А. С. Сравнительный анализ витаминного состава безглютеновых макаронных изделий, изготовленных на основе отечественного сырья. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 384-394. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-39.

Вклад автора. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время ассортимент продуктов питания, доступных в Казахстане для лиц с генетическими или аллергическими заболеваниями, ограничен и не имеет широкого распространения. Из всех подобных заболеваний, целиакия имеет отчетливую связь с конкретным состоянием. Хотя исследования глютенной болезни ранее были ограничены, диагностика выявила ее широкую распространенность во всем мире. Кроме того, было обнаружено, что целиакия может передаваться в разных возрастных группах, в первую очередь от детей младшего возраста, как к взрослым, так и к пожилым [6, 11, 15].

Целиакия – заболевание, имеющее как хронический, так и прогрессирующий характер. Оно отличается отсутствием ответа на регулярную диетическую терапию, требуя вместо этого постоянного исключения из рациона продуктов, полученных из пшеницы, ржи и ячменя. Сюда входят хлеб, мука, макаронные изделия, сладости, колбасы и другие продукты [5, 8]. Диета, которая в значительной степени связана с глютенной болезнью, – это диета, которая снижает потребление белков, углеводов, жиров, витаминов и минералов по сравнению со стандартными физиологическими уровнями, тем самым увеличивая питательную ценность энергии. Хотя эта диета не запрещает потребление мучных изделий, она требует, чтобы вся пшеничная, ржаная и ячменная мука была полностью заменена безглютеновыми заменителями [7, 10]. Сегодня во все возрастающем количестве производятся специализированные пищевые продукты с ингредиентами, которые нельзя употреблять в пищу по медицинским показаниям (например, аллергены, специфические белки, полисахариды и т. д.). Безглютеновые продукты считаются частью пищевой промышленности [14, 19]. Глютеновый компонент клейковины злаков состоит из нерастворимых белков, со-

державших липиды, сахара, минералы и белок, который образует комплекс с водой. Многие зерна содержат от 7 до 16% белка [13, 18]. Белки цельного зерна состоят из четырех компонентов: альбуминов, глобулинов, проламинов и глютеинов. Последние два компонента называются «глютеином» [9, 16].

Чтобы оценить их потенциальное включение в рецепты пасты, в этом исследовании мы изучили содержание витаминов в кукурузе, гречке, нуте и рисе [17].

Кукурузная мука состоит из различных видов муки, которые полезны для организма, так как содержат множество необходимых витаминов и минералов. Присутствие кальция, калия, магния и железа, а также витаминов В и РР вносит свой вклад в преимущества, связанные с кукурузной мукой. Кукурузная мука не только помогает пищеварению, но также поддерживает метаболические процессы и способствует полной детоксикации организма [1, 12]. Рисовая мука содержит полноценный источник белка с разнообразным набором аминокислот, а также натрия, калия, магния, фосфора, цинка и витамины В1, В2, В3 и В6. Обилие природных микроэлементов, витаминов и минералов делает рисовую муку ценным дополнением к рациону питания людей всех возрастов. Нутовая мука отличается высоким содержанием белка, на долю которого приходится до 75% водорастворимых белковых фракций от общей массы. Кроме того, концентрация лизина в аминокислотном составе белка нута вдвое выше, чем в белке пшеницы [2-4].

Материалы и методы исследования. При выполнении исследовательских работ на основе утвержденных задач были использованы общепринятые методы исследования. Все исследования повторялись несколько раз и обрабатывались статистически. В экспериментальной части приведены средние значения показателей.

- Образец №1 – безглютеиновая паста из гречневой муки.
- Образец №2 – паста без глютеина, приготовленная из риса и кукурузной муки.
- Образец №3 – это паста без глютеина, приготовленная из муки из нута.

Образцы макаронных изделий без глютеина, изготовленные из муки 1, 2 и 3 различных видов, произведены в лаборатории ТОО «Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности» Астанинского филиала, упакованы в пакеты массой 400 г. Срок хранения составляет 2 месяца (рисунок 1).

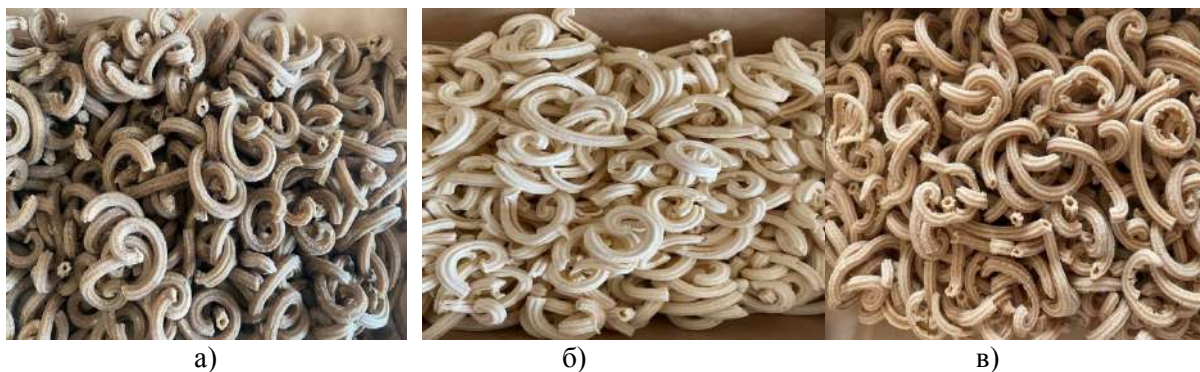


Рисунок 1 – а) Образец №1, б) Образец №2, в) Образец №3
Figure 1 – a) Sample No. 1, b) Sample No. 2, c) Sample No. 3

Первый шаг к улучшению структуры ассортимента макаронных изделий – добавление нетрадиционного сырья в простой рецепт. Разработана рецептура макаронных изделий с добавлением в лабораторных условиях нетрадиционного сырья, богатого витаминами. Согласно рецептуре, в первый образец была добавлена рисовая мука, во второй – кукурузная мука, в третий – гречневая мука, в четвертый – мука из нута. В последнем пятом образце были добавлены кукурузная и рисовая мука, а также смесь ку-

курузной и нутовой муки. Качество изготовленных образцов определяется ГОСТ 31743-2012 "Макаронные изделия. Технологические условия" оценивались по образцу контроля, составленному в соответствии с требованиями стандарта. Также для анализа содержания витаминов в предложенных для исследования образцах был использован метод «высокоэффективной жидкостной хроматографии» [20].

Результаты исследования и анализ. В данной исследовательской работе проведен сравнительный анализ взаимосвязанных витаминных составов гречневой, кукурузной, рисовой и нутовой муки и макаронных изделий (изготовленных из гречки, риса и кукурузы и нута), изготовленных на основе этого сырья. Этапы исследования проводились в январе-марте 2023 года на лабораторной базе Казахского научно-исследовательского института переработки и питания, а также на лабораторной базе Алматинского технологического университета.

Витаминный состав макаронных изделий из гречневой муки. Результаты представлены на рисунке 2.

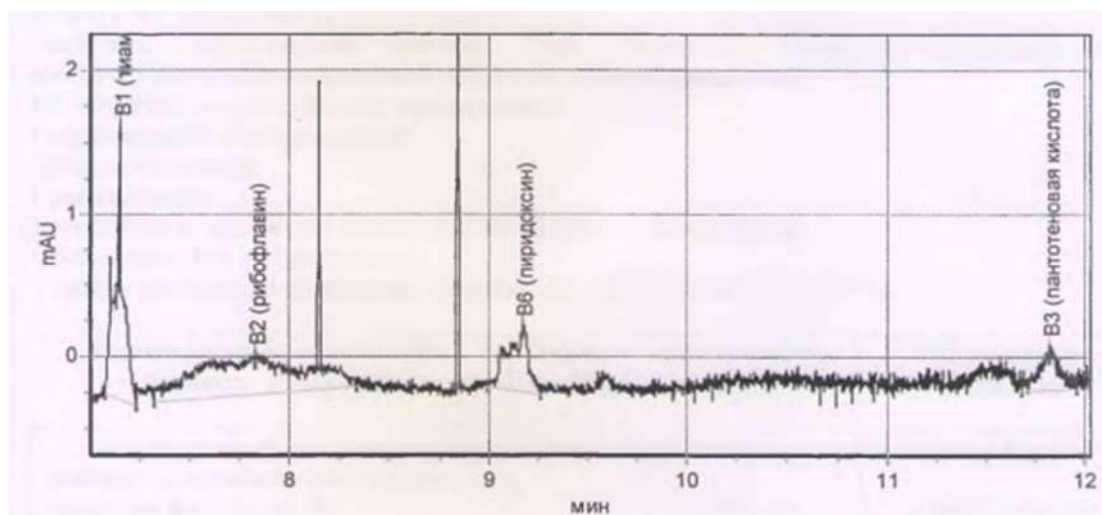


Рисунок 2 – Витаминная массовая доля макаронных изделий из гречневой муки, %.

Figure 2 – Vitamin mass fraction of buckwheat flour pasta, %.

Из рисунка 2 видно, что в составе макаронных изделий, изготовленных из гречневой муки 1-го образца, выявлено высокое содержание витаминов B1, B2, B3, B6. Среди них витамин B1 показал высокий показатель.

Таблица 1 – Показатели роста витаминного содержания образца 1-го исследования

Table 1 – Indicators of the growth of the vitamin content of the sample of the 1st study

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г
1	7,153	B1(тиамин хлорид)	1,911	7,073	7,230	49,86	0,19±0,038
2	7,827	B2 (рибофлавин)	0,270	7,320	8,333	110,4	0,35±0,147
3	9,173	B6 (пиридоксин)	0,462	8,990	9,260	32,27	0,072±0,014
4	11,820	B3 (кислота пантотен)	0,281	11,682	11,960	21,89	0,17±0,034

В таблице 1 показатели роста массовой доли в определении витаминного состава гречневой муки.

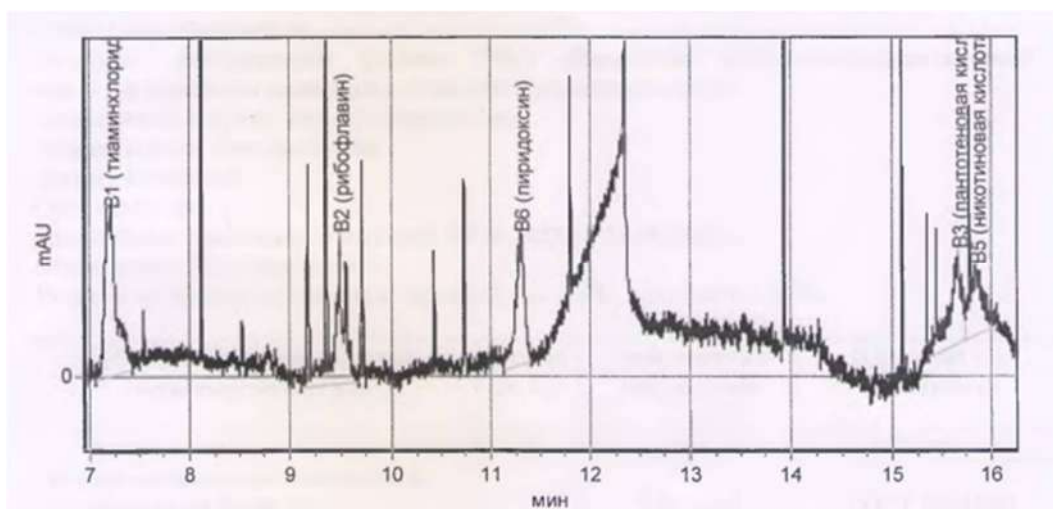


Рисунок 3 – Массовая витаминная доля продукта из рисовой и кукурузной муки, %.

Figure 3 – Mass vitamin fraction of rice and corn flour product, %.

На рисунке 3 относительно легко увидеть, что макаронные изделия, изготовленные в присутствии рисовой и кукурузной муки, содержат витамины B1, B2, B3, B5 и B6 на диаграмме хроматографии, где максимальный показатель B1 составляет 0,387, самый низкий показатель B5 – никотиновая кислота 0,148.

Таблица 2 – Показатели роста витаминного состава массового образца 2-го исследования

Table 2 – Growth indicators of the vitamin composition of the mass sample of the 2nd study

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г
1	7,215	B1(тиаминхлорид)	0,387	7,067	7,435	33,2	0,13±0,026
2	9,490	B2 (рибофлавин)	0.349	9,110	9,677	40,27	0,13±0,055
3	11,302	B6 (пиридоксин)	0,305	11,130	11,402	20,55	0,046±0,009
4	15,662	B3 (кислота пантотена)	0,200	15,367	15,747	19,21	0,15±0,03
5	15,860	B5 (кислота никотина)	0,148	15,747	16,060	16,14	0,031±0,006

Хроматографические определения показателей витаминной массовой доли и роста модели исследования № 3 приведены ниже.

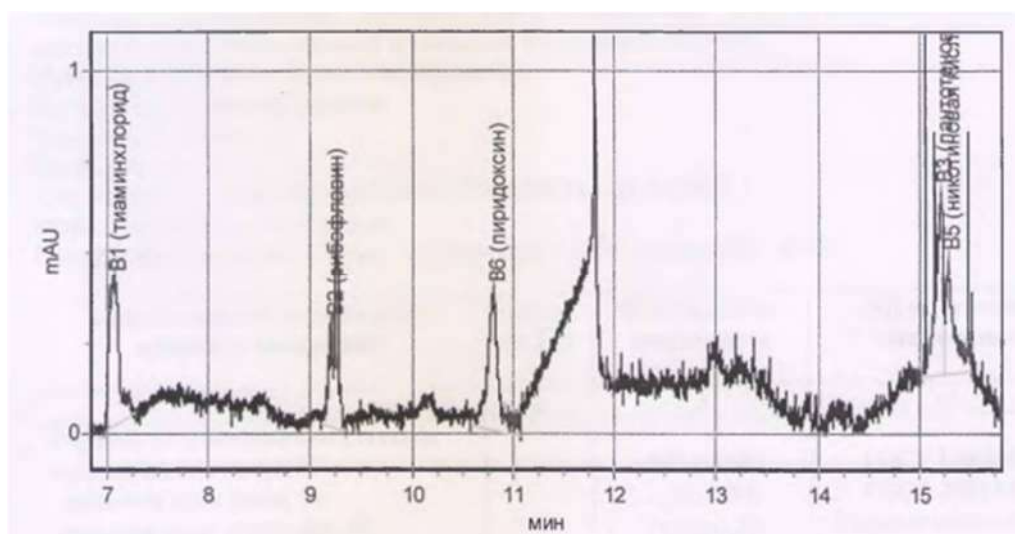


Рисунок 4 – Витаминная массовая доля макаронных изделий, приготовленных из муки из нута, %

Figure 4 – Vitamin mass fraction of pasta made from chickpea flour, %

Как показано на рисунке 4, в составе макаронных изделий, приготовленных из муки из нута, можно увидеть показатели роста и снижения содержания витаминов В1, В2, В3, В5 и В6. Наибольшую высоту определяли 0,495 – В3 пантотеновая кислота, 0,401 – В1 тиаминхлорид, 0,386 - В6 пиридоксин, 0,315 В5 – никотиновая кислота, 0,274 – В2 рибофлавин.

Таблица 3 – Показатели роста витаминного состава 3-го исследуемого образца, массового образца макаронных изделий из муки нута

Table 3 – Growth indicators of the vitamin composition of the 3rd test sample, a mass sample of pasta made from chickpea flour

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г
1	7.067	В1 (тиаминхлорид)	0.401	6.972	7.297	28.66	0.11±0.022
2	9.200	В2 (рибофлавин)	0.274	9.107	9.348	21.99	0.069±0.029
3	10.802	В6 (пиридоксин)	0.386	10.575	11.073	30.78	0.069±0.014
4	15.213	В3 (кислота пантотена)	0.495	15.002	15.250	74.64	0.57±0.114
5	15.285	В5 (кислота никотина)	0.315	15.250	15.525	20.39	0.04±0.007

В ходе исследовательской работы был выявлен относительный витаминный состав безглютеновых макаронных изделий, изготовленных на основе кукурузной и рисовой муки, а также на основе кукурузной и нутовой муки (рисунок 5).

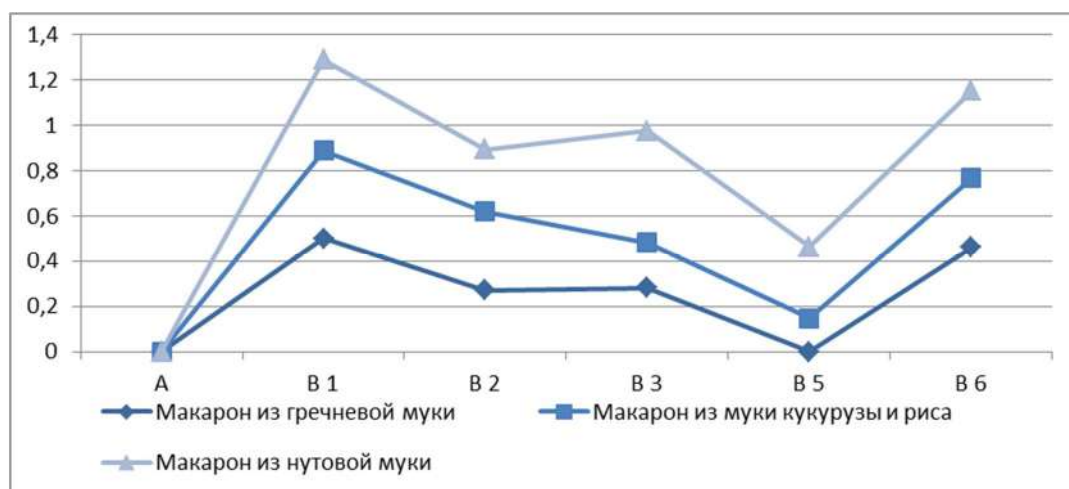


Рисунок 5 – Относительная общая витаминная массовая доля трех образцов, макаронных изделий, изготовленных на основе гречневой, рисовой муки и кукурузной и нутовой муки

Figure 5 – Relative total vitamin mass fraction of three samples, pasta made on the basis of buckwheat, rice flour and corn and chickpea flour

Результаты показали, что безглютеновая паста, приготовленная из гречневой, кукурузной и рисовой муки и содержащая муку из нута, имеет состав аналогичный макаронным изделиям, приготовленным из риса, пшеницы и соевых бобов. В частности, было замечено, что макароны, приготовленные из смеси кукурузной и рисовой муки 50/50, имеют высокую концентрацию витаминов В1, В3, В5, а макароны, приготовленные из нутовой муки, имеют достаточное количество витаминов В1, В3 и В5.

Выводы. В настоящее время проводятся исследования по разработке технологий получения безглютеновых продуктов, которые являются новым направлением продвижения пищевой промышленности.

С помощью натурального нетрадиционного сырья можно повысить пищевую ценность продукта и придать ему лечебные свойства. К такому сырью относятся кукуруза, рис, нут и гречневая мука. Безглютеновые продукты, изготовленные на основе этого сырья, очень богаты витаминами и обладают многими полезными для здоровья свойствами.

Пищевая ценность полученных продуктов определяется содержащимися в них питательными веществами, биологическая ценность определяется содержанием в них аминокислот, наличием витаминов, минералов и других биологически активных веществ.

Во всем мире в настоящее время проводятся исследования по витаминному обогащению макаронных изделий. Добавляя в рецептуру различное нетрадиционное сырье, можно получить продукт, наиболее полезный для организма человека.

Данные работы были выполнены в рамках проекта «Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий на основе отечественного сырья», опираясь на основу исследований, охватывающих 2021-2023 годы. По итогам полученных результатов установлено, что макаронные изделия, изготовленные по гречневой, рисовой, нутовой, кукурузной муке на основе нетрадиционного сырья, особенно богаты витаминами B1, B2, B6, B3, B5. Среди них можно отметить, что макаронные изделия двух видов на основе кукурузной и рисовой муки и муки из нута показали высокую витаминную массовую долю тиаминхлорида B1 – 0,387, пантотеновой кислоты B3 – 0,495. При приготовлении безглютеновых макаронных изделий из муки из нута они получили высокую витаминную составляющую, биологическую ценность.

Conclusions. Currently, research is being conducted on the development of technologies for obtaining gluten-free products, which are a new direction for the promotion of the food industry.

With the help of natural non-traditional raw materials, it is possible to increase the nutritional value of the product and give it medicinal properties. Such raw materials include corn, rice, chickpeas and buckwheat flour. Gluten-free products made on the basis of this raw material are very rich in vitamins and have many health benefits.

The nutritional value of the obtained products is determined by the nutrients contained in them, the biological value is determined by the content of amino acids in them, the presence of vitamins, minerals and other biologically active substances.

Studies on vitamin fortification of pasta are currently being conducted all over the world. By adding various non-traditional raw materials to the recipe, you can get the product that is most useful for the human body.

These works were carried out within the framework of the project "Development of gluten-free pasta technology based on domestic raw materials", based on the basis of research covering 2021-2023. Based on the results obtained, it was found that pasta made from buckwheat, rice, chickpea, corn flour based on non-traditional raw materials is especially rich in vitamins B1, B2, B6, B3, B5. Among them, it can be noted that pasta of two types based on corn and rice flour and chickpea flour showed a high vitamin mass fraction of thiamine chloride B1 – 0.387, pantothenic acid VZ - 0.495. In general, when preparing gluten-free pasta made from chickpea flour, they received a high vitamin component, biological value.

Библиографический список

1. Малютина Т. Н., Туренко В. Ю. Оценка структурообразования макаронного теста с обогатителем // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Воронеж. 2018. № 2. С. 117-118.
2. Шнейдер Д. В. Теоретические и практические аспекты создания безглютеновых продуктов питания на основе повышенной биодоступности сырья: дис. докт. техн. Наук. М., 2012. 606 с.
3. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future / P. Makovicky [et al.] // Gastroenterology and hepatology from bed to bench. 2020. V. 13. № 1. P. 1.
4. Celiac disease in the year 2000: exploring the iceberg / C. Catassi [et al.] // The Lancet. 1994. V. 343. № 8891. Pp. 200-203.
5. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus / G. Samasca [et al.] // European journal of clinical investigation. 2017. V. 47. № 5. Pp. 394-397.

6. Codex-Alimentarius-Commission. Codex standard for “Gluten Free Foods.” // Codex standard. Joint FAO // WHO Food Standards Programme. WHO. 1991. V. 118.
7. Collin P. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? // Alimentary pharmacology & therapeutics. 2004. V. 19. № 12. Pp. 1277-1283.
8. Effect of substitution of rice flour with Quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits / M. Cannas [et al.] // Foods. 2020. V. 9. № 6. P. 808.
9. Effects of red rice or buckwheat addition on nutritional, technological, and sensory quality of potato-based pasta / C. Cappa [et al.] // Foods. 2021. V. 10. № 1. P. 91.
10. Gee S. J. St. Bartholomews Hospital Reports 1988; 35:321. Dicke WK. Coeliac disease. Investigation of the harmful effects of certain types of cereal on patients with coeliac disease (Thesis) // University of Utrecht, The Netherlands, 1990. V. 8. № 1. P. 77.
11. Gluten-free diet in French adults without coeliac disease: sociodemographic characteristics, motives and dietary profile / L. Perrin [et al.] // British Journal of Nutrition. 2019. V. 122. № 2. Pp. 231-239.
12. Gluten-free breadsticks fortified with phenolic-rich extracts from olive leaves and olive mill wastewater / P. Conte [et al.] // Foods. 2021. V. 10. № 5. P. 923.
13. Impact of raw, roasted and dehulled chickpea flours on technological and nutritional characteristics of gluten-free bread / G. Kahraman [et al.] // Foods. 2022. V. 11. № 2. P. 199.
14. Marti A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? / A. Marti, M.A. Pagani // Trends in Food Science and Technology. 2013. № 31. Pp. 63–71.
15. Obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular risk in gluten-free followers without celiac disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2009–2014 / H. S. Kim [et al.] // Digestive diseases and sciences. 2017. V. 62. P. 2440-2448.
16. Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours / G. Kahraman, S. Harsa, M. Lucisano, C. Cappa // LWT. 2018. V. 98. Pp. 276-282.
17. Technological, nutritional and sensory properties of an innovative gluten-free double-layered flat bread enriched with amaranth flour / A. Piga [et al.] // Foods. 2021. V. 10. № 5. C. 920.
18. The effect of selected feed mixtures on the duodenal morphology: comparison study / P. Makovicky [et al.] // Physiological Research. 2018. V. 67. № 6. P. 955.
19. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? / P. Collin, L. Thorell, K. Kaukinen, M. Maki // Alimentary pharmacology & therapeutics. 2004. V. 19. № 12. Pp. 1277-1283.
20. Yoosuf S., Makharia G. K. Evolving therapy for celiac disease // Frontiers in pediatrics. 2019. V. 7. P. 193.

References

1. Malyutina T. N., Turenko V. Yu. Assessment of the structure formation of pasta dough with enrichment // New in the technology and technology of functional food products based on biomedical views: a collection of articles of the VII International Scientific and Technical Conference. Voronezh, 2018. № 2. Pp. 117-118.
2. Schneider D. V. Theoretical and practical aspects of creating gluten-free foods based on increased bioavailability of raw materials: dis. Doc. technical Sciences. M., 2012. 606 p.
3. Celiac disease and gluten-free diet: past, present, and future / P. Makovicky [et al.] // Gastroenterology and hepatology from bed to bench. 2020. V. 13. № 1. P. 1.
4. Celiac disease in the year 2000: exploring the iceberg / C. Catassi [et al.] // The Lancet. 1994. V. 343. № 8891. Pp. 200-203.
5. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus / G. Samasca [et al.] // European journal of clinical investigation. 2017. V. 47. № 5. Pp. 394-397.
6. Codex-Alimentarius-Commission. Codex standard for “Gluten Free Foods.” // Codex standard. Joint FAO // WHO Food Standards Programme. WHO. 1991. V. 118.

7. Collin P. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? // *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2004. V. 19. № 12. Pp. 1277-1283.
8. Effect of substitution of rice flour with Quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits / M. Cannas [et al.] // *Foods*. 2020. V. 9. № 6. P. 808.
9. Effects of red rice or buckwheat addition on nutritional, technological, and sensory quality of potato-based pasta / C. Cappa [et al.] // *Foods*. 2021. V. 10. № 1. P. 91.
10. Gee S. J. St. Bartholomews Hospital Reports 1988; 35:321. Dicke WK. Coeliac disease. Investigation of the harmful effects of certain types of cereal on patients with coeliac disease (Thesis) // University of Utrecht, The Netherlands, 1990. V. 8. № 1. P. 77.
11. Gluten-free diet in French adults without coeliac disease: sociodemographic characteristics, motives and dietary profile / L. Perrin [et al.] // *British Journal of Nutrition*. 2019. V. 122. № 2. Pp. 231-239.
12. Gluten-free breadsticks fortified with phenolic-rich extracts from olive leaves and olive mill wastewater / P. Conte [et al.] // *Foods*. 2021. V. 10. № 5. P. 923.
13. Impact of raw, roasted and dehulled chickpea flours on technological and nutritional characteristics of gluten-free bread / G. Kahraman [et al.] // *Foods*. 2022. V. 11. № 2. P. 199.
14. Marti A. What can play the role of gluten in gluten free pasta? / A. Marti, M.A. Pagani // *Trends in Food Science and Technology*. 2013. № 31. Pp. 63–71.
15. Obesity, metabolic syndrome, and cardiovascular risk in gluten-free followers without celiac disease in the United States: results from the National Health and Nutrition Examination Survey 2009–2014 / H. S. Kim [et al.] // *Digestive diseases and sciences*. 2017. V. 62. Pp. 2440-2448.
16. Physicochemical and rheological properties of rice-based gluten-free blends containing differently treated chickpea flours / G. Kahraman, S. Harsa, M. Lucisano, C. Cappa // *LWT*. 2018. V. 98. Pp. 276-282.
17. Technological, nutritional and sensory properties of an innovative gluten-free double-layered flat bread enriched with amaranth flour / A. Piga [et al.] // *Foods*. 2021. V. 10. № 5. C. 920.
18. The effect of selected feed mixtures on the duodenal morphology: comparison study / P. Makovicky [et al.] // *Physiological Research*. 2018. V. 67. № 6. P. 955.
19. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? / P. Collin, L. Thorell, K. Kaukinen, M. Maki // *Alimentary pharmacology & therapeutics*. 2004. V. 19. № 12. Pp. 1277-1283.
20. Yoosuf S., Makharia G. K. Evolving therapy for celiac disease // *Frontiers in pediatrics*. 2019. V. 7. P. 193.

Информация об авторах

Абуова Алтынай Бурхатовна, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: a.abuova@grpf.kz

Кабылда Анар Идашовна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: anara121579@gmail.com

Керимбекова Нурай Муратхановна, магистрант, научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: kerimbekova_nur@mail.ru

Уразбаев Жуматай Зейноллаевич, доктор технических наук, директор, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: zhz1964@mail.ru

Кажыбекова Айдана Саниязовна, магистрант, научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: saniyazkyzy@inbox.ru

Authors Information

Abuova Altynai Burkhatovna, Chief Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: a.abuova@rpf.kz

Kabylda Anar Idashovna, Candidate of Agricultural Sciences, Project Manager, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: anara121579@gmail.com

Kerimbekova Nurai Muratkhanovna, Master's student, researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (47 Al-Farabi Ave., Astana, Kazakhstan), e-mail: kerimbekova_nur@mail.ru

Urazbayev Zhumatai Zeynollayevich, Doctor of Technical Sciences, Director, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: zhz1964@mail.ru

Kazhybekova Aidana Saniyazovna, Master's student, researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: saniyazkyzy@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-40

FEATURES OF APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN LAND RECLAMATION

A. D. Akhmedov, D. E. Babaev, D. D. Lipsky, A. V. Piskunov

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: askar-5@mail.ru

Received 25.05.2023

Submitted 01.08.2023

Summary

Currently, modern software tools make it possible to obtain data faster and with less resources and creates opportunities to analyze the features of the use of digital information technologies in land reclamation.

Abstract

Introduction. This article analyzes the features of the use of geoinformation technologies in land reclamation. To solve these problems of operational monitoring of agricultural land, it is proposed to use modern equipment and software products, i.e. unmanned aerial vehicles (UAVs) and geographic information systems (GIS). **Object.** The object of research is unmanned aerial vehicles (UAVs) and geographic information systems (GIS). **Materials and methods.** To process the collected data, having your own unmanned vehicle and software package, you can organize work on processing images from the UAV. Based on the data obtained, it is possible to assess the condition of agricultural plants. This will allow timely application of differentiated fertilizers, plant protection products and top dressings with precise doses for each small area of the field. Orientation works automatically with the BPLA GPS application. Used software Agisoft Metashape, AutoCad, CloudCompare, Mapinfo and others.

Results and conclusions. For the formation and processing of 3D relief models, the procedure for constructing point clouds based on aerial photography data, remote shooting of agricultural fields from a UAV is given. As an economic justification, a comparative analysis of various options for implementing remote sensing technology with the support of GIS technology is given. It has been established that aerial photography from an aviation-type UAV will be cost-effective only if the total survey area is at least 700 hectares, since the area of the site in our case is only 63 hectares, it is advantageous to use a copter-type UAV.

Key words: remote sensing, information system, orthophotography, land reclamation, GIS technology, unmanned aerial vehicle.

Citation. Akhmedov A. D., Babaev D. E., Lipsky D. D., Piskunov A. V. Features of application of geographic information systems in land reclamation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 394-402 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-40.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.5

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В МЕЛИОРАЦИИ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор

Д. Э. Бабаев, аспирант

Д. Д. Липский, аспирант

А. В. Пискунов, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящее время современные программные средства позволяют получить данные быстрее и с меньшими затратами ресурсов и создает возможности анализировать особенности применения цифровых информационных технологий в мелиорации.

Актуальность. В данной статье анализируются особенности использования геоинформационных технологий в мелиорации. Для решения этих задач по оперативному мониторингу земель сельскохозяйственного назначения предлагается использовать современное оборудование и программные продукты, т.е. беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и геоинформационные системы (ГИС).

Объект. Объектом исследования являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и геоинформационные системы (ГИС). **Материалы и методы.** Для обработки собираемых данных, обладая собственным беспилотным аппаратом и программным комплексом можно организовать работу по обработке снимков с БПЛА. На основании полученных данных можно оценить состояние сельскохозяйственных растений. Это позволит своевременно вносить дифференцированные удобрения, средства защиты растений и подкормок с точными дозами для каждого небольшого участка поля. Ориентация работает автоматически с приложением BPLA GPS. Используется программное обеспечение Agisoft Metashape, AutoCad, CloudCompare, Mapinfo и другие. **Результаты и выводы.** Для формирования и обработки 3D моделей рельефа приведена процедура построения облаков точек по данным аэрофотосъемки, дистанционной съемки сельскохозяйственных полей с БПЛА. В качестве экономического обоснования дан сравнительный анализ различных вариантов реализации технологии ДЗЗ с сопровождением ГИС-технологии. Установлено, что аэрофотосъемка с БПЛА авиационного типа будет рентабельной только при общей площади съемки местности не менее 700 га, так как площадь участка в нашем случае всего 63 га, то выгодно использовать БПЛА коптерного типа.

Ключевые слова: дистанционное зондирование земель, ортофотосъемки, ГИС-технологии, беспилотные летательные аппараты, коптеры.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Бабаев Д. Э., Липский Д. Д., Пискунов А. В. Особенности применения геоинформационных систем в мелиорации. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 394-402. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В мелиоративной отрасли одним из наиболее эффективных и достоверных источников информации о состоянии посевов сельскохозяйственных культур является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). По сравнению с использованием наземных визуальных съемок, спутниковых или авиационных снимков БПЛА позволяют собирать данные быстрее и с меньшими ресурсами [2, 5].

В современных экономических условиях точное земледелие находится на подъеме, поэтому для снижения фактических затрат, повышения окупаемости инвестиций и увеличения прибыли все больше и больше хозяйств внедряют его технологии и методы. Таким образом, БПЛА позволяют создать условия для оперативного анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур [1, 4].

Обследований сельскохозяйственных угодий, нарушенных в результате негативных влияний, существует несколько. Все их можно разделить на наземные и дистанционные. Обнаружение повреждений гидромелиоративной системы, водной эрозии, вызванной нарушением целостности системы полива, можно проводить наземным способом – визуальный осмотр. Однако при большой протяженности и площади сельскохозяйственных угодий данный способ не является предпочтительным, по причине больших затрат времени и не малой трудоёмкости. Кроме того, негативные воздействия не всегда ярко выражены и для их обнаружения необходимо дистанционное обследование. Применение дистанционных методов обследования поврежденных территорий, совместно с геоинформационными системами (ГИС) может послужить решением изложенных выше проблем [9, 12].

Материалы и методики. В сельскохозяйственном производстве применение БПЛА исключительно важно при развитии точного (координатного) земледелия. Детальная информация о состоянии почвенного и растительного покрова, высокоточные данные о рельефе все эта информация необходима для точного земледелия. Космическая съемка для этих целей может вовсе не подойти, так как эти снимки обладают недостаточной детальностью и их высокой стоимости. Следовательно, обладая собственным беспилотным аппаратом и программным комплексом для обработки собираемых данных, можно организовать работу по обработке снимков с БПЛА [3, 7]. На основе полученных результатов оценивается состояние растительности и ландшафта. Полученные карты вегетации могут сравниваться с картами урожайности, полученными с датчиков на технике, что позволяет внедрить дифференцированное внесение удобрений, средств защиты растений и подкормок с точными дозами для каждого небольшого участка поля. Кроме того, стоит отметить, что данные с БПЛА наилучшим образом подойдут при внедрении адаптивно-ландшафтного земледелия, так как благодаря получаемой точной модели местности имеется возможность построить карты высот, крутизны и экспозиции рельефа по участкам съемки, что в свою очередь позволяет оценить потенциальный сток, опасности водной эрозии, теплообеспеченность и влагообеспеченность полей [6, 11].

При использовании с помощью БПЛА дистанционного обследования сельскохозяйственных культур начальным является подготовительный этап. На данном этапе определяется район съемки, выбирается место для взлета и посадки дрона, программируется полетное задание, определяется перекрытие изображений, высота полета и другие необходимые параметры съемки [6, 10].

Съемка ведется в автоматическом режиме. Процедура дистанционного обследования сельскохозяйственных полей с помощью БПЛА осуществляется по схеме, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Порядок дистанционного обследования сельскохозяйственных полей с помощью БПЛА

Figure 1 – The order of remote examination agricultural fields using unmanned aerial vehicles

С учетом всего этого на практике полученные экономические показатели производства являются тем фактором, который определяет возможности и перспективы максимального использования инновационных технологий. В связи с этим необходимо, чтобы применяемые инновационные технологии не только решали узконаправленные задачи, но и способствовали повышению экономической эффективности производства.

Результаты и их обсуждение. В ходе съемки, если позволяют погодные условия, БПЛА пролетает для получения требуемой информации, при этом необходимо убедиться в их полноте и целостности.

Следующим шагом является обработка полученных данных с помощью программного обеспечения Agisoft Metashape. Эта программа предназначена для создания и обработки ортофотопланов, карт высот, 3D-моделей высот, а также создания облаков точек на основе данных аэрофотосъемки (рисунок 2-4).



Рисунок 2 – Сформированный в Agisoft Metashape на основе данных с БПЛА фотоплан

Figure 2 – Formed in Agisoft Metashape based on data from the UAVs photomap

По результатам аэрофотосъёмки в высоком разрешении получают фотографии с полным комплектом цифровых данных. С целью создания ортофотоплана в камеральных условиях производится обработка фотографий.

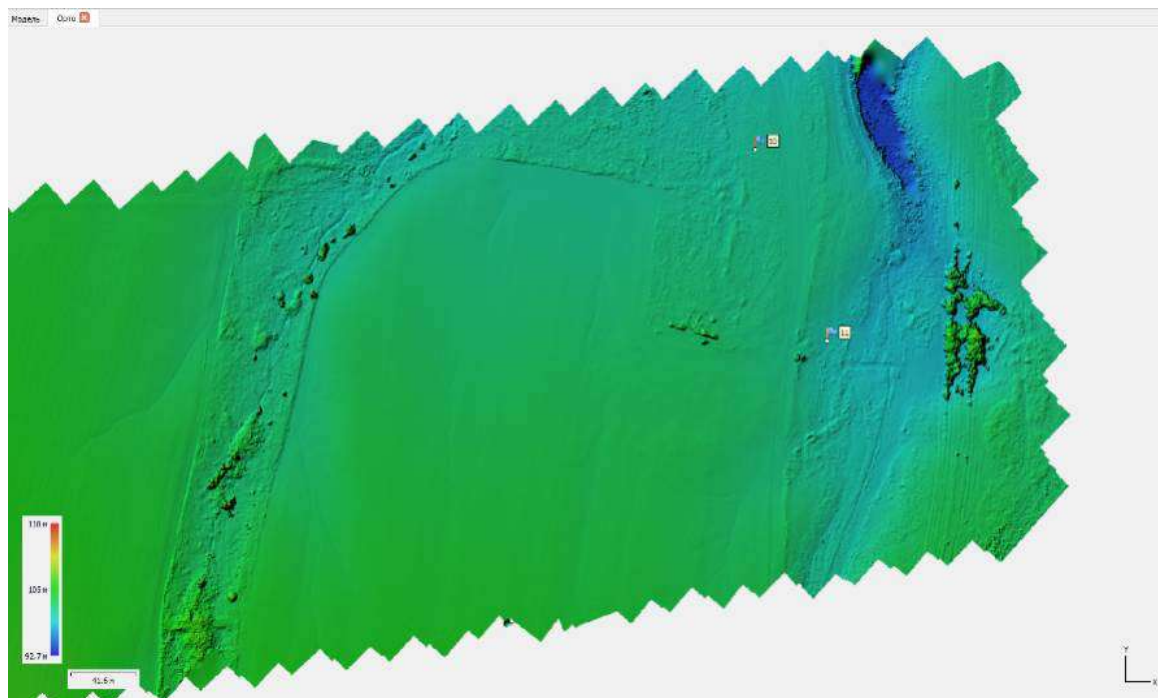


Рисунок 3 – Сформированная карта высот на основе ОФП в ПО Agisoft Metashape
Figure 3 – Generated height map based on orthophotomap in Agisoft Metashape software

Обработка данных в ПО Agisoft Metashape производится как автоматическом, полуавтоматическом так и в ручном режиме.

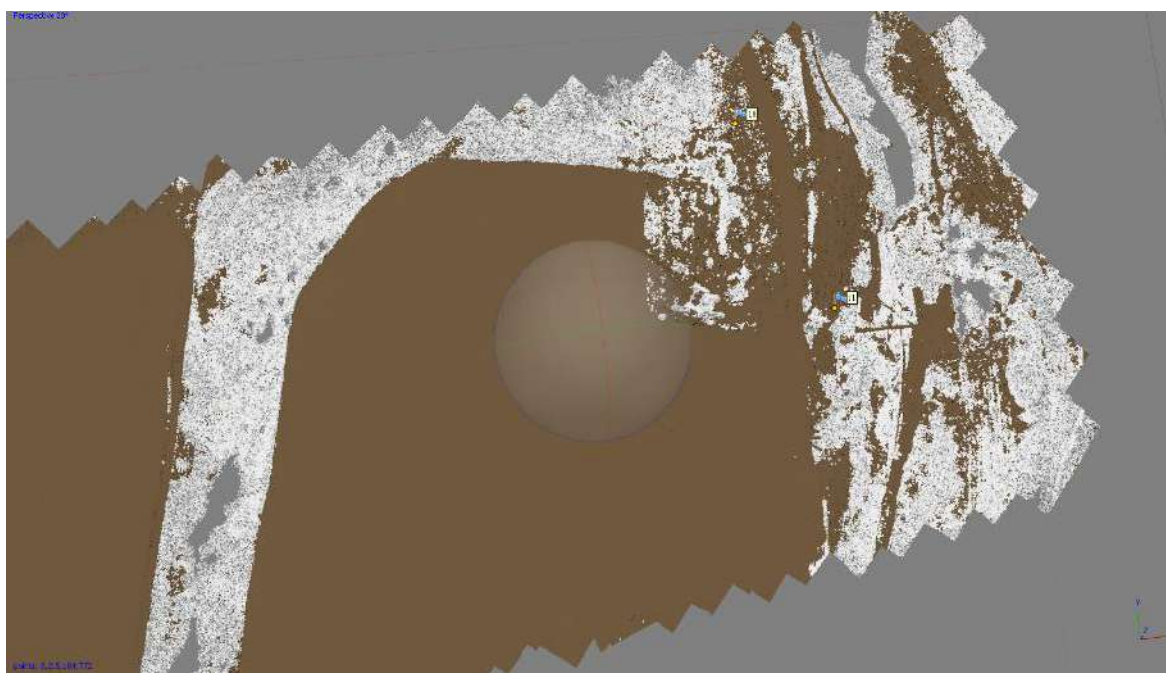


Рисунок 4 – Классифицированная модель местности
Figure 4 – Classified terrain model

Ортофотоплан является основой для создания картографической основы. Оцифровка ортофотоплана выполняется в ПО САПР AutoCad в условных топографических знаках (рисунок 5).

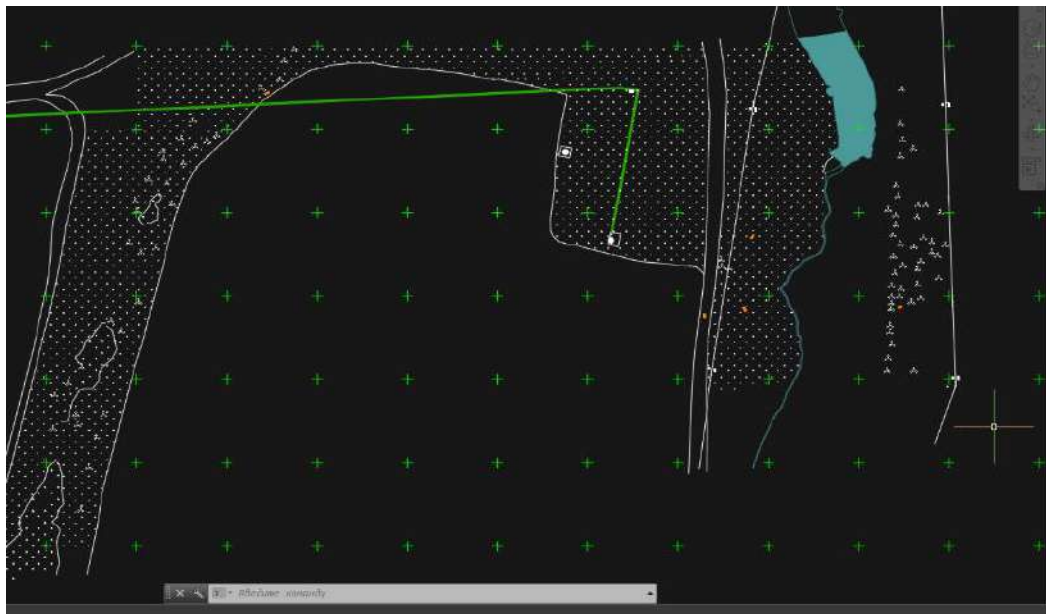


Рисунок 5 – Картографический план на основе ОФП

Figure 5 – Cartographic plan based on orthophotomap

Далее с помощью ПО CloudCompare происходит разряжение облака точек (рисунок 6).

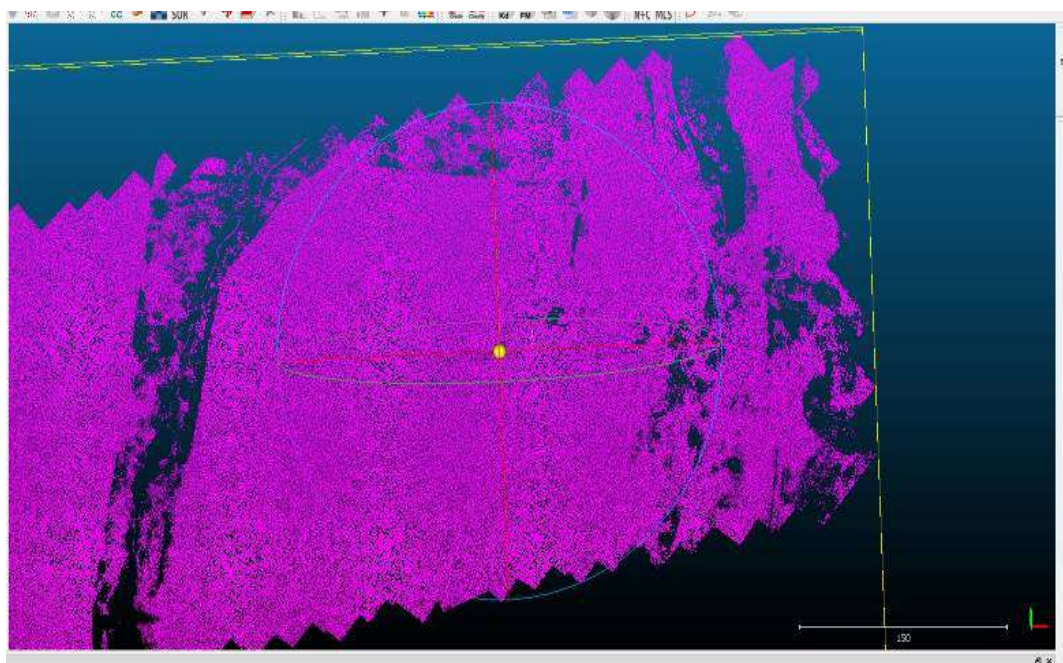


Рисунок 6 – Разряжение облака точек в CloudCompare

Figure 6 – Depletion of a cloud of points in CloudCompare

Для построения поверхности разряженное облако точек является основой, на которой выделяют горизонтали (рисунок 7).

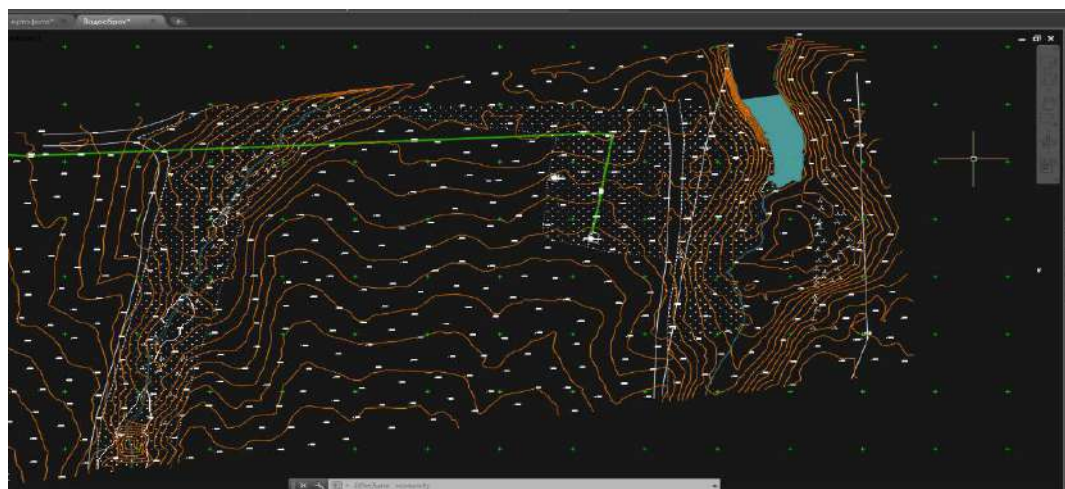


Рисунок 7 – Топография местности на основе облака точек
Figure 7 – Topography of the area based on a cloud of points

Полученный в результате ортофотоплан, подгружается отдельным слоем геоинформационной системы. В результате дешифрирования ортофотоплана определяются параметры и контуры поврежденных угодий. Виды негативного воздействия на сельскохозяйственные угодья и мелиоративные системы, имеют свои наборы дешифровочных признаков.

В качестве экономического обоснования представлен сравнительный анализ различных вариантов реализации технологии ДЗЗ с сохранением технологии ГИС. Рассмотрим три варианта дистанционного зондирования сельскохозяйственных угодий.

- 1) космический мониторинг;
- 2) аэросъемка с БПЛА самолетного типа на примере российского беспилотника «Геоскан»;
- 3) аэрофотосъемка с БПЛА коптерного типа.

Исходя из анализа экономических показателей применения ГИС-технологий для дистанционного зондирования земель сельскохозяйственного назначения, затраты различаются между вариантами (табл. 1).

Площадь исследуемого объекта при проведении работ составляет всего 63 га, для таких небольших хозяйств целесообразно использовать 3-й вариант, то есть дистанционное наблюдение с БПЛА коптерного типа.

Таблица 1 – Сравнительные показатели эффективности использования ГИС-технологии дистанционного мониторинга

Table 1 – Comparative performance indicators for the use of GIS technology for remote monitoring

Наименование	Оборудование	Геодезическая привязка	Процесс дистанционного зондирования	Стоимости программного обеспечения, руб.		
				1	2	3
Космический мониторинг	-	10000 руб./снимок	11200 руб./га	80000	72000	250000
Аэрофотосъемка с БПЛА самолетного типа	2150000 руб.	5000 руб./100 га	-	80000	72000	250000
Аэрофотосъемка с БПЛА коптерного типа	150000 руб.	5000 руб./100 га	-	80000	72000	250000

Примечание: 1 – Mapinfo; 2 – AutoCad; 3 – Agisoft, Metashape, Professional; цены приведены на 2020 г.

Заключение. В заключение можно отметить, что аэрофотосъемка с БПЛА самолётного типа будет рентабельной только в том случае, если общая площадь района исследований составит не менее 700 га. Поскольку у нас всего 63 га земли, выгодно использовать БПЛА коптерного типа. При этом стоимость программы равнозначна для всех вариантов.

Conclusions. In conclusion, it can be noted that aerial photography from an aircraft-type UAV will be profitable only if the total area of the study area is at least 700 hectares. Since we only have 63 hectares of land, it is beneficial to use a copter-type UAV. Moreover, the cost of the program is the same for all options.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю. И. Использование технологий ГИС при оценке экологического состояния засоления земель Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1 (33). С. 185-189.
2. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Известия НВ АУК. 2018 № 4 (52). С. 115-122.
3. Курбанов С. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Функциональная схема анализа данных и выработки управляющих решений на основе геоинформационной системы управления орошением // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 4 (36). С. 65-70.
4. Напрасников А. Т. Геоинформационная и цифровая мелиорация: методический аспект // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 209-214. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36827>.
5. Ольгаренко В. Иг., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Научная концепция и алгоритм реализации элементов прецизионного земледелия в условиях оросительной сельскохозяйственной мелиорации // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 160-169. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=536>.
6. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в мелиорации / В. А. Шевченко, В. П. Максименко, В. К. Губин, А. В. Матвеев // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 2. С. 23-26.
7. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. В. Слабунов, А. В. Слабунова, А. А. Завалин // Информационные технологии и вычислительные системы. 2020. № 1. С. 53-64.
8. Юрченко И. Ф. Информационные системы управления водохозяйственным мелиоративным комплексом // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 12-15.
9. Юрченко И. Ф. Приоритетные направления и мероприятия современной цифровизации в мелиорации // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 2. С. 84-100. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1280>.
10. Ayalew D. A., Sarapatka B., Deumlich D. Agricultural landscape-scale C factor determination and erosion prediction for various crop rotations through a remote sensing and GIS approach // European Journal of Agronomy. 2021. Vol. 123. 126203.
11. Hirsch-Kreinsen H. Knowledge-intensive entrepreneurship in low-tech industries. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2014. 264 p.
12. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. № 96 (5). Pp. 1253-1265.

References

1. Akhmedov A.D., Kuznetsov Yu. I. The use of GIS technologies in assessing the ecological state of salinization of the lands of the Volgograd region // Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2014. No. 1 (33). Pp. 185-189.

- 2 Geoinformation technologies in ensuring precision agriculture / A. S. Rulev, S. Shinkarenko, V. N. Bodrova, N. V. Sidorova // Izvestia NV AUK. 2018 No. 4 (52). Pp. 115-122.
3. Kurbanov S. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Functional scheme of data analysis and development of control solutions based on geoinformation irrigation management system // Problems of agroindustrial complex development in the region. 2018. No. 4 (36). Pp. 65-70.
4. Naprasnikov A. T. And Geoinformation digital land reclamation: methodological aspect // The successes of modern natural science. 2018. No. 7. Pp. 209-214. <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36827>.
5. Olgarenko V. I., Babichev A. N., Monastyrsky V. A. Scientific concept and algorithm of realization of precision farming elements in conditions of irrigation agricultural land reclamation // Scientific journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation. 2018. No. 1 (29). pp. 160-169. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=536>.
6. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in land reclamation / V. A. Shevchenko, V. P. Maksimenko, V. K. Gubin, A.V. Matveev // Land reclamation and water management. 2018. No. 2. Pp. 23-26.
7. Approaches to the formation of the information system "Digital melioration" / V. N. Shchedrin, S. M. Vasiliev, V. V. Slabunov, A.V. Slabunova, A. A. Zavalin // Information technologies and computing systems. 2020. No. 1. Pp. 53-64.
8. Yurchenko I. F. Information management systems of water reclamation complex // Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2016. No. 1. pp. 12-15.
9. Yurchenko I. F. Priority directions and measures of modern digitalization in melioration // Melioration and hydraulic engineering. 2022. Vol. 12. No. 2. pp. 84-100. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1280>.
10. Ayalev D. A., Sarapatka B., Deimlich D. Determination of the coefficient C on the scale of the agricultural landscape and prediction of erosion for various crop rotations using remote sensing and GIS approach // European Journal of Agronomy. 2021. Volume. 123. 126203.
11. Hirsch-Kreinsen H. High-tech entrepreneurship in low-tech industries. Cheltham, UK: Edward Elgar Publishing Limited, 2014. 264 p.
12. Yurchenko I. F. Information support system designed for planning technical operation of reclamation facilities // Journal of Theoretical and Applied information Technologies. 2018. No. 96 (5). Pp. 1253-1265.

Информация об авторах

Ахмедов Аскар Джангир оглы, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Бабаев Джавид Эльханович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: dbabaev1996@yandex.ru

Липский Дмитрий Дмитриевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: mityalipcky@yandex.ru

Пискунов Андрей Викторович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), e-mail: pisanvi@mail.ru

Authors Information

Akhmedov Askar Dzhangir ogly, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: askar-5@mail.ru

Babaev Javid Elkhonovich, graduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: dbabaev1996@yandex.ru.

Lipsky Dmitry Dmitrievich, graduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: mityalipcky@yandex.ru.

Piskunov Andrey Viktorovich, graduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: pisanvi@mail.ru.

STUDY OF QUALITATIVE INDICATORS OF SPRAYING WITH STRIP-TILL APPLICATION ON POTATO CROPS

I. B. Borisenko¹, O. G. Chamurliiev¹, M. V. Meznikova¹, D. V. Skripkin¹,
A. A. Gabunshina^{1,2}, D. A. Sokolov³

¹Volgograd State Agrarian University

²Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»

³Volgograd State Medical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: marina_roxette@mail.ru

Received 17.12.2022

Submitted 01.08.2023

The research was carried out within the framework of the research topic "Development of the technology of strip differentiated spraying of potatoes as a resource-saving element of the integrated system of protection against pests and diseases using digitalization" of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in 2023

Abstract

Introduction. Potatoes are the most important food crop around the world, and Russia is no exception. More than 65% of potato production is concentrated in the households. Potato growing using strip-till is an innovative resource-saving technology used in modern production. The proposed method of spraying allows more competent and effective application of sprayed material on the object of treatment, depending on the phase of growth and development of cultivated plants. **Materials and methods.** Research on the quality indicators of spraying was carried out on the Experimental site of the scientific demonstration platform «Innovation Village». An indicator method was used to evaluate the distribution of the spray material on the object and in the treatment strip. Strips of water-sensitive paper were attached to the leaves to catch drops. The degree of coverage of the leaf plate with solution drops was determined using a patented software product for calculating the quality parameters of spraying with processing in the Image Color Summarizer program. **Results and conclusions.** Based on the results of field research, a graph showing the dependence of the degree of coverage of the treatment object with drops of spray material depending on the spraying method used. The scheme of the arrangement of water-sensitive strips depending on the architecture of the plant on the object and on the width of the treated strip is presented. The system of technological operations to protect potatoes, taking into account the choice of type of treatment depending on the phase of growth and development of crop plants is presented. The comparison of the results obtained for strip and continuous blanket spraying allows making a conclusion about the effectiveness of strip spraying with the side spraying method. As a result of the evaluation of qualitative indicators showed that the application of strip spraying results in a more stable flow of spray material the width of the treated strip. The use of the lateral method of spraying of spray material promotes to the redistribution of spray material of plant protection agents from the inter-band space to the growth strip of the crop plant, thus reducing the pesticide load on the soil and the environment.

Key words: spraying, row crops, potatoes, strip method, qualitative indicators of spraying, potato development phases, indicator method, distribution of spray material on the object.

Citation. Borisenko I. B., Chamurliiev O. G., Meznikova, M. V., Skripkin, D. V., Gabunshina A. A., Sokolov D. A. Study of qualitative indicators of spraying with strip-till application on potato plantings *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 403-413 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-41.

Author's contribution. All authors of this article were actively involved in the preparation, planning, conducting and processing the results of field studies of quality indicators on potato plantings, as well as the justification of theoretical parameters that increase the environmental safety of spraying in the reduction of pesticide loads on the soil and the environment.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 632.98:631.348.45

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПРЫСКИВАНИЯ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛОСОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ**

И. Б. Борисенко¹, доктор технических наук, старший научный сотрудник
О. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
М. В. Мезникова¹, кандидат технических наук
Д. В. Скрипкин¹, кандидат технических наук
А. А. Габуншина^{1,2}, аспирант
Д. А. Соколов³, студент

¹ ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ² ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук»³ ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет
г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения темы НИР «Разработка технологии полосового дифференцированного опрыскивания картофеля, как ресурсосберегающего элемента интегрированной системы защиты от вредителей и болезней с использованием цифровизации» Министерства науки и высшего образования РФ в 2023 г.

Актуальность. Картофель является важнейшей продовольственной культурой по всему миру, и Россия не исключение. В хозяйствах населения сосредоточено более 65% производства картофеля. Возделывание картофеля с применением полосовой обработки является инновационной ресурсосберегающей технологией, применяемой в современном производстве. Предложенный способ опрыскивания позволяет более грамотно и эффективно вносить рабочие растворы на объект обработки в зависимости от фазы роста и развития культурного растения. **Материалы и методы.** Исследования качественных показателей опрыскивания проводились на опытном участке НОДП «Инновационная деревня». Для оценки распределения рабочего раствора на объекте и в полосе обработки применялся индикаторный метод. Для индикации капель на поверхностях растения были закреплены полоски водочувствительной бумаги. Степень покрытия листовой пластины каплями раствора определяли с помощью запатентованного программного продукта для расчета качественных показателей распыла с обработкой в программе Image Color Summarizer. **Результаты и выводы.** По результатам полевых исследований построен график, показывающий зависимость степени покрытия объекта обработки каплями рабочего раствора в зависимости от применяемого способа опрыскивания. Представлена схема расположения водочувствительных полосок в зависимости от архитектуры растения на объекте обработки и по ширине обрабатываемой полосы. Представлена система технологических операций по защите картофеля, учитывающая выбор типа обработки в зависимости от фазы роста и развития культурного растения. Сравнение полученных результатов для полосового и сплошного опрыскивания позволяет сделать вывод об эффективности полосового опрыскивания с применением бокового способа распыла. В результате оценки качественных показателей было выявлено, что за счет применения полосового опрыскивания образуется более стабильный поток рабочего раствора по ширине обрабатываемой полосы. Применение бокового способа распыления рабочего раствора способствует перераспределению рабочего раствора средств защиты растений с межполосного пространства на полосу произрастания культурного растения, таким образом, снижая пестицидную нагрузку на почву и окружающую среду.

Ключевые слова: опрыскивание пропашных культур, картофель, полосовая обработка картофеля, качественные показатели опрыскивания, фазы развития картофеля, индикаторный метод, распределение рабочего раствора.

Цитирование. Борисенко И. Б., Чамурлиев О. Г., Мезникова М. В., Скрипкин Д. В., Габуншина А. А., Соколов Д. А. Исследование качественных показателей опрыскивания с применением полосовой обработки на посадках картофеля. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 403-413. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-41.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали активное участие в подготовке, планировании, проведении и обработке результатов полевых исследований качественных показателей на посадках картофеля, а также обосновании теоретических параметров, повышающих экологическую безопасность опрыскивания в области сокращения пестицидной нагрузки на почву и окружающую среду.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Картофель является одной из самых востребованных сельскохозяйственных культур в большинстве стран. На мировом рынке его опережают только кукуруза, пшеница и рис. Направления развития технологий производства картофеля в современном сельском хозяйстве включают внедрение новых машин, новых сортов, средств защиты растений и удобрений [5, 11, 12].

В связи с этим исследования, направленные на разработку новых и совершенствование существующих технологий возделывания, в частности применение полосового способа опрыскивания растений, позволяющего более эффективно и точно вносить рабочие растворы как удобрений, так и средств защиты растений в зависимости от фазы роста и развития, являются актуальными [13, 14].

Повышению качества химической обработки почвы и посевов посвящено достаточное количество исследований. В центре внимания учёных также являются методы и приёмы распределения капель рабочего раствора для конкретных культур и условий опрыскивания, а также способы задержания капель оптимального размера на обрабатываемой поверхности [1, 4, 10]. Однако многообразие технологических и технических решений, направленных на повышения качества опрыскивания и снижение повреждающего воздействия на культуру и окружающую среду, требует технического переоснащения имеющихся опрыскивателей и достаточно сложен в конструкции и обслуживании [2, 7, 9]. Одним из путей решения данных вопросов находится в разработке новой технологии внесения средств защиты и питания почвы и растений с учетом системного технологического подхода, где акцентом технологических решений являются обработка по полосам, с учетом точного распределения рабочего раствора пестицида на обрабатываемом объекте и сокращение побочного действия в межполосном пространстве [2, 6, 14].

Целью исследования является совершенствование технологии полосового опрыскивания с учетом фазы развития растений по критериям ресурсосбережения и экологической безопасности.

Материалы и методы. Экспериментальная часть опытов по изучению полосового опрыскивания проводилась в НОДП «Инновационная деревня» в июле 2022 г. Для проведения полевых опытов на первом этапе штанговый опрыскиватель настроили на выполнение сплошного опрыскивания с вертикальным распылом рабочего раствора (Рисунок 1а). На втором этапе настройка производилась на выполнение полосового опрыскивания с боковым способом распыла (Рисунок 1б) При этом высота опрыскивания H устанавливалась с учетом высоты культурного растения H_p , величины вертикальных и угловых перемещения штанги во время движения и высоты точки слияния потоков относительно верхней части объекта обработки. При этом ширина обработанной полосы B при сплошном способе опрыскивания значительно превышает ширину обработанной полосы при выполнении полосового опрыскивания [2, 7, 14].

Эффективное распределение препарата по ширине обрабатываемой полосы можно оценить по соотношению проекции ширины культурного растения на почву (абриса картофеля) B_p к ширине обрабатываемой полосы B [2]

С целью исследования качественных показателей техпроцесса опрыскивания был применен индикаторный метод [6, 7]. Для оценки влияния способа опрыскивания на распределение капель рабочего раствора на поверхности листьев опыты включали исследование с применением сплошного опрыскивания по традиционной технологии и полосового опрыскивания по разработанной технологии.

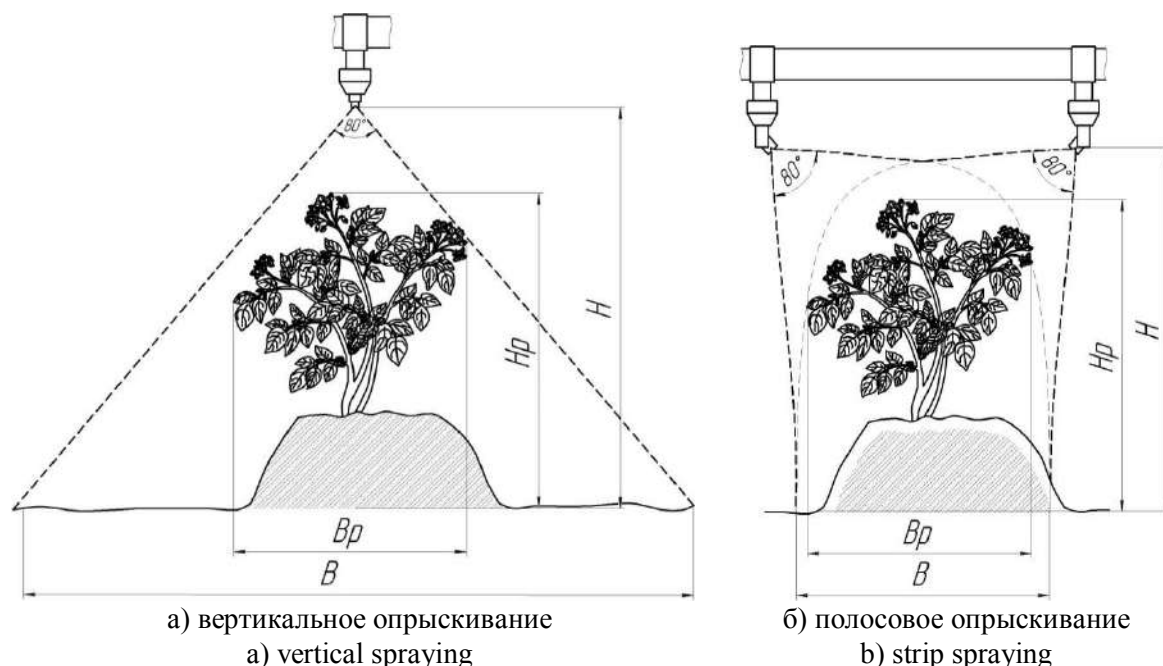


Рисунок 1 – Технологические параметры опрыскивания на посадках картофеля
Figure 1 – Technological parameters of spraying on potato crops

Оценка эффективности проводилась по коэффициенту покрытия рабочим раствором, проникновению опрыскивания и сносу пестицидов по ГОСТ 5681-2012, а также изучалось распределение осевших капель.

Для обработки и анализа тестовых полосок применялась новая методика анализа тонового изображения капель рабочего раствора в цветовом пространстве файла [6].

Результаты и обсуждения. Для создания оптимальных условий роста и развития картофеля необходимо внедрять современные технологии выращивания. Внесение удобрений под эту культуру является необходимым условием, к тому же картофель нуждается в подкормках по листу в течение всего вегетационного периода.

Согласно таблице комплексной защиты картофеля, обработка производится и в зависимости от фазы роста и развития. Поэтому при всходах, при высоте ботвы 0,15 м, в фазу бутонизации и созревания целесообразно проводить опрыскивание по полосовой технологии (рисунок 2).

После применения полосового способа были проанализированы качественные показатели опрыскивания. Оценивалась степень покрытия. На рисунке 3 представлены сканированные изображения полосок водочувствительной бумаги обработанной рабочим раствором [6].

Дни		0	3-5	11	15	19	51	55-59	59-65	69-89	91-93
Назначение	До посадки	Посадка	Прорастание	Всходы	Высота ботвы 5 см	Высота ботвы 15 см	Развитие листьев	Бутонизация	Цветение	Созревание	Увядание
1. Внесение почвенного гербицида	Сплошное										
2. Защита от болезней (ризиктониоз, антракноз, фузариоз, фитофтороз, парша)	+										
3. Защита от вредителей (проволочники, тли)											
4. Защита от вредителей (колорадский жук, картофельная моль)		По полосе									
5. Защита от сорняков											
6. Защита от болезней (фитофтороз, альтернариоз, антракноз)											
7. Листовая подкормка											
8. Десикация											+

Рисунок 2 – Технологические операции по защите и уходу за посадками картофеля
Figure 2 – Technological operations for protection and care of potato plants

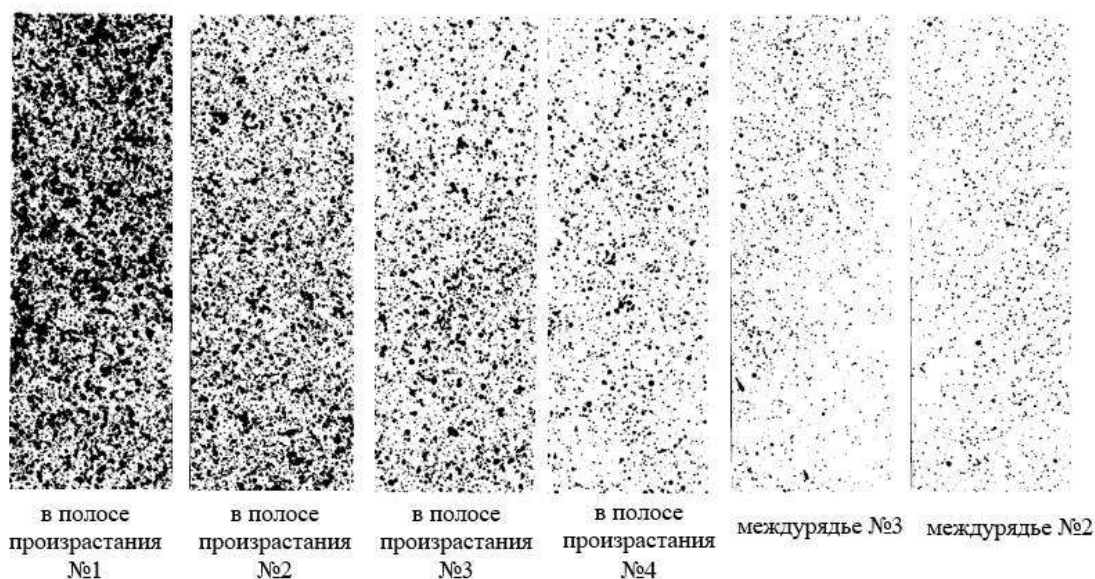


Рисунок 3 – Полоски водочувствительной бумаги, обработанные рабочим раствором
Figure 3 – Strips of water-sensitive paper treated with working solution

На рисунке 4 представлена схема расположения водочувствительных полосок по ширине обрабатываемой полосы. индикаторные полоски располагали на почве по ширине обрабатываемой полосы для улавливания капель рабочего раствора, попавшего по ширине рабочей полосы B_p , представляющей собой проекцию абриса картофеля на почву, и в междуполосное пространство.

После осмотра и выбраковывания залитых карточек проводилась оценка степени покрытия обработанной поверхности (таблица 1). На основании проведенных полевых исследований был построен график степени покрытия в зависимости от примененного способа опрыскивания.

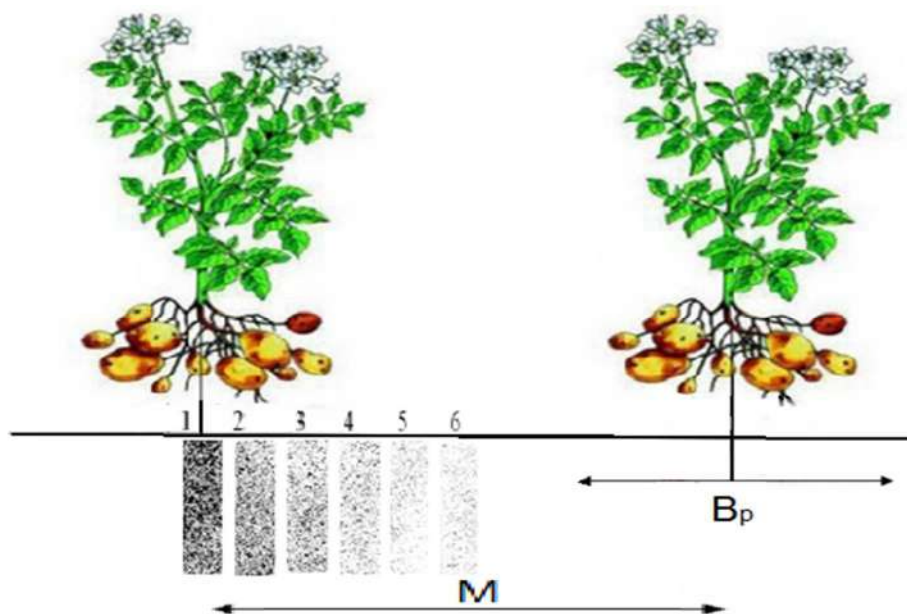


Рисунок 4 – Схема расположения индикаторных полосок

Figure 4 – Layout of indicator strips

Таблица 1 – Степень покрытия листовой пластины, %

Table 1 – Degree of sheet plate coverage, %

Тип обработки	№ полоски	Расположение	Степень покрытия
Полосовая обработка		Верхний	62,55
		Оборотн. сторона листа	14,0
		Средний	30,76
		Оборотн. сторона листа	7,33
	1	в полосе произрастания №1	44,77
	2	в полосе произрастания №2	29,93
	3	в полосе произрастания №3	19,10
	4	в полосе произрастания №4	12,90
	5	междурядье №3	9,44
	6	междурядье №2	8,80
Сплошная обработка		Верхний	81,59
		Оборотн. сторона листа	1,00
		Средний	1,86
		Оборотн. сторона листа	0,26
	1	в полосе произрастания №1	43,69
	2	в полосе произрастания №2	43,90
	3	в полосе произрастания №3	30,10
	4	в полосе произрастания №4	32,90
	5	междурядье №3	41,54
	6	междурядье №2	42,45

Как видно из графика, рабочий раствор при полосовом опрыскивании преимущественно попадал на растение, и в меньшей степени в междурядье. При этом при сплошном опрыскивании значительная часть рабочего раствора попадала как на растение, так и в междурядье (рисунок 5).

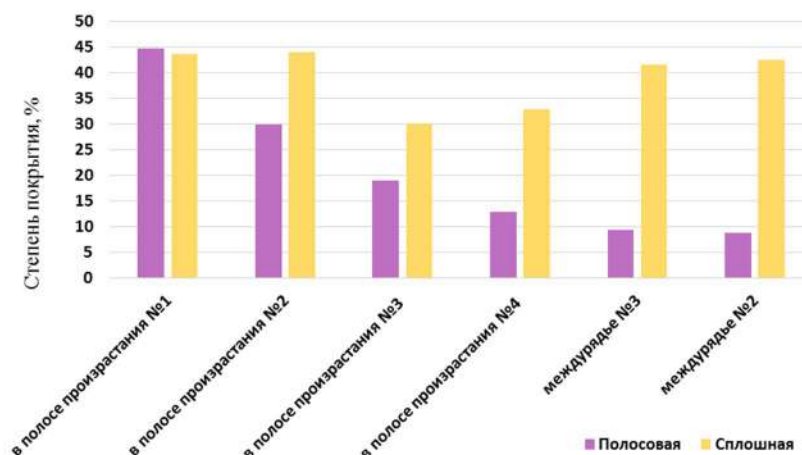


Рисунок 5 – Степень покрытия листовой пластины каплями раствора в зависимости от способа опрыскивания

Figure 5 – Degree of coverage of the leaf plate with solution drops depending on the way of spraying

При сплошном опрыскивании попадание капель раствора на оборотную сторону листа отсутствует, а степень покрытия рабочим раствором на верхних и средних ярусах листьев снижается (рисунок 6).

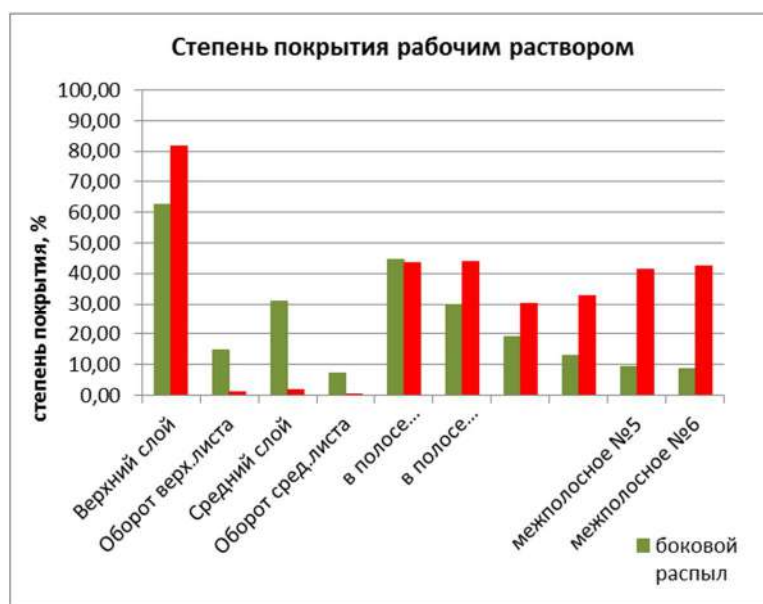


Рисунок 6 – Степень покрытия листовой пластины каплями раствора в зависимости от расположения индикаторной бумаги

Figure 6 – Degree of coverage of the sheet plate by drops of solution depending on the location of the indicator paper

Результаты исследований показывают, что распределение капель рабочего раствора по поверхностям листа картофеля является более равномерным при применении полосового опрыскивания. В зависимости от высоты расположения листа картофеля на стебле количество капель снижается. На оборотной стороне листа зафиксировано сокращение количества капель, однако качественные показатели обработки улучшаются в общем объеме, в отличие от результатов, полученных при применении сплошного способа опрыскивания с вертикальным распылом.

Если принять общий объем распределенного рабочего раствора на растении и по ширине обработанной полосы за 100%, то распределение препарата по поверхностям культурного растения и в междолевой полосе в зависимости от способа опрыскивания имеет существенные отличия (рисунок 7).

Боковой способ распыла позволяет сосредоточить основную часть рабочего раствора в полосе произрастания картофеля 92,41% вместо 73,69% при вертикальном способе распыла. Покрытие рабочим раствором на объекте обработки повышается на 18,7 %. В междолевое пространство при вертикальном способе распыла попадает 26,31% бакового раствора, а при боковом способе распыла лишь 7,6 %. Применение бокового способа распыла при полосовом опрыскивании позволяет сократить побочное действие пестицида.



Рисунок 7 – Распределение препарата на объекте обработки от способа опрыскивания по ярусам
Figure 7 – Distribution of the preparation on the object of treatment from the method of spraying by tiers

Выводы. Полученные результаты показывают, что при полосовом опрыскивании с боковым способом распыла качество обработки картофеля улучшается. Применение индикаторного метода при определении степени покрытия рабочим раствором посадок картофеля по ярусам и на почве показал преимущества способа полосовой обработки с боковым распылом по сравнению со сплошным опрыскиванием с вертикальным распылом. Снижение пестицидной нагрузки в междолевой полосе составило 4,5-5 раз, покрытие листьев осуществляется более равномерно, обработка осуществляется на внешней и тыльной стороне листа культурного растения на всех ярусах листьев.

Conclusions. The obtained results show that at strip spraying with lateral spraying method the quality of potato treatment improves. Application of indicator method in determining the degree of coverage of potato plantings by the working solution on tiers and on the soil showed the advantages of strip spraying method with lateral spraying compared to continuous spraying with vertical spraying. Reduction of pesticide load in the interstrip space amounted to 4.5-5 times, leaf coverage is more uniform, treatment is carried out on the outer and back side of the leaf of the cultivated plant on all leaf tiers.

Библиографический список

1. Битва за климат: Углеродное фермерство как ставка России / А. Ю. Иванов, Н. Д. Дурманов, М. П. Орлов, К. В. Пиксендеев, Ю. Е. Ровнов, П. О. Лукша, И. А. Макаров, А. В. Птичников, И. А. Степанов, М. М. Харченко, Г. М. Чертков // Издательство Высшей школы экономики. Экспертный доклад, Москва, 2021. 120 с.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 296–305.

3. Изучение эффективности минеральных удобрений на подсолнечнике в открытом грунте при орошении в условиях Волгоградской области / О. Г. Чамурлиев, А. Н. Сидоров, А. А. Холод, Г. О. Чамурлиев // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 69-76.
4. Исследование насадки с малоэнергоемким искусственным дождем / В. В. Бородычев, А. Е. Новиков, М. И. Филимонов, М. И. Ламскова // *Научная жизнь*. 2016. № 2. С. 50-57.
5. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 3 (59). С. 116–124.
6. Мезникова М. В. Влияние технологических параметров вертикального опрыскивания на обеспечение экологической безопасности при возделывании пропашных культур // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 4 (68). С. 502–514.
7. Мезникова М. В. Методика оценки качественных показателей опрыскивания на основе анализа тонового изображения объекта в цветовом пространстве файла // *Вестник аграрной науки Дона*. 2022. Т. 15. № 3 (59). С. 61–71.
8. Мельник В. И. Эволюция систем земледелия - взгляд в будущее // *Земледелие*. 2015. № 1. С. 8-12.
9. Оценка действия энергосберегающих технологий основной обработки почвы на содержание органического вещества и агрофизические показатели плодородия / С. В. Щукин, Е. А. Горнич, А. М. Труфанов, А. Н. Воронин // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2019. № 4 (56). С. 119–167.
10. Ударцева О. В. Геоэкологические аспекты устойчивого развития // *Естественные и технические науки*. 2009. № 6 (44). С. 461-462.
11. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 1 (57). С. 158–167.
12. Шишкунов В. М., Сазонов В. Е., Мытарев М. А. Оценка степени загрязнения почв в местах размещения отходов // *Агрохимический вестник*. 2009. № 2. С. 19-20.
13. Belousov S. V., Khanin Y. V., Zhadko V. V. Methods and means of concentrated fertilizers plication // *International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020 - Machine Science, Mechanization, Automatization and Robotics. Sevastopol, 2020. P. 052050.*
14. Borisenko I. B., Meznikova M. V. Strip tillage as an implementation of resource-saving approaches in areas of risky agriculture // *International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research*. 2023. Vol. 398.

References

1. Battle for Climate: Carbon Farming as a Bet of Russia / A. Yu. Ivanov, N. D. Durmanov, M. P. Orlov, K. V. Pixendeev, Yu. E. Rovnov, P. O. Luksha, I. A. Makarov, A. V. Ptitschnikov, I. A. Stepanov, M. M. Kharchenko, G. M. Chertkov // *Publishing House of the Higher School of Economics. Expert report, Moscow, 2021. 120 p.*
2. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Theoretical justification of the uniformity of application of the working solution to the object of influence when processing row crops by strip spraying // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2021. № 4 (64). Pp. 296-305.
3. Study of the effectiveness of mineral fertilizers on sunflower in open ground during irrigation in the Volgograd region / O. G. Chamurliiev, A. N. Sidorov, A. A. Kholod, G. O. Chamurliiev // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2022. № 4 (68). Pp. 69-76.
4. Research of a nozzle with low-energy artificial rain / V. V. Borodychev, A. E. Novikov, M. I. Filimonov, M. I. Lamskova // *Scientific life*. 2016. № 2. Pp. 50-57.

5. Medvedev G. A., Yekaterinicheva N. G., Tkachenko A. V. Efficiency of innovative sunflower cultivation systems in the southern chernozems of the Volgograd Region // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2020. № 3 (59). Pp. 116-124.
6. Meznikova M. V. Impact of technological parameters of vertical spraying on ensuring environmental safety in the cultivation of row crops // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2022. № 4 (68). Pp. 502-514.
7. Meznikova M. V. Methodology for assessing qualitative indicators of spraying based on the analysis of the tonal image of an object in the color space of a file // *Bulletin of Agricultural Science Don*. 2022. V. 15. № 3 (59). Pp. 61-71.
8. Melnik V. I. The evolution of farming systems – a look into the future // *Agriculture*. 2015. № 1. Pp. 8-12.
9. Assessment of the effect of energy-saving technologies of basic tillage on the content of organic matter and agrophysical fertility indicators / S. V. Shchukin, E. A. Gornich, A. M. Trufanov, A. N. Voronin // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2019. № 4 (56). Pp. 119-167.
10. Udartseva O. V. Geocological aspects of sustainable development // *Natural and technical sciences*. 2009. № 6 (44). Pp. 461-462.
11. Churzin V. N., Dubovchenko A. O. Yield of sunflower hybrids depending on the moisture supply of crops on the chernozems of the Volgograd region // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education*. 2020. № 1 (57). Pp. 158-167.
12. Shishkunov V. M., Sazonov V. E., Mytarev M. A. Assessment of the degree of soil pollution in waste disposal sites // *Agrochemical Bulletin*. 2009. № 2. Pp. 19-20.
13. Belousov S. V., Khanin Y. V., Zhadko V. V. Methods and means of concentrated fertilizers application // *International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2020 – Machine Science, Mechanization, Automation and Robotics*. Sevastopol, 2020. P. 052050.
14. Borisenko I. B., Meznikova M. V. Strip tillage as an implementation of resource-saving approaches in areas of risky agriculture // *International Conference on Advances in Agrobusiness and Biotechnology Research*. 2023. Vol. 398.

Информация об авторах

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, д-р техн. наук, главный научный сотрудник, профессор кафедры "Земледелие и агрохимия", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Чамурлиев Омарий Георгиевич, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Россия, Волгоградская область, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-12-20, e-mail: attika.ge@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: marina_roxette@mail.ru

Скрипкин Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. +7(8442) 41-15-10, e-mail: umka525@mail.ru

Габуншина Алтана Анатольевна, магистрант кафедры "Земледелие и агрохимия", лаборант-исследователь лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНИЦ Агроэкологии РАН, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), (РФ, 400062, Волгоград, пр-т Университетский, д. 97), e-mail: altana.gabunshina@yandex.ru

Соколов Дмитрий Алексеевич, студент направления "Биотехнические системы и технологии", ФГБОУ ВО Волгоградский государственный медицинский университет (РФ, 400131, Волгоград, площадь Павших Борцов, д. 1), e-mail: sokolov_dima132200@mail.ru

Authors Information

Borisenko Ivan Borisovich, Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Professor, Senior Researcher of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), tel. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Chamurliov Omari Georgievich, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Agriculture and Agrochemistry, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Russia, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), tel. 8 (8442) 41-12-20, e-mail: attika.ge@yandex.ru

Meznikova Marina Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher at the Research Institute for Advanced Research and Innovation in Agriculture, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), tel. +7 (8442) 41-12-48, e-mail: marina_roxette@mail.ru

Skripkin Dmitry Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Researcher at the "Research Institute for Advanced Research and Innovation in Agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), tel. +7(8442) 41-15-10, e-mail: umka525@mail.ru

Gabunshina Altana Anatolyevna, Master's student of the Department of Agriculture and Agrochemistry, laboratory assistant-researcher of the Laboratory of Agrotechnologies and Farming Systems in Agroforestry Departments of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), (RF, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), e-mail: altana.gabunshina@yandex.ru

Sokolov Dmitry Alekseevich, student of the direction "Biotechnical systems and technologies", Volgograd State Medical University (Russia, 400131, Volgograd, Fallen Fighters Square, 1), e-mail: sokolov_dima132200@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-42

THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR THE USE OF IRRIGATION MACHINES ON IRRIGATED LANDS OF THE VOLGOGRAD REGION

E. P. Borovoy, S. M. Grigorov, O. A. Nekhaeva, N. V. Kuznetsova

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Received 05.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The article presents an analysis of qualitative and quantitative characteristics of the current state of the use of sprinkler equipment on irrigated lands of the Volgograd region, the elements of operational and technical characteristics of irrigation equipment are studied on the example of a wide-reach sprinkler machine of circular action.

Abstract

Introduction. The development of highly productive and sustainable agriculture in the Volgograd region can be ensured only with the help of artificial irrigation. Due to the high level of mechanization and automation of the process, the possibility of irrigation in fields with difficult terrain, such a method of irrigation as sprinkling has become widespread in the region. However, according to the results of annual monitoring, a significant number of sprinklers currently operating due to low technical level, high service life, low reliability and, often occurring extreme wear of technical elements, do not meet the modern requirements of reclamation measures. Thus, the study of the current state and prospects for the use of sprinkler equipment is necessary for the introduction into circulation of a new generation of machines with higher technical and economic indicators. As an example of modern domestic sprinkler equipment, the article considers the wide spreader sprinkler «Don-K». **Object.** The object of the study is sprinkler machines used in the modern period on irrigated lands of the Volgograd region. **Materials and methods.** The paper uses materials of scientific papers and official statistical data reflecting the current state of application of sprinkler machines in the region. Mathematical, statistical, comparative-analytical and system methods of analysis were used in the research process. The research of the the wide spreader

sprinkler «Don-K» was carried out in the summer of 2020 on the basis of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana». **Results and conclusion.** Effective provision of the agro-industrial complex with irrigation equipment is one of the priority tasks of the development of agriculture in the Volgograd region. The availability of sprinklers, including domestic production, in the conditions of the arid climate of the region directly determines the competitiveness of the grown products, since today irrigation in most municipalities is carried out directly using specialized equipment – 50430, 20 hectares. The most common names of sprinkler equipment were: Bauer, Kuban and DKSH-64. However, there is an urgent need to develop sprinkler machines of domestic production with increased technical and operational indicators. As an example of such a technique, we have considered the wide spreader sprinkler «Don-K», installed in 2018 on the basis of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana». Thus, it was found that the Don-K sprinkler with a constant pressure in the pipeline at the inlet – 3 atm and wind speeds up to 5.5 m / s provides fully automated irrigation with the issuance of irrigation standards ranging from 80 to 340, depending on the selected speed mode of eight preset. The intensity of artificial rain under the specified conditions was 0.2 mm/min. In the course of the study, isolated cases of bending of the pipeline and subsequent stopping of the machine were noted, which is associated with the slipping of the Don-K wheels at 7 and 8 speeds. Loamy soil type prevails on the irrigated area, which additionally affected the situation. However, in combination of factors, with the correct adjustment of the machine, aimed at minimizing the above factors, it can be concluded that the sprinkler machine, in conditions of constant wind load and difficult terrain characteristic of the Volgograd region, is capable of stable and efficient operation.

Key words: irrigated lands, sprinkler irrigation, sprinkler machines, irrigation quality, operational and technical characteristics.

Citation. Borovoy E. P., Grigorov S. M., Nekhaeva O. A., Kuznetsova N. V. The current state and prospects for the use irrigation machines on irrigated lands of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 413-424 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-42.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.5

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. П. Боровой, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. М. Григоров, доктор технических наук, профессор

О. А. Нехаева, аспирант

Н. В. Кузнецова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Развитие высокопродуктивного и устойчивого сельского хозяйства на территории Волгоградской области может быть обеспечено только с помощью искусственного орошения. В связи с высоким уровнем механизации и автоматизации процесса, наличием возможности проведения поливов на полях со сложным рельефом большое распространение на территории региона получил такой способ орошения, как полив дождеванием. Однако по результатам ежегодных мониторингов, значительное количество работающих на данный момент дождевальных машин вследствие низкого технического уровня, высоких показателей сроков эксплуатации, малой надежности и нередко встречающейся предельной изношенности технических элементов не удовлетворяют современным требованиям проведения мелиоративных мероприятий. Таким образом, изучение современного состояния и перспектив использования дождевальной техники необходимо для внедрения в оборот нового поколения машин с более высокими технико-экономическими показателями.

В качестве примера современной отечественной дождевальной техники в статье рассмотрена широкозахватная дождевальная машина кругового действия «Дон-К» (ШДМ «Дон-К»). **Объект.** Объектом исследования являются дождевальные машины, используемые в современный период на орошаемых землях Волгоградской области. **Материалы и методы.** В работе использованы материалы научных работ и официальные статистические данные, отражающие современное состояние применения дождевальных машин на территории региона. В процессе исследования применялись математические, статистические, сравнительно-аналитические и системные методы анализа. Исследование дождевальной широкозахватной машины кругового действия «Дон-К» проводилось в летний период 2020 года на базе учебно-научно-производственного центра Волгоградского государственного аграрного университета «Горная поляна». **Результаты и выводы.** Эффективное обеспечение агропромышленного комплекса поливной техникой является одной из приоритетных задач развития сельского хозяйства Волгоградской области. Наличие дождевальных машин, в том числе отечественного производства, в условиях засушливого климата региона напрямую определяет конкурентоспособность выращиваемой продукции, так как на сегодняшний день полив в большинстве муниципальных образований осуществляется непосредственно с использованием специализированной техники – 50430, 20 га. Наибольшую распространенность получили такие наименования дождевальной техники, как Бауэр, Кубань и ДКШ-64. Однако остро стоит необходимость разработки дождевальных машин отечественного производства с повышенными технико-эксплуатационными показателями. В качестве примера такой техники нами рассмотрена ШДМ «Дон-К», смонтированная в 2018 году на базе учебно-научно-производственного центра «Горная поляна». Так, установлено, что дождевальная машина «Дон-К» при постоянном давлении в трубопроводе на входе – 3 атм и скорости ветра до 5,5 м/с обеспечивает полностью автоматизированный полив с выдачей поливных норм в пределах от 80 до 340 м³ в зависимости от выбранного скоростного режима из восьми предустановленных. Интенсивность искусственного дождя при заданных условиях составила 0,2 мм/мин. В ходе исследования отмечались единичные случаи изгиба трубопровода и последующей остановки машины, что связано с буксованием колес «Дон-К» на 7 и 8 скоростях. Данный факт в отношении «Дон-К» подтверждают и исследования, описанные в научных статьях Ю. Ф. Снопича, В. Ц. Челахова, О. В. Козинской [2]. На орошаемом участке преобладает суглинистый тип почв, что дополнительно влияло на ситуацию. Однако в совокупности условий при правильной наладке работы машины, направленной на минимизацию вышеуказанных факторов, можно сделать вывод, что дождевальная машина, в условиях постоянной ветровой нагрузки и сложного рельефа характерных для Волгоградского региона, способна к стабильной и эффективной работе.

Ключевые слова: орошаемые земли, полив дождеванием, дождевальные машины, качество полива, эксплуатационно-технические характеристики дождевальных машин.

Цитирование. Боровой Е. П., Григоров С. М., Нехаева О. А., Кузнецова Н. В. Современное состояние и перспективы использования дождевальных машин на орошаемых землях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 413-424. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-42.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время одним из главных факторов стабилизации и развития сельского хозяйства на засушливых территориях, к которым относится и Волгоградская область, является орошаемое земледелие [10]. На протяжении многих десятилетий для решения остро стоящих проблем обеспечения продовольственной безопасности страны разрабатываются и успешно реализуются многоаспектные Федеральные программы, в которых развитию орошаемого земледелия на данных территориях уделяется особое внимание [4].

Климатические особенности Волгоградского региона характеризуются резкой континентальностью, наличием в летний период ветров – суховеев, среднегодовая скорость которых может достигать 5,0 м/с, а также пыльных бурь. В связи с большим территориальным массивом области, значительно различаются и климатические показатели региона, однако в пределах Ергенинской возвышенности, где располагается учебно-научно-производственный центр Волгоградского ГАУ «Горная поляна» согласно данным гидрометеослужбы, сумма активных температур составляет 3000-3400 °С, годовое количество осадков – 200-230 мм, испаряемость 800-850 мм, коэффициент увлажнения – 0,4. В летний период температуры достигают показателей в плюс 41,0 – плюс 43,0 °С, в зимний период – минус 10 – минус 11 °С. Продолжительность периода 10 °С и выше составляет более 170 дней. Таким образом, значительная испаряемость летом, превышающая сумму выпавших осадков в 3,5-4 раза, недостаточное среднегодовое количество осадков ведет к дефициту почвенной влаги. Данная совокупность фактов способствует возникновению острого дефицита почвенной влаги, в связи с чем, ведение сельскохозяйственной деятельности с последующим получением устойчивых урожаев возможно только при условии наличия орошения земель.

Согласно данным Управления ФГБУ «Волгоградмелиоводхоза», актуализированным 2021 годом, на территории области применяются такие способы орошения, как капельное орошение – 24243,33 га, поверхностный полив – 1645,14 га, лиманное орошение – 205,70 га. Отдельно отметим, что полив на территории муниципальных образований в большинстве случаев производится с применением специализированной техники – 50430, 20 га. На протяжении многолетнего периода в регионе используется следующая поливная техника: Фрегат; ДКШ-64 «Волжанка»; Бауэр; ДДА/ДДН; Валей; Кубань и др. [1]. Однако, в частности для Волгоградской области в настоящий момент актуальна проблема износа оросительных систем, специализированного оборудования для полива, которая требует решения в ближайшем будущем, в том числе создания новой поливной техники российского производства. Одним из примеров данной техники может служить смонтированная в 2018 году на базе учебно-научно-производственного центра Волгоградского ГАУ «Горная поляна» широкозахватная дождевальная машина кругового действия «Дон-К», успешно прошедшая государственные испытания (протокол № 08-45П-2019 от 28 октября 2019 года).

Материалы и методы. В процессе исследования теоретических и статистических материалов применялись математические, сравнительно-аналитические и системные методы анализа. Описание почвенного профиля проводили по методике заложения разреза, изложенного в методическом руководстве (Растворова О. Г. и др.).

Направление и скорость ветра автоматически фиксировалось метеостанцией «Сокол-М», расположенной на территории УНПЦ «Горная поляна». Рельеф местности определялся при помощи тахеометрической съемки исследуемого участка тахеометром электронным SET610 (заводской номер 202342).

Опытные испытания дождевальной широкозахватной машины кругового действия «Дон-К» проводили по программе методики испытаний дождевальной техники РД 10.11.1-89. Слой осадков определялся при помощи дождемерных стаканчиков, установленных радиально по всей длине поливного трубопровода. Количество выпавшего дождя замеряли при помощи цилиндра, обеспечивающего точность до 1 мл.

Результаты и обсуждение. Волгоградская область относится к регионам со значительным аграрным потенциалом развития сельскохозяйственного производства [5]. Однако сложный комплекс природных условий в совокупности с антропогенным воздействием определяют широкое распространение деградационных процессов, существенно влияющий на показатель продуктивности почв [8].

Также, по мнению ученых, основными проблемами на сегодня являются: наличие многолетней залежи и богарных земель, освоенных первоначально под орошение, отсутствие дренажа на большинстве оросительных системах и значительные площади солонцеватых почв, требующих обязательного применения мелиорации [7].

Согласно проведенному нами анализу статистических данных установлено, что ежегодно на территории региона увеличивается площадь сельскохозяйственных угодий за счет введения в оборот ранее не использованных земель. В 2021 – 2022 годах показатель таких земель увеличился на 37,14 тыс. га, а также значительно увеличилась площадь орошаемых земель (на данный момент показатель равен 74,6 тыс. га). Также перед областью стоит актуальная задача увеличения орошаемых земель к 2024 году до значения – 95,6 тыс. га.

Рассмотрим данные по использованию поливной техники на территории Волгоградской области в 2021 году. Как было отмечено ранее, полив с использованием дождевальных машин применяется более чем на 50,5 тыс. га орошаемых земель региона (таблица 1).

Таблица 1 – Использование поливной техники на орошаемых землях
Волгоградской области за 2021 г.

Table 1 – Use of irrigation equipment on irrigated lands of the Volgograd region for 2021

Наименование поливной техники / Name of irrigation equipment	Фрегат	ДКШ-64	Бауэр	ДДД/ДДН	Валей	Кубань	Прочие
Площадь орошения, га / Irrigation area, ha	74,0	1136,0	4657,6	86,0	64,0	894	6071

По результатам представленных данных, видно, что наибольшую распространенность на территории в целом Волгоградской области получили следующие наименования поливной техники: Бауэр, Кубань и ДКШ-64.

Помимо повсеместного применения дождевальных машин при проведении орошения на территории региона, в последнее время остро стал вопрос изношенности используемой поливной техники. Как одну из эффективных мер решения данного вопроса можно рассматривать появляющиеся в последнее время новые дождевальными машины отечественного производства с улучшенными технико-эксплуатационными показателями. В качестве примера данной техники нами рассмотрена широкозахватная дождевальная машина кругового действия «Дон-К». Отметим, что в ходе многочисленных исследований дождевальной техники кругового действия ранее отмечено такое преимущество, как возможность автоматизации процесса полива, что особенно актуально для условий Волгоградского региона [3].

Исследования проводились в условиях Волго-Донского междуречья на базе учебно-научно-производственного центра «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ, где 2018 был осуществлен монтаж «Дон-К».

Для определения общей характеристики почв, в рамках исследований, на орошаемом участке, согласно методике почвенного профилирования нами заложен почвенный шурф, имеющий очертания 1 x 2 м, глубиной – 2 м.

Согласно визуальной оценке, отмечено, что до 90 см. почвенного профиля наблюдается признаки солонцеватости по глянцевой поверхности агрегатов (натрий 6,2 -7,5), что соответствует среднесолонцеватому типу почв по степени засоления. Вскипание почвенного профиля происходит при воздействии 10 % HCl с поверхности и по всей протяженности. Бурное вскипание наблюдается от 22 до 110 см.

В горизонтах Апах и В1 присутствует среднесуглинистый тип почв, начиная с горизонта Вк – супесчаный (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели почвенных горизонтов орошаемого участка УНПЦ «Горная поляна»
Table 2 – Indicators of soil horizons of the irrigated area of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana»

№	Мощность / Power	Цвет / Colour	Влажность / Humidity	Структура / Structure	Тип / Type	Сложение / Addition	Новообразования / Neoplasms	Включения / Inclusions	Переход в другой горизонт / Transition to another horizon
А _{пах}	$\frac{0 - 26}{26}$	коричневый	сухой	комковато-призматическая	среднесуглинистый	слитое	ходы насекомых	корни травянистой растительности, (диаметр от 1 мм до 3-4 мм)	ясный
В ₁	$\frac{26 - 51}{25}$	светло-коричневый	свежий	комковатая	среднесуглинистый	слитое	имеются светло-серые пятна (легкий гумусовый затек)	мелкие корни травянистой растительности до 2 мм	постепенный
В _к	$\frac{51 - 72}{21}$	светло-коричневый	сухой	пластинчатозернистая	супесчаный	плотное	белые пятна карбоната кальция (неясные), светлые затечной формы гумуса	мелкие корни травянистой растительности до 1 мм	постепенный
ВС	$\frac{75 - 115}{43}$	коричневый	свежий	зернисто-пластинчатая	супесчаный	уплотнен более 3х см	-	мелкие корни травянистой растительности до 1 мм	постепенный
Ск (с признаками карбонатности)	$\frac{115 - 200}{85}$	коричневый	влажный	зернисто-пластинчатая	супесчаный	плотное, 1-2 см	карбонатный пояс, обилие «белоглазки»	мелкие корни травянистой растительности до 0,5 мм	-

Таким образом, на изучаемом участке определено наличие основных суглинистых почв с мощностью гумусового горизонта – 0,35 м.

Проведены исследования рельефа опытного участка, в результате которых сделаны выводы о преобладании на местности значительного уклона в пределах от 0,001 до 0,036 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Проведение тахеометрической съемки с целью получения геодезических данных орошаемого участка

Figure 1 – Carrying out a total station survey in order to obtain geodetic data of the irrigated area

Согласно протоколу государственных испытаний, широкозахватная дождевальная машина кругового действия «Дон-К» предназначена для орошения сельскохозяйственных культур из закрытой оросительной сети. Конструкция дождевальной машины обеспечивает работу на полях со спокойным рельефом (уклоны вдоль водопроводящего трубопровода до 0,01), повышенным (от 0,02 до 0,05) и большим (от 0,05 до 0,07) уклонами на любых типах почв [6].

ШДМ «Дон-К», являясь передвижным многоопорным агрегатом, состоит из центральной опоры, водопроводящего трубопровода, тележек с силовым и приборным оборудованием, вертикальных натяжных тросов, консоли. Центральная неподвижная опора состоит из поворотного колеса, неподвижного стояка, щита управления, манометра и рамы неподвижной опоры [9].

Система управления машиной состоит из щита управления, расположенного на центральной опоре, блоков управления, установленных на тележках и связанных между собой кабелями. Система управления обеспечивает равномерное движение всех секций опоры с заданной одинаковой угловой скоростью. Движение машины производится от электродвигателей, которые установлены на каждом колесе, пульт управления расположен непосредственно на центральной опоре. Работа автоматизи-

чески в непрерывном режиме, электродвигатели позволяют значительно снизить возможный расход электроэнергии до 50%. Потребляемая мощность для одной тележки 0,25 кВт, что меньше аналогичных показателей у зарубежных аналогов в 3-6 раз (0,8-1,5 кВт). Поливной трубопровод выполнен из композитных материалов, что существенно снижает вес конструкции вплоть до 30 %, потери по длине и предотвращают процессы коррозии [3].

Возможен холостой и реверсивный ход работы с подачей воды, как в чистом виде, так и с удобрениями, средствами защиты растений. Вантовая конструкция машины и наличие колес на резиновом ходу с электродвигателями позволяет осуществлять полив на местности с большими уклонами.

Технические параметры ШДМ «Дон-К» характеризуется следующими показателями, определенными в ходе проведения государственных испытаний машины (таблица 3) [6].

Таблица 3 – Показатели ШДМ «Дон-К»
Table 3 – Indicators of the wide spreader sprinkler «Don-K»

Наименование показателя / The name of the indicator	Значение / Value
Высота дождевального пояса над полем / The height of the sprinkler belt above the field	2,5 м
Общая высота вместе с демпфером / Total height together with damper	7,0 м
Диаметр водопроводящего трубопровода / Diameter of the water supply pipeline	100...150 мм
Скорость движения последней тележки / The speed of the last cart	1,6...5,0 м/мин
Давление на входе / Inlet pressure	2...3 атм или 0,2...0,3 Мпа
Расход / Expenditure	25...90 л/сек
Поливная норма / Irrigation rate	25...300 м ³ /га
Диаметр капель для различных дождеобразующих устройств / Diameter of drops for various rain-forming devices	0,1...2,5 мм
Применяемые дождеобразующие устройства (дефлек- торные насадки) расположены на расстоянии 2,5м друг от друга / The applied rain-forming devices (deflector nozzles) are located at a distance of 2.5 m from each other	коротко- и среднеструйные кругово- го и секторного действия
Количество секций / Number of sections	3 шт
Ширина одной секции / Width of one section	30 м
Конструктивная длина / Design length	100 м
Радиус полива ШДМ вместе с концевым аппаратом / The irrigation radius of the wide spreader sprinkler to- gether with the end device	105 м
Количество дождевых аппаратов / Number of rain machines	36 шт (включая 1 концевой)

ШДМ «Дон-К» установлена в учебно-научно-производственном центре (УНПЦ) «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета. Забор воды и подача ее на орошаемые участки осуществляется насосной станцией из Варваровского водохранилища.

В период проведения исследований влажность почвы составляла 12,0 -14,8 %, твердость почвы при этом равнялась 3,4-4,6 Мпа. Вода, подаваемая в машину, отвечала норме. Содержание взвешенных частиц в подаваемой воде было 0,1 г/л и отвечало нормативным требованиям (не более 5 г/л).

В ходе исследований была определена скорость движения дождевальной машины «Дон-К» на предусмотренных конструкцией восьми режимах. На каждой скорости проводился замер времени, в которое машина проходит определенный участок поля, который нами был принят равным 1 метру. Также, определена поливная норма, исходя из заданной скорости движения дождевальной машины с учетом скорости, направления ветра на орошаемом участке. Давление в трубопроводе на всем протяжении эксперимента было равным – 3 атмосферы.

Таблица 4 – Фактические поливные нормы при работе на различных запрограммированных скоростях

Table 4 – Actual irrigation rates when operating at various programmed speeds

Скорость / Speed	Время, м/мин Time, m/min	Поливная норма, м ³ /га Irrigation rate, m ³ /ha	Скорость ветра, м/с Wind speed, m/s	Направление ветра / Wind direction
1	4,13	340	5,5	СВ
2	2,56	315	5,0	СВ
3	2,25	270	5,2	С
4	2,00	250	5,0	С
5	1,29	210	5,5	Ю
6	1,24	160	4,2	С
7	1,14	120	5,0	ЮВ
8	1,05	80	5,5	ЮВ

Полученные в ходе исследований показатели слоя дождя при заданных параметрах скоростей «Дон-К» равны от 8 мм (8 скоростной режим) до 23 мм (1 скоростной режим) (рисунок 2). Интенсивность искусственного дождя при заданных условиях составляла 0,2 мм/мин.

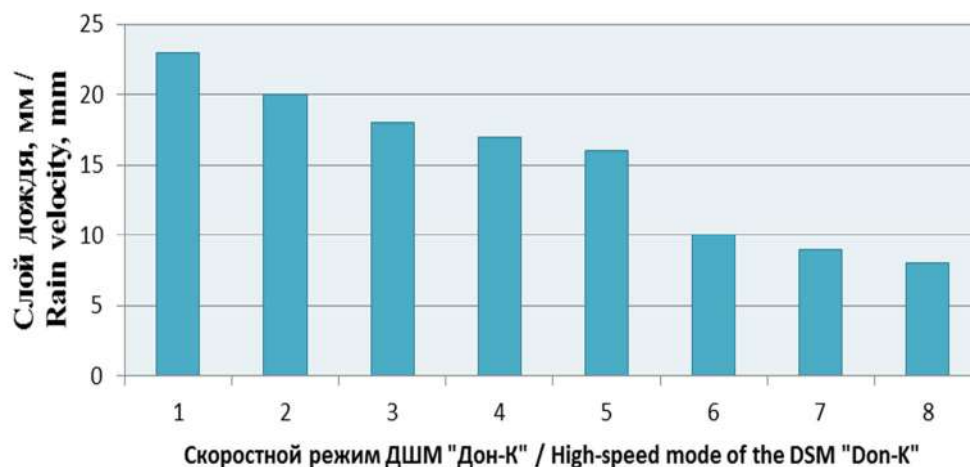


Рисунок 2 – Показатель слоя дождя в зависимости от скоростного режима ШДМ «Дон-К»

Figure 2 – Indicator of the rain layer depending on the speed mode of the wide spreader sprinkler «Don-K»

Выводы. Эффективное обеспечение агропромышленного комплекса поливной техникой является одной из приоритетных задач развития сельского хозяйства Волгоградской области. Наличие дождевальных машин, в том числе отечественного производства, в условиях засушливого климата региона напрямую определяет конкурентоспособность выращиваемой продукции, так как на сегодняшний день полив в большинстве муниципальных образований осуществляется непосредственно с использованием специализированной техники – 50430, 20 га. В ходе исследований определены основные эксплуатационно-технические параметры одной из таких дождевальных машин – ШДМ «Дон-К». Сделаны выводы об ее высокой износостойкости и надежности в условиях сложного рельефа и природно-климатических условий Волгоградского региона.

Conclusions. Effective provision of the agro-industrial complex with irrigation equipment is one of the priority tasks for the development of agriculture in the Volgograd region. The presence of sprinklers, including domestic ones, in the arid climate of the region directly determines the competitiveness of the grown products, since today irrigation in most municipalities is carried out directly using specialized equipment - 50,430.20 hectares. During the research, the main operational and technical parameters of one of these sprinkler machines, the wide spreader sprinkler «Don-K», were determined. Conclusions are drawn about its high wear resistance and reliability in conditions of difficult terrain and natural and climatic conditions of the Volgograd region.

Библиографический список

1. Абезин В. Г., Семенов С. Я., Скрипкин Д. В., Беспалов А. Г. Совершенствование конструкции дождевальной машины кругового действия // Известия НВ АУК. 2015. № 2 (38). С. 208-2012.
2. Горохова И. Н., Панкова Е. И. Изменения мелиоративного состояния орошаемых земель в Волгоградской области за 2001-2018 годы // Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2022. № 110. С. 51-89.
3. Гулевский В. А., Чернышов А. В. Современные направления совершенствования конструкций дождевальных машин кругового действия // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. 2017. Том 1. Часть 1. С. 226-229.
4. Козинская О. В., Бочарников В. С., Кальянов А. Л., Киселева Р. З. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины «ДОН-К» // Известия НВ АУК. 2022. № 2 (66). С. 490-498.
5. Кошкарёв И. А. Структурные изменения и их эффективности в сельском хозяйстве Волгоградской области // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2020. № 3 (63). С. 1-11. (6321).
6. Протокол приёмочных испытаний широкозахватной дождевальной машины – ШДМ «Дон-К» №08-45П-2019 от 29 октября 2019 года, г. Кинель, 2019 г.
7. Снопич Ю. Ф., Челахов В. Ц., Козинская О. В. Исследование качества полива новой дождевальной машиной кругового действия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 43-54.
8. Цветнов Е. В., Макаров О. А., Цветнова О. Б., Крючков Н. Р. Опыт совмещенной оценки нейтрального баланса деградации земель Волгоградской области и их эколого-экономического ущерба // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 1.
9. Nekhaeva O. A., Borovoy E. P. Analysis of the main elements of irrigation technique with a wide-grabbing sprinkler machine "Don-K" in the conditions of the Volga-Don interfluvium // Contribution of young scientists of agricultural universities and research institutes to solving the problems of import substitution and food security in Russia: Materials of the International Scientific and Practical Conference of the Volgograd State Agrarian University. 2021. P. 138-141.
10. Olgarenko D. G. System of indicators for assessing the quality of irrigation of agricultural crops by sprinkling // Melioration and water management. 2014. № 2. P. 23-27.

References

1. Abezin V. G., Semenenko S. Ya., Skripkin D. V., Bepalov A. G. Improving the design of a round-robin sprinkler//Izvestia NV AUK. 2015. № 2 (38). S. 208-212.
2. Gorokhova I.N., Pankova E.I. Changes in the reclamation state of irrigated lands in the Volgograd region for 2001-2018//Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. 2022. № 110. S. 51-89.
3. Gulevsky V. A., Chernyshov A. V. Modern directions for improving the designs of round-robin sprinkler machines//The role of agrarian science in the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation: materials of an international scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of the FSBEI HE Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I. 2017. Volume 1. Part 1. S. 226-229.
4. Kozinskaya O. V., Bocharnikov V. S., Kalyanov A. L., Kiseleva R. Z. Determination of operational and hydraulic characteristics of reclamation systems when using the DON-K sprinkler machine//Izvestia NV AUK. 2022. № 2 (66). S. 490-498.
5. Koshkarev I. A. Structural changes and their efficiency in agriculture of the Volgograd region//Regional economy and management: electronic scientific journal. 2020. № 3 (63). Pp. 1-11. (6321).
6. Acceptance Test Report for Wide-Grip Sprinkler Machine - SHDM "Don-K" No. 08-45P-2019 dated October 29, 2019, Kinel, 2019
7. Snipich Yu. F., Chelakhov V. Ts., Kozinskaya O. V. Research on the quality of watering with a new raincoat machine of circular action//Scientific Journal of the Russian Research Institute of Reclamation Problems. 2019. № 4 (36). Pp. 43-54.
8. Tsvetnov E.V., Makarov O.A., Tsvetnova O.B., Kryuchkov N.R. Experience of a combined assessment of the neutral balance of land degradation in the Volgograd region and their environmental and economic damage//Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2021. № 1.
9. Nekhaeva O. A., Borovoy E. P. Analysis of the main elements of irrigation technique with a wide-grabbing sprinkler machine "Don-K" in the conditions of the Volga-Don interfluve // Contribution of young scientists of agricultural universities and research institutes to solving the problems of import substitution and food security in Russia: Materials of the International Scientific and Practical Conference of the Volgograd State Agrarian University. 2021. Pp. 138-141.
10. Olgarenko D. G. System of indicators for assessing the quality of irrigation of agricultural crops by sprinkling // Melioration and water management. 2014. № 2. P. 23-27.

Информация об авторах

Боровой Евгений Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Григоров Сергей Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Нехаева Ольга Андреевна, аспирант кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. (8442) 41-81-78, e-mail: olya.zemlyanskaya.96@mail.ru

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Authors Information

Borovoy Evgeny Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, 400002, Russia, tel. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Grigorov Sergey Mikhailovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, 400002, Russia, tel. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: gsm.dtn@mail.ru

Nekhaeva Olga Andreevna, Postgraduate student of the Department of Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, 400002, Russia, tel. (8442) 41-81-78), e-mail: olya.zemlyanskaya.96@mail.ru

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department "Land Reclamation and Integrated Use of Water Resources", Volgograd State Agrarian University (Volgograd, Prospekt Universitetskiy, 26, 400002, Russia, tel. 8 (8442) 41-81-78, e-mail: nvkuznetsova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-43

THE ORETICAL JUSTIFICATION OF PLACING A VIBRATION GENERATOR ON A CULTIVATOR RACK

D. S. Gapich, R. A. Kosulnikov, S. D. Fomin, A. A. Karsakov

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author of the E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 08.06.2023

Submitted 23.08.2023

Summary

It is analytically proved that in order to ensure the minimum energy costs spent on the operation of the vibration generator, it is necessary to place it at the point corresponding to the intersection of the horizontal line with the center of gravity of the cross section of the cultivator rack.

Abstract

Introduction. One of the main directions of the development of the agro-industrial complex in the field of agricultural production is considered an increase in soil fertility and an increase in the efficiency of the functioning of machine and tractor units (MTU). The quality of products and high yield of cultivated crops is an important task of agricultural production. The transition to innovative designs of tillage machines, allows you to achieve all the necessary indicators: agro technological, energy and environmental. The focus is on the energy saving strategy, the basic principles of designing tillage tools are proposed, which are based on fundamental studies of the physical, mechanical and dynamic characteristics of the soil background. **Object.** The object of research is the technological process of tillage with cultivator MTU. **The subject** of the study is the energy and quality indicators of the technological process of tillage with a cultivator MTU with active working bodies. **The purpose** of the study is to develop a conceptual framework for improving the energy-technological indicators of cultivator MTU with vibration of working sections. **Materials and methods.** The methodological basis of the research was the methods of system analysis, synthesis and theoretical provisions, the laws of soil theory, resistance of materials, theoretical mechanics, theory of oscillations and mathematical statistics. **Results and conclusions.** According to the criterion formulated in the work, such a location of the vibration generator was selected so that a linear dependence remained between the generated (disturbing) force and the movement of the toe of the working organ of the cultivator section, which contributes to a resonant increase in the oscillation amplitudes of the cultivator rack. Thus, in order to ensure the minimum energy costs spent on the operation of the vibration generator, it is necessary to place it at the point corresponding to the intersection of the horizontal line with the center of gravity of the cross section of the cultivator rack.

Key words: *efficiency of functioning of machine-tractor units, active working bodies, qualitative and environmental indicators of vibrating working bodies.*

Citation. Gapich D. S., Kosulnikov R. A., Fomin S. D., Karsakov A. A. Theoretical justification of placing a vibration generator on a cultivator rack *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 424-438 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-43.

Author's contribution. All the authors of the study were directly involved in the planning, execution and analysis of the results of experimental studies.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 629.31

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ВИБРОГЕНЕРАТОРА
НА СТОЙКЕ КУЛЬТИВАТОРА**

Д. С. Гапич, доктор технических наук, доцент
Р. А. Косульников, доктор технических наук, доцент
С. Д. Фомин, доктор технических наук, доцент
А. А. Карсаков, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Одними из главных направлений развития агропромышленного комплекса в сфере сельскохозяйственного производства принято считать повышение плодородия почв и рост эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов. Качество продукции и высокая урожайность возделываемых культур – важная задача сельскохозяйственного производства. Переход на инновационные конструкции почвообрабатывающих машин позволяет достичь всех необходимых показателей: агротехнологических, энергетических и экологических. В центре внимания находится стратегия энергосбережения, предлагаются базовые принципы проектирования почвообрабатывающих орудий, в основу которых заложены фундаментальные исследования физико-механических и динамических характеристик почвенного фона. **Объект.** Объект исследования – технологический процесс обработки почвы культиваторным МТА. **Предмет исследования** – энергетические и качественные показатели технологического процесса обработки почвы культиваторным МТА с активными рабочими органами. **Целью** исследования является: разработка концептуальных основ улучшения энерготехнологических показателей культиваторных МТА за счет использования вибрации рабочих секций. **Материалы и методы.** Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений, законы теории грунтов, сопротивления материалов, теоретической механики, теории колебаний и математической статистики. **Результаты и выводы.** Согласно сформулированному в работе критерию подобрано такое место размещения генератора вибраций, чтобы между генерируемой (возмущающей) силой и перемещением носка рабочего органа секции культиватора оставалась линейная зависимость, что способствует резонансному увеличению амплитуд колебаний культиваторной стойки. Таким образом, для обеспечения минимальных энергетических затрат, затрачиваемых на работу генератора вибраций, размещать его необходимо в точке, соответствующей пересечению горизонтальной линии с центром тяжести поперечного сечения стойки культиватора.

Ключевые слова: эффективность функционирования машинно-тракторных агрегатов, активные рабочие органы, показатели вибрирующих рабочих органов.

Цитирование. Гапич Д. С., Косульников Р. А., Фомин С. Д., Карсаков А. А. Теоретическое обоснование размещения виброгенератора на стойке культиватора. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 424-438. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-43.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов экспериментальных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Главными направлениями развития агропромышленного комплекса (АПК) в сфере сельскохозяйственного производства принято считать повышение плодородия почв и рост эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов (МТА) [3-5, 12-15, 25]. Качество продукции и высокая урожайность возделываемых культур – значимая задача сельскохозяйственного производства. С каждым годом в отрасли АПК происходит внедрение инновационных технологий обработки почвы с использованием новейшей техники. Переход на инновационные конструкции почвообрабатывающих ма-

шин позволяет достичь всех необходимых показателей: агротехнологических, энергетических и экологических [2, 5, 17-20, 28]. В центре внимания находится стратегия по энергосбережению, предлагаются базовые принципы проектирования почвообрабатывающих орудий, в основу которых заложены фундаментальные исследования физико-механических и динамических характеристик почвенного фона [9-11, 24]. Для достижения высоких показателей энергоэффективности предлагаются почвообрабатывающие орудия с активными рабочими органами, позволяющие приспосабливаться к зональным условиям эксплуатации по критериям энерготехнологичности выполняемого процесса [7, 16, 21, 22, 26]. В основу проектирования и эксплуатации таких орудий заложены математические модели, описывающие физическую картину взаимодействия активных рабочих органов с обрабатываемым материалом [1, 6, 8, 23, 27]. Перспективным направлением в этой области принято считать использование активации рабочих органов за счет динамических особенностей процесса разрушения почвенного пласта клиновидными деформаторами. В этом случае актуальными становятся вопросы эксплуатации таких орудий на почвах с различным структурным составом и генерирующими способностями, вопросы их конструкторского исполнения, обоснования массово-инерционных и конструкционных параметров, целесообразности использования внешних источников вибрации, оценки потребляемой мощности на вибрацию; согласования кинематических характеристик колебаний рабочих секций и скорости движения МТА в целом; качественных и экологических показателей вибрирующих рабочих органов на различных почвенных фонах.

В развитие теоретических основ создания и использования почвообрабатывающих орудий с активными рабочими органами как способа снижения энергетических затрат на обработку почвы большой вклад внесли многие и многие ученые. В их трудах изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований по влиянию упругих связей в местах сочленения рабочей секции и почвообрабатывающего орудия на тяговое сопротивление. Однако остается ряд нерешенных вопросов, препятствующих внедрению активных рабочих секций почвообрабатывающих орудий.

Объект исследования – технологический процесс обработки почвы культиваторным МТА. Предмет исследования – энергетические и качественные показатели технологического процесса обработки почвы культиваторным МТА с активными рабочими органами. Целью исследования является разработка концептуальных основ улучшения энерготехнологических показателей культиваторных машинно-тракторных агрегатов за счет использования вибрации рабочих секций.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений, законы теории грунтов, сопротивления материалов, теоретической механики, теории колебаний и математической статистики.

Результаты и обсуждение. Известно, что при воздействии гармонической силы на линейную колебательную систему в последней возникают гармонические колебания с частотой возмущающей силы и с амплитудой, определяемой параметрами системы, частотой и величиной возмущающей силы.

В случае консервативной системы при совпадении частот возмущающей силы и собственных колебаний системы в ней генерируется бесконечно возрастающий колебательный процесс, соответствующий наступлению резонанса. В случае консервативной, но нелинейной системы, вследствие возможной неизохронности, при возникновении в ней колебаний, условия резонанса, связанные с изменением амплитуды колебаний, могут изменяться, в этом случае допустимо установление заданной амплитуды вынужденных колебаний при любой частоте воздействия.

Пусть нелинейная консервативная система описывается уравнением:

$$\ddot{x} = f(x) \quad (1)$$

При воздействии на неё гармонической силы $P \cdot \cos(pt)$, уравнение движения будет:

$$\ddot{x} - f(x) = P \cdot \cos(pt) \quad (2)$$

Можно предположить, что вынужденное решение будет иметь тот же период, что и возмущающая сила, и содержать выражение:

$$a \cdot \cos(pt)$$

Примем, что система близка к линейной и данное выражение с частотой, совпадающей с частотой вынуждающей силы, является доминирующей в общем выражении, будем рассматривать решение в виде:

$$x = a \cdot \cos(pt) \quad (3)$$

Тогда уравнение (2) примет вид:

$$-p^2 \cdot a \cdot \cos(pt) - f(a \cdot \cos(pt)) = P \cdot \cos(pt) \quad (4)$$

Так как уравнение (4) должно соответствовать любым значениям аргумента, то можно записать:

$$-f(a) = P + p^2 a$$

Графически решение этого уравнения представлено на рисунке 1.

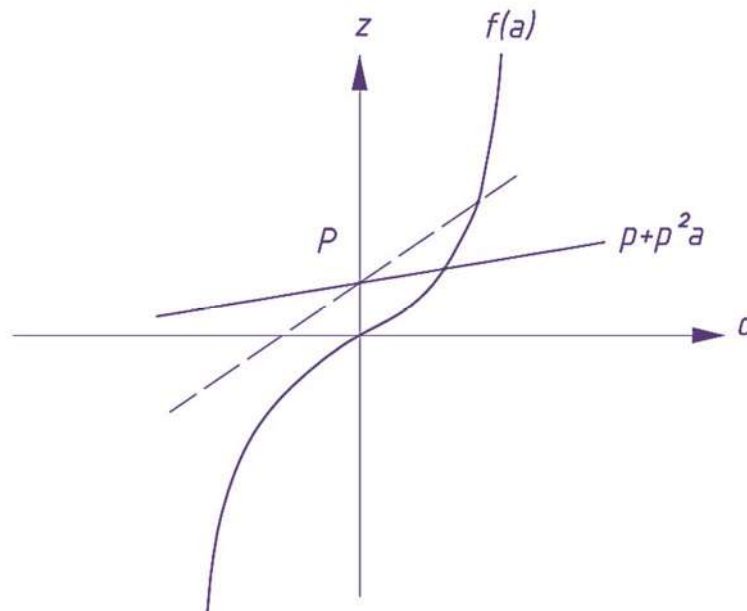


Рисунок 1 – К вопросу определения амплитуды вынужденных колебаний в случае нелинейной системы

Figure 1 – On the issue of determining the amplitude of forced oscillations in the case of a nonlinear system

Построение функции $r = -f(a)$ и прямой $r = P + p^2 a$ даёт искомое решение (a) в точке их пересечения, т.е. амплитуды.

Для различных P и p^2 , т.е. для различных амплитуд и частот можно найти соответствующее значение (a) и построить соответствующие кривые $a(p)$ для различных P .

Для $f(a)$ имеющий характер, показанный на рисунке 1, кривые $a(p)$ имеют вид, представленный на рисунке 2.

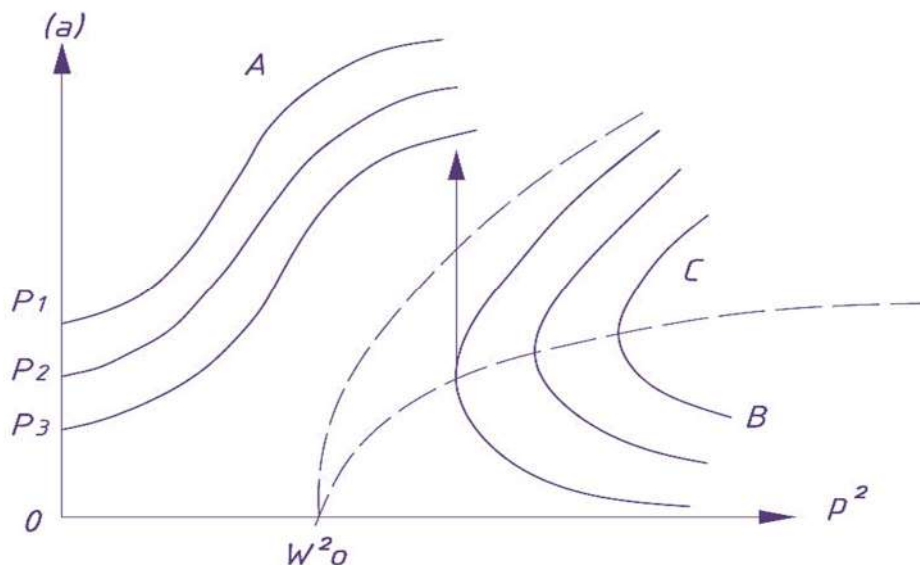


Рисунок 2 – Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты воздействия в системе с нелинейной возмущающей силой

Figure 2 – Dependence of the amplitude of forced oscillations on the frequency of exposure in a system with a nonlinear disturbing force

В случае $P = 0$ получим кривую, показанную пунктиром, что соответствует собственной частоте свободных колебаний (ω) системы при различных амплитудах.

Если проанализировать характер протекания резонансных кривых, можно отметить следующее: при частоте возмущающей силы (p), меньше частоты свободных колебаний (ω), в модели будет происходить колебательное движение. При этом амплитуда колебаний будет изменяться в зависимости от значений P и p .

При изменении возмущающей силы (p) возможно увеличение частоты свободных колебаний (ω_0) при $P > \omega_0$. При этом появляются дополнительно два колебательных процесса, имеющих разные амплитуды.

Амплитуда (a) вынужденных колебаний с ростом возмущающей силы (p) так же увеличивается (A), амплитуда одного дополнительного процесса растёт (C), а вторая амплитуда дополнительного процесса снижается (B) с ростом (p).

Т.е. при постоянной амплитуде (P) возмущающей силы частота (p) возмущающей силы изменяется с минимума до любого максимума, что является необходимым решением и приводит к реализации резонансной кривой в (A).

Если же рассматривать поведение амплитуды возмущающей силы при переходе с больших значений частоты силы в сторону ее снижения (p) и роста значения амплитуды (a) при движении по резонансной кривой (B), возможно до точки, касательная к которой будет вертикальна.

Дальнейшее снижение частоты (p) силы переходит повышением амплитуды вынужденного колебания (a), на ветвь кривой возмущающей силы в области (A). Т.е. мы не обнаруживаем условия, при которых система оказалась бы на ветви резонансной кривой в области (C).

Следует отметить ещё одну важную особенность возникновения колебаний в нелинейных системах: отсутствие бесконечно нарастающей амплитуды (a) при совпадении частот (p) с (ω_0), что является следствием не изохронности колебаний в нелинейных системах.

Из этой особенности вытекает критериальное условие, предъявляемое к работе генератора вибраций: возмущение, действующее со стороны активного генератора вибрации, не должно вносить нелинейность к изучаемым свойствам (характеристикам) рассматриваемой механической системы.

Данное условие положено нами в основу теоретического обоснования места размещения генератора вибраций на стойке культиватора.

Рассмотрим схему динамических сил, действующих со стороны генератора вибраций на секцию культиватора.

Согласно сформулированному критерию, необходимо подобрать такое место размещения генератора вибраций, чтобы между генерируемой (возмущающей) силой и перемещением носка рабочего органа секции культиватора оставалась линейная связь. В процессе вращения дисбаланса генератора вибраций смещение носка рабочего органа будет происходить как от вертикальных, так и от горизонтальных составляющих инерционной силы, изменяющейся по гармоническому закону (рисунок 3).

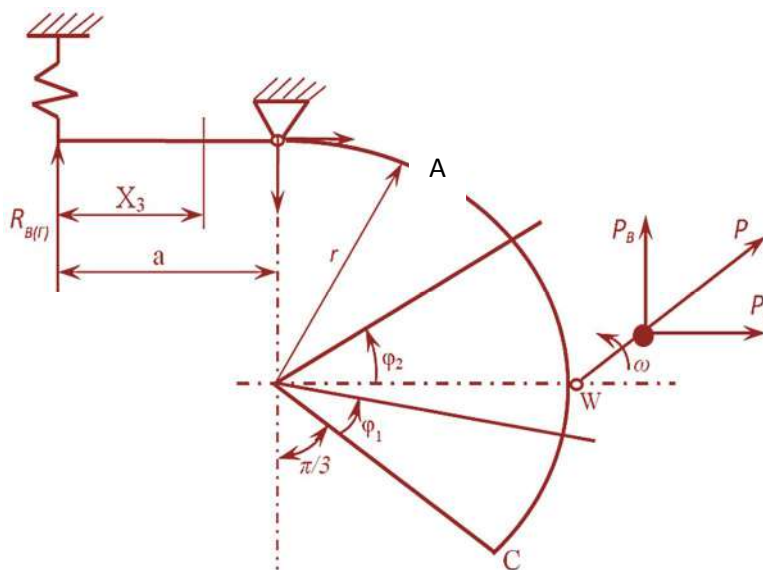


Рисунок 3 – Схема динамических сил, действующих со стороны генератора вибраций на секцию культиватора

Figure 3 – Diagram of dynamic forces acting from the side of the vibration generator on the cultivator section

При вращении груза массой m , радиусом кривошипа r и с угловой скоростью ω возникает сила инерции $P_j = m\omega^2 \cdot r$, которую можно разложить на две составляющие:

$$P_\theta = P_j \cdot \sin \alpha; P_z = P_j \cdot \cos \alpha$$

Под действием каждой из этих сил точка C после рабочего органа перемещается по вертикали и горизонтали. Для определения перемещений используем метод Максвелл-Мора. Для этого изобразим схему, нагруженную единичной силой по вертикали и горизонтали (рисунок 4).

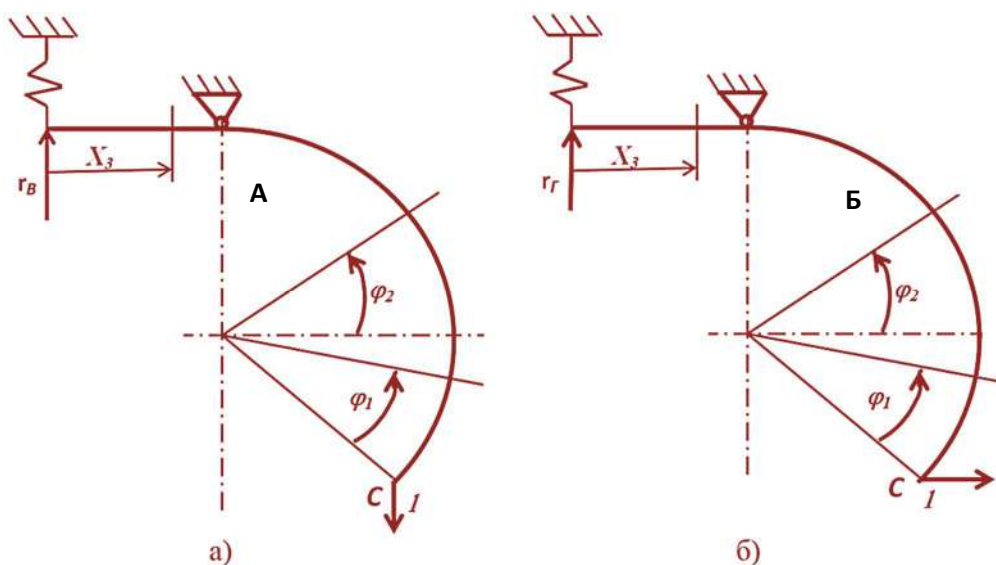


Рисунок 4 – Расчетная схема, нагруженная единичными силами: а) по вертикали; б) по горизонтали
Figure 4 – Calculation diagram loaded with unit forces: a) vertically; b) horizontally

Для этих схем из уравнений статики определяем усилия $R_\theta, R_z, r_\theta, r_z$:

$$\sum M_A = R_z \cdot a - P_z \cdot r = 0; R_z = \frac{P_z \cdot r}{a} = 2,762 \cdot P_z;$$

$$\sum M_A = R_\theta \cdot a - P_\theta \cdot r = 0; R_\theta = \frac{P_\theta \cdot r}{a} = 2,762 \cdot P_\theta.$$

Для схемы нагруженной единичным фактором по горизонтали (рисунок 4 (б)):

$$\sum M_A = r_z \cdot a - I \cdot \left(r + r \cos \frac{\pi}{3} \right) = 0; r_z = 4,14$$

где r_z – реакция; a – расстояние от шарнирного крепления до точки крепления упругого элемента стойки; r – радиус стойки.

Для схемы нагруженной единичным фактором по вертикали (рисунок 4 (а)):

$$\sum M_A = r_\theta \cdot \left(a + I \cdot r \sin \frac{\pi}{3} \right) = 0; r_\theta = -2,39$$

Разбиваем системы на три участка и составляем уравнения моментов по участкам.

$$M^I = 0$$

$$0 \leq \varphi_2 \leq \frac{\pi}{2}$$

$$M^{II}_\epsilon = P_\epsilon (r - r \cos \varphi) = P_\epsilon r (1 - \cos \varphi); \quad M^{II}_\epsilon = P_\epsilon (r \sin \varphi)$$

$$m^{II}_\epsilon = I \left(r \cos \varphi - r \sin \frac{\pi}{3} \right) = r (\cos \varphi - 0,867);$$

$$m^{II}_\epsilon = I \left(r \cos \frac{\pi}{3} + r \sin \varphi \right) = r (0,5 + \sin \varphi);$$

$$0 \leq x_3 \leq a$$

$$M^{III}_\epsilon = R_\epsilon x; \quad M^{III}_\epsilon = R_\epsilon x; \quad m^{III}_\epsilon = r_\epsilon x; \quad m^{III}_\epsilon = r_\epsilon x$$

Тогда вертикальное смещение точки C от действующей силы P_B определится как:

$$\delta_\epsilon^c = \frac{I}{EI_{z1}} \int M_\epsilon m_\epsilon ds = \frac{I}{EI_z} \left(0 + \int_0^{\frac{\pi}{2}} P_\epsilon r (1 - \cos \varphi) \cdot r (\cos \varphi - 0,866) r d\varphi + \int_0^a R_\epsilon \cdot x \cdot r_\epsilon \cdot x \cdot dx \right) = -0,076 \frac{P_\epsilon}{EI_z}$$

где E -модуль нормальной упругости материала стойки; I_z - осевой момент инерции поперечного сечения стойки.

Горизонтальное смещение точки C от действующей силы P_B :

$$\delta_\epsilon^c = \frac{I}{EI_z} \int M_\epsilon m_\epsilon ds = \frac{I}{EI_z} \left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} P_\epsilon r (1 - \cos \varphi) \cdot r (0,5 + \sin \varphi) r d\varphi + \int_0^a (R_\epsilon \cdot x \cdot r_\epsilon \cdot x \cdot dx) \right) = \frac{0,383 P_\epsilon}{EI_z}$$

Вертикальное смещение точки C от горизонтально действующей силы P_Γ :

$$\delta_\epsilon^c = \frac{I}{EI_{z1}} \int M_\epsilon m_\epsilon ds = \frac{I}{EI_z} \left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} P_\epsilon r \sin \varphi \cdot r (\cos \varphi - 0,866) r d\varphi + \int_0^a R_\epsilon \cdot x \cdot r_\epsilon \cdot x \cdot dx \right) = -0,0914 \frac{P_\epsilon}{EI_z}$$

Горизонтальное смещение точки C от действующей силы P_Γ :

$$\delta_\epsilon^c = \frac{I}{EI_z} \int M_\epsilon m_\epsilon ds = \frac{I}{EI_z} \left(\int_0^{\frac{\pi}{2}} P_\epsilon r \sin \varphi \cdot r (0,5 + \sin \varphi) r d\varphi + \int_0^a (R_\epsilon \cdot x \cdot r_\epsilon \cdot x \cdot dx) \right) = \frac{0,165 P_\epsilon}{EI_z}$$

Анализ этих уравнений показывает, что линейная зависимость явно проявляется в случае выполнения условия $\varphi = 90^\circ$.

Суммарное перемещение точки С:

$$\text{Горизонтальное: } \delta_{гор} = \frac{0,165P_z + 0,383P_g}{EI_z}$$

$$\text{Вертикальное: } \delta_{вер} = -\frac{0,0914P_z + 0,076P_g}{EI_z}$$

Смещение точки С за счёт деформаций пружин (рисунок 5) Первоначальные координаты точки С (рисунок 5):

$$x_0 = r \sin\left(\frac{\pi}{3}\right); y_0 = 0.$$

При деформации пружин под действием усилия R стойка поворачивается на угол:

$$\gamma = \arctan \frac{\Delta}{a},$$

где Δ – деформация пружин $\Delta = \frac{r}{c}$; $R = R_g + R_z$ – нагрузка на пружины; C – жёсткость пружин. Конец стойки переместится из точки С в точку С₁. Координаты точки С₁:

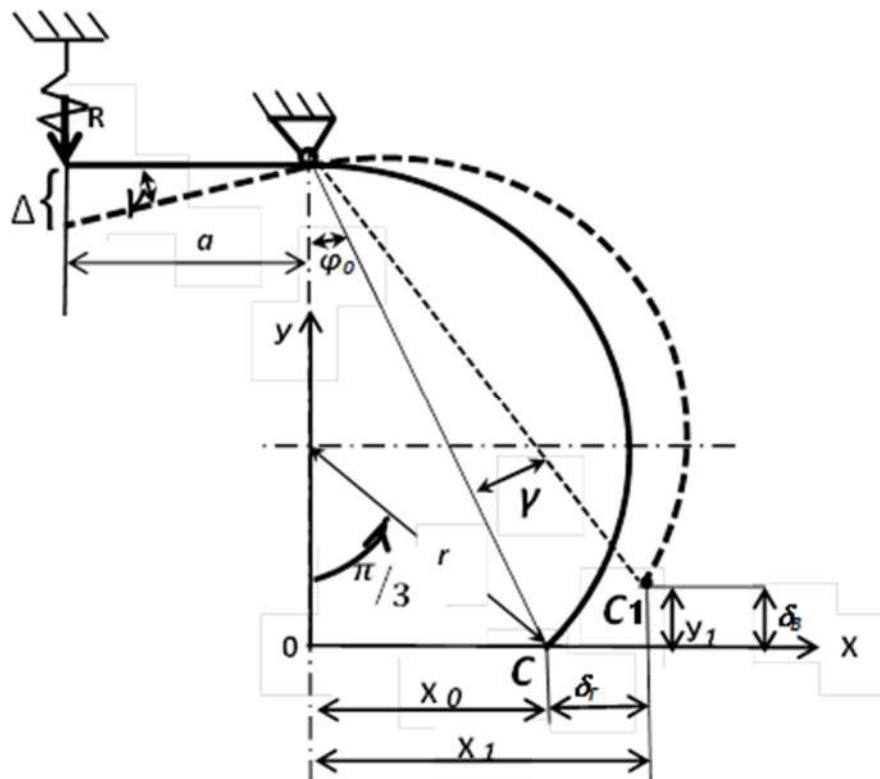


Рисунок 5 – Схема внешних сил, действующих на лапу культиватора при смещении точки С за счёт деформаций пружин

Figure 5 – Diagram of external forces acting on the cultivator foot when point C is displaced due to spring deform

$$x_{c_i} = \frac{\left(r + r \cos \frac{\pi}{3}\right) \sin(y + \varphi_0)}{\cos y}$$

$$y_{c_i} = \frac{r + r \cos \frac{\pi}{3}}{\cos(y + \varphi_0) - \left(r + r \cos \frac{\pi}{3}\right)}$$

Смещение точки C по оси x :

$$\delta_x = x_{c_i} - x_0$$

Полное смещение из-за изгиба стойки и деформации пружины точки C :

$$\Delta_z = \delta_{zop} + \delta_x \text{ и } \Delta_z = \delta_{вер} + \delta_y$$

Смещение точки C по оси Y :

$$\delta_y = y_{c_i}$$

На основании расчетов по выше указанным формулам построен график горизонтального смещения точки C от усилия R , который является линейным, что способствует резонансному увеличению амплитуд колебаний культиваторной стойки (рисунок 6).

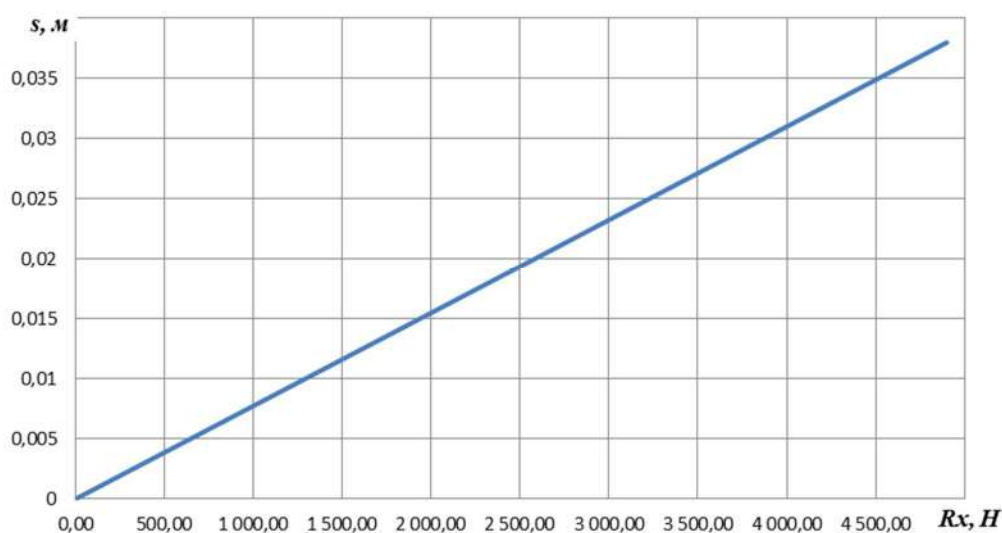


Рисунок 6 – Зависимость горизонтального смещения лапы культиватора с установленным на стойку вибратором от усилия на пружину R

Figure 6 – Dependence of the horizontal displacement of the cultivator foot with the vibrator mounted on the stand on the spring force R

В случае установки вибратора в другом месте на стойке, линейной зависимости не будет, что снижает его эффективность. На рисунке 7 приведены расчеты по представленному алгоритму в случае $\varphi = 60^\circ$, явно прослеживается нелинейная зависимость между генерируемым усилием и перемещением носка рабочего органа.

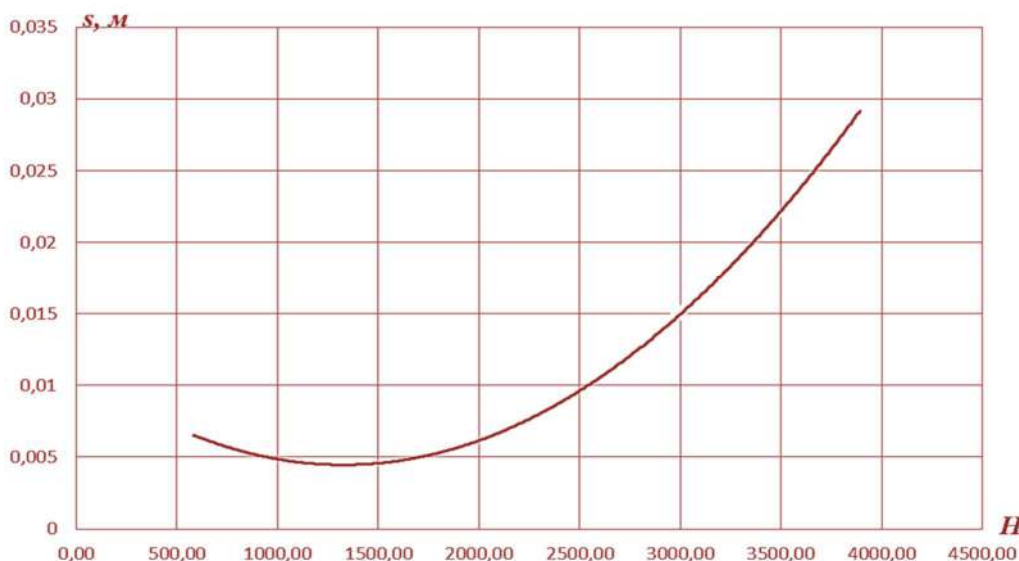


Рисунок 7 – Генерируемое усилие и перемещение носка рабочего органа
Figure 7 – Generated force and movement of the toe of the working body

Заключение. Согласно сформулированному в работе критерию, подобрано такое место размещения генератора вибраций, чтобы между генерируемой (возмущающей) силой и перемещением носка рабочего органа секции культиватора оставалась линейная зависимость, что способствует резонансному увеличению амплитуд колебаний культиваторной стойки. Таким образом, для обеспечения минимальных энергетических затрат, затрачиваемых на работу генератора вибраций, размещать его необходимо в точке, соответствующей пересечению горизонтальной линии с центром тяжести поперечного сечения стойки культиватора.

Conclusions. According to the criterion formulated in the work, such a location of the vibration generator was selected so that a linear dependence remained between the generated (disturbing) force and the movement of the toe of the working organ of the cultivator section, which contributes to a resonant increase in the oscillation amplitudes of the cultivator rack. Thus, in order to ensure the minimum energy costs spent on the operation of the vibration generator, it is necessary to place it at the point corresponding to the intersection of the horizontal line with the center of gravity of the cross section of the cultivator rack.

Библиографический список

1. Айтмуратов М. Т., Наурызбаев А. О. Расчет жесткости пружин при упругом креплении рабочих органов к раме // Парадигма аграрного образования в условиях цифровой экономики: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 270-275.
2. Булатов Ф. Р., Михайлов В. М., Устинов Н. Н. Экспериментальная установка для исследования активных рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инновационное развитие агропромышленного комплекса для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: сборник материалов Международной научно-практической конференции. 2020. С. 26-31.
3. Гапич Д. С., Фомин С. Д., Ширяева Е. В. Динамика движения упруго закрепленного рабочего органа культиваторного МТА // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 10. С. 28-32.
4. Джабборов Н. И., Эвиев В. А., Очиров Н. Г. Методика расчета энергоэффективности машинно-тракторных агрегатов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 367-374.
5. Джабборов Н. И., Федькин Д. С. Основы оценки энергоэффективности технологических процессов и технических средств обработки почвы // Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 4 (16). С. 76-83.

6. Зоря М. В. Динамика движения рабочего органа для образования борозды в грунте // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 44-47.
7. Использование вынужденных колебаний для снижения тягового сопротивления почвообрабатывающих машин / С. Н. Дроздов, И. З. Аширов, А. А. Сорокин, О. Я. Набокина // Известия Омского ГАУ. 2013. № 1. С. 46-48.
8. Мартыненко А. С., Устинов Н. Н. Модель напряженно-деформированного состояния стойки культиватора в виде гибкого трубчатого элемента с обратным соотношением осей // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных. 2017. С. 69-73.
9. Метод повышения точности измерения точности тягового сопротивления в навесном устройстве трактора / Р. А. Косульников, А. А. Карсаков, С. Д. Фомин, Е. А. Назаров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее проф. образование. 2018. № 1 (49). С. 326-333.
10. Настройка секции культиватора на резонансный режим работы / Р. А. Косульников, Д. С. Гапич, Е. А. Назаров, В. А. Моторин, О. А. Денисова // Сельский механизатор. 2021. № 1. С. 8-9.
11. Определение диссипативных характеристик почвенного фона / Р. А. Косульников, Д. С. Гапич, Е. А. Назаров, В. А. Моторин, О. А. Денисова // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 12-13.
12. Повышение энергоэффективности машинно-тракторного агрегата (МТА) / С. Д. Фомин, В. И. Аврамов, А. Е. Новиков, Е. С. Воронцова // Мелиорация в России: потенциал и стратегия развития: международная научно-практическая интернет-конференция, посвященная 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель. Волгоград, 2016. С. 180-188.
13. Повышение эксплуатационных показателей МТА при динамическом характере нагружения / Р. А. Косульников, Д. С. Гапич, А. А. Карсаков [и др.] // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 5-7.
14. Проблемные вопросы повышения энергоэффективности МТА с упруго-закреплёнными рабочими органами / Д. С. Гапич, В. А. Эвиев, Р. А. Косульников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее проф. образование. 2018. № 1 (49). С. 312-318.
15. Пындак В. И., Новиков А. Е. Энергоэффективность глубокого чизелевания почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 203-209.
16. Результаты лабораторно-полевых испытаний активного рабочего органа культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента / Н. Н. Устинов, А. А. Маратканов, А. С. Мартыненко, А. Н. Верещагин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (140). С. 153-157.
17. Устинов Н. Н., Мартыненко А. С., Маратканов А. А. Результаты определения крошения почвы при работе вибрационного культиватора // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (91). С. 85-88.
18. Устинов Н. Н., Михайлов В. М., Булатов Ф. Р. Экспериментальное исследование s-образного силового элемента стойки почвообрабатывающей машины // АгроЭкоИнфо. 2021. № S7.
19. Устинов Н. Н., Мартыненко А. С., Булатов Ф. Р. Исследование импульсной гидросистемы культиватора с гибкими трубчатыми стойками // Сельский механизатор. 2020. № 12. С. 8-9.
20. Устинов Н. Н., Мартыненко А. С., Колмакова Т. Г. К обоснованию динамических параметров рабочего органа культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 106-108.
21. Устинов Н. Н., Маратканов А. А., Смолин Н. И. Математическая модель активного рабочего органа культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. <http://www.scienceeducation.ru/121-17908>.

22. Устинов Н. Н., Маратканов А. А. Экспериментальное определение характеристик активного рабочего органа культиватора со стойкой в виде гибкого трубчатого элемента // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (126). С. 102-105.
23. Устинов Н. Н., Поддубный В. И., Мартыненко А. С. Механико-математическая модель рабочего органа культиватора для определения тягового сопротивления при действии вибрации // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 3. С. 28-31.
24. Формирование крюковой нагруженности трактора в составе машинно-тракторного агрегата / Р. А. Косулников, А. А. Карсаков, С. Д. Фомин, В. А. Привалов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 371-377.
25. Энергоэффективность машинно-тракторного агрегата на переходных режимах / С. Д. Фомин, В. И. Аврамов, Д. С. Гапич, Е. С. Воронцова // Известия МГТУ МАМИ. 2017. № 1 (31). С. 2-7.
26. Fenyvesy L., Hudoba Z. Vibrated tillage tools for energy saving // ARPN Journal of Agricultural Machinery Science. 2009. № 5. Vol. 4. Pp. 445–449.
27. Soeharsono, Setiawan Radite P. A. Analytical study of self-excited vibration on single degree of freedom vibratory-tillage // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2010. № 6. Vol. 5. Pp. 61–66.
28. Ustinov N., Maratkanov A., Martynenko A. Experimental study of the parameters of the active tool of a cultivator with a frame in form a flexible tubular element // MATEC Web of Conferences. 2017. P. 08063.

References

1. Aitmuratov M. T., Nauryzbaev A. O. Calculation of spring stiffness with elastic fastening of working bodies to the frame. In the collection // Paradigm of agrarian education in a digital economy: materials of the International Scientific and Practical Conference. 2019. Pp. 270-275.
2. Bulatov F. R., Mikhailov V. M., Ustinov N. N. Experimental installation for the study of active working bodies of tillage machines // Innovative development of the agro-industrial complex to ensure food security of the Russian Federation: a collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. 2020. Pp. 26-31.
3. Gapich D. S., Fomin S. D., Shiryayeva E. V. Dynamics of movement of the elastically fixed working body of the cultivator MTA // Tractors and agricultural machines. 2017. № 10. P. 28-32.
4. Dzhabborov N. I., Eviev V. A., Ochirov N. G. Methodology for calculating the energy efficiency of machine-tractor units // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2018. № 2 (50). Pp. 367-374.
5. Dzhabborov N. I., Fedkin D. S. Basics of assessing the energy efficiency of technological processes and technical means of tillage // Dairy economic bulletin. 2014. № 4 (16). P. 76-83.
6. Zorya M. V. Dynamics of movement of the working body for the formation of a furrow in the soil // Agricultural machines and technologies. 2016. № 4. Pp. 44-47.
7. The use of forced oscillations to reduce the traction resistance of tillage machines / S. N. Drozdov, I. Z. Ashirov, A. A. Sorokin, O. Ya. Nabokin // Izvestia Omsky GAU. 2013. № 1. P. 46-48.
8. Martynenko A. S., Ustinov N. N. Model of the stressed-deformed state of the cultivator post in the form of a flexible tubular element with an inverse axis ratio // Development of scientific, creative and innovative activities of youth: materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists. 2017. Pp. 69-73.
9. Method of increasing the accuracy of measuring the accuracy of traction resistance in a mounted tractor device / R. A. Kosulnikov, A. A. Karsakov, S. D. Fomin, E. A. Nazarov // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher prof. education. 2018. № 1 (49). Pp. 326-333.
10. Setting the cultivator section to a resonant mode of operation / R. A. Kosulnikov, D. S. Gapich, E. A. Nazarov, V. A. Motorin, O. A. Denisova // Rural machine operator. 2021. № 1. P. 8-9.
11. Determination of dissipative characteristics of the soil background / R. A. Kosulnikov, D. S. Gapich, E. A. Nazarov, V. A. Motorin, O. A. Denisova // Rural machine operator. 2020. № 12. Pp. 12-13.

12. Improving the energy efficiency of the machine and tractor unit (MTA) / S. D. Fomin, V. I. Avramov, A. E. Novikov, E. S. Vorontsova // Reclamation in Russia: potential and development strategy: international scientific and practical Internet conference dedicated to the 50th anniversary of a large-scale program for the development of land reclamation. Volgograd, 2016. Pp. 180-188.
13. Increase in MTA operational indicators with a dynamic loading nature / R. A. Kosulnikov, D. S. Gapich, A. A. Karsakov [at al.] // Rural machine operator. 2020. № 12. Pp. 5-7.
14. Problematic issues of improving the energy efficiency of MTAs with elastically fixed working bodies / D. S. Gapich, V. A. Eviev, R. A. Kosulnikov [at al.] // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher prof. education. 2018. № 1 (49). P. 312-318.
15. Pyndak V. I., Novikov A. E. Energy efficiency of deep soil desiccation // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2013. № 4 (32). Pp. 203-209.
16. The results of laboratory and field tests of the active working organ of the cultivator with a stand in the form of a flexible tubular element / N. N. Ustinov, A. A. Maratkanov, A. S. Martynenko, A. N. Vereshchagin // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2016. № 6 (140). P. 153-157.
17. Ustinov N. N., Martynenko A. S., Maratkanov A. A. Results of determining soil crumbling during the work of a vibration cultivator // Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. 2021. № 5 (91). Pp. 85-88.
18. Ustinov N. N., Mikhailov V. M., Bulatov F. R. Experimental study of the s-shaped power element of the tilling machine rack // AgroEcoInfo. 2021. № S7.
19. Ustinov N. N., Martynenko A. S., Bulatov F. R. Study of the impulse hydraulic system of a cultivator with flexible tubular struts // Rural machine operator. 2020. № 12. Pp. 8-9.
20. Ustinov N. N., Martynenko A. S., Kolmakova T. G. To substantiate the dynamic parameters of the cultivator's working body with a stand in the form of a flexible tubular element // Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. 2017. № 5 (67). Pp. 106-108.
21. Ustinov N. N., Maratkanov A. A., Smolin N. I. Mathematical model of the active working organ of a cultivator with a stand in the form of a flexible tubular element // Modern problems of science and education. 2015. № 1. <http://www.scienceeducation.ru/121-17908>.
22. Ustinov N. N., Maratkanov A. A. Experimental determination of the characteristics of the active working organ of a cultivator with a stand in the form of a flexible tubular element // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2015. № 4 (126). Pp. 102-105.
23. Ustinov N. N., Poddubny V. I., Martynenko A. S. Mechanical and mathematical model of the cultivator working body for determining traction resistance under the action of vibration // Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2017. V. 31. № 3. P. 28-31.
24. Formation of hook loading of a tractor as part of a machine-tractor unit / R. A. Kosulnikov, A. A. Karsakov, S. D. Fomin, V. A. Privalov // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). Pp. 371-377.
25. Energy efficiency of the machine-tractor unit in transient modes / S. D. Fomin, V. I. Avramov, D. S. Gapich, E. S. Vorontsova // Izvestia MSTU MAMI. 2017. № 1 (31). Pp. 2-7.
26. Fenyvesy L., Hudoba Z. Vibrated tillage tools for energy saving // ARPN Journal of Agricultural Machinery Science. 2009. № 5. Vol. 4. Pp. 445-449.
27. Soeharsono, Setiawan Radite P. A. Analytical study of self-excited vibration on single degree of freedom vibratory-tillage // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2010. № 6. Vol. 5. Pp. 61-66.
28. Ustinov N., Maratkanov A., Martynenko A. Experimental study of the parameters of the active tool of a cultivator with a frame in form a flexible tubular element // MATEC Web of Conferences. 2017. P. 08063.

Информация об авторах

Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электро-снабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: gds08@mail.ru

Косульников Роман Анатольевич, доктор технических наук, доцент, декан Инженерно-технологического факультета, заведующий кафедрой «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), e-mail: itf-kosulnikov@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Карсаков Анатолий Андреевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 26).

Authors Information

Gapich Dmitry Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Power Supply and Energy Systems", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), e-mail: gds08@mail.ru

Kosulnikov Roman Anatolyevich, Head of the Department "Technical Systems in Agriculture", Dean of Engineering and Faculty of Technology, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26), e-mail: itf-kosulnikov@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Professor of the Department of Mechanics, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Karsakov Anatoly Andreevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Head of the laboratory of the Department "Technical systems in agriculture", Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-44

PROSPECTS OF USING THE ETHYLENE INHIBITOR «FITOMAG» WHEN STORING SWEET PEPPERS

V. A. Machulkina, A. V. Gulin, M. V. Mukanov, V. Yu. Dzhabrailova

*VNIIOOB – branch of FGBNU "PAFNTS RAS"
Kamyzyak, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vniioob@mail.ru

Received 05.05.2023

Submitted 09.07.2023

The research was carried out within the framework of the state task on the topic No. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. The Astrakhan region is located at important water transport hubs connecting it with the industrial centers of the country – the Caucasus, the Urals, the Central Chernozem zone, the regions of the North and Northwest, occupies one of the leading places in the cultivation of sweet pepper, which is shipped to the industrial centers of the country and used in industrial processing at production sites. **The purpose** of the study is to substantiate the theoretical and practical application of the ethylene inhibitor "Phytomag" during the storage of sweet pepper fruits in naturally formed storage conditions. **The objective** of the study was to evaluate new varieties of sweet pepper selected by the Institute for the duration of storage, natural loss and quality of products using the ethylene inhibitor "Phytomag". **Scientific novelty.** The effect of the ethylene inhibitor "Phytomag" on the natural weight loss, fruit quality and the con-

tent of basic chemicals in the fruits of sweet pepper of biological maturity, depending on the variety, has been established. **Results.** As a result of the conducted studies, it was found that the treatment with the drug "Phytomag" reduced the natural loss of weight as a result of a delayed physiological and biochemical process in the fruits of sweet pepper and was 12.76 – 18.33% after 30 days of storage, depending on the variety, 14.87 – 21.05% in the control. In comparison with other varieties, the highest quality of fruits was noted in the Dar Kaspiya variety. The first affected fruits treated with an ethylene inhibitor "Phytomag" were noted after 15 days of storage and accounted for 2.9% in the control. During this period, the quality decreased by 10.7%. The lowest quality of fruits was noted in the Marble variety. **Conclusion.** The use of an ethylene inhibitor "Phytomag" increases the keeping capacity of sweet pepper fruits, respectively reducing the natural loss of weight, contributing to the reduction of losses from diseases and rot. Increases the content of basic chemicals in the fruits of sweet pepper as a result of a slow process of the intensity of the consumption of dry substances and moisture in the fruits of sweet pepper during storage. The delayed biochemical process in the processed fruits of sweet pepper contributes to a higher content of basic chemicals compared to the control and increases the taste qualities of fruits, as evidenced by the index of the ratio of sugar to dry matter.

Key words: *sweet pepper, variety, quality, natural weight loss, basic chemical composition, ethylene inhibitor "Phytomag", storage.*

Citation. Machulkina V. A., Gulin A. V., Mukanov M. V., Dzhabrailova V. Yu. Prospects of using the ethylene inhibitor «fitomag» when storing sweet peppers. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 438-448 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-44.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.563:635.649

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРА ЭТИЛЕНА «ФИТОМАГ» ПРИ ХРАНЕНИИ ПЕРЦА СЛАДКОГО

В. А. Мачулкина, доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук

М. В. Муканов, младший научный сотрудник

В. Ю. Джабраилова, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого
овощеводства и бахчеводства»

г. Камызяк, Российская Федерация

*Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013
«Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным
набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных
агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья»
(Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг.
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

Аннотация. Астраханская область расположена на важных водных транспортных узлах, связывающих ее с промышленными центрами страны – Кавказом, Уралом, Центрально-чернозёмной зоной, районами Севера и Северо-запада, занимает одно из ведущих мест по выращиванию перца сладкого, который отгружается в промышленные центры страны и используется в промышленной переработке в местах производства. **Цель исследования** – обосновать теоретическое и практическое применение ингибитора этилена «Фитомег» при хранении плодов перца сладкого в естественно сложившихся условиях хранилища. **Задача** исследования заключалась в оценке новых сортов перца сладкого селекции института на продолжительность хранения, естественную убыль и качество продукции с использованием ингибитора этилена

«Фитомаг». **Научная новизна.** Установлено влияние ингибитора этилена «Фитомаг» на естественную убыль массы, качество плодов и содержание основных химических веществ в плодах перца сладкого биологической степени зрелости в зависимости от сорта. **Результаты.** В результате проведенных исследований было установлено, что обработка препаратом «Фитомаг» снижали естественную убыль массы в результате замедленного физиологического и биохимического процесса в плодах перца сладкого, что составляло после 30 суток хранения, в зависимости от сорта, 12,76 – 18,33%, в контроле – 14,87 – 21,05. По сравнению с другими сортами наиболее высокое качество плодов отмечено у сорта Дар Каспия. Первые пораженные плоды, обработанные ингибитором этилена «Фитомаг», были отмечены после 15 суток хранения и составляли 2,9% в контроле. За этот период качество снизилось на 10,7%. Наиболее низкое качество плодов отмечено у сорта Мраморный. **Вывод.** Использование ингибитора этилена «Фитомаг» повышает лежкоспособность плодов перца сладкого, соответственно снижая естественную убыль массы, способствуя уменьшению потерь от болезней и гнили. Повышает содержание основных химических веществ в плодах перца сладкого в результате замедленного процесса интенсивности расхода сухих веществ и влаги в плодах перца сладкого при хранении. Замедленный биохимический процесс в обработанных плодах перца сладкого способствует более высокому содержанию основных химических веществ, по сравнению с контролем и повышает вкусовые качества плодов, о чем свидетельствует индекс отношения сахара к сухому веществу.

Ключевые слова: *перец сладкий, сорта перца сладкого, качество плодов перца, естественная убыль массы перца, ингибитор этилена, Фитомаг, хранение перца сладкого.*

Цитирование. Мачулкина В. А., Гулин А. В., Муканов М. В., Джабраилова В. Ю. Перспективность применения ингибитора этилена «Фитомаг» при хранении перца сладкого. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 438-448. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-44.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Аграрное производство в России, как и во всем мире, является жизнеобеспечивающей средой народнохозяйственного комплекса. Его состояние и экономическая эффективность оказывают большое влияние на уровень продовольственного обеспечения страны. Поэтому одной из важнейших проблем развития сельского хозяйства является экономическая независимость и продовольственная безопасность страны, её способность удовлетворять население в экологически чистых продуктах питания [3]. Получение высококачественного продукта во многом зависит от сорта и условий как выращивания, так и дальнейшего хранения. Агропромышленный комплекс (АПК) Астраханской области является одним из крупнейших по объему производства сельскохозяйственной продукции. Он включает в себя растениеводство, животноводство, производство кормов, перерабатывающую и пищевую промышленности [10].

По объему овощной продукции Астраханский АПК является одним из крупнейших в России. В разработанном прогнозе научно-технологического развития Российской Федерации, в том числе и Астраханской области, на период до 2030 года большое внимание уделяется выращиванию и получению высококачественных овощей, в частности перца сладкого (Постановление от 25 августа 2017 г. № 996, Москва «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы»).

Преимущество Астраханского АПК заключается в уникальном агроклиматическом и агропочвенном потенциале, обуславливающим наличие высокой суммы активных температур во время роста и развития растений [17]. В структуре посевных площадей около 60% занимают овощебахчевые культуры: томаты, баклажаны, перец сладкий

и острый, капуста, огурцы, свёкла и ряд других овощей [9]. Мы в своей работе остановились на сортах перца сладкого, выведенных селекционерами института.

Перец стручковый, представитель семейства паслёновых, в нашей стране возделывается как однолетняя культура. Перец сладкий – это наиболее часто употребляемый овощ, так как его ценным качеством является сочная мякоть своеобразного вкуса, с малым содержанием клетчатки и повышенным содержанием сахаров, витаминов и многих минеральных веществ. По литературным источникам и полученным нами данным плоды перца сладкого содержат до 15,6% сухого вещества и 84,4% воды. Более 30% сухого вещества приходится на сахара, 29% на сырую клетчатку [12, 13, 16]. Многие авторы отмечают, что наибольшее количество сахара содержится в плодах биологической степени зрелости, а при перезревании плодов происходит значительное его снижение [8, 11]. По данным исследователей содержание основного элемента – аскорбиновой кислоты, зависит от степени зрелости, сорта, условий выращивания. Её содержание варьирует от 25 до 140 мг/% в плодах технической степени зрелости и от 175 до 480 мг/% в плодах биологической степени зрелости [6, 14].

Как известно, улучшение качества производимой продукции – это огромный резерв повышения эффективности получаемой продукции, так как экономия, достигаемая за счет улучшения или сохранности, снижения брака, отходов и потерь, намного превышает дополнительные затраты [15].

Основной задачей сохранности убранной продукции, в частности перца сладкого, является управление скоростью процесса их послеуборочного дозревания. А в еще большей степени – замедление этого процесса. Чем сильнее удастся замедлить этот процесс, тем дольше плоды будут сохраняться [1, 4].

Существует несколько основных способов хранения овощей в свежем виде. Это хранение плодов в неохлажденном хранилище, в холодильниках с обычной атмосферой, в регулируемой газовой среде. Сущность хранения овощей сводится к управлению скорости процесса их послеуборочного дозревания, и чем в большей степени получится замедлить этот процесс, тем дольше плоды смогут сохраниться [2, 5, 7]. В связи с чем, с 2019 по 2021 годы появилась возможность изучить новые условия хранения для созданных селекционерами ВНИИООБ новых сортов перца сладкого.

Цель работы – изучение влияния ингибитора этилена «Фитомаг» на сохранность плодов перца сладкого биологической степени зрелости, новых сортов селекции института в обычных условиях хранилища.

Задача работы – оценка влияния ингибитора этилена «Фитомаг» на качество и естественную убыль массы плодов перца сладкого биологической степени зрелости в процессе хранения в естественных условиях хранилища.

Новизна – впервые в естественных условиях хранилища был испытан ингибитор этилена «Фитомаг» на плодах перца сладкого биологической степени зрелости.

Материалы и методы. Для проведения исследований брали плоды перца сладкого, выращенные в естественных условиях опытного поля института. Почва участка – аллювиально-луговая, среднесуглинистая, с содержанием гумуса в слое 0-20 см от 1,7 до 4,0%, гидролизующего азота 80-140 мг/кг, обменного калия 250-400 мг/кг. При капельном поливе с нормой полива 250-300 м³, при суммарном потреблении воды 3200-3500 м³/га.

Биохимические исследования плодов до закладки на хранение и в конце хранения проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Количество сухих веществ определяли методом высушивания до постоянной массы, сахара – цианидным методом (Ермаков Е. И. Методы биохимического исследования растений. – Л.: Агро-

промиздат, 1987 г.). Аскорбиновую кислоту – йодометрическим методом (в модификации Сапожниковой и Дорофеевой, 1965 г.). А также в соответствии с методическими указаниями по определению качества растительной продукции (М., 1980 г.).

На хранение закладывали плоды биологической степени зрелости последнего сбора. Опыты закладывались в трех повторностях по 50 плодов в варианте. Для проведения исследований отбирали плоды трех сортов – Атомор, Дар Каспия, Мраморный. Сорта характеризовались следующими показателями: Атомор – крупный плод, весом до 150 г, от томатовидной до призмовидной формы с оранжевой окраской плода. Дар Каспия – плод призмовидной формы. В биологической степени зрелости красный, с массой плода от 100 до 150 г. Мраморный – плоды конусовидной формы с массой 90-120 г, в биологической степени зрелости окраска красная.

Для обработки использовали ингибитор этилена «Фитомаг» в концентрации 1,5 мл на основе Na OH на 50 литров объема или на 10 кг продукции. Подготовленные для хранения плоды закладывали в емкость объемом 50 литров, затем подготавливали 3%-ный раствор Na OH. Медицинским шприцом отбирали 1,5 мл приготовленного раствора и путем прокалывания пробки пузырька с содержащимся в нем ингибитором этилена «Фитомаг» вводили раствор, тщательно взбалтывая, и помещали в емкость, быстро открывали пробку пузырька и сразу же герметично закрывали ёмкость. Через 24 часа ёмкость открывали и обработанные плоды закладывали на хранение в естественно сложившихся условиях хранилища. За контроль брали плоды необработанные одинаковой степени зрелости. В качестве тары для хранения использовали пластмассовые. Наблюдение за температурой и влажностью воздуха контролировали ежедневно с помощью психрометра. Хранение осуществляли при температуре $18 - 20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, при относительной влажности воздуха в пределах $58 - 80\% \pm 2\%$. Убыль массы в процессе хранения определяли по формуле:

$$m = \frac{a-b}{a} \times 100\%,$$

где: m – потери массы в %; a – масса сырья перед закладкой на хранение, кг; b – масса сырья при снятии с хранения, кг.

Работа проводилась согласно методикам:

- Медико-биологических требований и санитарных норм качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. – М., 1990.
- Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности продуктов. – М., 2001.
- Статистическую обработку результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта – М.: Агропромиздат, 1989).
- В работе использовались материалы годовых отчетов.

Результаты исследований. Сущность хранения овощей, в нашем случае перца сладкого, сводится к управлению скоростью процесса их послеуборочного дозревания и недопуску перезревания, а в еще большей степени, к замедлению этого процесса. Чем сильнее удастся замедлить этот процесс, тем дольше плоды будут сохраняться с хорошим качеством. Поэтому нами было принято решение изучить влияние ингибитора этилена «Фитомаг» на качество плодов перца сладкого при хранении, естественную убыль массы и основной химический состав. В результате проведенных исследований при визуальной оценке было установлено, что плоды перца, обработанные ингибитором этилена «Фитомаг», более длительное время не увядали, независимо от сорта.

Обработка плодов перца сладкого ингибитором этилена «Фитомаг» снижала естественную убыль массы независимо от сорта по сравнению с контролем. Наиболее высокая убыль массы была в первые сутки хранения и варьировала, в зависимости от сорта, от 0,67 до 0,83% при обработке, в контроле убыль массы была выше в 1,2-1,3 раза. К концу хранения разница между обработанными плодами и контролем составляла от 2,11% (сорт Атомор) до 3,47% (сорт Дар Каспия). Сорт Мраморный занимал промежуточное положение с разницей 2,85%. Независимо как от сорта, так и от обработки суточная убыль массы по мере хранения снижалась и к концу хранения составляла у сорта Атомор 0,34 – 0,39%, Дар Каспия 0,47 – 0,56% и у сорта Мраморный 0,54 – 0,61%. Это отмечает влияние ингибитора этилена «Фитомаг» на естественную убыль массы. Обработка плодов больше всего сдерживала убыль массы в плодах сорта Атомор. По сравнению с другими сортами – в 1,2 – 1,4 раза (таблица 1).

Таблица 1 – Естественная убыль массы в плодах перца сладкого биологической степени зрелости, % от хранимой массы

Table 1 – Natural weight loss in sweet pepper fruits of biological maturity, % of stored weight

Сорт	*Вариант	Продолжительность хранения, сутки							
		1	3	5	10	15	20	25	30
Атомор	1	0,67	1,81	2,85	5,40	7,65	9,55	11,25	12,76
	2	0,87	2,15	3,41	6,41	9,31	11,36	13,31	14,87
Дар Каспия	1	0,72	2,08	3,38	6,68	9,53	10,54	12,89	15,26
	2	0,93	2,67	4,25	7,80	11,21	14,26	17,06	19,13
Мраморный	1	0,83	2,37	3,83	7,28	10,33	12,83	15,53	18,23
	2	1,00	2,78	4,40	8,20	11,70	15,00	18,05	21,08

*Вариант 1 – продукция до хранения обработана ингибитором этилена «Фитомаг»;

Вариант 2 – контроль без обработки.

*Option 1 – the products were treated with an ethylene inhibitor "Phytomag" before storage;

Option 2 – control without processing.

Проведенные исследования также показали влияние ингибитора этилена «Фитомаг» на качество плодов в процессе хранения. У обработанных плодов 100% – ное качество сохранялось дольше, чем в контроле. Как видно из таблицы 2, качество стало снижаться у сортов Атомор и Мраморный после 10 суток хранения и колебалось от 1,9 до 3,7%. У сорта Дар Каспия за этот промежуток времени качество составляло 100%. В контроле у сорта Атомор и сорта Мраморный качество снизилось после пяти суток хранения, за счет увядания плодов, на 2,0 – 2,7%. При дальнейшем хранении отмечается более существенное влияние препарата на качество плодов. Обработка плодов способствовала снижению гнили у всех сортов. Анализируя качество плодов в зависимости от сорта, надо отметить, что наиболее высокое качество сохранял сорт Дар Каспия. После снятия с хранения его качество составляло 78,6%, в контроле 71,7%, что выше, чем в других сортах в 1,1-1,2 раза.

Проведенные исследования показали, что хранение перца сладкого биологической степени зрелости в естественно сложившихся условиях хранилища без обработки более 15 суток экономически нецелесообразно. Потери, в зависимости от сорта, составляют 16,4% (Атомор), 10,7% (Дар Каспия) и 17,4% (Мраморный) (таблица 2).

Большую роль при оценке качества сохраняемого перца играет его основной химический состав – содержание сухих веществ, суммы сахаров, аскорбиновой кислоты, каротина и других элементов. Как известно, во время хранения в плодах происходят биохимические изменения, сказывающиеся на качестве плодов.

Таблица 2 – Изменение качества в процессе хранения плодов перца сладкого биологической степени зрелости

Table 2 – Quality change during the storage of sweet pepper fruits of biological maturity

Сорт	*Вариант	Продолжительность хранения, сутки							
		1	3	5	10	15	20	25	30
Атомор	1	100	100	100	98,1	91,2	83,4	79,6	75,4
	2	100	100	98,0	89,2	83,6	77,1	74,8	70,7
Дар Каспия	1	100	100	100	100	97,1	90,5	84,3	78,6
	2	100	100	100	96,2	89,3	81,7	79,4	71,7
Мраморный	1	100	100	100	96,3	89,4	79,6	74,1	68,3
	2	100	100	97,3	90,1	82,6	75,4	70,1	62,4

*Вариант 1 – продукция до хранения обработана ингибитором этилена «Фитомаг»;

Вариант 2 – контроль без обработки.

*Option 1 – the products were treated with an ethylene inhibitor "Phytomag" before storage;

Option 2 – control without treatment.

Таблица 3 – Основной химический состав плодов перца сладкого биологической степени зрелости

Table 3 – Basic chemical composition of sweet pepper fruits of biological maturity

Сорт	Способ обработки	*Вариант	Показатели				
			сухое вещ-во, %	сумма сахаров, %	аскорбиновая кислота, мг/%	каротин, мг/%	сахар сухое вещ-во, един.
Атомор	«Фитомаг»	1	11,28	7,90	288,4	8,85	70
		2	9,86	6,86	231,1	8,01	69,6
	контроль	1	11,28	7,90	288,4	8,85	70
		2	8,80	5,89	156,4	7,89	66,9
Дар Каспия	«Фитомаг»	1	10,36	6,90	248,4	7,83	66,6
		2	8,98	5,96	212,7	7,17	66,3
	контроль	1	10,36	6,90	248,4	7,83	66,6
		2	7,29	3,89	149,6	6,59	53,4
Мраморный	«Фитомаг»	1	9,68	5,90	228,1	6,24	60,1
		2	8,48	4,96	198,4	5,86	58,5
	контроль	1	9,68	5,90	228,1	6,24	60,1
		2	7,13	3,89	131,3	4,97	54,6

*Вариант 1 –химический состав в день закладки опыта;

Вариант 2 – по окончании срока хранения.

*Option 1 –chemical composition on the day of the experiment;

Option 2 – at the end of the storage period.

Как показали наши исследования, на основной химический состав влияет не только обработка плодов, но и сорт. Из таблицы 3 видно, что по содержанию сухих веществ сорт Атомор превосходит сорта Дар Каспия и Мраморный в 1,1-1,2 раза, соответственно. При хранении перца в естественно сложившихся условиях хранилища, количество сухих веществ в плодах снизилось, как мы считаем, в результате их использования на энергетические процессы, в частности, по всей вероятности, перехода их в семена. Но надо отметить, что использование ингибитора этилена «Фитомаг», независимо от сорта, увеличило содержание сухих веществ в плодах по сравнению с контролем в 1,1-1,2 раза.

Такая же зависимость отмечена и по накоплению суммы сахаров в плодах. При хранении количество сахаров снизилось у сорта Атомор после обработки препаратом «Фитомаг» на 1,04%, в контроле на 2,01%. У сорта Дар Каспия, соответственно, на 0,94 – 3,01% и у сорта Мраморный 0,94 – 2,01%. Содержание аскорбиновой кислоты в свежих плодах перца до закладки на хранение варьировало, в зависимости от сорта, от 228,1 мг/% (Мраморный) до 288,4 мг/% (Атомор). На её дальнейшее содержание в плодах, независимо от сорта, оказывало использование препарата «Фитомаг». Обработка препаратом «Фитомаг» увеличивала содержание аскорбиновой кислоты, в зависимости от сорта, в 1,4 – 1,5 раза. Применение препарата повышало содержание каротина, по сравнению с контролем, от 0,12 до 0,85% (таблица 3).

Выводы. При хранении перца сладкого биологической степени зрелости, в естественных условиях хранилища с применением ингибитора этилена «Фитомаг», сдерживается интенсивность физиологических и биохимических процессов, что продлевает срок потребления их в свежем виде. Плоды при обработке наиболее эффективно сохраняют свежесть, меньше увядают.

Обработка препаратом плодов перца сладкого снижала естественную убыль массы при хранении, по сравнению с контролем, в первые сутки хранения, в зависимости от сорта, в 1,2 – 1,3 раза. Разница в убыли массы в конце хранения между обработанными плодами и контролем, в зависимости от сорта, варьировала от 2,11% до 3,47%. Обработка плодов ингибитором этилена «Фитомаг» способствовала снижению гнили и болезней у всех сортов при хранении.

Содержание основных химических веществ в плодах после хранения было выше, чем у контроля. Ингибитор этилена «Фитомаг» оказал большое влияние, по сравнению с другими сортами, на сорт перца сладкого Дар Каспия. При его применении качество плодов этого сорта было выше других в 1,1-1,2 раза.

Необработанные плоды биологической степени зрелости хранить в естественных условиях хранилища более 15 суток экономически нецелесообразно. Качество плодов снижается на 16,4% (Атомор) – 17,4% (Мраморный). Сорт Дар Каспия занимает промежуточное положение. Использование препарата «Фитомаг» сдерживает интенсивность физиологических и биохимических процессов. Отношение сахара к сухому веществу, указывающее на вкусовые качества плода, было выше при обработке, чем в контроле.

Conclusions. When storing sweet peppers of biological maturity, in natural storage conditions with the use of an ethylene inhibitor "Phytomag", the intensity of physiological and biochemical processes is restrained, which prolongs the period of their consumption in fresh form. Fruits retain freshness most effectively during processing, fade less.

The treatment of sweet pepper fruits with the preparation reduced the natural weight loss during storage, compared with the control, on the first day of storage, depending on the variety, by 1.2 – 1.3 times. The difference in weight loss at the end of storage between the processed fruits and the control, depending on the variety, ranged from 2.11% to 3.47%. The treatment of fruits with an ethylene inhibitor "Phytomag" contributed to the reduction of rot and diseases in all varieties during storage.

The content of the main chemicals in the fruits after storage was higher than that of the control. The ethylene inhibitor "Phytomag" had a great influence, in comparison with other varieties, on the sweet pepper variety Dar Caspian. When it was used, the quality of fruits of this variety was 1.1 – 1.2 times higher than others.

It is economically impractical to store unprocessed fruits of biological maturity in natural storage conditions for more than 15 days. The quality of the fruit is reduced by 16.4% (Atomor) – 17.4% (Marble). The Dar Caspian variety occupies an intermediate position. The use of the drug "Phytomag" restrains the intensity of physiological and biochemical processes. The ratio of sugar to dry matter, indicating the taste of the fruit, was higher during processing than in the control.

Библиографический список

1. Гудковский В. А., Акишин Д. В. Эффективность применения ингибитора этилена «Фитомаг» и полимерных упаковок при хранении плодов томата // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 8. С. 74-76.

2. Иванова В. Н., Серегин С. Н., Байгот М. С. Реализация агропродовольственной политики ЕАЭС – платформа решения продовольственной безопасности // Пищевая промышленность. 2015. № 10. С. 8-11.
3. Матисон В. А., Арутюнова Н. И. Качество продуктов питания // Пищевая промышленность. 2016. № 4. С. 50-54.
4. Мачулкина В. А., Санникова Т. А. Изменение органолептических показателей консервированного перца сладкого в зависимости от сорта и продолжительности хранения // Бюллетень науки и практики. 2018. № 9. С. 103-108.
5. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Павлов А. В. Новый стандарт на типовой технологический процесс производства перца сладкого // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 1 (25). Ч. 2. С. 136-137.
6. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Пучков М. Ю. Оценка районированных и перспективных сортов сладкого перца при хранении и переработке // Технология пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 3. С. 10-14.
7. Невзорова А. В. Влияние препарата «Фитомаг» на сохраняемость плодов томата // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Пенза: РИО ПГСХА, 2011. Т. 1. С. 33-35.
8. Новые сорта перца сладкого / Я. Ф. Зизина [и др.] // Картофель и овощи. 2016. № 5. С. 23-24.
9. Новые перспективные сорта перца сладкого для агробизнеса Прикаспия / О. П. Кигашпаева, В. Ю. Джабраилова, Л. П. Лаврова, А. В. Гулин, Р. Х. Капанова // Каспий: прошлое, будущее, настоящее: сборник научных статей. Астрахань: Издательский дом: «Астраханский университет», 2021. С. 107.
10. Панфилов В. А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК // Вестник РАСХН, 2016. № 1. С. 10-12.
11. Перец сладкий – витаминный продукт / А. В. Гулин, В. А. Мачулкина, О. П. Кигашпаева, В. Ю. Джабраилова, Л. П. Лаврова // Пищевая промышленность. 2022. № 11. С. 25.
12. Перспективность возделывания перца сладкого безрассадным способом в дельте Волги / М. В. Муканов, А. В. Гулин, А. И. Киселев, А. С. Каракаджиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 4 (68). С. 193-200.
13. Результаты и перспективы астраханской селекции овощных и бахчевых культур / А. В. Гулин, О. П. Кигашпаева, Р. Х. Капанова, С. А. Володина // Овощи России. 2021. № 5. С. 16-21.
14. Санникова Т. А., Мачулкина В. А. Органолептическая оценка овощебахчевой продукции // Наука и образование в жизни современного общества: сб. науч. трудов по материалам науч.- практ. конф. Тамбов, 2015. Т. 3. С. 111-114.
15. Сутормина А. В., Акишин Д. В., Гудковский В. А. Возможности увеличения сроков эффективности хранения плодов томата // Проблемы развития АПК региона: научно-практический журнал. 2014. № 3 (19). С. 68-72.
16. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИООБ / О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин, А. С. Каракаджиев, В. Ю. Джабраилова, Л. П. Лаврова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3 (67). С. 161-170.
17. Энергосберегающая сушка перца сладкого / А. В. Гулин, В. А. Мачулкина, О. П. Кигашпаева, А. С. Каракаджиев, С. А. Володина // Хранение и переработка. 2022. № 2. С. 32-47.

References

1. Gudkovsky V. A., Akishin D. V. Effectiveness of using the Phytomag ethylene inhibitor and polymer packages when storing tomato fruits // Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2010. № 8. Pp. 74-76.
2. Ivanova V. N., Seregin S. N., Baigot M. S. Implementation of the EAEU agri-food policy - a platform for solving food security // Food industry. 2015. № 10. Pp. 8-11.
3. Matison V. A., Arutyunova N. I. Food quality // Food industry. 2016. № 4. P. 50-54.
4. Machulkina V. A., Sannikova T. A. Change in organoleptic indicators of canned sweet pepper depending on the variety and storage duration // Bulletin of Science and Practice. 2018. № 9. Pp. 103-108.

5. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Pavlov A. V. New standard for a typical technological process for the production of sweet pepper // Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2016. № 1 (25). V. 2. Pp. 136-137.
6. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Puchkov M. Yu. Assessment of zoned and promising varieties of sweet pepper during storage and processing // Technology of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2014. № 3. Pp. 10-14.
7. Nevzorova A. V. Impact of the drug "Fitomag" on the preservation of tomato fruits // Innovative ideas of young researchers for the agro-industrial complex of Russia: a collection of materials from the All-Russian Scientific and Practical Conference. Penza: RIO PHA, 2011. V. 1. Pp. 33-35.
8. New varieties of sweet pepper / Y. F. Zizin [et al.] // Potatoes and vegetables. 2016. № 5. Pp. 23-24.
9. New promising varieties of sweet pepper for the agribusiness of the Caspian Sea / O. P. Kigashpaev, V. Yu. Dzhabrailov, L. P. Lavrov, A. V. Gulin, R. Kh. Kapanova // Caspian: past, future, present: a collection of scientific articles. Astrakhan: Publishing House: Astrakhan University, 2021. Pp. 107.
10. Panfilov V. A. Food Security of Russia and the sixth technological structure in the agro-industrial complex // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2016. № 1. Pp. 10-12.
11. Sweet pepper - vitamin product / A. V. Gulin, V. A. Machulkina, O.P. Kigashpaev, V. Yu. Dzhabrailov, L. P. Lavrov // Food industry. 2022. № 11. P. 25.
12. The prospects for cultivating sweet pepper in a seedless way in the Volga delta / M. V. Mukanov, A. V. Gulin, A. I. Kiselev, A. S. Karakadzhiev // Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex. 2022. № 4 (68). Pp. 193-200.
13. Results and prospects of Astrakhan selection of vegetable and melon crops / A. V. Gulin, O. P. Kigashpaev, R. Kh. Kapanova, S. A. Volodin // Vegetables of Russia. 2021. № 5. Pp. 16-21.
14. Sannikova T. A., Machulkina V. A. Organoleptic assessment of vegetable products // Science and education in the life of modern society: sat. scientific. works on the materials of the scientific - prakt. conf. Tambov, 2015. V. 3. Pp. 111-114.
15. Sutormina A. V., Akishin D. V., Gudkovsky V. A. Opportunities to increase the storage efficiency of tomato fruits // Problems of the development of the agro-industrial complex of the region: a scientific and practical journal. 2014. № 3 (19). Pp. 68-72.
16. Economic qualities and seed productivity of sweet pepper VNIIFORO / O. P. Kigashpaev, A. V. Gulin, A. S. Karakadzhiev, V. Yu. Dzhabrailova, L. P. Lavrov // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex. 2022. № 3 (67). Pp. 161-170.
17. Energy-saving drying of sweet pepper / A. V. Gulin, V. A. Machulkina, O. P. Kigashpaev, A. S. Karakadzhiev, S. A. Volodina // Storage and processing. 2022. № 2. Pp. 32-47.

Информация об авторах

Мачулкина Вера Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, директор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341 г. Камызяк, ул. Любича, д.16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Муканов Михаил Владимирович, младший научный сотрудник, заведующий отделом агротехнологии и мелиорации, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), ORCID 0000-0003-1751-7340, e-mail: vniiob@mail.ru

Джабраилова Вера Юрьевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства» (РФ, 416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Authors Information

Machulkina Vera Alexandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing (RF, 416341, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0002-9051-6371, e-mail: vniiob@mail.ru

Gulin Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Director, All-Russian Research Institute of Irrigated Sheep and Melon Breeding (Russia, 416341, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0001-6000-5311, e-mail: vniiob@mail.ru

Mukanov Mikhail Vladimirovich, Junior Researcher, Head of the Department of Agrotechnology and Melioration, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing (Russia, 416341, Kamyzyak, Lyubich str., 16), ORCID 0000-0003-1751-7340, e-mail: vniiob@mail.ru

Dzhabrailova Vera Yuryevna, Junior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing (RF, 416341, Kamyzyak, Lyubich str., 16), e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-45

DETERMINATION OF THE CONCENTRATION OF THE EXTRACT FROM SPROUTED GRAINS

N. Zh. Muslimov¹, A. R. Tuyakova², A. B. Dalabayev², A. K. Sadibaev³

¹ *International Innovation Institute named after. Sh. Murtaz
Taraz, Kazakhstan*

² *Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of
Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

³ *Taraz Regional University named after. M.Kh. Dulaty
Taraz, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: n.muslimov@inbox.ru

Received 22.05.2023

Submitted 10.07.2023

The research was carried out within the framework of the program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products from a unit of raw materials, as well as reduce the share of waste in production" (implementation period 2021-2023)

Summary

Analysis of the data presented in the study showed that an increase in the concentration of solutions of extracts from sprouted grain of cereals (mg / l) leads to an increase in the values of optical density (nm). For example, an increase in the concentration of a solution with wheat extract from 0.25 mg/l to 2.9 mg/l changes the optical density of the extract solution from 0 to 3.0 nm. A similar dynamics was observed in solutions of extracts from barley, triticale and rice grains.

Abstract

Introduction. Determination of the concentration of the extract from sprouted grain is of relevance in the context of the development of biotechnology and the food industry. Considering the scientifically proven high nutritional and medicinal properties of sprouted grains, accurate and accurate measurement of the concentration of their extracts can contribute to the creation of new food products and pharmaceuticals. Due to environmental trends and increased interest in healthy eating, such research is important for the introduction of effective and environmentally sustainable methods of producing healthy foods. The article presents the results of experimental studies aimed at determining the concentration of the extract from the sprouted grain in an aqueous solution by the optical density of the solution. These data can be extremely useful in biochemistry and the food industry, where the exact concentration of active substances in extracts plays a key role. **Materials and methods.** The optical density of the solutions was determined by photometric method, by

determining the concentration of solutions on a laboratory spectrophotometer ShimadzuUV-1900i, based on a comparison of the light transmission and light absorption capacity of the studied solutions. The use of such an advanced instrument as the ShimadzuUV-1900i spectrophotometer made it possible to conduct a study with high accuracy and obtain reliable data. **Results and conclusions.** As a result of processing of experimental data, it was shown that the concentration of the studied extracts is directly dependent on the values of the optical density of solutions. This confirms the hypothesis of an inverse correlation between the concentration of extracts and the light transmission capacity of solutions. With an increase in the concentration of solutions, an increase in the optical density values is observed. This corresponds to the basic principles of photometry and indicates that the extract effectively absorbs light in the studied wavelength range. The obtained dependence graphs allow us to determine the concentration of the obtained solutions exactly according to laboratory optical density data. This result makes it possible to simplify the process of measuring the concentration of extracts in solutions and make it more effective and accessible for wide use in laboratory conditions. The analysis of the presented data showed that the concentration of the studied extracts is directly dependent on the values of the optical density of the solutions. with an increase in the concentration of solutions, an increase in the values of optical density is observed. the obtained dependence graphs allow us to determine the concentration of the obtained solutions exactly according to laboratory optical density data. The polynomial equations of the fourth, fifth and sixth degree for each culture are obtained, which most accurately describe the concentration in the obtained solutions depending on the optical density, and the coefficient of determination is in the range $R^2 = 0.998-0.999$, which means a functional relationship between the optical density and the concentration of the studied solutions.

Key words: *sprouted grain, functional beverages, alcohol extraction, beverage production technologies.*

Citation. Muslimov N. Zh., Tuyakova A. R., Dalabayev A. B., Sadibaev A. K. Determination of the concentration of the extract from sprouted grains. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. 3(71). 448-456 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-45.

The author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 663/664:664.863.813

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭКСТРАКТА ИЗ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА

Н. Ж. Муслимов¹, доктор технических наук, профессор
А. Р. Туякова², магистр технических наук, научный сотрудник
А. Б. Далабаев², магистр технических наук, научный сотрудник
А. К. Садibaев³, кандидат технических наук, доцент

¹Международный Таразский инновационный институт им. Шерхана Муртаза
г. Тараз, Казахстан

²Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности"
г. Астана, Казахстан

³НАО "Таразский государственный региональный университет"
г. Тараз, Казахстан

Исследования проводились в рамках программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки с/х сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» (период реализации 2021-2023 гг.)

Актуальность. Определение концентрации экстракта из пророщенного зерна приобретает особую актуальность в контексте развития биотехнологий и пищевой промышленности. Учитывая научно доказанные высокие пищевые и лекарственные свойства пророщен-

ных зерен аккуратное и точное измерение концентрации их экстрактов может способствовать созданию новых продуктов питания и фармацевтических препаратов. В связи с экологическими трендами и повышением интереса к здоровому питанию, такое исследование важно для внедрения эффективных и экологически устойчивых методов производства здоровых продуктов. В статье представлены результаты экспериментальных исследований, которые направлены на определение концентрации экстракта из пророщенного зерна в водном растворе методом оптической плотности раствора. Эти данные могут быть крайне полезными в биохимии и пищевой промышленности, где точная концентрация активных веществ в экстрактах играет ключевую роль. **Материалы.** Оптическую плотность растворов определяли фотометрическим методом, путем определения концентрации растворов на лабораторном спектрофотометре ShimadzuUV-1900i, основанном на сравнении светопропускной и светопоглощающей способности изучаемых растворов. Использование такого передового инструмента, как спектрофотометр ShimadzuUV-1900i, позволило провести исследование с высокой точностью и получить надежные данные. **Результаты.** В результате обработки экспериментальных данных было установлено, что концентрация изучаемых экстрактов находится в прямой зависимости от значений оптической плотности растворов. Это подтверждает гипотезу об инверсной корреляции между концентрацией экстрактов и светопропускной способностью растворов. При увеличении значений концентрации растворов наблюдается рост значений оптической плотности. Это соответствует основным принципам фотометрии и свидетельствует о том, что экстракт эффективно поглощает свет в изучаемом диапазоне длин волн. Полученные графики зависимости позволяют определять концентрацию полученных растворов в точности по лабораторным данным оптической плотности. Этот результат позволяет упростить процесс измерения концентрации экстрактов в растворах и сделать его более эффективным и доступным для широкого применения в лабораторных условиях. Анализ представленных данных в исследовании показал, что увеличение значений концентрации растворов экстрактов из пророщенного зерна злаковых культур (мг/л) приводит к увеличению значений оптической плотности (нм). Так, например увеличение концентрации раствора с экстрактом пшеницы с 0,25 мг/л до 2,9 мг/л изменяет значения оптической плотности раствора экстракта с 0 до 3,0 нм. Аналогичную динамику наблюдали у растворов экстрактов из зерна ячменя, тритикале и риса.

Ключевые слова: пророщенное зерно, функциональные напитки, спиртовая экстракция, технологии производства напитков.

Цитирование. Муслимов Н. Ж., Туякова А. Р., Далабаев А. Б., Садиев А. К. Определение концентрации экстракта из пророщенного зерна. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 448-456. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-45.

Вклад автора. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Научные исследования, проводимые по программе BR10764970, направлены на разработку наукоемких технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для расширения ассортимента и выхода готовой продукции на единицу сырья и минимизации доли отходов при производстве продукции. Научная задача программы заключалась в разработке технологии производства функциональных напитков с использованием пророщенного зерна, а период ее реализации охватывал 2021-2023 годы.

Общеизвестно, что после проращивания зерна злаковых, бобовых и масличных культур активизируется биологический потенциал биологически активных элементов зерна. Во время прорастания белки, хранящиеся в зерне, начинают расщепляться на аминокислоты, которые частично всасываются, а частично распадаются на

нуклеотиды. Затем эти нуклеотиды распадаются на основания, составляющие гены зерна. Как только начинается процесс набухания, который предшествует прорастанию, весь потенциал зерна активируется, превращая все доступные питательные вещества в активную, полезную форму. Белки превращаются в аминокислоты, крахмал в сахар, а жиры в жирные кислоты. Синтезируются витамины, вырабатываются ауксины, фитогормоны, мобилизуются все силы биостимулятора для выполнения поставленной природой задачи.

Методом спиртовой экстракции определяли выход экстрактов из различных злаковых, бобовых и масличных культур, а также устанавливали стандарт экстрактов (рисунок 1), после чего оптическую плотность каждого экстракта фиксировали за 100 %.

Для определения оптической плотности растворов концентрацию измеряли с помощью лабораторного спектрофотометра ShimadzuUV-1900i путем сравнения светопропускной и светопоглощающей способности растворов, как описано в ссылках 3-5.

Результаты. В соответствии с законами фотоэффекта мощность возникающего фототока прямо пропорциональна интенсивности света, попадающего на фотоэлемент. В результате отношение интенсивностей световых потоков, присутствующее в основном законе поглощения света, может быть заменено отношением фототоков, как видно из литературы [2, 7, 10, 11]. Этот метод используется в фотометрическом анализе, где основное внимание уделяется измерению результирующих значений фототока, а не поглощения света растворами.

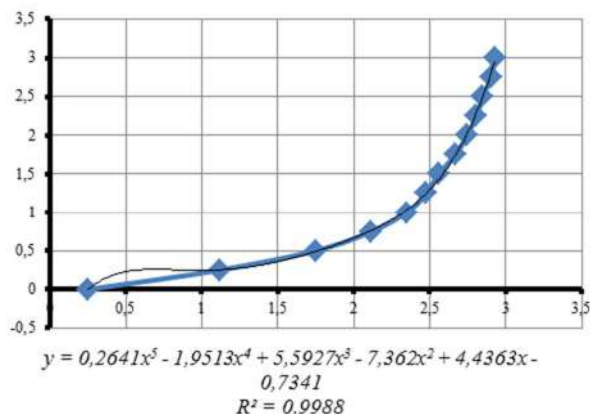


Рисунок 1 – Получение эталонов экстрактов из пророщенного зерна, методом спиртовой экстракции

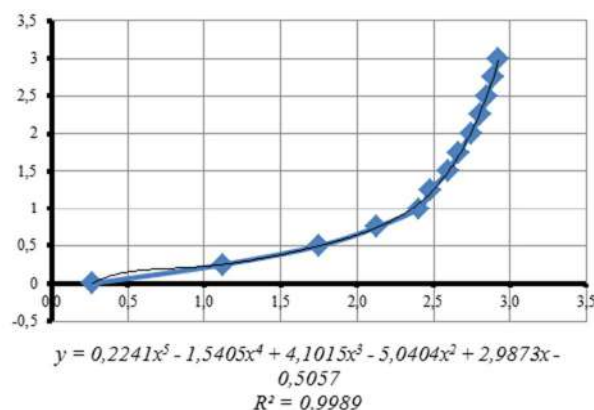
Figure 1 – Obtaining standards of extracts from sprouted grain by alcohol extraction

Далее был проведен эксперимент по исследованию концентрации биологически активных веществ путем измерения оптической плотности растворов различной концентрации. На основании полученных данных построена зависимость оптической плотности раствора от концентрации экстракта (рисунок 2-4), по оси абсцисс – концентрация раствора (С, мг/л), по оси абсцисс – для каждого исследования оптическая плотность раствора (О, нм).

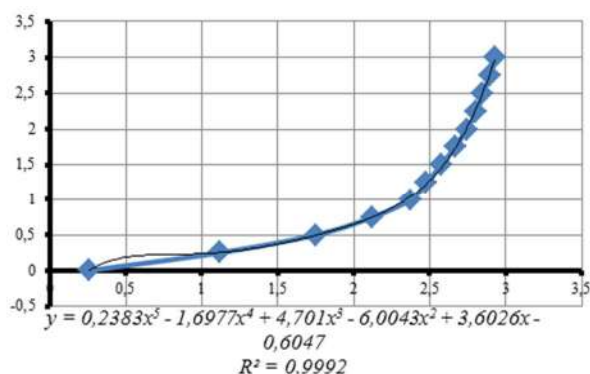
На рисунке 2 (а-г) представлена диаграмма изменения оптической плотности растворов из экстрактов на основе пророщенного зерна злаковых культур.



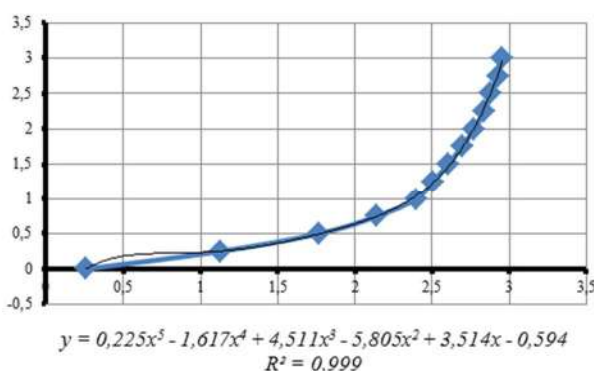
а) растворы экстрактов из пророщенного зерна пшеницы



б) растворы экстрактов из пророщенного зерна ячменя



в) растворы экстрактов из пророщенного зерна риса



г) растворы экстрактов из пророщенного зерна тритикале

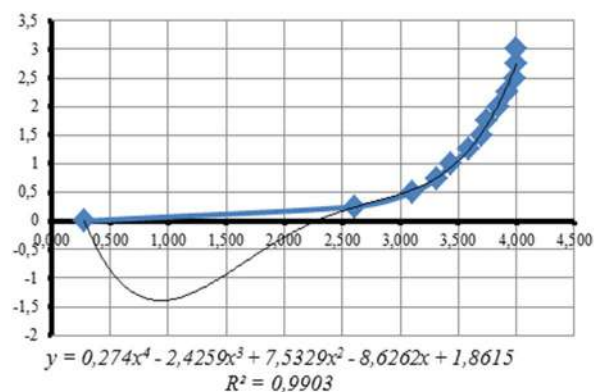
Рисунок 2 – Зависимость от оптической плотности раствора на концентрацию экстракта из пророщенного зерна злаковых культур

Figure 2 – Dependence of the optical density of the solution on the concentration of the extract from the sprouted grain of cereals

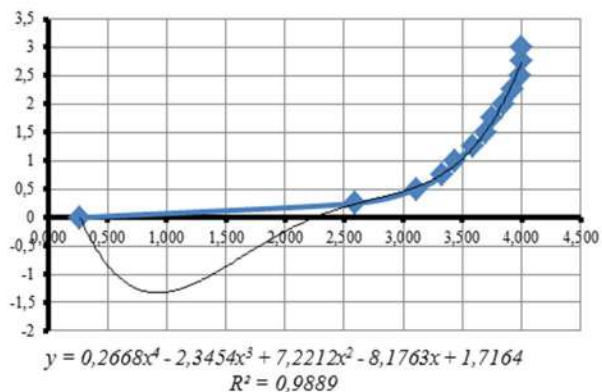
Анализ представленных данных показал, что увеличение значений концентрации растворов экстрактов из пророщенного зерна злаковых культур (мг/л) приводит к увеличению значений оптической плотности (нм). Так, например увеличение концентрации раствора с экстрактом пшеницы с 0,25 мг/л до 2,9 мг/л изменяет значения оптической плотности раствора экстракта с 0 до 3,0 нм. Аналогичную динамику наблюдали у растворов экстрактов из зерна ячменя, тритикале и риса.

Далее изучали динамику изменения оптической плотности растворов из пророщенного зерна бобовых культур рисунок 3 (а-в). Анализ представленных диаграмм показал замедленный рост значений оптической плотности в промежутке с 0,25 мг/л до

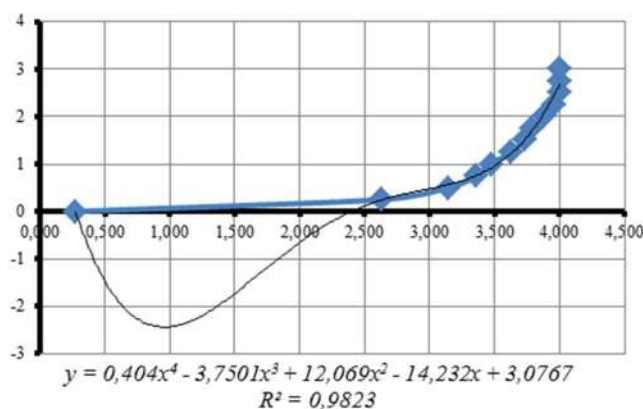
2,6 мг/л, при этом значения оптической плотности возрастают только с 0 до 0,27 нм. Однако дальнейшее увеличение значений C , приводит к резкому увеличению значений O , достигая максимальных значений 3 нм при C равное 4,0 мг/л.



а) растворы экстрактов из пророщенного зерна сои



б) растворы экстрактов из пророщенного зерна гороха



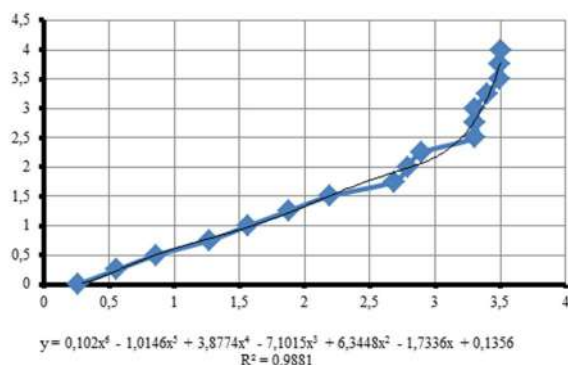
в) растворы экстрактов из пророщенного зерна нута

Рисунок 3 – Зависимость оптической плотности раствора на концентрацию экстракта из пророщенного зерна бобовых культур

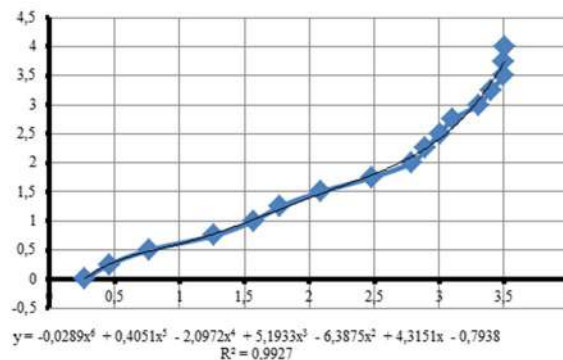
Figure 3 – Dependence of the optical density of the solution on the concentration of the extract from the sprouted grain of legumes

Далее изучали динамику изменения оптической плотности растворов (O , нм), полученные из экстрактов пророщенных семян масличных культур, от переменных значений концентрации экстрактивных веществ в растворе (C , мг/л). Интерпретация результатов экспериментальных исследований представлена в виде диаграммы на рисунке 4 (а-г).

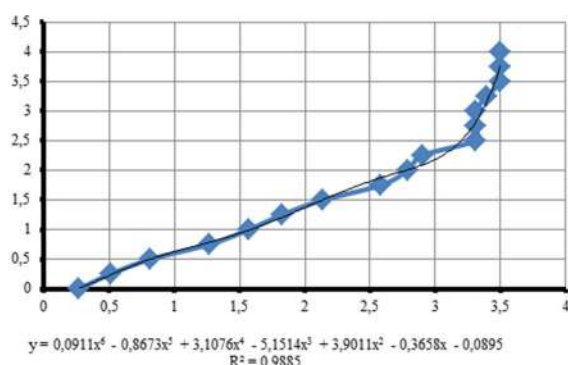
Анализ представленных диаграмм показал, что увеличение экспериментальных значений концентрации экстрактивных веществ в лабораторных образцах растворов из пророщенных семян масличных культур приводит к резкому изменению значений оптической плотности. Так, например, при концентрации экстрактивных веществ в растворе экстракта на основе семян подсолнечника, $C=0,25$ мг/л значения оптической плотности соответствовали начальным минимальным значениям O . Дальнейшее увеличение значений C до 3,5 мг/л приводило к резкому увеличению значений оптической плотности, что соответствовало максимальным значениям O – 4 нм. Аналогичные зависимости установлены и для других растворов из экстрактов семян масличных культур.



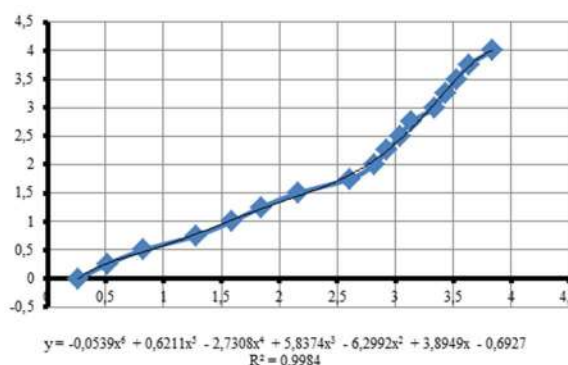
а) растворы экстрактов из пророщенных семян подсолнечника



б) растворы экстрактов из пророщенных семян рапса



в) растворы экстрактов из пророщенных семян сафлора



г) растворы экстрактов из пророщенных семян льна

Рисунок 4 – Зависимость оптической плотности растворов на концентрацию экстракта из пророщенных семян масличных культур

Figure 4 – Dependence of the optical density of solutions on the concentration of extract from sprouted oilseeds

Закключение. Анализ представленных данных показал, что концентрация изучаемых экстрактов находится в прямой зависимости от значений оптической плотности растворов. При увеличении значений концентрации растворов, наблюдается рост значений оптической плотности. Полученные графики зависимости позволяют определять концентрацию полученных растворов в точности по лабораторным данным оптической плотности. Получены полиномиальные уравнения четверной, пятой и шестой степени по каждой культуре, которые наиболее точно описывают концентрацию в полученных растворах в зависимости от оптической плотности, а коэффициент детерминации находится в пределах $R^2=0,998-0,999$, что означает функциональную зависимость между оптической плотностью и концентрацией изучаемых растворов.

Conclusions. Analysis of the presented data showed that the concentration of the studied extracts is directly dependent on the optical density of the solutions. With increasing solution concentrations, an increase in optical density values is observed. The resulting dependence graphs make it possible to determine the concentration of the resulting solutions exactly according to laboratory optical density data. Polynomial equations of the fourth, fifth and sixth degrees were obtained for each culture, which most accurately describe the concentration in the resulting solutions depending on the optical density, and the coefficient of determination is in the range $R^2=0,998-0,999$, which means a functional relationship between the optical density and the concentration of the studied solutions.

Библиографический список

1. Биоактивные белки и пептиды: современное состояние и новые тенденции практического применения в пищевой промышленности и кормопроизводстве / Д. В. Гришин, О. В. Подобед, Ю. А. Гладилина, М. В. Покровская, С. С. Александрова, В. С. Покровский, Н. Н. Соколов // *Вопр. Питания*. 2017. Т. 86. № 3. С. 19–31.

2. Данилкина В. А., Иунихина В. С., Тихонов В. П. Продукт высокой пищевой ценности на основе глубокой переработки растительного сырья // Материалы Шестой международной конференции "Мельница-2011". М.: Пищепромиздат, 2011. 259 с.
3. Клейменова Н. Л. Исследование функционального состава подсолнечного масла, полученного методом холодного прессования // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 23-26.
4. Корнилова А. Р., Степычева Н. В. Повышение биологической эффективности косметических средств купажированием масел. М.: Научное обозрение. Медицинские науки, 2020. 83 с.
5. Перспективы использования органоминеральных удобрений на посевах ярового рапса / Т. В. Зубкова, О. А. Дубровина, Д. В. Виноградов [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 35-40.
6. Пилипенко Т. В., Астафьева В. В., Степанова Н. Ю. Изучение качественных характеристик растительных масел различными методами // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 90-96.
7. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Изд-во хим. лит-ры, 1982. С. 49-54.
8. Способ получения напитка из пророщенных зерен пшеницы и напитков, полученный этим способом: пат. № 2385659 Россия МПК A23L2/38 / А. А. Странник. Заявка: 2008141333/13, 17.10.2008. Опубликовано: 10.04.2010.
9. Шепель В. С. О составлении смесей растительных масел для косметических композиций. М.: Научное обозрение. Медицинские науки, 2020. 87 с.
10. Berti C., Riso P., Brusamolino A., Porrin M. Effect on appetite control of minor cereal pseudocereal products // Br. J. Nutr. 2005. № 94. Pp. 850-858.
11. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate // Journal of Visualized Experiments. 2008. V. 19 (1). Pp. 899-899.
12. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace / V. Sukmanov, Y. Petrova, L. Gaceu, A. Birca, V. Zavialov, C. Popovici // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism. 2016. V. 12. No 2. Pp. 119-133.
13. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // Carbohydrate Polymers. 2009. V. 75. Pp. 351-355.
14. One step rapid dispersive liquid-liquid micro-extraction with in-situ derivatization for determination of aflatoxins in vegetable oils based on high performance liquid chromatography fluorescence detection / N. Wang [et al.] // Food chemistry. 2019. V. 287. Pp. 333-337.
15. Prepatation of ethyl alcohol from grape pomace extracted by subcritical water / V. Sukmanov [et al.] // Proceeding of 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism. 2016. V. 12. No 2. Pp. 138-144.

References

1. Bioactive proteins and peptides: the current state and new trends in practical use in the food industry and feed production / D. V. Grishin, O. V. Podobed, Yu. A. Gladilina, M. V. Pokrovskaya, S. S. Alexandrova, V. S. Pokrovsky, N. N. Sokolov // Vopr. Nutrition. 2017. V. 86. № 3. Pp. 19-31.
2. Danilkina V. A., Ionikhina B. C., Tikhonov V. P. A product of high nutritional value based on deep processing of plant raw materials // Materials of the Sixth International Conference "Mill-2011." М.: Pishchepromizdat, 2011. 259 p.
3. Kleimenova N. L. Study of the functional composition of sunflower oil obtained by cold pressing // Polzunovsky vestnik. 2020. № 2. Pp. 23-26.
4. Kornilova A. R., Stepycheva N. V. Increasing the biological efficiency of cosmetics by blending oils. М.: Scientific review. Medical Sciences, 2020. 83p.
5. Prospects for the use of organomineral fertilizers on crops of spring rapeseed / Т. В. Zubkov, О. А. Dubrovin, Д. В. Vinogradov [et al.] // Bulletin of Michurin State Agrarian University. 2020. № 4. Pp. 35-40.

6. Pilipenko T. V., Astafieva V. V., Stepanova N. Yu. Study of the qualitative characteristics of vegetable oils by various methods // *Izvestia of St. Petersburg State Agrarian University*. 2015. № 39. S. 90-96.
7. Planovsky A. N., Ramm V. M., Kagan S. Z. Processes and apparatuses of chemical technology. M.: Publishing House Khim. lit-ry, 1982. Pp. 49-54.
8. Method for production of beverage from sprouted wheat grains and beverage produced by this method: pat. No. 2385659 Russia MPK A23L2/38/A. A. Strannik. Application: 2008141333/13, 17.10.2008. Published: 10.04.2010
9. Shepel V. S. On the formulation of vegetable oil mixtures for cosmetic compositions. M.: Scientific review. Medical Sciences, 2020. 87 Pp.
10. Berti C., Riso P., Brusamolino A., Porrin M. Effect on appetite control of minor cereal pseudocereal products // *Br. J. Nutr.* 2005. № 94. Pp. 850-858.
11. Cupp-Enyard C. Sigma's non-specific protease activity assay-casein as a substrate // *Journal of Visualized Experiments*. 2008. V. 19 (1). Pp. 899-899.
12. Influence of parameters of subcritical water extraction over yield of target components from grape pomace / V. Sukmanov, Y. Petrova, L. Gaceu, A. Birca, V. Zavialov, C. Popovici // *Proceeding of 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*. 2016. V. 12. No 2. P. 119-133.
13. Liu J. Iodine binding property of a ternary complex consisting of starch, protein and free fatty acids // *Carbohydrate Polymers*. 2009. V. 75. Pp. 351-355.
14. One step rapid dispersive liquid-liquid micro-extraction with in-situ derivatization for determination of aflatoxins in vegetable oils based on high performance liquid chromatography fluorescence detection / N. Wang [et al.] // *Food chemistry*. 2019. V. 287. Pp. 333-337.
15. Prepatation of ethyl alcohol from grape pomace extracted by subcritical water / V. Sukmanov [et al.] // *Proceeding of 6th BIOATLAS Conference, Journal of EcoAgriTourism*. 2016. V. 12. No 2. Pp. 138-144.

Информация об авторах

Муслимов Нуржан Жумартович, доктор технических наук, президент, Международный Таразский инновационный институт им. Шерхана Муртаза (Казахстан, 080000, г. Тараз, ул. Желтоксан, д. 69Б), e-mail: n.muslimov@inbox.ru

Туякова Айгерим Рахметоллаевна, магистр технических наук, старший научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 050060, г. Астана, пр-т Аль-Фараби, д. 47), e-mail: ice_aika@mail.ru

Далабаев Асхат Болатұлы, магистр техники и технологии, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 050060, г. Астана, пр-т Аль-Фараби, д. 47), e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Садibaев Аби́лхан Килибаевич, кандидат технических наук, доцент, НАО «Таразский государственный региональный университет» (Казахстан, 080000, г. Тараз, ул. Сулейменова, д. 7), e-mail: asadibayev@mail.ru

Authors Information

Muslimov Nurzhan Zhumartovich, Doctor of Technical Sciences, President, International Taraz Innovation Institute named after Sherkhan Murtaza (Kazakhstan, 080000, Taraz, Zheltoksan str., 69B), e-mail: n.muslimov@inbox.ru

Tuyakova Aigerim Rakhmetollayevna, Master of Technical Sciences, Senior Researcher, Astana branch of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP (Kazakhstan, 050060, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: ice_aika@mail.ru

Dalabayev Askhat Bolatuly, Master of Engineering and Technology, Chief Scientific Officer, Astana Branch of Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP (Kazakhstan, 050060, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Sadibaev Abilkhan Kilibaevich, candidate Associate Professor, NAO "Taraz State Regional University" (Kazakhstan, 080000, Taraz, Suleimenova str., 7), e-mail: asadibayev@mail.ru

CHOICE OF THE IRRIGATOR DISPOSITION DEPTH INTO THE MOLE IRRIGATION SYSTEM IN THE LOWER VOLGA REGION

N. Yu. Petrov, E. A. Khodiakov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Agricultural University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 11.06.2023

Submitted 15.08.2023

Summary

Researches to study the features of mole irrigation technique were carried out in 2022 on the experimental fields of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University. «Gornaya Polyana». The article shows the rationale for choosing the depth of the of mole sprinkler location based on the analysis of the features of the moisture contour formation in the soil after irrigation and the assessment of possible water filtration below the active soil layer.

Abstract

Introduction. Currently, in many regions of our planet there is an acute shortage of fresh water for irrigation. In this regard, the most water-saving method of irrigation is subsurface irrigation and, its main variety, mole irrigation. This method of irrigation has all advantages of subsoil irrigation (supply of fertilizers and irrigation water directly to the root system, no evaporation, significant savings of irrigation water) with minimal financial and technical resources for setting up an irrigation network. In this regard, the study of the features of mole irrigation technique has the scientific and practical interest. **Object.** The depth of the irrigators location in the mole irrigation system. **Materials and methods.** Field experiments were carried out in 2022 on light chestnut soils of the Lower Volga region. The purpose of the research was to scientifically and experimentally substantiate the technical parameters of the mole irrigation system. One of the main tasks was to study the nature of the distribution of moisture in the soil and the degree of deep filtration at different depths of molehills. For this, 3 options for the depth of the mole sprinklers location were studied (0.3; 0.4 and 0.5 m) in three zones: water-logging (> 110% of the Lowest moisture capacity), normal (90 ... 110% of the Lowest moisture capacity) and low moisture (75 ... 90% of the Lowest moisture capacity). Such observations were made several times during the irrigation season. The article presents the most typical arrangements of moisture isopleths in the soil profile. The diameter of the molehills was the same in all variants and was within 58...63 mm. The irrigation rate was 200 m³/ha, and the volume of water supply to 1 molehill with its length of 75 m was 2 m³. **Results and conclusions.** The results of the research showed that the depth of mole irrigation systems of 0.3 ... 0.4 m made it possible to more effectively moisten the active soil layer of 0-0.8 m without of deep filtration into layers below 0.8 m, because one day after irrigation the zone of normal moistening was 95.1...99.3% in the active layer, and its boundaries spread from above to a depth of -12...-18 cm and -83...-88 cm from the bottom of the earth's surface. It was also found that the depth of the molehills did not affect the lateral distribution of moisture. The zone of normal moisture, on average, according to the variants of the experiment, extended by 46.0 cm to the left and 44.0 cm to the right, and the zone of low moisture - by 78.7 cm to the left and 65.0 cm to the right of the molehill axis. Therefore, mole sprinklers can be placed under each row of plants if they are at a distance of 1 m or more from each other. This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Administration of the Volgograd Region under project No. 22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>

Key words: mole irrigation, depth of sprinklers location, distance between mole sprinklers, humidification contours, distribution of irrigation water in the soil.

Citation. Petrov N. Yu., Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Choice of the irrigator disposition depth into the mole irrigation system in the lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 457-468 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-46.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.67

ОБОСНОВАНИЕ ГЛУБИНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОРОСИТЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ КРОВОТОВОГО ОРОШЕНИЯ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время во многих регионах нашей планеты наблюдается дефицит пресной воды для орошения. В этом плане наиболее водосберегающим способом полива является внутривиточный полив и его основная разновидность кротовое орошение. Данный способ полива обладает всеми достоинствами внутривиточного орошения (подача удобрений и оросительной воды непосредственно в корневую систему, отсутствие испарения, значительная экономия оросительной воды) при минимальных затратах финансовых и технических ресурсов для устройства поливной сети. В связи с этим изучение особенностей техники полива кротовым орошением представляет научный и практический интерес. **Объект.** Глубина расположения оросителей в системе кротового орошения. **Материалы и методы.** Полевые опыты были проведены в 2022 г. на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Цель исследований заключалась в научно-экспериментальном обосновании технических параметров конструкции системы кротового орошения. Одной из основных задач являлось изучение характера распределения влаги в почве и степени глубинной фильтрации при разной глубине нарезки кротовин. Для этого были изучены 3 варианта глубины расположения кротовых оросителей – 0,3; 0,4 и 0,5 м по трём зонам: переувлажнения (> 110 % наименьшей влагоёмкости почвы НВ), нормального (90...110 % НВ) и пониженного увлажнения (75...90 % НВ). Такие наблюдения проводили несколько раз в течение поливного сезона. В статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном профиле. Диаметр кротовых оросителей был одинаковым на всех вариантах и находился в пределах 58...63 мм. Поливная норма составляла 200 м³/га, а объём водоподачи в 1 кротовину при её длине 75 м – 2 м³. **Результаты и выводы.** Результаты исследований показали, что глубина расположения кротовых оросителей 0,3...0,4 м позволила более эффективно увлажнить активный слой почвы 0-0,8 м, при отсутствии глубинной фильтрации в слое ниже 0,8 м, так как на этих вариантах на следующий день после полива зона нормального увлажнения на 95,1...99,3 % находилась в активном слое, а её границы распространились сверху до глубины -12...-18 см и -83...-88 см снизу от поверхности земли. Также было установлено, что глубина нарезки кротовин не оказывала влияния на боковое распространение влаги. Зона нормального увлажнения в среднем по вариантам опыта распространялась на 46,0 см влево и 44,0 см вправо, а зона пониженного увлажнения – на 78,7 см влево и 65,0 см вправо от оси кротовины. Следовательно, кротовые оросители можно располагать под каждым рядом растений, если они находятся на расстоянии 1 м и более друг от друга. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области по проекту №22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Ключевые слова: кротовое орошение, глубина расположения оросителей, контуры увлажнения, распределение оросительной воды, технологии орошения.

Цитирование. Петров Н. Ю., Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Обоснование глубины расположения оросителей в системе кротового орошения в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 457-468. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-46.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сегодня во многих регионах нашей планеты наблюдается дефицит пресной воды, в том числе для нужд орошения различных сельскохозяйственных культур. Это накладывает определённые требования к используемым способам полива и вынуждает отыскивать более ресурсосберегающие. Внутрипочвенное орошение (ВПО) является наиболее водосберегающим способом, однако ВПО сельскохозяйственных культур имеет довольно узкую область применения. Из-за значительных капитальных вложений для строительства оросительного участка оно применяется только для полива садов, виноградников, и реже для выращивания кормовых культур. Но в то же время проведённые в Волгоградском государственном аграрном университете многолетние исследования по изучению особенностей внутрипочвенного полива различных овощных культур [1, 7, 14] показали, что этот способ полива может свободно конкурировать с дождеванием и капельным орошением, а также быть рентабельным, несмотря на высокие начальные затраты на ввод участка в эксплуатацию.

Одной из наиболее перспективных разновидностей внутрипочвенного способа полива является кротовое внутрипочвенное орошение (КВПО). Этот способ не требует капитального строительства, за счёт чего начальные затраты сводятся к минимуму.

В Российской Федерации КВПО изучено слабо, в основном его использовали для полива животноводческими стоками [2], полива виноградников на склоновых землях [3] и как дополнительный способ полива угловых участков поля с дождевальной машиной "Фрегат" [5]. За рубежом кротовое орошение исследовали в Узбекистане [4, 6], Иране [3], Аргентине [5], Китае [6], Бразилии [4], Нидерландах [10] Австралии [16], США [9], Ирландии [8], Египте [13] и Канаде [17].

На светло-каштановых почвах Волгоградской области, как наиболее типичной для Нижнего Поволжья, кротовое орошение изучается впервые, поэтому одной из основных задач стояло изучение особенностей распространения влаги в почвенном профиле при использовании данного способа полива.

Материалы и методы. Опытный участок, находится в междуречье Волги и Дона. Климат в этом регионе резко континентальный. Лето – жаркое, сухое с практически полным отсутствием дождей в июле и августе. Зима – холодная, малоснежная. В статье приведены результаты полевых опытов, выполненных в Учебном научно-производственном центре «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета, выполненных в 2022 году. Проведённые исследования являются базовой частью (начальным этапом) многолетних полевых опытов по разработке системы кротового орошения для выращивания технических (на примере хлопчатника) и зернобобовых культур (на примере сои).

Почвы участка – типичные для Нижнего Поволжья светло-каштановые, средне- и тяжёлосуглинистые. Грунтовые воды находились на глубине более 3-х метров, поэтому они не оказывали влияния на водно-воздушный режим активного слоя почвы и наблюдения за ними не проводились.

В представленной статье показаны результаты полевых опытов, позволяющих определить оптимальную глубину расположения кротовых оросителей для наиболее эффективного распределения оросительной воды в почвенном разрезе без глубинной фильтрации ниже активного слоя почвы (0,8 м для технических культур и многолетних трав).

В наших опытах были изучены 3 варианта глубины расположения кротовин: 0,3, 0,4 и 0,5 м. Все кротовины нарезались с помощью стойки-ножа с передней режущей кромкой (рисунок 1) и уширителем конусо-параболической формы (рисунок 2).

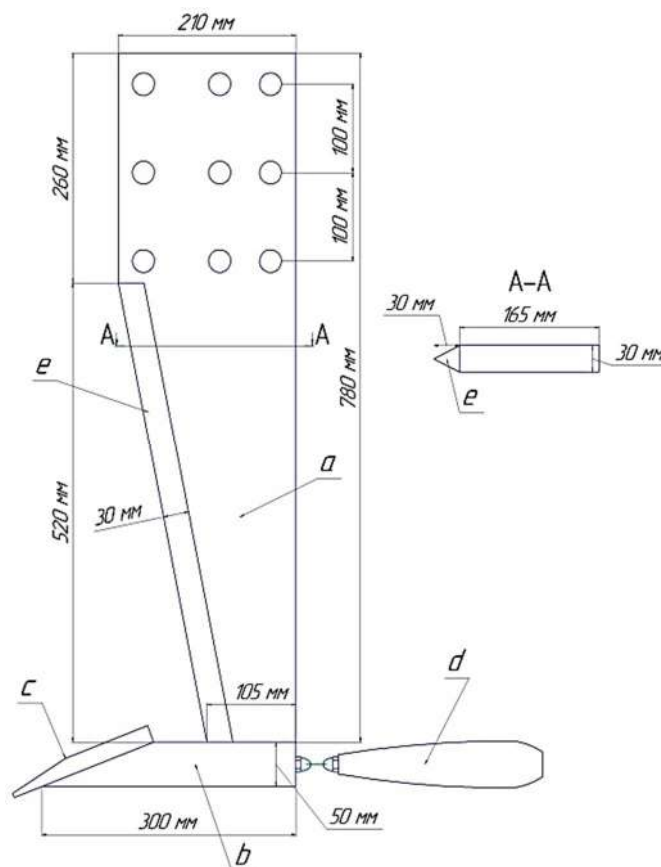


Рисунок 1 – Рабочий орган кротователя: а – стойка, б – дренир, с – долото, д – уширитель конусо-параболической формы, е – передняя режущая кромка

Figure 1 – The working body of the mole maker: a – stand, b – drainer, c – chisel, d – cone-parabolic flare, e – front cutting edge

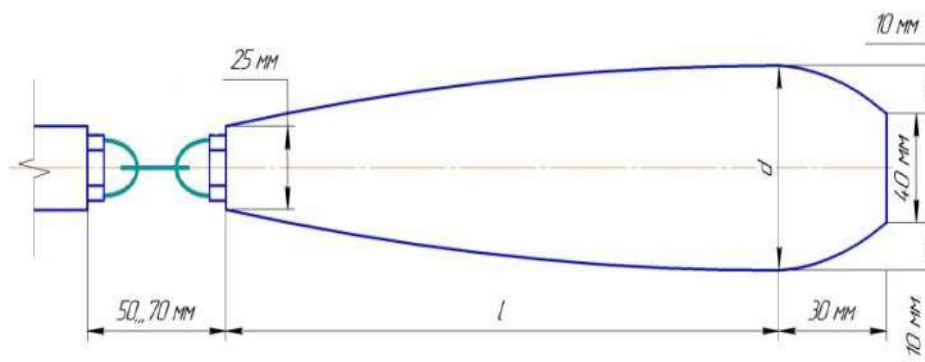


Рисунок 2 – Уширитель для кротователя конусо-параболической формы

Figure 2 – Expander for the mole maker of a cone-parabolic shape

Диаметр кротовых оросителей был одинаковым на всех вариантах и составлял 58...63 мм. Поливная норма составляла 200 м³/га, а объем водоподачи в 1 кротовину при её длине 75 м – 2 м³.

Контуры увлажнения определяли с помощью термостатно-весового метода на следующий день после полива. Отбор проб проводили вправо и влево от оси кротовины на расстояние 1 м с шагом 10 см и на глубину до 1 м с таким же шагом.

Наблюдения проводили регулярно в течение полевого опыта в 2022 г. В статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном разрезе. Математическую обработку полученных результатов и построение изоплет влажности почвы проводили с помощью «Microsoft Excel 2010» и «Surfer 12».

Результаты и обсуждение. После построения изоплет влажности почвы по вариантам опыта (рисунки 3-5) мы оценивали эффективность распределения оросительной воды по почвенному срезу.

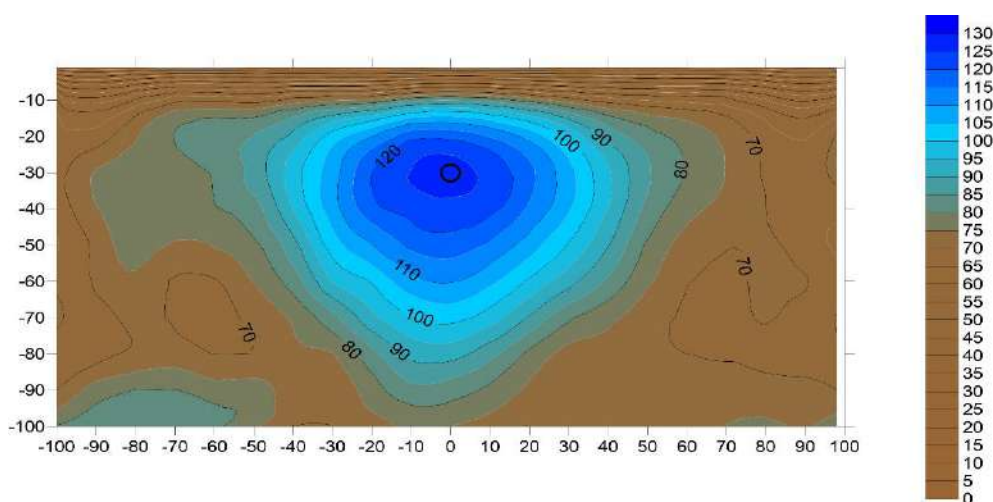


Рисунок 3 – Изоплеты влажности почвы (% НВ) при глубине расположения кротовых оросителей 0,3 м

Figure 3 – Soil moisture isopleths (% FMC) at a mole irrigator depth of 0.3 m

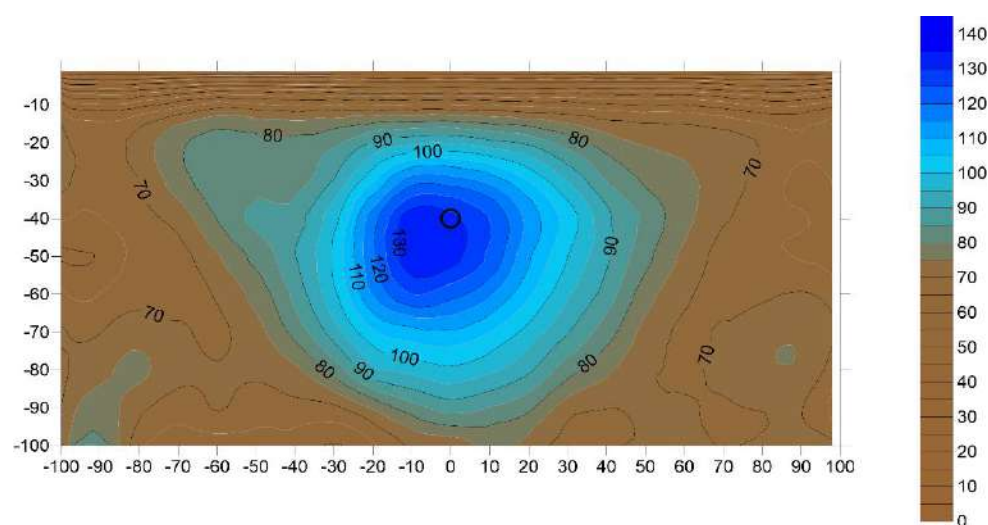


Рисунок 4 – Изоплеты влажности почвы (% НВ) при глубине расположения кротовых оросителей 0,4 м

Figure 4 – Soil moisture isopleths (% FMC) at a mole irrigator depth of 0.4 m

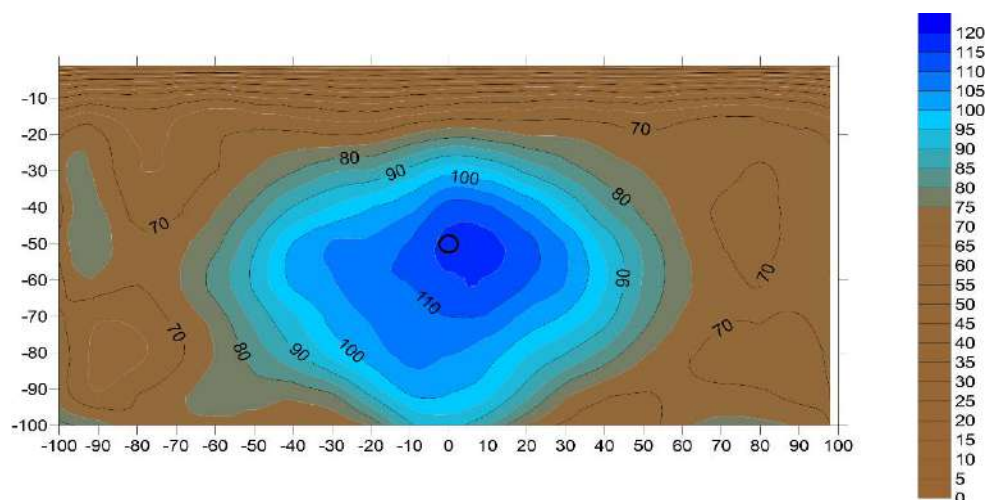


Рисунок 5 – Изоплеты влажности почвы (% НВ) при глубине расположения кротовых оросителей 0,5 м

Figure 5 – Soil moisture isopleths (% FMC) at a mole irrigator depth of 0.5 m

Для удобства было выделено 3 зоны с различной степенью увлажнения:

- Зона переувлажнения ($> 110\%$ НВ);
- Зона нормального увлажнения ($90\ldots 110\%$ НВ);
- Зона пониженного увлажнения ($75\ldots 90\%$ НВ).

Границы этих зон отчётливо демонстрируют характер увлажнения почвы в зависимости от глубины расположения кротовых оросителей. Внешние границы зон увлажнения по вариантам опыта показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Внешние границы зон увлажнения почвы при разной глубине расположения кротовых оросителей

Table 1 – External boundaries of soil moisture zones at different depths of mole irrigation

Глубина расположения кротовых оросителей, м	Выше кротовины, см от поверхности земли	Ниже кротовины, см от поверхности земли	Слева от кротовины, см от её оси	Справа от кротовины, см от её оси
Внешняя граница зоны переувлажнения (расположение изоплеты 110 % НВ)				
0,3	- 17	- 61	- 28	26
0,4	- 26	- 70	- 25	23
0,5	- 38	- 70	- 15	24
Внешняя граница зоны нормального увлажнения (расположение изоплеты 90 % НВ)				
0,3	- 12	- 83	- 47	45
0,4	- 18	- 88	- 40	42
0,5	- 26	- 102	- 51	45
Внешняя граница зоны пониженного увлажнения (расположение изоплеты 75 % НВ)				
0,3	- 9	- 101	- 91	68
0,4	- 13	- 103	- 76	64
0,5	- 19	- 111	- 69	63

Результаты полевых опытов показали, что на варианте опыта с глубиной расположения увлажнителей 0,3 м зона переувлажнения выше кротовины на следующий день после полива достигла отметки – 17 см от поверхности земли, а ниже опустилась до отметки – 61 см. Влево и вправо от оси оросителя эта зона распространилась на 28 и 26 см соответственно. Зона нормального увлажнения сверху кротовины не поднялась выше отметки – 12 см от поверхности почвы, а снизу опустилась до – 83 см. В стороны

от кротовины зона с влажностью почвы 90...110 % НВ распространилась на 47 см влево и на 45 см вправо. Зона пониженного увлажнения сверху и снизу кротовины достигла отметок – 9 и – 101 см от поверхности земли соответственно. Слева от увлажнителя граница этой зоны находилась на расстоянии 91 см, а справа – 68 см.

Аналогичным образом в таблице показаны границы зон увлажнения на оставшихся вариантах расположения оросителей по глубине.

Оценка изменения влажности почвы вокруг оросителей показала, что распространение контуров увлажнения (вверх, вниз, влево и вправо от кротовины) на всех вариантах глубины расположения оросителей было примерно одинаковым. При глубине увлажнителей 0,3...0,5 м зона переувлажнения распространялась на 12...14 см вверх, 20...21 см вниз, 15...28 см влево и 23...26 см вправо. Внешние границы зоны нормального увлажнения от кротовины находились на расстоянии 18...24 см вверх, 48...53 см вниз, 40...51 см влево и 42...45 см вправо. Зона с влажностью почвы 75...90 % НВ распространилась на 21...31 см вверх, 61...71 см вниз, 69...91 см влево и 63...68 см вправо от увлажнителя.

С увеличением глубины расположения оросителей от 0,3 до 0,5 м верхние и нижние границы зон увлажнения смещались в более глубокие слои почвы. Так верхняя граница зоны переувлажнения на следующий день после полива смещалась от отметки – 17 до – 38 см или на 21 см вглубь почвы, а нижняя от – 61 до – 70 см или на 9 см. Верхняя и нижняя границы зоны нормального увлажнения сдвигались вглубь от отметки – 12 до – 26 и от – 83 до – 102 см или на 14 и 19 см соответственно. Зона пониженного увлажнения так же смещалась от отметки – 9 до – 19 см по верхней границе и от 101 до 111 см по нижней границе или на 10 см в нижележащие горизонты.

Увеличение влажности почвы вниз до внешней границы зоны переувлажнения почвы в среднем было в 2,1 раза больше, чем вверх. У зоны нормального увлажнения эти расстояния отличались в 2,4 раза, а у зоны пониженного увлажнения в 2,6 раза.

Такая динамика контуров увлажнения вызывала соответствующее изменение площадей изучаемых зон (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение площади зон увлажнения почвы в зависимости от диаметра кротовых оросителей

Table 2 – Change in the area of soil moisture zones depending on the diameter of mole irrigators

Глубина нарезки кро- товых ороси- телей, м	Зона переувлажне- ния (> 110 % НВ)		Зона нормаль- ного увлажне- ния (90...110 % НВ)		Зона понижен- ного увлажне- ния (75...90 % НВ)		Вся зона увлажнения, см ² (> 75 % НВ)
	см ²	%	см ²	%	см ²	%	
0,3	1542	19,7	2747	35,2	3522	45,1	7811
0,4	1721	18,9	3014	33,0	4388	48,1	9123
0,5	1830	17,0	4273	39,7	4665	43,3	10768

При возрастании глубины нарезки кротовых оросителей от 0,3 до 0,5 м площадь зоны переувлажнения (> 110 % НВ) постепенно возрастала от 1542 до 1830, зоны нормального увлажнения (90...110 % НВ) – от 2747 до 4273, зоны пониженного увлажнения (75...90 % НВ) – от 3522 до 4665 см². В результате, общая площадь зоны увлажнения увеличилась от 7811 до 10768 см². Несмотря на то, что в абсолютных значениях площади зон увлажнения возрастали, в процентном соотношении они существенно не изменялись. Так, зона переувлажнения составляла 17,0...19,7 % от всей зоны увлажнения, нормального – 33,0...39,7 %, а пониженного – 43,3...48,1 %.

Распределение зон увлажнения в почвенном разрезе (таблица 3) показало, что на всех вариантах опыта на следующий день после полива зона переувлажнения полностью оставалась в пределах активного слоя почвы. Перемещение влаги в почве зоны нормального увлажнения на глубине укладки оросителей 0,3...0,4 м ниже активного слоя почвы было незначительным, поскольку оно не превышало 5 %. При возрастании глубины до 0,5 м перемещение влаги в почве составляло 16,5 %, то есть наблюдалась глубинная фильтрация в нижележащие горизонты. Зона пониженного увлажнения распространялась значительно ниже активного слоя почвы 8,5-22,8 %, что значительно превышало 5 % предел.

Анализ распространения контуров в стороны от кротовины в зависимости от глубины расположения оросителей позволил установить, что значительных различий здесь не наблюдалось. Зона переувлажнения при глубине 0,3 м распространилась на 28 см влево и на 26 см вправо от оси кротовины, на варианте с глубиной 0,4 м – на 25 см влево и на 23 см вправо, а при глубине 0,5 м – на 15 см влево и на 24 см вправо. Граница зоны нормального увлажнения при глубине расположения кротовин 0,3, 0,4 и 0,5 м слева находилась от увлажнителя на расстоянии 47, 40 и 51 см, а справа – 45, 42 и 45 см соответственно. Зона пониженного увлажнения по вариантам опыта распространилась на 91, 76 и 69 см влево и 68, 64 и 63 см вправо.

Таблица 3 – Распределение зон увлажнения в почвенном разрезе, %

Table 3 – Distribution of moisture zones in the soil section, %

Глубина расположения кротовых оросителей, м	Зона переувлажнения (> 110 % НВ)	Зона нормального увлажнения (90...110 % НВ)	Зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ)
В активном слое почвы (0-0,8 м)			
0,3	100	99,3	91,5
0,4	100	95,1	88,6
0,5	100	83,5	77,2
На глубине более 0,8 м			
0,3	0	0,7	8,5
0,4	0	4,9	11,4
0,5	0	16,5	22,8

По значениям глубины нарезки кротовых оросителей и соответствующих им площадям зон увлажнения был проведён дисперсионный анализ, в котором рассматривались две гипотезы:

- гипотеза H_0 (нулевая гипотеза) глубина расположения кротовых оросителей не влияет на площадь зон увлажнения, формирующих контур увлажнения вокруг них.

- гипотеза А (альтернативная гипотеза) глубина расположения кротовых оросителей влияет на площадь зон увлажнения, формирующих контур увлажнения вокруг них.

В результате данного анализа $f_{набл}$ составило 13,91, которое мы сравнили с табличным значением распределения Фишера-Снедекора $f_{кр}$ для уровня значимости $\alpha=0.05$, чисел степеней свободы 2 и 6, составившее 5,14.

В связи с тем, что $f_{набл} > f_{кр}$, нулевую гипотезу отвергаем и принимаем альтернативную гипотезу о существенном влиянии фактора на результаты экспериментов, которая гласит, что глубина расположения кротовых оросителей влияет на площадь зон увлажнения формирующих контур распространения влаги после полива вокруг них.

Также статистическая обработка результатов исследований позволила выразить зависимость между зоной увлажнения (X) и площадью увлажнения (Y) в виде уравнения множественной регрессии: $Y = 8689,5 - 62,35X$. Статистическая значимость уравне-

ния проверена с помощью критерия Фишера и коэффициента детерминации (R^2), который составлял 0,795, что говорит нам о том, что полученная модель достаточно достоверно описывает исходные данные (т. к. $0,6 < |R^2| < 0,8$).

Установлено, что в исследуемой ситуации 79,5 % общей вариабельности Y (площадь увлажнения) объясняется изменением факторов X (зона увлажнения). Установлено также, что параметры модели статистически значимы.

Если рассмотреть контур увлажнения (площадь увлажнения), как функцию от рассматриваемой зоны увлажнения (влажность почвы, приняв 100 % НВ за единицу) и глубины расположения кротового оросителя, то эту поверхность регрессии можно изобразить в виде представленного графика и уравнения.

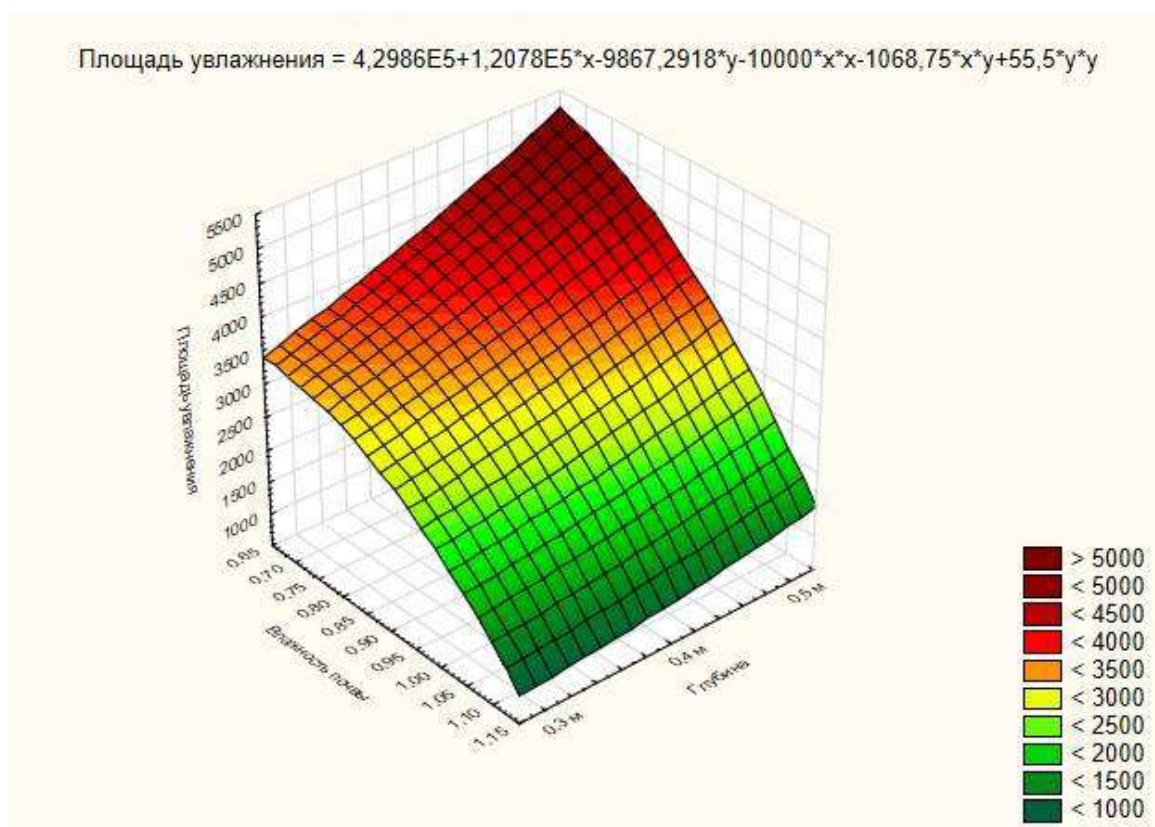


Рисунок 6 – График поверхности для площади увлажнения (cm^2), глубины нарезки кротовых оросителей (м) и влажности почвы (в долях ед. от НВ)

Figure 6 – Surface plot for wet area (cm^2), cutting depth of mole irrigators (m) and soil moisture (in units of FMC)

Выводы. Таким образом, проведённые исследования на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья в 2022 г. показали, что наиболее эффективной глубиной расположения кротовых оросителей является 0,3-0,4 м. Такая глубина позволила более эффективно увлажнить активный слой почвы 0-0,8 м, при отсутствии глубинной фильтрации в слое ниже 0,8 м, так как на этих вариантах на следующий день после полива зона нормального увлажнения (90...110 % НВ) на 99,3...95,1 % находилась в активном слое, а её границы распространились сверху до глубины -12...-18 см и -83...-88 см снизу от поверхности земли.

При глубине расположения кротовых оросителей 0,5 м зона нормального увлажнения (90...110 % НВ) на 83,5 % оставалась в активном слое почвы, а границы этой зоны сверху кротовины находились на глубине -26 см и снизу – на глубине -102 см от поверхности земли. В результате 16,5 % оросительной воды этой зоны находилось ниже активного слоя почвы.

Также в наших исследованиях было установлено, что глубина расположения кротовых оросителей на боковое распространение контура увлажнения влияния не оказывала. Зона нормального увлажнения (90...110 % НВ) в среднем по вариантам опыта распространялась на 46,0 см влево и 44,0 см вправо, а зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ) – на 78,7 см влево и 65,0 см вправо от оси кротовины. Следовательно, кротовые оросители можно располагать под каждым рядом растений, если они находятся на расстоянии 1 м и более друг от друга.

Conclusions. Thus, studies conducted on light chestnut soils of the Lower Volga region in 2022 showed that the most effective depth of mole sprinklers is 0.3...0.4 m. This depth made it possible to more effectively moisten the active soil layer 0-0.8 m, in the absence of deep filtration into layers below 0.8 m, since in these options, the next day after irrigation, the zone of normal moisture (90...110% of the Lowest moisture capacity) was 99.3...95.1% in the active layer, and its boundaries spread from above to a depth of -12...-18 cm and -83...-88 cm from below the surface of the earth.

When the mole sprinklers were located at a depth of 0.5 m, the zone of normal moisture (90...110% of the Lowest moisture capacity) remained 83.5% in the active soil layer, and the boundaries of this zone above the molehill were at a depth of -26 cm and below - at a depth of -102 cm from the surface of the earth. As a result, 16.5% of the irrigation water in this zone was below the active soil layer.

Our studies also found that the depth of the mole sprinklers had no effect on the lateral spread of the humidification circuit. The zone of normal moisture (90...110% of the Lowest moisture capacity) on average for the experimental variants extended 46.0 cm to the left and 44.0 cm to the right, and the zone of reduced moisture (75...90% of the Lowest moisture capacity) - 78.7 cm to the left and 65.0 cm to the right from the axis of the molehill. Therefore, mole sprinklers can be placed under each row of plants if they are located at a distance of 1 m or more from each other.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Метод определения основных параметров системы внутривиточного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 275-283.
2. Гостищев Д. П., Рогозина Ю. С. Использование животноводческих стоков при кротово-внутривиточном орошении // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и техника орошения. Новочеркасск: "Радуга", 2004. С. 142-145.
3. Зербалиев А. М. Внутривиточное орошение как способ защиты земель от водной эрозии почв // Вестник Дагестанского государственного технического университета. 2005. № 11. С. 162-166.
4. Исакова З. Х. Полив хлопчатника по кротовинам // European research. Иваново: Олимп, 2017. № 4 (27). С. 17-19.
5. Коломыца В. А. Изучение питательного режима почвы при возделывании кукурузы на зерно комбинированным способом орошения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. 2005. № 13. С. 61-64.
6. Хатамов Б. А., Нажмитдинова Г. Р. Эффективность орошения хлопка через искусственные трубы // Точная наука. Кемерово: ИП Никитин И. А., 2021. № 118. С. 26-29.
7. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. № 3. Pp. 185-193.
8. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // Agricultural water management. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.
9. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // Agricultural water management. 2022. V. 269. N. 107677.
10. Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface drainage system / G. Feng, Z. Zhang, C. Wan, P. Lu, A. Bakour // Agricultural water management. 2017. V. 193. Pp. 205-213.
11. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // Soil and Tillage Research. 2022. V. 223. N. 105448.

12. Jafari S., Bazrekar H. Relationship between drainage composition and clay minerals evolution under heavily irrigated sugarcane cultivation in southwest Iran // CATENA. 2022. V. 213. N. 106088.
13. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // Journal of Arid Environments. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.
14. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. A. Khodyakov, A. D. Akhmedov, E. P. Borovoy, K. V. Bondarenko, S. G. Milovanov // E3S Web of Conferences International Conference "Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic". 2021. V. 282. N. 05001.
15. Muhammada E. S., Ibrahim M. M., El-Sayed A. Effects of drain depth on crop yields and salinity in subsurface drainage in Nile Delta of Egypt // Ain Shams Engineering Journal. 2021. V. 2 (12). Pp. 1595-1606.
16. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // Agricultural water management. 2014. V. 146. Pp. 105-114.
17. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // Agricultural water management. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.
18. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // Agricultural water management. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

References

1. Akhmedov A. D. Method of determining the main parameters of the internal irrigation system // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2018. № 2 (50). Pp. 275-283.
2. Gostishchev D. P., Rogozin Yu. S. Use of livestock effluents in mole-in-soil irrigation // Resource-saving environmentally friendly technologies and irrigation techniques. Novochoerkassk: "Rainbow," 2004. Pp. 142-145.
3. Zerbaliyev A. M. Internal irrigation as a way to protect land from water erosion of soils // Bulletin of Dagestan State Technical University. 2005. № 11. Pp. 162-166.
4. Isakova Z. Kh. Watering cotton on moles // European research. Ivanovo: Olympus, 2017. № 4 (27). Pp. 17-19.
5. Kolomytsya V. A. Study of the nutritional regime of the soil during the cultivation of corn for grain by a combined irrigation method // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban GAU. 2005. № 13. Pp. 61-64.
6. Khatamov B. A., Nazhmitdinova G. R. Efficiency of cotton irrigation through artificial pipes // Exact science. Kemerovo: IP Nikitin I. A., 2021. № 118. Pp. 26-29.
7. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. № 3. Pp. 185-193.
8. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // Agricultural water management. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.
9. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // Agricultural water management. 2022. V. 269. N. 107677.
10. Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (*Zea mays* L.) in subsurface drainage system / G. Feng, Z. Zhang, C. Wan, P. Lu, A. Bakour // Agricultural water management. 2017. V. 193. Pp. 205-213.
11. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // Soil and Tillage Research. 2022. V. 223. N. 105448.

12. Jafari S., Bazrekar H. Relationship between drainage composition and clay minerals evolution under heavily irrigated sugarcane cultivation in southwest Iran // CATENA. 2022. V. 213. N. 106088.
13. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // Journal of Arid Environments. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.
14. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. A. Khodyakov, A. D. Akhmedov, E. P. Borovoy, K. V. Bondarenko, S. G. Milovanov // E3S Web of Conferences International Conference "Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic". 2021. V. 282. N. 05001.
15. Muhammada E. S., Ibrahim M. M., El-Sayed A. Effects of drain depth on crop yields and salinity in subsurface drainage in Nile Delta of Egypt // Ain Shams Engineering Journal. 2021. V. 2 (12). Pp. 1595-1606.
16. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // Agricultural water management. 2014. V. 146. Pp. 105-114.
17. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // Agricultural water management. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.
18. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // Agricultural water management. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Authors Information

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Civil Water Reclamation, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Milovanov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment of the Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agroindustrial Complex of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Bondarenko Kirill Vladimirovich, PhD student, junior researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment of the Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agroindustrial Complex of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

FIELD STUDIES OF THE SUPPORTING PERFORMANCE OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE ON WET PLOWED SOIL

S. D. Fomin¹, A. S. Myasnikov²

¹Volgograd State Agrarian University

²Private Professional Educational Institution

«Gazprom College «Volgograd» named after I. A. Matlashov»
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 30.06.2023

Submitted 18.08.2023

Abstract

Introduction. Today crop production is one of the important components of the successful functioning of the country's economy. The connecting link of all technological operations for cultivating agricultural crops is transport work, a large share of which falls on road freight transport. The existing models of trucks used in the agricultural industry perform a wide range of transport work, but with the low load-bearing capacity of the supporting surface caused by unfavorable weather conditions, its use in field conditions is limited, and in some situations it is completely impossible. In turn, the delivery of goods to the place of sowing and the removal of crops, respectively, in the spring-autumn period are one of the determining directions for the financial and economic stability of agricultural enterprises of any form of ownership. The solution to the problem of using cargo transport equipment on foundations with weak load-bearing capacity is to modernize existing equipment or develop new types and models of it, allowing it to perform the required technological operations on various soils and in all weather conditions, including work on the most difficult foundations – wet plowed soil. One of the possible directions for solving this problem is the development and use of automobile vehicles with a combined method of movement – rolling and walking, which allows you to choose it depending on the type of base and the load-bearing capacity of its supporting surface. To study vehicles with a combined method of movement, an experimental vehicle was designed that has original technical solutions that allow it to move by rolling and walking methods. **Object.** The object of the study is the support patency of an experimental vehicle on wet plowed soil. **Materials and methods.** The reference cross-country ability of an experimental vehicle on wet plowed soil was determined in the field when studying parameters – the amount of current consumed by the engines, the distance traveled, the depth of the rut, the degree of soil compaction. The parameters of support patency on wet plowed soil were studied with and without the use of original technical solutions incorporated into the design of the experimental vehicle. **Results and conclusions.** Analysis of the results of field studies of the movement of an experimental vehicle using the rolling and walking methods on the base of wet plowed soil showed that: when moving by the rolling method, the peak current consumption indicators of the electric motors that ensure the forward movement of the vehicle at a load of 300 N amounted to 0.133 A, while when moving by walking amounted to 0.127 A; the depth of the track when moving by the rolling method is 2.5 cm at a load of 300 N, which is 2.1 times higher than when moving by the walking method, in which, at a load of 500 N, the depth of the track does not exceed 1.6 cm; the degree of soil compaction when moving by the rolling method with a load of 300 N is 1.114, while with the walking method of movement it is 1.077; at a load of 300 N, complete slipping occurs and the experimental vehicle gets stuck; forward movement using the rolling method is impossible without external forces, while movement using the walking method is also possible at a load of 500 N.

Key words: *experimental vehicle, combined mode of transportation, field tests, ground clearance, wet plowed soil.*

Citation. Fomin S. D., Myasnikov A. S. Field studies of the supporting performance of an experimental vehicle on wet plowed soil. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 469-480 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-47.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed the submitted final version and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.37

**ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПОРНОЙ ПРОХОДИМОСТИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ВЛАЖНОМ
ВСПАХАННОМ ГРУНТЕ****С. Д. Фомин¹**, доктор технических наук, профессор
А. С. Мясников², преподаватель¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ²ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. На сегодняшний день растениеводство является одной из важных составляющих успешного функционирования экономики страны. Связующим звеном всех технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур являются транспортные работы, большая доля из которых приходится на автомобильный грузовой транспорт. Имеющиеся и занятые в сельскохозяйственной отрасли образцы автомобильной грузовой техники выполняют широкий спектр транспортных работ, но при низкой несущей способности опорной поверхности, вызванной неблагоприятными погодными условиями, использование ее в полевых условиях ограничено, а в некоторых ситуациях и вовсе невозможно. В свою очередь, доставка грузов к месту выполнения посевных работ и вывоз урожая соответственно в весенне-осенний период являются одними из определяющих направлений для финансовой и экономической стабильности сельскохозяйственных предприятий любых форм собственности. Решением проблемы использования грузовой транспортной техники на основаниях со слабой несущей способностью является модернизация имеющейся техники или разработка ее новых видов и образцов, позволяющие ей выполнять поставленные технологические операции на различных грунтах и при любых погодных условиях, включая работу на самых сложных основаниях – влажный вспаханный грунт. Одним из возможных направлений решения поставленной проблемы является разработка и применение автомобильных транспортных средств с комбинированным способом передвижения – качением и шаганием, позволяющие его выбирать в зависимости от типа основания и несущей способности его опорной поверхности. Для исследования транспортных средств с комбинированным способом передвижения сконструировано экспериментальное транспортное средство, обладающее оригинальными техническими решениями, позволяющими передвигаться ему способами качения и шагания. **Объект.** Объектом исследования является опорная проходимость экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте. **Материалы и методы.** Опорная проходимость на влажном вспаханном грунте экспериментального транспортного средства определена в полевых условиях при исследовании параметров – величина потребляемого двигателями тока, пройденный путь, глубина колеи, степень уплотнения грунта. Параметры опорной проходимости на влажном вспаханном грунте исследованы при использовании оригинальных технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, и без них. **Результаты и выводы.** Анализ результатов полевых исследований передвижения экспериментального транспортного средства способами качения и шагания по основанию «влажный вспаханный грунт» показал, что: при передвижении способом качения показатели пикового потребления тока электродвигателями, обеспечивающими поступательное передвижение транспортного средства вперед при нагрузке 300 Н составили 0,133 А, тогда как при движении шаганием составили 0,127 А; глубина колеи при передвижении способом качения составляет при нагрузке 300 Н, 2,5 см, что 2,1 раза больше, чем при передвижении способом шагания, при котором при нагрузке 500 Н глубина колеи не превышает 1,6 см; степень уплотнения грунта при передвижении способом качения при нагрузке 300 Н составляет 1,114, тогда как при шагающем способе передвижения 1,077; при нагрузке 300 Н возникает полное буксование и экспериментальное транспортное средство застревает, поступательное передвижение вперед способом качения невозможно без внешних усилий, тогда как передвижение способом шагания выполняется и при нагрузке 500 Н.

Ключевые слова: экспериментальные транспортные средства, комбинированные способы передвижения, полевые испытания, опорная проходимость, влажный вспаханный грунт.

Цитирование. Фомин С. Д., Мясников А. С. Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 469-480. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-47.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. 2022 год для аграриев Волгоградской области отметился разными экономическими показателями работы, среди которых особого внимания заслуживают хозяйства, занимавшиеся выращиванием овощей – картофеля, лука, моркови, свеклы, и понесшие при этом значительные экономические потери. Причина всему обильные осадки. Когда влаги мало, это проблема, а когда ее избыток – настоящая беда. Затяжные осадки сорвали сроки работ, а непролазная грязь свела на нет возможность выезда в поля транспортных средств для вывоза овощей с полей, на которых находились тонны уже собранного урожая и в итоге большая часть которого просто сгнила, а большая из уцелевшей части подмерзла [1]. Подобные проблемы значительно сказываются на эффективности работы хозяйств, занимающихся овощеводством. Решением подобной проблемы могло бы стать наличие транспортных средств, которые смогли бы передвигаться в полевых условиях вне зависимости от состояния опорной поверхности, вызванной погодными условиями [8-13].

Одним из направлений развития транспортной техники для сельского хозяйства является возможность передвижения по опорной поверхности с низкой несущей способностью, включая самые сложные участки – влажные вспаханные грунты. Для решения подобной проблемы сконструировано экспериментальное транспортное средство, позволяющее передвигаться комбинированным способом – качением и шаганием, последнее, в свою очередь, технически предназначено для самовытаскивания при низкой несущей способности опорной поверхности [2-7].

Материалы и методы. Опорная проходимость [6, 7] на влажном вспаханном грунте экспериментального транспортного средства определена в полевых условиях при исследовании параметров – величина потребляемого двигателями тока, пройденный путь, глубина колеи, степень уплотнения грунта. Параметры опорной проходимости на влажном вспаханном грунте исследованы при использовании оригинальных технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, и без них.

Результаты и обсуждения. Экспериментальное транспортное средство состоит из следующих сборочных узлов (рисунок 1) [2]: 1-3 подвижные части продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5; 6 – механизмы продольного перемещения частей 1-3; 7 – механизмы перемещения движителей 4 в вертикальной плоскости; 8 – механизм продольного перемещения кузова и кабины; 9 – источники энергии; 10 – электрический блок; 11 – пульт управления.

Для проведения полевых испытаний опорной проходимости экспериментального транспортного средства на основании влажный вспаханный грунт подготавливаются зачетные участки длиной и шириной не менее двух его габаритных длин и не менее одной его ширины соответственно. Влажный грунт вспахан на глубину не менее 0,15 м, разравненный, относительная влажность поверхностного слоя составляет 30-35%.



Рисунок 1 – Общий вид экспериментального транспортного средства (без кабины и кузова)

Figure 1 – General view of the experimental vehicle (without cabin and body)

Изначальная загрузка экспериментального транспортного средства составляет 200 Н, максимальная не превышает 500 Н, что обусловлено заложенными прочностными характеристиками в конструкции его сборочных узлов.

В качестве параметров для исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на основании влажный вспаханный грунт измерялись следующие показатели: потребляемый ток электродвигателями, установленными на движителях (D_1 - D_6) и механизмах продольного перемещения вдоль рамы подвижных частей (D_{13} - D_{15}); масса груза, укладываемого в кузов экспериментального транспортного средства; пройденный путь; глубина колеи; степень уплотнения грунта до и после прохода экспериментального транспортного средства.

Результаты исследований передвижения экспериментального транспортного средства способом качения представлены на рисунках 2-5.

Зависимость потребления тока электродвигателями, установленными на движителях, от нагрузки транспортного средства представлена на рисунке 2. Анализ результатов исследований показал, что при увеличении нагрузки с 200 Н до 300 Н среднее арифметическое значение потребляемого электродвигателями, установленными на движителях, тока увеличивается и достигает максимального значения $I_{1-6} \approx 0,133$ А при загрузке 300 Н. Потребление тока электродвигателями D_1 - D_6 носит равномерный характер, что говорит о равномерном сцеплении движителей с опорной поверхностью и отклонение между двигателями составляет не более 0,001 А. Максимальная нагрузка 300 Н обусловлена отсутствием возможности дальнейшего передвижения способом качения по основанию «влажный вспаханный грунт».

Результаты исследований изменения глубины колеи и степени уплотнения грунта от нагрузки экспериментального транспортного средства представлены на рисунке 3. Анализ данных показал, что при увеличении нагрузки изменение глубины колеи и степени уплотнения грунта носит прямо пропорциональный характер и при изменении нагрузки с 200 Н до 300 Н соответственно увеличиваются с 1,98 см до 2,5 см и с 1,068 до 1,114 соответственно.

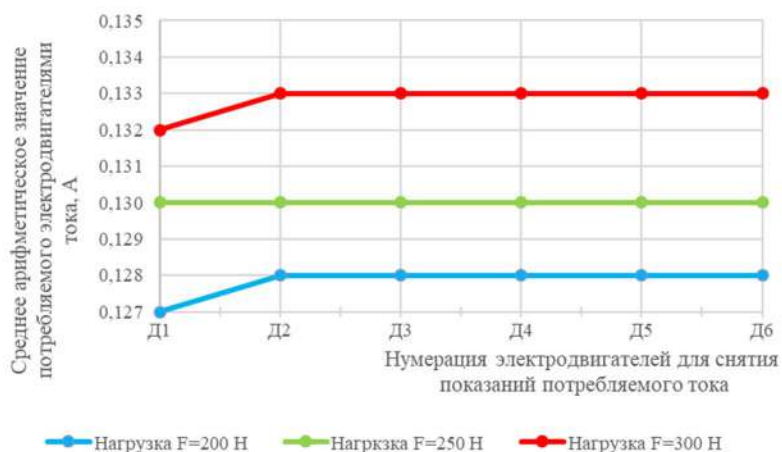


Рисунок 2 – Исследование потребления электродвигателями Д₁-Д₆ тока в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 2 – Study of current consumption by electric motors D1-D6 depending on the load of the experimental vehicle when moving by rolling on the base of wet plowed soil

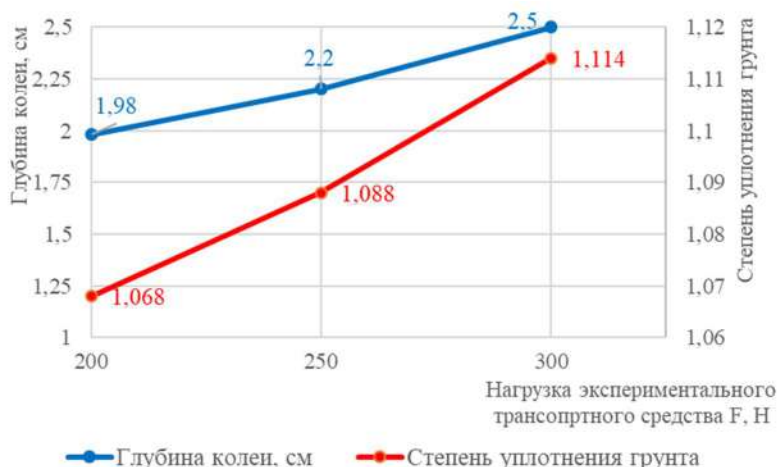


Рисунок 3 – Исследование изменения глубины колеи и степени уплотнения грунта в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 3 – Study of changes in rut depth and degree soil compaction depending on the experimental load vehicle when moving by rolling on the base wet plowed soil

Исследование влияния нагрузки на пройденный путь экспериментальным транспортным средством в контрольные моменты времени представлен на рисунке 4. Анализ результатов исследований показал, что при увеличении нагрузки длина пройденного пути в контрольные моменты времени уменьшается, что свидетельствует об увеличении степени буксования движителей. При нагрузке 300 Н экспериментальное транспортное средство смогло проехать способом качения всего 0,12 м, после чего перемещение стало равно «0», что объясняется его застреванием и отсутствием возможности самостоятельно передвигаться вперед.

Фрагменты проведения исследований передвижения способом качения экспериментального транспортного средства по основанию «влажный вспаханный грунт» приведены на рисунке 5.

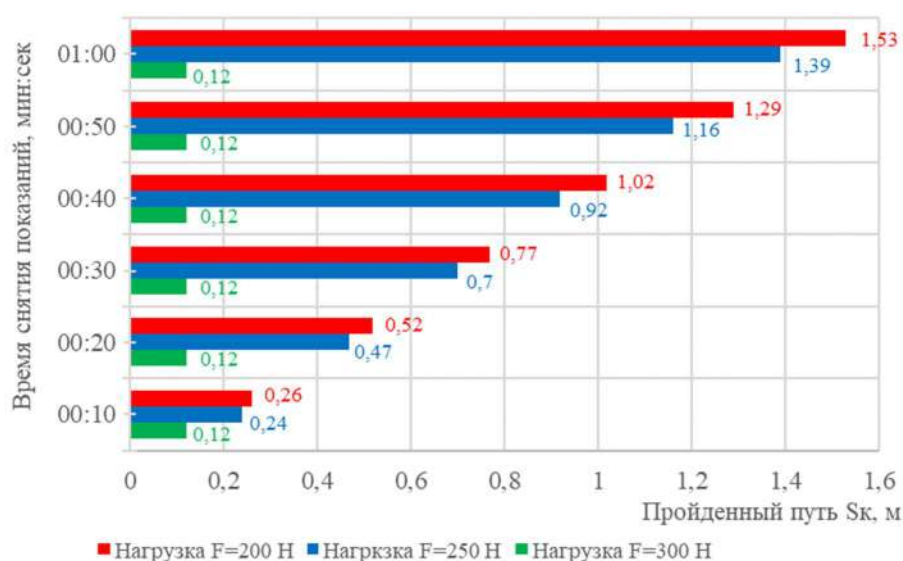


Рисунок 4 – Исследование изменения пройденного пути в контрольные моменты времени в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом качения по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 4 – Study of the change in the distance traveled at control points in time depending on the load of the experimental vehicle when moving by rolling on the base wet plowed soil



а



б

Рисунок 5 – Фрагменты проведения исследований передвижения способом качения экспериментального транспортного средства по основанию «влажный вспаханный грунт»

а – вид общий; б – измерение глубины

Figure 5 – Fragments of conducting research on movement by the method of rolling an experimental vehicle along base moist plowed soil

а – general view; б – depth measurement

Результаты исследований передвижения экспериментального транспортного средства способом качения по основанию «влажный вспаханный грунт» показали, что при увеличении нагрузки величина потребляемого электродвигателями (D_1 - D_6) тока увеличивается и достигает максимального значения 0,133 А при нагрузке 300 Н, при которой наступает застревание и самостоятельно выбраться транспортное средство не в состоянии. Также при увеличении нагрузки прямо пропорционально увеличиваются глубина колеи и степень уплотнения грунта, и при нагрузке 300 Н составляют соответственно 2,5 см и 1,114, что, в свою очередь, ухудшает физические и механические свойства почвы.

При наступлении момента застревания экспериментальное транспортное средство не может передвигаться самостоятельно способом качения. Так, на основании «влажный вспаханный грунт» застревание произошло при нагрузке 300 Н, и транспортное средство перешло на режим передвижения шаганием с целью самовытаскива-

ния, при котором оно способно циклично передвигаться, причем продольное перемещение за один цикл равно «длине шага» 0,4 м. Результаты полевых испытаний показали, что на основании влажный вспаханный грунт экспериментальное транспортное средство способно передвигаться шаганием до максимальной нагрузки 500 Н, что обусловлено прочностным расчетом (рисунок 6).



Рисунок 6– Исследование изменения пройденного пути в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 6 – Study of the change in the distance traveled depending on the load of the experimental vehicle when moving by walking on the base of wet plowed soil

При этом для поступательного передвижения вперед максимальное потребления тока электродвигателями подвижных частей 1-3 (рисунок 1) не превышает 0,13 А (рисунок 7). Характер изменения потребления электрического тока электродвигателями носит прямо пропорциональный характер, согласно которому при увеличении нагрузки величина потребления тока увеличивается, при постоянной же нагрузке потребления тока между электродвигателями подвижных частей 1-3 практически одинаково.

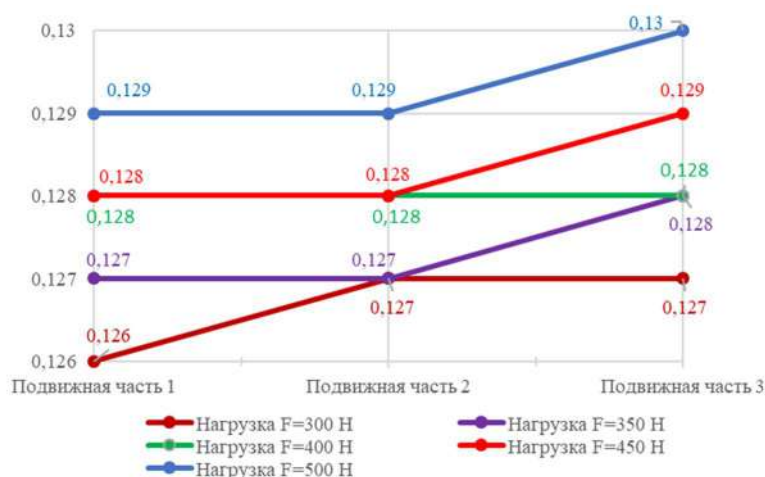


Рисунок 7 – Исследование потребления электродвигателями подвижных частей 1-3 тока в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 7 – Study of the consumption of electric motors of moving parts 1-3 current depending on the load of the experimental vehicle when moving by walking on the base wet plowed soil

При передвижении способом шагания по основанию «влажный вспаханный грунт» глубина колеи и степень уплотнения грунта (рисунок 8) увеличиваются пропорционально нагрузке экспериментального транспортного средства и при изменении нагрузки от 300 Н до 500 Н изменяются соответственно 1,2 см, 1,031 и 1,6 см, 1,077 (рисунок 9).



а



б

Рисунок 8 – Фрагменты взятия пробы и измерения объемного веса грунта при передвижении шагающим способом экспериментального транспортного средства по основанию «влажный вспаханный грунт»

а – взятие пробы; б – измерение объемного веса грунта

Figure 8 – Fragments of sampling and measuring the volumetric weight of the soil when walking the experimental vehicle on the base of wet plowed soil

а – sampling; б – measurement of the volumetric weight of the soil

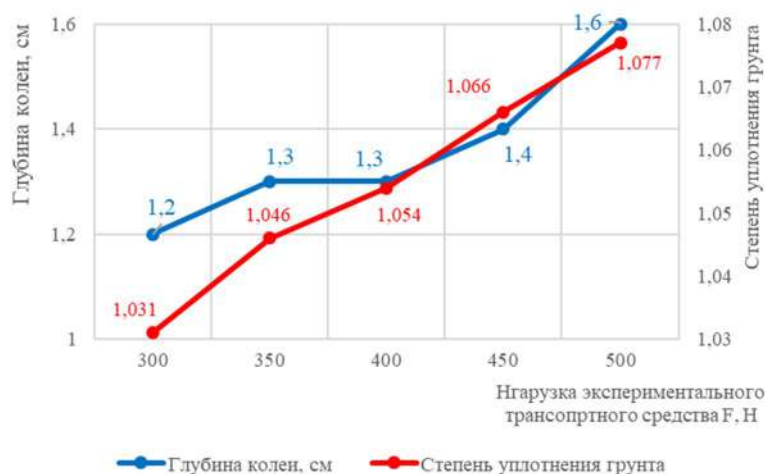


Рисунок 9 – Исследование изменения глубины колеи и степени уплотнения грунта в зависимости от нагрузки экспериментального транспортного средства при передвижении способом шагания по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 9 – Study of changes in rut depth and degree soil compaction depending on the experimental load vehicle when moving by walking on the base wet plowed soil

Результаты полевых исследований показали, что экспериментальное транспортное средство способно шагающим способом передвигаться с любой нагрузкой, ограниченной максимально заложенной прочностному расчету показателю (рисунок 10). Потребление тока электродвигателями подвижных частей 1-3, глубина колеи и степень уплотнения грунта увеличиваются прямо пропорционально увеличению нагрузки в кузове экспериментального транспортного средства.



а

б

Рисунок 10 – Фрагменты передвижения способом шагания экспериментального транспортного средства по основанию «влажный вспаханный грунт»

а – передвижение подвижной части 1; б – передвижение подвижной части 2

Figure 10 – Fragments of movement by walking experimental vehicle on the ground wet plowed soil

а – movement of the movable part 1; б – movement of the moving part 2

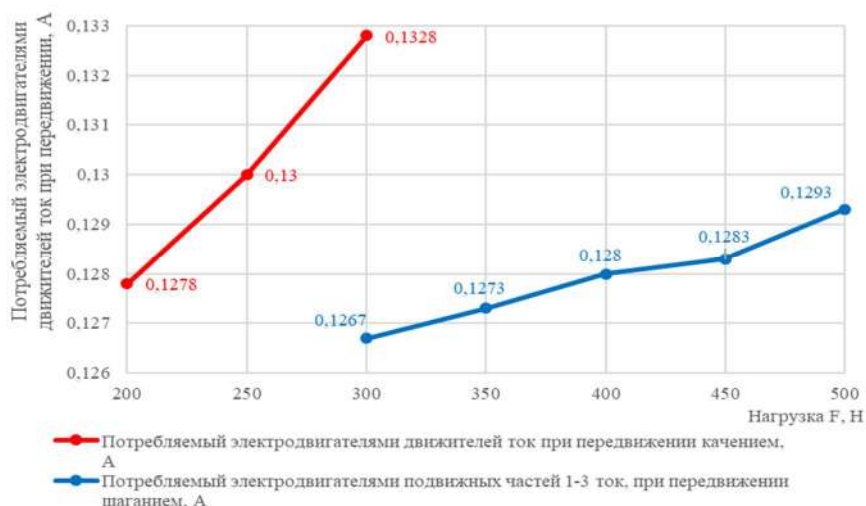


Рисунок 11 – Сравнительный анализ потребления электродвигателями экспериментального транспортного средства тока при передвижении способами качения и шагания по основанию «влажный вспаханный грунт»

Figure 11 – Comparative analysis of consumption by electric motors experimental vehicle current when moving rolling and walking on the ground wet plowed soil

Сравнительный анализ результатов полевых исследований передвижения экспериментального транспортного средства способами качения и шагания по основанию «влажный вспаханный грунт» говорят о том, что:

- при передвижении способом качения показатели пикового потребления тока электродвигателями, обеспечивающими поступательное передвижение транспортного средства вперед (электродвигатели движителей и подвижных частей), значительно выше, чем при движении шагающим способом (рисунок 11). Так, при нагрузке 300 Н потребление тока электродвигателями движителей составляет 0,133 А, а подвижных частей 0,127 А и только при нагрузке 500 Н увеличивается до 0,129 А, что свидетельствует о меньших энергетических затратах на передвижение вперед;

- глубина колеи при передвижении способом качения составляет при нагрузке 300 Н 2,5 см, что 2,1 раза выше, чем при передвижении способом шагания, при котором при нагрузке 500 Н глубина колеи не превышает 1,6 см;

- степень уплотнения грунта при передвижении способом качения при нагрузке 300 Н составляет 1,114, тогда как при шагающем способе передвижения 1,077;

- при нагрузке 300 Н возникает полное буксование и экспериментальное транспортное средство застревает, поступательное передвижение вперед способом качения невозможно без внешних усилий, тогда как передвижение способом качения возможно и при нагрузке 500 Н.

Заключение. Анализ результатов полевых исследований передвижения экспериментального транспортного средства способами качения и шагания по основанию «влажный вспаханный грунт» показал, что: при передвижении способом качения показатели пикового потребления тока электродвигателями, обеспечивающими поступательное передвижение транспортного средства вперед при нагрузке 300 Н составили 0,133 А, тогда как при движении шаганием составили 0,127 А; глубина колеи при передвижении способом качения составляет при нагрузке 300 Н 2,5 см, что 2,1 раза больше, чем при передвижении способом шагания, при котором при нагрузке 500 Н глубина колеи не превышает 1,6 см; степень уплотнения грунта при передвижении способом качения при нагрузке 300 Н составляет 1,114, тогда как при шагающем способе передвижения 1,077; при нагрузке 300 Н возникает полное буксование и экспериментальное транспортное средство застревает, поступательное передвижение вперед способом качения невозможно без внешних усилий, тогда как передвижение способом шагания выполняется и при нагрузке 500 Н. Применение технических решений, позволяющих экспериментальному транспортному средству передвигаться на основании влажный вспаханный грунт, повышает его проходимость и возможность самостоятельно и вовремя доставить сельскохозяйственный груз в пункт назначения вне зависимости от состояния опорной поверхности и погодных условий, повышая тем самым стабильность выполнения перевозок и эффективность работы в целом всего предприятия.

Conclusions. Analysis of the results of field studies of the movement of an experimental vehicle using the rolling and walking methods on the base of wet plowed soil showed that: when moving by the rolling method, the peak current consumption indicators of the electric motors that ensure the forward movement of the vehicle at a load of 300 N amounted to 0.133 A, while when moving by walking amounted to 0.127 A; the depth of the track when moving by the rolling method is 2.5 cm at a load of 300 N, which is 2.1 times greater than when moving by the walking method, in which, at a load of 500 N, the depth of the track does not exceed 1.6 cm; the degree of soil compaction when moving by the rolling method with a load of 300 N is 1.114, while with the walking method of movement it is 1.077; at a load of 300 N, complete slipping occurs and the experimental vehicle gets stuck; forward movement using the rolling method is impossible without external forces, while movement using the walking method is also performed at a load of 500 N. The use of technical solutions that allow the experimental vehicle to move on the basis of wet plowed soil, increases its maneuverability and the ability to independently and on time deliver agricultural cargo to its destination, regardless of the state of the supporting surface and weather conditions, thereby increasing the stability of transportation and the efficiency of the entire enterprise as a whole.

Библиографический список

1. Дожди и заморозки мешают волгоградским аграриям вывезти с полей тонны овощей. <https://smotrim.ru/article/3022647>.
2. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы нац. науч.-практич. конф. Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
3. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве // Известия НВ АУК. 2022. 4 (68).
4. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 575-587.

5. Мясников А. С., Фомин С. Д. Совершенствование ходовой системы роботизированной платформы // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 211-216.

6. Острецов А. В., Есаков А. Е., Шарипов В. М. Сравнительная оценка опорной проходимости автомобилей КамАЗ-4350, КамАЗ-43114 и Урал-4320-31 на сыпучем песке // Известия МГТУ «МAMI». 2014. Т. 1. № 1 (19). С. 50-55.

7. Прядкин В. И. Оценка опорно-цепной проходимости средств химизации по почвам с низкой несущей способностью // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 5. С. 15-18.

8. Экспериментально-теоретические исследования опорной проходимости многоосных колесных машин / Л. В. Барахтанов, В. В. Беляков, Д. А. Галкин, А. С. Зайцев, Д. В. Зезюлин, В. С. Макаров // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р. А. Алексеева. 2012. № 3 (96).

9. Aliseychik A., Orlov I., Pavlovsky V. Wheel-walking pneumatically actuated robot // Mobile service robotics: 17th International Conference on Climbing and Walking Robots (Clawar). 2014. Pp. 159-164.

10. Castelli G., Ottaviano E. Design and Simulation of a New Hybrid Mobile Robot for Overpassing Obstacles // 2nd European Conference on Mechanism Science. 2009. P. 101.

11. Ottaviano E., Vorotnikov S., Kurenev P. Design improvements and control of a hybrid walking robot // Robotics and autonomous systems. 2011. No 59 (2). Pp.128-141.

12. Tavolieri C., Ottaviano E., Ceccarelli M. Design and problems of a new leg-wheel walking robot // Advances in climbing and walking robots: 10th International Conference. 2007. Pp. 319-328.

13. Vorotnikov S., Roshupkin S. In Autonomous mobile robot Extreme robotics // 19th All-Russian Scientific-and-Tech. conf. S-Petersburg, 2008. Pp. 221-226.

References

1. Rains and frosts prevent Volgograd farmers from removing tons of vegetables from the fields. <https://smotrim.ru/article/3022647>.

2. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the cross-country ability of machine-tractor units based on optimization of methods of movement // Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of the agro-industrial complex and rural areas in modern socio-economic conditions: materials of national scientific-practical. conf. Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.

3. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile cross-country ability of vehicles for transporting goods in agriculture // Izvestia NV AUK. 2022. 4 (68).

4. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stressed-deformed state of structural parts and assembly units of an experimental vehicle with a combined method of movement for the agro-industrial complex // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 1 (69). Pp. 575-587.

5. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Improvement of the running system of the robotic platform // Innovative technologies in the agro-industrial complex in the context of digital transformation: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2023. Pp. 211-216.

6. Ostretsov A. V., Esakov A. E., Sharipov V. M. Comparative assessment of the reference cross-country ability of cars KamAZ-4350, KamAZ-43114 and Ural-4320-31 on loose sand // Izvestia MSTU "MAMI." 2014. V. 1. № 1 (19). Pp. 50-55.

7. Pryadkin V. I. Assessment of the supporting and coupling cross-country ability of chemical means for soils with low bearing capacity // Tractors and agricultural machines. 2013. № 5. Pp. 15-18.

8. Experimental and theoretical studies of the supporting cross-country ability of multi-axle wheeled vehicles / L. V. Barakhtanov, V. V. Belyakov, D. A. Galkin, A. S. Zaitsev, D. V. Zezyulin, V. S. Makarov // Proceedings of the Nizhny Novgorod State Technical University named after R. A. Alekseev. 2012. № 3 (96).

9. Aliseychik A., Orlov I., Pavlovsky V. Wheel-walking pneumatically actuated robot // Mobile service robotics: 17th International Conference on Climbing and Walking Robots (Clawar). 2014. Pp. 159-164.

10. Castelli G., Ottaviano E. Design and Simulation of a New Hybrid Mobile Robot for Overpassing Obstacles // 2nd European Conference on Mechanism Science. 2009. P. 101.
11. Ottaviano E., Vorotnikov S., Kurenev P. Design improvements and control of a hybrid walking robot // Robotics and autonomous systems. 2011. No 59 (2). Pp.128-141.
12. Tavolieri C., Ottaviano E., Ceccarelli M. Design and problems of a new leg-wheel walking robot // Advances in climbing and walking robots: 10th International Conference. 2007. Pp. 319-328.
13. Vorotnikov S., Roshupkin S. In Autonomous mobile robot Extreme robotics // 19th All-Russian Scientific-and-Tech. conf. S-Petersburg, 2008. Pp. 221–226.

Информация об авторах

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И.А. Матлашова» (РФ, 400011, г. Волгоград, пр-кт Университетский, д. 71.), тел. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

Authors Information

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Myasnikov Alexey Sergeevich, Teacher, Private Professional Educational Institution «Gazprom College «Volgograd» named after I.A. Matlashov» (Russia, 400011, Volgograd, 71 Universitetskiy Ave.), tel. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48

LENGTH OF SPRINKLERS FOR MOLE IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University»
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: npetrov60@list.ru

Received 05.06.2023

Submitted 01.08.2023

Summary

The studies were carried out in 2022 on the experimental field of the Educational Research and Production Center of the Volgograd State Agrarian University «Gornaya Polyana». The article presents an analysis of the research results of the uniformity of changes in soil moisture at different lengths of sprinklers in the mole irrigation system.

Abstract

Introduction. Modern irrigation technique must respond the requirements of resource saving and mole irrigation, as a kind of subsoil irrigation, fully possesses these qualities. This method of irrigation does not require large capital expenditures for the construction of an irrigation system in the irrigated area, but at the same time, it can significantly save irrigation water and increase crop yields. In this regard, the study of the features of equipment and technology for irrigation of various agricultural crops by mole irrigation is a perspective direction of our research. **Object.** The length of sprinklers in the mole irrigation system. **Materials and methods.** The researches were carried out in 2022 on light chestnut soils of the Lower Volga region. One of the main tasks of our studies about the scientific and experimental substantiation of the structural elements of the mole irrigation system was to explore the uniformity of soil moisture at different lengths of mole irrigators. Moisture uniformity was assessed by the dynamics of soil moisture contours on the next day after irrigation in 3 variants of the experiment with molehill lengths of 50, 75 and 100 m in three soil zones: waterlogged soil (> 110% of the Lowest

moisture capacity), normal (90 ... 110% of the Lowest moisture capacity) and low humidity (75...90% of the Lowest moisture capacity). The observations of the type of the irrigation water distribution in the soil, depending on the length of the mole irrigators, were carried out several times during the irrigation season. This article presents the most typical arrangements of moisture isopleths (lines of the same moisture content) in the soil profile. **Results and conclusions.** The results of field experiments showed that when applying the same irrigation rate of 200 m³/ha on the next day after irrigation with an increase in the molehill length from 50 to 100 m, the boundaries of the humidification soil zones did not change their position significantly. The upper boundary of the waterlogged zone remained at a depth of 29...31, normal moisture – 19...20 and low – 6...8 cm, and the lower boundaries - at a depth of 69...72, 85...90 and 105...108 cm, respectively. To the left of the molehill these zones spread by 16...27, 46...51 and 66...73 cm and to the right – by 12...21, 41...42 and 65...69 cm respectively. The mathematical processing of the values of the soil moisture contour area of these zones showed that they did not have significant differences, therefore, the length of the molehill can be increased up to 100 m without a significant deterioration in the uniformity of moisture. This study was supported by a grant from the Russian Science Foundation and the Administration of the Volgograd Region under project No. 22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Key words: *mole irrigation, length of the molehill, soil moisture contour, moisture uniformity, irrigation water distribution in the soil.*

Citation. Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Length of sprinklers for mole irrigation in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 480-490 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.674.4

ДЛИНА ОРОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ КРОВОГО ПОЛИВА В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Современная техника полива должна отвечать требованиям ресурсосбережения, и кротовое орошение как разновидность внутрипочвенного орошения в полной мере обладает этими качествами. Этот способ полива не требует больших капитальных затрат на строительство системы полива на орошаемом участке, но в то же время позволяет значительно экономить оросительную воду и повышать урожайность. В связи с этим изучение особенностей техники и технологии полива различных сельскохозяйственных культур кротовым орошением является перспективным направлением наших исследований. **Объект.** Длина оросителей в системе кротового орошения. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в 2022 г. на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. Одной из основных задач этих исследований по научно-экспериментальному обоснованию элементов конструкции системы кротового полива являлось изучение равномерности увлажнения почвы при разной длине оросителей. Равномерность увлажнения оценивалась по динамике контуров увлажнения на следующий день после полива на 3-х вариантах опыта с длиной кротовин 50, 75 и 100 м по трём зонам: переувлажнения (> 110 % наименьшей влагоёмкости почвы НВ), нормального (90...110 % НВ) и пониженного увлажнения (75...90 % НВ). Наблюдения за характером распределения оросительной воды в почве в зависимости от длины кротовых оросителей проводили несколько раз в течение поливного сезона. В этой

статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном профиле. **Результаты и выводы.** Результаты полевых опытов показали, что при подаче одинаковой поливной нормы $200 \text{ м}^3/\text{га}$ на следующий день после полива с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м границы зон увлажнения значительно не изменяли своё положение. Верхняя граница зоны переувлажнения оставалась на глубине 29...31, нормального увлажнения – 19...20 и пониженного – 6...8 см, а нижние границы – соответственно на глубине 69...72, 85...90 и 105...108 см. Влево от кротовины эти зоны распространились соответственно на 16...27, 46...51 и 66...73 см, а вправо – на 12...21, 41...42 и 65...69 см. Статистическая обработка значений площади контуров увлажнения указанных зон показала, что они не имели существенных различий, следовательно, длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Администрации Волгоградской области по проекту №22-26-20070, <https://rscf.ru/project/22-26-20070>.

Ключевые слова: *кротовое орошение, длина оросителей, контуры увлажнения, равномерность увлажнения, распределение оросительной воды, технологии орошения.*

Цитирование. Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Длина оросителей для кротового полива в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 480-490. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-48.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Внутрипочвенное кротовое орошение – это способ полива различных сельскохозяйственных культур, при котором вода поступает непосредственно в корнеобитаемый слой почвы по кротовым оросителям. Они представляют из себя почвенные каналы цилиндрической формы. Стенки кротовых оросителей формируются за счёт уплотнения почвы специальным рабочим органом.

Кротовое орошение как разновидность внутрипочвенного полива лишено его главного недостатка, заключающегося в отсутствии больших капитальных затрат на строительство орошаемого участка, но в то же время обладает всеми достоинствами, присущими данному способу полива: экономия оросительной воды и повышение урожайности.

В связи с этим изучение особенностей техники и технологии полива различных сельскохозяйственных культур кротовым орошением является перспективным направлением исследований, которому посвящено множество научных работ по всему миру: в Австралии [5], Бразилии [12], Ирландии [13], Аргентине [10], Португалии [4], Египте [9], Китае [8], США [3, 11], Канаде [14], Иране [6] и Нидерландах [7].

В Российской Федерации, так же как и в Советском Союзе, кротовым орошением в основном занимался доктор сельскохозяйственных наук, профессор Гостищев Д. П. [1]. Будучи директором ГУ ВолжНИИГиМ (1998-2002 гг.) со своими учениками Рогозиной Ю. С. [2] и сотрудниками института он активно разрабатывал кротовое орошение главным образом с использованием животноводческих сточных вод.

На светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, находящихся на юге России, исследования особенностей данного способа полива природными водами проводятся впервые, поэтому в задачи наших исследований входило определение длины кротовых оросителей на основании изучения динамики контуров увлажнения.

Материалы и методы. Исследования были проведены в 2022 г. в Волгоградской области на опытных полях учебно-научно-производственного центра «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета.

Почвенно-климатические условия Волгоградской области являются типичными для Нижнего Поволжья: климат – резко континентальный, лето – жаркое и сухое с практически полным отсутствием дождей в июле и августе, а зима – холодная и малоснежная, почвы опытного участка – светло-каштановые, средне- и тяжёлосуглинистые.

Грунтовые воды находились на глубине более трёх метров и не влияли на характер расположения контуров увлажнения в исследуемом слое почвы 0,0-1,0 м.

В наших опытах было изучено 3 варианта длины кротовых оросителей – 50, 75 и 100 м. Измерения проводили в середине кротовых оросителей отступив от конца 5 м. Глубина нарезки на всех вариантах была одинаковой и составляла 0,39...0,42 м. Поливная норма составляла 200 м³/га.

Измерение влажности почвы для построения контуров увлажнения проводили на следующий день после полива.

Отбор проб проводили вправо и влево от оси кротовины на расстояние 1 м с шагом 20 см и на глубину до 1 м с таким же шагом.

Средняя влажность почвы перед поливом в слое 0,0-1,0 м составляла 69,3 % НВ.

Математическую обработку полученных результатов и построение изоплет влажности почвы проводили с помощью «Microsoft Excel 2010» и «Surfer 12».

Наблюдения за характером распределения оросительной воды в зависимости от длины кротовых оросителей проводили неоднократно, в статье представлены наиболее типичные расположения изоплет влажности в почвенном разрезе.

Результаты и обсуждение. Контуров увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 50 м показаны на рисунке 1, длиной 75 м – на рисунке 2, а длиной 100 м – на рисунке 3.

После построения изоплет влажности почвы по вариантам опыта мы оценивали эффективность распределения оросительной воды по почвенному срезу. Для удобства было выделено 3 зоны с различной степенью увлажнения:

- зона переувлажнения (> 110 % НВ);
- зона нормального увлажнения (90...110 % НВ);
- зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ).

Границы этих зон отчётливо демонстрируют характер увлажнения почвы в зависимости от длины кротовых оросителей.

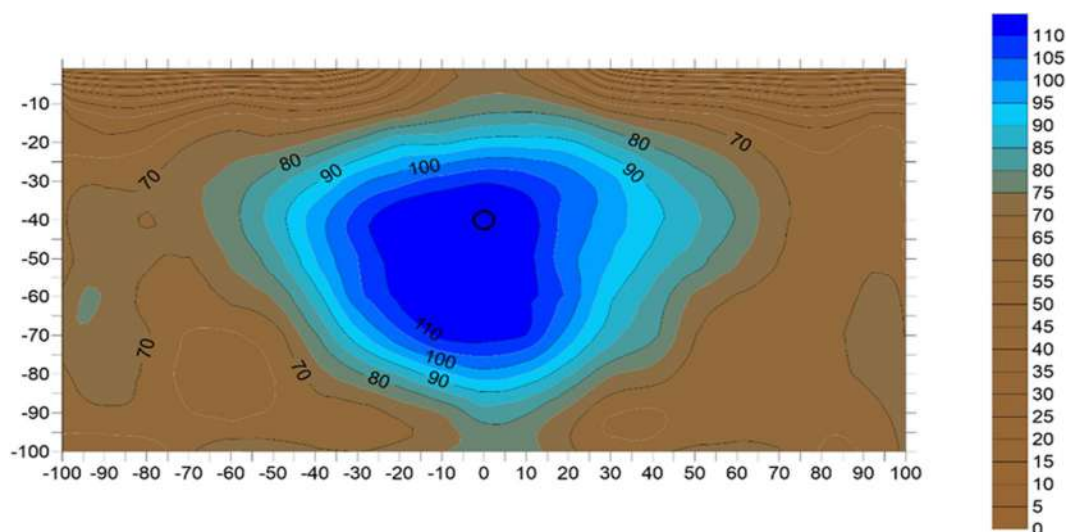


Рисунок 1 – Контуров увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 50 м.

Figure 1 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 50 m.

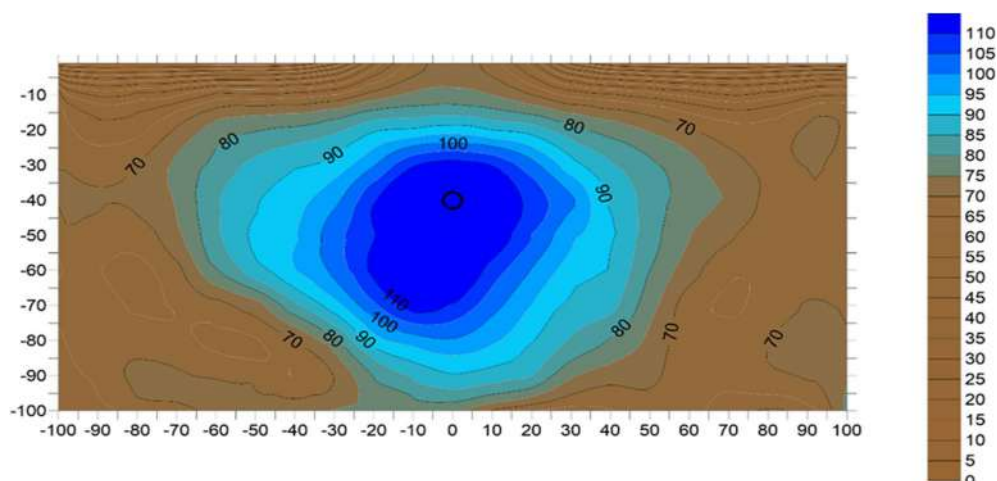


Рисунок 2 – Контуры увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 75 м.
Figure 2 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 75 m.

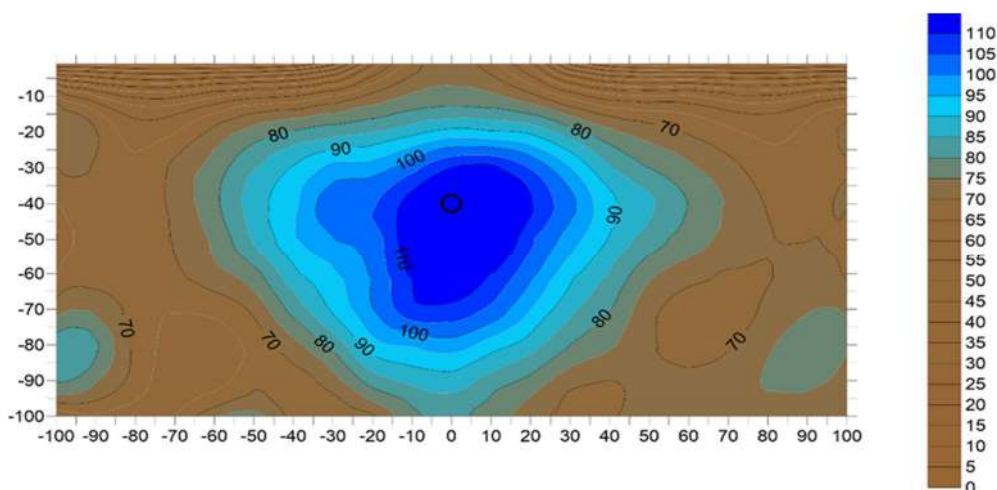


Рисунок 3 – Контуры увлажнения почвы на варианте с длиной кротовин 100 м.
Figure 3 – Soil moisture contour on the variant with a molehill length of 100 m.

Внешние границы зон увлажнения почвы при разной длине кротовых оросителей показаны в таблице 1.

Изучение контуров увлажнения на следующий день после полива показало, что на варианте опыта с длиной кротовин 50 м верхняя граница зоны переувлажнения находилась на глубине 31 см от поверхности земли, а нижняя граница – на глубине 72 см. Влево и вправо зона переувлажнения распространилась на 27 и 12 см от кротовины соответственно. На вариантах длины кротовин 75 и 100 м соответственно эта зона оставалась примерно в тех же границах: сверху на глубине 30 и 29 см, внизу – на 72 и 69 см, слева – на расстоянии 22 и 16 см от оси кротовины, а справа – 20 и 21 см.

Граница зоны нормального увлажнения с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м также значимо не изменяла своё положение, оставаясь сверху на глубине 19...20 см, внизу – 85...90 см, слева от кротовины на расстоянии 46...51 см, а справа – 41...42 см.

Зона пониженного увлажнения с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м также имела примерно одинаковые границы на всех вариантах опыта: сверху от кротовины она находилась на глубине 6...8 см, снизу – на глубине 105...108 см, слева от кротовины – на расстоянии 66...73 см, а справа – на расстоянии 65...69 см.

Таблица 1 – Внешние границы зон увлажнения почвы при разной длине кротовых оросителей
Table 1 – External boundaries of soil moisture zones at different lengths of mole irrigators

Длина кротовых оросителей, м	Выше кротовины, см от поверхности земли	Ниже кротовины, см от поверхности земли	Слева от кротовины, см от её оси	Справа от кротовины, см от её оси
Внешняя граница зоны переувлажнения (расположение изоплеты 110 % НВ)				
50	31	72	27	12
75	30	72	22	20
100	29	69	16	21
Внешняя граница зоны нормального увлажнения (расположение изоплеты 90 % НВ)				
50	19	85	47	42
75	19	90	51	41
100	20	87	46	42
Внешняя граница зоны пониженного увлажнения (расположение изоплеты 75 % НВ)				
50	7	105	67	65
75	8	107	73	69
100	6	108	66	69

Такая динамика контуров увлажнения вызвала соответствующее изменение площадей изучаемых зон (таблица 2).

При подаче одинаковой поливной нормы ($200 \text{ м}^3/\text{га}$) с возрастанием длины кротовины от 50 до 100 м площадь зоны переувлажнения снижалась от 1236 до 1116 см^2 , зоны нормального увлажнения – от 3699 до 3581 см^2 , зоны пониженного увлажнения – от 4602 до 4437 см^2 . В результате общая площадь зоны увлажнения также снижалась от 9537 до 9134 см^2 .

Зона пониженного увлажнения будучи самой большой на 48,3...48,6 % формировала общую площадь увлажнения. Промежуточное положение занимала зона нормального увлажнения, которая занимала 38,8...39,2 % общей площади увлажнения. Наименьшую долю 12,2...13,0 % занимала зона переувлажнения.

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что длина кротовых оросителей влияла на площади выделенных зон увлажнения, так как F фактическое (Fф) было больше F критического (F₀₅):

Для зоны переувлажнения ($> 110 \text{ % НВ}$) – $F_{\text{ф}}=827 > F_{05}=7,71$;

Для зоны нормального увлажнения (90...110 % НВ) – $F_{\text{ф}}=8479 > F_{05}=7,71$;

Для зоны пониженного увлажнения (75...90 % НВ) – $F_{\text{ф}}=7736 > F_{05}=7,71$.

Также в результате этого анализа была получена величина наименьшей существенной разности (НСР₀₅), с помощью которой было установлено, что, несмотря на уменьшение площадей зон увлажнения по мере увеличения длины кротовых оросителей, величина этого снижения не превышала НСР₀₅.

Таблица 2 – Изменение площади зон увлажнения почвы в зависимости от длины кротовых оросителей

Table 2 – Changes in the area of soil moisture zones depending on the length of mole irrigators

Длина кротовых оросителей, м	Зона переувлажнения ($> 110 \text{ % НВ}$)		Зона нормального увлажнения (90...110 % НВ)		Зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ)	
	см ²	%	см ²	%	см ²	%
50	1236	13,0	3699	38,8	4602	48,3
75	1157	12,5	3607	39,0	4495	48,5
100	1116	12,2	3581	39,2	4437	48,6

Так, для значений площади зоны переувлажнения $НСП_{05}$ составляла 142 см^2 , а фактическая разница находилась в пределах $41...120 \text{ см}^2$. Аналогичная ситуация наблюдалась при сравнении площадей зоны нормального увлажнения и пониженного увлажнения, которые различались соответственно на $26...118$ и $58...165 \text{ см}^2$, а $НСП_{05}$ составляла соответственно 130 и 177 см^2 , что свидетельствует о том, что длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения почвенного среза.

По значениям диаметра кротовых оросителей и площадей зон увлажнения был проведён регрессионный анализ, который показал, что между этими переменными существует очень сильная корреляционная связь, так как коэффициенты корреляции (R), равные $-0,984$, $-0,952$ и $-0,986$ (соответственно для зоны переувлажнения, нормального увлажнения и пониженного увлажнения), по модулю превышают $0,9$ ($|R| > 0,9$).

Отрицательный коэффициент корреляции свидетельствует о том, что эта связь имела обратное направление, то есть при подаче одинаковой поливной нормы $200 \text{ м}^3/\text{га}$ с увеличением длины кротовых оросителей площадь зон увлажнения снижается.

В ходе дальнейшего анализа были получены уравнения функциональной зависимости, показанные на рисунках 4, 5 и 6.

Коэффициенты детерминации (R^2) и скорректированные коэффициенты детерминации (R^2_{adj}) данных моделей превышают $0,8$, что говорит о том, что полученные регрессионные модели достоверно описывают исходные данные.

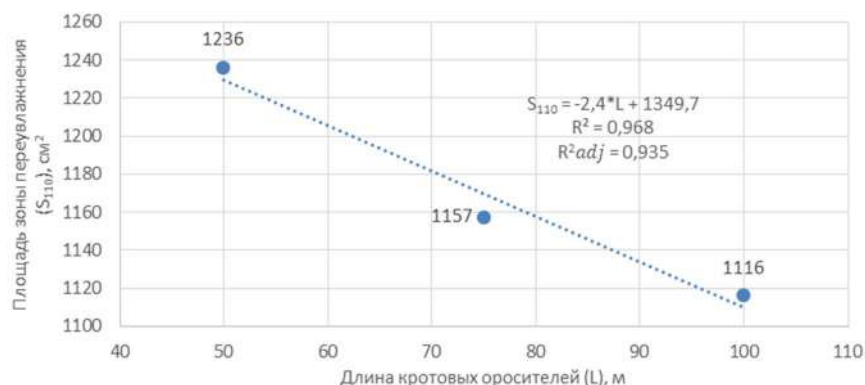


Рисунок 4 – Изменение площади зоны переувлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 4 – Change in the area of the waterlogged zone depending on the length of the mole irrigators

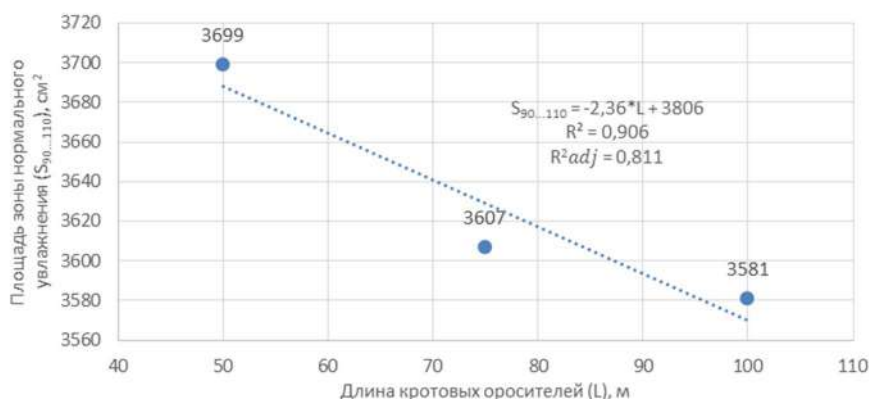


Рисунок 5 – Изменение площади зоны нормального увлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 5 – Change in the area of the zone of normal moistening depending on the length of mole irrigators

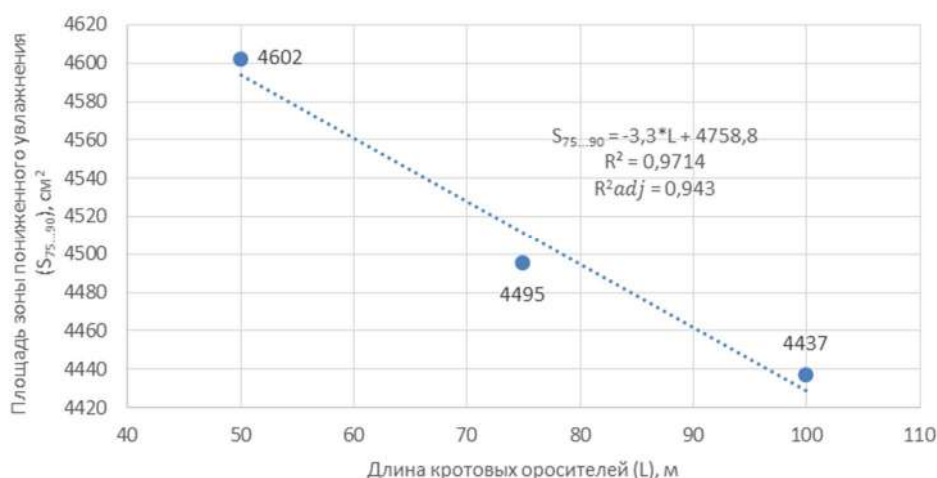


Рисунок 6 – Изменение площади зоны пониженного увлажнения в зависимости от длины кротовых оросителей

Figure 6 – Change in the area of the zone of low moisture depending on the length of mole irrigators

С помощью полученных уравнений функциональной зависимости можно установить значение площадей увлажнения если длина кротовых оросителей находится в пределах 50...100 м

Выводы. Таким образом, результаты полевых опытов, проведённых в 2022 г. на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, показали, что при подаче одинаковой поливной нормы 200 м³/га с увеличением длины кротовин от 50 до 100 м границы зон увлажнения на следующий день после полива значительно не изменяли своё положение. Так, верхняя граница зоны переувлажнения (> 110 % НВ) находилась на глубине 29...31 см от поверхности земли, а нижняя граница – на глубине 69...72 см. Влево и вправо зона переувлажнения распространилась на 16...27 и 12...21 см от кротовины соответственно. Граница зоны нормального увлажнения (90...110 % НВ) оставалась сверху на глубине 19...20 см, внизу – на глубине 85...90 см, слева от кротовины на расстоянии 46...51 см от её оси, а справа – на расстоянии 41...42 см.

Зона пониженного увлажнения (75...90 % НВ) также имела примерно одинаковые границы на всех вариантах опыта (50, 75 и 100 м): сверху от кротовины она находилась на глубине 6...8 см, внизу – на глубине 105...108 см, слева от кротовины – на расстоянии 66...73 см, а справа – на расстоянии 65...69 см.

В результате было установлено, что с увеличением длины оросителей от 50 до 100 м площади контуров увлажнения указанных зон уменьшались, однако величина этого снижения не превышала наименьшую существенную разность (НСР₀₅). Так, для значений площади зоны переувлажнения НСР₀₅ составляла 142 см², а фактическая разница находилась в пределах 41...120 см². Площади зоны нормального и пониженного увлажнения различались соответственно на 26...118 и 58...165 см², а НСР₀₅ составляла соответственно 130 и 177 см².

Следовательно, длину кротовины можно увеличивать до 100 м без значительного ухудшения равномерности увлажнения.

Статистическая обработка полученных данных позволила установить очень сильную связь между длиной кротовин и площадями зон увлажнения, а также выразить их в виде уравнений функциональной зависимости.

Conclusions. Thus, the results of field experiments conducted in 2022 on light chestnut soils of the Lower Volga region showed that when applying the same irrigation rate of 200 м³/ha with an increase in the length of molehills from 50 to 100 m, the boundaries of moisture zones on the next day after irrigation significantly did not change their position. Thus, the upper boundary of the waterlogging zone (> 110% of the Lowest moisture capacity) was at a depth of 29...31 cm from the ground surface, and the lower boundary was at a depth of 69...72 cm. To the left and right, the waterlogging zone

extended to 16...27 and 12...21 cm from molehills, respectively. The boundary of the normal moisture zone (90...110% of the Lowest moisture capacity) remained at the top at a depth of 19...20 cm, at the bottom – at a depth of 85...90 cm, to the left of the molehill at a distance of 46...51 cm from its axis, and to the right – at a distance of 41...42 cm.

The zone of reduced moisture (75...90% of the Lowest moisture capacity) also had approximately the same boundaries in all variants of the experiment (50, 75 and 100 m): above the molehill it was at a depth of 6...8 cm, below - at a depth of 105...108 cm, to the left of the molehill - at a distance of 66...73 cm, and to the right - at a distance of 65...69 cm.

As a result, it was found that with an increase in the length of the sprinklers from 50 to 100 m, the areas of the moisture contours of the indicated zones decreased, but the magnitude of this decrease did not exceed the smallest significant difference (NSR05). Thus, for the values of the area of the waterlogged zone, NSR₀₅ was 142 cm², and the actual difference was in the range of 41...120 cm². The areas of the zone of normal and reduced moisture differed by 26...118 and 58...165 cm², respectively, and NSR₀₅ was 130 and 177 cm², respectively.

Consequently, the length of the molehill can be increased to 100 m without significant deterioration in the uniformity of moisture.

Statistical processing of the obtained data made it possible to establish a very strong connection between the length of molehills and the areas of moisture zones, and also to express them in the form of functional dependence equations.

Библиографический список

1. Гостищев Д. П. Проектирование, строительство и эксплуатация систем внутрипочвенного орошения: Научно-технический обзор. М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2003. 228 с.
2. Гостищев Д. П., Рогозина Ю. С. Использование животноводческих стоков при кротово-внутрипочвенном орошении // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и техника орошения: сборник научных докладов международной научно-практической конференции. Новочеркасск: "Радуга", 2004. С. 142-145.
3. Acharya S., Mylavarapu R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // Agricultural water management. 2015. V. 149. Pp. 166-174.
4. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisil soil under irrigation // Biosystems Engineering. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.
5. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // Agricultural water management. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.
6. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // Agricultural water management. 2022. V. 266. N. 107579.
7. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // Agricultural water management. 2022. V. 269. N. 107677.
8. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // Agricultural water management. 2019. V. 221. Pp. 231-237.
9. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta // International Journal of Plant & Soil Science. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.
10. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // Soil and Tillage Research. 2022. V. 223. No 105448.
11. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // Journal of Arid Environments. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.
12. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // Agricultural water management. 2014. V. 146. Pp. 105-114.

13. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // *Agricultural water management*. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.

14. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // *Agricultural water management*. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

References

1. Gostishchev D. P. Design, construction and operation of subsoil irrigation systems: Scientific and technical review. M.: Federal State Budget Scientific Institution «Center for Scientific and Technical Information» "Meliovodinform," 2003. 228 p.

2. Gostishchev D. P., Rogozin Yu. S. Use of livestock effluents for mole-soil irrigation // Digest of scientific reports of the international scientific-practical conference «Resource-saving environmentally safe technologies and irrigation equipment». Novocherkassk: "Rainbow," 2004. Pp. 142-145.

3. Acharya S., Mylavarapu R. S. Modeling shallow water table dynamics under subsurface irrigation and drainage // *Agricultural water management*. 2015. V. 149. Pp. 166-174.

4. Castanheira P. N., Serralheiro R. P. Impact of mole drains on salinity of a vertisil soil under irrigation // *Biosystems Engineering*. 2010. V. 1 (105). Pp. 25-33.

5. Christena E. W., Spoorb G. Improving mole drainage channel stability in irrigated areas // *Agricultural water management*. 2001. V. 3 (48). Pp. 239-253.

6. Darzi-Naftchali A., Motevali A., Keikha M. The life cycle assessment of subsurface drainage performance under rice-canola cropping system // *Agricultural water management*. 2022. V. 266. N. 107579.

7. Development of subsurface drainage systems: Discharge – retention – recharge / J. A. Wit, C. J. Ritsema, J. C. Dam, G. A. Eertwegh, R. P. Bartholomeus // *Agricultural water management*. 2022. V. 269. N. 107677.

8. Effect of controlled drainage on nitrogen losses from controlled irrigation paddy fields through subsurface drainage and ammonia volatilization after fertilization / H. Yupu, Z. Jianyun, Y. Shihong, H. Dalin, X. Junzeng // *Agricultural water management*. 2019. V. 221. Pp. 231-237.

9. El-Ghannam K., El-sherief A., Nageeb I. The role of Controlled and Mole Drainage in Relation to Water Saving, Salt Accumulation on Sugar Beet Yield and Quality in North Nile Delta // *International Journal of Plant & Soil Science*. 2021. V. 1 (33). Pp. 47-58.

10. Hydraulic performance of mole drains and validation of steady-state drainage spacing equations for Mollisols / G. F. Camussia, S. Imhoffa, D. L. Antilleb, R. P. Marano // *Soil and Tillage Research*. 2022. V. 223. No 105448.

11. Lemly A. D. Agriculture and wildlife: ecological implications of subsurface irrigation drainage // *Journal of Arid Environments*. 1994. V. 2 (28). Pp. 58-94.

12. Numerical simulation of water flow in tile and mole drainage systems / V. Filipovićabc, F. J. Kochem, Y. Coquetc, J. Simunek // *Agricultural water management*. 2014. V. 146. Pp. 105-114.

13. Rodgersa M., Mulqueenb J., McHalea J. A model study of mole drain spacing and performance // *Agricultural water management*. 2003. V. 1 (60). Pp. 33-42.

14. Simulating water content, crop yield and nitrate-N loss under free and controlled tile drainage with subsurface irrigation using the DSSAT model / H. L. Liu, J. Y. Yang, C. S. Tan, C. F. Drury, W. D. Reynolds, T. Q. Zhang, Y. L. Bai, J. Jin, P. He, G. Hoogenboom // *Agricultural water management*. 2011. V. 6 (98). Pp. 1105-1111.

Информация об авторах

Ходяков Евгений Алексеевич, доктор с.-х. наук, профессор кафедры «Мелиорация земель и КИВР», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Волгоград, пр. Университетский, д. 26), тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

Authors Information

Khodyakov Evgeny Alekseevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Land Reclamation and Civil Water Reclamation, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860>, e-mail: E419829@yandex.ru

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

Milovanov Sergey Gennadievich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>, e-mail: redas008@mail.ru

Bondarenko Kirill Vladimirovich, post-graduate student, junior researcher at the Center for Irrigation Reclamation and Testing of Sprinkler Equipment Research Institute for Advanced Research and Innovation in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-49

INFLUENCE OF FLAX FLOUR ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF CHOPPED SEMI-FINISHED PRODUCTS

V. N. Khramova^{1,2}, D. I. Surkov¹, K. A. Lubchinsky¹

¹*Volgograd State Technical University*

²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of
Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: hramova_vn@mail.ru

Received 15.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

The article presents the results of the study of a fatty acid composition semi-finished products when linseed flour is added to the formula. An increase in the mass proportion of lipids, as well as the content of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids in the developed assortment of chopped semi-finished products, was revealed.

Abstract

Introduction. The deficiency of omega-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet, this is a world problem. Creating functional products based on chopped semi-finished products using linseed flour can solve the problem of deficit. The content of polyunsaturated fatty acids in such products reaches 73% of the total number of fatty acids. This is the reason for the relevance. **Object.** The subject of the study is a portion of zrazy with linseed flour. **Materials and methods.** The mass fraction of lipids was measured according to the method of GOST 23042-2015. Measurement of fatty acid composition was carried out according to GOST 31663-2012. Fat indicators of chopped semi-finished products are calculated according to general methods. **Results and conclusions.** The addition of linseed flour was determined to increase the mass proportion of lipids in the product from 1% to 4%. The amount of ome-

ga-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids increased from 3% to 13-15% of the adult daily intake. Calculation of fatty acid balance showed insignificant influence of linseed flour to a fatty acid composition. At the same time, the parameters of the iodine number amounted to 81-82 g of iodine/100 g of fat, this is the optimal value for solid fats.

Key words: *flax flour, chopped semi-finished products, fatty acid composition, lipids, polyunsaturated fatty acids.*

Citation. Khramova V. N., Surkov D. I., Lubchinsky K. A. Influence of flax flour on the fatty acid composition of chopped semi-finished products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 490-498 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-49.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 637.5

ВЛИЯНИЕ ЛЬНЯНОЙ МУКИ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

В. Н. Храмова^{1,2}, доктор биологических наук, профессор

Д. И. Сурков¹, аспирант

К. А. Лубчинский¹, аспирант

¹ ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет

² Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В мире существует проблема дефицита омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в рационе человека. Одним из способов её решения является создание функциональных продуктов питания, например, на основе рубленых полуфабрикатов с использованием льняной муки, в которой содержание полиненасыщенных жирных кислот может достигать до 73% от общего числа жирных кислот. Поэтому исследование является актуальным. **Объект.** В качестве объекта исследования выступали образцы зраз, в составе которых присутствует льняная мука. **Материалы и методы.** Измерение массовой доли липидов проводили по методике ГОСТ 23042-2015. Определение жирнокислотного состава осуществляли по ГОСТ 31663-2012. Качественные показатели жира рубленых полуфабрикатов рассчитывали по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** В результате исследований установили, что добавление льняной муки привело к увеличению массовой доли липидов в продукте с 1% до 4% и возрастанию содержания омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот с 3% до 13-15% от физиологической суточной потребности у взрослого человека. Расчёт жирнокислотной сбалансированности показал незначительное влияние льняной муки на жирнокислотный состав продукта. При этом расчётное значение йодного числа составило 81-82 г йода / 100 г жира, что соответствует оптимальному значению для твёрдых жиров.

Ключевые слова: *льняная мука, рубленые полуфабрикаты, зразы, жирнокислотный состав полуфабрикатов, массовая доля липидов, полиненасыщенные жирные кислоты.*

Цитирование. Храмова В. Н., Сурков Д. И., Лубчинский К. А. Влияние льняной муки на жирнокислотный состав рубленых полуфабрикатов. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 490-498. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-49.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По данным Научно-исследовательского института питания Российской академии медицинских наук, у 80% населения России наблюдается дефицит потребления омега-3 полиненасыщенных жирных кислот. Их недостаток у беременных женщин может оказать влияние на развитие плода. Омега-3 участвует и в противовоспалительных процессах, регуляции сердечной деятельности, а также положительно влияет на состояние кожи, зрительной и сердечно-сосудистой систем. У детей недостаток полиненасыщенных жирных кислот приводит к замедлению роста и развития [4, 5, 11, 12].

Согласно МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», физиологическая суточная потребность в омега-3 у взрослого человека составляет 5-8% калорийности суточного рациона (соответствует 0,8-1,6 г/сут.). А при беременности рекомендуют увеличить потребление омега-3 полиненасыщенных жирных кислот на 200-300 мг/день [5].

В качестве одного из решений проблемы дефицита потребления омега-3 полиненасыщенных жирных кислот в рационе человека выступает создание функциональных пищевых продуктов на базе продуктов питания, которые пользуются большим спросом у широких слоёв населения. Рубленые полуфабрикаты подходят на эту роль, благодаря огромной популярности, высокой питательной ценности и приятным органолептическим свойствам.

Функциональным ингредиентом, позволяющим увеличить содержание полиненасыщенных жирных кислот омега-3, может выступать льняная мука. В состав этого ингредиента входит 45% липидов, а содержание полиненасыщенных жирных кислот может достигать до 73% от общего количества жирных кислот. Кроме того, льняная мука содержит много белка (от 20% до 30%) и богатый витаминно-минеральный комплекс. В 100 г продукта присутствуют витамины B_1 (1,6 мг), B_5 (985 мкг), B_6 (473 мкг), фолаты (87 мкг), калий (813 мг), кальций (255 мг), магний (392 мг), фосфор (642 мг), железо (5,7 мг), марганец (2,48 мг), медь (1,22 мг), селен (25 мкг) и цинк (4,34 мг) [2, 7, 10].

Льняная мука содержит пищевые волокна в количестве 27,3 г/100 г. Они выполняют роль балластного вещества, способного стимулировать работу желудочно-кишечного тракта. Ежедневное употребление в пищу продуктов богатых клетчаткой, снижает риск ожирения, диабета, рака и заболеваний кишечника. Кроме того, льняная мука позволяет улучшить обменные процессы в организме, способствует снижению сахара и холестерина в крови, содержит много полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6, которые не синтезируются в организме человека [1, 3, 6, 8, 9].

Таким образом, применение льняной муки в технологии производства рубленых полуфабрикатов может внести вклад в решение глобальной проблемы дефицита эссенциальных нутриентов, предотвратить развитие заболеваний алиментарной этиологии, связанных с недостатком в рационе человека полиненасыщенных жирных кислот, и расширить ассортимент рубленых полуфабрикатов. Всё вышеперечисленное делает исследование актуальным.

Цель исследования – определение содержания омега-3 полиненасыщенных жирных кислот и качественных характеристик липидов ассортимента рубленых полуфабрикатов (мясных зраз), содержащих льняную муку. Для достижения цели поставлены следующие задачи: необходимо определить массовую долю липидов и жирнокислотный состав контрольного и опытного образцов зраз, провести расчёт основных показателей качества жира и содержания в нём групп жирных кислот.

Материалы и методы. Объектом исследования выступают рубленые полуфабрикаты. Контрольный образец представляет собой мясные зразы, в фарш которых входят говядина, меланж яичный, мука пшеничная, соль поваренная и перец черный молотый. Начинка состоит из баклажанов, петрушки, чеснока и специй. Соотношение фар-

ша к начинке 4:1. Отличие опытных образцов «Омега» и «Комбо» от контрольного заключается в добавлении к мясному сырью льняной муки. Помимо этого, в состав мясных зраз «Комбо» входят порошок расторопши и нут.

В рамках работы применяли следующие методы исследования:

1) Определение массовой доли липидов проводили по ГОСТ 23042-2015 ускоренным методом, основанным на экстрагировании жира органическими растворителями из исследуемого образца с их последующим удалением путем высушивания экстракта до постоянной массы. Расчёт массовой доли липидов проводили по формуле 1:

$$W = \frac{(m_2 - m_1) \cdot V_x}{m \cdot V_\phi} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m – масса навески, г; m_1 – масса пустой бюксы с крышкой, г; m_2 – масса бюксы с крышкой после высушивания соответственно, г; $V_{x/\phi}$ – объем хлороформа, см^3 ; V_ϕ – объем фильтрата соответственно, см^3 .

2) Жирнокислотный состав продукта определяли методом газовой хроматографии. Определение массовой доли метиловых эфиров жирных кислот вели по ГОСТ 31663-2012.

3) Расчётным путём провели определение соотношения групп жирных кислот (омега-3 и омега-6) и жирнокислотной сбалансированности (R_L), для расчёта которой использовали формулу 2:

$$R_L = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m \left(\frac{L_i}{L_{\text{н}}} \right)^k}, \quad (2)$$

где L_i – массовая доля i -й жирной кислоты в сырье, г / 100 г липидов; $L_{\text{н}}$ – массовая доля i -й жирной кислоты, соответствующая физиологической норме, г/100 г липидов; m – число жирных кислот, шт.; k – коэффициент, значение которого зависит от неравенства $L_i \geq L_{\text{н}}$. Если оно выполняется $k = -1$, иначе $k = 1$.

3) Важным показателем общей насыщенности жиров (содержания двойных связей в них) является йодное число W_{I_2} . Для его расчёта применяли формулу 3 из ГОСТ Р ИСО 3961-2010:

$$W_{I_2} = W_{16:1} \cdot 0,998 + W_{18:1} \cdot 0,9 + W_{18:2} \cdot 1,81 + W_{18:3} \cdot 2,74 + W_{20:1} \cdot 0,82 + W_{22:1} \cdot 0,75, \quad (3)$$

где $W_{16:1}$ – массовая доля гексадеценовой (пальмитолеиновой) кислоты, %; $W_{18:1}$ – массовая доля октадеценовой (олеиновой) кислоты, %; $W_{18:2}$ – массовая доля октадекадиеновой (линолевой) кислоты, %; $W_{18:3}$ – массовая доля октадекатриеновой (линоленовой) кислоты, %; $W_{20:1}$ – массовая доля эйкозеновой (гондоиновой) кислоты, %; $W_{22:1}$ – массовая доля докозеновой (эруковой) кислоты, %.

Значения некоторых жирных кислот в ходе исследования жирнокислотного состава не были получены. Поэтому их не учитывали при расчёте йодного числа.

Выработку и исследование массовой доли липидов контрольного и опытных образцов проводили в условиях лаборатории кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Исследование жирнокислотного состава осуществили в лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области».

Результаты и обсуждение. Для расчёта содержания омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот необходимо знать массовую долю липидов. Результаты её определения приведены в таблице 1. Из неё видно, что добавление в полуфабрикат льняной муки позволило увеличить массовую долю липидов с 1% до 4%.

Таблица 1 – Результаты исследования массовой доли липидов /
Table 1 – Results of Lipid Mass Fraction Study

Образец / Sample	Массовая доля липидов, % / Mass fraction of lipids, %
Контрольный образец / Control sample	1,02±0,20
Опытный образец «Омега» / Experimental sample «Omega»	4,13±0,26
Опытный образец «Комбо» / Experimental sample «Combo»	4,28±0,27

Еще одним важным показателем является жирнокислотный состав. Результаты его определения представлены в таблице 2. В ходе исследования получены только две полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая и линоленовая. Принято считать, что первая из них входит в число омега-6 жирных кислот (ω -6). В то время как другую, в зависимости от валентной изомерии, относят как к омега-3 (α -линоленовой кислоте), так и к омега-6 (γ -линоленовой кислоте). Однако во многих пищевых продуктах преобладает α -изомер, который считают предшественником семейства омега-3 жирных кислот (ω -3).

Таблица 2 – Жирнокислотный состав, г/100 г жира
Table 2 – Fatty acid composition, g/100 g of fat

Жирная кислота / Fatty acid	Обозначение / Designation	Образец / Sample		
		контроль- ный / control sample	опытный «Омега» / experimental sample «Ome- ga»	опытный «Комбо» / experimental sample «Com- bo»
Насыщенные жирные кислоты / Saturated fatty acids				
Масляная кислота / Butyric acid	C4:0	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Капроновая кислота / Caproic acid	C6:0	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Каприловая кислота / Caprylic acid	C8:0	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Каприновая кислота / Capric acid	C10:0	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Лауриновая кислота / Lauric acid	C12:0	0,5	0,5	0,4
Миристиновая кислота / Myristic acid	C14:0	3,2	3,1	3
Пальмитиновая кислота / Palmitic acid	C16:0	17,2	17,6	17,1
Маргариновая кислота / Margaric acid	C17:0	3	2,8	3,3
Стеариновая кислота / Stearic acid	C18:0	10,2	10,4	10,5
Арахиновая кислота / Arachinic acid	C20:0	0,1	0,1	0,1
Бегеновая кислота / Behenic acid	C22:0	0,1	0,1	0,1
Мононенасыщенные жирные кислоты / Monounsaturated fatty acids				
Деценовая кислота / Decenoic acid	C10:1	0,1	0,1	0,1
Миристолеиновая кислота / Myristoleic acid	C14:1	1,5	1,6	1,4
Пальмитолеиновая кислота / Palmitoleic acid	C16:1	1	0,4	0,9
Олеиновая кислота / Oleic acid	C18:1	34,6	34,4	34,7
Полиненасыщенные жирные кислоты / Polyunsaturated fatty acids				
Линолевая кислота / Linoleic acid	C18:2, ω-6	25,5	25,7	25,6
Линоленовая кислота / Linolenic acid	C18:3, ω-3	2,6	2,8	2,4

По результатам исследования жирнокислотного состава проведён расчёт, его данные отражены в таблице 3, из которой видно, что добавление льняной муки ведёт к увеличению содержания полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6 с 3% до 13-15% от физиологической суточной потребности взрослого человека.

Таблица 3 – Результаты расчёта содержания полиненасыщенных жирных кислот /
Table 3 – Results of calculation a polyunsaturated fatty acids content.

Содержание / Content	Физиологическая норма, г/сут. / Physiological norm, g/day	Образец		
		контрольный / control sample	опытный «Омега» / experimental sam- ple «Omega»	опытный «Комбо» / experimental sample «Combo»
Омега-3, г/100 г про- дукта / Omega-3, g/100 g of product	0,8-1,6	0,026 (3,2%)	0,116 (14,5%)	0,103 (12,9%)
Омега-6, г/100 г про- дукта / Omega-6, g/100 g of product	8-10	0,259 (3,3%)	1,061 (13,3%)	1,097 (13,7%)

Примечание: в скобках указан % от физиологической потребности.

Кроме того, проведён расчёт других качественных показателей липидов, кото-
рые представлены в таблице 4. Внесение льняной муки в состав продукта ведёт к уве-
личению количества как насыщенных, так и полиненасыщенных жирных кислот. К со-
жалению, добавление дополнительных растительных ингредиентов снижает эти пока-
затели, что связано с более низким их содержанием в порошке расторопши и нуте, чем
в льняной муке.

Таблица 4 – Качественные характеристики жира /
Table 4 – Quality characteristics of fat

Показатель / Indicator	Эталон / Optimal value	Образец / Sample		
		контрольный / control sample	опытный «Омега» / experimental sam- ple «Omega»	опытный «Комбо» / experimental sam- ple «Combo»
Жирные кислоты, г/100 г жира / Fatty acid, g/100 g of fat				
Насыщенные / Saturated	30	34,7	35,0	34,9
Мононенасыщенные / Monounsaturated	60	37,2	36,5	37,1
Полиненасыщенные: / Polyunsaturated	10	28,1	28,5	28,0
Омега-3 / Omega-3	1	2,6	2,8	2,4
Омега-6 / Omega-6	7,5	25,5	25,7	25,6
Показатели качества / Quality indicators				
Жирнокислотная сбаланси- рованность (i=3) / Balance of fatty acids	1	0,576	0,568	0,575
Соотношение ω-6 к ω-3 / Polyunsaturated fatty acids ratio	5-10	9,81	9,18	10,67
Йодное число, г йода / 100 г жира / Iodine value, gI / 100 g of fat	35-85	81,72	81,82	81,36

Добавление растительных ингредиентов оказывает незначительное влияние на
сбалансированность жирнокислотного состава. Однако стоит отметить, что соотношение
 ω -6 к ω -3 жирных кислот у контрольного образца и опытного образца «Омега» находится
в пределах нормы, располагаясь близко к верхней границе их оптимального соотношения.
В отличие от них, у опытного образца «Комбо» этот показатель превышает её.

В процессе исследования расчётным путем определено значение йодного числа, которое для твёрдых жиров должно составлять 35-85 г йода на 100 г жира. Полученные значения попадают в необходимый интервал, что говорит о высоком качестве исходного сырья.

Закключение. С целью обогащения продуктов питания омега-3 и омега-6 полиненасыщенными жирными кислотами льняная мука может найти применение во многих областях пищевой промышленности. Наибольшей эффективности от её использования можно добиться, если обогащать ею продукты, пользующиеся высоким спросом среди населения, например, мясные рубленые полуфабрикаты.

Это позволяет не только внести вклад в решение глобальной проблемы дефицита эссенциальных нутриентов, но и предотвратить развитие заболеваний алиментарной этиологии, связанных с недостатком в рационе человека омега-3 и омега-6 полиненасыщенных жирных кислот, и расширить ассортимент рубленых полуфабрикатов.

Важно отметить, что внесение льняной муки в состав рубленых полуфабрикатов позволяет увеличить массовую долю липидов (с 1% до 4%) и содержание полиненасыщенных жирных кислот омега-3 (например, в опытном образце «Комбо» – на 12,9%, «Омега» – на 14,5%). Кроме того, происходит рост значений для полиненасыщенных жирных кислот омега-6. При сравнении опытных образцов с контрольным установили, что содержание этих жирных кислот в мясных зразях «Омега» и «Комбо» выросло с 3% до 13%.

Согласно проведенным расчётам, добавление растительного ингредиента оказывает незначительное влияние на сбалансированность жирнокислотного состава. Однако соотношение омега-6 к омега-3 у контрольного образца и опытного образца «Омега» расположено близко к верхней границе их оптимального соотношения (9,81 и 9,18 соответственно), в отличие от опытного образца «Комбо» (10,67), показатель которого превышает её. В результате расчёта получили значения йодного числа в диапазоне 81-82 г йода / 100 г жира, что попадает в оптимальные значения для твёрдых жиров и свидетельствует об их качестве.

Conclusions. In order to enrich food with omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids, flaxseed flour can be used in many areas of the food industry. The greatest efficiency from its use can be achieved if it is enriched with products that are in high demand among the population, for example, chopped meat semi-finished products.

This makes it possible not only to contribute to solving the global problem of essential nutrient deficiency, but also to prevent the development of diseases of alimentary etiology associated with a lack of omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids in the human diet, and to expand the range of chopped semi-finished products.

It is important to note that the introduction of flaxseed flour into the composition of chopped semi-finished products allows to increase the mass fraction of lipids (from 1% to 4%) and the content of omega-3 polyunsaturated fatty acids (for example, in the prototype "Combo" – by 12.9%, "Omega" – by 14.5%). In addition, there is an increase in values for omega-6 polyunsaturated fatty acids. When comparing the prototypes with the control, it was found that the content of these fatty acids in Omega and Combo meat products increased from 3% to 13%.

According to the calculations carried out, the addition of a vegetable ingredient has a negligible effect on the balance of the fatty acid composition. However, the ratio of omega-6 to omega-3 in the control sample and the Omega prototype is located close to the upper limit of their optimal ratio (9.81 and 9.18, respectively), unlike the Combo prototype (10.67), whose indicator exceeds it. As a result of the calculation, the values of the iodine number in the range of 81-82 g of iodine / 100 g of fat were obtained, which falls into the optimal values for solid fats and indicates their quality.

Библиографический список

1. Буц А. А., Терешина А. С. Применение омега-3 омега-6 в целях улучшения физико-химического состава масел // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 7. С. 1247-1250.
2. Зайнуллина Н. В. Создание функциональных мясных продуктов, обогащенных полиненасыщенными (омега-3 и омега-6) жирными кислотами // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 240-243.

3. Пищевая клетчатка в инновационных технологиях мясных продуктов / В. В. Прянишников, И. Н. Миколайчик, Н. М. Гиро, И. А. Глотова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11-1. С. 24-28.
4. Попова А. В. Семена чиа, как источник незаменимых полинасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3 // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2019. С. 42-45.
5. Страсти по омеге: роль омега-3 ПНЖК во время беременности для здоровья потомства / С. В. Орлова, Е. А. Никитина, Е. В. Прокопенко [и др.] // Медицинский алфавит. 2022. № 4. С. 8-12.
6. Типсина Н. Н., Селезнева Г. К. Льняная мука, как биологическая активная пищевая добавка // Вестник КрасГАУ. 2015. № 3. С. 56-59.
7. A descriptive review on nutraceutical constituents, detoxification methods and potential health benefits of flaxseed / Q. Rizvi, R. Shams, V. K. Pandey [et al.] // Applied Food Research. 2022. V. 2. No 2. Art. 100239.
8. Effects of dietary fiber on human health / Y. He, B. Wang, L. Wen [et al.] // Food Science and Human Wellness. 2022. V. 11. № 1. Pp. 1-10.
9. Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties / M. A. Marand, S. Amjadi, L. Roufegarinejad [et al.] // Powder Technology. 2020. V. 359. Pp. 76-84.
10. Marpalle P., Sonawane S. K., Arya S. S. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread // LWT - Food Science and Technology. 2014. V. 58. No 2. Pp. 614-619.
11. Omega 3-metabolism, absorption, bioavailability and health benefits – A review / S. Punia, K. S. Sandhu, A. K. Siroha, S. B. Dhull // PharmaNutrition. 2019. V. 10. Art. 100162.
12. Swanson D., Block R., Mousa S. A. Omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life // Advances in Nutrition. 2012. V. 3. No 1. Pp. 1-7.

References

1. Buts A. A., Tereshina A. S. The use of omega-3 omega-6 in order to improve the physicochemical composition of oils // Issues of sustainable development of society. 2022. № 7. Pp. 1247-1250.
2. Zaynullina N. V. Application Creation of functional meat products enriched with polyunsaturated (omega-3 and omega-6) fatty acids // Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2018. № 20. Pp. 240-243.
3. Food fiber in innovative technologies of meat products / V. V. Pryanishnikov, I. N. Mikoлайчик, N. M. Giro, I. A. Glotova // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 11-1. Pp. 24-28.
4. Popova A. V. Semyon chia, as a source of essential polyunsaturated fatty acids (PUFA) omega-3 // High technologies and innovations in science: a collection of selected articles of the International Scientific Conference. St. Petersburg, 2019. Pp. 42-45.
5. Omega passion: the role of omega-3 PUFA during pregnancy for the health of offspring / S. V. Orlova, E. A. Nikitin, E. V. Prokopenko [et al.] // Medical alphabet. 2022. № 4. Pp. 8-12.
6. Tipsina N. N., Selezneva G. K. Linen flour as a biological active food additive // Vestnik KrasGAU. 2015. № 3. Pp. 56-59.
7. A descriptive review on nutraceutical constituents, detoxification methods and potential health benefits of flaxseed / Q. Rizvi, R. Shams, V. K. Pandey [et al.] // Applied Food Research. 2022. V. 2. No 2. Art. 100239.
8. Effects of dietary fiber on human health / Y. He, B. Wang, L. Wen [et al.] // Food Science and Human Wellness. 2022. V. 11. № 1. Pp. 1-10.
9. Fortification of yogurt with flaxseed powder and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties / M. A. Marand, S. Amjadi, L. Roufegarinejad [et al.] // Powder Technology. 2020. V. 359. Pp. 76-84.
10. Marpalle P., Sonawane S. K., Arya S. S. Effect of flaxseed flour addition on physicochemical and sensory properties of functional bread // LWT - Food Science and Technology. 2014. V. 58. No 2. Pp. 614-619.

11. Omega 3-metabolism, absorption, bioavailability and health benefits – A review / S. Punia, K. S. Sandhu, A. K. Siroha, S. B. Dhull // *PharmaNutrition*. 2019. V. 10. Art. 100162.

12. Swanson D., Block R., Mousa S. A. Omega-3 Fatty Acids EPA and DHA: Health Benefits Throughout Life // *Advances in Nutrition*. 2012. V. 3. No 1. Pp. 1-7.

Информация об авторах

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, декан факультета Технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), контактный телефон: 8(8442)24-81-47, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>, e-mail: hramova_vn@mail.ru

Сурков Дмитрий Игоревич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), контактный телефон: 8-902-36-27-125, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>, e-mail: surkov.dmitr@gmail.com

Лубчинский Кирилл Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, Россия, Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28), контактный телефон: 8-909-391-81-70, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4836-6058>, e-mail: lubkirill@mail.ru

Authors Information

Khramova Valentina Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia), contact phone: 8(8442)24-81-47, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>, e-mail: hramova_vn@mail.ru

Surkov Dmitry Igorevich, postgraduate student, Volgograd State Technical University (28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia), contact phone: 8-902-36-27-125, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915>, email: surkov.dmitr@gmail.com

Luchinsky Kirill Alexandrovich, postgraduate student, Volgograd State Technical University (28, Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia), contact phone: 8-909-391-81-70, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-4836-6058>, email: lubkirill@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-50

TECHNOLOGY OF SOYBEAN CULTIVATION DURING IRRIGATION BY SPRINKLING WITH THE USE OF HYDROSORBENTS

A. N. Tseplyaev¹, S. Y. Semenenko²

*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 29.06.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

Based on the research of abstract sources on the problem of ensuring the effective use of natural waters for soybean irrigation, studies were conducted on the use of Avaxin hydrosorbent and the technology of its simultaneous application when sowing crops with a standard seeder with a developed module for applying hydrogel was investigated

Abstract

Introduction. The cultivation of agricultural crops on irrigation guarantees the planned receipt of a high-quality crop, regardless of climatic conditions. However, an increase in the average annual temperature, recorded as a fact on all continents, will lead to an increase in the shortage of natural fresh water on the territory of the European part of Russia, and the water capacity, for example, of soybeans when grown in the conditions of the Lower Volga, is about 1500 m³ per ton of grain. It is necessary to introduce water-saving technologies. A team of researchers has developed a technology to reduce the volume of irrigation water supplied by using a modern innovative material – Aquasin hydrosorbent to prolong the period of availability of moisture available to plants in the soil until the next watering. The peculiarity of the developed soybean sowing technology using hydrogel is that sowing is carried out

with a special seeder based on UPS-8 with an upgraded coulter. Its design provides a special knife for feeding hydrogel below the bottom of the seed groove. Thus, hydrogel, due to its high cost, is fed in a row economically, locally, only to the seed sowing zone, which significantly reduces the cost of cultivation, reduces the volume of irrigation water supply by 10% compared to the control and yields 14.3% higher. **Object.** The object of the study is a resource-saving technology of soybean cultivation on irrigation by sprinkling using the Avaxin copolymer with local application to the soil simultaneously with sowing by a specially designed sowing module. **Materials and methods.** The study used generally accepted adapted methods of theoretical, laboratory, field research with the use of modern scientific equipment, methodological guidelines for the implementation of research works, a sowing complex with a developed hydrogel supply module. Various doses and depths of application of the Avaxin hydrosorbent and its effect on reducing irrigation water consumption when watering the Rainstar E-41 sprinkler machine of the Austrian Bauer company were studied. **Results and conclusions.** The assessment of the condition of crops and the development of soybean plants during the growing season, as well as its biological yield, indicates that the use of a moisture-retaining sorbent provided the plants with available moisture for a longer period, which is confirmed by the extension of the irrigation interval to 6 days compared with the control. At the same time, irrigation water savings amounted to 300 m³/ha, and biological yield increased by 11% and amounted to 23.74 c/ha versus 20.30 c/ha in the control variant. Thus, the results obtained indicate the positive dynamics of the use of hydrogel in the cultivation of soybeans "Volgogradka – 2" on irrigation, which allows us to recommend the introduction of the studied technology.

Key words: soy, hydrosorbent, row seeder, hydrogel, biological yield, irrigation rate, total water consumption.

Citation. Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya. Modern technology of soybean cultivation during irrigation by sprinkling with the use of hydrosorbents. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 498-508 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-50.

Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, execution or analysis of this study. All the authors of this article approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 631.67:633.853.52

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ ПРИ ОРОШЕНИИ ДОЖДЕВАНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОСОРБЕНТОВ

А. Н. Цепляев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия
г. Волгоград, Российская Федерация

*Статья подготовлена на основании исследований, проведённых в соответствии с
государственным заданием FNFR-2022-0005*

Актуальность. Возделывание сельскохозяйственных культур на орошении гарантирует запланированное получение высококачественного урожая и обеспечивает меньшую зависимость его от климатических условий. Однако повышение среднегодовой температуры, зафиксированное как факт на всех континентах, приведёт к нарастанию дефицита природной пресной воды и на территории Европейской части России, а водоёмкость, например, сои при выращивании в условиях Нижней Волги, составляет около 1500 м³ на тонну зерна. Необходимо внедрение водосберегающих технологий. Коллективом научных сотрудников разработана технология снижения объёмов подаваемой оросительной воды за счет применения современного инновационного материала – гидросорбента «Аквасин» на основе калия для пролонгации периода наличия доступной для растений влаги в почве до следующего полива. Особенность разработанной технологии посева сои с применением гидрогеля, состоит в том, что посев проводится

специальной сеялкой на базе УПС-8 с модернизированным сошником. В его конструкции предусмотрен специальный нож для подачи гидрогеля ниже дна посевной бороздки. Таким образом, гидрогель, ввиду его высокой стоимости, подаётся в рядок экономно, локально, только в зону посева семян, чем удаётся существенно снизить затраты на возделывание, на 10% снизить объём подачи оросительной воды по сравнению с контролем и получить урожайность на 14,3% выше. **Объект.** Объектом исследования является ресурсосберегающая технология возделывания сои на орошении дождеванием с использованием сополимера «Аваксин» с локальным внесением в почву одновременно с посевом специально разработанным посевным модулем. **Материалы и методы.** В исследовании использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследований с применением современного научного оборудования, методических указаний по выполнению научно-исследовательских работ, посевного комплекса с разработанным модулем подачи гидрогеля. Изучались различные дозы и глубины внесения гидросорбента «Аваксин» и его влияние на снижение расхода оросительной воды при поливе дождевальной машины «Rainstar E-41» австрийской фирмы «Baueg». **Результаты и выводы.** Оценка состояния посевов и развития растений сои в вегетационный период, а также ее биологической урожайности свидетельствует о том, что применение влагоудерживающего сорбента обеспечивало растения доступной влагой более длительный период, что подтверждается удлинением межполивного периода до 6 суток по сравнению с контролем. При этом экономия поливной воды составила 300 м³/га, а биологическая урожайность возросла на 14,3% и составила 2,37 т/га против 20,30 ц/га на контрольном варианте. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о положительной динамике использования гидрогеля при выращивании сои «Волгоградка-2» на орошении, что позволяет рекомендовать к внедрению исследованную технологию.

Ключевые слова: технологии возделывания сои, гидросорбенты, пропашные сеялки, гидрогель, биологическая урожайность сои, поливные нормы, суммарное водопотребление сои.

Цитирование. Цепляев А. Н., Семененко С. Я. Современная технология возделывания сои при орошении дождеванием с применением гидросорбентов. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 498-508. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-50.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание сельскохозяйственных культур на орошении гарантирует запланированное получение высококачественного урожая независимо от климатических условий. Естественно, что затраты на производство культуры существенно возрастают, увеличиваясь в разы по сравнению с богарой [1, 11]. Однако для зоны рискованного земледелия, к которой относится Юго-Восточная часть Волгоградской области, орошение – это основное условие, обеспечивающие не только урожай, но и, по существу, благополучие всей сельскохозяйственной отрасли [2-4]. Необходимо отметить, что если озимые зерновые культуры с достаточно большим запасом влаги в почве после осенне-зимнего периода могут выращиваться и на богаре, то успех при возделывании бобовых культур, и в частности сои, может быть достигнут только на орошении. Дело в том, что для получения одной тонны сои необходимо подать не менее 1500 м³ воды, естественно, что климатические условия рассматриваемого региона не могут гарантировать такую естественную влагообеспеченность [2, 6, 7, 12].

Внимание исследователей привлекли гидрогели, обладающие уникальным комплексом полезных свойств и широко используемые в различных областях техники и технологий. В настоящее время они применяются в нефтедобывающей промышленно-

сти, в производстве губчатых материалов, в качестве носителей лекарственных препаратов с пролонгированным действием, в сельском хозяйстве для удержания влаги на песчаных и засушливых почвах, как осушители органических растворителей [1, 5, 10].

Водопоглощающая способность гидрогелей, прежде всего, зависит от надмолекулярной структуры синтезируемого полимера. Основой для набухания гидрогелей служат, во-первых, макромолекулы с полярными функциональными группами, во-вторых, имеющие пространственно-сшитые нанопоры, в которых удерживаются молекулы воды. Достоинством макропористых гидрогелей является ряд свойств, связанных с наличием в них системы связанных пор занимающих основной объем образца. В первую очередь, это способность сорбировать и удерживать большие объёмы жидкости [1].

Исследований, касающихся применения гидрогеля в мировом земледелии, как на богаре, так и при орошении достаточно много. При этом следует отметить, что подобные исследования проводились в Англии, Германии, Канаде, Австралии, России, Казахстане, что отмечается в различных источниках [5, 10, 13]. Полученные результаты успешно внедряются в производство, правда, пока в небольших объемах.

В Российской Федерации развернуты опыты с гидрогелем в Краснодарском крае, Волгоградской области, Ставропольском крае, Башкирии и т.д. В качестве площадки для опытов используют богару, но в Казахстане и Краснодарском крае РФ более 3-х лет гидрогель изучают при орошении. Культуры, представленные в опубликованных материалах, самые различные: от озимой пшеницы, ярового ячменя и других зерновых до фруктовых насаждений, бобовых, овощных культур и лекарственных трав [4, 5, 14].

Однако наиболее важной оценкой при возделывании любой сельскохозяйственной культуры служит урожайность, вторым фактором – товарность продукции. Поэтому далее представим анализ влияния гидрогеля на урожайность по культурам и его действие на качественные показатели самой почвы, а также экономическую оценку его применения. Наибольший объем исследований, судя по имеющейся литературе, представлен по зерновым культурам: озимой пшенице, яровому ячменю, сое на орошении, пшенице яровой, кукурузе. Указанное направление изучалось Филиным В. И., Тибирьковым А. П., Годуновой Е. И., Даниловой Т. Н., Цепляевым А. Н., Тимошенко В. В., Кузиным Г. А. и др.

В исследованиях Тибирькова А. П. и Филина В. И. и др. (2018, 2019) отмечается, что использование гидрогеля вместе с удобрениями ($N_{20}P_{20}K_{20}$) при посеве позволяет повысить урожайность озимой пшеницы сорта «Донской сюрприз» на 23...29% (до 3,22 т/га) по сравнению с контролем, при этом качество зерна соответствует стандартам. Норма внесения гидрогеля составила 100 кг/га, при этом он разбрасывался по поверхности почвы, а после заделывался плугом с оборотом пласта на глубину 20...22 см.

При изучении работ Ставропольского НИИСХ по применению гидрогеля в посевах озимой пшеницы на богаре установлено, что по результатам 3-х летних исследований (2012...2014 гг.) прямое воздействие гидрогеля оказывает положительное влияние на содержание продуктивной влаги в почве и урожайность озимой пшеницы, размещенной по полупару [9].

Что касается влияния гидрогеля на почву, то авторы исследования отмечают, что при внесении гидрогеля дозой 400 кг/га происходит оптимизация структурного состава обыкновенных черноземов за счет уменьшения условий образования корки на поверхности. Глыбистая фракция ($>10,0$ мм) в зависимости от обработки снизилась с 30,8...31,2% до 21,4...23%, при этом известно, что глыбистость оказывает негативное воздействие на полевую всхожесть семян и динамику появления всходов и, как результат, на урожайность культуры. В то же время количество агрономически ценных ча-

стиц (0,25 мм...1,0 мм), в зависимости от способа обработки почвы (с отвалом и мелкой), возросло с 62,0...62,2 до 73,7...74,4 %, относящее структурное состояние почвы к классу «хорошее». Коэффициент структурности при самой высокой дозе внесения гидрогеля (400 кг/га) составлял 2,82 (отвальная обработка) и 4,25 (мелкая обработка) против 1,65...2,95 соответственно при малых дозах внесения гидрогеля [1, 8, 12]. Опыты по изучению сои проводились на Армавирской опытной станции ВНИИМК (г. Армавир). В качестве абсорбента почвенной влаги использован экологически безопасный гидрогель «Штокосорб 660». Гидрогель сохраняет физико-механические свойства в почве 2-3 года, а затем разлагается на углекислый газ, воду и соли калия. Условия проведения опыта: богара, варианты: контроль (без гидрогеля); гидрогель в дозе – 400 кг/га. Сорт сои «Славия». Полимерный абсорбент влаги вносили перед посевом сои на глубину 9...10 см. Наиболее показательны изменения влажности почвы в корнеобитаемом слое 0...40 см. По истечении 62 дней (от начала внесения сорбента) на участках с внесением гидрогеля влажность почвы в слое 0...20 см составила 13,47 %, в слое 20...40 см - 14,83 %, что в 1,13...1,14 раза превышает показатели на контрольных участках. Примерное соотношение значений осталось при замерах влажности через 78 дней и 92 дня [9].

Коллективом научных сотрудников разработана технология снижения объёмов подаваемой оросительной воды за счет применения современного инновационного материала – гидросорбента «Аквазин», для пролонгации периода наличия доступной для растений влаги в почве до следующего полива [4, 5]. Особенность разработанной технологии посева сои с применением гидрогеля, состоит в том, что посев проводится специальной сеялкой на базе УПС-8 с модернизированным сошником [10, 13]. В его конструкции предусмотрен специальный нож для подачи гидрогеля ниже дна посевной бороздки [4, 14].

По результатам опытов следует отметить, что внесение полимерного гидрогеля в почву оказало положительное влияние на сохранение продуктивной влаги в почве, при этом основная масса корней (до 90%) была сосредоточена в слое 0...30 см. Наиболее важным показателем при определении эффективности была урожайность. Замеры урожайности сои позволяют утверждать, что на участках с гидрогелем урожайность сои, по отношению к контролю, увеличилась на 8,8 %, а показатели масличности превысили показатели на контроле почти на 13 %. При этом выявлено последствие гидрогеля на озимой пшенице, посеянной на второй год после сои: её урожайность превысила 30 % по сравнению с контролем, а по сбору белка увеличение составило 31,6 % в сравнении с контрольными участками.

Материалы и методы. В результате анализа характеристик сортообразцов, адаптированных к аридным условиям Волго-Донского междуречья, для проведения опытов нами был выбран сорт сои «Волгоградка-2» [3, 8, 9]. Эксперименты проведены на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ в соответствии с методиками полевого опыта (Доспехов, Б. А., 1985; Никитенко, Г. Ф., 1982; Плешаков, В. Н., 1983) и «Программа, и методика постановки опытов и проведения исследований по программированию урожая полевых культур» (Москва, 1978). В опыте испытывался гидрогель производства фирмы «Аваксин». В исследовании использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследований с применением современного научного оборудования, в том числе мобильных измерительных приборов для определения: – влажности почвы (влагомер «AQUATERRM – 300» с контролем весовым методом), плотности почвы (пенетrometer 41010), температуры почвы на разных глубинах (термометр RGKCT-11), температуры и относительной влажности воздуха (термометр

RGKTH-10), ареометра, методических указаний по выполнению научно-исследовательских работ, посевного комплекса с разработанным модулем подачи гидрогеля. Изучались различные дозы гидросорбента «Аваксин» и его влияние на снижение расхода оросительной воды при поливе дождевальной машиной «Rainstar E-41» австрийской фирмы «Вауег». Территориальное размещение опыта представлено на рисунке 1. Площадь опытной делянки составляла 0,007 га, учетной 0,005 га. Повторность трехкратная. Всего в опыте использовано по пять делянок на контроле и в опытах с гидрогелем. Водопроницаемость, фильтрационные свойства, наименьшая влагоемкость почвы устанавливались по методике Вадюниной А. Ф. и Корчагиной З. А. (1986). Влажность почвы определили перед посевом, в период вегетации в слое 0,0-0,4 м каждые 10 дней и после осадков более 5 мм и непосредственно после уборки урожая. Количество подаваемой на участок воды и интенсивность её подачи учитывались с помощью осадкомеров. Метеоусловия вегетационного периода принимались по измерениям метеостанции Волгоградского ГАУ, расположенной на расстоянии 7 км. Фенологические наблюдения проводились на динамических площадках для каждого изучаемого варианта согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971).

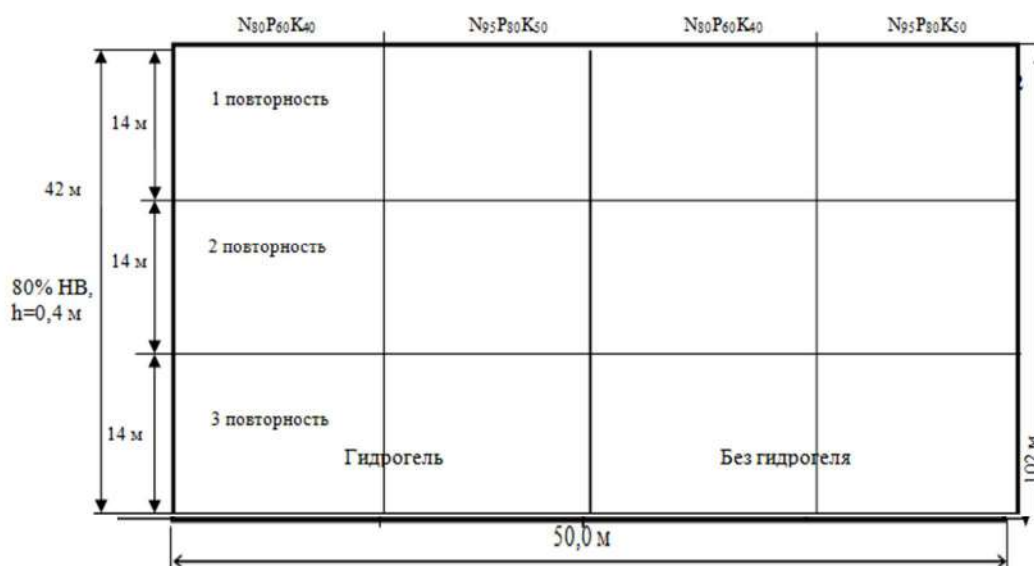


Рисунок 1 – Схема опыта по изучаемым вариантам
Figure 1 – Scheme of the experience on the studied options

Исследованиями установлено положительное влияние гидросорбента на вододерживающую способность почвы и удлинение периода насыщения влагой почвенного профиля. Это не могло не отразиться на изменении режима орошения сои относительно контрольного варианта. Проанализируем рисунки 2 и 3.

На рисунке 2 (контроль) представлена динамика изменения влажности почвы без гидрогеля. Диаграммы проведения поливов в определенные календарные сроки, нормы полива, атмосферные осадки, а также динамика изменения влажности графически отображают значения параметров изучаемых факторов. За вегетационный период сои проведено 13 поливов поливной нормой 300 м³/га, при этом оросительная норма составила 3900 м³/га, а суммарное водопотребление 4660 м³/га. Предполивной порог влажности поддерживался на уровне 80% НВ. Посев семян сои проведен 04.06.2022 г, а первый полив нормой 300 м³/га пришелся на 10.06 при влажности почвы 80% НВ. С

10.06 по 8.07 межполивные периоды составляли 7...8 суток, при этом 02.07.2022г выпало до 70 м³/га атмосферных осадков. Далее, с повышением среднесуточного водопотребления культуры и нарастания температуры воздуха до 43...45⁰С, усилением скорости ветра и снижением относительной влажности воздуха ниже 26%, частота поливов нарастала, и их периодичность составила 5 суток. В этот период влажность почвы резко уменьшалась. Периодичность поливов в повышенном режиме продолжалась с 08.07 по 03.08. Из 13 поливов на весь поливной сезон 6 поливов пришлось на 26 дней. В остающуюся часть сезона с 03.08 по 28.08 проведено всего три полива, при этом 18.08.2022г выпали атмосферные осадки из расчета 760 м³/га.

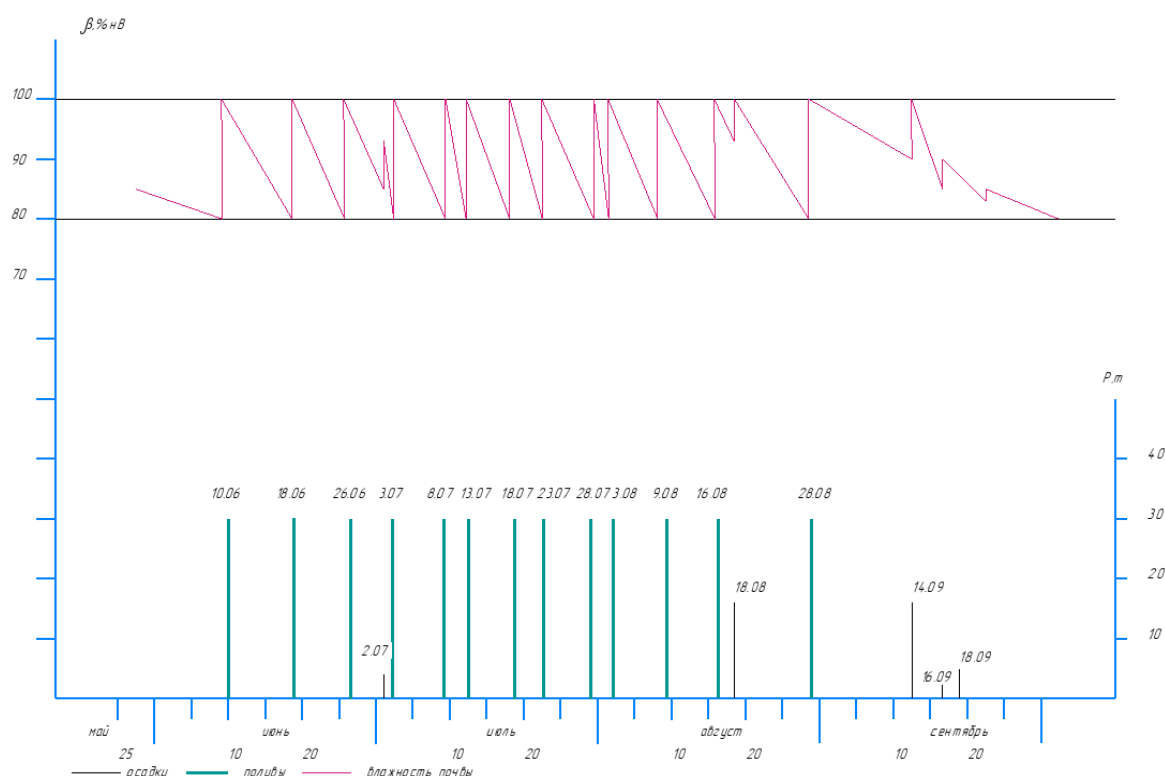


Рисунок 2 – Динамика влажности почвы на контрольном варианте
Figure 2 – Dynamics of soil moisture in the control variant

Характер динамики изменения влажности на участке с использованием гидрогеля (рисунок 3) в посевах сои был близким к контрольному варианту. Однако следует отметить, что межполивной период с 10.06 по 7.07 составлял до 10 суток, последующее развитие растений, а также существенное повышение атмосферных температур привело к снижению межполивного периода до 5...6 суток. Далее, с 16.08 по 28.08 (12 суток), состоялся один полив, однако следует учесть, что 18.08 выпали атмосферные осадки из расчета 760 м³/га. При использовании гидрогеля за вегетационный период проведено 12 поливов, т.е. экономия поливной воды составила 300 м³/га.

При использовании в технологиях земледелия искусственных химических веществ актуальным является вопрос обеспечения безопасности выращиваемой продукции и допустимого загрязнения почвы. При этом рассматривались навески послойно отобранной почвы с контрольных участков (без внесения гидрогеля) и с горизонтов с гидрогелем в период посева. С целью мониторинга указанных показателей, на дату обмолота сои была взята проба почвы для проведения ее всестороннего химического анализа.

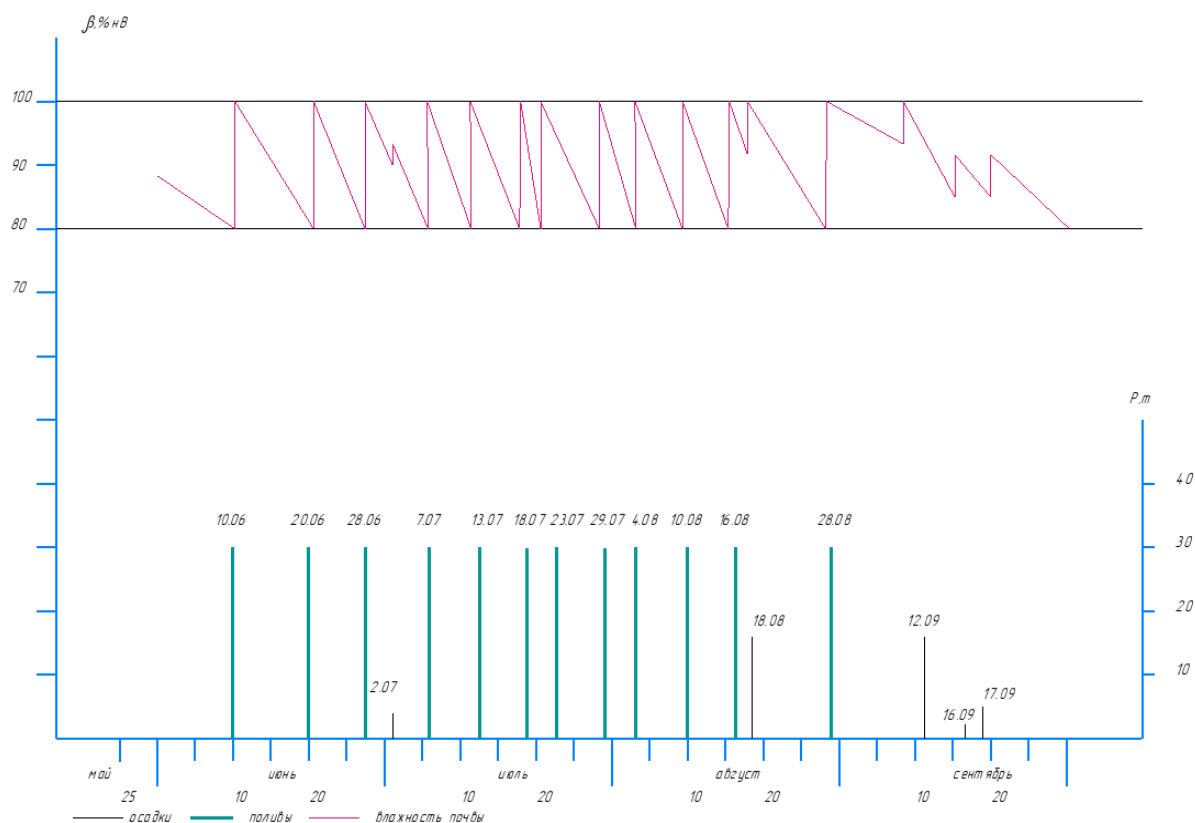


Рисунок 3 – Динамика влажности почвы на варианте с гидрогелем
 Figure 3 – Dynamics of soil moisture in the hydrogel variant

Результаты анализа водной вытяжки и почвы приведены в таблице №1. Следует отметить, что при всех, примерно равных значениях основных химических элементов питания в почве, обращает на себя внимание содержание Ca^{2+} и Mg^{2+} . Их значения в 2..3 раза выше, чем на контроле. Следовательно, гидрогель способен аккумулировать не только влагу почвы, но и питательные вещества в корнеобитаемом слое в зоне созданной им повышенной влажности. На отзывчивость сои к удобрениям указывает в своих работах Толоконников В. В. [6, 7, 8]. Анализируя содержание других элементов необходимо отметить, что гидрогель не оказывает отрицательного воздействия на химический состав почвы.

Индикатором отзывчивости сельскохозяйственных растений на предлагаемые технологии является показатель их продуктивности. Индикатором применимости предлагаемой технологии сельхозпроизводителями являются эколого-экономические показатели, анализ которых будет произведён по окончании опыта.

Влияние изучаемых технологий на продуктивность сои при дозе внесения гидрогеля 200 кг/га, а за показатель продуктивности нами принят показатель биологической урожайности, отражено в таблице 2.

Анализ поделачных данных по урожайности сои при традиционной технологии выращивания (контроль), где разброс показателей составил 0,1 т/га, указывает на повышенную чувствительность растений к неравномерности почвенного покрова, микрорельефа орошаемого поля. Применение же водоудерживающего сорбента «нивелирует» воздействие указанных нерегулируемых условий и обеспечивает снижение данного показателя до 0,06 т/га, т.е. почти в два раза.

Таблица 1 – Анализ водной вытяжки почвы в опытах по выращиванию сои на орошении с использованием гидрогеля

Table 1 – Analysis of water extraction of soil in experiments on soybean cultivation under irrigation using hydrogel

№ п/п	Место взятия образца	Горизонт, см	рН водной вытяжки	Сумма анионов и катионов, %	В том числе: ммоль в 100 г. почвы, %							
					CO ²⁻ ₃	HCO ₃	Cl	SO ²⁻ ₄	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
1	Соя без	0-10	7,9	0,123	Нет	0,600 0,037	0,400 0,014	0,815 0,039	0,500 0,010	0,375 0,005	0,898 0,021	0,042 0,002
2	гидрогеля	10-20	7,9	0,185	Нет	0,600 0,037	0,350 0,012	0,791 0,038	0,500 0,010	0,313 0,004	0,898 0,021	0,030 0,001
3	Соя с гидрогелем	0-10	7,9	0,129	Нет	0,600 0,037	0,300 0,011	0,848 0,041	0,500 0,010	0,250 0,003	0,932 0,021	0,066 0,003
4		10-20	7,9	0,155	Нет	0,600 0,037	0,800 0,028	2,078 0,100	1,000 0,020	1,000 0,012	1,330 0,031	0,048 0,002

Таблица 2 – Биологическая урожайность сои «Волгоградка-2», т/га, 2022 г

Table 2 – Biological yield of soybeans "Volgogradka – 2", t/ha, 2022

№ деланки	Контроль				Опыт с гидрогелем			
	Посев без гидрогеля			Среднее по повторностям	Посев с гидрогелем			Среднее по повторностям
	Повторность				Повторность			
	1	2	3		1	2	3	
1	2,11	1,99	1,87	1,99	2,41	2,32	2,47	2,40
2	2,21	2,17	1,90	2,09	2,34	2,43	2,31	2,36
3	1,98	2,03	1,97	1,99	2,50	2,27	2,40	2,39
4	2,04	2,13	2,01	2,06	2,29	2,43	2,30	2,34
5	2,00	1,96	2,08	2,01	2,38	2,27	2,49	2,38
Среднее	2,06	2,05	1,96	2,03	2,38	2,34	2,39	2,37
НСР ₀₅	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,01

Абсолютные значения урожайности – 2,03 на контроле и 2,37 т/га на гидрогеле, также указывают на эффект его применения при орошении сои.

Заключение. Логично предположить, что нарастающее повышение среднегодовой температуры, зафиксированное как факт на всех континентах, приведёт к нарастанию дефицита природной пресной воды на территории Европейской части России. Задача аграрной науки – превентивные разработки водосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве, что и является задачей данного исследования.

Применение гидрогеля «Аваксин» не ухудшает экологические показатели почвы, а даже несколько улучшает, при этом совмещение операций посева сои и внесения гидросорбента модернизированной сеялкой УПС-8 снижает затраты и уменьшает механическое воздействие на поверхность почвы.

Установлено увеличение урожайности зерна сои на 14,3% и влияние предлагаемой технологии на увеличение межполивного периода до 6 суток при дозе внесения гидрогеля 200 кг/га, что обеспечило экономию поливной воды на 300 м³/га, т.е. 10% оросительной нормы.

Conclusions. It is logical to assume that the increasing increase in the average annual temperature, recorded as a fact on all continents, will lead to an increase in the shortage of natural fresh water on the territory of the European part of Russia. The task of agricultural science is the preventive development of water-saving technologies in agricultural production – which was the task of this study.

The use of Avaxin hydrogel does not worsen the environmental performance of the soil, but even improves it somewhat, while combining the operations of sowing soybeans and applying a hydrosorbent with an upgraded UPS-8 seeder reduces production costs and reduces mechanical impact on the soil surface

An increase in the yield of soybean grain by 14.3% and the effect of the proposed technology on increasing the irrigation period to 6 days was established, which provided savings of irrigation water by 300 m³ /ha, i.e. 10% of the irrigation norm

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
2. Демин А. П. Развитие орошения и производство продовольствия в Республике Крым // Орошаемое земледелие. 2022. № 3. С. 30-34.
3. Задорин А. М., Зеленев А. А., Мордвина М. В. Достижения селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в аспекте роста соевого производства в России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 30 (2). С. 53-56.
4. Методика с результатами теоретико-экспериментальных исследований посева семян сельскохозяйственных культур и внесения гидрогеля при изменении скорости агрегата / А. Н. Цепляев, В. А. Цепляев, А. М. Магомедов, В. В. Тимошенко // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3. С. 71-78.
5. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11 (2). Т. 2. С. 59-66.
6. Рост урожайности сортов сои и эффективности применения удобрений в условиях орошения / В. В. Толоконников, Л. В. Вронская, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер // Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 24-27.
7. Толоконников В. В., Вронская Л. В., Нашказова Т. С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2022. № 3. С. 21-24.
8. Толоконников В. В. Создание высокопродуктивного сорта сои классическими методами селекции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 87-93.
9. Трунова М. В. Модель раннеспелого сорта сои для южно-европейской части России // Масличные культуры. 2017. № 137. С. 84-87.
10. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Теоретическое исследование жесткости пружины разработанной секции сеялки при посеве семян сои на орошении // Мелиорация и гидротехника. 2022. № 3. С. 193-209.
11. Ченелев Г. П., Михайлова М. П. Влияние структуры посева и нормы высевы семян на формирование урожайности сои сорта китросса // Земледелие. 2020. № 4. С. 22-25.
12. Effective cultivation of extra-early soybean cultivar CV. «VNIIOZ 86» / V. V. Tolokonnikov [et al.] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. V. 13. № 4. Pp. 353-359.
13. Rebetzke G. J., Richards R. A., Holland J. B. Population extremes for assessing trait value and correlated response of genetically complex traits // Field Crops Research. 2017. Vol. 201. Pp. 122-132.
14. Response of different yield components as selection criteria for yield components in early generations of lentil (*Lens culinaris* L.) / Y. S. Reddy [et al.] // Legume Research. 2017. Vol. 40. I. 1. Pp. 160-164.

References

1. Agafonov O. M., Revenko V. Yu. Possibilities of polymer hydrogel as a soil moisture accumulator in the unstable humidification zone of the Krasnodar Territory // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2017. № 10. Pp. 35-38.

2. Demin A. P. Development of irrigation and food production in the Republic of Crimea // Irrigated agriculture. 2022. № 3. Pp. 30-34.
3. Zadorin A. M., Zelenov A. A., Mordvin M. V. Achievements in the selection of FNC leguminous and cereal crops in the aspect of soy production growth in Russia // Leguminous and cereal crops. 2019. № 30 (2). Pp. 53-56.
4. The method with the results of theoretical and experimental studies of sowing seeds of crops and applying a hydrogel when changing the speed of the aggregate / A. N. Tseplyaev, V. A. Tseplyaev, A. M. Magomedov, V. V. Timoshenko // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. 2022. № 3. Pp. 71-78.
5. Revenko V. Yu., Agafonov O. M. Use of hydrogels in crop production // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018. № 11 (2). V. 2. Pp. 59-66.
6. Increase in the yield of soybean varieties and the effectiveness of fertilizer use in irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, L. V. Vronskaya, S. S. Mukhametkhanova, G. P. Kanzer // Irrigated agriculture. 2022. № 2. Pp. 24-27.
7. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Nashkazova T. S. The influence of sowing standards on soybean productivity with different ripening times under irrigation conditions // Irrigated agriculture. 2022. № 3. Pp. 21-24.
8. Tolokonnikov V. V. Creation of a highly productive variety of soybeans by classical selection methods // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2021. № 2 (62). Pp. 87-93.
9. Trunova M. V. Model of early ripening soybean variety for the southern European part of Russia // Oilseeds. 2017. № 137. Pp. 84-87.
10. Tseplyaev A. N., Tseplyaev V. A., Magomedov A. M. Theoretical study of the spring stiffness of the developed seeding section when sowing soybean seeds on irrigation // Melioration and hydraulic engineering. 2022. № 3. Pp. 193-209.
11. Chenelev G. P., Mikhailova M. P. The influence of the sowing structure and the seeding rate on the formation of soybean yield of the kitross variety // Agriculture. 2020. № 4. Pp. 22-25.
12. Effective cultivation of extra-early soybean cultivar CV. «VNIOZ 86» / V. V. Tolokonnikov [et al.] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. V. 13. № 4. Pp. 353-359.
13. Rebetzke G. J., Richards R. A., Holland J. B. Population extremes for assessing trait value and correlated response of genetically complex traits // Field Crops Research. 2017. Vol. 201. Pp. 122-132.
14. Response of different yield components as selection criteria for yield components in early generations of lentil (*Lens culinaris* L.) / Y. S. Reddy [et al.] // Legume Research. 2017. Vol. 40. I. 1. Pp. 160-164.

Информация об авторах

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1454-5784>, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), телефон 8(961)-068-52-07, ORCID: <https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

Authors Information

Tseplyaev Alexey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, ul. Timiryazeva, 9), tel. 8 (8442) 41-15-10, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1454-5784>, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (RF, 400002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, ul. Timiryazeva, 9), phone 8(961)-068-52-07, ORCID: <https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemenenko@list.ru

APPLICATION OF MICROWAVE RADIATION FOR SEED PRE-SOWING TREATMENT (REVIEW)

O. N. Bakhchevnikov, A. V. Braginets

*Agricultural Research Centre Donskoy
Zernograd, Rostov Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: oleg-b@list.ru

Received 22.05.2023

Submitted 14.07.2023

Abstract

Introduction. Exposure to microwave electromagnetic radiation is one of effective physical methods of seed pre-sowing treatment. The aim of the research – review and critical analysis of scientific publications, describing the microwave radiation application for seed pre-sowing treatment to determine the prospects of its use in agriculture. **Materials and methods.** The review of scientific literature on the stated topic for 2013-2023 was carried out. The study consisted of the following stages: scientific literature search, its evaluation and selection, data synthesis and analysis. **Results and conclusions.** It was found that although intensive treatment of seeds with microwave radiation causes stress, its application in low doses of power or for a short time causes the effect of stimulating germination. Microwave pretreatment improves seed germination, germination energy and seedling growth. The action of microwave radiation changes the chemical composition of seeds, activates the synthesis of enzymes, contributing to their better germination. The most promising direction of research is the experimental determination of such parameters of seed pre-sowing treatment with microwave radiation, which simultaneously provide both their disinfection and stimulation of germination and the subsequent resistance of agricultural plants to abiological stress.

Key words: seeds, pre-sowing treatment, microwave radiation, germination, stimulation of seed germination, disinfection, stress.

Citation. Bakhchevnikov O. N., Braginets A. V. Application of microwave radiation for seed pre-sowing treatment (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 509-526 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-51.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.547.1:631.53.027.3

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН (ОБЗОР)

О. Н. Бахчевников, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

А. В. Брагинец, кандидат технических наук, научный сотрудник

*ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»
г. Зерноград, Российская Федерация*

Актуальность. Одним из эффективных физических способов предпосевной обработки семян является воздействие микроволнового электромагнитного излучения. **Цель исследования** – обзор и критический анализ научных публикаций, посвященных применению микроволнового излучения для предпосевной обработки семян с целью определения перспектив его использования в сельском хозяйстве. **Материалы и методы.** Выполнен обзор научной литературы по заявленной теме за 2013-2023 гг. Выполнение исследования состояло из следующих этапов: поиск научной литературы, ее оценка и отбор, синтез данных и их анализ. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что, хотя интенсивная обработка семян микроволновым излучением вызывает стресс, его применение в малых дозах мощности или в течение короткого времени вызывает эффект стимулирования

прорастания. Предпосевная обработка микроволновым излучением улучшает всхожесть семян, энергию прорастания и рост проростков. Действие микроволнового излучения изменяет химический состав семян растений, активирует в них синтез ферментов, способствуя их лучшему прорастанию. **Выводы.** Наиболее перспективным направлением исследований предпосевной обработки семян микроволновым излучением является экспериментальное определение таких параметров, которые одновременно обеспечат как стимулирование их прорастания, так и обеззараживание, а возможно, и последующую устойчивость сельскохозяйственных растений к абиогенным стрессам.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, микроволновое излучение, всхожесть, стимулирование прорастания семян, обеззараживание семян.

Цитирование. Бахчевников О. Н., Брагинец А. В. Применение микроволнового излучения для предпосевной обработки семян (обзор). *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 509-526. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-51.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важной операцией в растениеводстве является предпосевная обработка семян с целью улучшения их всхожести, синхронизации прорастания, а также ускорения роста проростков [2, 13, 36].

Прорастание семян растений включает в себя ряд сложных физиологических и биохимических процессов, на которые влияют внешние факторы [55]. Известно, что некоторые способы нетепловой обработки, такие как ионизирующие и неионизирующие излучения, ультразвук и магнитное поле, могут быть использованы для стимулирования физиологических и биохимических изменений в семенах, улучшая их всхожесть и показатели роста [42]. Эти же способы обработки могут быть использованы и для обеззараживания семян, т.е. уничтожения патогенной микрофлоры [64].

Растения испытывают абиотические стрессы не только в фазе семян и ростков, но и в продолжение всего вегетативного цикла. В тоже время установлено, что зачатую растения, испытавшие воздействие малой дозы стресса (эустресс) в фазе семян, приобретают устойчивость, позволяющую им в процессе вегетации эффективно противостоять стрессу [56, 59]. Имеются данные, что предпосевная обработка семян физическими стрессорами формирует у растений устойчивость к абиотическим стрессам [42]. Однако явление повышения стрессоустойчивости растений в результате физического воздействия на их семена еще в достаточной мере не изучено.

Одним из изучаемых физических способов предпосевной обработки семян является воздействие на них микроволнового электромагнитного излучения (частота от 300 МГц до 300 ГГц) [58, 62]. Но уже имеющиеся результаты экспериментальных исследований этого процесса плохо систематизированы [21]. Почти неизученной областью знаний остается возникновение у растений толерантности к абиогенным стрессам после предпосевной обработки семян микроволновым излучением.

Все изложенное определило необходимость выполнения систематического обзора и критического анализа научных статей, посвященных предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур микроволновым излучением, включая СВЧ, для улучшения всхожести и повышения устойчивости к стрессам. В данном обзоре главное внимание уделено результатам действия микроволнового излучения на семена зерновых культур.

Цель исследования: Систематический обзор и критический анализ научных статей, посвященных применению микроволнового излучения для предпосевной обработки семян для определения перспектив его использования в сельском хозяйстве.

Материалы и методы. Работа над настоящим обзором включала следующие этапы: поиск научной литературы, ее отбор, синтез данных и их анализ.

Отбор и систематический обзор научной литературы по избранной теме был выполнен по методике, изложенной в статьях Н. Snyder и R. G. Toracco [48, 54].

Для выбора научных статей на русском и английском языках был выполнен поиск по ключевым словам, приведенным выше, и их сочетаниям в научных библиографических базах «Google Scholar», «eLIBRARY», «Wiley Online Library», MDPI, «Springer Link» и «ScienceDirect». В отобранных статьях были изучены пристатейные списки литературы для выявления дополнительных релевантных источников информации.

В качестве временных рамок для настоящего обзора научных статей был принят период 2013-2023 гг. Научные статьи, опубликованные ранее 2013 г., включены в настоящий обзор при отсутствии более новых публикаций по конкретному аспекту исследуемой темы.

Результаты и обсуждение. *Механизм действия микроволнового излучения на клетки растений.* Микроволновое излучение является частью спектра электромагнитного поля (частота от 300 МГц до 300 ГГц, длина волны от 1 м до 1 мм). Оно считается неионизирующим, т.е. его фотоны не содержат достаточно энергии для ионизации атомов и разрыва химических связей или повреждения ДНК живых организмов. Микроволны (МВ) поглощаются любыми материалами, такими как продукты питания, ткани животных и растений, содержащими воду, вызывая движение ионов внутри клетки, вращение диполя и искажение орбиты электронов, что приводит к быстрому и избирательному (диэлектрическому) нагреву материала [23], вызывая повышение температуры на поверхности и во внутренней части клетки [46, 62] (рис. 1).

Микроволновая энергия преобразуется в тепло в диэлектрическом материале путем воздействия на его полярные молекулы. Полярные молекулы начинают вращаться с частотой, пропорциональной частоте осциллирующего электромагнитного поля. Эти движения вызывают межмолекулярное трение и нагрев материала [52].

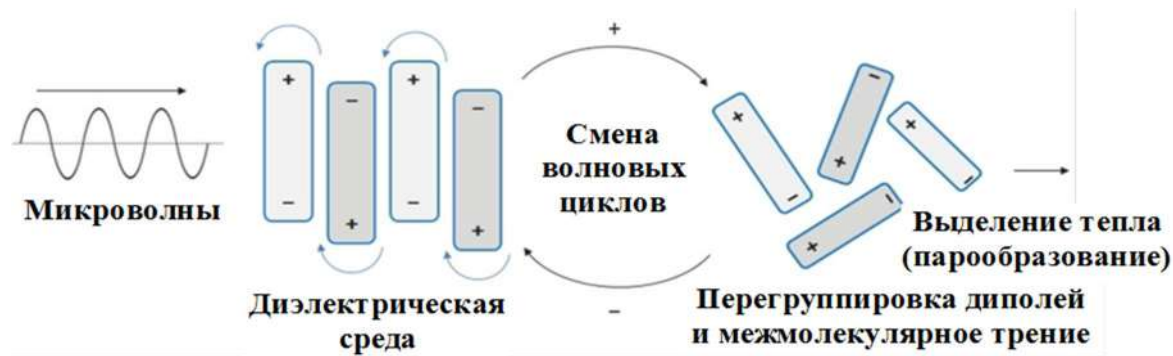


Рисунок 1 – Механизм действия микроволнового излучения на биологические объекты (Sirohi, 2021) [46]

Figure 1 – Mechanism of action of microwave radiation on biological objects (Sirohi, 2021) [46]

Поэтому микроволновое излучение может вызывать различные биологические эффекты в зависимости от напряженности поля, частоты, формы волны, модуляции и продолжительности воздействия [57]. Эти эффекты особенно интенсивно происходят при частоте излучения 2,45 ГГц, когда диэлектрический нагрев происходит в основном за счет поглощения энергии молекулами воды [31].

В настоящее время большинство ученых считает, что поглощенное электромагнитное излучение микроволнового спектра вызывает как тепловые, так и нетепловые эффекты в биологических системах [7, 9, 10].

При взаимодействии с тканями растений микроволновое излучение изменяет плотность электрического заряда на поверхности клеточных мембран и разность потенциалов по обе их стороны, по причине чего меняется активность ионных каналов, что способствует физиологическим изменениям в растениях [58]. В результате поглощения семенами растений энергии микроволн внутренняя температура быстро повышается, приводя к увеличению давления внутри клетки [62]. При достижении определенного значения давление внутри клетки разрывает клеточную стенку, что приводит к вытеканию ее жидких компонентов [29]. Разрушая структуру мембран растительных клеток, МВ-излучение увеличивает способность внутриклеточных растворимых веществ проникать в межклеточное пространство и в другие клетки растения.

Исследования S. B. Kouchebagh показали, что полярные молекулы в растительных клетках поглощают электромагнитную энергию, тем самым изменяя биологическую макромолекулярную структуру и влияя на физиологические и биохимические характеристики клеток [29].

A. Anand установил, что действие МВ-излучения может уменьшать диэлектрическую проницаемость и увеличивать электропроводность клеточных мембран растений [6].

D. X. Wang отмечает, что многие эффекты действия МВ-излучения на клетки растений могут быть обусловлены молекулярным резонансом [60]. Предполагается, что низкочастотное МВ-излучение поглощается на молекулярном уровне, особенно молекулами воды в растительных клетках, и затем проявляется через изменения в колебательной энергии молекул [15]. Резонансные частоты клеточной мембраны биологических объектов лежат в диапазоне миллиметровых волн, поэтому вызванные ими движения молекул инициируют резонанс при вибрации клеточной мембраны и могут оказывать положительное влияние на поглощение воды и другие биохимические процессы в клетках растений [5, 65]. Показано, что действие микроволнового СВЧ-излучения способствует движению молекул воды и тем самым усиливает ее потребление зародышем семени [62].

Таким образом, микроволновое излучение активирует различные физические и биохимические процессы в растительных клетках, что способствует нарушению состояния покоя семян и их прорастанию.

Микроволновое излучение, воздействуя на семена растений, вызывает различные эффекты (рисунок 2), рассмотренные ниже.

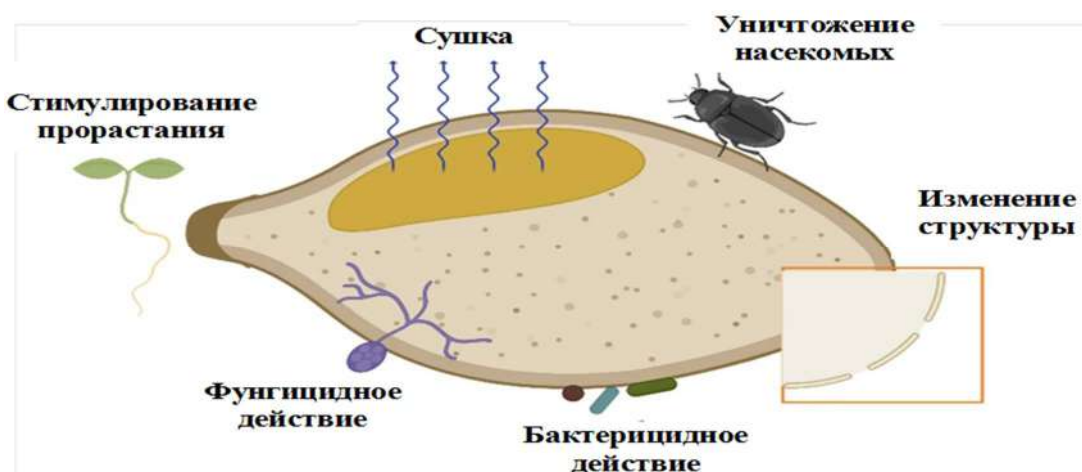


Рисунок 2 – Различные эффекты в результате обработки семян растений микроволновым излучением (S. Taheri, 2022) [52]

Figure 2 – Various effects as a result of treating seeds of plants by microwave radiation (S. Taheri, 2022) [52]

Влияние микроволнового излучения на прорастание семян растений. Большинство из опубликованных исследований описывает результаты воздействия на семена растений микроволнового излучения СВЧ-диапазона частотой 2,45 ГГц. Хотя действие излучения частотой 2,45 ГГц не всегда оказывает явное положительное влияние на прорастание семян, в большинстве экспериментов оно благоприятно влияло на рост проростков и накопление биомассы у различных видов растений [25, 53]. Было установлено, что для каждого вида растений имеется пороговый уровень значений параметров микроволнового излучения и продолжительности его действия, превышение которого вызывает ухудшение прорастания семян и жизнеспособности проростков [53].

Ниже приведены краткие результаты некоторых исследований по обработке семян микроволновым излучением частотой 2,45 ГГц. По данным А. Aladjadjian при обработке семян чечевицы (*Lens culinaris*) не наблюдалось изменений в скорости прорастания, а при длительной обработке наблюдалось негативное воздействие [5]. И. И. Шамгунов и А. В. Степура изучали эффективность облучения семян пшеницы (*Triticum aestivum* L.) излучением частотой 2,45 ГГц и установили, что в результате имел место значительный прирост биомассы их проростков [3]. А. А. Гаврилова сообщила о повышении энергии прорастания семян ячменя (*Hordeum vulgare* L.) после действия излучения частотой 2,45 ГГц на 14,1-35,1 % [1].

D. Talei установил, что воздействие микроволнового излучения привело к увеличению длины корня, длины побега и всхожести семян риса (*Oriza sativa* L.) до 100% при обработке на частоте 2450 МГц в течение 10 ч [53]. H.F. Maswada установил, что обработка семян пшеницы излучением частотой 2,45 МГц и мощностью 700 Вт улучшила поглощение ими воды [33]. В то же время в опытах M. V. Reddy было продемонстрировано снижение жизнеспособности обработанных излучением частотой 2,45 ГГц семян пшеницы [40]. S. K. Lazim сравнивал результаты обработки семян ячменя излучением 2,45 ГГц различной продолжительности и установил, что наилучшая всхожесть наблюдалась после обработки в течение 10 с [30]. С. Iuliana также сообщает о эффективности обработки семян ячменя в течение 20 с при мощности 400 Вт [23].

T. Jakubowski сообщил об увеличении всхожести и энергии прорастания семян фасоли (*Phaseolus vulgaris* L.) после 10 с воздействия микроволн частотой 2,45 ГГц и мощностью 100 Вт [26]. Однако 60 с такого воздействия оказали негативное влияние на массу проростков.

Интересное исследование провел А. М. Abu-Elsaoud. Он сравнивал результаты воздействия СВЧ-излучения частотой 2,45 ГГц на семена различных сортов пшеницы, культивируемых в Египте, и установил, что существуют статистически значимые различия в их реакции на обработку [4]. Таким образом, при определении параметров предпосевной обработки семян необходимо учитывать не только видовые, но и сортовые различия.

В результате предпосевной обработки семян микроволновым излучением с другими значениями частоты также наблюдались как положительные, так и отрицательные эффекты.

I. Gaurilcikiene сообщает, что обработка семян пшеницы микроволновым излучением повысила урожайность зерна, а именно диапазоны 2,6 ГГц в течение 20 минут, 5,7 ГГц в течение 10 минут и 9,3 ГГц в течение 5 и 10 минут вызывали увеличение количества зерен и массы зерна в колосе [17].

V. V. Bezpal'ko обрабатывал семена ячменя и пшеницы излучением частотой в диапазоне 2,4-3,4 ГГц при потребляемой мощности 0,9 кВт на 1 кг семян и при экспозиции 15-20 с. и установил, что эта обработка вызывает повышение энергии прорастания, всхожести семян и урожайности [11].

Е. Iwuala выполнил эксперимент по облучению семян абельмоша (*Abelmoschus esculentus* L.) микроволновым излучением частотой 9,3 ГГц продолжительностью от 10 мин до 14 ч [24]. Эксперимент выявил стимулирующее воздействие микроволн на параметры прорастания. Однако облучение в течение более чем 10 ч привело к снижению параметров прорастания и роста семян.

Можно сделать вывод, что действие микроволнового излучения на прорастание семян зависит от вида растений, частоты и энергии микроволн, продолжительности воздействия. Положительное влияние микроволнового излучения на семена можно объяснить повышением внутри них температуры и усилением движения воды, что ускоряет прорастание [53]. С другой стороны, ингибирующее воздействие на прорастание семян объясняется поглощением ими энергии в результате более высокой мощности и более длительного времени воздействия, что снижает функции клеток и жизнеспособность семян [41].

Влияние микроволнового излучения на химический состав семян растений. Как показали результаты экспериментальных исследований, обработка микроволновым излучением изменяет химический состав семян растений.

Е. А. М. Namada установил, что в результате обработки микроволнами (длина волны 2,85 см, частота 10,525 ГГц в течение 15 мин) в семенах зерновых культур происходит расщепление сахаров [20]. Он предположил, что это мобилизует питательные вещества для развития зародыша, способствуя прорастанию семян. В результате такой обработки увеличивается содержание белков и аминокислот в непроросших семенах пшеницы. Действие микроволн стимулирует синтез пролина, но снижает содержание сахаров, нуклеиновых кислот и фенольных соединений.

По данным Z.B. Qiu, под действием излучения (Qiu, 2013) в семенах пшеницы увеличилось содержание перекиси водорода, аскорбиновой кислоты, глутатиона, каротиноидов и хлорофилла [37].

S.M. Wang сообщает, что обработка МВ-излучением (мощность 600 Вт, продолжительность 30 с) повысила содержание флавоноидов, редуцирующих сахаров и растворимых белков в семенах татарской гречихи (*Fagopyrum tataricum* L.) [61]. А после обработки микроволнами (мощность 800 Вт в течение 10 с) содержание свободных аминокислот в ее ростках через 5 дней достигло 11 мг/г.

По данным Е. Iwuala, действие микроволнового излучения частотой 9,3 ГГц на семена абельмоша в течение 8-10 ч оказало стимулирующее воздействие на накопление флавоноидов, каротиноидов, хлорофиллов, полифенолов, β -каротина, лютеина и белков [23].

Таким образом, обработка микроволновым излучением может изменять химический состав семян растений, способствуя их лучшему прорастанию.

Влияние микроволнового излучения на ферментную активность семян растений. Исследования действия микроволнового излучения на семена показали, что оно стимулирует активность ферментов, способствуя накоплению активных веществ в семенах зерновых культур и их прорастанию [17, 63].

Результаты опытов Z.B. Qiu показали, что микроволновое излучение может повысить активность в клетках семян антиоксидантных ферментов, включая пероксидазу, аскорбатпероксидазу и глутатионпероксидазу [38].

В экспериментах Y.P. Chen была показана связь воздействия излучения и повышения активности α -амилазы в семенах пшеницы [14]. Он установил, что их обработка в течение 5-25 с может увеличить активность α -амилазы, причем самая высокая активность (до 0,88 мг/г·мин⁻¹) была зарегистрирована после обработки в течение 10 с.

По данным X.N. Wu, обработка семян овса (*Avena sativa* L.) МВ-излучением низкой мощности способствует повышению активности нитратредуктазы и глутаминсинтетазы в листьях ростков и ингибирует активность протеолитических ферментов и рибонуклеазы [63].

По данным E. Iwuola, действие микроволнового излучения частотой 9,3 ГГц на семена абельмоша привело к увеличению концентрации фермента β -1,3-глюканазы, что усилило рост корня [23].

Таким образом, обработка микроволновым излучением может эффективно активировать различные ферменты в семенах, способствуя их прорастанию и лучшему росту проростков.

Негативное стрессовое воздействие микроволнового излучения на семена растений. Несмотря на то, что микроволновое излучение не является ионизирующим, его действие на семена растений может быть негативным, так как инициированные им тепловые эффекты приводят к денатурации белков, разрушению ферментов и нуклеиновых кислот [45]. Сообщается, что обработка микроволнами оказывает неблагоприятное воздействие на прорастание семян и может привести к снижению их качества [16, 51]. По мнению S. Taheri, негативный эффект действия микроволн частично обусловлен неравномерным нагревом из-за разницы температур холодных и горячих участков семян [51]. Поскольку микроволны работают на основе диэлектрического эффекта (рисунок 1), они нагревают только участки, содержащие диэлектрические жидкости (воду), вызывая образование горячих точек, что и приводит к неравномерному нагреву (рисунок 3).

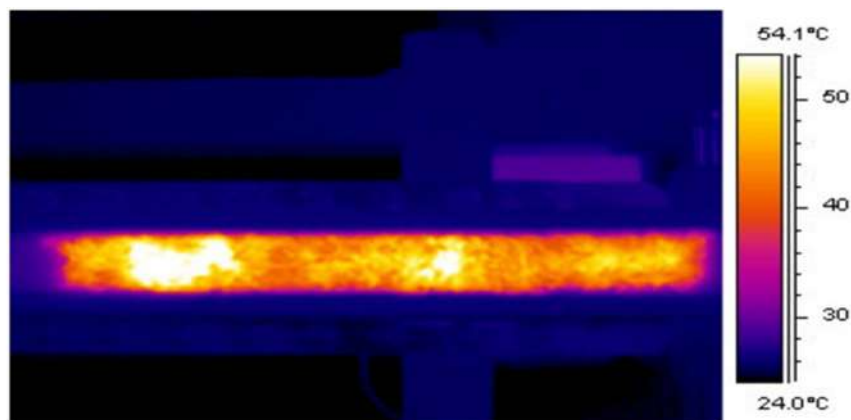


Рисунок 3 – Типичная термограмма семян пшеницы после обработки микроволновым излучением (A. Manickavasagan, 2007) [32]

Figure 3 – Typical thermogram of wheat seeds after treatment microwave radiation (A. Manickavasagan, 2007) [32]

Исправить этот недостаток возможно путем оптимизации равномерности излучения [52] и перемешивания семян [66]. В тоже время S. Gunasekaran и H. Yang пришли к выводу о том, что импульсный микроволновый нагрев привел к более равномерному распределению температуры в образцах семян, чем непрерывный нагрев [18].

Поэтому предварительно необходимо определять безопасные значения параметров излучения и продолжительности обработки семян.

Y.P. Chen исследовал действие излучения мощностью 80-100 кВт и частотой 2,6, 5,7 и 9,3 ГГц в течение 5, 10 и 20 мин на семена пшеницы [14]. Им было установлено, что действие такого излучения не оказало существенного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян. Но в тоже время количество аномально проросших семян

увеличилось, а индекс всхожести (mean germination index – GI) и индекс прорастания (visibly sprouted seeds – VI) снизились. При этом негативное влияние излучения на семена увеличивалось с повышением их влажности.

В результате экспериментов D.X. Wang установил, что обработка семян пшеницы излучением мощностью 800 Вт в течение 20 и 25 с значительно снизила скорость прорастания и жизнеспособность семян [60]. D.X. Wang также определил, что степень воздействия излучения зависит от влажности семян. Они сделали вывод, что более высокая мощность излучения и более длительное время обработки приводят к более высокой энергии поглощения молекул, что может нарушить функции и физиологический баланс клеток семян злаков.

Ингибирующий эффект излучения частотой 10,5 и 12,5 ГГц на скорость прорастания у семян редиса (*Raphanus sativus*) был зафиксирован в опытах A. Scialabba и C. Tamburello [44]. H. Sahin сообщает, что воздействие излучения мощностью 2,8 кВт подавляло прорастание семян сорняков до 100% из-за значительного теплового эффекта [43]. A. Radzevicius установил, что в результате воздействия микроволнового излучения частотой 9,3 ГГц семена редиса и моркови (*Daucus sativus*) прорастали более медленно, у них уменьшилась энергия прорастания [39].

Частота микроволнового излучения, судя по всему, не является определяющей для эффективности обработки, так как имеются данные о негативном влиянии на семена как низкочастотного, так и высокочастотного излучения. О негативном влиянии низкочастотного излучения свидетельствует снижение скорости поглощения воды у семян бобов мунг (*Vigna radiata*) [22], снижение всхожести у подорожника (*Plantago media* L.) [47] и снижение гидратации у озимой пшеницы [49]. Негативное влияние высокочастотного излучения демонстрируют факты уменьшения поглощения воды семенами моркови и редиса (частота 10,5 и 12,5 ГГц) [39] и значительное снижение жизнеспособности семян огурца многоплодного (*Cucumis tyriocarpus*) при частоте 2,5 ГГц [12].

Содержание влаги является очень важным фактором, который необходимо учитывать при микроволновой обработке семян. Сообщается, что при увеличении содержания влаги в зернах пшеницы и сорго негативное воздействие микроволновой обработки на всхожесть и энергичность может усилиться [8, 17]. Поэтому предпосевную обработку семян для повышения всхожести предпочтительнее проводить при низкой влажности.

Таким образом, обработка семян растений микроволновым излучением, мощность и время действия которого превышают пороговые значения, а также обработка влажных семян приводят к снижению их всхожести и жизнеспособности, что необходимо учитывать при предпосевной обработке.

Обеззараживание семян микроволновым излучением. Как было показано выше, воздействие микроволнового излучения приводит к разрушению органических веществ в составе клеток живых организмов [45]. Это свойство микроволнового излучения используется для уничтожения патогенных грибов и бактерий, поражающих семена.

Предполагается, что механизм ингибирующего действия МВ-излучения на микроорганизмы основан на нагреве внутриклеточной среды, что приводит к денатурации белков, ферментов и нуклеиновых кислот [45]. Это может привести к повреждению семян и снижению их всхожести. Но сообщается, что при оптимизированных параметрах обработки рост микроорганизмов на семенах зерновых культур может быть полностью подавлен без ущерба для качества их прорастания [21]. Эта задача может быть облегчена тем, что диэлектрические свойства клеток растений и микроорганизмов различны (Yadav, 2014) [64].

М. Schmidt установил, что обработка семян зерновых культур с помощью МВ-излучения (продолжительность 120 с, частота 2450 МГц, 1,25 кВт) может эффективно подавлять рост и прорастание спор грибов *Aspergillus spp.*, продуцирующих афлатоксин [45]. Но при этом происходит значительное снижение всхожести семян, поэтому М. Schmidt сделал вывод, что этот вид предпосевной обработки плохо подходит для зерновых культур.

Однако другие ученые сообщают о хороших результатах обработки семян микроволновым излучением, сочетающих эффективное обеззараживание с хорошей всхожестью, что можно объяснить правильно подобранными параметрами излучения.

В частности, установлено, что маломощное МВ-излучение 160-640 Вт частотой 2,6, 5,7 и 9,3 ГГц в течение 10 и 20 мин приводит к гибели патогенных микроорганизмов, поражающих семена пшеницы [17].

По данным М.В. Reddy зараженность семян пшеницы грибом *Fusarium graminearum* после облучения снизилась с 36 до 7%, но при этом всхожесть семян не уменьшилась ниже 85% [40].

О.Г. Кнох сообщает, что в результате обработки семян пшеницы излучением (частота 2450 МГц, мощность 800 Вт, время 15, 30 и 45 с) значительно снизилось содержание грибов *Fusarium spp.* и *Microdochium nivale* [28].

Установлено, что увеличение мощности микроволн и температуры обработки, а также ее продолжительности может повысить эффективность обеззараживания [19]. Также важную роль в эффективности обеззараживания играет доза микроволнового излучения, по достижении определенного уровня которой инактивируются все микроорганизмы [64].

Содержание влаги в семенах играет важную роль при обеззараживании с помощью микроволн [46]. Увеличение содержания влаги во внешнем слое зерна по сравнению с внутренним приводит к интенсивному нагреву, что усиливает эффективность дезинфекции [64].

Содержание влаги играет большую роль в выживании патогенных грибов в семенах зерновых культур, а также в их восприимчивости к действию излучения – обработка излучением при более высокой влажности более эффективна [27]. Но следует учитывать, что более высокая влажность делает семена более уязвимыми для негативного действия микроволнового излучения [52].

Анализ результатов исследований показывает, что более высокая мощность излучения, большее время воздействия и более высокое содержание влаги приводят к повышению температуры, что увеличивает гибель бактерий и грибов, но может негативно влиять на всхожесть семян [50, 52]. Каждый вид микроорганизмов может быть уничтожен при определенной температуре и влажности. Эта температура может быть достигнута путем поглощения определенного количества микроволновой энергии, что соответствует определенной мощности микроволн и продолжительности воздействия.

Таким образом, обработка микроволновым излучением является эффективным средством обеззараживания семян перед посевом, но его применение для этих целей осложнено тем, что интенсивное действие излучения приводит к нагреву растительных тканей и их повреждению, что снижает всхожесть. Поэтому необходимо подбирать такие параметры обработки излучением, которые нарушают жизнеспособность патогенных микроорганизмов, не повреждая клетки семян растений.

Повышение устойчивости растений к стрессам под действием обработки семян микроволновым излучением. Неионизирующее микроволновое излучение является экологическим фактором, способным вызывать специфические реакции у растений, ко-

торые во многом схожи с теми, что наблюдаются после стрессового воздействия [10, 21]. Имеется небольшое количество научных статей, в которых сообщается о повышении устойчивости растений к абиотическим стрессам после обработки их семян микроволновым излучением.

Данные исследований Z.B. Qiu показывают, что действие МВ-излучения может улучшить метаболизм растений в условиях кадмиевого стресса, повышая устойчивость к кадмию у проростков пшеницы и увеличивая антиоксидантную активность в ее семенах [38].

Y. P. Chen установил, что облучение микроволнами повышает способность проростков пшеницы поглощать свободные радикалы, образовавшиеся под действием солевого осмотического стресса, тем самым повышая устойчивость к нему [14].

A. Vian установил, что низкоамплитудное короткодействующее излучение частотой 900 МГц вызывает накопление в клетках растений томата (*Lycopersicon esculentum*) мРНК, кодирующей связанный со стрессом транскрипционный фактор bZIP [57]. Быстрота и амплитуда реакции растения были сравнимы с теми, которые наблюдаются после сильной внешней стимуляции, такой как действие огня. Он сделал вывод, что высокочастотное низкоамплитудное МВ-излучение вызывает усиленную экспрессию по крайней мере одного гена, связанного с устойчивостью к стрессам.

Предполагается, что антистрессовый эффект обработки семян микроволновым излучением основан на трех механизмах [62]. Во-первых, обработка усиливает активность ферментов каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза, которые считаются ключевыми в противодействии абиотическим стрессам. Во-вторых, повышается концентрация глутатиона и аскорбиновой кислоты, которые могут устранять свободные радикалы и уменьшать окислительный стресс. В-третьих, МВ-излучение увеличивает концентрацию оксида азота (NO), который может реагировать со свободными радикалами, уменьшая их разрушительное действие.

Заключение. Анализ результатов исследований показывает, что хотя интенсивная обработка семян растений микроволновым излучением вызывает стресс, обработка им в низких дозах мощности или в течение короткого времени вызывает эффект прайминга (стимулирования). Это соответствует предусмотренной теорией гормезиса двухфазной реакции на внешний фактор, характеризующейся стимулирующим эффектом при малых дозах, но ингибирующим при больших дозах того же агента [34]. Таким образом, использование горметических эффектов действия микроволнового излучения для стимулирования прорастания семян сельскохозяйственных культур, появления всходов и укоренения растений является перспективным подходом.

Установлено, что предпосевная обработка микроволновым излучением улучшает всхожесть семян, энергию прорастания и рост проростков. Действие излучения изменяет химический состав семян растений, активизирует в них синтез ферментов, способствуя их лучшему прорастанию.

Для разработки процесса предпосевной обработки микроволновым излучением с целью повышения всхожести семян необходимо учитывать поглощаемую ими мощность, конечную температуру, а также содержание влаги. Для каждого вида семян, в зависимости от размера и свойств их семенной оболочки, существует определенный уровень микроволновой мощности и конечной температуры, способный нарушить состояние покоя и повысить жизнеспособность. Но после достижения определенного порога излучения на зародыш семени будет оказываться негативное воздействие, что приведет к потере его жизнеспособности и повреждению.

Две основные проблемы, связанные с микроволновой обработкой семян – это неравномерный нагрев и негативное воздействие на всхожесть. Неравномерность нагрева может быть устранена путем псевдоожижения слоя семян с помощью горячего воздуха или механического перемешивания. Контроль температуры поверхности семян путем непрерывного изменения мощности микроволн во время обработки также является способом предотвращения перегрева и негативных последствий.

Улучшая равномерность нагрева и контролируя температуру поверхности, можно контролировать температуру горячей точки, чтобы она не повышалась выше допустимого предела, что предотвратит негативное влияние на качественные характеристики семян.

Другим важным фактом при использовании микроволновой обработки семян является оптимизация параметров процесса для достижения наибольшей энергоэффективности. Эти параметры включают мощность излучения, продолжительность обработки и содержание влаги в семенах.

Наиболее перспективным направлением исследований является экспериментальное определение таких параметров предпосевной обработки семян микроволновым излучением, которые одновременно обеспечат как стимулирование их прорастания, так и обеззараживание, а возможно, в последующем и устойчивость сельскохозяйственных растений к абиогенным стрессам.

Conclusions. Analysis of research results shows that although intensive treatment of plant seeds with microwave radiation causes stress, treatment with low power doses or for a short time causes a priming (stimulation) effect. This corresponds to the two-phase response to an external factor envisaged by the theory of hormesis, characterized by a stimulating effect at low doses, but an inhibitory effect at large doses of the same agent [34]. Thus, the use of hormetic effects of microwave radiation to stimulate the germination of crop seeds, emergence and rooting of plants is a promising approach.

It has been established that pre-sowing treatment with microwave radiation improves seed germination, germination energy and seedling growth. The effect of radiation changes the chemical composition of plant seeds, activates the synthesis of enzymes in them, promoting their better germination.

To develop a process for pre-sowing treatment with microwave radiation in order to increase seed germination, it is necessary to take into account the power they absorb, the final temperature, and the moisture content. For each type of seed, depending on the size and properties of its seed coat, there is a certain level of microwave power and final temperature that can break dormancy and increase viability. But after reaching a certain radiation threshold, the seed embryo will be negatively affected, which will lead to loss of viability and damage.

The two main problems associated with microwave seed treatment are uneven heating and negative effects on germination. Uneven heating can be eliminated by fluidizing the seed layer using hot air or mechanical agitation. Controlling seed surface temperature by continuously varying the microwave power during processing is also a way to prevent overheating and negative effects.

By improving heating uniformity and controlling surface temperature, the hot spot temperature can be controlled so that it does not rise above the acceptable limit, which will prevent negative impact on the quality characteristics of the seeds.

Another important fact when using microwave seed treatment is the optimization of process parameters to achieve the greatest energy efficiency. These parameters include irradiation power, treatment duration and seed moisture content.

The most promising direction of research is the experimental determination of such parameters of pre-sowing treatment of seeds with microwave radiation, which will simultaneously provide both stimulation of their germination and disinfection, and possibly subsequently the resistance of agricultural plants to abiotic stress.

Библиографический список

1. Гаврилова А. А., Филатов Д. А., Казаков А. В. Влияние СВЧ облучения на прорастание семян ячменя // Сельский механизатор. 2020. № 4. С. 18-19.
2. Моисеева К. В., Сафонова Л. А. Эффективность предпосевного обеззараживания семян яровой пшеницы // Агропродовольственная политика России. 2017. № 9. С. 56-59.
3. Шамгунов И. И., Степура А. В. Исследование влияния предпосевного СВЧ воздействия на морфологические показатели прорастающих семян яровой пшеницы // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. С. 85-91.

4. Abu-Elsaoud A. M. Effect of microwave electromagnetic radio frequency on germination and seedling growth consequences of six wheat *Triticum aestivum* L. cultivars // Advances in Environmental Biology. 2015. Vol. 9. No 24. Pp. 270-280.
5. Aladjadjiyan A. Influence of microwave irradiation on some vitality indices and electroconductivity of ornamental perennial crops // Journal of Central European Agriculture. 2002. Vol. 3. No 4. Pp. 271-276.
6. Anand A., Nagarajan S., Joshi D. K., Verma A. P. S., Kar A. Microwave seed treatment reduces hardseededness in *Stylosanthes seabra* and promotes redistribution of cellular water as studied by NMR relaxation measurements // Seed Science and Technology. 2009. Vol. 37. Pp. 88-97.
7. Araujo S. D. S., Paparella S., Dondi D. Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 646.
8. Atmaca S., Akdag Z., Dasdag S., Celik S. Effect of microwaves on survival of some bacterial strains // Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica. 1995. Vol. 43. No 4. Pp. 371-378.
9. Banik S. Bandyopadhyay S., Ganguly S. Bioeffects of microwave – a brief review // Biore-source Technology. 2003. Vol. 87. No 2. Pp. 155-159.
10. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: Plant responses and underlying physiological mechanisms // Plant Cell Reports. 2022. Vol. 41. No 1. Pp. 53-73.
11. Bezpalko V. V., Zhukova L. V., Stankevych S. V. Ecologically safe methods for presowing treatment of cereal seeds // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. No 3. Pp. 189-197.
12. Brodie G., Ryan C., Lancaster C. The effect of microwave radiation on prickly paddy melon (*Cucumis myriocarpus*) // International Journal of Agronomy. 2012. Vol. 10. P. 287608.
13. Carrera-Castano G., Calleja-Cabrera J., Pernas M. An updated overview on the regulation of seed germination // Plants. 2020. Vol. 9. No 6. P. 703.
14. Chen Y. P., Jia J. F., Han X. L. Weak microwave can alleviate water deficit induced by osmotic stress in wheat seedlings // Planta. 2009. Vol. 229. Pp. 291-298.
15. Cretescu I., Caprita R. Response of barley seedlings to microwaves at 2.45 GHz // Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies. 2013. Vol. 46. No 1. Pp. 185-191.
16. Dalmoro A. On the relevance of thermophysical characterization in the microwave treatment of legumes // Food & Function. 2018. Vol. 9. No 3. Pp. 1816-1828.
17. Gaurilcikiene I. The effect of strong microwave electric field radiation on: (2) wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and sanitation // Zemdirbyste-Agriculture. 2013. Vol. 100. Pp. 185-190.
18. Gunasekaran S., Yang H. Effect of experimental parameters on temperature distribution during continuous and pulsed microwave heating // Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 78. Pp. 1452-1456.
19. Guo Q. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 67. Pp. 236-247.
20. Hamada E. A. M. Effects of microwave treatment on growth, photosynthetic pigments and some metabolites of wheat // Biologia Plantarum. 2007. Vol. 51. Pp. 343-345.
21. Haque N., Agrawal A., Pati A. K. A Mini Review on effects of Microwave on Seed Germination // Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2023. Vol. 15. No 1. Pp. 82-86.
22. Huang H.-H., Wang S.-R. The effects of inverter magnetic fields on early seed germination of mung beans // Bioelectromagnetics. 2008. Vol. 29. Pp. 649-657.
23. Iuliana C. Response of barley seedlings to microwaves at 2.45 GHz // Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies. 2013. Vol. 46. No 1. Pp. 185-191.
24. Impact of controlled microwave radiation in enhancing the productivity of *Abelmoschus esculentus* seedlings (L.) Moench / E. Iwuala [et al.] // Journal of Plant Interactions. 2021. Vol. 16. No 1. Pp. 179-186.
25. Jakubowski T. The impact of microwave radiation at different frequencies on the weight of seed potato germs and crop of potato tubers // Agricultural Engineering. 2010. Vol. 6. No 124. Pp. 57-64.

26. Jakubowski T. Evaluation of the impact of pre-sowing microwave stimulation of bean seeds on the germination process // *Agricultural Engineering*. 2015. Vol. 19. No 2. Pp. 45-56.
27. Jiao S., Zhong Y., Deng Y. Hot air-assisted radio frequency heating effects on wheat and corn seeds: quality change and fungi inhibition // *Journal of Stored Products Research*. 2016. Vol. 69. Pp. 265-271.
28. Knox O. G., McHugh M., Fountaine J. M., Havis N. D. Effects of microwaves on fungal pathogens of wheat seed // *Crop Protection*. 2013. Vol. 50. Pp. 12-16.
29. Kouchebagh S. B., Rasouli P., Babaiy A. H., Reza A. Seed germination of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) as affected by physical priming techniques // *International Journal of Biosciences*. 2015. Vol. 6. Pp. 49-54.
30. Lazim S. K., Ramadhan M. N. Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: Analysis study // *Basrah Journal of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 33. No 2. Pp. 28-41.
31. Lew A., Krutzik P. O., Hart M. E., Chamberlin A. R. Increasing rates of reaction: microwave-assisted organic synthesis for combinatorial chemistry // *Journal of Combinatorial Chemistry*. 2002. Vol. 4. No 2. Pp. 95-105.
32. Manickavasagan A., Jayas D. S., White N. D. G. Germination of wheat grains from uneven microwave heating in an industrial microwave dryer // *Canadian Biosystems Engineering*. 2007. Vol. 49. P. 3.
33. Maswada H. F., Sunoj V. S. J., Prasad P. V. V. A comparative study on the effect of seed pre-sowing treatments with microwave radiation and salicylic acid in alleviating the drought-induced damage in wheat // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. Vol. 40. Pp. 48-66.
34. Mattson M. P. Hormesis defined // *Ageing Research Reviews*. 2008. Vol. 7. No 1. P. 1-7.
35. Nalwa C., Seth M. Physiology of Seed Dormancy and Germination - A Review // *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021. Vol. 33. No 58A. Pp. 557-562.
36. Paparella S., Araújo S. S., Rossi G. Seed priming: state of the art and new perspectives // *Plant Cell Reports*. 2015. Vol. 34. Pp. 1281-1293.
37. Qiu Z. B., Guo J. L. Nitric oxide acts as a signal molecule in microwave pretreatment induced cadmium tolerance in wheat seedlings // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35. P. 65-73.
38. Qiu Z. B., Zhang M. M., Guo J. L., Lei M. Y. Role of nitric oxide in improving cadmium tolerance of microwave-pretreated wheat seedlings // *Chinese Journal of Ecology (Sheng Tai Xue Za Zhi)*. 2013. Vol. 32. Pp. 1794-1799.
39. Radzevičius A. The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate // *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013. Vol. 100. Pp. 179-184.
40. Reddy M. V. B., Raghavan G. S. V., Kushalappa A. C., Paulitz T. C. Effect of microwave treatment on quality of wheat seeds with *Fusarium graminearum* // *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998. Vol. 71. No 2. Pp. 113-117.
41. Rifna E. J., Ramanan K. R., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 86. Pp. 95-108.
42. Romero-Galindo R. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants: a review // *International Agrophysics*. 2022. Vol. 35. No. 4. Pp. 389-410.
43. Sahin H. Effects of microwaves on the germination of weed seeds // *Journal of Biosystems Engineering*. 2014. Vol. 39. Pp. 304-309.
44. Scialabba A., Tamburello C. Microwave effects on germination and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings // *Acta Botanica Gallica*. 2002. Vol. 149. No 2. Pp. 113-123.
45. Schmidt M., Zannini E., Arendt E. Recent advances in physical post-harvest treatments for shelf-life extension of cereal crops // *Foods*. 2018. Vol. 7. P. 45.
46. Sirohi R., Tarafdar A. Technologies for disinfection of food grains: Advances and way forward // *Food Research International*. 2021. Vol. 145. P. 110396.
47. Shashurin M. M. Physiological responses of Plantago media to electromagnetic field of power-line frequency (50 Hz) // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 61. No 4. P. 484-488.

48. Snyder H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines // Journal of Business Research. 2019. Vol. 104. Pp. 333-339.
49. Sukiasyan A., Mikaelyan Y., Ayrapetyan S. Comparative study of non-ionizing and ionizing radiation effect on hydration of winter wheat seeds in metabolic active and inactive states // The Environmentalist. 2012. Vol. 32. No 2. Pp. 188-192.
50. Taheri S., Brodie G., Jacob M. V., Antunes E. Dielectric properties of chickpea, red and green lentil in the microwave frequency range as a function of temperature and moisture content // Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. 2018. Vol. 52. No 3. Pp. 198-214.
51. Taheri S., Brodie G., Gupta D. Fluidisation of lentil seeds during microwave drying and disinfection could prevent detrimental impacts on their chemical and biochemical characteristics // LWT-Food Science and Technology. 2020. Vol. 129. P. 109534.
52. Taheri S., Brodie G.I., Gupta D. Microwave Heating for Grain Treatment // Agritech: Innovative Agriculture Using Microwaves and Plasmas. 2022. Springer, Singapore. Pp. 165-197.
53. Talei D., Valdiani A., Maziah M., Mohsenkhah M. Germination response of MR 219 rice variety to different exposure times and periods of 2450 MHz microwave frequency // The Scientific World Journal. 2013. P. 408026.
54. Torracio R. J. Writing integrative reviews of the literature: Methods and purposes // International Journal of Adult Vocational Education and Technology (IJAVET). 2016. Vol. 7. No 3. Pp. 62-70.
55. Tuan P. A., Kumar R., Rehal P. K., Toora P. K., Ayele B. T. Molecular mechanisms underlying abscisic acid/gibberellin balance in the control of seed dormancy and germination in cereals // Frontiers in Plant Science. 2018. Vol. 9. Pp. 668-681.
56. Vázquez-Hernández M. C., Parola-Contreras I., Montoya-Gómez L. M. Eustressors: Chemical and physical stress factors used to enhance vegetables production // Scientia Horticulturae. 2019. Vol. 250. Pp. 223-229.
57. Vian A., Roux D., Girard S. Microwave irradiation affects gene expression in plants // Plant Signaling & Behavior. 2006. Vol. 1. No 2. Pp. 67-70.
58. Vian A., Davies E., Gendraud M., Bonnet P. Plant responses to high frequency electromagnetic fields // BioMed research international. 2016. Pp. 1-13.
59. Villagómez-Aranda A. L. Activating stress memory: Eustressors as potential tools for plant breeding // Plant Cell Reports. 2022. Vol. 41. No. 7. Pp. 1481-1498.
60. Wang D. X., Liu Y. Lethal effects of microwave treatment on *Sitophilus oryzae* Linnaeus and germination rate of wheat // Journal of Nuclear Agricultural Sciences. 2011. Vol. 25. No 1. Pp. 105-109.
61. Wang S. M., Wang J. F., Guo Y. B. Microwave irradiation enhances the germination rate of tartary buckwheat and content of some compounds in its sprouts // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2018. Vol. 68. Pp. 195-205.
62. Wang J., Ma H., Wang S. Application of ultrasound, microwaves, and magnetic fields techniques in the germination of cereals // Food Science and Technology Research. 2019. Vol. 25. No 4. Pp. 489-497.
63. Wu X. H., Luo G. Q., Feng J. M. Effects of microwave treatment on the nitrogen metabolism of oat seedlings under Na₂CO₃ stress // J. Microwaves (Wei Bo Xue Bao). 2017. Vol. 33. P. 91-96.
64. Yadav D. N., Anand T., Sharma M., Gupta R. K. Microwave technology for disinfestation of cereals and pulses: An overview // Journal of Food Science and Technology. 2014. Vol. 51. Pp. 3568-3576.
65. Yanenko A. F., Matsibura A. P., Peregodov S. N., Uniyaka T. L. Impact of microwave radiation on vegetable biological objects // 14th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology. Sevastopol, 2004. Pp. 721-722.
66. Ye J., Hong T., Wu Y. Model stirrer based on a multi-material turntable for microwave processing materials // Materials. 2017. Vol. 10. No 2. P. 95.

References

1. Gavrilova A. A., Filatov D. A., Kazakov A. V. The effect of microwave exposure on the germination of barley seeds//Rural machine operator. 2020. № 4. Pp. 18-19.

2. Moiseeva K.V., Safonova L.A. Effectiveness of pre-sowing disinfection of spring wheat seeds//Agri-food policy of Russia. 2017. № 9. Pp. 56-59.
3. Shamgunov I.I., Stepura A.V. Study of the effect of pre-sowing microwave exposure on morphological indicators of germinating seeds of spring wheat//Engineering Bulletin of the Don. 2017. № 2. Pp 85-91.
4. Abu-Elsaoud A. M. Effect of microwave electromagnetic radio frequency on germination and seedling growth consequences of six wheat *Triticum aestivum* L. cul-tivars // Advances in Environmental Biology. 2015. Vol. 9. No 24. Pp. 270-280.
5. Aladjadjyan A. Influence of microwave irradiation on some vitality indices and electro-conductivity of ornamental perennial crops // Journal of Central European Ag-riculture. 2002. Vol. 3. No 4. Pp. 271-276.
6. Anand A., Nagarajan S., Joshi D. K., Verma A. P. S., Kar A. Microwave seed treatment reduces hardseededness in *Stylosanthes seabrana* and promotes redistribu-tion of cellular water as studied by NMR relaxation measurements // Seed Science and Technology. 2009. Vol. 37. Pp. 88-97.
7. Araujo S. D. S., Paparella S., Dondi D. Physical methods for seed invigora-tion: ad-vantages and challenges in seed technology // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 646.
8. Atmaca S., Akdag Z., Dasdag S., Celik S. Effect of microwaves on survival of some bacte-rial strains // Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica. 1995. Vol. 43. No 4. Pp. 371-378.
9. Banik S. Bandyopadhyay S., Ganguly S. Bioeffects of microwave – a brief review // Biore-source Technology. 2003. Vol. 87. No 2. Pp. 155-159.
10. Bera K., Dutta P., Sadhukhan S. Seed priming with non-ionizing physical agents: Plant re-sponses and underlying physiological mechanisms // Plant Cell Reports. 2022. Vol. 41. No 1. Pp. 53-73.
11. Bezpalko V. V., Zhukova L. V., Stankevych S. V. Ecologically safe meth-ods for presowing treatment of cereal seeds // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. Vol. 9. No 3. Pp. 189-197.
12. Brodie G., Ryan C., Lancaster C. The effect of microwave radiation on prickly paddy melon (*Cucumis myriocarpus*) // International Journal of Agronomy. 2012. Vol. 10. P. 287608.
13. Carrera-Castano G., Calleja-Cabrera J., Pernas M. An updated overview on the regulation of seed germination // Plants. 2020. Vol. 9. No 6. P. 703.
14. Chen Y. P., Jia J. F., Han X. L. Weak microwave can alleviate water deficit induced by osmotic stress in wheat seedlings // Planta. 2009. Vol. 229. Pp. 291-298.
15. Cretescu I., Caprita R. Response of barley seedlings to microwaves at 2.45 GHz // Scien-tific Papers: Animal Science & Biotechnologies. 2013. Vol. 46. No 1. Pp. 185-191.
16. Dalmoro A. On the relevance of thermophysical characterization in the mi-crowave treatment of legumes // Food & Function. 2018. Vol. 9. No 3. Pp. 1816-1828.
17. Gaurilcikiene I. The effect of strong microwave electric field radiation on: (2) wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and sanitation // Zemdirbyste-Agriculture. 2013. Vol. 100. Pp. 185-190.
18. Gunasekaran S., Yang H. Effect of experimental parameters on temperature distribution during continuous and pulsed microwave heating // Journal of Food Engineer-ing. 2007. Vol. 78. Pp. 1452-1456.
19. Guo Q. Microwave processing techniques and their recent applications in the food indus-try // Trends in Food Science & Technology. 2017. Vol. 67. Pp. 236-247.
20. Hamada E. A. M. Effects of microwave treatment on growth, photosynthetic pigments and some metabolites of wheat // Biologia Plantarum. 2007. Vol. 51. Pp. 343-345.
21. Haque N., Agrawal A., Pati A. K. A Mini Review on effects of Microwave on Seed Ger-mination // Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2023. Vol. 15. No 1. P. 82-86.
22. Huang H.-H., Wang S.-R. The effects of inverter magnetic fields on early seed germina-tion of mung beans // Bioelectromagnetics. 2008. Vol. 29. Pp. 649-657.
23. Iuliana C. Response of barley seedlings to microwaves at 2.45 GHz // Sci-entific Papers: Animal Science & Biotechnologies. 2013. Vol. 46. No 1. Pp. 185-191.
24. Impact of controlled microwave radiation in enhancing the productivity of *Abelmoschus esculentus* seedlings (L.) Moench / E. Iwuala [et al.] // Journal of Plant In-teractions. 2021. Vol. 16. No 1. Pp. 179-186.

25. Jakubowski T. The impact of microwave radiation at different frequencies on the weight of seed potato germs and crop of potato tubers // *Agricultural Engineering*. 2010. Vol. 6. No 124. P. 57-64.
26. Jakubowski T. Evaluation of the impact of pre-sowing microwave stimulation of bean seeds on the germination process // *Agricultural Engineering*. 2015. Vol. 19. No 2. P. 45-56.
27. Jiao S., Zhong Y., Deng Y. Hot air-assisted radio frequency heating effects on wheat and corn seeds: quality change and fungi inhibition // *Journal of Stored Products Research*. 2016. Vol. 69. P. 265-271.
28. Knox O. G., McHugh M., Fountaine J. M., Havis N. D. Effects of micro-waves on fungal pathogens of wheat seed // *Crop Protection*. 2013. Vol. 50. P. 12-16.
29. Kouchebagh S. B., Rasouli P., Babaiy A. H., Reza A. Seed germination of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) as affected by physical priming techniques // *International Journal of Biosciences*. 2015. Vol. 6. P. 49-54.
30. Lazim S. K., Ramadhan M. N. Effect of microwave and UV-C radiation on some germination parameters of barley seed using mathematical models of Gompertz and logistic: Analysis study // *Basrah Journal of Agricultural Sciences*. 2020. Vol. 33. No 2. P. 28-41.
31. Lew A., Krutzik P. O., Hart M. E., Chamberlin A. R. Increasing rates of reaction: microwave-assisted organic synthesis for combinatorial chemistry // *Journal of Combinatorial Chemistry*. 2002. Vol. 4. No 2. P. 95-105.
32. Manickavasagan A., Jayas D. S., White N. D. G. Germination of wheat grains from uneven microwave heating in an industrial microwave dryer // *Canadian Bio-systems Engineering*. 2007. Vol. 49. P. 3.
33. Maswada H. F., Sunoj V. S. J., Prasad P. V. V. A comparative study on the effect of seed pre-sowing treatments with microwave radiation and salicylic acid in alleviating the drought-induced damage in wheat // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2021. Vol. 40. P. 48-66.
34. Mattson M. P. Hormesis defined // *Ageing Research Reviews*. 2008. Vol. 7. No 1. P. 1-7.
35. Nalwa C., Seth M. Physiology of Seed Dormancy and Germination - A Re-view // *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2021. Vol. 33. No 58A. P. 557-562.
36. Paparella S., Araújo S. S., Rossi G. Seed priming: state of the art and new perspectives // *Plant Cell Reports*. 2015. Vol. 34. P. 1281-1293.
37. Qiu Z. B., Guo J. L. Nitric oxide acts as a signal molecule in microwave pretreatment induced cadmium tolerance in wheat seedlings // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2013. Vol. 35. P. 65-73.
38. Qiu Z. B., Zhang M. M., Guo J. L., Lei M. Y. Role of nitric oxide in improving cadmium tolerance of microwave-pretreated wheat seedlings // *Chinese Journal of Ecology (Sheng Tai Xue Za Zhi)*. 2013. Vol. 32. P. 1794-1799.
39. Radzevičius A. The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate // *Zemdirbyste-Agriculture*. 2013. Vol. 100. P. 179-184.
40. Reddy M. V. B., Raghavan G. S. V., Kushalappa A. C., Paulitz T. C. Effect of microwave treatment on quality of wheat seeds with *Fusarium graminearum* // *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1998. Vol. 71. No 2. P. 113-117.
41. Rifna E. J., Ramanan K. R., Mahendran R. Emerging technology applications for improving seed germination // *Trends in Food Science & Technology*. 2019. Vol. 86. P. 95-108.
42. Romero-Galindo R. Biophysical methods used to generate tolerance to drought stress in seeds and plants: a review // *International Agrophysics*. 2022. Vol. 35. No. 4. P. 389-410.
43. Sahin H. Effects of microwaves on the germination of weed seeds // *Journal of Biosystems Engineering*. 2014. Vol. 39. P. 304-309.
44. Scialabba A., Tamburello C. Microwave effects on germination and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings // *Acta Botanica Gallica*. 2002. Vol. 149. No 2. P. 113-123.
45. Schmidt M., Zannini E., Arendt E. Recent advances in physical post-harvest treatments for shelf-life extension of cereal crops // *Foods*. 2018. Vol. 7. P. 45.
46. Sirohi R., Tarafdar A. Technologies for disinfection of food grains: Advances and way forward // *Food Research International*. 2021. Vol. 145. P. 110396.

47. Shashurin M. M. Physiological responses of *Plantago media* to electromagnetic field of power-line frequency (50 Hz) // *Russian Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 61. No 4. P. 484-488.
48. Snyder H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines // *Journal of Business Research*. 2019. Vol. 104. P. 333-339.
49. Sukiasyan A., Mikaelyan Y., Ayrapetyan S. Comparative study of non-ionizing and ionizing radiation effect on hydration of winter wheat seeds in metabolic active and inactive states // *The Environmentalist*. 2012. Vol. 32. No 2. P. 188-192.
50. Taheri S., Brodie G., Jacob M. V., Antunes E. Dielectric properties of chickpea, red and green lentil in the microwave frequency range as a function of temperature and moisture content // *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 2018. Vol. 52. No 3. P. 198-214.
51. Taheri S., Brodie G., Gupta D. Fluidisation of lentil seeds during microwave drying and disinfection could prevent detrimental impacts on their chemical and biochemical characteristics // *LWT-Food Science and Technology*. 2020. Vol. 129. P. 109534.
52. Taheri S., Brodie G.I., Gupta D. Microwave Heating for Grain Treatment // *Agritech: Innovative Agriculture Using Microwaves and Plasmas*. 2022. Springer, Singapore. P. 165-197.
53. Talei D., Valdiani A., Maziah M., Mohsenkhah M. Germination response of MR 219 rice variety to different exposure times and periods of 2450 MHz microwave frequency // *The Scientific World Journal*. 2013. P. 408026.
54. Torraco R. J. Writing integrative reviews of the literature: Methods and purposes // *International Journal of Adult Vocational Education and Technology (IJAVET)*. 2016. Vol. 7. No 3. P. 62-70.
55. Tuan P. A., Kumar R., Rehal P. K., Toora P. K., Ayele B. T. Molecular mechanisms underlying abscisic acid/gibberellin balance in the control of seed dormancy and germination in cereals // *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. P. 668-681.
56. Vázquez-Hernández M. C., Parola-Contreras I., Montoya-Gómez L. M. Eustressors: Chemical and physical stress factors used to enhance vegetables production // *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 250. P. 223-229.
57. Vian A., Roux D., Girard S. Microwave irradiation affects gene expression in plants // *Plant Signaling & Behavior*. 2006. Vol. 1. No 2. P. 67-70.
58. Vian A., Davies E., Gendraud M., Bonnet P. Plant responses to high frequency electromagnetic fields // *BioMed research international*. 2016. P. 1-13.
59. Villagómez-Aranda A. L. Activating stress memory: Eustressors as potential tools for plant breeding // *Plant Cell Reports*. 2022. Vol. 41. No. 7. P. 1481-1498.
60. Wang D. X., Liu Y. Lethal effects of microwave treatment on *Sitophilus oryzae* Linnaeus and germination rate of wheat // *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*. 2011. Vol. 25. No 1. P. 105-109.
61. Wang S. M., Wang J. F., Guo Y. B. Microwave irradiation enhances the germination rate of tartary buckwheat and content of some compounds in its sprouts // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2018. Vol. 68. P. 195-205.
62. Wang J., Ma H., Wang S. Application of ultrasound, microwaves, and magnetic fields techniques in the germination of cereals // *Food Science and Technology Research*. 2019. Vol. 25. No 4. P. 489-497.
63. Wu X. H., Luo G. Q., Feng J. M. Effects of microwave treatment on the nitrogen metabolism of oat seedlings under Na₂CO₃ stress // *J. Microwaves (Wei Bo Xue Bao)*. 2017. Vol. 33. P. 91-96.
64. Yadav D. N., Anand T., Sharma M., Gupta R. K. Microwave technology for disinfestation of cereals and pulses: An overview // *Journal of Food Science and Technology*. 2014. Vol. 51. P. 3568-3576.
65. Yanenko A. F., Matsibura A. P., Peregodov S. N., Uniyaka T. L. Impact of microwave radiation on vegetable biological objects // *14th International Crimean Conference Microwave and Telecommunication Technology*. Sevastopol, 2004. P. 721-722.
66. Ye J., Hong T., Wu Y. Model stirrer based on a multi-material turntable for microwave processing materials // *Materials*. 2017. Vol. 10. No 2. P. 95.

Информация об авторах

Бахчевников Олег Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской» (РФ, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), e-mail: oleg-b@list.ru

Брагинцев Андрей Валерьевич, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела переработки продукции растениеводства, ФГБНУ Аграрный научный центр «Донской» (РФ, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), e-mail: Al.55552015@yandex.ru

Authors Information

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Agricultural Scientific Centre «Donskoy» (14 Lenin St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia), e-mail: oleg-b@list.ru

Braginets Andrey Valereyevich, Candidate of Technical Sciences, Researcher, Agricultural Scientific Centre «Donskoy» (14 Lenin St., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia), e-mail: Al.55552015@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-52

**INVESTIGATION OF TRANSPORTATION OF APPLES IN CONTAINERS ON
ROADS WITH DIFFERENT SURFACES**

**L. P. Belyu¹, I. A. Uspensky², I. A. Yukhin², O. V. Filyushin²,
A. A. Kuttyrev², E. V. Mitrokhina³**

¹ *Moscow Economic Institute
Moscow, Russian Federation*

² *Ryazan Agrotechnological University named after P. A. Kostychev*

³ *Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia
Ryazan, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: ivan.uspensckij@ya.ru

Received 10.02.2023

Submitted 14.06.2023

The research was carried out within the framework of the project "Improvement of technologies, means of mechanization, electrification and technical service in agricultural production. Prospects for the development of rural areas", section 1.1. "Improving the efficiency of mobile equipment operation through the development of new designs and improving methods of maintaining its technical condition" (subsection 1.1.5. "Improving the operational performance of transport and technological machines during on-farm transportation of agricultural products in the agro-industrial complex") of the R&D plan of the Federal State Educational Institution of Higher Education for 2021-2025

Summary

This scientific article is devoted to the problem of mechanical damage to apples during their transportation in boxes on roads with different surfaces. Theoretical and laboratory tests were carried out and recommendations were made.

Abstract

Over the past decade, we have observed a constant and steady increase in the volume of agricultural products produced in the Russian Federation. At the same time, the volume of livestock production almost doubled, and crop production tripled. Therefore, there is an objective need for the transportation of agricultural products throughout the Russian Federation. Transportation of agricultural products is carried out by all types of transport. An important place among them is occupied by transportation by road. However, the use of this type of transport when transporting agricultural products has a number of features, which include the presence of road infrastructure, the condition of the road surface, the influence of weather and climatic

conditions on the transportation of products, etc. This leads to difficulties in organizing the transportation of agricultural products, since these products is diverse, some of it is characterized by a tendency to freeze, quickly change characteristics and properties under the influence of not only climatic factors, but also as a result of the effects of fluctuations that occur during transportation.

Key words: *transportation, road surface, apples, containers, measurement.*

Citation. Belyu L. P., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Filyushin O. V., Kuttyrev A. A., Mitrokhina E. V. Investigation of transportation of apples in containers on roads with different surfaces. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 526-539 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-52.

Author's contribution. The authors of this study collected the material, analyzed the data and wrote a manuscript.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 656.033.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ЯБЛОК В ТАРЕ ПО ДОРОГАМ С РАЗЛИЧНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Л. П. Белю¹, кандидат технических наук

И. А. Успенский², доктор технических наук, профессор

И. А. Юхин², доктор технических наук, профессор

О. В. Филюшин², кандидат технических наук

А. А. Кутыраев², студент

Е. В. Митрохина³, кандидат технических наук

¹НОЧУ ВО «Московский экономический институт»

г. Москва, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева»,

³Академия ФСИН России

г. Рязань, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий», раздел 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» (подраздел 1.1.5. «Повышение эксплуатационных показателей транспортных и технологических машин при внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе») плана НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 гг.

Актуальность. За последнее десятилетие мы наблюдаем постоянный и неуклонный рост объема произведенной в РФ сельскохозяйственной продукции. При этом объем продукции животноводства увеличился почти вдвое, а растениеводства – втрое. Поэтому возникает объективная необходимость в перевозке сельскохозяйственной продукции по всей территории Российской Федерации.

Перевозка сельскохозяйственной продукции осуществляется всеми видами транспорта. Важное место среди них занимает перевозка с помощью автомобильного транспорта. Однако использование данного вида транспорта при перевозке сельскохозяйственной продукции имеет ряд особенностей, которые заключаются в наличии дорожной инфраструктуры, состоянии дорожного покрытия, влиянии погодных-климатических условий на транспортировку продукции и пр. Это приводит к возникновению сложностей при организации транспортировки сельскохозяйственной продукции, так как данная продукция разнообразна, часть ее отличается склонно-

стью к замерзанию, быстрому изменению характеристик и свойств под воздействием не только климатических факторов, но и в результате воздействий колебаний, возникающих в процессе транспортировки.

Ключевые слова: транспортировка плодов, дорожные покрытия, перевозка яблок, тара.

Цитирование. Белю Л. П., Успенский И. А., Юхин И. А., Филюшин О. В., Кутыраев А. А., Митрохина Е. В. Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 526-539. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-52.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитая транспортная система чрезвычайно важна для эффективного сельскохозяйственного маркетинга. Если транспортные услуги, т.е. услуги перевозки сельскохозяйственных грузов, нечастые, некачественные или дорогие, то производители сельскохозяйственной продукции оказываются в невыгодном положении. Сезонные непроходимые дороги в сочетании с плохим хранением могут привести к потерям определенных сельскохозяйственных культур, например молока, свежих овощей и др. Если транспортный маршрут грузоперевозок пролегает через неровные дороги, дороги с покрытием из щебня или грунтовые дороги, то перевозка других сельскохозяйственных культур, например фруктов, также может быть убыточной в связи с большой порчей товара [2-7]. Целью экспериментальной части исследования является учет влияния дорожного покрытия на маршруте движения транспортных средств и погодных условий во время перевозки сельскохозяйственных грузов на ускорение плодов, перевозимых в таре (ящиках) с последующей оценкой их сохраняемости.

Объект исследования. В рамках вышеописанного подхода были проведены экспериментальные исследования оценки ускорений при перевозках сельскохозяйственных грузов на разных типах дорог. Для чего использовался автомобиль «Форд Транзит».

Выбран сорт плодов «Айдаред», имеющий крупные сочные плоды с плотной мякотью, достаточно устойчивый к повреждениям и хорошо сохраняющийся при зимнем хранении.

Материалы и методы. В рамках проводимого исследования применялось программное обеспечение «Измеритель вибрации 1.3.6 APKforAndroid», установленное на мобильном телефоне [1]. С его помощью осуществляется измерение вибрации в процессе транспортировки яблок по автомобильным дорогам, которые могут иметь одно из следующих покрытий: грунтовое; асфальтобетонное; щебенчатое.

Результаты. Значительная часть сельскохозяйственной продукции повреждается при перевозке. Для того, чтобы этого не происходило, были созданы устройства, которые позволяют транспортировать продукцию по дорогам с разным покрытием (пат. № 2636569 Российская Федерация, МПК B65D 85/34 (2006.01), B65D 81/05. Устройство для транспортировки легкоповреждаемой плодоовощной продукции / И. А. Юхин, А. А. Голиков, А. А. Симдянкин, Успенский И.А., Бышов Н. В., Борячев С.Н., Родионова Е.А., Зейналов Э.А., Кокорев Г.Д., Шафоростов В.А.) и пат. № 96547 Российская Федерация, МПК B62D 1/00 Прицепное транспортное средство для перевозки сельскохозяйственных грузов / Безруков Д.В., Борячев С.Н., Успенский И.А., Кокорев Г.Д., Пименов А.Б., Юхин И. А., Николотов И.Н.) [8,11, 12].

В литературе рассмотрены пути решения существующей проблемы [9, 10].

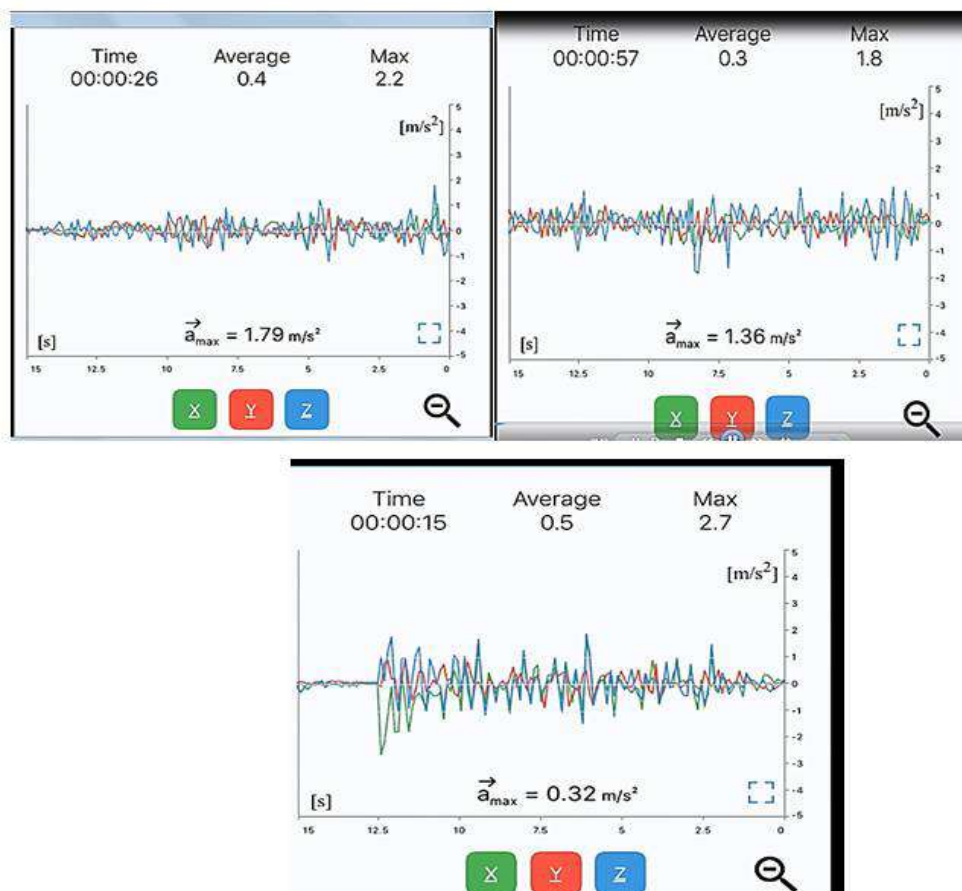


Рисунок 1 – Скриншот экрана мобильного телефона с результатами измерения уровня вибрации при передвижении транспортного средства по щебенчатой дороге со скоростью от 10 до 15 км/ч
Figure 1 – Screenshot of a mobile phone screen with the results of measuring the vibration level when a vehicle is moving along a gravel road at a speed of 10 to 15 km/h

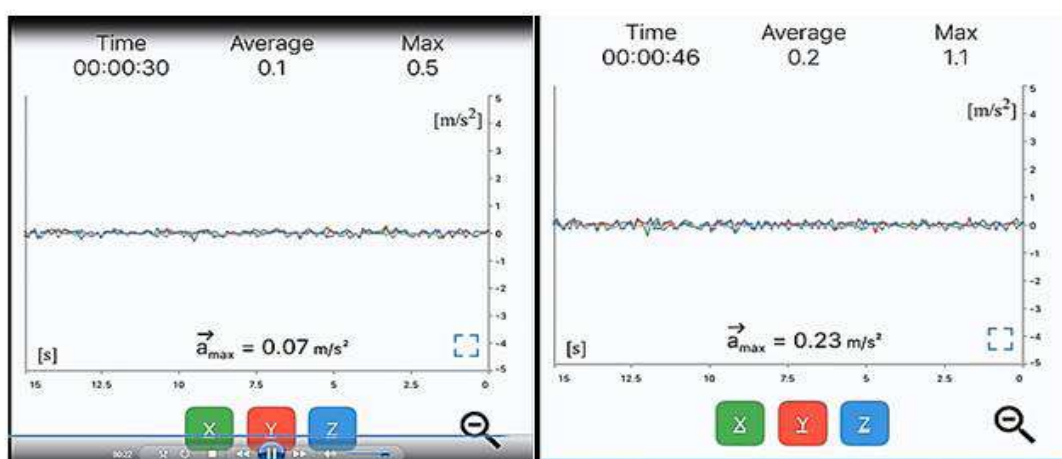


Рисунок 2 – Скриншот экрана мобильного телефона с результатами измерения уровня вибрации при передвижении транспортного средства по асфальтобетонной дороге со скоростью от 10 до 15 км/ч
Figure 2 – Screenshot of a mobile phone screen with the results of measuring the vibration level when a vehicle is moving along an asphalt concrete road at a speed of 10 to 15 km/h

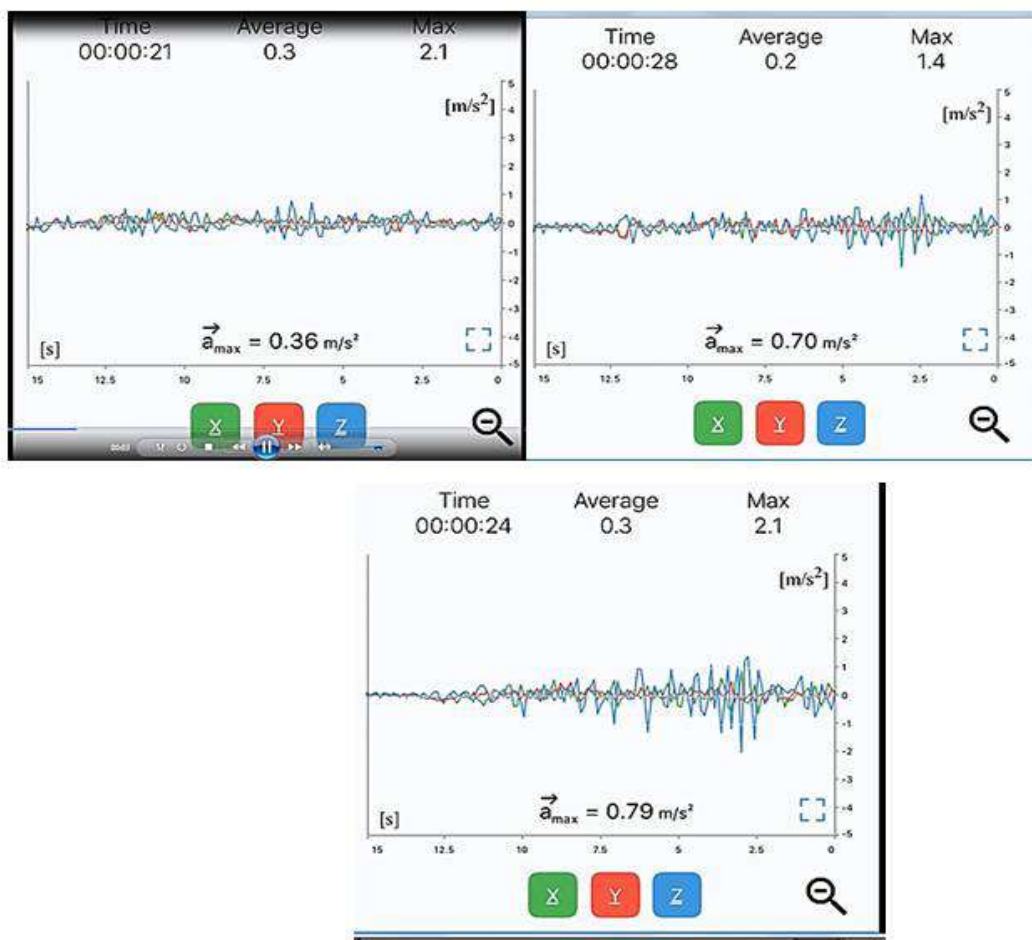


Рисунок 3 – Скриншот экрана мобильного телефона с результатами измерения уровня вибрации при передвижении транспортного средства по грунтовой дороге со скоростью от 10 до 15 км/ч
 Figure 3 – Screenshot of a mobile phone screen with the results of measuring the vibration level when a vehicle is moving along a dirt road at a speed of 10 to 15 km/h

На следующих рисунках показаны результаты измерения значений ускорений для различных видов дорог по трем основным координатам – x (см. рисунок 4), y (см. рисунок 5) и z (см. рисунок 6).

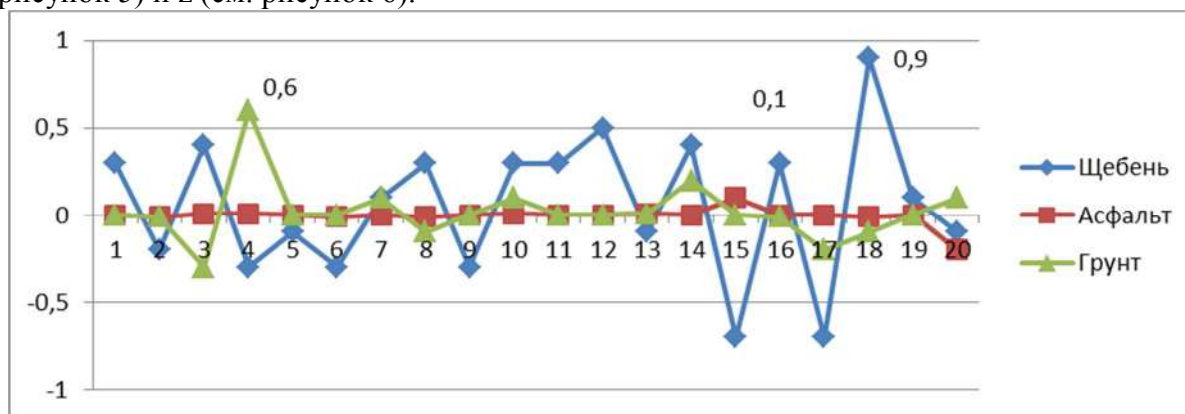


Рисунок 4 – Величина ускорения вдоль оси x (вдоль продольной оси транспортного средства)
 Figure 4 – The amount of acceleration along the x axis (along the longitudinal axis of the vehicle)

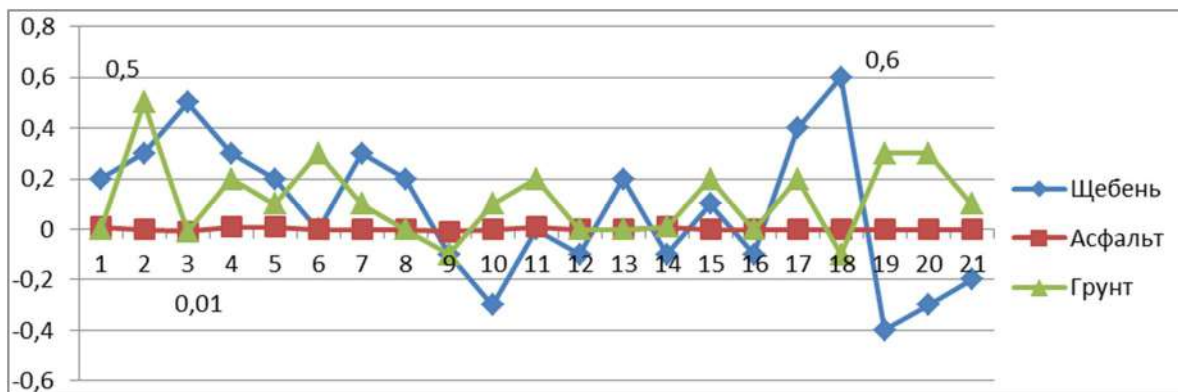


Рисунок 5 – Величина ускорения вдоль оси y
(перпендикулярно продольной оси транспортного средства)
Figure 5 – The magnitude of acceleration along the y axis
(perpendicular to the longitudinal axis of the vehicle)

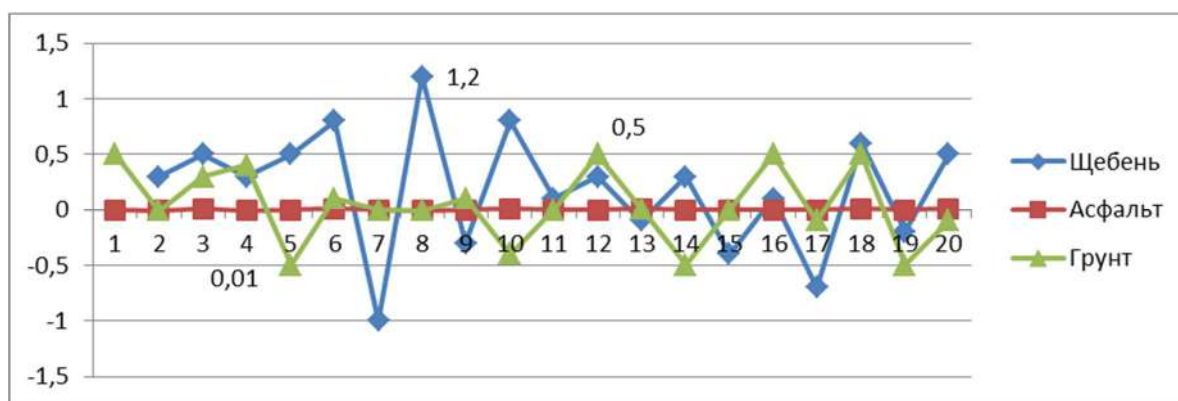


Рисунок 6 – Величина ускорения вдоль оси z
(вертикально по отношению к днищу кузова транспортного средства)
Figure 6 – The magnitude of acceleration along the z axis
(vertically relative to the bottom of the vehicle body)

На следующих рисунках показаны результаты измерения значений ускорений для каждой из координатных осей для автомобильных дорог с щебенчатой (см. рисунок 7), асфальтобетонным (см. рисунок 8) и грунтовым (см. рисунок 9) покрытиями.

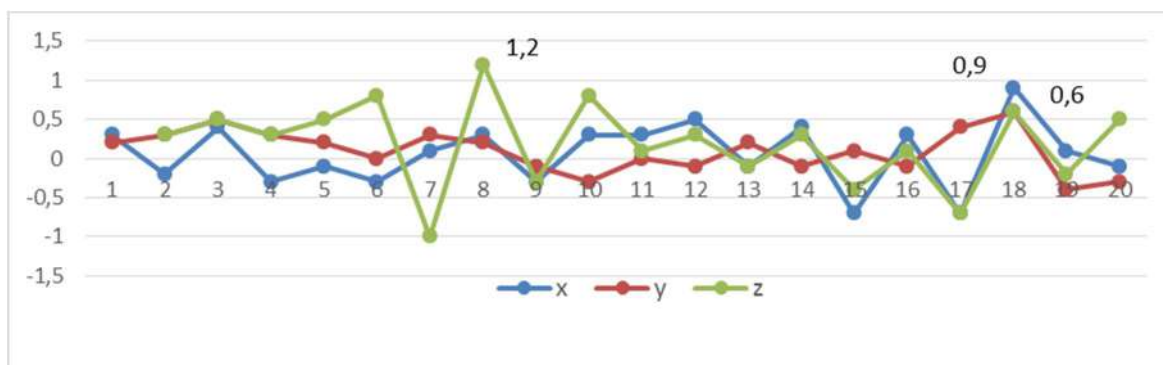


Рисунок 7 – Величина ускорения по трем осям при передвижении транспортного средства по щебенчатой дороге
Figure 7 – The magnitude of acceleration along three axes when moving a vehicle on a gravel road



Рисунок 8 – Величина ускорения по трем осям при передвижении транспортного средства по асфальтобетонной дороге

Figure 8 – The magnitude of acceleration along three axes when moving a vehicle on an asphalt concrete road

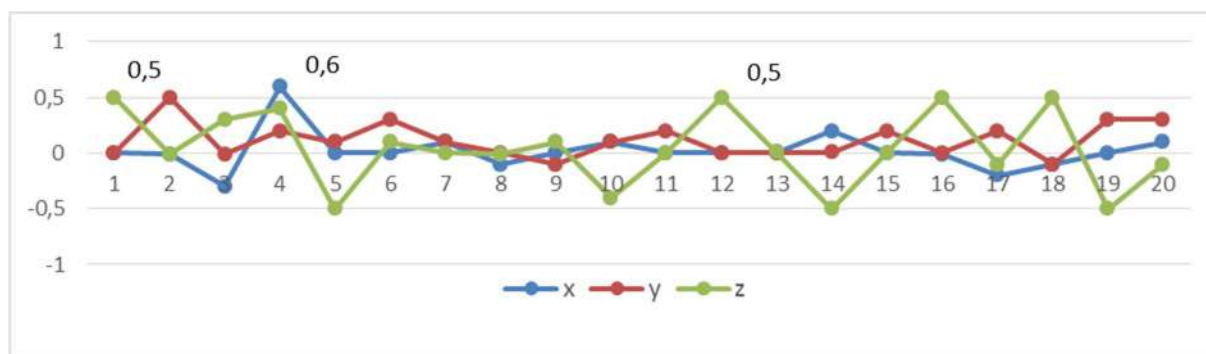


Рисунок 9 – Величина ускорения по трем осям при передвижении транспортного средства по грунтовой дороге

Figure 9 – The magnitude of acceleration along three axes when moving a vehicle on a dirt road

Обсуждение. В результате анализа полученных данных можно сделать следующие заключения:

1. Наибольшая величина ускорения зафиксирована на щебенчатых дорогах во всех трех координатах. Причиной этого являются достаточно большие фракции щебня, которые часто попадают под колеса транспортного средства. Максимальные значения ускорения (порядка $1,2 \text{ м/с}^2$) фиксируются именно в вертикальной плоскости, что негативно сказывается на процессе транспортировки плодовой продукции.

2. Схожие показатели ускорения наблюдаются (порядка 83% от максимального значения ускорения для щебенчатого дорожного покрытия) для грунтового дорожного покрытия. Причиной этого являются существенные неровности в покрытии.

3. Дороги с асфальтобетонным покрытием позволяют транспортным средствам передвигаться с большими значениями скорости, поскольку зафиксированные значения ускорений являются минимальными (порядка 11% от максимального значения ускорения для щебенчатого дорожного покрытия).

На основе полученных результатов можно провести корректировку величин ускорений в процессе транспортировки яблок в таре со значения $1,42 \text{ м/с}^2$ (см. таблицу) до величины $0,7-1,0 \text{ м/с}^2$, учитывая возможные колебания товара в каждой из координат. Помимо этого, требуется ввести ограничение на транспортировку товара по грунтовым дорожным покрытиям в сезоны дождей и половодий, а также на транспортировку товара по низкокачественным щебенчатым дорожным покрытиям. Максимально

возможная величина ускорения $0,2 \text{ м/с}^2$ для асфальтобетонных дорожных покрытий позволяет осуществлять перевозку товара в любое время при существенно более высоких скоростях передвижения автотранспортного средства.

Таблица 1 – Коэффициенты, определяющие допустимую по повреждениям амплитуду колебаний транспортного средства [6].

Table 1 – Coefficients determining the permissible vibration amplitude of the vehicle for damage [6]

Культура и состояние ее зрелости	Эмпирические коэффициенты	
	H, м/с^2	P, м/с
Яблоки	0,3...1,42	5,03...5,22
Помидоры красные	2,83...4,3	5,46...5,70
Помидоры зеленые	4,24...7,0	5,70...6,16
Картофель свежесобраный	5,62...7,0	5,93...6,16
Дыни и тыквы	5,62...8,38	5,93...6,38
Слива	5,62...11,14	5,93...6,83
Огурцы	8,38...11,14	6,38...6,83

При передвижении автотранспортного средства водитель обязан представлять полную картину происходящего в процессе принятия единственно возможного верного решения при возникновении внеплановой ситуации. В настоящее время в состав грузовых транспортных средств включаются всевозможные датчики и устройства навигации. Разработка специализированных приложений для мобильных телефонов и некоторых изделий, применяемых для измерения величины вибрации, может оказать влияние на водителя транспортного средства, при выборе им маршрута грузоперевозки и соблюдении скоростного режим [10].

Программное обеспечение «Измеритель вибрации 1.3.6 APK» дает возможность проводить измерение величины ускорения в трехмерной системе координат. На рисунке 10 показан пример данного измерения для оси x. Определив среднюю величину скорости на определенном участке, можно получить среднюю скорость передвижения яблока на всем пути следования.

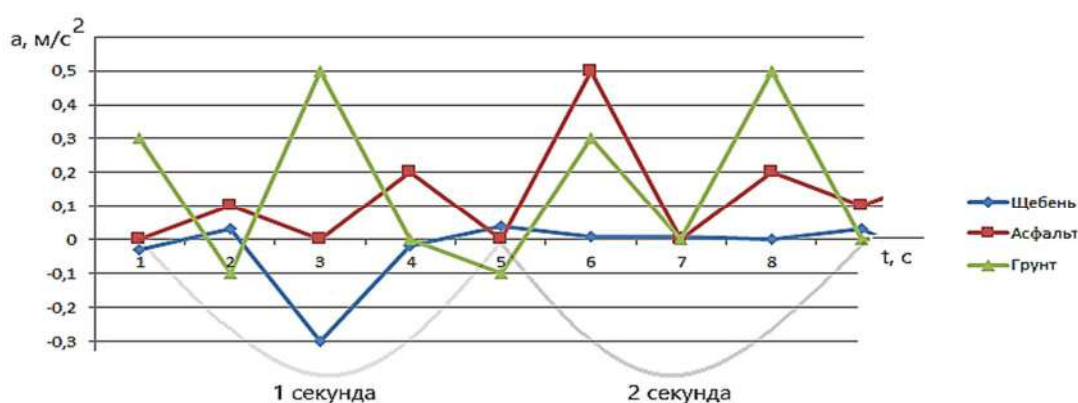


Рисунок 10 – Определение ускорения яблока вдоль оси x в кузове транспортного средства (положение 4) при его передвижении по дорогам различного типа

Figure 10 – Determination of the acceleration of an apple along the x-axis in the body of a vehicle (position 4) when it moves along roads of various types

А зная массу средневзвешенного яблока, нетрудно определить его кинетическую энергию.

Полученные данные с целью их дальнейшего использования в исследовании были сгруппированы по определенным критериям. В частности, для них производилась оценка изменения скорости колебаний яблок в транспортной таре в трехмерной координатной системе в зависимости от его местоположения в транспортной таре (2, 4, 5 см. рисунок 11), расположенной в кузове транспортного средства, при его перемещении с произвольной скоростью по автодорожным покрытиям различного типа (см. рисунки 12-16).

Был выбран вариант 2-4-5 вследствие наличия на этой диагонали водителя транспортного средства, чья масса, существенно превышающая массу ящика с яблоками, может оказать влияние на колебательные процессы в кузове автомобиля.

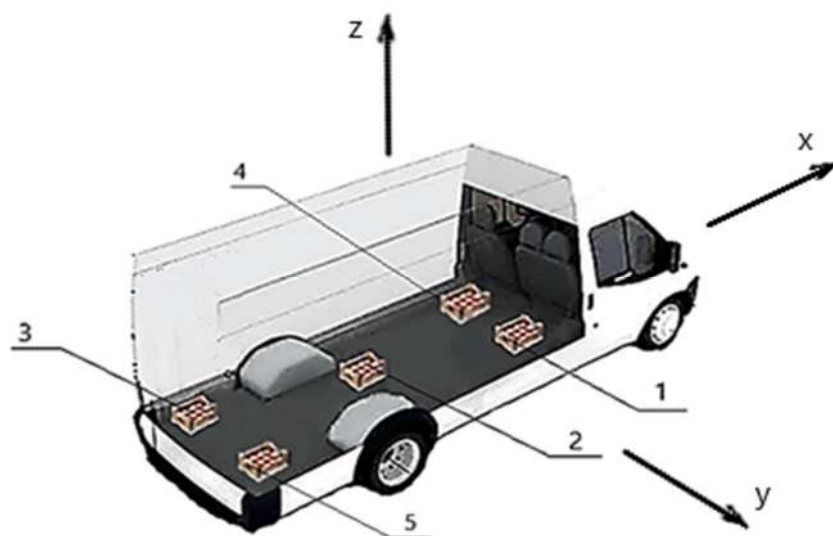


Рисунок 11 – Варианты расположения ящиков с яблоками в кузове автомобиля и направления осей измерения ускорения x , y , z

Figure 11 – Variants of the arrangement of boxes with apples in the car body and the direction of the axes of acceleration measurement x , y , z

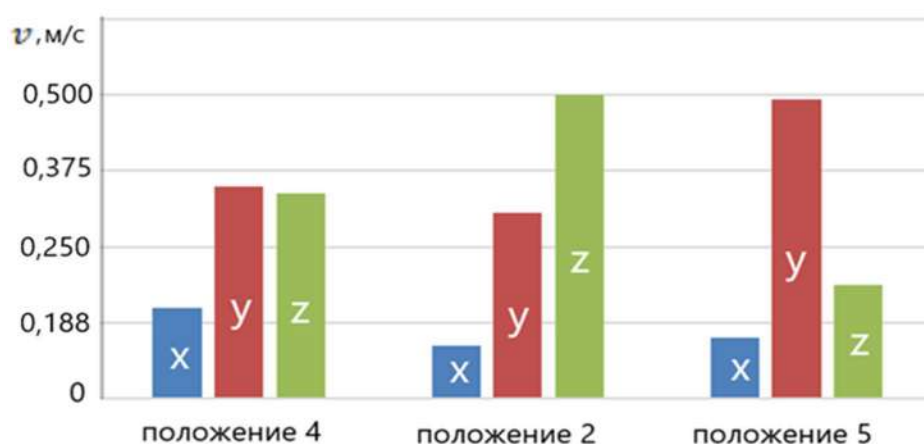


Рисунок 12 – Изменение величины скорости колебания яблок в таре при их перевозке по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью 50 км/ч в зависимости от расположения тары в кузове автотранспортного средства

Figure 12 – Change in the rate of oscillation of apples in a container during their transportation on asphalt concrete pavement at a speed of 50 km / h, depending on the location of the container in the body of the vehicle

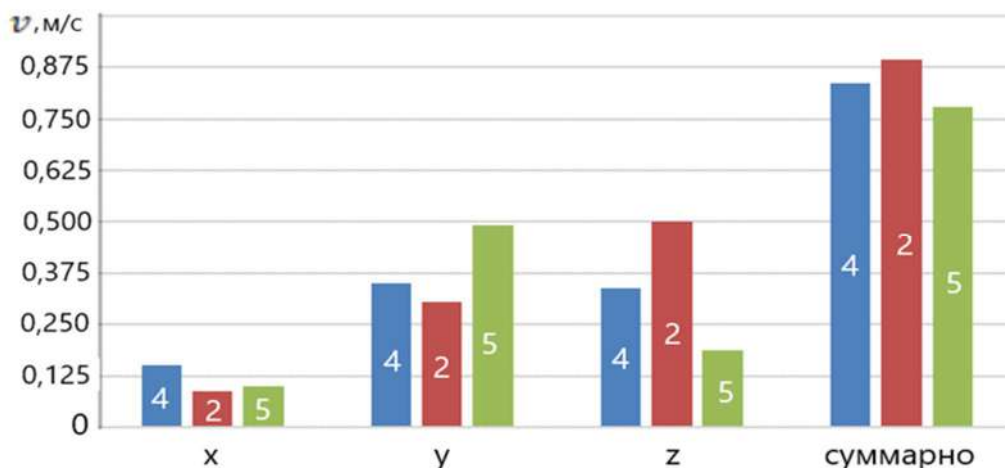


Рисунок 13 – Изменение величины скорости перемещения яблок в таре при их перевозке по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью 50 км/ч в зависимости от расположения тары в кузове автотранспортного средства

Figure 13 – Change in the speed of movement of apples in a container during their transportation on asphalt concrete pavement at a speed of 50 km / h, depending on the location of the container in the body of the vehicle

В результате анализа полученных данных можно сделать следующие выводы:

- передвижение транспортного средства по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью равной 50 км/ч приводит к увеличению колебаний вдоль вертикальной и поперечной осей транспортного средства;
- оптимальным положением для тары считается задняя консоль кузова, расположенная за задней осью транспортного средства, по причине того что общие колебания в этой точке будут минимальными. Самое отрицательное положение для яблок в таре – над задней осью транспортного средства.

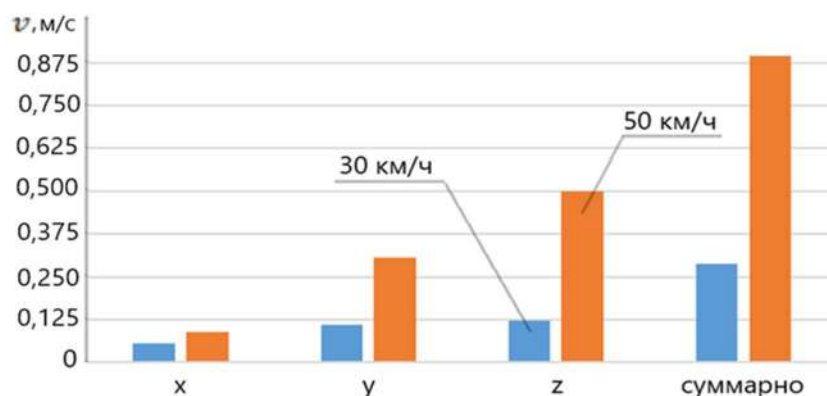


Рисунок 14 – Изменение величины скорости перемещения яблок в таре при их перевозке по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью от 30 до 50 км/ч во втором положении тары в кузове автотранспортного средства

Figure 14 – Change in the value of the speed of movement of apples in a container when they are transported on an asphalt concrete road surface at a speed of 30 to 50 km/h in the second position of the container in the body of a motor vehicle

В результате анализа полученных данных можно сделать следующий вывод – уменьшение скорости передвижения транспортного средства приводит к существенно-му практически в 3 раза сокращению колебаний в каждой из осей.

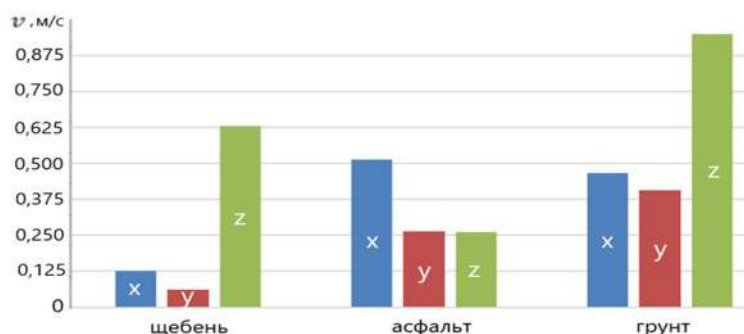


Рисунок 15 – Изменение величины скорости перемещения яблок в таре при их перевозке по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью 20 км/ч в четвертом положении тары в кузове автотранспортного средства

Figure 15 – Change in the speed of movement of apples in a container during their transportation on asphalt concrete pavement at a speed of 20 km/h in the fourth position of the container in the body of a motor vehicle

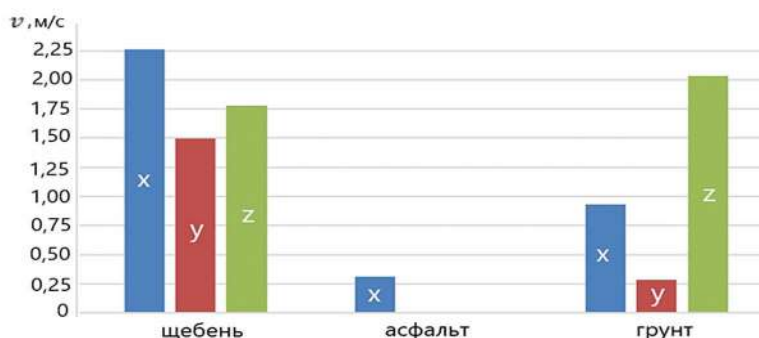


Рисунок 16 – Изменение величины скорости перемещения яблок в таре при их перевозке по асфальтобетонному дорожному покрытию со скоростью 20 км/ч в пятом положении тары в кузове автотранспортного средства

Figure 16 – Change in the speed of movement of apples in a container during their transportation on asphalt concrete pavement at a speed of 20 km/h in the fifth position of the container in the body of a motor vehicle

За время измерения (4-5 с), а также учитывая средний вес одного яблока, проведем оценку изменения величины кинетической энергии. Полученные результаты представлены на следующих рисунках.

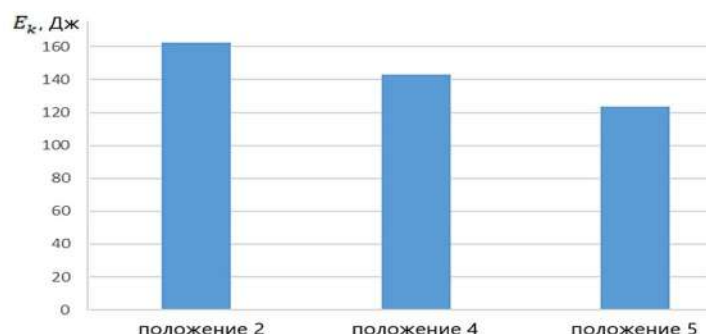


Рисунок 17 – Изменение величины кинетической энергии единичного яблока, которое имеет массу 0,143 кг, на протяжении 1 часа его перевозки по асфальтобетонному покрытию со скоростью 50 км/ч в зависимости от расположения тары в кузове автотранспортного средства

Figure 17 – The change in the kinetic energy of a single apple, which has a mass of 0.143 kg, during 1 hour of its transportation on asphalt pavement at a speed of 50 km / h, depending on the location of the container in the body of the vehicle

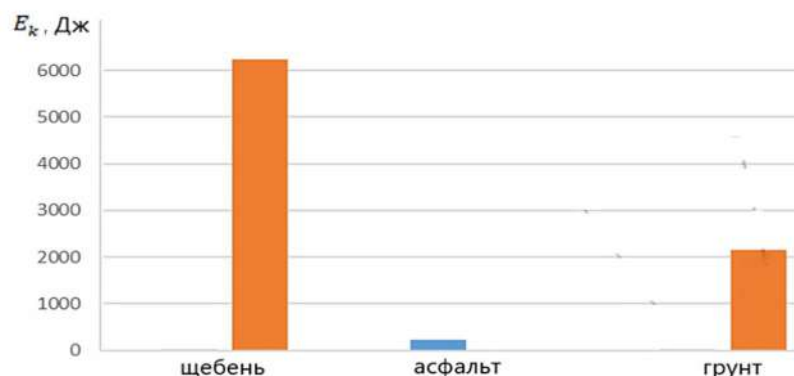


Рисунок 18 – Изменение величины кинетической энергии одного яблока, которое имеет массу 0,143 кг, на протяжении 1 часа его перевозки по дорожным покрытиям различного вида со скоростью 20 км/ч в зависимости от их состояния

Figure 18 – The change in the kinetic energy of one apple, which has a mass of 0.143 kg, during 1 hour of its transportation on road surfaces of various types at a speed of 20 km / h, depending on their condition

Кинетическая энергия осуществляет превращение во внутреннюю в процессе взаимного соударения яблок как между собой, так и со стенкой тары. В конечном итоге это станет причиной их быстрой порчи.

Выводы. В результате проведенного исследования можно рекомендовать не использовать для транспортировки автомобильные дороги, которые имеют покрытие из грунта и щебня в то время, когда они имеют неудовлетворительное состояние (рисунок 18). В случае если избежать транспортировки по данным дорогам невозможно, то необходимо перемещаться по ним с минимальной скоростью (менее 20 км/ч), при этом размещая ящики с продукцией между осями транспортного средства.

Conclusions. As a result of the study, it can be recommended not to use for transportation roads that are covered with soil and crushed stone at a time when they are in unsatisfactory condition (Figure 18). If it is impossible to avoid transportation along these roads, then it is necessary to move along them at a minimum speed (less than 20 km/h), while placing boxes with products between the axles of the vehicle.

Библиографический список

1. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах / К. А. Жуков, С. В. Колупаев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Техника и оборудование для села. 2013. № 12. С. 12-15.
2. Колошеин Д. В., Маслова Л. А. Теоретические исследования определения параметров ударного взаимодействия клубня с ремнем-гасителем при загрузке в контейнер // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 4. С. 154-160.
3. Методология построения зонально-адаптивной машинной технологии производства плодов и ягод с минимальным антропогенным риском для качества продукции и окружающей среды / А. Н. Перекопкий, В. А. Юнин, А. В. Зыков, К. И. Егорова // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 53. С. 14-17.
4. Оценка качества картофеля, произведенного с учетом принципов и требований органического сельского хозяйства / А. В. Коломейцев, Н. А. Мистратова, М. А. Янова, А. А. Потехин // Вестник КрасГАУ. 2018. № 5 (140). С. 77-82.
5. Перспективы повышения эксплуатационных показателей транспортных средств при внутрихозяйственных перевозках плодоовощной продукции / Н. В. Бышов, С. Н. Борячев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 78. С. 227-238.

6. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутрихозяйственных перевозках / Н. В. Бышов, С. Н. Бoryчев, И. А. Успенский [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 88. С. 519-529.

7. Проблемы и технические решения использования высокопроизводительной транспортной сель-скохозяйственной техники / А. С. Попов, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 114. С. 949-974.

8. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках / К. А. Жуков, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 96. С. 360-372.

9. Симдянкин А. А., Белю Л. П. Оценка повреждаемости яблок в таре при их перевозке по дорогам с различным покрытием // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 4(48). С. 113-121.

10. Сохранность плодов на внутрихозяйственных перевозках / А. А. Симдянкин, И. А. Успенский, Л. П. Белю, О. В. Филюшин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 346-356.

11. Успенский И. А., Юхин И. А., Жуков К. А. Перспективные устройства для повышения сохранности плодоовощной продукции при внутрихозяйственных перевозках // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 95. С. 387-400.

12. Устройство для снижения колебаний грузовой платформы / Н. В. Аникин, С. В. Колупаев, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сельский механизатор. 2009. № 8. С. 31.

References

1. Algorithm for preserving the quality of fruits and vegetables during harvesting and transport work / K. A. Zhukov, S. V. Kolupaev, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin // Equipment and equipment for the village. 2013. № 12. Pp. 12-15.

2. Koloshein D. V., Maslova L. A. Theoretical studies of determining the parameters of the impact interaction of a tuber with a damper belt when loaded into a container // Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2022. V. 14. № 4. Pp. 154-160.

3. Methodology for building zonal-adaptive machine technology for the production of fruits and berries with minimal anthropogenic risk for product quality and the environment/A. N. Perekopky, V. A. Yunin, A. V. Zykov, K. I. Egorova//Izvestia of the International Academy of Agrarian Education. 2021. № 53. Pp. 14-17.

4. Assessment of the quality of potatoes produced taking into account the principles and requirements of organic agriculture/A. V. Kolomeitsev, N. A. Mistratova, M. A. Yanova, A. A. Potekhin//Bulletin of KrasGAU. 2018. № 5 (140). Pp. 77-82.

5. Prospects for Improving the Operational Performance of Vehicles during In-House Transportation of Fruits and Vegetables/N.V. Byshov, S.N. Borychev, I. A. Uspensky [et al.]// Politematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2012. № 78. Pp. 227-238.

6. Improving the efficiency of the operation of vehicles and mobile agricultural equipment during in-house transportation/N.V. Byshov, S.N. Borychev, I.A. Uspensky [et al.]//Political Mathematical Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2013. № 88. Pp. 519-529.

7. Problems and technical solutions for the use of high-performance transport and agricultural equipment/A. S. Popov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin [et al.]//Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 114. Pp. 949-974.

8. Ways to reduce the injury rate of fruits and vegetables during in-house transportation/K. A. Zhukov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin [et al.]//Politematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. № 96. Pp. 360-372.

9. Simdyankin A. A., Belyu L. P. Assessment of the damage to apples in containers when they are transported on roads with different surfaces//Bulletin of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2020. № 4 (48). Pp. 113-121.

10. Preservation of fruits on domestic transportation/A. A. Simdyankin, I. A. Uspensky, L. P. Belyu, O. V. Filyushin//Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 2(58). Pp. 346-356.

11. Uspensky I. A., Yukhin I. A., Zhukov K. A. Promising devices to increase the safety of fruits and vegetables during in-house transportation//Politematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2014. № 95. Pp. 387-400.

12. Device for reducing fluctuations of the cargo platform/N.V. Anikin, S.V. Kolupaev, I.A. Uspensky, I.A. Yukhin//Rural machine operator. 2009. № 8. P. 31.

Информация об авторах

Белю Людмила Петровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и бизнес» НОЧУ ВО «Московский экономический институт» (РФ, 109390, г. Москва, ул. Артюхиной, д. 6, корп. 1), e-mail: mila2807@bk.ru

Успенский Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБНУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, e-mail: ivan.uspenckij@yandex.ru.

Юхин Иван Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобильная техника и теплоэнергетика», ФГБНУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, e-mail: yuival@rambler.ru.

Филиппин Олег Владимирович, кандидат технических наук, ассистент кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБНУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: olegfil93@mail.ru.

Кутыраев Александр Андреевич, лаборант кафедры «Техническая эксплуатация транспорта», ФГБНУ Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, д. 1), e-mail: kutyraev@bk.ru

Митрохина Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Тыловое обеспечение уголовно-исполнительной системы», Академии ФСИН России (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Сенная, д. 1), e-mail: k.mitroxina2011@yandex.ru

Authors Information

Belyu Lyudmila Petrovna, Candidate of technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Business at the Moscow Institute of Economics (109390, Moscow, 6 Artyukhina str., bldg. 1), e-mail: mila2807@bk.ru

Uspensky Ivan Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technical Operation of Transport" of the Federal State Budgetary Educational Institution Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (RF, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, e-mail: ivan.uspenckij@yandex.ru

Yukhin Ivan Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of "Automotive Engineering and Heat Power Engineering" of the Federal State Budgetary Educational Institution Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (RF, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, e-mail: yuival@rambler.ru

Filyushin Oleg Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Assistant of the Department "Technical Operation of Transport" of the Federal State Budgetary Educational Institution Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (390044, Moscow Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: olegfil93@mail.ru

Kutyraev Alexander Andreevich, laboratory assistant of the Department "Technical Operation of Transport" of the Federal State Budgetary Educational Institution Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), e-mail: kutyraev@bk.ru

Mitrokhina Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, lecturer of the Department "Logistics of the Penal Enforcement System" of the Academy of the Federal Penitentiary Service of Russia (RF, 390044, Ryazan, Sennaya str., 1), e-mail: k.mitroxina2011@yandex.ru

NUMERICAL MODELING AND DIGITAL MATHEMATICAL ANALYSIS IN THE STUDY OF COMPLEX SYSTEMS

V. G. Degtyarev, G. V. Degtyarev, O. G. Degtyareva

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: cst2007@mail.ru

Received 02.08.2023

Submitted 23.08.2023

Abstract

Introduction. Implementation of the import substitution system requires an increase in agricultural land. Farming on rainfed land has not proven to be feasible and efficient. Guaranteed stable yield is possible with obligatory irrigation according to the technological map. It is necessary to create automated systems of water distribution and irrigation and rational use of water resources during implementation of irrigation itself. **Object.** The object of research is a complex system "water conduit – ground base – vehicle load" and stress-strain state of the ground massif around the water conduit. **Materials and methods.** The investigations were carried out using the finite element method. Numerical modelling was carried out using Midas GTS NX software. The proven wxMaxima software was used for the numerical mathematical analysis of the large volume of figures. These software programs allow verification of how accurately the computer model represents the underlying mathematical model when reproducing theoretical solutions. In the next step, the model is subjected to validation, when it is determined how faithfully the computer model represents the real object. **Results and conclusions.** At research of work of the complex system "water conduit – ground base – load from a car" and definition of a stress-strain state of a ground massif it is established that value of a response function is determined to a considerable degree by force on a water conduit from a car, the function weakly reacts on height of clay soil above a water conduit; with increase of load the degree of influence on a response function remains constant; with increasing load, the degree of influence on the response function remains constant; at a force of 40 tonnes, the vertical stress reaches its minimum extremum, which is 350.38 kN/m² at a ground height above the conduit of 0.82 m; at a force of 20.25 tonnes, the stress function also tends to the minimum extremum; as the forces from the vehicle above the conduit decrease, the stress increments increase; at 40 tonnes the function increment is 1.39 kN/m², at 20.5 tonnes it is 6.43 kN/m², and at 5 tonnes it is 10.06 kN/m²; the relationship between the change in vertical stresses TOTAL S-YY in the soil mass of the waterway and the forces on the ground from the vehicle is linear; at the lowest force of 5.0 tonnes from the car on the water line, the vertical stress reaches the lowest value at the lowest ground height above the structure of 0.5 m, which is 288.14 kN/m². With a force of 40 tonnes on the conduit, the vertical stress reaches its highest value at the highest ground height above the structure of 1.2 m, which is 352.55 kN/m². The proposed algorithm can be used in the development of design documentation for the construction of culvert systems.

Key words: multifactor systems, numerical modelling, stress-strain state, mathematical analysis, culverts.

Citation. Degtyarev V. G., Degtyarev G. V., Degtyareva O. G. Numerical modeling and digital mathematical analysis in the study of complex systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 540-553 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-53.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 626.3

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВОЙ МАТЕМАТИЧЕСКИЙ
АНАЛИЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ****В. Г. Дегтярев**, кандидат технических наук, доцент**Г. В. Дегтярев**, доктор технических наук, профессор**О. Г. Дегтярева**, доктор технических наук, доцент*ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Российская Федерация*

Актуальность. Внедрение системы импортозамещения требует увеличения сельскохозяйственных угодий. Осуществление сельскохозяйственной деятельности на богаре не зарекомендовало себя как целесообразное и эффективное. Гарантированное получение стабильного урожая возможно при обязательном орошении согласно технологической карте. Необходимо создание автоматизированных систем водораспределения и полива и рационального использования водных ресурсов при реализации самого орошения. **Объект.** Объектом исследований является сложная система «водовод – грунтовое основание – нагрузка от автомобиля» и напряженно-деформированное состояние грунтового массива вокруг водовода. **Материалы и методы.** Исследования проводились с использованием метода конечных элементов. Численное моделирование осуществлялось с применением программного обеспечения Midas GTS NX. Для цифрового математического анализа большого объема цифр использовалось зарекомендовавшее себя программное обеспечение wxMaxima. Данные программного обеспечения позволяют верифицировать, насколько точно компьютерная модель представляет лежащую в ее основе математическую модель при воспроизводстве теоретических решений. На следующем этапе модель подвергается валидации, когда определяется, насколько достоверно компьютерная модель представляет реальный объект. **Результаты и выводы.** При исследовании работы сложной системы «водовод – грунтовое основание – нагрузка от автомобиля» и определении напряженно-деформированного состояния грунтового массива установлено, что значение функции отклика определяется в значительной степени усилием на водовод от автомобиля, функция слабо реагирует на высоту глинистого грунта над водоводом; с увеличением нагрузки степень воздействия на функцию отклика остается постоянной; при усилии в 40 т вертикальное напряжение достигает экстремума по минимуму которое составляет 350,38 кН/м² при высоте грунта над водоводом 0,82 м; при усилии в 20,25 т функция напряжений также стремится к экстремуму по минимуму; с уменьшением усилий от автомобиля находящегося над водоводом приращения по напряжениям возрастают; при усилии в 40 т приращение по функции составляет 1,39 кН/м², при усилии в 20,5 т – 6,43 кН/м², а при усилии в 5 т – 10,06 кН/м²; взаимосвязь изменения вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовой массе водовода от усилий на грунт от автомобиля линейна; при наименьшем усилии от автомобиля на водовод в 5,0 т вертикальное напряжение достигает наименьшего значения при наименьшей высоте грунта над сооружением в 0,5 м, что составляет 288,14 кН/м². При усилии на водовод в 40 т вертикальное напряжение достигает наибольшего значения при наибольшей высоте грунта над сооружением в 1,2 м, что составляет 352,55 кН/м². Предложенный алгоритм может быть использован при разработке проектной документации при устройстве водопропускных систем.

Ключевые слова: многофакторные системы, численное моделирование, напряженно-деформированное состояние, математический анализ, водопропускные устройства.

Цитирование. Дегтярев В. Г., Дегтярев Г. В., Дегтярева О. Г. Численное моделирование и цифровой математический анализ при исследовании сложных систем. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 540-553. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-53.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследование любого, тем более сложного объекта, предполагает в большинстве своем моделирование [15, 17]. Моделирование получило всплеск активности и результативности с всесторонним применением компьютеров [7, 9]. Принято различать аналитическое, численное и имитационное моделирование [10]. Интересующее нас численное моделирование предусматривает получение математической модели объекта, на котором можно зафиксировать и набрать статистику по данным, характеризующим конкретную ситуацию или технологический процесс [1, 11]. В последние десятилетия развитие численного моделирования в сложных системах основывается на учете реальных ситуаций и включает в себя пространственную дискретизацию, например, разделение грунта и проектируемого сооружения расчетной сеткой на ячейки, так называемые конечные элементы [5, 13].

Материалы и методы. Именно метод конечных элементов (МКЭ) в настоящее время превалирует в анализе напряженно-деформированных состояний конструктивных элементов в сложных системах при учете несущей способности их грунтовых оснований. Данному факту способствует доступность программного обеспечения и практически повсеместная компьютеризация проектно-конструкторской деятельности [16].

Вместе с тем широкое распространение МКЭ породило в ряде случаев систематически некорректно получаемые результаты, что имеет под собой основу не учета основных факторов, характеризующих процессы, при формировании математических моделей, а также сложность объектов, в том числе обусловленную нелинейностью поведения ряда факторов.

Ведущие ученые в международных ассоциациях, определяющие техническую политику в области использования МКЭ при расчетах и исследованиях сложных систем, вынуждены констатировать, что одной из наиболее сложных ситуаций можно считать ситуацию при использовании МКЭ в геотехнике, где грунт моделируется с помощью комплексной геомеханической модели для выявления взаимосвязи «напряжение-деформация» [2]. В свою очередь, рассматриваемая модель формируется в рамках сложной среды, таким образом, становится очевидным, сколь важен правильный выбор комплексной геомеханической модели, где на сегодня наибольшее распространение получили нижеследующие: для глинистых и песчаных грунтов Soft Soil, Soft Soil Crup, Hardening Soil и Hardening Soil Small.

Вместе с тем любая численная модель формируется на базе нескольких компонентов, которые сами по себе и в сочетании друг с другом являются источником допущения, а возможно, и ошибок. Именно с таких позиций рассматривают работу численных моделей их разработчики. Что же касается пользователей, то на сегодня, исходя из рекомендаций разработчиков, любая модель должна подвергаться процедуре верификации, где определяется, как точно компьютерная модель представляет лежащую в ее основе математическую модель при воспроизводстве теоретических решений, и это во-первых. Во-вторых, модель должна быть подвергнута валидации, когда определяется, насколько достоверно компьютерная модель представляет реальный объект. Таким образом, в аспекте указанной постановки вопросов процесс верификации компьютерных моделей – это прерогатива разработчиков программ, тогда как валидация остается за пользователями и на сегодня она решается путем обзора, оценки и анализа априорной информации, а также процедурами оценки значимости коэффициентов в математических моделях и адекватности моделей в целом.

Результаты и обсуждения. Рассмотрим на конкретном примере проанализированное с теоретической точки зрения решение сложной системы, посредством применения численного моделирования и цифрового математического анализа, например, водопропускного сооружения круглого поперечного сечения расположенного на гли-

нистом основании [6, 12]. Целью исследования в этом случае должно быть напряженно-деформированное состояние грунтового массива вокруг и под водоводом, так как к анализу выбираем вертикальные напряжения TOTAL S-YY (кН/м²). Состояние грунта рассматриваем при переменной высоте грунта над водоводом, принятой в пределах от 0,5 до 1,2 м, а также нагрузки от переезжающего водовод автомобиля, которая может изменяться от 5 до 40 т.

На рисунке 1 приведена реальная расчетная ситуация сложной системы, за которую принят водовод круглого поперечного сечения, находящийся в грунтовой массе с учетом его реологических свойств.



Рисунок 1 – Расчетная реальная ситуация водовода круглого поперечного сечения как сложной многофакторной системы

Figure 1 – The calculated real situation of a circular cross-section conduit as a complex of multifactor system

В соответствии с представленным алгоритмом исследования сложной системы вначале осуществляют посредством численного моделирования с применением программного обеспечения (ПО) Midas GTS NX, где учет реологических свойств грунта реализован в виде совмещенного стадийного моделирования в рамках расчетного случая, учитывающего изменчивость напряженно-деформированного состояние грунтового массива и фильтрации [4, 14].

На рисунке 2 представлена численная расчетная модель при реализации МКЭ для водовода круглого поперечного сечения, разработанная в ПО Midas GTS NX.

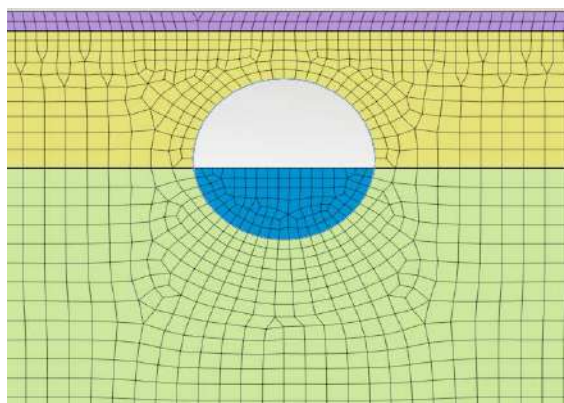


Рисунок 2 – Расчетная модель при реализации МКЭ для водовода круглого поперечного сечения, разработанная в ПО Midas GTS NX

Figure 2 – The calculation model for the implementation of the finite element method for a circular cross-section conduit, developed in the Midas GTS NX software

Результаты численного моделирования различных ситуаций при изменении факторов влияния на функцию отклика сведены в таблицу 1. При этом результаты расчета вертикальных напряжений TOTAL S-YY приведены в таблице 1 в сокращенном варианте, только для высоты грунта над водоводом 0,8 м. Тогда как в дальнейшей обработке и анализе результатов принимал участие весь массив цифр, полученный путем перебора всех возможных сочетаний и ситуаций по аргументам.

Таблица 1 – Расчет вертикальных напряжений TOTAL S-YY в водоводе как сложной системе, выполненный в ПО Midas GTS NX

Table 1 – Calculation of TOTAL S-YY vertical stresses in a conduit as a complex system, performed in Midas GTS NX software

Номер опыта	Нагрузка от оси автомобиля, т	Вертикальные напряжения TOTAL S-YY, кН/м ²
1	5	-290,92
2	10	-299,27
3	15	-307,68
4	20	-316,15
5	25	-324,64
6	30	-333,16
7	35	-341,72
8	40	-350,31

Визуализация расчета вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода посредством цветового кодирования результатов приведена на рисунке 3 при высоте грунта над водоводом 0,8 м и усилии от автомобиля в 20 т.

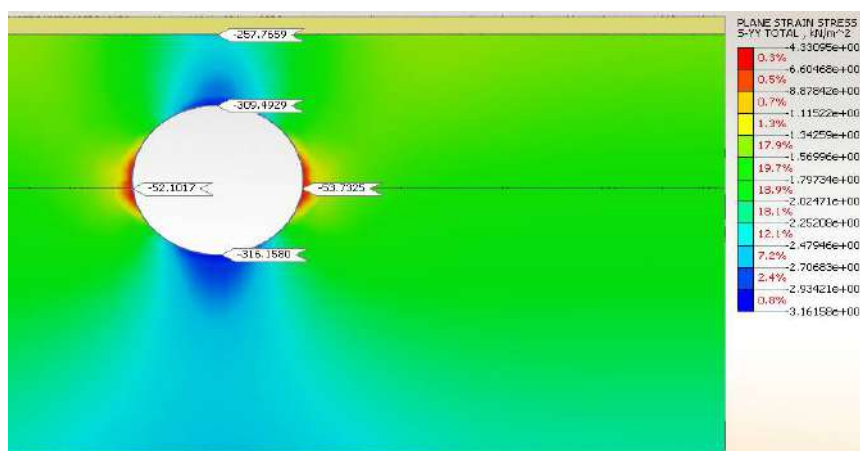


Рисунок 3 – Визуализация расчета вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода посредством цветового кодирования

Figure 3 – Visualization of the calculation of TOTAL S-YY vertical stresses in the ground mass of the conduit by means of color coding

Большой объем цифровых данных, полученный при реализации численного метода исследований и даже визуализация расчетов вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода посредством цветового кодирования не позволяют однозначно выявить степень влияния аргументов на изучаемую функцию. В этом случае в соответствии с представленным алгоритмом действий необходимо реализовать цифровой математический анализ полученного большого объема цифр. Для этого будем использовать хорошо зарекомендовавшее себя ПО wxMaxima [3, 8]. Именно опираясь на широкое применение данной программы при решении подобных задач считаем, что при ее использовании необходимость в процессе верификации отсутствует.

В свою очередь, работа с массивом цифр в программе wxMaxima для получения математической модели процесса, происходящего в сложной системе, должна начинаться с представления всех цифр в матричном виде. В сокращенном виде матрица процесса представляет нижеследующее:

M:matrix ([0.5, 5, -288.03], [0.5, 10, -296.52], [0.5, 15, -305.94], [0.5, 20, -314.95], [0.5, 25, -324.01], [0.5, 30, -333.12], [0.5, 35, -342.24], [0.5, 40, -351.42], [0.6, 5, -288.54], [0.6, 10, -297.27], [0.6, 15, -306.04], [0.6, 20, -314.87], [0.6, 25, -324.01], [0.6, 30, -332.60], [0.6, 35, -341.53], [0.6, 40, -350.51], [0.7, 5, -289.55], [0.7, 10, -298.07], [0.7, 15, -306.68], [0.7, 20, -315.3], [0.7, 25, -323.94], [0.7, 30, -332.65], [0.7, 35, -341.38], [0.7, 40, -350.15], [0.8, 5, -290.92], [0.8, 10, -299.27], [0.8, 15, -307.68], [0.8, 20, -316.15], [0.8, 25, -324.64], [0.8, 30, -333.16].

Учитывая работы, выполненные в данном направлении другими авторами [3, 8], выбираем представление математической модели процесса в виде полинома второй степени. В программе wxMaxima данная операция выполняется файлом s:lsquares_estimates (M, [x, y, z], $Z = a + b \cdot x + c \cdot y + d \cdot x \cdot y + e \cdot x^2 + f \cdot y^2$), где a, b, c, d, e, f являются коэффициентами в математической модели расчета вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода.

Реализация файла позволила получить следующие коэффициенты для уравнения модели:

$$a = -\frac{6225517}{22400}, b = \frac{2971}{840}, c = -\frac{218133}{112000}, d = \frac{97}{280}, e = -\frac{3847}{336}, f = -\frac{1201}{1680000}.$$

В математической модели коэффициенты представляют в десятичных дробях, что в программе преобразуется файлом float (%). При этом независимо от вида представления коэффициентов все они прошли процедуру проверки на значимость, а сама модель была проверена на адекватность, что позволило считать выполненной процедуру валидации с учетом реально получаемых по модели результатов.

В конечном итоге математическая модель имеет следующий вид:

$$Z(x, y) = -277,92487 + 3,53690 \cdot x - 1,94762 \cdot y + 0,34643 \cdot x \cdot y - 11,44940 \cdot x^2 - 7,14881 \cdot 10^{-4} \cdot y^{-2}.$$

Адекватная математическая модель предполагает возможность ее визуализации, что в wxMaxima реализуется посредством файла plot 3d, а результат представлен на рисунке 4.

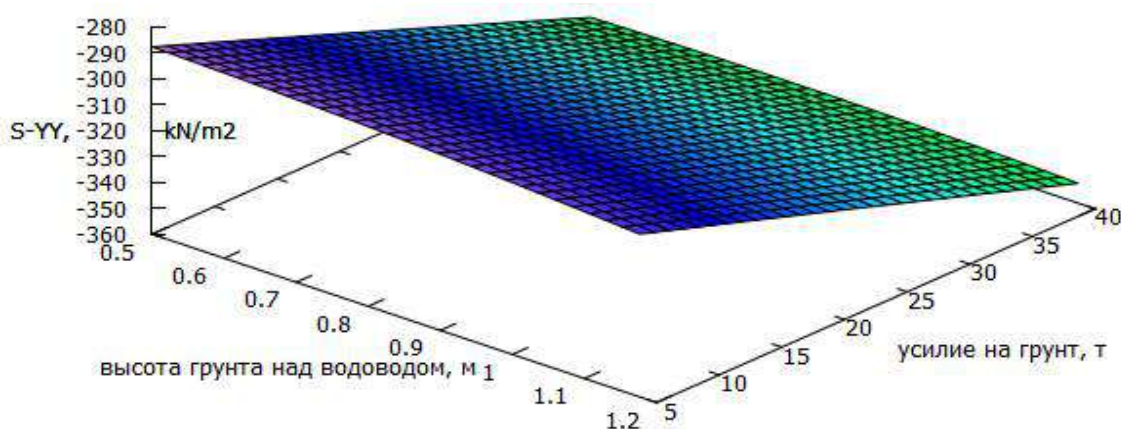


Рисунок 4 – Визуализированная математическая модель вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода

Figure 4 – Visualized mathematical model of vertical stresses TOTAL S-YY in the ground mass of the water conduit

Вид визуализированной функции отклика вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода позволяет отметить, что при изменении высоты грунта над водоводом от 0,5 до 1,2 м, а также усилия на грунт от автомобиля от 5 до 40 т значения вертикальных напряжений могут изменяться от 280 до 360 кН/м².

Дальнейшее исследование изменения вертикальных напряжений по представленному алгоритму предполагает построение линий равных уровней по полученной поверхности отклика. Данная задача в программе wxMaxima реализуется посредством файла contour_plot, а результат представлен на рисунке 5.

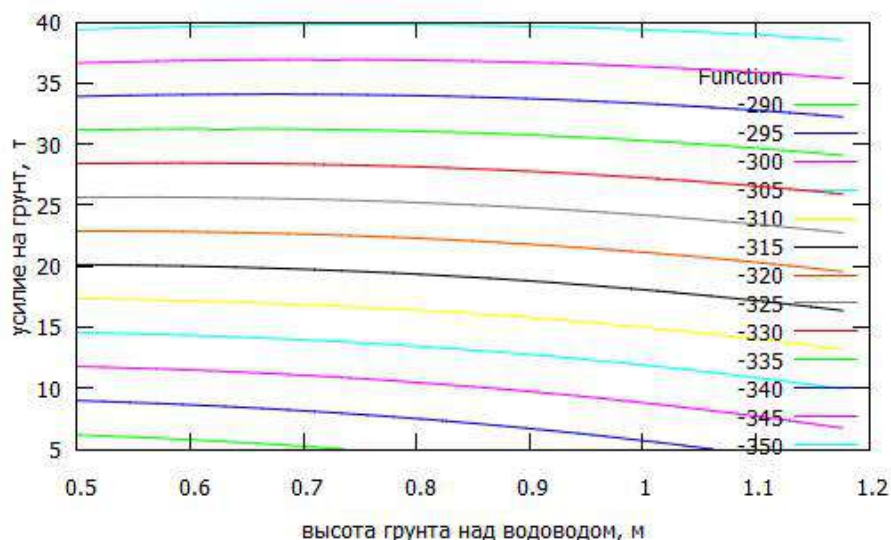


Рисунок 5 – Линии равных уровней по визуализированной математической модели вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода

Figure 5 – Lines of equal levels according to the visualized mathematical model of vertical stresses TOTAL S-YY in the ground mass of the conduit

Анализ графиков линий равных уровней по изменению вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода позволяет отметить, что значение функции отклика однозначно определяется в значительной степени усилием на водовод от автомобиля и практически функция весьма слабо реагирует на высоту глинистого грунта над водоводом. При этом с увеличением нагрузки степень воздействия на функцию отклика практически остается постоянной.

Дальнейшие исследования математической модели по принятому алгоритму выполняются построением сечений по линиям равных уровней при последовательной постановке каждого из аргументов на постоянные уровни. Отмеченное выполнено в программе wxMaxima при использовании файла plot 2d.

В связи с необходимостью выдвигения одного из аргументов на постоянные уровни рассмотрим постановку в математической модели влияния усилия от автомобиля, находящегося над водоводом, на следующие уровни $F_1 (5,0; y)$; $F_2 (20,25; y)$; $F_3 (40,0; y)$, что решает вопрос преобразования модели к видам:

$$F_1(x) = -11,4494 \cdot x^2 + 5,2689 \cdot x - 287,680772;$$

$$F_2(x) = -11,4494 \cdot x^2 + 10,5515 \cdot x - 317,65694548;$$

$$F_3(x) = -11,4494 \cdot x^2 + 17,3929 \cdot x - 356,972708.$$

Графические и аналитические интерпретации данных уравнений имеют вид, представленный на рисунке 6.

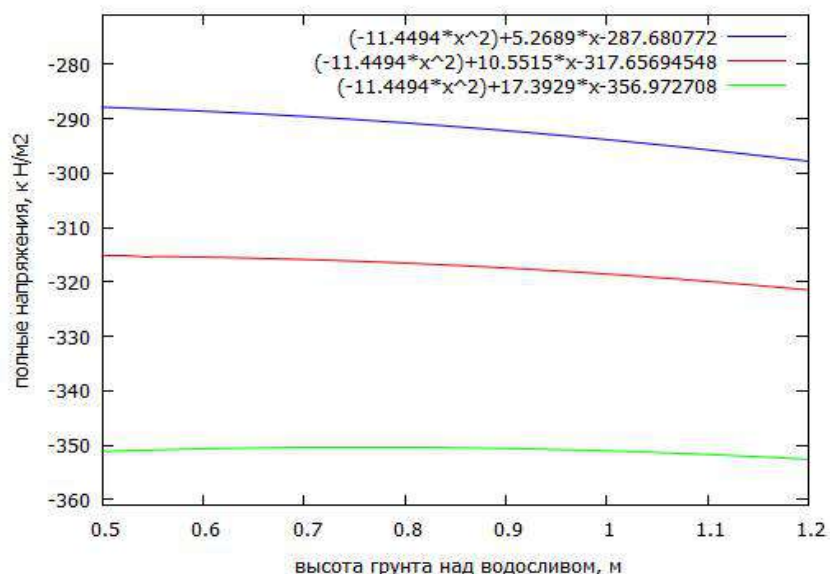


Рисунок 6 – Графики сечений по поверхности отклика при постоянных усилиях от автомобиля находящегося над водоводом

Figure 6 – Graphs of cross sections on the response surface with constant efforts from a car located above the water pipe

Аналитическая зависимость взаимосвязи изменения вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода от высоты грунта над ним близка к линейной с явным доминированием усилия от автомобиля на функцию отклика. При усилии в 40 т вертикальное напряжение достигает экстремума по минимуму которое составляет $350,38 \text{ кН/м}^2$ при высоте грунта над водоводом 0,82 м. При усилии в 20,25 т функция напряжений также стремится к экстремуму по минимуму, но не достигает его в пределах изменений аргумента (высоты грунта над водоводом) от 0,5 до 1,2 м.

Однако анализ графиков по функциям напряжений, приведенный в таблице 2, позволяет видеть, что с уменьшением усилий от автомобиля, находящегося над водоводом, приращения по напряжениям возрастают. Так, при усилии в 40 т приращение по функции составило $1,39 \text{ кН/м}^2$, при усилии в 20,5 т приращение составило $6,43 \text{ кН/м}^2$, а усилии в 5 т приращение по функции составило $10,06 \text{ кН/м}^2$.

Таблица 2 – Изменение значений вертикальных напряжений в контексте изменения высоты грунта над водоводом

Table 2 – Changes in the values of vertical stresses in the context of changes in the height of the soil above the conduit

Высота грунта над водоводом, м	Усилия от автомобиля на водовод, т		
	5,0	20,5	40,0
	Вертикальные напряжения, кН/м^2		
0,5	287,76	315,15	351,22
0,85	291,66	317,26	350,56
1,2	297,82	321,58	352,61

Рассмотрим постановку в математической модели высоты грунта над водоводом на следующие постоянные уровни: $F_1(0,5; y)$; $F_2(0,85; y)$; $F_3(1,2; y)$, что решает вопрос преобразования модели к видам:

$$F_1(x) = -7,1488 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 - 1,7744 \cdot x - 279,0188;$$

$$F_2(x) = -7,1488 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 - 1,65316 \cdot x - 283,1907;$$

$$F_3(x) = -7,1488 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 - 1,53192 \cdot x - 290,16776.$$

Графические и аналитические интерпретации данных уравнений имеют вид, представленный на рисунке 7.

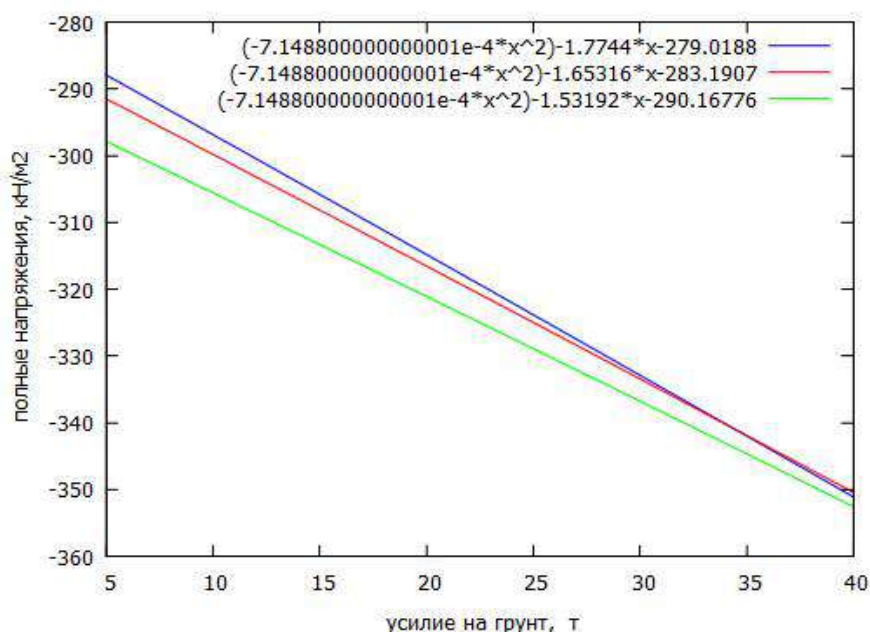


Рисунок 7 – Графики сечений по поверхности отклика при постоянных высотах грунта над водоводом

Figure 7 – Graphs of cross sections over the response surface at constant ground heights above the ground

Анализ графиков и уравнений взаимосвязи изменения вертикальных напряжений TOTAL S-YU в грунтовом массиве водовода от усилий на грунт от автомобиля показывает, что связь практически линейна. При этом при наименьшем усилии от автомобиля на водовод в 5,0 т вертикальное напряжение достигает наименьшего значения при наименьшей высоте грунта над сооружением в 0,5 м, что составляет 288,14 кН/м². При усилии на водовод в 40 т вертикальное напряжение достигает наибольшего значения при наибольшей высоте грунта над сооружением в 1,2 м, что составляет 352,55 кН/м². Более подробный анализ значений взаимосвязи изменения вертикальных напряжений TOTAL S-YU в грунтовом массиве водовода от усилий на грунт от автомобиля и высоты грунта над сооружением сведен в таблицу 3.

Таблица 3 – Изменение значений вертикальных напряжений в контексте изменения усилия от автомобиля на водовод

Table 3 – Changing the values of vertical stresses in the context of changing the forces from the car to the conduit

Усилия от автомобиля на водовод, т	Высота грунта над водоводом, м		
	0,5	0,85	1,2
	Вертикальные напряжения, кН/м ²		
5,0	288,14	291,42	298,13
20,5	315,75	317,26	322,23
40,0	351,30	350,30	352,55

Как видно из представленных в таблицах 2 и 3 расчетов значений вертикальных напряжений, последние несколько отличаются друг от друга. В таблице 4 дан расчет отклонений в вертикальных напряжениях, выраженный в процентах, при выборе постоянными одного из аргументов.

Таблица 4 – Отклонения в значениях вертикальных напряжений при выборе постоянным одного из аргументов

Table 4 – Deviations in the values of vertical stresses when choosing one of the arguments as a constant

Высота грунта над водоводом, м	Усилия от автомобиля на водовод, т		
	5,0	20,5	40,0
	отклонения в вертикальных напряжениях, при выборе постоянными одного из аргументов, %		
0,5	0,13	0,19	0,022
0,85	0,08	0,0	0,074
1,2	0,10	0,20	0,017

Анализ таблицы 4 позволяет видеть, что независимо от выбранного пути оценки вертикальных напряжений посредством выбора постоянными одного из аргументов, отклонения значений вертикальных напряжений близки или равны нулю.

Заключение. Представленный алгоритм исследований, включающий рассмотрение конкретного физического процесса, где необходимо уточнить параметры и режимы его работы, в конкретном случае напряженно-деформированного состояния грунтового массива вокруг водовода в обязательном порядке должен предусматривать численное моделирование объекта в одном из программных продуктов с использованием МКЭ.

При этом выбранная программа или должна быть многократно использована другими исследователями при решении подобных задач или верифицирована самим исследователем. Однако последний путь сложный, трудозатратный и зачастую не совпадающий с целями исследователя.

В то же самое время уже доступно большое количество программ, использующих метод конечных элементов при рассмотрении разных физических процессов, на которых возможно получение больших массивов цифр и цветовых интерпретаций их описывающих, как это представлено и в рассмотренном материале. Однако анализ как цифрового (в табличной форме), так и в цветовой интерпретации материала весьма затруднителен: во-первых, из-за большого объема, а во-вторых, из-за отсутствия аппроксимаций, нацеленных на выявление влияния факторов на процесс.

При исследовании работы сложной системы «водовод – грунтовое основание – нагрузка от автомобиля» и определении напряженно-деформированного состояния грунтового массива с использованием численного моделирования и цифрового математического анализа было установлено, что:

- значение функции отклика однозначно определяется в значительной степени усилием на водовод от автомобиля, вместе с тем функция слабо реагирует на высоту глинистого грунта над водоводом;

- с увеличением нагрузки степень воздействия на функцию отклика практически остается постоянной;

- при усилии в 40 т вертикальное напряжение достигает экстремума по минимуму которое составляет $350,38 \text{ кН/м}^2$ при высоте грунта над водоводом 0,82 м;

- при усилии в 20,25 т функция напряжений также стремится к экстремуму по минимуму, но не достигает его в пределах изменений аргумента от 0,5 до 1,2 м;

- с уменьшением усилий от автомобиля находящегося над водоводом приращения по напряжениям возрастают;

- при усилии в 40 т приращение по функции составляет $1,39 \text{ кН/м}^2$, при усилии в 20,5 т – $6,43 \text{ кН/м}^2$, а при усилии в 5 т – $10,06 \text{ кН/м}^2$;

– взаимосвязь изменения вертикальных напряжений TOTAL S-YY в грунтовом массиве водовода от усилий на грунт от автомобиля линейна;

– при наименьшем усилии от автомобиля на водовод в 5,0 т вертикальное напряжение достигает наименьшего значения при наименьшей высоте грунта над сооружением в 0,5 м, что составляет 288,14 кН/м². При усилии на водовод в 40 т вертикальное напряжение достигает наибольшего значения при наибольшей высоте грунта над сооружением в 1,2 м, что составляет 352,55 кН/м².

Решение исследовательской задачи с использованием такого алгоритма посредством применения цифрового математического анализа, способствующего обработке больших массивов цифр, получению математической модели процесса от принятых к исследованию факторов, дало возможность оценить степень влияния каждого фактора на функцию отклика путем преобразований общей математической модели. Детализация исследований путем постановки каждого из факторов на постоянные уровни позволяет сравнить полученные результаты при реализации различных подходов к функции отклика. И уже на основании этого, когда отклонения по результатам стремятся к нулевым значениям, принять ПО прошедшим валидацию и пригодным к применению, в конкретной рассмотренной задаче оценки напряженно-деформированного состояния грунтового массива вокруг водовода.

Conclusions. The presented research algorithm, which includes consideration of a specific physical process where it is necessary to clarify the parameters and modes of its operation, in the specific case of the stress-strain state of the soil mass around the water conduit, must necessarily include numerical modeling of the object in one of the software products using the finite element method.

In this case, the selected program must either be reused by other researchers when solving similar problems or verified by the researcher himself. However, the latter path is complex, labor-intensive, and often does not coincide with the researcher's goals.

At the same time, a large number of programs are already available that use the finite element method when considering various physical processes, in which it is possible to obtain large arrays of numbers and color interpretations describing them, as is presented in the material considered. However, analysis of both digital (in tabular form) and color interpretation of the material is very difficult: firstly, due to the large volume, and secondly, due to the lack of approximations aimed at identifying the influence of factors on the process.

When studying the operation of a complex system “water pipeline - soil foundation - vehicle load” and determining the stress-strain state of the soil mass using numerical modeling and digital mathematical analysis, it was found that:

– the value of the response function is uniquely determined to a large extent by the force on the water conduit from the car, however, the function weakly responds to the height of the clay soil above the water conduit;

– with increasing load, the degree of influence on the response function remains practically constant;

– with a force of 40 tons, the vertical stress reaches an extreme minimum, which is 350.38 кН/м² with a soil height above the water conduit of 0.82 m;

– with a force of 20.25 tons, the stress function also tends to an extremum at a minimum, but does not reach it within the range of argument changes from 0.5 to 1.2 m.

– with a decrease in the forces from the car located above the conduit, the stress increases increase;

– with a force of 40 t, the increment in function is 1.39 кН/м², with a force of 20.5 t – 6.43 кН/м², and with a force of 5 t – 10.06 кН/м²;

– the relationship between the change in vertical stresses TOTAL S-YY in the soil mass of the water conduit and the forces on the ground from the car is linear;

– with the least force from the car on the water pipeline of 5.0 t, the vertical stress reaches its lowest value at the lowest height of the soil above the structure of 0.5 m, which is 288.14 кН/м². With a force on the conduit of 40 tons, the vertical stress reaches its greatest value at the highest height of the soil above the structure of 1.2 m, which is 352.55 кН/м².

Solving a research problem using such an algorithm through the use of digital mathematical analysis, which facilitates the processing of large arrays of numbers, obtaining a mathematical model of the process from the factors accepted for research. It made it possible to assess the degree of influence of each factor on the response function by transforming the general mathematical model. Detailing the research by setting each of the factors to constant levels makes it possible to compare the results obtained when implementing different approaches to the response function and, based on this, when deviations in the results tend to zero values, accept the software as validated and suitable for use, in specific considered problem of assessing the stress-strain state of the soil mass around the water conduit.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф. К., Дегтярев В. Г., Коженко Н. В. Анализ основания мелиоративной плотины при работе в напорно-переменном режиме // Аграрный научный журнал. 2021. № 8. С. 82-86.
2. Абдразаков Ф. К., Панкова Т. А., Щербаков В. А. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние гидротехнических сооружений // Аграрный научный журнал. 2016. № 10. С. 56-61.
3. Абдразаков Ф. К., Дегтярев В. Г., Дегтярев Г. В. Цифровое моделирование и анализ перемещения основания гидромелиоративной плотины в перспективной технологии формирования ресурсов воды // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 82-87.
4. Бандурин М. А. Совершенствование методов проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений // Мелиорация и гидротехника. 2013. № 1 (09). С. 68-79.
5. Безопасность сооружений инженерной защиты долины реки Псекупс с учетом изменившихся во времени нагрузок и воздействий / В. А. Волосухин [и др.] // Природообустройство. 2022. № 5. С. 52-59.
6. Васильев С. М. Водосберегающие технологии орошения и рациональное использование водных ресурсов в АПК России // Современные проблемы развития мелиорации и пути их решения (Костяковские чтения). 2020. С. 6-11.
7. Дегтярев Г. В., Свистунов Ю. А. Низконапорные гидроциклоны-осветлители вод поверхностного стока. 2005.
8. Дегтярева О. Г., Васильев С. М. Численное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния основания плотины сезонного регулирования // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 2. С. 92-110.
9. Информационные технологии и математическое моделирование при проектировании берегозащитных сооружений / Т. Ю. Хаширова [и др.] // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 9. С. 13-17.
10. Моделирование и расчет железобетонных конструкций здания в программном комплексе STARK ES / Г. В. Дегтярев [и др.]. 2018.
11. Моделирование напряженно-деформированного состояния водопроводящих сооружений на примере гидроузла Сальского водохранилища / М. А. Бандурин [и др.] // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8-1. С. 22-26.
12. Моторная Л. В., Хаджиди А. Е. Рациональное водопользование и экологическая безопасность оросительных систем // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (386). С. 161-164.
13. Применение численного моделирования для расчета ветрового волнения на Крюковском водохранилище / И. А. Приходько [и др.] // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 353-378.
14. Экспериментальное исследование механических свойств низового клина низконапорной дамбы в условиях повышения уровня паводковых вод / М. А. Бандурин, В. А. Волосухин, И. А. Приходько, А. Ю. Вербицкий // Construction and Geotechnics. 2023. Т. 14, № 1. С. 111-122.
15. Khashirova T. Y., Olgarenko I. V., Kozhenko N. V. The influence analysis of the structures and applied software systems' soil foundations design models // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. V. 913. № 2. P. 022050.

16. Olgarenko V. I., Khashirova T. Y., Kozhenko N. V. Assessment of the damage impact to particular water structures on their performance // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. Vol. 913. № 2. P. 022054.

17. Resource-saving technologies and some proposals for the creation of automated reclamation systems / Z. G. Lamerdonov [et al.] // Ecology and Industry of Russia. The link is disabled. 2021. Vol. 25. № 7. P. 8-12.

References

1. Abdrazakov F. K., Degtyarev V. G., Kozhenko N. V. Analysis of the foundation of a reclamation dam when operating in a pressure-variable mode // Agrarian Scientific Journal. 2021. No. 8. pp. 82-87.

2. Abdrazakov F. K., Pankova T. A., Shcherbakov V. A. Factors influencing the operational condition of hydraulic structures // Agrarian Scientific Journal. 2016. No. 10. pp. 56-61.

3. Abdrazakov F. K., Degtyarev V. G., Degtyarev G. V. Digital modeling and analysis of the movement of the foundation of a hydro-reclamation dam in a promising technology for the formation of water resources // Agrarian Scientific Journal. 2022. No. 6. pp. 82-87.

4. Bandurin M. A. Improvement of methods of operational monitoring and determination of the residual resource of water supply facilities // Melioration and hydraulic engineering. 2013. No. 1 (09). pp. 68-79.

5. Safety of engineering protection structures of the Psekups River valley taking into account loads and impacts that have changed over time / V. A. Volosukhin [et al.] // Nature management. 2022. No. 5. pp. 52-59.

6. Vasiliev S. M. Water-saving irrigation technologies and rational use of water resources in the agro-industrial complex of Russia // Modern problems of melioration development and ways to solve them (Kostyakovsky readings). 2020. pp. 6-11.

7. Degtyarev G. V., Svistunov Yu. A. Low-pressure hydrocyclones-clarifiers of surface runoff waters. 2005.

8. Degtyareva O. G., Vasiliev S. M. Numerical modeling and investigation of the stress-strain state of the foundation of the dam of seasonal regulation // Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. Vol. 11. No. 2. pp. 92-110.

9. Information technologies and mathematical modeling in the design of coastal protection structures / T. Y. Hashirova [et al.] // Ecology and industry of Russia. 2019. Vol. 23. No. 9. pp. 13-17.

10. Modulating and calculating baton concrete equipment in the STARK ES software package / G. V. Degtyarev [et al.]. 2018.

11. Modeling of the stress-strain state of water supply structures on the example of the Salsky reservoir hydroelectric unit / M. A. Bandurin [et al.] // Modern high-tech technologies. 2016. No. 8-1. pp. 22-26.

12. Motornaya L. V., Hadjidi A. E. Rational water use and ecological safety of irrigation systems // International Agricultural Journal. 2022. No. 2 (386). pp. 161-164.

13. Application of numerical modeling for calculating wind waves at the Kryukovsky reservoir / I. A. Prikhodko [et al.] // Melioration and hydraulic engineering. 2023. Vol. 13. No. 2. pp. 353-378.

14. Experimental study of the mechanical properties of the bottom wedge of a low-pressure dam in conditions of rising flood water levels / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. A. Prikhodko, A. Yu. Verbitsky // construction and geotechnics. 2023. Vol. 14, No. 1. pp. 111-122.

15. Hashirova T. Yu., Olgarenko I. V., Kozhenko N. V. Analysis of the influence of structures and models for designing soil foundations of applied software complexes // IOP Conference series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing House, 2020. Vol. 913. No. 2. p. 022050.

16. Olgarenko V. I., Hashirova T. Yu., Kozhenko N. V. Assessment of the impact of damage to specific hydraulic structures on their operational characteristics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing House, 2020. Vol. 913. No. 2. p. 022054.

17. Resource-saving technologies and some proposals for the creation of automated reclamation systems / Z. G. Lamerdonov [et al.] // Ecology and Industry of Russia. The link is disabled. 2021. Vol. 25. No. 7. pp. 8-12.

Информация об авторах

Дегтярев Владимир Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры Гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (РФ, 350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), тел.: +78612215860, e-mail: cst2007@mail.ru

Дегтярев Георгий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Строительного производства Архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (РФ, 350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), тел.: +78612215915, e-mail: degtyarev.g.v@mail.ru

Дегтярева Ольга Георгиевна, доктор технических наук, доцент кафедры Строительного производства Архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина (РФ, 350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, д. 13), тел.: +78612215915, e-mail: marxotgeo@mail.ru

Authors Information

Degtyarev Vladimir Georgievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Hydraulics and Agricultural Water Supply faculty of hydro-reclamation, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar Krai, Krasnodar, Kalinin str., 13), tel.: +78612215860, e-mail: cst2007@mail.ru

Degtyarev Georgy Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction Production Faculty of Architecture and Civil Engineering Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar Krai, Krasnodar, Kalinin str., 13), tel.: +78612215915, e-mail: degtyarev.g.v@mail.ru

Degtyareva Olga Georgievna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production Faculty of Architecture and Civil Engineering Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar Krai, Krasnodar, Kalinin str., 13), tel.: +78612215915, e-mail: marxotgeo@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-54

CORRECTION OF WATER ACIDITY AND CONCENTRATION OF OXYGEN DISSOLVED IN WATER IN CLOSED WATER SUPPLY INSTALLATIONS

A. P. Evdokimov, V. I. Komarova, A. A. Cherniaev

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Received 23.05.2023

Submitted 04.07.2023

Corresponding author E-mail: apevdokimov@yandex.ru

The research was carried out within the framework of the postgraduate training program in the department "Electrical equipment and electrical equipment of agricultural enterprises" of the Volgograd State Agrarian University on a budgetary basis

Summary

The article presents the results of a research of the rate of change in the pH level and the maximum pH values when soda is added to distilled water and water from fish production. The dependences of the change in the concentration of dissolved oxygen in water on the change in the volume of supplied air are obtained.

Abstract

Introduction. The most important chemical parameters of water in recirculating water supply installations are the level of water acidity and the concentration of oxygen dissolved in water. They have a significant impact on the growth and development of fish and require special attention. During stable operation, the system can independently maintain the pH level, but if emergency situations occur, the water can change the pH in an acidic direction to values dangerous for fish. Baking soda can restore the optimal PH level during acidification. It not only makes it possible to raise the pH to the alkaline

side, but also increases the productivity of biological filters. The oxygen concentration is constantly maintained using oxygen generators, which saturate the water with oxygen. To control the oxygen supply system to water, it is necessary to have information about the dependence of changes in the concentration of dissolved oxygen on the volume of supplied air. **Object.** Chemical parameters of water in closed water supply installations. **Materials and methods.** Studies have been carried out to determine the rate of change in water pH and its maximum value. During the study, distilled water and water from closed water supply installations were used, and air was supplied to it to simulate the process of bubbling water. The study of the process of water saturation with oxygen depending on the volume of air supplied per unit time took place in two stages. At the first stage, the required speed of air supply to the water was established. And on the second, the process of measuring the concentration of oxygen dissolved in water took place. **Results and conclusions.** The dependence of the change in pH of distilled water on time was obtained for different masses of added soda. It has been established that the process of pH growth, depending on the increase in soda concentration, occurs faster in distilled water than in water from closed water supply systems. A study of the process of water saturation with oxygen showed that an increase in the aeration rate leads to an increase in the maximum oxygen concentration in water and a decrease in the time to reach the maximum oxygen concentration.

Key words: acidity of water, dissolved oxygen, recirculation systems, soda, hydrobionts.

Citation. Evdokimov A.P., Komarova V.I., Cherniaev A.A., Correction of water acidity and concentration of oxygen dissolved in water in closed water supply installations. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 553-565 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-54.

Author's contribution. All authors of the current study are directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors submitted articles about travel and travel submitted in the final version.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

УДК 639.3.06:681.542.32

КОРРЕКЦИЯ КИСЛОТНОСТИ ВОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ КИСЛОРОДА В УСТАНОВКАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. П. Евдокимов, кандидат технических наук, доцент

В. И. Комарова, кандидат биологических наук, доцент

А. А. Черняев, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

*Исследования проводились в рамках программы аспирантской подготовки по кафедре
«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского
государственного аграрного университета на бюджетной основе*

Актуальность. Важнейшими химическими параметрами воды в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) являются уровень кислотности воды и концентрация растворенного в воде кислорода. Они оказывают существенное влияние на рост и развитие рыбы и требуют особого к себе внимания. При стабильной работе система может самостоятельно поддерживать уровень pH, однако при возникновении аварийных ситуаций вода может изменить pH в кислую сторону до опасных для рыбы значений. Восстановить оптимальный уровень pH при закислении может пищевая сода. Она не только дает возможность поднять pH в щелочную сторону, но и позволяет повысить производительность биологических фильтров. Концентрацию кислорода постоянно поддерживают с помощью оксигенаторов, которые насыщают воду кислородом. Для управления системой подачи кислорода в воду необходимо обладать информацией о зависимости изменения концентрации растворенного кислорода от объема подаваемого воздуха. **Объект.** Химические параметры воды в установках замкнутого водоснабжения. **Материалы и методы.** Проведены исследования для определения скорости изменения pH воды и его максимального значения. При исследовании применялась дистиллированная вода и вода из УЗВ, а

для имитации процесса барботации воды в нее подавался воздух. Исследование процесса насыщения воды кислородом в зависимости от объема подаваемого в единицу времени воздуха происходило в два этапа. На первом этапе устанавливался необходимый скоростной режим подачи воздуха в воду. А на втором происходил процесс измерения концентрации растворенного в воде кислорода. **Результаты и выводы.** Получена зависимость изменения рН дистиллированной воды от времени при различной массе вносимой соды. Установлено, что процесс роста рН в зависимости от увеличения концентрации соды происходит быстрее у дистиллированной воды, чем у воды из УЗВ. Исследование процесса насыщения воды кислородом показало, что увеличение скорости аэрации приводит к увеличению максимальной концентрации кислорода в воде и уменьшению времени достижения максимального значения концентрации кислорода.

Ключевые слова: кислотность воды, растворенный кислород, установки замкнутого водоснабжения, сода, гидробионты.

Цитирование: Евдокимов А. П., Комарова В. И., Черняев А. А. Коррекция кислотности воды и концентрации растворенного в воде кислорода в установках замкнутого водоснабжения. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 553-565. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-54.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили его с представленным окончательным вариантом.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращивание рыбы в установках замкнутого водоснабжения обладает рядом преимуществ перед другими способами культивации рыбы [1]. В прудовых хозяйствах, обладающих обширными площадями водоемов, требуется отслеживание состояния воды и экологических показателей всего водоема [9], а на показатели жизнедеятельности рыбы оказывает существенное влияние смена сезонов года.

К преимуществам УЗВ можно отнести малые производственные площади, экологическую чистоту производства, независимость от внешних погодных условий и времени года, создание комфортных условий для рыбы внутри производственных помещений [7, 13]. Однако данная технология обладает и своими недостатками, одним из которых является необходимость следить за химическим составом воды: концентрацией растворенного кислорода в воде, уровнем кислотности воды рН, количеством нитритов, нитратов и аммиака в воде и т.д. Важнейшими химическими параметрами воды являются концентрация растворенного кислорода в воде и уровень кислотности воды [2, 11].

Для разных пород рыбы существуют свои безопасные границы кислотности и нормы по концентрации растворенного кислорода. Полная шкала рН приведена на рисунке 1.

Для тех видов рыб, жизненной средой которых является холодная проточная вода (лосось, форель и т.д.), требуется более высокая концентрация кислорода, чем для рыб, обитающих в теплой слабопроточной воде или в теплых морях (карпы, сомы, угри и т.д.) [4, 12].

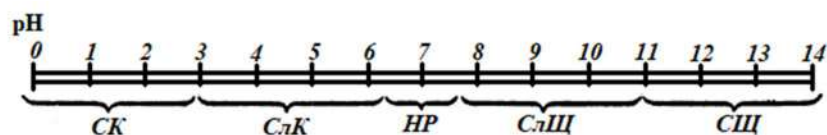


Рисунок 1 – Шкала рН

СК – сильнокислая среда; СлК – слабокислая среда; НР – нейтральная среда;

СлЩ – слабощелочная среда; СЩ – сильнощелочная среда

Figure 1 – pH scale

СК – strongly acidic medium; СлК – slightly acidic medium; НР – neutral environment;

СлЩ – weakly alkaline medium; СЩ – strongly alkaline environment

От pH зависят константы диссоциации многих химических реакций, происходящих в водных растворах. С увеличением pH равновесие между NH_4^+ (аммоний) и NH_3 (аммиак) в водной среде сдвигается в сторону образования NH_3 . Для большинства видов рыб NH_3 является высокотоксичным веществом. Если значение pH воды в значительной мере отличается от нейтральной, то вода сама по себе может стать токсичной для большинства гидробионтов.

Изменение уровня кислотности воды оказывает влияние на то, как часто рыба питается, сколько усвоится корма, на прирост массы, уровень газообмена в организме и другие жизненные процессы, а при критических изменениях может привести к гибели рыбы [5, 8, 10].

Во время работы установок замкнутого водоснабжения происходит саморегулирование pH как системой биологической и механической фильтрации, так и организмами, живущими в воде, но это не исключает вероятности возникновения аварийных ситуаций, во время которых pH может опускаться до опасных для рыбы значений [3]. В таких случаях необходимо применять регулирующие вещества, а иногда и полностью перезапускать систему и заново разводить бактерий, живущих в биологическом фильтре. Пример установки замкнутого водоснабжения приведен на рисунке 2.

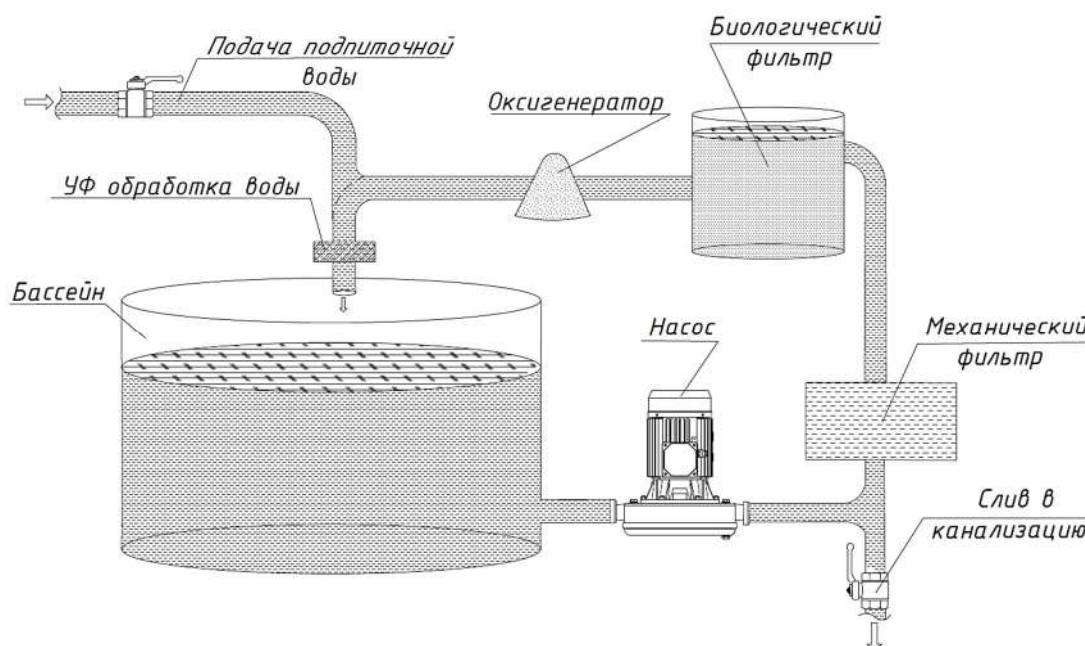
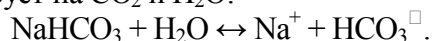


Рисунок 2 – Схема установки замкнутого водоснабжения

Figure 2 – Scheme of the recirculating aquaculture system

Одним из веществ, которые могут предотвратить изменение pH в кислую сторону, является пищевая сода [3]. Она не только дает возможность изменить pH в щелочную сторону при закислении воды, но также питает бактерии – автотрофы, живущие в биологических фильтрах системы, поднимая производительность этих фильтров.

Пищевая сода (NaHCO_3) вступает в реакцию с водой с образованием угольной кислоты H_2CO_3 , которая диссоциирует на CO_2 и H_2O :



Теоретически pH рассчитывается по формуле:

$$\text{pH}_{\text{теор.}} = 7 + (0,5 \cdot \text{P}_k) + (0,5 \cdot \lg (C)), \quad (1)$$

где P_k – константа диссоциации неорганических кислот (табличное значение); C – молярный объем NaHCO_3 , моль.

Однако результаты такого расчета требуют экспериментальной проверки.

Если при стабильной работе установка может самостоятельно поддерживать уровень pH, то концентрацию кислорода постоянно поддерживают с помощью оксигенаторов, которые насыщают воду кислородом. Процесс насыщения выполняется как перед подачей воды в бассейн, так и в самом бассейне с помощью распылителей.

Насыщенность воды кислородом регулируют с помощью изменения объема воздуха, подаваемого в воду в единицу времени (интенсивности аэрирования). На результат аэрации также оказывает влияние размер пузырьков воздуха, подаваемого аэратором через распылитель. Распылители делятся на три группы: крупнопузырьковые (диаметр пор распылителя до 3,0 мм, образующиеся пузыри воздуха имеют диаметр от 10 до 15 мм), среднепузырьковые (диаметр пор от 1,5 до 3,0 мм, пузыри воздуха – от 5 до 10 мм) и мелкопузырьковые (диаметр пор до 1,0 мм, пузыри воздуха – до 5 мм).

При концентрации растворенного кислорода ниже оптимальных значений рыба начинает дышать чаще, частота сердцебиения может возрасти до 5 раз, компенсируя низкую концентрацию кислорода за счет более частого дыхания, вследствие чего происходит увеличение трат энергии на обеспечение рыбы кислородом [6]. Стоит отметить, что даже в положении покоя рыба расходует до половины всей энергии на процесс дыхания, а при дефиците кислорода для дыхания используется кислород, предназначенный для обмена веществ и прироста массы.

Таким образом, pH и концентрация растворенного в воде кислорода оказывают существенное влияние на рост и развитие рыбы и требуют особого внимания.

Материалы и методы. Проведены экспериментальные исследования изменения pH дистиллированной воды и воды из оборотной системы УЗВ при внесении соды, а также изучен процесс насыщения кислородом воды в зависимости от скорости аэрации.

Схема эксперимента с дистиллированной водой приведена на рисунке 3. В емкость наливалась дистиллированная вода объемом 250 мл, после чего туда вносилась порошковая сода. Для ускорения процесса растворения вносимой соды осуществлялась барботация воды в емкости путем подачи воздуха с помощью распылителя 1 компрессора 4. Измерения кислотности воды производились ранее разработанным pH-метром. При этом данные от датчика поступали в аналоговом виде в АЦП микроконтроллера, преобразовывались в цифровой код и записывались во внешней EEPROM памяти, позволяющей сохранить более 16 000 экспериментальных значений с интервалом между записями 0,5 с. Это позволило получить большой массив экспериментальных данных, что облегчило процесс аппроксимации.

Для определения объема воды в опыте применялась мерная посуда для жидкости, а соду взвешивали на весах с абсолютной погрешностью ± 1 мг. Температура исследуемого раствора поддерживалась в интервале от 20 до 22°C.

Перед проведением каждого опыта вся посуда промывалась дистиллированной водой, воздушный компрессор также помещался в отдельную емкость с дистиллированной водой и некоторое время работал, чтобы из его распылителя удалился щелочной раствор от предыдущего опыта. Массу вносимой соды увеличивали и начинали проведение нового опыта.

Полученные данные считывались из микросхемы памяти с помощью устройства извлечения, в состав которого входит микроконтроллер и интерфейс преобразования данных. Преобразованные данные поступали в компьютер, на котором было установлено специальное программное обеспечение, которое выводило полученные данные на экран монитора.

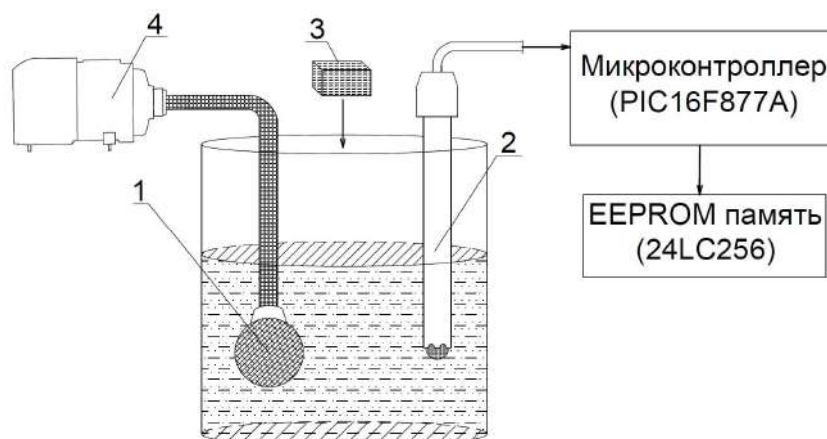


Рисунок 3 – Схема проведения опыта по исследованию pH дистиллированной воды:

1 – распылитель кислорода; 2 – датчик pH; 3 – вносимая сода;
4 – воздушный компрессор.

Figure 3 – Scheme of the experiment on the study of the pH of distilled water:

1 – oxygen atomizer; 2 – pH sensor; 3 – applied soda; 4 – air compressor.

Экспериментальное исследование зависимости pH от концентрации соды в воде проводилось как в дистиллированной воде, так и в воде из УЗВ. В емкость с водой объемом 250 мл вносилась порошковая сода. Путем барботажия воды в емкости происходило полное растворение соды (рисунок 4). Измерение кислотности воды производилось аналогично предыдущему эксперименту.

Стоит отметить, что в отличие от дистиллированной воды в воде из УЗВ находилось много такого биологического материала, как остатки кормов, результаты процесса жизнедеятельности рыбы, а также микроорганизмы. Все это оказало влияние на процесс растворения соды и характер изменения pH. Важно было провести опыты непосредственно после забора воды, так как по истечении суток она мутнела, приобретала неприятный запах и по своим параметрам кардинально отличалась от свежей воды из УЗВ.

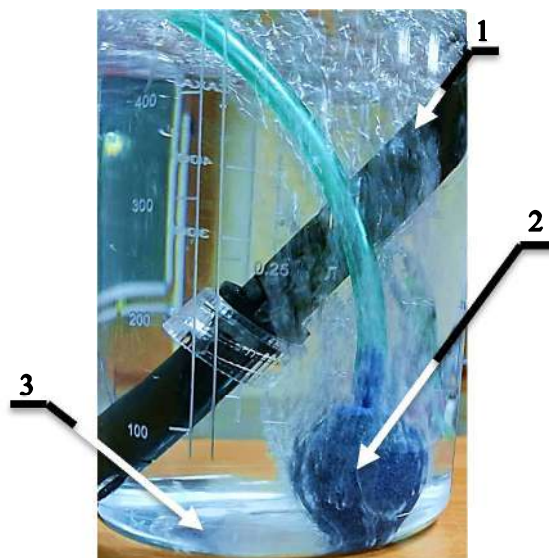


Рисунок 4 – Исследование pH оборотной воды из УЗВ:

1 – датчик pH; 2 – погружаемая часть воздушного компрессора; 3 – внесенная сода

Figure 4 – Investigation of pH of recycled water from closed water supply installations:

1 – pH sensor; 2 – submersible part of the air compressor; 3 – applied soda

Эксперимент по изучению процесса насыщения кислородом воды в зависимости от скорости аэрации проходил в два этапа. На первом этапе устанавливался необходимый режим подачи воздуха, на втором – измерялась концентрация растворенного кислорода.

Применялось следующее оборудование: две емкости с объемом 1 и 5 литров, воздушный компрессор AquaSolid IQ 027 со скоростью подачи воздуха 3 л/м, мелкопузырьковый распылитель, аналоговый датчик растворенного кислорода DFRobot и микроконтроллер Atmega328P.

Для определения скорости аэрации была разработана установка (рисунок 5), состоящая из емкостей 1 и 2. В емкость 2 набиралось 500 мл воды, после чего она помещалась в емкость 1, которая была предназначена для приема вытесняемой жидкости. Для подачи воздуха использовался компрессор 5, а регулирование скорости аэрации осуществлялось краном 4. Было необходимо так отрегулировать кран 4, чтобы 500 мл воздуха вытеснялись за необходимое время. Интервалы времени фиксировались секундомером 6. Для эксперимента были выбраны 5 скоростных режимов подачи воздуха от 0,5 л/м до 2,5 л/м с шагом 0,5 л/м. В таблице 1 приведены данные о времени и соответствующей скорости подачи воздуха.

Таблица 1 – Исходные данные первого этапа эксперимента

Table 1 – Initial data of the first stage of the experiment

Объем вытесняемой жидкости, мл	500				
Время полного вытеснения, с	60	30	20	15	12,5
Скорость подачи воздуха, л/м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5

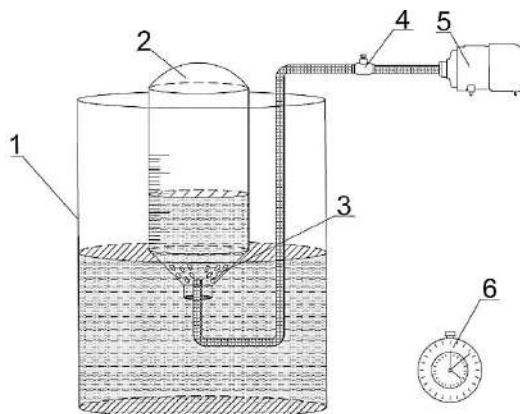


Рисунок 5 – Установка для определения объема подачи воздуха:

1 – большая емкость, 2 – емкость с мерными отметками, 3 – отверстия для отвода воздуха, 4 – регулировочный кран, 5 – воздушный компрессор, 6 – секундомер

Figure 5 – Installation for determining the volume of air supply:

1 – large container, 2 – container with measured marks, 3 – air outlet holes, 4 – adjusting valve, 5 – air compressor, 6 – stopwatch

Воздушный компрессор 5 запускался одновременно с секундомером 6 и производился отсчет времени до того момента, пока из емкости 2 не произойдет вытеснение необходимого объема воды подаваемым воздухом. Зная время и вытесненный объем жидкости, можно было рассчитать скорость подачи воздуха. Как только достигалась требуемая скорость, положение вентиля крана отмечалось цветной меткой.

После тарировки скорости подачи воздуха начинался второй этап (рисунок 6).

Концентрацию растворенного кислорода измеряли в емкости с водой 1, в которую помещался датчик 2 и распылитель 3 воздушного компрессора. Перед началом каждого опыта проводилось измерение температуры воды в емкости, так как этот параметр оказывает влияние на концентрацию растворенного в воде кислорода. Данные от датчика 2 преобразовывались в цифровой код, поступали в компьютер и в режиме реального времени выводились на монитор компьютера.

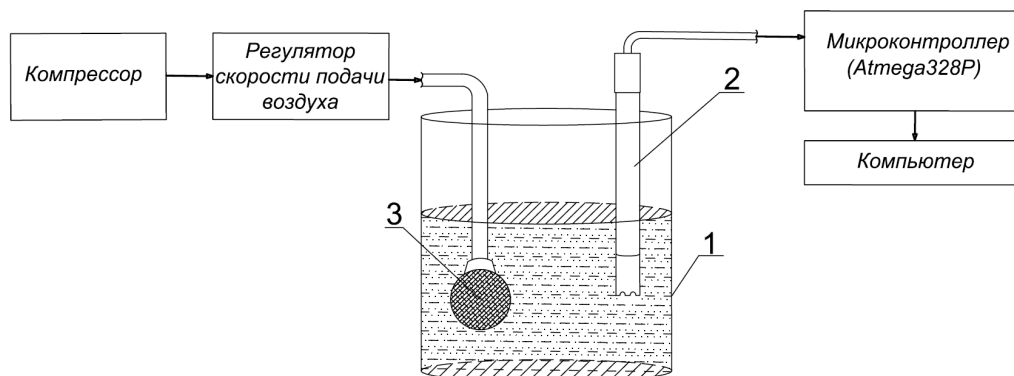


Рисунок 6 – Установка для определения количества растворенного кислорода:

1 – емкость с водой, 2 – датчик растворенного кислорода,

3 – распылитель кислорода

Figure 6 – Installation for determining the amount of dissolved oxygen:

1 – container with water, 2 – sensor of dissolved oxygen, 3 – oxygen atomizer

Результаты и обсуждение. Зависимость изменения pH от времени при различной массе соды, внесенной в воду объемом 250 мл, показана на рисунке 7.

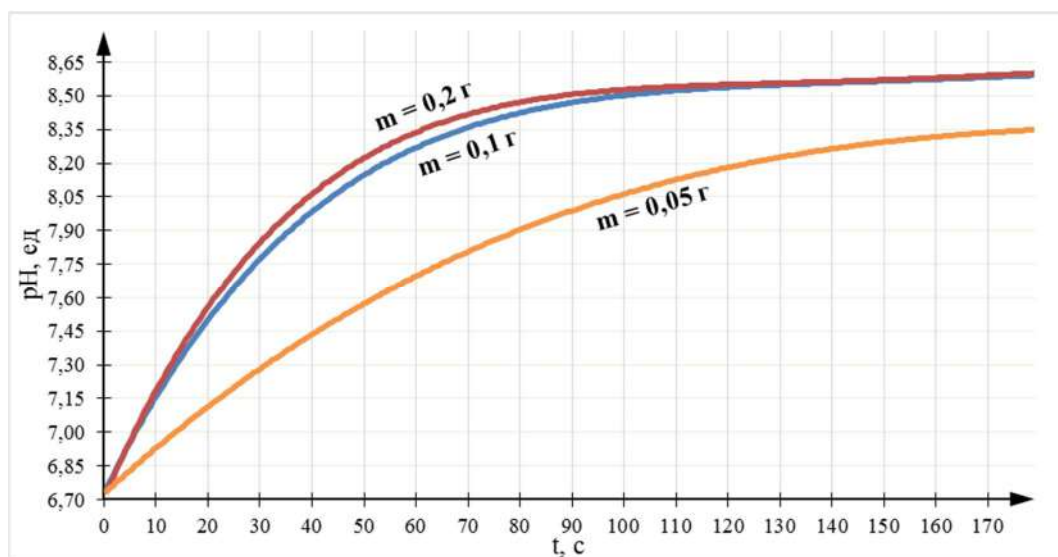


Рисунок 7 – Изменение кислотности воды в функции времени при различной массе вносимой соды

Figure 7 – Change in water acidity as a function of time for various mass transfers of soda

При внесении соды массой 0,05 г рост pH происходил более 170 с, а максимальное значение pH достигло 8,35 ед. При внесении 0,1 г соды pH преодолел значение 8,35 ед. за 70 с, а при внесении 0,2 г – за 60 с. Таким образом, с увеличением массы вносимого вещества скорость роста pH в щелочную сторону увеличивается.

Зависимости изменения максимального значения pH от концентрации растворенной соды для дистиллированной воды и воды из УЗВ показаны на рисунке 8.

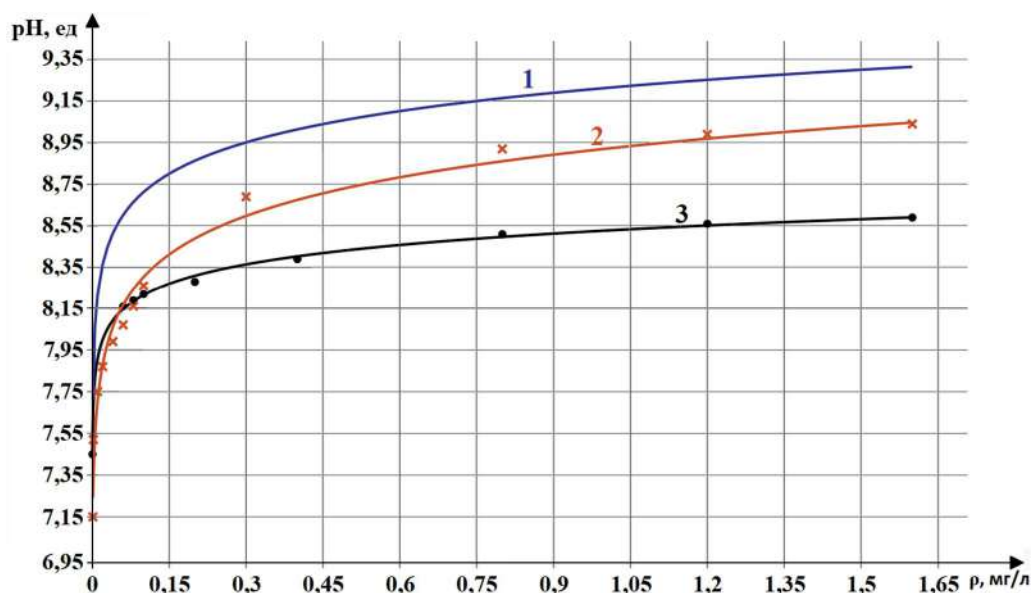


Рисунок 8 – Зависимость максимального значения pH от концентрации соды в воде:

1 – теоретический расчет; 2 – дистиллированная вода, эксперимент;

3 – вода из УЗВ, эксперимент

Figure 8 – Dependence of the maximum pH value on the concentration of water in water: 1 – distilled water, theoretical calculation; 2 – distilled water, experiment; 3 – water from RAS, experiment

С увеличением концентрации соды растет и значение pH. При концентрации растворенной соды 0,1 мг/л значение pH в дистиллированной воде и воде, взятой в установках замкнутого водоснабжения, не превышает 8,15 ед. pH. При концентрации растворенной соды 1,6 мг/л pH воды из УЗВ достигает значения 8,36 ед., а pH дистиллированной воды при той же концентрации превышает 9 ед.

Теоретическая зависимость изменения pH от концентрации растворенной соды была получена на основании уравнения (1). Отметим, что данное уравнение не учитывает сопутствующие факторы, которые влияют на значение pH. К таким факторам можно отнести качество воды, ее вид (дистиллированная, пресная проточная или вода с примесями из УЗВ); не учитывается также и температура раствора, которая оказывает существенное влияние на pH.

Процесс роста pH в зависимости от увеличения концентрации соды происходит быстрее у дистиллированной воды, чем у воды из УЗВ, и начинается с более низкого значения вследствие отсутствия примесей.

У воды из УЗВ pH до внесения соды выше из-за того, что в УЗВ поддерживается оптимальная для разводимой рыбы кислотность, которая может отличаться от нейтральных значений. В воде из УЗВ кислотность увеличивается медленнее, что является следствием содержания в воде микроорганизмов, питающихся содой, а также биологических веществ, преодолевших систему фильтрации.

Изменение pH при внесении соды в воду из УЗВ слабо влияет на уровень кислотности, и ее применение в установках замкнутого водоснабжения не нанесет критического урона разводимой рыбе. Кроме того, сода благоприятно воздействует на микроорганизмы в системе биологической фильтрации воды, что позволяет повысить производительность биологических фильтров.

При исследовании процесса растворения кислорода в воде были получены зависимости концентрации растворенного в воде кислорода от времени при различных режимах подачи воздуха (рисунок 9).

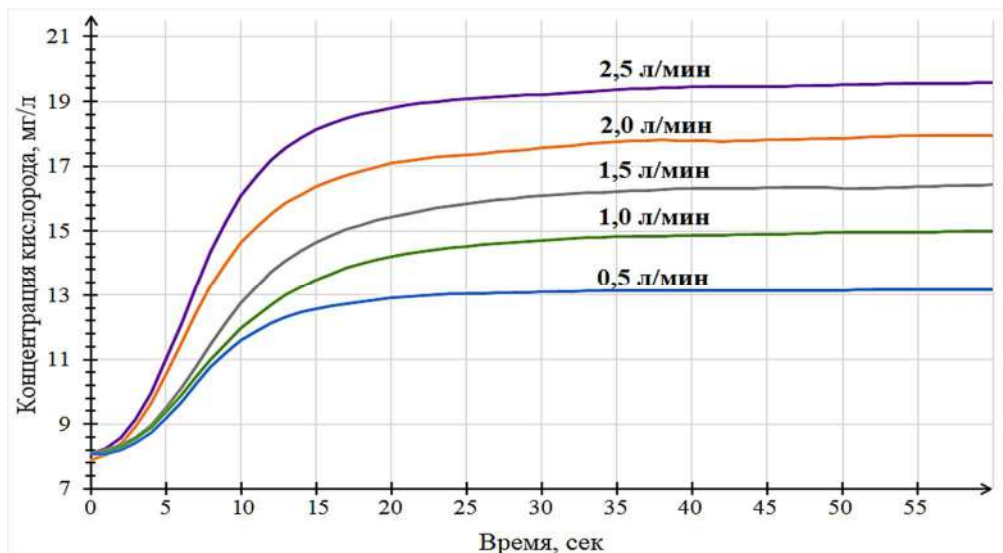


Рисунок 9 – Зависимость концентрации кислорода в дистиллированной воде от времени при различной скорости аэрации

Figure 9 – Time dependence of oxygen concentration in distilled water at different aeration rates

Увеличение скорости аэрации приводило к увеличению максимальной концентрации кислорода в воде и уменьшению времени достижения максимального значения концентрации кислорода. При скоростях аэрации от 0,5 до 2,5 л/мин время достижения максимальной концентрации растворенного кислорода практически не превышало 30 с.

Подаваемый в воду воздух является смесью газов, в которой кислород составляет примерно 23% от всего объема. Если аэрировать воду большими объемами воздуха, то в ней растворятся и другие газы, входящие в его состав, что может негативно сказаться на физическом состоянии рыбы. Обладая информацией о том, как изменяется концентрация растворенного кислорода в зависимости от скорости аэрации, можно осуществлять управление системой подачи кислорода в воду без причинения вреда рыбе.

Выводы. Зависимость изменения pH дистиллированной воды от времени при различной массе вносимой соды показывает, что с увеличением массы происходит увеличение скорости роста pH и его максимального значения.

Процесс роста pH в зависимости от увеличения концентрации соды происходит быстрее у дистиллированной воды, чем у воды из УЗВ, и начинается с более низкого значения.

Увеличение скорости аэрации приводит к увеличению максимальной концентрации кислорода в воде и уменьшению времени достижения максимального значения концентрации кислорода.

Проведенное исследование позволит оптимизировать процессы подачи кислорода и поддержания необходимого уровня pH воды, что позитивно повлияет на производительность биологических фильтров и качество воды в УЗВ.

Conclusions. The dependence of the change in the pH of distilled water on time at different masses of soda introduced shows that with an increase in mass, an increase in the growth rate of pH and its maximum value occurs.

The process of pH growth depending on the increase in soda concentration occurs faster in distilled water than in closed water supply installations, and starts from a lower value.

An increase in the aeration rate leads to an increase in the maximum oxygen concentration in water and a decrease in the time to reach the maximum oxygen concentration.

The study will allow optimizing the processes of oxygen supply and maintaining the required pH level of water, which will positively affect the performance of biological filters and the quality of water in closed water supply installations.

Библиографический список

1. Буяров В. С., Юшкова Ю. А., Буяров А. В. Пути повышения эффективности товарного рыбоводства // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1 (60). С. 161-168.
2. Динамика функционального состояния молоди гибрида русско-ленского осетра при моделировании условий выращивания в установке замкнутого водоснабжения / Е. Н. Пономарева, Г. Ф. Металлов, В. А. Григорьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2012. № 5 (171). С. 72-76.
3. Евдокимов А. П., Евдокимов Р. А., Черняев А. А. Исследование изменения уровня кислотности воды в установках замкнутого водоснабжения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 480-490.
4. Инновационная биотехнология получения экологически чистой продукции аквабиокультуры в модульной установке замкнутого водоснабжения / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева, А. В. Казарникова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2016. № 3(191). С. 41-48.
5. Инновационные решения в условиях импортозамещения / С. И. Кононенко, Н. А. Юрина, Е. А. Максим, А. З. Утижев // Вестник аграрной науки Дона. 2016. № 3 (35). С. 93-99.
6. Камшилов И. М., Запруднова Р. А. Особенности гемоглобиновой системы окуня (*Perca fluviatilis* L.) // Вестник Мордовского университета. 2015. Т. 25. № 2. С. 152-157.
7. Кононенко Р. В. Использование установки замкнутого водоснабжения для производства рыбопродукции // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2015. № 3. С. 37-47.
8. Пронина Г. И. Возможность повышения иммунной устойчивости гидробионтов в аквакультуре // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (47). С. 180-182.
9. Разработка и возможности применения робототехнического устройства для мониторинга экологической обстановки на водных объектах / В. Е. Костин, И. Н. Хлобжева, Н. А. Соколова [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2022. № 6 (54).
10. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина / Д. А. Ранделин, М. И. Сложенкина, А. М. Я. Эльбяри Мохсен, Е. С. Воронцова, Ю. М. Батракова // Известия НВ АУК. 2021. № 3 (63). С. 218-226.
11. Совершенствование процессов товарного выращивания тепловодных объектов аквакультуры / Е. Г. Васильева, И. В. Мельник, В. И. Кантемиров, В. Н. Крючков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 258-264.
12. Хрусталева Е. И., Молчанова К. А., Пекарская В. В. Оценка эффективности выращивания угря в установке замкнутого водоиспользования // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. № 5 (19). С. 59-63.
13. Шишанова Е. И., Новосадов А. Г., Маилкова А. В. Осетровые рыбы как объект разведения в искусственных условиях с зимней паузой роста (на примере электрогорской ГРЭС им. Классона) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. № 4 (20). С. 176-178.

References

1. Buyarov V. S., Yushkova Yu. A., Buyarov A. V. Ways to increase the efficiency of commercial fish farming // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2019. V. 12. № 1 (60). Pp. 161-168.

2. Dynamics of the functional state of the juvenile hybrid of the Russian-Lena sturgeon when modeling growing conditions in a closed water supply plant / E. N. Ponomarev, G. F. Metallov, V. A. Grigoriev [et al.] // Izvestia of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences. 2012. № 5 (171). Pp. 72-76.

3. Evdokimov A. P., Evdokimov R. A., Chernyaev A. A. Research of changing the level of water acidity in closed water supply plants // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2022. № 2 (66). Pp. 480-490.

4. Innovative biotechnology of obtaining environmentally friendly aquabioculture products in a modular closed water supply plant / G. G. Matishov, E. N. Ponomarev, A. V. Kazarnikova [et al.] // Izvestia of higher educational institutions. North Caucasus region. Series: Natural Sciences. 2016. № 3 (191). Pp. 41-48.

5. Innovative solutions in import substitution / S. I. Kononenko, N. A. Yurina, E. A. Maxim, A. Z. Utizhev // Bulletin of Agricultural Science Don. 2016. № 3 (35). Pp. 93-99.

6. Kamshilov I. M., Zaprudnova R. A. Features of the hemoglobin system of perch (*Perca fluviatilis* L.) // Bulletin of the University of Mordovia. 2015. V. 25. № 2. Pp. 152-157.

7. Kononenko R. V. Using a closed water supply plant for the production of fish products // Fish farming and fisheries. 2015. № 3. Pp. 37-47.

8. Pronina G. I. The possibility of increasing the immune resistance of hydrobionts in aquaculture // Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. 2014. № 3 (47). Pp. 180-182.

9. Development and possibilities of using a robotic device for monitoring the environmental situation on water bodies / V. E. Kostin, I. N. Khlobzheva, N. A. Sokolova [et al.] // AgroEcoInfo. 2022. № 6 (54).

10. Fish and biological characteristics of Siberian sturgeon when grown on the basis of combined feed with protein concentrate from white lupin / D. A. Randelin, M. I. Stastenkin, A. M. Ya. Elebyari Mohsen, E. S. Vorontsova, Yu. M. Batrakova // Izvestia NV AUK. 2021. № 3 (63). Pp. 218-226.

11. Improvement of the processes of commercial cultivation of thermal water aquaculture objects / E. G. Vasilyeva, I. V. Melnik, V. I. Kantemirov, V. N. Kryuchkov // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2019. № 3 (55). Pp. 258-264.

12. Khrustalev E. I., Molchanova K. A., Bakarskaite V. V. Assessment of the effectiveness of eel cultivation in a closed water use plant // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2017. № 5 (19). Pp. 59-63.

13. Shishanova E. I., Novosadov A. G., Mailkova A. V. Sturgeon fish as an object of breeding in artificial conditions with a winter pause in growth (on the example of the Klasson Electrogorsk State District Power Plant) // Izvestia of the Orenburg State Agrarian University. 2008. № 4 (20). Pp. 176-178.

Информация об авторах

Евдокимов Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. 8 (961) 073-77-48, e-mail: apevdokimov@yandex.ru

Комарова Валерия Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химия и микробиология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. +7 (8442) 41-10-22, e-mail: vivkomarova.ptit@volgau.com

Черняев Артем Андреевич, аспирант кафедры «Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), тел. 8 (902) 652-60-82, e-mail: www_artemka_ru@mail.ru

Authors Information

Evdokimov Alexey Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electrical Equipment and Electrical Equipment of Agricultural Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (961) 073-77-48, e-mail: apevdokimov@yandex.ru

Komarova Valeria Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Food and Microbiology, Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. +7 (8442) 41-10-22, e-mail: vivkomarova.ptit@volgau.com

Chernyaev Artem Andreevich, postgraduate student of the Department "Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agricultural Enterprises", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (902) 652-60-82, e-mail: www_artemka_ru@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-55

IMPROVEMENT OF THE IRRIGATION SYSTEM USING THE TRANSPORT FUNCTION FOR RECLAMATION OF SALT FLATS

A. V. Mayer

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov»
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Received 22.05.2023

Submitted 15.08.2023

Summary

As a result of the improvement of the irrigation system with the purification of exhaust gases with subsequent activation of irrigation water with carbon dioxide, it will allow us to abandon significant structural elements developed in the previous similar irrigation system, such as a compressor for pumping air and a mixer for saturating irrigation water with purified carbon dioxide, which will reduce the cost and simplify the low-volume irrigation system during its further operation.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, up to 10% of arable land falls on saline soils. Russian and foreign scientists have proved what a positive effect carbon dioxide (CO₂) has on improving the soil structure. **Object.** The object of the study is the principle of purification of diesel engine exhaust gases from exhaust gases from toxic substances by means of an oxidizing catalyst and the mode of intake of purified gas with its supply to the irrigation system to activate irrigation water with subsequent delivery to water outlets, thereby ensuring its solubility in the soil for reclamation of salt pans. **Materials and methods.** The research material was the structural elements of the drip irrigation system and a separate device installed in the irrigation system for cleaning exhaust gases by means of an oxidizing catalyst with subsequent activation of irrigation water with purified carbon dioxide. The development of the theoretical foundations of the solonetz process by K.K. Gedroits was used, in the formation of unfavorable water-physical and chemical properties, to establish the leading role of exchange-absorbed sodium in solonetzic soils. **Results and conclusions.** The introduction of an oxidizing catalyst into the design of the irrigation system will make it possible to clean the exhaust gases from toxic substances. After passing through the oxidizing catalyst, the exhaust gases react with precious metals located in the ceramic cells of the catalyst device, the exhaust gases are converted into carbon dioxide and water (CO₂ + H₂O). Then the purified carbon dioxide is mixed with irrigation water during water intake and transported to distribution and irrigation pipelines and fed into the soil.

Key words: irrigated lands, salt wells, irrigation system, reclamation of salt licks.

Citation. Mayer A. V. Improvement of the irrigation system using the transport function for reclamation of salt flats. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 565-573 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-55.

Author Contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution, or analysis of this study. The author of this article has reviewed and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 674. 674

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТРАНСПОРТНОЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ****А. В. Майер**, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова
г. Москва, Российская Федерация*

Актуальность. В Волгоградской области до 10% пропашных земель приходится на солонцовые почвы. Российскими и зарубежными учеными доказано, какое положительное влияние на улучшение структуры почвы оказывает углекислый газ (CO_2). **Объект.** Объектом исследования является принцип очищения отработанных газов дизельного двигателя от отработанных выхлопных газов от токсических веществ посредством окислительного катализатора и режим забора очищенного газа с подачей его в систему орошения для активации поливной воды с последующей доставкой к водовыпускам, тем самым обеспечивая его растворимость в почве для мелиорации солонцов. **Материалы и методы.** Материалом исследований являлись конструктивные элементы системы капельного орошения и отдельное вмонтированное в систему орошения устройство для очистки выхлопных газов посредством окислительного катализатора с последующей активацией поливной воды очищенным углекислым газом. Использовалась разработка К. К. Гедройца теоретических основ солонцового процесса в формировании неблагоприятных водно-физических и химических свойств, для установления ведущей роли обменно-поглощенного натрия в солонцовых почвах. **Результаты и выводы.** Введение в конструкцию системы орошения окислительного катализатора позволит очистить отработанные выхлопные газы от токсических веществ. Отработанные выхлопные газы, пройдя через окислительный катализатор, вступают в реакцию с драгметаллами, расположенными в керамических ячейках устройства катализатора, отработанные газы преобразуются в углекислый газ и воду ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$). Затем очищенный углекислый газ при водозаборе смешивается с поливной водой и транспортируется к распределительным и поливным трубопроводам и подается в почву.

Ключевые слова: орошаемые земли, солонцы, системы орошения, мелиорация солонцов.

Цитирование. Майер А. В. Совершенствование системы орошения с использованием транспортной функции для мелиорации солонцов. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 565-573. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-55.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Разработка К. К. Гедройцем теоретических основ солонцового процесса позволило установить ведущую роль обменно-поглощённого натрия в формировании неблагоприятных водно-физических и химических свойств солонцовых почв. С тех пор все практические мероприятия, направленные на их улучшение, базируются на вытеснении натрия из поглощающего комплекса почв. Для этой цели используются различные соли кальция, гипс, фосфогипс, глиногипс, а также некоторые минеральные кислоты, железный купорос и др. [1, 9, 12]. Последующие исследования по этому вопросу показали, что внесение кальцийсодержащих веществ извне не обеспечивает в бо- гарных условиях интенсивного вытеснения натрия вследствие низкой растворимости солей кальция. Поэтому существенного улучшения химических свойств солонца не происходит. Более того, даже гипс, по мнению Н. И. Горбунова, не вытесняет натрий из почвенного поглощающего комплекса, так как его кальций не создает в растворе за-

метно большей концентрации, что является, по закону действующих масс, неизменным условием для прохождения ионообменных реакций. И тем не менее, многие авторы утверждают, что растворимость карбоната кальция и активность реакций замещения можно повысить путем перевода карбоната кальция в бикарбонат – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Важным условием для этого является наличие в почве угольной кислоты (Логанова, 1955; Цитович, 1974; Новикова, 1980). В почве постоянно происходит образование CO_2 , и чем выше плодородие почвы, тем большее количество CO_2 продуцируется ею. В солонцах и солонцеватых почвах, бедных гумусом, отмечено минимальное содержание двуокиси углерода. Следует также добавить, что влажность каштановых почв в летние месяцы бывает, как правило, невысокой и все количество продуцируемой двуокиси углерода не может раствориться в ней. Таким образом, наблюдается парадоксальное явление: весной и осенью в почве создаются условия для максимальной растворимости CO_2 , но количество его в почве оказывается минимальным. Поэтому в сложившейся ситуации становится очевидным, что решение проблемы следует искать в создании условий повышенного содержания CO_2 ранней весной и осенью, когда действие углерода может оказаться наиболее эффективным.

В данное время в Волгоградской области насчитывается свыше 24 тыс. га капельного орошения. С приходом в сельскохозяйственное производство новых стационарных капельных и комбинированных систем орошения нового поколения, возникла возможность продолжения с их помощью разрабатывать новые технологии орошения для экологически безопасных способов полива сельскохозяйственных культур и улучшения плодородия солонцовых почв. Анализ проведенных исследований по разработке технологий, таких как глубокое рыхление почвы (трёхъярусная вспашка почвы), внесение в почву большого количества органических удобрений, внос в почву гипса и сернокислого железа, нами предложена технология орошения для улучшения структуры солонцовых почв активированной водой, насыщенной угольным газом [2, 3, 5, 9].

При ранних проводимых исследованиях с обогащением солонцовых почв угольным газом при вспашке через сошники – последний из почвы очень быстро улетучивался, но при этом все равно были положительные тенденции к значительной прибавке урожая. Внос в почву угольного газа вместе с поливной водой уменьшит летучесть CO_2 и будет сдерживать его концентрацию на более длительное время, что, несомненно, положительно скажется при рассолонцевании и на гигроскопичности солонцовой почвы, а в конечном результате и на урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур [1, 11, 14].

Вышеперечисленные факторы вызвали необходимость глубокого научного поиска с целью создания нетрадиционных технологий для повышения плодородия солонцовых почв.

Материалы и методы. Материалом и объектом исследований явилось усовершенствование принципа действия газодозатора оросительной системы. Конструктивное устройство для очистки выхлопных газов посредством катализатора нейтрализатора с последующей активацией поливной воды очищенным угольным газом. В работе использовалась разработка К. К. Гедройца, методы теоретических основ солонцового процесса, в формировании неблагоприятных водно-физических и химических свойств, для установления ведущей роли обменно-поглощенного натрия в солонцовых почвах.

Результаты и обсуждения. Несмотря на образование в почве CO_2 в естественных условиях, растения положительно реагируют на внесение фосфорных удобрений, что свидетельствует о недостатке фосфора в почве. Причины этого, по-видимому заключаются в низкой растворимости CaCO_3 , и обуславливаются они биохимической природой образова-

ния CO_2 , условиями его растворения до образования H_2CO_3 . Таким образом, возникает необходимость при дальнейших исследованиях создать условия для увеличения в почве углекислого газа и усиления его растворяющей способности [7, 8, 10, 12].

Необходимость разработки различных способов увеличения в почве углекислоты с целью повышения интенсивности ионообменных реакций при мелиорации солонцовых почв давно привлекает внимание ученых. Подача в почву углекислоты в жидком, твердом или газообразном состоянии встречает серьезные технические и организационные трудности в условиях производства. По данным М. М. Кононовой (1972), разложение органических остатков в почве сопровождается образованием соединений, индивидуально созданных природой, многие из которых обладают физиологической активностью и канцерогенными свойствами, как, в частности, 3,4 бензпирен, обнаруженный в почвенных вытяжках. Это дает основание утверждать, что наличие канцерогенов в почве является естественным состоянием. Такое количество бензпирена не представляет опасности загрязнения биосферы [1, 4, 9].

Исследованиями ряда ученых доказано положительное действие двуокиси углерода на рост и развитие растений. Положительное влияние углекислоты на рост корней отмечает К. А. Блек (1973). Он сообщал, что скорость удлинения корней сои была больше, когда почва аэрировалась газовой смесью, содержащей 5% CO_2 , чем когда продували обычный воздух, содержащий 0,03% CO_2 . К. К. Гедройц отмечал, что «растворимость угле солей кальция и магния находится в прямой зависимости от содержания углекислоты в почвенном растворе; поэтому все, что повышает содержание углекислого газа в почве, ускоряет естественный процесс *«рассолонцевания»*». Поиск рационального решения этой задачи привел нас, как и предыдущих ученых (В. М. Бабушкин, А. И. Баранов), к решению использовать в качестве источника двуокиси углерода отработанные газы дизельного двигателя Д-245, но уже очищенные посредством окислительного катализатора – нейтрализатора.

Проведенные нами исследования 2021-2022 гг. по очистке выхлопных газов посредством их пропуска через емкость с поливной водой, показали, что в результате очистки сажевые примеси выхлопных газов всплывали на поверхность зеркала воды в емкости, которые утилизировали путем их сбора сетчатым капроновым водозаборным фильтром. Очищенная вода, обогащённая углекислым газом, использовалась для полива овощной огуречной продукции. Результаты эксперимента показали положительную динамику развития плодов и растений огурца в сравнении с контрольными лунками без внесения CO_2 на 25...30%. Опыты по изучению влияния очищенных выхлопных газов на солонцовую почву и производство овощной продукции продолжаются.

В КФХ (крестьянское фермерское хозяйство) «Выборнов», расположенном в Волгоградской области Ленинского района, где сотрудниками нашего отдела проводятся ежегодные исследования, была смонтирована капельная система орошения для полива овощных культур. Почва опытных участков светло-каштановая в комплексе с солонцами. Водозабор системой капельного орошения осуществляется с оросительного канала посредством насоса и дизельного двигателя (Д – 245). Разработав принципиально новый газо-водозабор, мы пришли к выводу о необходимости разработки оросительной системы на ее базе, которая позволит не только очищать выхлопные газы дизельного двигателя от токсических веществ, но и обогащать поливную воду очищенным углекислым газом. В результате активации поливной воды у нас появится возможность доставлять ее через капельные водовыпуски в почву, к корневой системе возделываемых растений. Полив обогащенной углекислым газом водой положительно скажется на структурообразовательных процессах солонцовых почв. Наши предложения

сводятся к усовершенствованию функциональных возможностей систем малообъемного орошения, осуществляющих водозабор насосными станциями от дизельных двигателей. Мы предлагаем доукомплектовать водозаборные устройства катализаторами для обязательной очистки выхлопных газов.

Усовершенствование мелиоративной системы малообъемного орошения заключается в упрощении подачи активированной поливной воды углекислым газом посредством одновременного забора из канала воды и отработанных газов. Конструкция системы была основана на упрощении без ущерба для подачи и транспортировки поливной воды обогащенной углекислым газом на орошаемый участок. На рисунке 1 представлена усовершенствованная система орошения, отличающаяся от оросительной системы, представленной на рисунке 2 тем, что нами были исключены из конструктивной системы компрессор 6 для принудительной подкачки в трубопроводную систему подачи воздуха. Также был удален из конструкции оросительной системы смеситель 9 для обогащения воды с углекислым газом.

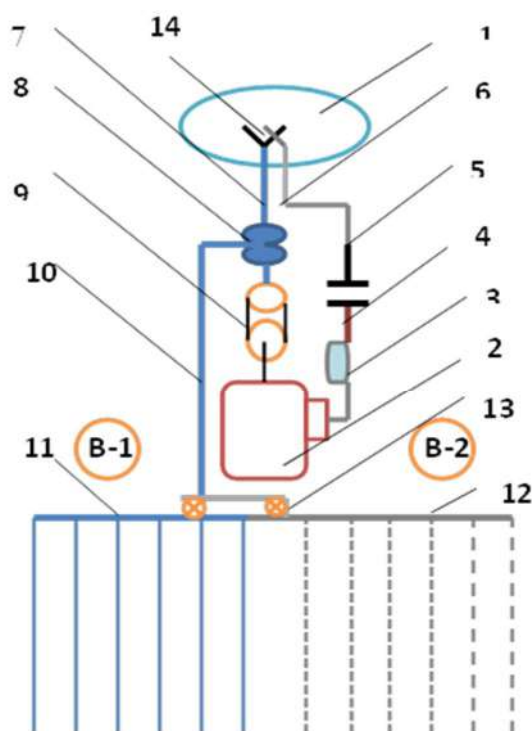


Рисунок 1 – Усовершенствованная система орошения для активации поливной воды углекислым газом

1 – водоисточник; 2 – дизельный двигатель; 3 – катализатор; 4 – выхлопная труба; 5 – инжектор; 6 – газовый трубопровод; 7 – всасывающий трубопровод; 8 – насос улитка; 9 – ременная передача; 10 – транспортирующий трубопровод; 11 – распределительный трубопровод для орошения поливной водой; 12 – распределительный трубопровод для полива активированной водой; 13 – водозапорный контролер; 14 – водозабор

B1 – обычный полив; B2 – полив с активацией поливной воды

Figure 1 – Improved irrigation system for activating irrigation water with carbon dioxide

1 – water source; 2 – diesel engine; 3 – catalyst; 4 – exhaust pipe; 5 – injector; 6 – gas pipeline; 7 – suction pipeline; 8 – snail pump; 9 – belt drive; 10 – conveying pipeline; 11 – distribution pipeline for irrigation with irrigation water; 12 – distribution pipeline for irrigation with activated water; 13 – water intake controller; 14 – water intake

B1 – regular watering; B2 – irrigation with activation of irrigation water

Принцип работы усовершенствованной системы орошения с окислительным катализатором (рисунок 1), работает по принципу, аналогичному оросительной системе с активацией поливной воды с CO_2 (рисунок 2). Усовершенствование состоит в изменении конструкции оросительной системы, а именно в исключении из устройства узла, для принудительного нагнетания давления в системе, т.е. компрессора, и вывода из системы смесителя. В усовершенствованной разработке системы орошения для полива солонцовых почвенных площадей очищенный углекислый газ при подсоединении инжектора 5 через газовый трубопровод 6 подводится к водозаборному устройству 14 и посредством наоса 8 засасывается вместе с поливной водой в систему подачи воды по водоводам. По транспортирующему трубопроводу 10 вода подается в распределительные трубопроводы 11, 12, а затем к водовыпускам поливных трубопроводов и в почву (рисунок 1). При закрытом инжекторе происходит водозабор с захватом отработанных газов и осуществляется полив с уже активированной поливной водой (В-2). При открытой заслонке инжектора производится обычный полив (В-1).

На рисунке 2 представлена разработка условной схемы предыдущей системы малообъемного орошения. В конструкцию системы орошения входит узел газоочистки 6 и смесительное устройство 9 для активации углекислым газом поливной воды с доставкой ее по трубопроводам 7;10;11 на орошаемый участок.

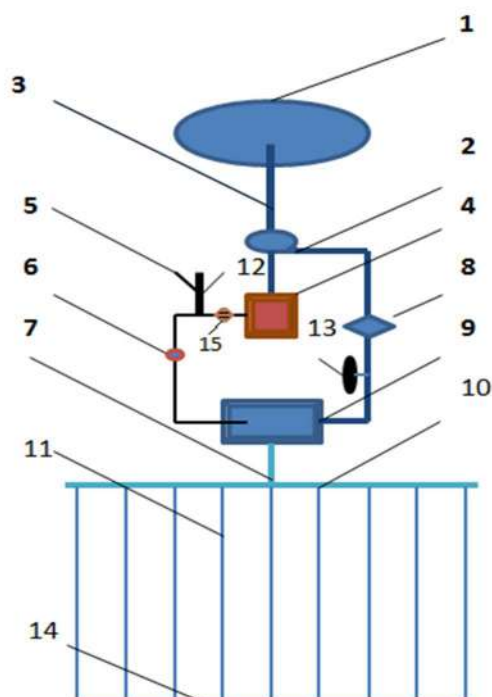


Рисунок 2 – Система орошения с катализатором для очистки отработанных газов

- 1 – оросительный канал; 2 – насос; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – двигатель;
5 – инжекторная заслонка; 6 – компрессор; 7 – выходной трубопровод; 8 – фильтровальная станция; 9 – смеситель; 10 – распределительный трубопровод; 11 – поливные трубопроводы;
12 – вывод выхлопных газов; 13 – контролер; 14 – замыкающий трубопровод;
15 – окислительный катализатор

Figure 2 – Irrigation system with a catalyst for cleaning exhaust gases
1 – irrigation channel; 2 – pump; 3 – suction pipeline; 4 – engine; 5 – injection valve; 6 – compressor;
7 – outlet pipeline; 8 – filter station; 9 – mixer; 10 – distribution pipeline; 11 – irrigation pipelines;
12 – exhaust gas outlet; 13 – controller; 14 – closing pipeline; 15 – oxidizing catalyst

Принцип работы системы орошения: водозабор поливной воды осуществляется из оросительного сооружения 1 насосной станцией 2 при помощи дизельного двигателя 4, затем поливная вода, пройдя через блок фильтровальной станции 8, поступает в смеситель 9. Выхлопные отработанные газы выбрасываются двигателем 4 внутреннего сгорания посредством газораспределительного механизма через выхлопную трубу 12 в атмосферу. При правильном регулировании заслонки инжектора 5 установленной на выхлопной трубе 12 отработанные таксичные газы вместе с углекислым газом проходят узел очистки 15. Пройдя через катализатор нейтролизатор 15, очищенный на 98% углекислый газ попадает в смеситель-активатор 9. В смесителе 9 углекислый газ перемешивается с поливной водой и поступает в распределительный трубопровод 10, затем через водовыпуски поливных трубопроводов 11 в почву. Для создания необходимого давления в смесителе на газовом трубопроводе установлен компрессор 6. При комбинированном орошении активированная вода посредством дисперсионных насадок попадает и на листовую поверхность возделываемых растений.

Выводы. Анализируя разработки вышепредставленных систем орошения, мы пришли к заключению, что целесообразно и более выгодно использовать разработку, представленную на рисунке 1, так как с изменением конструктивной схемы системы орошения, для полноценной работы достаточно ввести в конструкцию только катализатор нейтролизатор для очищения отработанных газов от канцерогенных и таксических веществ. Обогащенная поливная вода обеспечивает улучшение химических особенностей почвы, повышает содержание органического вещества, растворимость карбонатов, труднодоступных фосфатов и основных элементов питания. Все это свидетельствует о повышении естественного плодородия в процессе интенсивного использования солонцовых почв. Прогнозируемый и уже наблюдаемый рост концентрации углекислого газа в атмосфере может оказывать влияние на растительный покров не только косвенно, изменяя климат, но и непосредственно воздействуя на скорость роста, размер и биомассу растений, интенсивность транспирации растений, биохимический состав почвы. Наличие углекислоты в почвенном воздухе способствует повышению растворимости не только карбоната кальция, но и труднорастворимых форм фосфатов почвы, что еще более важно, при рассолонцевании почвы.

Conclusions. Analyzing the developments of the above-presented irrigation systems, we came to the conclusion that it is advisable and more profitable to use the development presented in Figure 1, since with the change in the design scheme of the irrigation system, it is enough to introduce into the design only a catalyst neutralizer for purification of exhaust gases from carcinogenic and toxic substances. Enriched irrigation water improves the chemical characteristics of the soil, increases the content of organic matter, solubility of carbonates, hard-to-reach phosphates and basic nutrients. All this indicates an increase in natural fertility in the process of intensive use of saline soils. The predicted and already observed increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere can affect the vegetation cover not only indirectly, changing the climate, but also directly affecting the growth rate, size and biomass of plants, the intensity of plant transpiration, the biochemical composition of the soil. The presence of carbon dioxide in the soil air contributes to an increase in the solubility of not only calcium carbonate, but also difficult-to-dissolve forms of soil phosphates, which is even more important, during soil salinization.

Библиографический список

1. Бабушкин В. М., Баранов А. И. Мелиорация темнокаштановых солонцовых почв южного региона России. Новочеркасск, 2007. 211 с.
2. Бородычев В. В., Конторович И. И., Лытов М. Н. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 8-10.
3. Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.

5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Казакова Л. А. Окультуривание труднодоступных солонцов на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 4. С. 45-47.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Кружилин И. П., Казакова Л. А. Анализ факторов, вызывающих ощелачивание орошаемых солонцовых комплексов: научный обзор. Волгоград: ВНИИОЗ, 2006. 28 с.
9. Майер А. В. Система орошения для мелиорации светлокаштановых солонцовых почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 20-27.
10. Мелихова Е. В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 249-255.
11. Морозова А. С., Гаврилова А. Н., Казакова Л. А. Мелиорация солонцов сернокислым железом, внесенным с поливной водой // Тез. Докл. VII Всесоюзн. Съезда общ. почвовед. Ташкент, 1985. Ч. 5. С. 24.
12. Морозова А. С., Казакова Л. А. Комплексный прием освоения солонцов // Земледелие. 1986. № 9. С. 19-21.
13. Соловьев Д. А. Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78.
14. Nowak R. S., Ellsworth D. S., Smith S. D. Functional responses of plants to elevated atmospheric CO₂ – Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? // New Phytologist. 2004. No 162. Pp. 253-280.

References

1. Babushkin V.M., Baranov A.I. Melioration of dark-turban solonets soils in the southern region of Russia. Novocherkassk, 2007. 211 p.
2. Borodichev V. V., Kontorovich I. I., Lytov M. N. Scientific developments of VF VNIIGiMa // Reclamation and water management. 2014. № 5-6. Pp. 8-10.
3. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. New methods for cultivating vegetable crops in a water-saving irrigation system // Vegetable growing and greenhouse farming. 2014. № 4. P. 54.
4. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Models of plant growth and development and the task of increasing yield // Nature management. 2016. № 3. Pp. 90-96.
5. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for irrigation of crops // Izvestia of the Lower Volga Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2018. Pp. 9-19.
6. Kazakova L. A. Cultivation of hard-to-reach solonets on irrigated lands of the Lower Volga region // Reclamation and water management. 2006. № 4. Pp. 45-47.
7. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Assessment of the effectiveness of irrigation reclamation in the zonal row of soils // Soil science. 2015. № 5. P. 587.
8. Kruzhilin I. P., Kazakova L. A. Analysis of factors causing alkalization of irrigated salt-bearing complexes: scientific review. Volgograd: VNIIOZ, 2006. 28 p.
9. Mayer A. V. Irrigation System for Reclamation of Light-Kashtan Solonets Soils // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 1. Pp. 20-27.
10. Melikhova E. V. Mathematical modeling of the salt regime during fertigation in soils of fractal structure // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2017. № 2 (46). Pp. 249-255.
11. Morozova A. S., Gavrilova A. N., Kazakova L. A. Reclamation of solonets with sulfuric iron introduced with irrigation water // Tez. Dockle. VII All-Union. Congress general. soil scientist. Tashkent, 1985. V. 5. P. 24.

12. Morozova A. S., Kazakova L. A. Comprehensive technique for the development of solonchaks // Agriculture. 1986. № 9. Pp. 19-21.

13. Soloviev D. A. Robotic irrigation complex "Cascade" // Agricultural Scientific Journal. 2020. № 1. Pp. 74-78.

14. Nowak R. S., Ellsworth D. S., Smith S. D. Functional responses of plants to elevated atmospheric CO₂ - Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? // New Phytologist. 2004. No 162. Pp. 253-280.

Информация об авторах

Майер Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (РФ, 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), тел: 89053378678, ORCID: 1000-0002-0065-8916, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Authors Information

Mayer Alexander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakov» (Russia 127750 Moscow Bolshaya Akademicheskaya str. 44 building 2), tel: 89053378678, ORCID: 1000-0002-0065-8916, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56

LUPINE ALKALOIDS AND METHODS FOR REDUCING THEIR CONTENT (Review)

V. I. Rutsкая, E. S. Timoshenko

*All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V. R. Williams»
Bryansk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: el.timo32@mail.ru

Received 13.04.2023

Submitted 09.07.2023

Abstract

Lupin is a perspective source of plant, biological valuable protein which can become an alternative to soya. Lupin protein has minimal content of lipids and inhibitors of nutritive enzymes, stands out for oil content and takes the leading position among legumes crops also for the content of the most valuable amino acids, macro- and microelements. Alkaloids are a lupin anti-nutritional factor which hinder widely use of lupin. In the Russian Federation the numerous scientific researches are conducted for search of the low alkaloid lupin raw material and development of the methods for the decreasing of the alkaloid content in lupin processed foods. Biological, chemical and water technics for removal of bitterness can decrease the alkaloid content in lupin seeds with different results depending on conditions. However the process of decreasing of alkaloids' content based on lupin grain water soaking requires a lot of water and time and results in material losses which makes this method low-tech and costly for the purification of lupin grain from alkaloids. Use of chemicals for alkaloid removal is labor consuming and low-tech and is linked with high material costs and non-resolved problem of utilization of large value of spent chemicals used for purification process. Removal of bitterness from lupin seeds with high alkaloid content requires further tests especially in case of effectiveness, organoleptic indices and economic expediency. Developed and proposed methods for decrease of alkaloid content in lupin grain should aimed to increase its purification level and to minimize the environmental damages from waste production.

Key words: lupin, protein, alkaloids, food industry, grain soaking, chemical reagents, germination, economic expediency.

Citation. Rutsкая V. I., Timoshenko E. S. Lupine alkaloids and reduction methods for reducing their content. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 573-584 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 547.94:633.367

АЛКАЛОИДЫ ЛЮПИНА И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ИХ СОДЕРЖАНИЯ (ОБЗОР)

В. И. Руцкая, кандидат биологических наук

Е. С. Тимошенко, кандидат сельскохозяйственных наук

ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, Российская Федерация

Актуальность. Люпин является перспективным источником растительного, биологически ценного белка, способного быть альтернативой сое. Белок люпина содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, выделяется по содержанию жира, занимает лидирующее положение среди бобовых культур и по содержанию самых ценных аминокислот, макро- и микроэлементов. Антипитательным фактором люпина, препятствующим его широкому использованию, являются алкалоиды. В РФ проводятся многочисленные научные исследования по поиску малоалкалоидного люпинового сырья и разработке способов снижения содержания алкалоидов в продуктах переработки люпина. Биологические, химические и водные процессы удаления горечи могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина с разными результатами в зависимости от условий. Однако процесс снижения содержания алкалоидов на основе вымачивания зерна люпина в воде требует расхода большого количества воды и времени и приводит к материальным потерям, что делает данную технологию очистки зерна люпина от алкалоидов нетехнологичной и затратной. Использование с целью удаления алкалоидов химических реагентов трудоемко и не технологично и связано с большими материальными затратами и нерешенной проблемой утилизации больших объемов отработанных химических препаратов, используемых в процессе очистки. Удаление горечи из семян люпина с высоким содержанием алкалоидов требует дальнейших исследований, особенно в отношении эффективности, органолептических качеств и экономической целесообразности. Разрабатываемые и предлагаемые способы по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина должны быть направлены на повышение степени его очистки и сведения к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде отходами производства.

Ключевые слова: люпин, источники пищевого белка, алкалоиды люпина, вымачивание зерна, химические реагенты, переработка люпина.

Цитирование: Руцкая В. И., Тимошенко Е. С. Алкалоиды люпина и способы снижения их содержания. (Обзор). *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 573-584. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-56.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изыскание новых растительных источников пищевого белка является одной из актуальных задач улучшения структуры питания населения и повышения биологической ценности производимых продуктов. Химический состав производимой продукции является основой определения ее пищевой ценности и потребительских достоинств.

Потенциальным ресурсом качественного растительного белка являются бобовые культуры. Среди них люпин является наиболее перспективным источником растительного, биологически ценного белка, который позволит частично или полностью заменить дорогостоящие белковые компоненты, получаемые из сои. В настоящее время все большее признание находит белый люпин, который отличается наиболее высоким потенциалом продуктивности и по качеству семян также близок к сое. Содержание белка в зерне люпина белого составляет 36,0–42,0%, жира – от 8 до 10%, алкалоидов – 0,03–0,07% [2, 10]. Биологическая полноценность и высокое содержание белка в люпине обуславливают и антимуtagenное их действие на организм.

Люпин также занимает лидирующее положение среди бобовых культур и по содержанию самых ценных аминокислот – лизина, цистина, метионина, триптофана и др. [8]. В составе углеводов семян люпина 20–26% составляют пищевые волокна, которые обладают свойствами энтеросорбентов, снижают содержание холестерина в крови и необходимы в пище для профилактики целого ряда заболеваний.

Кроме того, белок люпина, в отличие от сои, содержит минимальное количество липидов и ингибиторов пищеварительных ферментов, в частности трипсина, что способствует его высокой переваримости. Люпин выделяется и по содержанию минеральных веществ, ненасыщенных жирных кислот, водо- и жирорастворимых биологически активных веществ. В составе макроэлементов преобладают калий, фосфор и кальций, в составе микроэлементов – марганец, железо, цинк и медь [1].

Тем не менее, несмотря на массу положительных характеристик люпина, наличие в нем хинолизидиновых алкалоидов, придающим горький вкус пищевым продуктам и в отдельных случаях вызывающих острую антихолинергическую токсичность, ограничивает его массовое применение как в качестве добавок в комбикорма для животных, так и для включения его в рецептуру продуктов питания [19].

Люпин и продукты его переработки ограничены в количестве его использования в соответствии с нормами предельно допустимых концентраций (ПДК) алкалоидов в пищевых продуктах. По международным нормам в ряде стран за рубежом содержание алкалоидов в люпиновом сырье может составлять не более 0,02% к массе семян [12], в России – не более 0,04% к массе семян [8], (ТУ-9716-004-00668502-2008). Поэтому в перерабатывающей промышленности при применении пищевых добавок в виде люпинового сырья используют малоалкалоидные сорта возделываемых видов люпина. Созданные в последние годы новые сорта белого и узколистного видов люпина, такие как Алый парус, Мичуринский, Пилигрим, Белорозовый 144 и др., расширяют возможности его использования, поскольку являются низкоалкалоидными, они богаты белком и незаменимыми аминокислотами [9, 10].

С другой стороны, алкалоиды являются частью защитной системы растения от патогенов. Алкалоиды представляют собой азотистые комбинации и относятся к числу наиболее токсичных растительных ингредиентов. По своей молекулярной структуре алкалоиды люпина относятся к хинолизидиновому образованию.

Каждый вид люпина имеет уникальный алкалоидный профиль. Обычно он состоит из 4–5 основных и нескольких второстепенных алкалоидов, которые различаются по своей токсичности. Например, лупанин, содержащийся в узколистном и белом видах люпина, – наиболее ядовитый алкалоид, оксилупанин примерно в 10 раз менее ядовит [23]. Кроме лупанина (50–80%) в белом люпине еще содержатся мультифлорин (3–10%), 13-гидроксилупанин (5–15%), альбин (5–15%) и др. В зерне узколистного люпина преобладающими алкалоидами являются лупанин (65–80%), ангиustiфолин (5–20%), 13-гидроксилупанин (10–20%), в желтом виде люпина – люпинин (40–70%), спартеин (30–50%) (Wink M. 1993).

Накопление алкалоидов в растениях люпина – это сложный процесс, который определяется как наследственными свойствами растения, так и другими факторами: условия произрастания растения, качество посевного материала, условия окружающей среды, такие как температура, время года, солнечный свет и даже присутствие отдельных патогенных микроорганизмов (Santana F., Fialho A. et. al. 1996).

На накопление алкалоидов большое влияние оказывает наличие и соотношение в почве элементов минерального питания, таких как фосфор и калий. Отмечено, что при совместном их внесении содержание алкалоидов в люпине снижается по мере снижения дозы фосфора по отношению к калию с преобладанием калия в полтора-два раза (Мироненко А. В., Заболотный А. И. 1974).

Также важным фактором, влияющим на накопление алкалоидов в зерне люпина, является репродукция семян. Исследования показали, что семена I и II репродукций менее алкалоидны, чем семена массовой репродукции [5]. Поэтому одним из условий, способствующих снижению содержания алкалоидов, является регулярное сортообновление.

Снижение содержания алкалоидов в зерне люпина и продуктах его переработки может достигаться путем селекции новых малоалкалоидных сортов, агротехническими приемами или путем технологической обработки. Возникает острая необходимость разработки и совершенствования способов и приемов переработки зерна люпина, позволяющих снизить содержание в нем антипитательных веществ до допустимого уровня.

Для снижения содержания алкалоидов в семенах люпина могут быть использованы различные методы: физико-механические, химические, биохимические, микробиологические, которые способны снижать алкалоидность с разными результатами в зависимости от условий.

Так, водные обработки могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина, даже в семенах с высоким содержанием алкалоидов. Для удаления горечи из целых семян, предназначенных для употребления в пищу человеком, обработка водой является единственным известным процессом, применяемым в промышленных масштабах. Водная обработка снижает содержание алкалоидов во всем семени без изменения его естественного вкуса. Это особенно важно, когда семена едят в качестве закуски [20].

Наилучший результат экстракции был достигнут при 100°C в течение 60 минут при соотношении 40:1 (вода: люпин). Было экстрагировано 77,4% от общего количества алкалоидов, присутствующих в зерне. При этих условиях вместе с алкалоидами были экстрагированы и другие компоненты, а именно около 8 г углеводов, 7 г белка и 4 г липидов из расчета на 100 г люпина [21].

В домашних условиях рекомендуется проводить процесс удаления горечи и очистку от примесей в следующей последовательности: замачивание в течение 1 дня, варка в воде в течение 1 часа, помещение в контейнеры и выдержка в проточной воде в течение 4-5 дней [22].

В литературе приводятся данные [5] по изучению приемов удаления алкалоидов из зерна люпина вымачиванием его в воде в разных условиях:

- зерно люпина 24 часа выдерживали в холодной воде, 1,5 часа обрабатывали паром и затем тщательно промывали 45 час. в холодной, затем 25 час. в проточной воде;
- зерно люпина 12 час вымачивали, 1,5 час. обрабатывали паром, затем обрабатывали 0,5% раствором соляной кислоты, после чего промывали, как описано выше;
- зерно люпина 2 час вымачивали в холодной воде, затем выщелачивали 2 час. водой при 60⁰ C, после чего промывали холодной водой и затем многократно обрабатывали 5% раствором поваренной соли, после чего промывали, как описано выше;
- зерно люпина вначале 2 час. вымачивали при 70°C, дважды обрабатывали 20% КОН, затем промывали, как описано выше.

После обработки вышеописанными способами количество алкалоидов в зерне люпина уменьшалось на 30-50%. Но данные способы обработки зерна с целью снижения содержания в нем алкалоидов не нашли широкого применения в практике по причине большой трудоемкости и значительных потерь питательных веществ в процессе обезгорчивания. Этот процесс требует расхода большого количества воды и времени, что делает прием очистки зерна люпина от алкалоидов на основании промывки их водой нетехнологичным.

При разработке приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина следует учитывать, что алкалоиды устойчивы к температуре до 50°C. Дальнейшее повышение температуры вплоть до 150°C незначительно влияет на процесс разрушения алкалоидов. И лишь при экспозиции 150°C в течение 30 мин. разрушается до 30% алкалоидов от исходного уровня [15].

На протяжении нескольких лет, как в нашей стране, так и за рубежом проводится разработка и изучение эффективности разных технических и химических приемов обработки зерна люпина. Изучаются такие методы, как шелушение, экструзия, проращивание, замачивание с последующей промывкой, ферментация, термическая обработка и др., позволяющие снижать содержание алкалоидов в люпиновом сырье до предельно допустимых норм [4, 17, 18].

Так, по мнению ученых ФГБНУ ВНИИТиН, для снижения содержания алкалоидов в продуктах переработки люпина до безопасного уровня и повышения их питательной ценности следует использовать технологию предварительного замачивания шелушенного зерна люпина с последующей обработкой его ферментами Агроксил и Агроцел [4, 14]. Данный прием позволяет снизить содержание алкалоидов в обработанном зерне в 2,1-3 раза. При этом отмечается высокая сохранность сырого протеина.

Несколько способов и приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина разработаны и защищены патентами РФ. Так, авторы патента «Способ уменьшения алкалоидов в зерне люпина» (Патент № 0002698899, 2019) предлагают для уменьшения алкалоидов использовать механическую и двухстадийную тепловую обработку зерна люпина. Вторую стадию тепловой обработки рекомендуется проводить при температуре 140-180°C в присутствии острого водяного пара при избыточном давлении 5-15 атм. с продолжительностью обработки в барокамере 20-180 сек, с последующим удалением влаги до 3-14%, затем измельчением, охлаждением и сортировкой крупы по размеру частиц до размера 1,5-4,0 мм. Таким образом, по данным авторов, абсолютное снижение алкалоидов после двух стадий тепловой обработки составляет с исходной 0,082% до 0,025% т.е. в 2,6-3,3 раза, что позволяет использовать обработанные предложенным способом семена люпина в пищевых целях.

Разработанный способ получения пищевого продукта из зернобобовых культур (Патент № 2 287 295 С2, 2004) относится к обработке пищевых продуктов растительного происхождения для удаления антипитательных веществ. Сущность способа заключается в проращивании замоченных семян в течение 24-26 часов. После этого семена обрабатываются раствором с мультиэнзимным комплексом ферментов в количестве 0,18-0,20% от массы сырья при соотношении семян и раствора от 1:1,5 до 1:8. После ферментации семена необходимо промыть водой с температурой 20-30°C с последующей сушкой и экструдированием. По мнению авторов, изобретение позволяет получить готовый продукт из зернобобовых культур с минимальным содержанием антипитательных веществ при обеспечении максимального сохранения общего содержания пищевого белка.

Авторы патента: «Получение гранулированных продуктов для пищевых и кормовых целей ...» (Патент № 2 505 079 С2. 2014) рекомендуют использовать влажную стадию удаления алкалоидов из зерна люпина. Проведенные авторами исследования

показали, что оптимальной средой для обезгорчивания люпина является сырная или творожная сыворотка. Согласно технологии зерно люпина помещается в накопительный бункер, промывается водой и транспортером подается в ванну для проращивания и обезгорчивания. Затем в ванную с зерном подается молочная сыворотка с заданными параметрами, в которой содержится зерно в течение 4-6 часов при температуре 40-50°C и pH 4,5-6,5. Затем сыворотка сливается, а зерно во влажном состоянии выдерживается еще 22-24 часа для его проращивания и удаления антипитательных веществ. Используя данный метод исследователям удалось снизить алкалоидность семян до 0,031 – 0,012%.

Предложенное Костюченко В.И. изобретение (Патент № 2 110 930, 1998) относится к физико-химическим способам и может применяться в перерабатывающей промышленности для удаления алкалоидов (горечи) из сельскохозяйственного сырья. Очищаемый материал, например зерно люпина, с высоким содержанием алкалоидов рекомендуется настаивать в водопроводной воде в течение 5 ч для набухания, затем переместить в камеру для электроэлюции. Камеру с набухшим зерном заполняют водопроводной водой и пропускают через продукт постоянный электрический ток с напряжением 5-20 В/см. При достижении в камере температуры 80-85°C нагревшаяся вода из камеры удаляется и заменяется на холодную чистую водопроводную воду, через которую продолжается пропуск электрического тока до достижения температуры продукта 80-85°C. Таких циклов проводится несколько и до тех пор, пока не будет достигнута требуемая степень очистки продукта от алкалоидов.

Сотрудники УО «Белорусская ГСА» также считают, что наиболее эффективным приемом для снижения содержания алкалоидов в зерне люпина является их обработка в поле токов СВЧ [11].

Головченко В. И. с соавторами (Патент № 2059388 С1, 1996) разработали способ получения полуфабриката для продуктов питания из люпина белого низкоалкалоидных сортов, включающий очистку семян люпина от примесей, обработку инфракрасным излучением с температурой 400 – 500°C в течение 35-40 с, освобождение от оболочки с последующим размолотом. Для обработки инфракрасными лучами использовали микронизатор, в котором семена перемещались на сетчатом транспортере, удаленном от инфракрасных ламп на расстояние 50 см. Температура семян на выходе не превышала 150°C. При использовании данных условий, кроме детоксикации, происходит частичное расщепление высокомолекулярных протеинов на низкомолекулярные растворимые протеины и аминокислоты, что делает семена более ценными в использовании для питания, особенно для детей.

Изобретение Бабкова Н. И. с соавторами (Патент № 2035162, 1992) относится к технологии получения белка из растительного сырья и может быть использовано в пищевой промышленности. Авторы предлагают способ получения белка из измельченных семян люпина с первоначальным экстрагированием алкалоидов из них сатурированной водой при давлении выше атмосферного – до -1,1 МПа, при периодическом сбросе его до атмосферного. По мнению авторов данный способ позволяет полностью удалить алкалоиды, которые в кислой среде переходят в форму солей, свободно растворяющихся в воде. Полученный экстракт сливают самотеком и сбрасывают давление до атмосферного, что приводит к разложению угольной кислоты на двуокись углерода и воду. Затем сырье экстрагируют водным раствором щелочи для извлечения белка, подкисляя экстракт для осаждения его в изoeлектрической точке. Полученный таким образом очищенный от алкалоидов белок из семян люпина после промывки водой можно использовать как ингредиент пищевых продуктов.

Положительную роль кислой среды при очистке семян люпина от алкалоидов отмечают и другие авторы [18]. Для проведения более эффективной процедуры очистки ими были использованы различные промывочные растворы – 0,5% и 1% NaCl и ли-

монная кислота, с подключением ультразвука. Обработка ультразвуком не ускоряла процесс очищения, в то время как хлорид натрия и растворы лимонной кислоты позволяли значительно сократить время очистки, уменьшали потребление воды и снижали содержание алкалоидов до коммерческих значений – 0,31 г / кг сухого вещества. Исследователи считают, что предлагаемый прием с использованием лимонной кислоты или хлорида натрия может быть использован в производстве для сокращения времени проведения процедур по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина и улучшения качества очистки.

Ряд исследователей считают, что существенно снизить содержание алкалоидов в зерне люпина – до 50-60% от исходной величины, можно только вымачиванием в среде раствора минеральных кислот или специальных растворителей (Федышин Б. Н., Федышина М. Н., 1992; Шершунов В. А. и др., 1999). Для экстракции алкалоидов из зерна люпина в качестве реагентов были использованы растворы уксусной, серной и соляной кислот. По результатам исследований было установлено, что наиболее перспективным растворителем является соляная кислота с концентрацией 1-2 моль/л при температуре 75°C и с размером обрабатываемых частиц зерна 0,5-1,0 мм, так как при ее использовании степень экстракции алкалоидов выше по сравнению с другими вариантами. При использовании соляной кислоты с концентрацией 1,5 моль/л методом многоступенчатой противоточной экстракции при температуре 40°C в течение 1 часа содержание алкалоидов в зерне люпина снижалось с 1,5 до 0,3%.

Проводились также исследования по изучению возможности получения низкоалкалоидного люпинового продукта с использованием таких экстрагентов, как ацетатный буфер и соляная кислота с разной экспозицией и температурой экстракции и разным помолом исследуемого материала [3]. В результате эксперимента было выявлено, что для снижения содержания алкалоидов до необходимых 0,02% и ниже необходимо провести двукратную отмывку исследуемого материала ацетатным буфером при температуре 45°C в течение 6 часов с размолотом люпинового материала до 3,0 мм.

Однако, несмотря на то, что описанные выше химические обработки позволяют значительно снижать содержание алкалоидов в люпине, исследователям следует учитывать, что использование химических реагентов трудоемко и не технологично и по-прежнему существует неопределенность в отношении безопасности химически обработанного сырья. Кроме того, химическая обработка вызывает около 13% потерь материала и может повлиять на вкус получаемого продукта [20]. Применение способов, основанных на использовании химических реагентов, связано с большими материальными затратами, требует дополнительного оборудования и средств для проведения безопасной эксплуатации и утилизации отходов.

Исследователи Германии утверждают, что при использовании технологии под названием МИТТЕКС возможно практически полное извлечение алкалоидов – до 0,02 – 0,002%, из обрабатываемой люпиновой массы (Мацнев А. В., Мацнева Н. И., 1986). Рекомендуемая технология позволяет работать с зерном с оболочкой и включает 2 этапа. На первом этапе из измельченного зерна люпина извлекают жир, затем холодной водой вымывают алкалоиды. На втором этапе промытую массу высушивают, используя струю воздуха с температурой 20-40°C, с последующим ее гранулированием.

Также для снижения содержания алкалоидов в зерне люпина ученые изучали прием термообработки и гранулирования. Термообработку зерна проводили при температуре 130-150°C на сушилке барабанного типа, гранулирование на аппарате ОПК-2. Данный прием позволил снизить содержание алкалоидов в зерне люпина на 32-41% (Кадыров Ф. Г., Кадырова Н. В., 2000).

С целью снижения содержания алкалоидов в зерне люпина изучали различные способы его обработки: шелушение, гранулирование, плющение, экструдирование (взрыв зерна). При использовании этих методов снижение алкалоидом было незначительным и составило в зависимости от варианта 24-34 % от исходного уровня (Лекарев В., Кандуаров С., 1999).

По мнению ученых, проращивание – еще один из подходов к снижению содержания алкалоидов в зерне люпина. Результаты исследований показали, что в процессе прораствания семян снижается содержание алкалоидов с 0,72 до 0,16 г/кг, что эквивалентно снижению на 78% через шесть дней их замачивания [20].

По данным других исследователей [16], проводивших научно-исследовательскую работу по изучению накопления и перераспределения алкалоидов в семенах люпина в процессе их прораствания следует, что на самых ранних этапах прораствания семян происходит распад содержащихся в семенах алкалоидов, в результате чего содержание последних уменьшается в 1,8 – 1,9 раза. Авторы предполагают, что уменьшение данного показателя, скорее всего, связано с биологическим разбавлением, а также превращением алкалоидов в другие азотистые вещества.

Также, и по мнению Кадырова Ф. Г. и др. [6] проращивание способствует снижению содержания алкалоидов в зерне люпина. По данным их исследований в пророщенном зерне с всхожестью не менее 75% алкалоидность снижается с 0,1% до 0,07%.

Фицев А. И. с соавторами [17] считают, что для практики с целью снижения содержания алкалоидов наиболее доступными способами обработки зерна высокоалкалоидных сортов люпина являются тепловая, влаготепловая и воздействие 1%-ной HCl. Так, по данным исследователей термообработка зерна люпина при 150 °C способна снизить содержание алкалоидов на 10–43 %, в частности лупанина, на 25–46 %, промывка 1% раствором HCl – на 20 %, а содержание лупанина снижается в 4 раза. Влаготепловая обработка способствовала снижению алкалоидности на 16 %, причем количество лупанина уменьшалось в 1,6 раза.

В современных промышленных технологиях используются способы переработки зерна, которые способны улучшать качество пищевого сырья и функциональные свойства получаемых продуктов, в частности метод ультразвукового воздействия (УЗВ). Под действием высокоинтенсивного низкочастотного ультразвука происходит инактивация патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах и снижение уровня искусственного загрязнения. В ФГБНУ ВО Орловский ГАУ разработана методика обезгорчивания зерна люпина, основанная на удалении веществ, придающих горький вкус, путем последовательной экстракции щелочными и подкисленными растворами в УЗ поле [13]. По результатам органолептической оценки лучшим оказался вариант с последовательной экстракцией 10% раствором гидрокарбоната натрия, затем 10% раствором лимонной кислоты с последующим центрифугированием в УЗ поле в течение 30 сек.

Для теоретического обоснования процесса удаления алкалоидов из зерна люпина с использованием УЗВ авторами сформулированы основные положения гипотезы удаления алкалоидов, включающие использование молочной сыворотки в качестве жидкой среды с использованием ультразвукового воздействия [7]. Под действием ультразвука увеличивается глубина и скорость проникновения ферментных комплексов в капиллярные каналы, что повышает эффективность процесса ферментации мультисимным комплексом.

Chajuss D (1989) предложил промышленный способ экстракции алкалоидов и жира, а также производства белковых концентратов и промежуточных продуктов из *L. mutabilis* и *L. albus* в больших объемах. Этот процесс включает шелушение с последу-

ющей обработкой гексаном для извлечения липидов. Нежирную фракцию обрабатывают теплым водно-спиртовым раствором, а затем промывают для отделения белкового концентрата и растворимого экстракта (мелассы). В этом исследовании были выделены белковый концентрат, люпиновое масло, меласса, лузга и в отдельную фракцию были выделены алкалоиды.

Выводы. Возникает острая необходимость разработки и совершенствования способов и приемов переработки зерна люпина, позволяющих снизить содержание в нем антипитательных веществ до допустимого уровня. Биологические, химические и водные способы удаления горечи могут снизить содержание алкалоидов в семенах люпина с разными результатами в зависимости от условий. Прием, основанный на промывке в большом количестве воды, длительный и приводит к материальным потерям. Использование химических реагентов трудоемко и не технологично. Разрабатываемые и предлагаемые способы и приемы по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина должны быть направлены на повышение степени очистки люпина и продуктов его переработки, на снижение экономических затрат и сведение к минимуму ущерба, наносимого окружающей среде отходами производства. Учитывая, что имеющиеся на данный момент технологические методы снижения уровня алкалоидов нерациональны, а сорта люпина с допустимой алкалоидностью практически отсутствуют, приемлемым способом нормирования содержания алкалоидов в рецептуре продуктов пока остается регламентирование дозировки люпиновых добавок. Необходимо продолжить исследования по выявлению и разработке технологичных, экономичных, безвредных для окружающей среды способов и приемов по снижению содержания алкалоидов в зерне люпина, основанных на механических или физических действиях.

Conclusions. There is an urgent need to develop and improving of methods and techniques for lupine grain processing which allow decreasing its anti-nutritional substances to an acceptable level. Biological, chemical methods including ablution used for the debittering have different results in decreasing of alkaloid content in lupine seeds depending on conditions. A method based on the washing in the large amount of water takes time and results in material losses. Use of chemicals is laborious and not technological. Developed and proposed methods for alkaloid decrease in lupine seeds should be aimed to increase the purification degree of lupine and its processed products, to decrease the economic costs and to minimize the damage for the environment because of production waste. Taking in account that the available techniques for decrease of alkaloid level are irrational and that lupine varieties with permissible alkaloid content are in practice not available so the dosage of lupine additives is an adoptable method for rationing of alkaloid content in products formulation. It's necessary to continue the study for search and development of technological, no labor-intensive, environmentally friendly methods and techniques to reduce alkaloid content in lupine grain based on mechanical or physical processes.

Библиографический список

1. Агафонова С. В., Рыков А. И. Химический состав семян растения *Lupinus angustifolius* L. и *Lupinus albus* L. Калининградской области // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 135-142.
2. Афолина Е. В., Яговенко Т. В. Перспективы люпина как пищевого продукта // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы Межд. науч.- практ. конф. молодых ученых и специалистов. Воронеж, 2014. С. 241-247.
3. Афолина Е. В., Костюченко В. И. Изменение содержания алкалоидов в крупе люпина после экстракции // Кормопроизводство. 2012. № 5. С. 77-78.
4. Влияние экструдирования и ферментной обработки семян люпина на изменение содержания в них протеина и хинолизидиновых алкалоидов / Н. А. Вотановская, Г. М. Шулаев, Р. К. Милушев, А. М. Пучнин // Вестник ТГУ. 2017. Т. 22. Вып. 2. С. 426-428.
5. Горох, люпин, вика, бобы: оценки и использование в кормлении сельскохозяйственных животных / В. М. Косолапов, И. А. Фицев, А. П. Гаганов, В. М. Мамаев. М.: ООО «Угрешская типография», 2009. 373с.

6. Кадыров Ф. Г., Кадырова Н. В. Зерно люпина в кормлении крупного рогатого скота и молодняка свиней // Кормопроизводство. 2001. № 1. С. 26-28.
7. Король В. Ф., Лахмоткина Г. Н. Использование ультразвука при выделении антиалиментарных веществ из зерна люпина // Южно-сибирский научный вестник. 2018. № 1. С. 27-34.
8. Купцов Н. С., Такунов И. П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. Брянск, Клинцы: ГУП «КГТ», 2006. 576 с.
9. Лукашевич М. И., Агеева П. А., Захарова М. В. Характеристика районированных сортов белого и узколистного люпина селекции Всероссийского НИИ люпина // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции в Беларуси: материалы науч.-практ. конф. Жодино, 2021. С. 218-222.
10. Люпин – селекция и адаптация в агроландшафты России / А. И. Артюхов, М. И. Лукашевич, П. А. Агеева, Н. В. Новик // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (59). С. 51-60.
11. Методы снижения алкалоидности семян люпина узколистного / А. В. Канькова, А. С. Колодич, В. Р. Скудика, О. В. Поддубная // Химия и жизнь: материалы XXI Межд. науч.-практ. студ. конф. Новосибирск, 2022. С. 102-105.
12. Никонович Ю. Н., Тарасенко Н. А., Болгова Д. Ю. Использование продуктов переработки семян люпина в пищевой промышленности // Известия вузов. Пищевая технология. 2017. № 1. С. 9-11.
13. Потаракина О. В. Ультразвук в технологии переработки люпина кормового // Научный журнал молодых ученых. 2022. № 1. С. 18-23.
14. Разные способы технологической обработки люпина для повышения его кормовой ценности / Г. М. Шулаев, Р. К. Милушев, В. Ф. Энговатов, А. Н. Бетин // Вестник ВНИИМЖ. 2018. № 3 (31). С. 152-154.
15. Такунов И. П. Люпин в земледелии России. Брянск: «Придесенье», 1996. 372 с.
16. Трошина Л. В., Яговенко Т. В. Динамика накопления и перераспределения алкалоидов у люпина узколистного // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. научных тр. М., 2019. Т. 21. С. 26-31.
17. Фицев А. И., Воронкова Ф. В., Мамаева М. В. Способы снижения алкалоидности люпина // Актуальные проблемы заготовки, хранения и рационального использования кормов: материалы Межд. н-пр. конф. 2009. С. 194-204.
18. Alkaloid content and taste profile assessed by electronic tongue of *Lupinus albus* seeds debittered by different methods // L. Estivi [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2022. Vol. 114. Article 104810.
19. Khan M. K., Karnpanit W., Nasar-Abbas S. M. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review // Food Sci Technol. 2015. No 50. Pp. 2004–2012.
20. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering / F. E. Carvajal-Larenas [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. No 9. P. 1454-1487.
21. Marques C. I. C. A green approach to the debittering of *Lupinus albus* L.: dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemical and Biochemical Engineering. 2020. 48 p.
22. Severe lupin bean intoxication: an anticholinergic toxidrome / P. Y. Ozkaya [et al.] // Pediatric Emergency Medicine Journal. 2021. No 8 (2). Pp. 108-111.
23. Wink M. A summary of 30 years of research in lupins and lupin alkaloids. Lupin crops: an opportunity for today a promise for the future // Proc. 13th Int. Lupin Conf. Poznan, 2011. Pp. 225–228.

References

1. Agafonova S. V., Rykov A. I. Chemical composition of seeds of the plant *Lupinus angustifolius* L. and *Lupinus albus* L. of the Kaliningrad region // Chemistry of plant raw materials. 2021. № 3. Pp. 135-142.
2. Afonina E. V., Yagovenko T. V. Prospects of lupin as a food product // Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex: materials Intl. scientific conf. young scientists and specialists. Voronezh, 2014. Pp. 241-247.

3. Afonina E. V., Kostyuchenko V. I. Change in the content of alkaloids in lupine ce-real after extraction // Feed production. 2012. № 5. Pp. 77-78.
4. The effect of extrusion and enzyme treatment of lupin seeds on the change in the content of protein and quinolizidine alkaloids in them / N. A. Votankovskaya, G. M. Shulaev, R. K. Milushev, A. M. Puchnin // Bulletin of TSU. 2017. V. 22. No. 2. Pp. 426-428.
5. Peas, lupin, vika, beans: assessments and use in feeding farm animals / V. M. Kosolapov, I. A. Fitzev, A. P. Gaganov, V. M. Mamaev. M.: Ugreshskaya Printing House LLC, 2009. 373 p.
6. Kadyrov F. G., Kadyrova N. V. Lupin grain in feeding cattle and young pigs // Feed production. 2001. № 1. Pp. 26-28.
7. Korol V. F., Lakhmotkina G. N. The use of ultrasound in the isolation of antialimentary substances from lupine grain // South Siberian Scientific Bulletin. 2018. № 1. Pp. 27-34.
8. Kuptsov N. S., Takunov I. P. Lyupin - genetics, selection, heterogeneous crops. Bryansk, Klintsy: State Unitary Enterprise "KGT," 2006. 576 p.
9. Lukashevich M. I., Ageeva P. A., Zakharova M. V. Characteristics of zoned varieties of white and narrow-leaved lupine selection of the All-Russian Research Institute of Lupin // Strategy and priorities for the development of agriculture and selection in Belarus: materials of scientific practice. conf. Zhodino, 2021. Pp. 218-222.
10. Lyupin - selection and adaptation into agroland shafts of Russia / A. I. Artyukhov, M. I. Lukashevich, P. A. Ageev, N. V. Novik // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. № 2 (59). Pp. 51-60.
11. Methods of reducing the alkaloidness of narrow-leaved lupine seeds / A. V. Kankova, A. S. Kolodich, V. R. Skudika, O. V. Poddubnaya // Chemistry and Life: Materials XXI Intl. scientific stud. conf. Novosibirsk, 2022. Pp. 102-105.
12. Nikonovich Yu. N., Tarasenko N. A., Bolgova D. Yu. Use of lupin seed processing products in the food industry // Izvestia of universities. Food technology. 2017. № 1. Pp. 9-11.
13. Potarakina O. V. Ultrasound in the technology of processing fodder lupine // Scientific Journal of Young Scientists. 2022. № 1. Pp. 18-23.
14. Different methods of processing lupine to increase its fodder value / G. M. Shulaev, R. K. Milushev, V. F. Engovatov, A. N. Betin // VNIIMZH Bulletin. 2018. № 3 (31). Pp. 152-154.
15. Takunov I. P. Lyupin in agriculture in Russia. Bryansk: "Pride," 1996. 372 p.
16. Troshina L. V., Yagovenko T. V. Dynamics of accumulation and redistribution of alkaloids in narrow-leaved lupine // Multifunctional adaptive feed production: sat. scientific tr. M., 2019. V. 21. Pp. 26-31.
17. Fitzev A. I., Voronkova F. V., Mamaeva M. V. Ways to reduce the alkaloidness of lupin // Actual problems of harvesting, storage and rational use of feed: materials Intl. n-pr. conf. 2009. P. 194-204.
18. Alkaloid content and taste profile assessed by electronic tongue of *Lupinus albus* seeds debittered by different methods // L. Estivi [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2022. Vol. 114. Article 104810.
19. Khan M. K., Karnpanit W., Nasar-Abbas S. M. Phytochemical composition and bioactivities of lupin: a review // Food Sci Technol. 2015. No 50. Pp. 2004-2012.
20. *Lupinus mutabilis*: Composition, Uses, Toxicology, and Debittering / F. E. Carvajal-Larenas [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56. No 9. Pp. 1454-1487.
21. Marques C. I. C. A green approach to the debittering of *Lupinus albus* L.: dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Chemical and Biochemical Engineering. 2020. 48 p.
22. Severe lupin bean intoxication: an anticholinergic toxidrome / P. Y. Ozkaya [et al.] // Pediatric Emergency Medicine Journal. 2021. No 8 (2). Pp. 108-111.
23. Wink M. A summary of 30 years of research in lupins and lupin alkaloids. Lupin crops: an opportunity for today a promise for the future // Proc. 13th Int. Lupin Conf. Poznan, 2011. Pp. 225-228.

Информация об авторах

Рущая Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник научно-направленного переработки и пищевого использования люпина, ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>, e-mail: rvi15@mail.ru

Тимошенко Елена Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель группы переработки и пищевого использования люпина, ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (РФ, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Ми-
чуринский, ул. Березовая, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>, e-mail: el.timo32@mail.ru

Authors Information

Rutskaya Valentina Ivanovna, senior researcher in the scientific direction of processing and food use of lupine, All-Russian Scientific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Wil-
liams» (241524, Bryansk region, Michurinsky Settlement, Berezovaya Str., 2) Candidate of biological sci-
ences. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3934-206X>. E-mail: rvi15@mail.ru

Timoshenko Elena Sergeevna, head of the group for processing and food use of lupine, , All-Russian Sci-
entific Research Institute of Lupine – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal
Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams» (241524, Bryansk
region, Michurinsky Settlement, Berezovaya Str., 2) Candidate of agricultural sciences, leading researcher.
ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0002-0283-8785>. E-mail: el.timo32@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-57

DEVELOPMENT OF A RECIPE FOR FRUIT AND BERRY DESSERT IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX OF THE VOLGOGRAD REGION

N. A. Filimonova, I. A. Bochkova, L. V. Andreenko, L. A. Minchenko

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: nata555552007@yandex.ru

Received 06.03.2023

Submitted 20.08.2023

Summary

This article is devoted to the creation of jam technology with increased nutritional value and a bal-
anced composition of biologically active substances. Thanks to the special chemical composition used
when mixing the components, an increase in nutritional value and a balance of biologically active sub-
stances in the target product is achieved, which prevents a shortage of nutrients in the food of residents
of the Volgograd region.

Abstract

Introduction. One of the current directions of the food industry in the field of healthy nutrition of the
population is the creation of safe and high-quality food products that, in addition to meeting the needs of
the human body in nutrients and energy, will contribute to the prevention of various diseases and the ex-
pansion of the assortment of jam. Since the Russian jam market is still too small, but the traditions of con-
sumption of this delicacy have been known for a long time, it is assumed that in the coming years the pic-
ture will change, and the share of products from Russian manufacturers will grow. Therefore, this article is
devoted to the creation of jam technology with increased nutritional value, high organoleptic parameters
and a balanced composition of biologically active substances to prevent nutrient deficiencies in food prod-
ucts of residents of the Volgograd region. **Object.** The object of research was a jam consisting of black
nightshade of the Sunberry variety and pear fruits of the Duchess variety with pine nut kernels. The sci-
entific novelty of the proposed jam technology is the simultaneous use of berries from black nightshade, pear
fruit pulp and pine nuts in the recipe. **Materials and methods.** Studies and observations were conducted
according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** The research results presented in the
article indicate the specificity of the chemical composition of the components used for mixing, which
makes it possible to increase the nutritional value of the final product. The antioxidant activity of the stud-
ied jam was also noted. It has been established that water extracts have a high antioxidant activity, which
contain a significant amount of phenolic compounds, in particular flavonoids and phenolic carboxylic ac-

ids, organic acids. It is known that phenolic compounds exhibit anti-inflammatory, antiviral, anti-carcinogenic and other properties. The pronounced therapeutic effect, high physiological activity of plant polyphenols determines their value in food. At the beginning of the process of making jam from black nightshade berries, pear fruits and pine nuts, vegetable components (berries, fruits and nuts) were prepared: sorting, cleaning by mechanized means in a carborundum machine, rinsing, grinding. We used black nightshade berries 500 g, crushed to 2.0-5.0 mm pear fruit pulp 500 g, granulated sugar 700 g, pine nut kernel crushed to 2.0-3.0 mm 300 g. Cooking of vegetable components was carried out for 30 minutes with constant stirring at a temperature of 160-180⁰ C. The process of jam cooking consists in the exchange and equalization of the concentration of substances of juice and syrup without disturbing the structure of vegetable raw materials. Studies on the chemical composition of the black nightshade berries of the Sunberry variety, pear fruits of the Duchess variety and pine nuts have shown that they contain a sufficient amount of substances with physiological value, and excellent organoleptic indicators and high nutritional value allow using this raw material as a dessert, dietary product. The specific chemical composition of the components used for mixing makes it possible to achieve an increase in nutritional value, improve organoleptic indicators and balance the composition of the target product by biologically active substances to prevent nutrient deficiencies in the food of residents of the Volgograd region.

Key words: *fruit and berry desserts, fruit dessert recipes, black nightshade, jam.*

Citation. Filimonova N. A., Bochkova I. A., Andreenko L. V., Minchenko L. A. Development of a recipe for a fruit and berry dessert in the conditions of the development of the agro-industrial complex of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 584-594 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-57.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article have read and approved the submitted final draft.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 664.858.851

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ФРУКТОВО-ЯГОДНОГО ДЕСЕРТА В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ АПК ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Филимонова, кандидат технических наук, преподаватель

И. А. Бочкова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Л. В. Андреев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Л. А. Минченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В области здорового питания населения актуальным направлением является разработка безопасных и качественных пищевых продуктов. Эти продукты должны не только удовлетворять потребности организма в пищевых веществах и энергии, но также способствовать профилактике различных заболеваний и расширению ассортимента варенья. Поэтому данная статья посвящена созданию технологии варенья с повышенной питательной ценностью и сбалансированным составом по биологически активным веществам. **Объект исследований.** Объектом исследований являлось варенье, состоящее из паслена черного сорта «Санберри» и плодов груши сорта «Дюшес» с ядрами кедрового ореха. **Материалы и методы.** Исследования и наблюдения велись согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Результаты исследований, изложенные в статье, свидетельствуют о специфичности химического состава используемых для смешивания компонентов, что позволяет повысить питательную ценность конечного продукта. Использовали ягоды паслена черного 500 г, измельченную до 2,0-5,0 мм мякоть плодов груши 500 г, сахар 700 г, ядро кедрового ореха измельченного до 3,0 мм 300 г. Производили варку растительных ингредиентов в течение 30 минут при постоянном помешивании, при температуре 160-180⁰ C. Далее процесс приготовления завершается путем расфасовки, укупорки и стерилизации с использованием

стандартной технологии. Исследования по изучению химического состава ягод паслена черного сорта «Санберри», плодов груши сорта «Дюшес» и кедрового ореха показали, что в них содержится достаточное количество веществ, обладающих физиологической ценностью, а отличные органолептические показатели и высокая пищевая ценность позволяют применять данное сырье в качестве десертного, диетического продукта. Также отмечена антиоксидантная активность исследуемого варенья за счет присутствия значительного количества фенольных соединений, в частности флавоноидов. Выраженное терапевтическое действие, высокая физиологическая активность растительных полифенолов обуславливает их ценность в продуктах питания. Благодаря специальному химическому составу, используемому при смешивании компонентов, достигается увеличение питательной ценности и сбалансированность биологически активных веществ в целевом продукте, что предотвращает дефицит нутриентов в продуктах питания жителей Волгоградской области. Данный состав варенья из ягод паслена с кедровым орехом обеспечивает высокую питательную ценность варенья из ягод паслена и улучшение органолептических показателей.

Ключевые слова: *фруктово-ягодные десерты, рецептуры фруктовых десертов, паслен черный, варенье.*

Цитирование. Филимонова Н. А., Бочкова И. А., Андреев Л. В., Минченко Л. А. Разработка рецептуры фруктово-ягодного десерта в условиях развития АПК Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 584-594. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-57.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Фруктово-ягодные кондитерские изделия представляют собой результат переработки плодов и ягод с использованием сахара и других добавок, таких как студнеобразователи, красители, пищевые кислоты и ароматизаторы. Они отличаются высокой энергетической ценностью и содержат значительное количество биологически активных соединений, таких как витамины и минеральные вещества, а также обладают приятными органолептическими характеристиками [2]. Фруктово-ягодные кондитерские изделия могут быть разделены на две категории: изделия с жидкой или неоформленной желеобразной структурой, такие как варенье, джем, желе и повидло, и изделия с плотной оформленной желеобразной структурой, например, мармелад и пастила [9].

Варенье – десерт, который получают в результате варки различных фруктов, ягод и даже овощей с сахаром. Это один из способов консервирования с целью заготовки сладкого полезного продукта на зиму. Варенье добавляют в торты, пирожки, пирожные, используют в качестве топпинга к мороженому, творогу, йогурту. Само слово «варенье» пришло к нам из древнерусского языка и означает вареное лакомство. Свое наименование варенье получает по названию плодов и ягод, из которых оно выработано: клубничное, яблочное, вишневое, смородиновое и т. д. Варенье готовят из плодов, ягод, лепестков цветов, орехов и т. д., сваренных в сахарном или сахаропаточном сиропе [11]. Используют плоды и ягоды свежие или замороженные. Этот популярный продукт широко производится в России как на консервных и плодоовощных заводах, так и в домашних условиях. Среди фруктово-ягодных кондитерских изделий он занимает лидирующее место по объему производства [13]. Варенье можно разделить на два типа: нестерилизованное и стерилизованное. Вариант стерилизованного варенья отличается тем, что его помещают в герметично закрытые банки и стерилизуют при температуре 90-110° С в течение 15-25 минут, в зависимости от размера банок. В данном случае варенье готовится с уменьшенным содержанием сахара в сиропе. Поскольку такое варенье подвержено большей вероятности микробиологической порче, его необходимо стерилизовать. Одновременно, за счет нижней концентрации сахара

в сиропе, стерилизованное варенье не кристаллизуется при хранении. Стерилизованное варенье по следует хранить при температуре от 0 до 25°C, в то время как нестерилизованное варенье – от 2 до 6° С при относительной влажности воздуха 75% (ГОСТ 34113-2017). Срок хранения варенья с момента изготовления составляет 24 месяца для стерилизованного и 3 месяца для нестерилизованного.

В России отсутствует промышленность, производящая витаминные, ферментные и пребиотические препараты, аминокислоты и их комплексы, пищевые премиксы, включая биологически активные свойства, заквасочные микроорганизмы и другие ингредиенты для пищевой промышленности. Это обуславливает необходимость и целесообразность разработки новых и оригинальных научно-технологических разработок для улучшения существующих технологий или реализации новых технологий, которые обеспечивают максимальное сохранение материальных и энергетических ресурсов [11].

Цель исследования – создание безопасных и качественных пищевых продуктов, которые не только удовлетворяют потребности организма в пищевых веществах и энергии, но и способствуют профилактике различных заболеваний и расширению ассортимента варенья.

Поэтому использование плодов и ягод в производстве кондитерских изделий позволяет частично решить эту задачу. Ассортимент данного продукта предлагает огромное количество как отечественных, так и зарубежных производителей [15]. Однако имеет место и домашняя заготовка варенья, особенно в регионах с развитым сельским хозяйством. Консервированные ягоды и фрукты, имеют неизменно возрастающую потребность, поэтому производство варенья стало одним из подающих большие надежды направлений предпринимательской деятельности.

По данным исследований экспертов в области маркетинга, рынок варенья в России демонстрирует значительный рост. На прилавках магазинов появляется все больше разнообразных и высококачественных продуктов. Российский рынок варенья еще слишком мал, но традиции потребления данного лакомства известны давно (рисунок 1). Предполагается, что в ближайшие годы картина изменится, и доля продукции российских производителей дойдет до шестидесяти процентов [3].

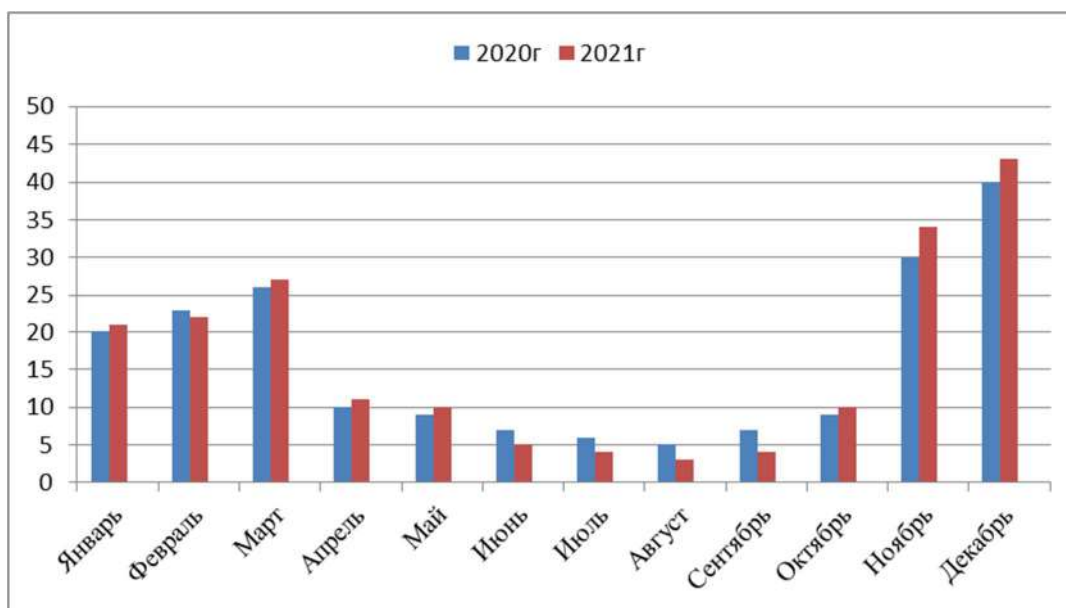


Рисунок 1 – Динамика производства варенья в РФ в 2020-2021 гг
Figure 1 – Dynamics of jam production in Russia in 2020-2021

Научной новизной технологии варенья из паслена черного сорта «Санберри» и плодов груши сорта «Дюшес» с ядрами кедрового ореха, является одновременное использование в рецептуре ягод из паслена черного, мякоти плодов груши и кедрового ореха. Регулярное употребление данного продукта является профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, патологий поджелудочной железы, печени, выделительной и пищеварительной системы [5]. Паслен черный сорта «Санберри», оказывает спазмолитическое, противовоспалительное, болеутоляющее, мочегонное действие при ряде заболеваний нервной системы.

Материалы и методы исследований. Паслен черный (лат. *Solanum*) – вид рода паслен, семейства Пасленовые, растение высотой до 1 метра, произрастающее почти по всей России с высокой витаминно-минеральной пользой. Паслен черный сорта «Санберри» относится к лекарственным растениям широкого спектра действия, так как в нем присутствуют такие нутриенты, как каротин, дубильные вещества и органические кислоты, аскорбиновая кислота, кальций, марганец, магний, рутин. Кроме того, паслен черный проявляет гепатопротекторные, антиоксидантные, желчегонные и антиоксидантные свойства, которые могут быть полезны при острых и хронических инфекционных, токсических и лекарственных гепатитах, циррозе печени, анорексии и жировом гепатозе [1]. Пасленовое варенье отличается высокой пищевой ценностью (таблица 2).

Ядра кедровых орехов представляют собой очень вкусный продукт и считаются одними из самых полезных орехов из-за их химического состава. Они богаты высококачественным кедровым маслом, необходимыми аминокислотами (валин, лейцин, лизин, треонин, триптофан, метионин), углеводами (фруктозой, сахарозой, глюкозой, крахмалом) и микроэлементами (марганцем, медью, цинком, кобальтом, йодом, железом, цинком). Регулярное потребление кедровых орехов в сочетании с ягодами является отличной профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, а также патологий поджелудочной железы, печени, выделительной и пищеварительной системы [8].

Ядро кедрового ореха содержит около 55-66,5% жиров, 13-20% белков, а также крахмал, сахар, витамины группы В, витамины А, К и Е. Они также богаты полиненасыщенными незаменимыми жирными кислотами, которые способствуют улучшению обмена веществ и формированию клеточной мембраны, что, в свою очередь, повышает иммунитет и замедляет процесс старения организма.

Груша (лат. *Pyrus*) – род плодовых и декоративных деревьев и кустарников семейства Розовые (*Rosaceae*), содержит в плодах 5% органических кислот и примерно 2,5% дубильных веществ. Согласно исследованиям, в плодах груши содержатся витамины А, С, К, группы В, калий, фосфор, кальций, железо, сера, фолиевая кислота, кобальт [10]. Лечебные свойства мякоти груши сорта «Дюшес» обусловлены витаминным составом, наличием пищевых волокон (пектина 0,9-2,0%), улучшающих работу кишечника, отвечающих за выведение вредных веществ и тяжелых металлов; калия, полезного для сердца минерала, благодаря которому груша демонстрирует лёгкий мочегонный эффект; фолиевой кислоты (до 0,2 мг/100 г, что больше чем в яблоках и сливах) и кобальта – кроветворных элементов, участвующих в образовании новых клеток; арбутина (до 60 мг/ 100 г в некоторых сортах), способного предупреждать развитие патологий почек и мочевого пузыря [7]. Груши сорта «Дюшес» являются универсальным сортом с широким применением с гипоаллергенными свойствами.

Груша обладает удивительным качеством: при хранении в течение длительного срока плоды накапливают витамины и сахара, их мякоть становится более нежной, полезной, а кожица – мягкой. Существуют сорта груш, которые сразу после съема невоз-

можно есть. Они жесткие, их мякоть волокнистая и одеревенелая, без малейшего признака сахара. Полежав в течение месяца-двух, они становятся очень вкусными, сочными, полными ароматного сока [12].

Объектом исследования служило варенье из ягод паслена и плодов груши с ядром кедрового ореха. Качественный анализ продукта подтвердил наличие флавоноидов, дубильных веществ, гидроксикоричных кислот, каротиноидов, органических кислот, витаминов, микроэлементов. Для количественного определения флавоноидов использована методика, основанная на их способности образовывать окрашенный комплекс со спиртовым раствором хлорида алюминия, с максимумом поглощения при длине волны 410 нм. Аналогичный максимум поглощения при длине волны 414 нм отмечен для комплекса рутина со спиртовым раствором хлорида алюминия, использованного нами в методике в качестве стандартного образца.

Количественное определение гидроксикоричных кислот проводили методом прямой спектрофотометрии. Суммарное содержание каротиноидов в пересчете на β -каротин определяли с помощью спектрофотометрии в видимой области [14].

Результаты и обсуждения. В начале процесса приготовления варенья из ягод паслена черного, плодов груши и кедрового ореха проводят подготовку растительных компонентов (ягод, фруктов и ореха). После подготовки сырья для варенья проводят варку растительных компонентов в течение 30 минут при постоянном помешивании при температуре 160-180° С. Процесс варки варенья состоит в обмене и выравнивании концентрации веществ сока и сиропа без нарушения структуры сырья. Главным образом, это осуществляется диффузионно-осмотическим путем. Растворенные вещества перемещаются в направлении низких концентраций. Скорость этого процесса зависит от разницы концентраций и температур. Концентрированный сахарный сироп создает высокое осмотическое давление в клетках, что способствует проникновению влаги из клеток в межклеточные пространства. При повышении концентрации сиропа скорость диффузии возрастает медленно, но осмотическое давление значительно увеличивается. В результате, особенно в начале процесса, влага может быстрее выделяться из сырья, что приводит к сухости плодов и их сжимаемости. При понижении концентрации сиропа скорость диффузии замедляется, но процесс обмена сиропа и сока протекает равномерно. Повышение температуры ускоряет как диффузионные, так и осмотические процессы, но первые протекают быстрее, чем вторые [6].

Таблица 1 – Органолептические показатели качества варенья по ГОСТ 53118-2008
 Table 1 – Organoleptic indicators of jam quality according to GOST 53118-2008

Показатель	Характеристика
Внешний вид	Уваренные, равномерно распределенные в густом сиропе фрукты (ягоды), без плодоножек. Слой сиропа без ягод отсутствует
Цвет	Однородный, соответствующий цвету фруктов или ягод, из которых изготовлено варенье
Вкус и запах	Приятные, свойственные сырью, из которых изготовлено варенье; вкус кисло – сладкий с нежным ароматом ореха и легким привкусом груш сорта «Дюшес»
Консистенция	Сироп густой, нежелированный, фрукты и ягоды нежесткие, хорошо проваренные, без засахаривания, без твердых примесей

При варке варенья концентрация сиропа обычно выше, чем содержание сухих веществ в соке или сиропе плодов и ягод. Если температура сахарного сиропа из-за его высокой концентрации превышает точку кипения сока, находящегося в клетках, то сок закипит, и влага начнет испаряться из плодов. При таких потерях влаги плоды или ягоды могут съежиться и уменьшиться в объеме. По этой причине плоды будут жесткими, а ягоды – плохо пропитанными сиропом, а внешнего сиропа будет слишком много. Качество варенья естественно низкое. Поэтому варенье не должно слишком кипеть. Чтобы урегулировать процесс обмена сиропа в сырье и сока из него, следует применять многократную варку. Далее процесс приготовления заканчивается расфасовкой, укупоркой и стерилизацией по обычной технологии.

Таблица 2 – Химический состав 100 г. варенья из ягод паслена

Table 2 – Chemical composition of 100 g. nightshade berry jam

№	Химический состав	Содержание
1	Белки, г	0.6
2	Жиры, г	0.2
3	Углеводы, г	72.3
4	Витамин А, мг	0.005
5	Витамин В ₁ , мг	0.1
6	Витамин В ₂ , мг	0.04
7	Витамин В ₆ , мг	0.23
8	Витамин В ₉ , мг	0.1
9	Витамин С, мг	45.6
10	Витамин Е, мг	0.8
11	Витамин РР, мг	0.9
12	Железо, мг	1.2
13	Калий, мг	239.0
14	Кальций, мг	95.6
15	Магний, мг	47.3
16	Фосфор, мг	53.0
17	Йод, мг	0.003
18	Цинк, мг	0.81
19	Калорийность	220.0 ккал

Химический состав 100 г варенья из ягод паслена и плодов груши с ядром кедрового ореха приведен в таблице 3. Качество варенья оценивают по ГОСТ 7061-88 «Варенье. Общие технические условия» [4].

Также отмечена антиоксидантная активность исследуемого варенья. Установлено, что высокую антиоксидантную активность имеют водные экстракты, в составе которых присутствует значительное количество фенольных соединений, в частности флавоноиды и фенолкарбоновые кислоты, органические кислоты [14]. Известно, что фенольные соединения не синтезируются в организме человека, а в основном поступают из растительной пищи, где проявляют различные полезные свойства, такие как противовоспалительные, противовирусные, антиканцерогенные и другие [6]. Высокая физиологическая активность и выраженное терапевтическое действие растительных полифенолов придают им значительную ценность в пищевых продуктах. Определение содержания фенольных соединений по методу Фолина-Чокалтеу, сделанное с использованием колориметрической окислительно-восстановительной реакции, показало, что наибольшее их количество содержится в варенье из ягод паслена и плодов груши с ядром кедрового ореха – 780 мг/г (таблица 4).

Таблица 3 – Химический состав 100 г. варенья из ягод паслена и плодов груши с ядром кедрового ореха

Table 3 – Chemical composition of 100 g. jam from nightshade berries and pear fruits with pine nut kernel

№	Химический состав	Содержание
1	Белки, г	2.91
2	Жиры, г: - олеиновая (омега-9) –84%; - линолевая (омега-6) –8%; - стеариновая 2,0%; - пальмитиновая 6%.	13.3
3	Углеводы, г	78.3
4	Витамин А, мг	0.1
5	Витамин В ₁ , мг	0.2
6	Витамин В ₁ , мг	0.05
7	Витамин В ₆ , мг	0.3
8	Витамин В ₉ , мг	0.2
9	Витамин С, мг	67.0
10	Витамин Е, мг	3.5
11	Витамин РР, мг	1.8
12	Железо, мг	2
13	Кальций, мг	117.3
14	Магний, мг	81
15	Фосфор, мг	101.5
16	Йод, мг	0.005
17	Цинк, мг	1.2
18	Калорийность	272.4 ккал

Таблица 4 – Содержание фенольных соединений и аскорбиновой кислоты в исследуемых образцах варенья

Table 4 – The content of phenolic compounds and ascorbic acid in the studied jam samples

Наименование варенья/ Name of the jam	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г/ Ascorbic acid content, mg/100 g	Содержание фенолов (метод Фолина-Чокальтеу), мг/г/ Content of phenolic compounds (Folin-Ciocalteu method), mg/g
Варенье из ягод паслена черного	45.6	560
Варенье из ягод паслена и плодов груши с ядром кедрового ореха	67.0	780

Закключение. 1. В процессе варки происходят следующие физико-химические превращения: диффузия сахаров внутрь ореха благодаря разности их концентраций; соединение ароматических веществ паслена и ореха, что создает уникальный аромат и придает готовому продукту новые качества. Результатом является варенье с органолептическими характеристиками, типичными для этого продукта: привлекательный внешний вид, однородная консистенция, сладко-кислый вкус с нежным ароматом ореха и легким привкусом груш сорта "Дюшес".

2. Химический состав компонентов, используемых для смешивания, имеет особенности, которые способствуют повышению питательной ценности и обеспечению сбалансированного состава целевого продукта по биологически активным веществам, что позволяет предотвращать дефициты нутриентов в продуктах питания жителей Волгоградской области.

3. Данная рецептура варенья из ягод паслена с кедровым орехом обеспечивает высокую питательную ценность варенья из ягод паслена и улучшение органолептических показателей.

Conclusions. 1. During the cooking process, the following physical and chemical transformations occur: diffusion of sugars into the nut due to the difference in their concentrations; the combination of aromatic substances of nightshade and nut, which creates a unique aroma and gives the finished product new qualities. The result is a jam with organoleptic characteristics typical of this product: attractive appearance, homogeneous consistency, sweet and sour taste with a delicate nut aroma and a slight aftertaste of pears of the Duchess variety.

2. The chemical composition of the components used for mixing has features that contribute to increasing the nutritional value and ensuring a balanced composition of the target product for biologically active substances, which allows to prevent nutrient deficiencies in food products of residents of the Volgograd region.

3. This recipe of nightshade berry jam with pine nuts provides a high nutritional value of nightshade berry jam and improved organoleptic properties.

Библиографический список

1. Бередина Л. С., Воронова Н. С. Исследование белкового комплекса семян льна // Международный научный журнал «Инновационная наука». 2015. № 7. С. 8-11.
2. Биологически активные вещества растительного происхождения / Б. Н. Головкин, Р. Н., Руденская, И. А. Трофимова, А. И. Шретер. М.: Наука, 2012. 1014 с.
3. Лисицын А. Б., Чернуха И. М., Никитина М. А. Российская методология проектирования многокомпонентных пищевых продуктов в ретроспективе. Продукты питания и сырье. 2020. № 8 (1). С. 2-11. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-2-11>.
4. Лысков Ю. А. Аминокислоты в питании человека // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2012. № 2. С. 88–105.
5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2019. 36 с.
6. Россиева Д. В., Ермолаева Е. О., Трофимова Н. Б., Трофимов И. Е. Разработка программного продукта для поддержки процесса внутреннего аудита пищевой компании // Пищевая промышленность: Методы и технологии. 2017. № 46 (3). С. 135–140.
7. Третьякова Е. Н., Нечепорук А. Г. Функциональный полуфабрикат из творога с пищевыми волокнами и ягодами чёрной смородины и клюквы // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 62-68.
8. Трунов Ю. В., Стукалов Н. В. Урожайность и витаминная ценность ягод смородины чёрной при использовании некорневых подкормок // Вестник МичГАУ. 2011. № 1. С. 38-41.
9. Ушачев И. Г., Чекалин В. В. Импортзамещение и обеспечение продовольственной безопасности России // Овощи России. 2019. № 2. С. 3-8.
10. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник. М.: Делипринт, 2012. 236 с.
11. Чирикова С. Ю., Курчаева Е. Е., Манжесов В. И. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при производстве функциональных продуктов питания // Инновационные технологии и технические средства для АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. Воронеж. 2015. Ч. 5. С. 66-70.
12. Шабров А. В., Дадали В. А., Макаров В. Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М.: Авваллон, 2013. 161 с.
13. Compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications / F. Boukid [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 78. P. 120–133. <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
14. Evaluation of phenolic compounds, antioxidant and antiproliferative activities of 31 grape cultivars with different genotypes / L. Xia, C. Xu, K. Huang [et al.] // Food Biochemistry. 2019. V. 43 (6). P. 12626-12641.
15. The impact of functional food in prevention of malnutrition / M. H. Ahmed [et al.] // Pharma Nutrition. 2022. № 19. P. 100288.

References

1. Beredina L. S., Voronova N. S. Study of the protein complex of flax seeds // International scientific journal "Innovative Science". 2015. No 7. Pp. 8-11.
2. Biologically active substances of plant origin / B. N. Golovkin, R. N. Rudenskaya, I. A. Trofimova, A. I. Schreter. Moscow: Nauka, 2012. 1014 p.
3. Lisitsyn A. B., Chernukha I. M., Nikitina M. A. Russian methodology of designing multi-component food products in retrospect // Food and raw materials. 2020. No 8 (1). P. 2-11. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-2-11>.
4. Lysikov Yu. A. Amino acids in human nutrition // Experimental and clinical gastroenterology. 2012. No 2. Pp. 88-105.
5. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation: Methodological recommendations. M.: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2019. 36 p.
6. Rossieva D. V., Ermolaeva E. O., Trofimova N. B., Trofimov I. E. Development of a software product to support the internal audit process of a food company // Food industry: Methods and technologies. 2017. No 46 (3). Pp. 135-140.
7. Tretyakova E. N., Necheporuk A. G. Functional semi-finished product from cottage cheese with dietary fibers and berries of black currant and cranberry // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2016. № 3 (11). Pp. 62-68.
8. Trunov Yu. V., Stukalov N. V. The yield and vitamin value of black currant berries when using non-root fertilizing // Bulletin of MICHGAU. 2011. No 1. Pp. 38-41.
9. Ushachev I. G., Chekalin V. V. Import substitution and ensuring food security of Russia // Vegetables of Russia. 2019. No 2. Pp. 3-8.
10. Chemical composition of Russian food products: handbook. M.: Deliprint, 2012. 236 p.
11. Chirikova S. Yu., Kurchaeva E. E., Manzhesov V. I. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the production of functional food // Innovative technologies and technical means for the agro-industrial complex: mater. international scientific and practical conference of young scientists and specialists. 2015. Voronezh, 2015. V. 5. Pp. 66-70.
12. Shabrov A. V., Dadali V. A., Makarov V. G. Biochemical bases of action of micro-components of food. M.: Avvallon, 2013. 161 p.
13. Compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications / F. Boukid [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 78. Pp. 120-133. URL: <https://doi.org/10.1186/s13020-021-00500-8>.
14. Evaluation of phenolic compounds, antioxidant and antiproliferative activities of 31 grape cultivars with different genotypes / L. Xia, C. Xu, K. Huang [et al.] // Food Biochemistry. 2019. V. 43 (6). Pp. 12626-12641.
15. The impact of functional food in prevention of malnutrition / M. H. Ahmed [et al.] // Pharma Nutrition. 2022. № 19. P. 100288. <https://doi.org/10.1016/j.phanu.2022.100288>.

Информация об авторах

Филимонова Наталья Алексеевна, кандидат технических наук, преподаватель ИНО кафедры «Химия и микробиология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: 0009-0000-9652-1174, e-mail: nata55552007@yandex.ru

Бочкова Инна Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Химия и микробиология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-41-99-334, e-mail: kucherova04@mail.ru

Андреенко Людмила Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Химия и микробиология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0002-2130-8341, e-mail: milaanko@mail.ru

Минченко Любовь Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Химия и микробиология», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), ORCID: 0000-0003-4271-1057, e-mail: lyubov.minchenko@yandex.ru

Authors Information

Filimonova Natalia Alekseevna, Candidate of Technical Sciences, Lecturer of the INO Department of Chemistry, Food and Sanitary Microbiology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), ORCID: 0009-0000-9652-1174, e-mail: nata55552007@yandex.ru

Bochkova Inna Alexandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Food and Sanitary Microbiology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), ORCID: 0000-0002-41-99-334, e-mail: kucherova04@mail.ru

Andreenko Lyudmila Valentinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Food and Sanitary Microbiology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), ORCID: 0000-0002-2130-8341, e-mail: milaanko@mail.ru

Minchenko Lyubov Alexandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Food and Sanitary Microbiology, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), ORCID: 0000-0003-4271-1057, e-mail: lyubov.minchenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-58

STUDIES OF THE PERICARP OF THE WALNUT OF MILK RIPENESS GROWING IN THE ALMATY REGION FOR USE IN THE FOOD INDUSTRY

N. Akzhanov

*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: nurtore0308@gmail.com

Received 15.03.2023

Submitted 10.07.2023

The research was carried out within the framework of the program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products from a unit of raw materials, as well as reduce the share of waste in production" (implementation period 2021-2023)

Summary

This article presents the results of a study of the pericarp of a walnut of milk ripeness. The optimization results indicate that the optimal extraction time for the maximum yield of phenolic compounds is 150 minutes when using 90% ethanol. Similarly, when using ethanol + water as a solvent in an 80/20 ratio, the optimal extraction time is 120 minutes for maximum extract yield.

Abstract

Introduction. Walnut is a kind of vegetable raw material that is used in various industries, including food production, due to its various parts (including ripe and unripe fruits, shells and partitions, green pericarp and leaves, bark, wood and roots). Walnut pericarp is a rich source of vitamins, tannins, iodine, juglon and fatty acids. This work emphasizes the importance of walnut as a unique vegetable raw material, using the example of its use in the food industry. Walnut has a variety of useful properties coming from its various parts. Especially valuable and rich in vitamins, tannins, iodine, juglon and fatty acids is the pericarp of the nut. **Objects.** This article presents the results of a study of the pericarp of a walnut of milk ripeness. **Materials and methods.** Biologically active substances of the pericarp were isolated by extraction. Extraction was carried out on a semi-automatic Soxhlet apparatus using ethanol and water as a solvent. **Results and conclusions.** The purpose of this study was to identify the available phenolic compounds of the walnut pericarp of milk ripeness by extraction, and in the future the resulting extract is planned to be used as a food additive to enrich food with missing elements. Optimal extraction models were also determined, in which the most complete extraction of phenolic compounds is observed. In the long term, our work opens the possibility of using the resulting extract

as a food additive to enrich food with missing elements. In the course of our work, we also determined the optimal extraction models in which the most complete extraction of phenolic compounds is achieved. As a result, this research makes an important contribution to understanding the applicability and value of walnut, opening new prospects for its use in the food industry and other fields.

Key words: *walnut, pericarp, milk ripeness, extraction, solvents.*

Citation. Akzhanov N. Studies of the pericarp of the walnut of milk ripeness growing in the Almaty region for use in the food industry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 594-603 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-58.

The author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 634.51

ИССЛЕДОВАНИЯ ОКОЛОПЛОДНИКА ГРЕЦКОГО ОРЕХА МОЛОЧНОЙ СПЕЛОСТИ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ, ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н. Акжанов, *магистр естественных наук, старший научный сотрудник*

*АФ ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности»
г. Астана, Казахстан*

Исследования проводились в рамках программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки с/х сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» (период реализации 2021-2023 гг.)

Актуальность. Грецкий орех является своеобразным растительным сырьем, которое используется в различных отраслях, в том числе в производстве продуктов питания, благодаря различным его частям (в том числе спелым и незрелым плодам, скорлупе и перегородкам, зеленому околоплоднику и листьям, коре, древесине и корням). Околоплодник грецкого ореха является богатым источником витаминов, дубильных веществ, йода, юглона и жирных кислот. Данная работа подчеркивает значимость грецкого ореха как уникального растительного сырья на примере его использования в пищевой промышленности. Грецкий орех обладает разнообразными полезными свойствами, исходящими от различных его частей. Особенно ценным и богатым на витамины, дубильные вещества, йод, юглон и жирные кислоты является околоплодник ореха. **Объекты.** В данной статье представлены результаты исследования околоплодника грецкого ореха молочной спелости. **Материалы и методы.** Биологически активные вещества околоплодника были выделены методом экстракции. Экстракцию проводили на полуавтоматическом аппарате Сокслета с использованием этанола и воды в качестве растворителя. **Результаты и выводы.** Целями данного исследования было выявление доступных фенольных соединений околоплодника грецкого ореха молочной спелости путем экстракции, и в будущем полученный экстракт планируется использовать в качестве пищевой добавки для обогащения пищи недостающими элементами. Также были определены оптимальные модели экстракции, при которых наблюдается наиболее полное извлечение фенольных соединений. В долгосрочной перспективе, наша работа открывает возможность применения полученного экстракта в качестве пищевой добавки для обогащения продуктов питания недостающими элементами. В ходе работы мы также определили оптимальные модели экстракции, при которых достигается наиболее полное извлечение фенольных соединений. В итоге это исследование делает важный вклад в понимание применимости и ценности грецкого ореха, открывая новые перспективы для его использования в пищевой промышленности и других областях. В данной статье представ-

лены результаты исследования околоплодника грецкого ореха молочной спелости. Результаты оптимизации свидетельствуют о том, что оптимальное время экстракции для максимального выхода фенольных соединений составляет 150 минут при использовании 90% этанола. Аналогично, при использовании в качестве растворителя «этанол + вода» в соотношении 80/20 оптимальное время экстракции составляет 120 минут для максимального выхода экстракта.

Ключевые слова: грецкий орех, околоплодник ореха, молочная спелость ореха, экстракция, растворители.

Цитирование. Акжанов Н. Исследования околоплодника грецкого ореха молочной спелости произрастающего в Алматинской области для применения в пищевой промышленности. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 594-603. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-58.

Вклад автора. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В отличие от других орехов, которые в основном состоят из мононенасыщенных жирных кислот, грецкие орехи имеют более высокую долю полиненасыщенных жирных кислот омега-6 и омега-3, которые являются важными компонентами сбалансированной диеты [5, 6, 10]. Все компоненты грецкого ореха, в том числе витамины С, А, Е, группы В, органические кислоты, минеральные соли, дубильные вещества, имеют пищевую ценность. Незрелые плоды грецкого ореха, в частности, имеют наибольшее содержание витамина С, до 3-5 тыс. мг%; это в три-четыре раза больше, чем у шиповника, и в пять-шесть раз больше, чем у черной смородины. Максимальное содержание витамина С в незрелых грецких орехах достигается в начале затвердевания эндосперма [12].

Околоплодник грецкого ореха используется в качестве натурального красителя в легкой промышленности из-за высокой концентрации красящих веществ. Несмотря на это, он не нашел широкого применения в производстве продуктов питания. Во многом это связано с ограниченными знаниями о его химическом составе и свойствах, а также с отсутствием технологических достижений в переработке его продуктов [1, 3, 11, 13].

Целью данного исследования является разработка эффективных и безопасных профилактических продуктов, отвечающих потребностям населения, с функциональной направленностью, с использованием экстракта, полученного из зеленого околоплодника грецкого ореха.

Материалы и методы. Источником исследования является экзокарпий молочного ореха. Орех был заготовлен в Алматинской области в конце мая. Процесс извлечения был полуавтоматическим и происходил на полуавтоматическом устройстве под названием «Asv6». Зеленую скорлупу грецкого ореха удаляли, помещали в полиэтиленовые пакеты и хранили при температуре 20 градусов по Цельсию. Затем растительный материал сушили в печи.

Измельчение и на лабораторной мельнице «МШЛ-1П». Мельница «МШЛ-1П» является устройством периодического действия. Съёмный барабан мельницы содержит сухую скорлупу грецкого ореха, предварительно измельченную на дробилке «Novital Magnum 4V», и мелющие стальные шары. При вращении барабана материал измельчается за счет измельчения и ударного действия шариков. Время помола варьируется от 1 до 3 часов в зависимости от тонкости помола.

Экстракция на полуавтоматическом аппарате экстракции по Сокслету «АСВ-6». Чтобы начать анализ, подготовим образец к экстракции. Рукав изготавливают из фильтровальной бумаги, в него кладут 5 г измельченной кожуры грецкого ореха, в экстрак-

ционную склянку наливают 45 мл растворителя (вода, этанол), помещают на водяную баню, поднимают подходящий стеклянный холодильник, устанавливают в него напр. После достижения заданной температуры образец переносили в растворитель, где образец обрабатывали в течение 30 мин. После этого образец переносится в место, где его промывают чистым растворителем. Процесс промывки чистым растворителем является основной фазой экстракции, которая занимает 60-180 минут. После экстракции в течение 30 мин. Растворитель стекает в верхнюю часть холодильника, а экстракт остается в экстракционной бутылки. Общее количество фенолов оценивали колориметрическим методом Фолина-Чокальтеу, и результаты выражали в миллиграммах эквивалента галловой кислоты (мг GAE/экстракт).

Определение активности по поглощению радикалов DPPH. Анализ с использованием 2,2-дифенил-1-пикрилгидразингидрата (ДФПГ). Выраженный в виде количества экстракта, экстракт кожуры грецкого ореха добавляли к 1,5 мл раствора ДФПГ (4,02 мг/100 мл раствора этанола) и хранили смесь в темноте в течение 30 минут. при комнатной температуре. Определите концентрацию оставшегося DPPH, используя оптическую плотность при 517 нм, используя спектрофотометр UV-VIS. Анализ проводили в трех повторностях, и активность DPPH по удалению радикалов выражали в процентах ингибирования (%), используя следующее уравнение

$$\text{DPPH scavenging effect \%} = \frac{AD-AS}{AD} * 100$$

AD – является значением поглощения при 517 нм контрольного типа DPPH,

AS – является значением поглощения при 517 нм для образца

Результаты. Оптимизация выхода из скорлупы грецкого ореха.

Чтобы обеспечить оптимизацию процесса, которая представляет собой уравнение регрессии, используется вращающийся план второго порядка (блочный план).

Таблица 1 – Кодировка интервалов и уровней варьирования входных факторов
Table 1 – Coding of intervals and levels of variation of input factors

Факторы		Уровни варьирования					Интервалы варьирования
Натуральные	Кодированные	-1,68	-1	0	+1	+1,68	
Концентрация растворителя	x_1	50	60	70	80	90	10
Крупность помола околоплодника	x_2	300	400	500	600	700	100
Продолжительность экстракции	x_3	60	90	120	150	180	30

Таблица 2 – Дисперсионный анализ для квадратичной модели поверхности отклика
Table 2 – Analysis of variance for a quadratic response surface model

Закодированные значения			Натуральные значения			Критерии оптимизации
1	2	3	4	5	6	
x_1	x_2	x_3	C, %	K, μm	t, min	Y
-1	-1	-1	60	400	90	30,05
-1	-1	1	60	400	150	32,05
-1	1	-1	60	600	90	29,16
-1	1	1	60	600	150	31,01
1	-1	-1	80	400	90	38,05
1	-1	1	80	400	150	41,05

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
1	1	-1	80	600	90	30,02
1	1	1	80	600	150	31,05
-1,68	0	0	60	500	120	30,08
1,68	0	0	90	500	120	34,15
0	-1,68	0	70	300	120	56,57
0	1,68	0	70	700	120	30,59
0	0	-1,68	70	500	60	30,55
0	0	1,68	70	500	180	40,57
0	0	0	70	500	120	26,73
0	0	0	80	300	120	45,97
0	0	0	90	500	90	31,37
0	0	0	60	500	90	25,99
0	0	0	90	300	120	60,92
0	0	0	70	500	150	33,39

В таблице 3 приведены значения доверительного интервала для критериев, оптимизированных для выделения общих фенольных соединений из кожуры грецкого ореха.

Таблица 3 – Значение доверительных интервалов критерия оптимизации

Table 3 – The value of the confidence intervals of the optimization criterion

Процесс экстракций	Входной параметр	Доверительные интервалы			
		Δb_0	Δb_i	Δb_{ii}	Δb_{ij}
Выход общих фенольных соединений	Y	$\pm 11,08$	$\pm 7,35$	$\pm 7,16$	$\pm 9,61$

Сравнивая значения доверительного интервала в таблице 3 с соответствующими коэффициентами регрессии в таблице 4, можно сделать вывод, что влияние взаимодействия входных факторов не является значимым.

Таблица 4 – Коэффициенты уравнений регрессии выходных параметров

Table 4 – Coefficients of regression equations of output parameters

Критерий оптимизации	Коэффициенты	Процесс
1	2	3
Выход экстракций	При кодированных значениях факторов	
	b_0	37,56904568
	b_1	1,810792
	b_2	-4,65599
	b_3	1,809036
	b_{12}	-2,0125
	b_{13}	0,0225
	b_{23}	-0,265
	b_{11}	-2,79091
	b_{22}	1,25394
	b_{33}	-1,57552
	При натуральных значениях факторов	
	B_0	-164,7846
	B_1	5,085606
	B_2	-0,02048

Окончание таблицы 4

1	2	3
	B ₃	0,519355
	B ₁₂	-0,002013
	B ₁₃	7,5E-05
	B ₂₃	-0,00009
	B ₁₁	-0,02791
	B ₂₂	0,000125
	B ₃₃	-0,00175
	F _p	0,179527

Следовательно, для закодированных значений уравнение регрессии для процесса выделения суммы фенольных соединений из кожуры грецкого ореха примет вид:

$$y = 37.56 + 1,81x_1 - 4,65x_2 + 1,80x_3 - 2,01x_1x_2 + 0,02x_1x_3 - 0,26x_2x_3 - 2,79x_1^2 + 1,25x_2^2 - 1,57x_3^2$$

Поэтому, полагая $F_p < F_m$, модель технической эффективности процесса можно считать адекватной с доверительной вероятностью 95%.

После канонического преобразования модели второго порядка получено уравнение регрессии в регулярной форме и вычислено значение оптимизируемых параметров на компьютере с текстовым процессором Microsoft Excel, на основании чего трехуровневое пространство размерности модели установленный для представления извлеченного выхода, а его представление Продолжительность (t, мин), концентрация растворителя (%), тонкость помола кожуры грецкого ореха (мкм) влияют на зависимость оптимизированного стандартного выхода фенольных соединений. На рис. 1 показано графическое представление графа зависимостей.

Анализ представленных диаграмм показывает, что на трехмерной модели пространства существует оптимальная область значений концентрации растворителя (%), крупности помола (мкм), длительности экстракции (мин) а скорость экстракции находится при оптимальном значении С (%), К (мкм) и t (мин). Результаты трех параметров при выделении фенольных соединений из кожуры грецкого ореха представлены на рисунке 1.

Метод экстракции модифицировали, изменяя продолжительность экстракции, концентрацию растворителя и тонкость помола. Было обнаружено, что выход фенольных соединений увеличивается пропорционально продолжительности экстракции, что наблюдается при увеличении продолжительности с 60 до 180 минут. Оптимальный выход был достигнут после 150 минут экстракции.

Согласно рисунку 1А, увеличение концентрации этанола с 50% до 90% при 300 мкм привело к более высокому выходу экстракции, при этом выход увеличился с 29,06 до 44,28 мг GAE/экстракт. Кроме того, увеличение продолжительности экстрагирования с 60 до 180 минут и концентрации растворителя с 50% до 90% привело к увеличению выхода фенольных соединений с 20,08 до 36,80 мг GAE/экстракт.

На основании исследования установлено, что показатель помола околоплодника грецкого ореха влияет на количество образующихся фенольных соединений. В частности, исследование показало, что наибольший выход фенольных соединений достигается при измельчении околоплодника до размера 300 мкм.

Выбор этанола и воды в качестве растворителей для экстракции был основан не только на их способности давать более высокие выходы экстракции, но также и на их благоприятном профиле безопасности и меньшей токсичности по сравнению с другими органическими растворителями, такими как метанол [14, 15].

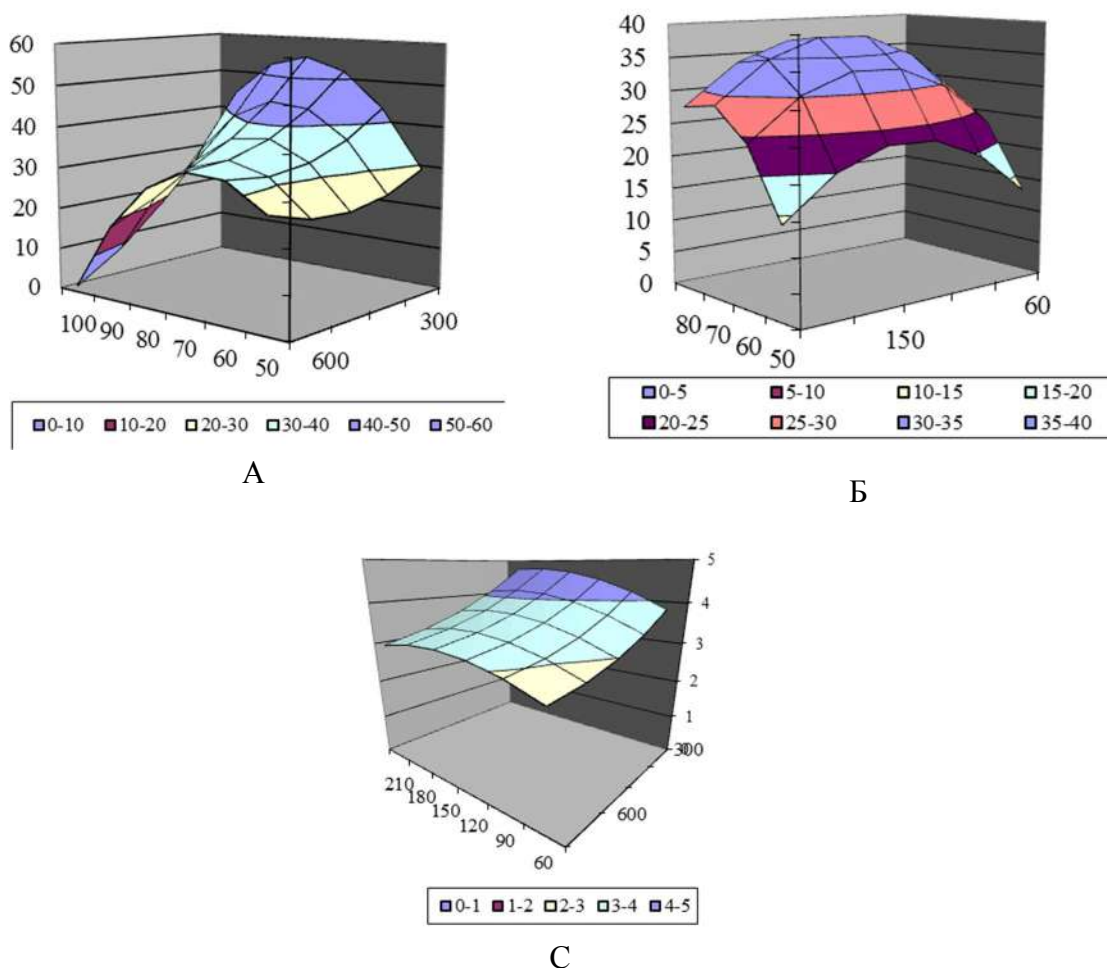


Рисунок 1 – Трехмерная модель в пространстве выхода фенольных соединений

A – концентрация растворителя (%) и крупность помола (μm)

B – концентрация растворителя (%) и продолжительность экстракций (min)

C – продолжительность экстракций (min) и крупность помола (μm)

Figure 1 – Three-dimensional model in the outlet space of phenolic compounds

A – solvent concentration (%) and grinding fineness (μm)

B – solvent concentration (%) and extraction duration (min)

C – extraction duration (min) and grinding fineness (μm)

После удаления внешнего слоя грецкого ореха было обнаружено, что два разных соотношения дают наиболее оптимальный результат.

Соотношение этанола и воды составляет 80% к 20%, размер помола 300 мкм и время экстракции 120 минут.

Выполняли экстракцию в течение 150 минут с использованием 90% этанола и размера помола 300 мкм.

Определение активности по поглощению радикалов DPPH

DPPH представляет собой стабильный органический свободный радикал азота, чья поглощающая способность широко используется для оценки антиоксидантной способности растительных экстрактов.

Антиоксидантную активность фенольных соединений в экстрактах кожуры грецкого ореха сравнивали с активностью трех широко используемых синтетических антиоксидантов, ВНТ, ВНА и ТВНҚ, как показано на рисунке 2.

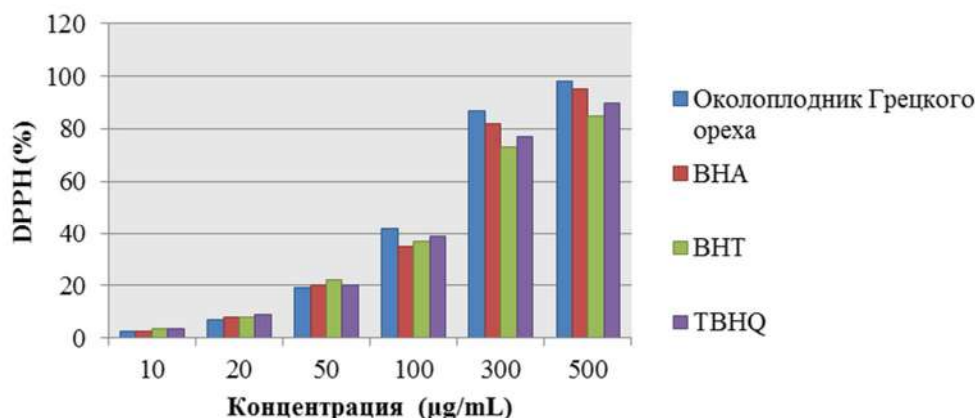


Рисунок 2 – Сравнение антиоксидантной активности фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха с ВНА, ВНТ и ТВНҚ с помощью анализа DPPH

Figure 2 – Comparison of antioxidant activity of phenolic compounds from walnut pericarp with BHA, BHT and TBHQ using DPPH analysis

При снижении концентрации фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха поглощательная активность оставалась неизменной. Однако в диапазоне от 100 до 500 мкг/мл абсорбционная способность фенольных соединений из околоплодника грецкого ореха превосходила ТВГХ, БГА и БГТ.

Обсуждение. Результаты исследования показывают, что экстракт околоплодника грецкого ореха может служить жизнеспособной альтернативой синтетическим антиоксидантам, которые, как известно, оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека, что делает его естественным антиоксидантом.

После проведения качественного анализа было обнаружено, что околоплодник скорлупы молочного грецкого ореха содержит значительное количество фенольных соединений, что указывает на потенциальные антибактериальные, антиоксидантные и противораковые свойства. Это открытие предполагает, что околоплодник можно использовать в лечебных целях. Дополнительные исследования показали, что околоплодник грецкого ореха действует как естественный источник растительных антиоксидантов, что делает его идеальным кандидатом на роль пищевых добавок, повышающих питательную ценность пищевых продуктов. Результаты исследования дают перспективные направления для практического применения в пищевой промышленности.

Выводы. На основании результатов исследования можно сделать вывод, что в методе экстракции использовались как вода, так и этанол.

После определения наиболее эффективных методов экстракции фенольные соединения из околоплодника грецкого ореха могут быть извлечены в полной мере. Результаты оптимизации свидетельствуют о том, что оптимальное время экстракции для максимального выхода фенольных соединений составляет 150 минут при использовании 90% этанола. Аналогично, при использовании в качестве растворителя «этанол + вода» в соотношении 80/20 оптимальное время экстракции составляет 120 минут для максимального выхода экстракта. Экстракт околоплодника грецкого ореха обладает более высокой антиоксидантной эффективностью, чем синтетические антиоксиданты, такие как ВНТ, ВНА и ТВНҚ, что указывает на то, что он может заменить синтетические антиоксиданты в качестве естественной альтернативы.

Conclusions. Based on the results of the study, it can be concluded that both water and ethanol were used in the extraction method.

After determining the most effective extraction methods, phenolic compounds from the walnut pericarp can be fully extracted. The optimization results indicate that the optimal extraction time for the maximum yield of phenolic compounds is 150 minutes when using 90% ethanol. Similarly, when using ethanol + water as a solvent in an 80/20 ratio, the optimal extraction time is 120 minutes for maximum extract yield. Walnut pericarp extract contains more high-altitude antioxidant activity than synthetic antioxidants such as BHT, BHA and TBHQ, indicating that it can replace synthetic antioxidants as an ethical alternative.

Библиографический список

1. Артюхова Л. В., Якуба Ю. Ф., Балапанов И. М. Оценка перспективных форм ореха грецкого селекции СКФНЦСВВ по качеству плодов // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 67 (1). С. 55-65.
2. Аслонова И. Ж., Кароматов И. Д., Тураева Н. И. Химический состав грецкого ореха // Биология и интегративная медицина. 2019. № 10 (38). С. 77-83.
3. Елеуов М. А., Сейтжанова М. А., Ченчик Д. И. Получение многослойных графенов из рисовой шелухи и скорлупы грецкого ореха // Горение и плазмохимия. 2018. Т. 16. № 1. С. 7-14.
4. Изучение адсорбционных свойств природных сорбентов, полученных из ореха грецкого (*Juglans Regia* L.) / А. А. Литвиненко, Л. П. Мыкоц, О. М. Жилина, Н. Н. Степанова // Беликовские чтения: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Пятигорск, 2020. С. 223-230.
5. Морозов Д. Е. Способы размножения ореха грецкого (обзор) // Селекция и сортоведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1-2. С. 111-113.
6. Назарько М. Д., Кириченко А. В., Шершнева В. А. Разработка биотехнологии трансформации околоплодников и листьев грецкого ореха для получения фитопрепарата // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 2.
7. Токторбаева Г. П., Ташполотов Ы., Ысманов Э. М. Исследование разделения древесной смолы на органические фракции на основе индивидуального выкипания веществ // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 1. С. 296-299.
8. Токторбаева Г. П., Ташполотов Ы. Процессы пиролиза скорлупы *Juglans regia* L. в интервале температур 250-550° С с получением древесного угля // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №7. С. 135-140.
9. Фармакогностическое изучение коры грецкого ореха и настойки, полученной из коры грецкого ореха / Д. И. Лежава, А. В. Стрелева, С. С. Сологова, Р. М. Кузнецов // Актуальные вопросы фармации, фармакологии и клинической фармакологии: сборник материалов всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2020. С. 101-108.
10. Хохлов С. Ю. Изучение морфологической изменчивости плодов и оценка перспективных сортов ореха грецкого // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 67. С. 273-277.
11. Чебышев Н. В., Мартемьянова Л. О., Стрелева А. В. Изучение внешних признаков, микроскопии и химического состава перегородок грецкого ореха // Сеченовский вестник. 2018. № 4 (34). С. 60-69.
12. Шалпыков К. Т. Современное состояние генетических ресурсов диких сородичей культурных растений в орехово-плодовых лесах Южного Кыргызстана // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Т. 144. С. 75-79.
13. Экстракция биологически активных веществ из сырья ореха грецкого: современные подходы / В. В. Верниковский, Ж. В. Дайронас, И. Н. Зилфикаров, З. Д. Хаджиева // Фармация. 2019. Т. 68. № 1. С. 5-9.
14. Queiros C. S. Characterization of walnut, almond, and pine nut shells regarding chemical composition and extract composition // Biomass Conversion and Biorefinery. 2019. № 10 (1). Pp. 175-188.
15. Sartori C. Chemical characterization of the bark of *Eucalyptus urophylla* hybrids in view of their valorization in biorefineries // *Holzforschung*. No 70 (9). Pp. 819–828.

References

1. Artyukhova L. V., Yakuba Yu. F., Balapanov I. M. Assessment of the promising forms of walnut selection SKFNTSVV in terms of fruit quality // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2021. № 67 (1). Pp. 55-65.
2. Aslonova I. J., Karomatov I. D., Turaeva N. I. The chemical composition of walnut // Biology and integrative medicine. 2019. № 10 (38). Pp. 77-83.
3. Eleuov M. A., Seitzhanova M. A., Chenchik D. I. Obtaining multilayer graphenes from rice husks and walnut shells//Burning and plasma chemistry. 2018. V. 16. № 1. Pp. 7-14.
4. Study of the adsorption properties of natural sorbents obtained from walnut (*Juglans Regia* L.) / A. A. Litvinenko, L. P. Mykots, O. M. Zhilin, N. N. Stepanova // Belikovo readings: materials of the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference. Pyatigorsk, 2020. Pp. 223-230.
5. Morozov D. E. Methods of reproduction of walnut (review) // Selection and variety breeding of garden crops. 2020. V. 7. № 1-2. Pp. 111-113.
6. Nazarko M. D., Kirichenko A. V., Shershneva V. A. Development of biotechnology for the transformation of pericarp and walnut leaves for the production of phytopreparation // Science and Education. 2021. V. 4. № 2.
7. Toktorbaeva G. P., Tashpolotov A., Ysmanov E. M. Research on the separation of wood resin into organic fractions based on individual boiling of substances // Bulletin of Science and Practice. 2021. V. 7. № 1. Pp. 296-299.
8. Toktorbaeva G. P., Tashpolotov A. Processes for pyrolysis of *Juglans regia* L. shell in the temperature range 250-550 ° C to obtain charcoal // Bulletin of Science and Practice. 2019. V. 5. № 7. Pp. 135-140.
9. Pharmacognostic study of walnut bark and tincture obtained from walnut bark / D. I. Lezhava, A. V. Strelyaev, S. S. Sologova, R. M. Kuznetsov // Topical issues of pharmacy, pharmacology and clinical pharmacology: a collection of materials from the All-Russian scientific and practical conference. Makhachkala, 2020. Pp. 101-108.
10. Khokhlov S. Yu. Study of morphological variability of fruits and assessment of promising varieties of walnut // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. № 67. P. 273-277.
11. Chebyshev N. V., Martemyanova L. O., Strelyaeva A. V. Study of external signs, microscopy and chemical composition of walnut partitions // Sechenovsky Bulletin. 2018. № 4 (34). Pp. 60-69.
12. Shalpykov K. T. The current state of genetic resources of wild relatives of cultivated plants in the nut and fruit forests of Southern Kyrgyzstan // Collection of scientific works of the State Nikitsky Botanical Garden. 2017. V. 144. Pp. 75-79.
13. Extraction of biologically active substances from walnut raw materials: modern approaches / V. V. Vernikovskiy, J. V. Dayronas, I. N. Zilfikarov, Z. D. Khadzhieva // Pharmacy. 2019. V. 68. № 1. Pp. 5-9.
14. Queiros C. S. Characterization of walnut, almond, and pine nut shells regarding chemical composition and extract composition // Biomass Conversion and Biorefinery. 2019. № 10 (1). Pp. 175-188.
15. Sartori C. Chemical characterization of the bark of *Eucalyptus urophylla* hybrids in view of their valorization in biorefineries // *Holzforschung*. No 70 (9). Pp. 819–828.

Информация об авторах

Акжанов Нурторе, старший научный сотрудник, магистр естественных наук, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: nurtore0308@gmail.com

Authors Information

Akzhanov Nurtore, senior researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: nurtore0308@gmail.com

THE STUDY OF THE FATTY ACID COMPOSITION OF THE VEGETABLE OILS

N. E. Alzhaxina¹, A. B. Sarshaeva²

¹*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

²*Taraz Regional University named after. M.Kh. Dulaty
Taraz, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: nazjomka@mail.ru

Received 05.06.2020

Submitted 18.08.2023

The research was carried out within the framework of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023 BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry"

Summary

Nutrition analysis shows that in many countries, including Kazakhstan, omega-3 fatty acids are consistently lacking in omega-6 fatty acids, which account for about 48-74%. Scientific studies have shown that the dominance of these acids in the diet leads to an increased risk of cardiovascular and mental diseases, immunodeficiency and the development of cancerous tumors. Omega-3 fatty acids have been shown to help prevent cardiovascular disease by reducing blood clotting, preventing the formation of blood clots and protecting blood vessels from the formation of cholesterol plaques.

Abstract

Introduction. Polyunsaturated fatty acids, being essential components of the diet, play a key role in numerous biological processes, including the regulation of inflammatory reactions, immune responses and lipid metabolism. This article touches upon the problem of determining the fatty acid composition of vegetable oils. **Materials and methods.** The gas chromatographic analysis of sunflower, sea buckthorn, hemp, soy, linseed, walnut, olive, mustard, corn, sesame and pumpkin oils was carried out for compliance with GOST 30623-98 «Vegetable oils and margarine products. The method of detecting falsification». It is established that sunflower, olive, corn, mustard and sesame meet the current standards. Additionally, hemp and walnut oil, which are absent in the regulatory documents, were investigated. **Results and conclusions.** Hemp oil is very similar in fatty acid composition to wheat oil. Soybean and linseed oil have insignificant deviations from the standard. But despite this, it is possible to establish their authenticity. Pumpkin oil complies with the regulatory documentation on the fatty acid composition, but at the same time it can be identified as corn. Nutrition analysis shows that in many countries, including Kazakhstan, omega-3 fatty acids are consistently lacking in omega-6 fatty acids, which account for about 48-74%. Scientific studies have shown that the dominance of these acids in the diet leads to an increased risk of cardiovascular and mental diseases, immunodeficiency and the development of cancerous tumors. Omega-3 fatty acids have been shown to help prevent cardiovascular diseases by reducing blood clotting, preventing the formation of blood clots and protecting blood vessels from the formation of cholesterol plaques. Therefore, scientific studies have proved that to reduce the incidence of gastrointestinal diseases, not only a higher intake of polyunsaturated fatty acids is necessary, but also a significant increase in the proportion of omega-3 fatty acids.

Key words: *fatty acid composition, vegetable oil, polyunsaturated fatty acids, linoleic acid, linolenic acid.*

Citation. Alzhaxina N. E., Sarshaeva A. B. The study of the fatty acid composition of the vegetable oils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2023. 3(71). 604-610 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-59.

The author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 665.1.09

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Н. Е. Альжаксина¹, PhD, главный научный сотрудникА. Б. Саршаева², PhD-докторант, преподаватель¹Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности"

г. Астана, Казахстан

²Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати

г. Тараз, Казахстан

Исследования проводились в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности»

Актуальность. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), являясь существенными компонентами диеты, играют ключевую роль в многочисленных биологических процессах, включая регуляцию воспалительных реакций, иммунных ответов и метаболизма липидов. В данной статье затрагивается проблема определения жирнокислотного состава растительных масел. **Материалы.** Проведен газохроматографический анализ подсолнечного, облепихового, конопляного, соевого, льняного, грецкого ореха, оливкового, горчичного, кукурузного, кунжутного и тыквенного масел на соответствие ГОСТу 30623-98 «Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации». **Результаты.** Установлено, что подсолнечное, оливковое, кукурузное, горчичное и кунжутное масло соответствуют действующим нормам. Дополнительно исследованы конопляное масло и масло грецкого ореха, которые отсутствуют в регламентирующих документах. Конопляное масло очень сходно по жирнокислотному составу с пшеничным маслом. Соевое и льняное масло имеют несущественные отклонения от стандарта. Но, несмотря на это, возможно установить их аутентичность. Тыквенное масло соответствует нормативной документации по жирнокислотному составу, но при этом может быть идентифицировано как кукурузное.

Ключевые слова: жирнокислотный состав масел, растительные масла, полиненасыщенные жирные кислоты, линолевая кислота, линоленовая кислота;

Цитирование. Альжаксина Н. Е., Саршаева А. Б. Исследование жирнокислотного состава растительных масел. *Известия НВ АУК.* 2023. 3(71). 604-610. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-59.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Настоящая статья посвящена сравнению животных жиров и растительных масел в контексте содержания ПНЖК. Согласно имеющимся данным, растительные масла обычно превосходят животные жиры по содержанию ПНЖК. Например, подсолнечное масло содержит около 68% линолевой кислоты (C18:2, ω -6), одной из основных ПНЖК, в то время как жир говядины содержит лишь около 2-4% этой жирной кислоты. Рапсовое масло также богато ПНЖК, включая α -линоленовую кислоту (C18:3, ω -3), которая практически отсутствует в животных жирах [3].

Однако следует учесть, что некоторые виды животных жиров, в частности рыбий жир, могут быть богатыми источниками долгосрочных ПНЖК, таких как эйкозапентаеновая (EPA, C20:5, ω -3) и докозагексаеновая (DHA, C22:6, ω -3) кислоты, которые не так часто встречаются в растительных маслах [8].

Универсальность и доступность растительных масел, их способность обеспечивать значительное количество ПНЖК делает их важным элементом здорового питания. Более того, они также обладают преимуществами с точки зрения устойчивости, поскольку их производство обычно требует меньше природных ресурсов, чем производство животных жиров [10].

ПНЖК, или полиненасыщенные жирные кислоты, проявляют различную степень биологической активности. Линолевая кислота, например, очень активна, тогда как линоленовая кислота имеет уровень активности в 8-10 раз ниже. Среди незаменимых жирных кислот, присутствующих в растительных маслах, линолевая кислота имеет первостепенное значение для человека, как указано в [6].

Триацилглицеролы, входящие в состав пищевых продуктов, должны содержать определенные пропорции полиненасыщенных (ПНЖК), мононенасыщенных (МНЖК) и насыщенных (НЖК) жирных кислот для обеспечения здорового рациона питания. В данном контексте сравнение животных жиров и растительных масел актуально, поскольку они представляют собой основные источники этих категорий жирных кислот. Традиционно животные жиры характеризуются более высоким содержанием НЖК. Так, в свином жире доля НЖК может достигать 40-45%, в то время как в растительных маслах, таких как подсолнечное или соевое, этот показатель обычно не превышает 10-15%. В отношении МНЖК растительные масла, в частности оливковое и канولا, богаты олеиновой кислотой (C18:1, ω -9), доля которой может составлять до 70-80% от общего содержания жирных кислот. Животные жиры обычно содержат меньшее количество МНЖК, хотя их доля в говяжьем жире может достигать 45-50%. В контексте ПНЖК растительные масла, особенно подсолнечное и соевое, снова преобладают. Так, подсолнечное масло может содержать до 68% линолевой кислоты (C18:2, ω -6), в то время как животные жиры обычно содержат значительно меньше ПНЖК.

На основании других данных было установлено, что пожилым людям и людям с состояниями, влияющими на метаболизм жиров, и атеросклерозом, требуется диета с высоким содержанием жиров, содержащих линолевою кислоту. Оптимальное соотношение между насыщенными жирами и полиненасыщенными жирными кислотами в этом контексте составляет примерно 1:2. Интересно, что оливковое масло с более низким уровнем линолевой кислоты и холестерина столь же эффективно, как подсолнечное или кукурузное масло, оба из которых имеют более высокий уровень линолевой кислоты. Кроме того, было обнаружено, что умеренный уровень полиненасыщенных жирных кислот в оливковом масле оказывает положительное влияние на снижение перекисного окисления липидов [15].

Не менее важно помнить о соотношении ω -6 и ω -3 ПНЖК. Как показано в литературе, рекомендуемое диетическое соотношение ω -6 (состоящего из линолевой, γ -линоленовой и арахидоновой кислот) и ω -3 (с-линоленовой, эйкозантеновой и докозагексаеновой кислот) для поддержания хорошего здоровья составляет 10:1. Однако для лечебного питания это соотношение должно составлять от 3:1 до 5:1. В организме а-линоленовые кислоты превращаются в эйкозапентаеновую и докозагексаеновую, так как в растительных маслах масложировой промышленности этих кислот нет [11].

Материалы и методы. Объектами исследования послужили растительные масла: подсолнечное масло, рапсовое масло, кукурузное масло, пальмовое масло.

Для проведения исследований использовалось исходное сырье, качество которого соответствует нормативно-технической документации:

- СТ РК ГОСТ Р 52465-2010 «Масло подсолнечное пищевое. Общие технические условия»;

- ГОСТ 31759-2012 «Масло рапсовое. Технические условия»;

- СТ РК 2645-2015 «Масло льняное нерафинированное пищевое. Технические условия»;

- ГОСТ 8808-2000 «Масло кукурузное. Технические условия»;

- СТ РК 2179-2011 «Масло пальмовое рафинированное дезодорированное для пищевой промышленности. Технические условия»;

Качество оливкового масла определялось согласно ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию».

Целью настоящего исследования является анализ жирнокислотного состава представленных растительных масел в соответствии с ГОСТ 30418-96 «Методика определения жирнокислотного состава растительных масел» с использованием газового хроматографа Хромос ГХ-1000. Температура детектора установлена на 260°C, а температура инжектора на 250°C. Колонки запрограммированы так, чтобы они начинались при начальной температуре 180°C, выдерживались в течение двух минут, а затем нагревались со скоростью 10 минут до достижения 220°C. Каждый газохроматографический образец имеет объем 3 мкл. Для приготовления пробы примерно 0,3 мл проб масла растворяли в 3,0 мл гексана, а затем тщательно встряхивали. Затем к смеси добавляли 0,5 мл 10% раствора метоксида натрия в метаноле и снова встряхивали. Верхний прозрачный слой собирали после разделения фаз для дальнейшего исследования [5].

Результаты и обсуждение. В целях достижения гармоничного жирнокислотного баланса, включая пропорциональное соотношение жирных кислот серий $\omega 3$ и $\omega 6$, представляется целесообразным включение в жировую основу спреда растительных масел и жиров, относящихся к различным жирнокислотным группам. В данном контексте был осуществлен анализ жирнокислотного состава подсолнечного, рапсового и пальмового масел. Для более точного анализа жирнокислотного состава масел необходимо проведение специфических экспериментов. Допустим, мы имеем 100 г образца масла и хотим определить содержание полиненасыщенных жирных кислот в нем. Сначала мы проводим газохроматографический анализ, который может дать нам процентное соотношение различных жирных кислот в образце. Предположим, результаты анализа показали, что общее содержание полиненасыщенных жирных кислот составляет 60%. Значит, в 100 г масла содержится 60 г полиненасыщенных жирных кислот.

Результаты исследования жирнокислотного профиля указанных масел представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Жирно-кислотный состав исходных масел

Table 1 – Fatty acid composition of the starting oils

Наименование кислоты	Значение показателя			
	ПМР	РМР	КМР	ПМ
C14:0 миристиновая	0,08	0,2	0,04	1,5
C16:0 пальмитиновая	6,73	4,78	9,86	48,9
C16:1 пальмитолеиновая	0,1	0,21	0,1	-
C18:0 стеариновая	3,55	1,69	2,65	3,4
C18:1 олеиновая	25,75	61,7	31,32	36,9
C18:2 линолевая	62,59	19,43	53,17	9,3
C18:3 линоленовая	0,1	9,48	1,83	-
C20:0 арахидовая	0,23	0,58	0,42	-
C20:1 гондоиновая	0,17	1,43	0,18	-
C22:0 бегеновая	0,58	0,34	0,26	-
C24:0 лигноцериновая	0,12	0,16	0,17	-

Интерпретация данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что жирнокислотный профиль исследуемых растительных масел соответствует установленным нормативным требованиям для каждого отдельного типа.

Анализ жирнокислотного состава масел представляет собой важную задачу в контексте их пищевого и промышленного применения. Спектр жирных кислот в маслах варьируется в зависимости от источника их происхождения, а также от условий культивирования и обработки.

В растительных маслах, таких как масло льна и подсолнечное масло, представлены высокие уровни полиненасыщенных жирных кислот, таких как линолевая (C18:2) и α -линоленовая (C18:3), достигающие 50-60% и 10-20% от общего содержания жирных кислот соответственно. В контрасте с этим, животные жиры, такие как свиной жир и говяжий жир, богаты насыщенными жирными кислотами, включая пальмитиновую (C16:0) и стеариновую (C18:0) кислоты, которые могут составлять до 40-50% от общего содержания жирных кислот.

Также следует учесть, что соотношение жирных кислот в маслах может меняться в результате термической обработки, хранения и других факторов, что делает необходимым регулярный анализ жирнокислотного состава масел.

Содержание полиненасыщенных жирных кислот в рассмотренных маслах имеет значительный диапазон вариации, особенно это заметно в подсолнечном масле (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Содержание полиненасыщенных жирных кислот в растительных маслах
 Table 2 – Content of polyunsaturated fatty acids in vegetable oils

Наименование масла	Массовая доля полиненасыщенных жирных кислот, %	
	линолевая	линоленовая
подсолнечное масло	68,1	-
рапсовое масло	16,0	8,7
кукурузное масло	56,4	0,6
пальмовое масло	10	-

Данные таблицы 2 показывают, что важно не только общее количество этих кислот, но и их соотношение. Согласно рекомендации [7] оптимальное соотношение омега-6:омега-3 составляет от 5:1 до 10:1. Если линолевая кислота присутствует почти во всех растительных маслах, то α -линоленовая кислота присутствует в высоких концентрациях в льняном масле и в меньшей степени в рапсовом масле. Источником омега-3 жирных кислот является жир морской рыбы.

Заключение. Анализ питания показывает, что во многих странах, в том числе в Казахстане, омега-3 жирных кислот устойчиво не хватает по содержанию омега-6 жирных кислот, на долю которых приходится около 48-74%. Как показали научные исследования, доминирование этих кислот в рационе питания приводит к повышенному риску сердечно-сосудистых и психических заболеваний, иммунодефицитам и развитию раковых опухолей. Было показано, что жирные кислоты омега-3 помогают предотвратить сердечно-сосудистые заболевания, уменьшая свертываемость крови, предотвращая образование тромбов и защищая кровеносные сосуды от образования холестериновых бляшек [4]. Поэтому научные исследования доказали, что для снижения заболеваемости желудочно-кишечными заболеваниями необходимо не только более высокое потребление полиненасыщенных жирных кислот, но и значительное увеличение доли омега-3 жирных кислот.

Conclusions. Nutrition analysis shows that in many countries, including Kazakhstan, omega-3 fatty acids are consistently deficient in omega-6 fatty acids, which account for about 48-74%. Scientific studies have shown that the dominance of these acids in the diet leads to an increased risk of cardiovascular and mental diseases, immunodeficiencies and the development of cancer. Omega-3 fatty acids have been shown to help prevent cardiovascular disease by reducing blood clotting, preventing blood clots, and protecting blood vessels from the formation of cholesterol plaques [11]. Therefore, scientific research has proven that to reduce the incidence of gastrointestinal diseases, not only a higher intake of polyunsaturated fatty acids is necessary, but also a significant increase in the proportion of omega-3 fatty acids.

Библиографический список

1. Клейменова Н. Л. Жирнокислотный состав масла семян рапсоропши пятнистой, полученного методом холодного прессования // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 81. № 2. С. 201-209.
2. A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry / A. Garballo-Rubio [et al.] // Talanta. 2017. Pp. 267-273.
3. Butnariu M. Methods of analysis (extraction, identification and quantification) of carotenoids from natural products // Ecosys. Ecograph. 2016. V. 6 (2). 193 p.
4. Chemical Composition of Seed Oils Recovered from Different Pear (*Pyrus communis* L.) Cultivars / P. Gornas [et al.] // Am. Oil Chem. Soc. 2016. V. 93. Pp. 267-274.
5. Crews C., Brereton P., Davies A. The effects of domestic cooking on the levels of 3-monochloropropanediol in foods // Food Additives & Contaminants. 2001. Vol. 18 (4). P. 271-280.
6. Exposure assessment of process-related contaminants in food by biomarker monitoring / I. M. Rietjens [et al.] // Arch Toxicol. 2018. Pp. 15-40.
7. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint FAO // WHO expert consultation. FAO and Nutrition Paper 57, 1994.
8. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods / W. W. Cheng [et al.] // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2017. P. 263-281.
9. Masweska M., Florowska A., Dłuzewska E. Oxidative stability of selected edible oils // Molecules. 2018. Vol. 23. P. 1746.
10. Miyazaki K., Koyama K. An improved enzymatic indirect method for simultaneous determinations of 3-MCPD esters and glycidyl esters in fish oils // Oleo Sci. 2017. Pp. 1085-1093.
11. Occurrence of 3-chloro-propane-1,2-diol (3-MCPD) and related compounds in foods: a review / C. G. Hamlet [et al.] // Food Additives & Contaminants. 2002. Vol. 19 (7). Pp. 619-631.
12. One step rapid dispersive liquid-liquid micro-extraction with in-situ derivatization for determination of aflatoxins in vegetable oils based on high performance liquid chromatography fluorescence detection / N. Wang [et al.] // Food chemistry. 2019. V. 287. Pp. 333-337.
13. Phytoconstituents and pharmacological activities of *Silybum marianum* (Milk Thistle) / Q. Le [et al.] // American Journal of Essential Oils and Natural Products. 2018. V. 6 (4). Pp. 41-44.
14. Rokosik E., Dwiecki K., Siger A. The quality of cold-pressed rapeseed oil obtained from seeds of *Brassica napus* L. with increased moisture content // Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 2019. V. 18 (2). Pp. 205-218.
15. Survey of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) in selected food groups / C. Crews [et al.] // Food Additives & Contaminants. 2002. Vol. 19 (1). Pp. 22-27.

References

1. Kleimenova N. L. Fatty acid composition of holy thistle seed oil obtained by cold pressing // VGUIT Bulletin. 2020. V. 81. № 2. Pp. 201-209.
2. A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry / A. Garballo-Rubio [et al.] // Talanta. 2017. Pp. 267-273.
3. Butnariu M. Methods of analysis (extraction, identification and quantification) of carotenoids from natural products // Ecosys. Ecograph. 2016. V. 6 (2). 193 p.
4. Chemical Composition of Seed Oils Recovered from Different Pear (*Pyrus communis* L.) Cultivars / P. Gornas [et al.] // Am. Oil Chem. Soc. 2016. V. 93. Pp. 267-274.
5. Crews C., Brereton P., Davies A. The effects of domestic cooking on the levels of 3-monochloropropanediol in foods // Food Additives & Contaminants. 2001. Vol. 18 (4). Pp. 271-280.
6. Exposure assessment of process-related contaminants in food by biomarker monitoring / I. M. Rietjens [et al.] // Arch Toxicol. 2018. Pp. 15-40.
7. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint FAO // WHO expert consultation. FAO and Nutrition Paper 57, 1994.
8. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods / W. W. Cheng [et al.] // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2017. Pp. 263-281.
9. Masweska M., Florowska A., Dłuzewska E. Oxidative stability of selected edible oils // Molecules. 2018. Vol. 23. Pp. 1746.

10. Miyazaki K., Koyama K. An improved enzymatic indirect method for simultaneous determinations of 3-MCPD esters and glycidyl esters in fish oils // *Oleo Sci.* 2017. Pp. 1085-1093.
11. Occurrence of 3-chloro-propane-1,2-diol (3-MCPD) and related compounds in foods: a review / C. G. Hamlet [et al.] // *Food Additives & Contaminants.* 2002. Vol. 19 (7). Pp. 619-631.
12. One step rapid dispersive liquid-liquid micro-extraction with in-situ derivatization for determination of aflatoxins in vegetable oils based on high performance liquid chromatography fluorescence detection / N. Wang [et al.] // *Food chemistry.* 2019. V. 287. Pp. 333-337.
13. Phytoconstituents and pharmacological activities of *Silybum marianum* (Milk Thistle) / Q. Le [et al.] // *American Journal of Essential Oils and Natural Products.* 2018. V. 6 (4). Pp. 41-44.
14. Rokosik E., Dwiecki K., Siger A. The quality of cold-pressed rapeseed oil obtained from seeds of *Brassica napus* L. with increased moisture content // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2019. V. 18 (2). Pp. 205-218.
15. Survey of 3-monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) in selected food groups / C. Crews [et al.] // *Food Additives & Contaminants.* 2002. Vol. 19 (1). Pp. 22-27.

Информация об авторах

Альжаксина Назым Ерболовна, PhD, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Аль-Фараби, д. 47), E-mail: nazjomka@mail.ru
Саршаева Алия Батырбековна, PhD-докторант, преподаватель, Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати (Казахстан, 080000, г. Тараз, ул. Сулейменова, д. 7), e-mail: aliya.sarshayeva@bk.ru

Authors Information

Alzhaxina Nazym Yerbolovna, Chief Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (010000, Astana, Kazakhstan, 47 Al-Farabi av.), PhD, E-mail: nazjomka@mail.ru
Sarshaeva Aliya Batyrbekovna, teacher, Taraz Regional University named after. M.Kh. Dulaty (7 Suleimenova str., Taraz, 080000, Kazakhstan), PhD-doctoral student, e-mail: aliya.sarshayeva@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-60

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF WASHING VEGETABLE OILS BEFORE DEODORIZATION

A. B. Dalabaev¹, N. Y. Alzhaxina¹, A. B. Sarshaeva²

¹*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

²*Taraz Regional University named after. M.Kh. Dulaty
Taraz, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Received 12.05.2023

Submitted 18.08.2023

The research was carried out within the framework of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023 BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry"

Summary

This article presents the problems of the process of primary purification of vegetable oils and the results of research, as well as ways to reduce the precursors of glycidyl esters in refined vegetable oils before deodorization.

Abstract

Introduction. The actual problem of primary purification of sunflower oil is that low-fat, thick substances, as well as small particles that do not settle during refining, and the grinding of very small particles that create micropores during bleaching, quickly fill the filter. surface. This leads to a decrease in the efficiency of

the process and an increase in production costs. The relevance of the study of this topic lies in the possibility of using various reagents during filtration to increase the service life of the filter and its effectiveness, to prevent clogging. This approach can significantly improve the cleaning process and reduce its cost. **Materials and methods.** The objects of research are: sunflower oil, rapeseed oil, corn oil, palm oil. All these oils have different properties and require an individual approach when cleaning, which makes the study even more important. The purpose of this study was to improve the process of primary purification of vegetable oil and reduce the presence of glycidyl ether by washing with 90% ethanol. This is especially important in light of the growing demands on the quality and safety of food products. **Results and conclusions.** After studying the currently used methods of filtration of vegetable oils, it was found that the most practical solution is the introduction of basalt filters. This discovery could lead to significant changes in the vegetable oil industry. When checking the effectiveness of basalt fiber filters for filtering vegetable oil, it was found that the sediment content in the oil decreased from 0.05% to 0.02%. This indicates the high efficiency of this type of filters and their possible applicability in production. In addition, the color, acid number and other related indicators have been reduced, and the service life of the tape has increased, resulting in improved overall performance. This would increase the productivity of production and the quality of the resulting product. After studying the currently used methods of filtration of vegetable oils, it was found that the most practical solution is the introduction of basalt filters. When checking the effectiveness of basalt fiber filters for filtering vegetable oil, it was found that the sediment content in the oil decreased from 0.05% to 0.02%. In addition, the color, acid number and other related indicators have been reduced, and the service life of the tape has increased, resulting in improved overall performance. It is confirmed that the filtration rate of vegetable oil is 1.1-2.0 times higher when using basalt filters compared to conventional filters.

Key words: washing, vegetable oils, deodorized, refined oil, primary purification, glycidyl esters, ethanol.

Citation. Dalabayev A. B., Alzhaxina N. Y., Sarshaeva A. B. Investigation of the process of washing vegetable oils before deodorization. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 610-616 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-60.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 665.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ПЕРЕД ДЕЗОДОРИРОВАНИЕМ

А. Б. Далабаев¹, магистр техники и технологии, главный научный сотрудник

Н. Е. Альжаксина¹, PhD, главный научный сотрудник

А. Б. Саршаева², PhD-докторант, преподаватель

¹Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности"

г. Астана, Казахстан

²Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати

г. Тараз, Казахстан

Исследования проводились в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности»

Актуальность. Проблема первичной очистки подсолнечного масла заключается в том, что нежирные, густые вещества, а также мелкие частицы, не оседающие в процессе рафинации, и измельчение очень мелких частиц, создающих микропоры при отбелке, быстро заполняют фильтр поверхность. Это ведет к снижению эффективности процесса и увеличению затрат на производ-

ство. Актуальность исследования данной темы заключается в возможности использования различных реагентов при фильтрации для увеличения срока службы фильтра и его эффективности, предотвращения засорения. Такой подход может значительно улучшить процесс очистки и снизить его стоимость. **Материалы.** Объектами исследования являются: подсолнечное масло, рапсовое масло, кукурузное масло, пальмовое масло. Все эти масла имеют разные свойства и требуют индивидуального подхода при очистке, что делает исследование еще более важным. Цель этого исследования состояла в том, чтобы улучшить процесс первичной очистки растительного масла и уменьшить присутствие глицидилового эфира за счет осуществления промывки 90% этанолом. Это особенно важно в свете растущих требований к качеству и безопасности пищевых продуктов. **Результаты.** После изучения используемых в настоящее время методов фильтрации растительных масел было установлено, что наиболее практичным решением является внедрение базальтовых фильтров. Это открытие может привести к значительным изменениям в промышленности по производству растительных масел. При проверке эффективности фильтров из базальтового волокна для фильтрации растительного масла было обнаружено, что содержание осадка в масле уменьшилось с 0,05% до 0,02%. Это свидетельствует о высокой эффективности этого типа фильтров и их возможной применимости на производстве. Кроме того, цвет, кислотное число и другие связанные показатели были снижены, а срок службы ленты увеличился, что привело к улучшению общих характеристик. Это позволило бы увеличить продуктивность производства и качество получаемого продукта. В данной статье представлены проблемы и результаты исследований по первичной очистке растительных масел, а также метод снижения содержания предшественников глицидиловых эфиров в рафинированных растительных маслах перед дезодорацией.

Ключевые слова: промывка растительных масел, растительные масла, дезодорирование масел, рафинированное масло, первичная очистка масла, глицидиловые эфиры, этанол.

Цитирование. Далабаев А. Б., Алжаксина Н. Ю., Саршаева А. Б. Исследование процесса промывки растительных масел перед дезодорацией. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 610-616. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-60.

Вклад автора. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В организации промышленного производства большое значение имеет процесс мойки как ответственный этап [4].

Вопрос безопасности пищевых продуктов является критическим, особенно когда речь идет о создании токсичных соединений, которые потенциально могут вызывать рак. Из этих потенциально канцерогенных токсинов выделяются глицидиловые эфиры, так как они могут образовываться при рафинировании растительных масел, в первую очередь пальмового, и при производстве некоторых переработанных пищевых продуктов. Учитывая их токсичность и способность вызывать рак, эти вещества представляют серьезную угрозу для определенных групп населения. Поэтому крайне необходимо отслеживать и контролировать их присутствие в пищевых процессах.

Чтобы уменьшить образование глицидиловых эфиров в рафинированных растительных маслах, одним из возможных методов является уменьшение количества их предшественников перед дезодорацией. Альтернативной возможностью достижения этого является промывка растительных масел перед дезодорацией. Этот метод может удалить из масла некоторые прекурсоры, в первую очередь вещества, которые выделяют хлор и ацилглицериды, что предотвращает образование глицидилового эфира.

Производство растительных масел требует тщательного процесса разделения, чтобы гарантировать их чистоту и чистоту. Дистилляция, центрифугирование и фильтрация используются для фильтрации более грубой грязи. Кроме того, остатки процесса

рафинирования должны быть извлечены, а остатки отбеливателя удалены с точностью. Даже при выпуске масла из винтовых прессов частицы мякоти и могут попасть в канавки. Примеси, несомненно, негативно влияют на качество масла, начиная от контактного окисления и заканчивая снижением пищевой ценности. В результате экстрагирования масла в смесь попадают различные элементы – фосфолипиды и воски, свободные жирные кислоты и красители. К счастью, фосфолипиды, стеролы и токоферолы, как правило, улучшают ценность масла, а воски, свободные жирные кислоты и госсипол делают прямо противоположное. Мало того, фосфолипиды также усложняют процессы очистки и гидрирования в дальнейшем. Само собой разумеется, что для того, чтобы сохранить превосходство масла, обязательна начальная очистка. Чтобы сохранить его целостность в течение длительного времени, мгновенную первичную очистку следует проводить сразу же после его изготовления. Однако есть одна проблема с фильтрацией – из-за того, что все крошечные частицы оседают на фильтре, ему становится все труднее и труднее эффективно выполнять свою работу. Не говоря уже о том, что если вы хотите, чтобы фильтр снова заработал, это определенно требует усилий [13].

Материалы и методы. Объектами исследования являются: подсолнечное масло, рапсовое масло, кукурузное масло, пальмовое масло.

Определение глицидиловых эфиров в пересчете на глицидол проводилось методом ISO 18363-1:2015 «Жиры и масла животного и растительного происхождения. Определение сложных эфиров жирных кислот монохлорпропандиола (МХПД) и глицидола методом ГХ/МС. Часть 1. Метод с использованием быстрой переестерификации основания и содержания 3-МХПД и дифференциального измерения содержания глицидола.

Выбор наиболее подходящих растворителей для промывки растительных масел были основаны на их смешиваемости с маслом и способности отделяться от масла после перемешивания. Испытаны следующие растворители: вода, этанол 90% и этанол 75%. Соотношение масла и растворителя составляло 2:1. Для воды, 90% этанола и 75% этанола разделение проводили при 40°C.

Растительные масла (500 г) помещали в реактор и нагревали до 70°C для полного нагревания. Затем масло охлаждали до 55°C и добавляли 250 мл промывных растворов (вода, этанол 90% и этанол 75%). Смесь перемешивали при 250 об / мин в течение 15 мин и оставляли для разделения фаз при 40°C. После разделения образцы сушили в вакууме для удаления оставшегося этанола и воды и аликвоту 250 г масляной фазы подвергали дезодорации.

Результаты. Многие продукты в процессе производства подвергаются различной термической обработке. В зависимости от рассматриваемых условий процесса могут возникать термические загрязнения. В то время как некоторые из них улучшают внешний вид и органолептические качества пищи, некоторые из них могут неблагоприятно влиять на пищу или оказывать токсическое действие. 3-МХПД и глицидиловые эфиры являются загрязнителями пищевых продуктов, возникающими в результате термической обработки [6, 10].

О присутствии 3-МХПД и глицидиловых эфиров в пищевых маслах впервые сообщили в 2006 г. Zelinkova et al. Сообщает. На сегодняшний день многими исследователями показано, что 3-МХПД и глицидиловые эфиры образуются при рафинации масел, и установлено, что решающее значение в этом образовании имеет стадия дезодорации [9].

3-МХПД и глицидиловые эфиры чаще всего образуются в присутствии моноглицеридов (МАГ) и диглицеридов (ДАГ). МАГ и DAG могут образовывать глицидиловые эфиры и ионы ацилоксония в кислых условиях. Нуклеофильная реакция ионов

ацилоксония и хлора может привести к образованию сложных эфиров 3-МХПД. Сообщалось, что основными факторами, влияющими на образование эфира 3-МХПД, являются ионы хлора, ацилглицеролы, температура и время [8].

Некоторые исследования показали, что двунаправленный процесс превращения глицидола в 3-МХПД может происходить не только в их свободных формах, но и в их этерифицированных формах в присутствии ионов хлора. Было обнаружено, что скорость превращения глицидола в 3-МХПД выше, чем скорость превращения 3-МХПД в глицидол в кислых условиях в присутствии ионов хлора [5, 11, 13].

АФ ТОО «КазНИИППП» определяли содержание глицидиловых эфиров в растительных маслах после дезодорации. Результаты исследований показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели содержания глицидиловых эфиров
в растительных маслах

Table 1 – Comparative indicators of glycidyl esters content in vegetable oils

Наименование масел	Контроль, мг/кг	Вода, мг/кг	Этанол 90%, мг/кг	Этанол 75%, мг/кг
Подсолнечное рафинированное масло	2,3	2,0	1,6	2,0
Рапсовое рафинированное масло	2,8	2,4	1,9	2,5
Кукурузное рафинированное масло	2,6	2,2	1,8	2,3
Пальмовое рафинированное масло	3,8	3,2	2,6	3,1

Как видно из таблицы 1, уровни глицидиловых эфиров, промытых различными растворителями после дезодорации уменьшились для всех исследуемых растительных масел, что свидетельствует о том, что вода и этанол в сочетании с нагреванием вызывают реакции гидролиза, ответственные за повышение уровней неполных ацилглицеролов. Наибольшее снижение содержания глицидиловых эфиров показала промывка с 90%-ным этанолом.

Хлорсодержащие компоненты сырья являются наиболее важными предшественниками, участвующими в образовании сложных эфиров 3-МХПД. Чтобы уменьшить это образование, хлорсодержащие компоненты должны быть удалены из сырой нефти перед переработкой. Масла можно промывать различными растворителями для снижения содержания хлорированных компонентов в сырой нефти. Крафт и др. сырое пальмовое масло промывали смесью этанол:вода (1:1) перед дезодорацией, и было определено, что количество сложного эфира 3-MCPD уменьшилось примерно на 30%. Однако наилучший эффект дает промывание мякоти плодов пальмы перед экстракцией масла. По сравнению с невымытым дезодорированным пальмовым маслом наблюдалось снижение содержания сложных эфиров на 95% [14].

Вывод. В результате изучения используемых в настоящее время методов фильтрации растительных масел было установлено, что наиболее практичным решением является внедрение базальтовых фильтров. При проверке эффективности фильтров из базальтового волокна для фильтрации растительного масла было обнаружено, что содержание осадка в масле уменьшилось с 0,05% до 0,02%. Кроме того, цвет, кислотное число и другие связанные показатели были снижены, а срок службы ленты увеличился, что привело к улучшению общих характеристик. Подтверждено, что скорость фильтрации растительного масла в 1,1-2,0 раза выше при использовании базальтовых фильтров по сравнению с обычными фильтрами.

Conclusions. After studying the currently used methods for filtering vegetable oils, it was determined that the most practical solution is the introduction of basalt filters. When testing the effectiveness of basalt fiber filters for filtering vegetable oil, it was found that the sediment content of the oil decreased from 0.05% to 0.02%. In addition, color, acid value and other related parameters have been reduced and belt life has been increased, resulting in improved overall performance. It has been confirmed that the filtration rate of vegetable oil is 1.1-2.0 times higher when using basalt filters compared to conventional filters.

Библиографический список

1. Курегян А. Г. Спектрофотометрия в анализе каротиноидов // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2-23. С. 5166-5172.
2. Alginate/Chitosan Microparticles for Gastric Passage and Intestinal Release of Therapeutic Protein Nanoparticles / K. Ling [et al.] // *Journal of Controlled Release*. 2019. Vol. 95. Pp. 174-186.
3. Butnariu M. Methods of analysis (extraction, identification and quantification) of carotenoids from natural // *Ecosys. Ecograph*. 2016. V. 6 (2). 193 p.
4. Chemical Composition of Seed Oils Recovered from Different Pear (*Pyrus communis* L.) Cultivars / P. Gornas [et al.] // *Am. Oil Chem. Soc.* 2016. No 93. Pp. 267-274.
5. Effects of Deodorization Temperature and Time on the Formation of 3-MCPD, 2-MCPD, and Glycidyl Esters and Physicochemical Changes of Palm Oil / R. Tivanello [et al.] // *Food Sci.* 2020. No 85. Pp. 2255–2260.
6. Exposure assessment of process-related contaminants in food by biomarker monitoring / I. M. Rietjens [et al.] // *Arch Toxicol*. 2018. P. 15-40.
7. Extending Viability of *Bifidobacterium longum* in Chitosan-Coat-ed Alginate Microcapsules Using Emulsification and Internal Gelation Encapsulation Technology / R. Ji [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10.
8. Garballo-Rubio A., Soto-Chinchilla J., Moreno A., Zafra-Gomez A. A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry // *Talanta*. 2017. Pp. 267-273.
9. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods / W. W. Cheng [et al.] // *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2017. Pp. 263-281.
10. Kuhlmann J. Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats // *Lipid Sci Technol*. 2016. Pp. 382-395.
11. Masweska M., Florowska A., Dłuzewska E. Oxidative stability of selected edible oils // *Molecules*. 2018. Vol. 23. P. 1746.
12. Miyazaki K., Koyama K. An improved enzymatic indirect method for simultaneous determinations of 3-MCPD esters and glycidyl esters in fish oils // *Oleo Sci*. 2017. Pp. 1085-1093.
13. Recommendations for Oil Extraction and Refining Process to Prevent the Formation of Monochloropropane-Diol Esters in Sunflower Oil / K. Redeuil [et al.] // *Agric. Food Chem*. 2021. No 69. Pp. 6043–6053.
14. Washing Bleached Palm Oil to Reduce Monochloropropanediols and Glycidyl Esters / W. C. Silva [et al.] // *Food Addit. Contam.* 2019. Part A. No 36 (2). Pp. 244–253.

References

1. Kuregyan A. G. Spectrophotometry in the analysis of carotenoids//*Fundamental research*. 2015. № 2-23. pp. 5166-5172.
2. Alginate/Chitosan Microparticles for Gastric Passage and Intestinal Release of Therapeutic Protein Nanoparticles / K. Ling [et al.] // *Journal of Controlled Release*. 2019. Vol. 95. Pp. 174-186.
3. Butnariu M. Methods of analysis (extraction, identification and quantification) of carotenoids from natural // *Ecosys. Ecograph*. 2016. V. 6 (2). 193 p.
4. Chemical Composition of Seed Oils Recovered from Different Pear (*Pyrus communis* L.) Cultivars / P. Gornas [et al.] // *Am. Oil Chem. Soc.* 2016. No 93. P. 267-274.
5. Effects of Deodorization Temperature and Time on the Formation of 3-MCPD, 2-MCPD, and Glycidyl Esters and Physicochemical Changes of Palm Oil / R. Tivanello [et al.] // *Food Sci.* 2020. No 85. Pp. 2255–2260.
6. Exposure assessment of process-related contaminants in food by biomarker monitoring / I. M. Rietjens [et al.] // *Arch Toxicol*. 2018. Pp. 15-40.
7. Extending Viability of *Bifidobacterium longum* in Chitosan-Coat-ed Alginate Microcapsules Using Emulsification and Internal Gelation Encapsulation Technology / R. Ji [et al.] // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10.
8. Garballo-Rubio A., Soto-Chinchilla J., Moreno A., Zafra-Gomez A. A novel method for the determination of glycidyl and 3-monochloropropanediol esters in fish oil by gas chromatography tandem mass spectrometry // *Talanta*. 2017. Pp. 267-273.

9. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods / W. W. Cheng [et al.] // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2017. Pp. 263-281.
10. Kuhlmann J. Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats // Lipid Sci Technol. 2016. Pp. 382-395.
11. Masweska M., Florowska A., Dłuzewska E. Oxidative stability of selected edible oils // Molecules. 2018. Vol. 23. P. 1746.
12. Miyazaki K., Koyama K. An improved enzymatic indirect method for simultaneous determinations of 3-MCPD esters and glycidyl esters in fish oils // Oleo Sci. 2017. Pp. 1085-1093.
13. Recommendations for Oil Extraction and Refining Process to Prevent the Formation of Monochloropropane-Diol Esters in Sunflower Oil / K. Redeuil [et al.] // Agric. Food Chem. 2021. No 69. Pp. 6043–6053.
14. Washing Bleached Palm Oil to Reduce Monochloropropanediols and Glycidyl Esters / W. C. Silva [et al.] // Food Addit. Contam. 2019. Part A. No 36 (2). Pp. 244–253.

Информация об авторах

Далабаев Асхат Болатұлы, магистр техники и технологии, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru
Альжаксина Назым Ерболовна, PhD, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: nazjomka@mail.ru
Саршаева Алия Батырбековна, PhD-докторант, преподаватель, Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати (Казахстан, 080000, г. Тараз, ул. Сулейменова, д. 7), e-mail: aliya.sarshayeva@bk.ru

Authors Information

Dalabaev Askhat Bolatuly, Master of Engineering and Technology, Chief Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru
Alzhaksina Nazym Yerbolovna, PhD, Chief Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, Astana, 47 Al-Farabi Ave.), e-mail: nazjomka@mail.ru
Sarbaeva Aliya Batyrbekovna, PhD-doctoral student, teacher, Taraz Regional University named after M.Kh. Dulaty (7 Suleimenova str., Taraz, 080000, Kazakhstan), e-mail: aliya.sarshayeva@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-61

STUDY OF QUALITY INDICATORS OF CREAM-VEGETABLE SPREAD DURING STORAGE

T. Y. Yerbolat, N. Y. Alzhaxina, M. S. Mantay, A. B. Dayletkerey

*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: tolganay2707@gmail.com

The research was carried out within the framework of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023 BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry."

Received 15.03.2020

Submitted 18.08.2023

Summary

The presented research paper describes the dynamics of spread storage at various temperatures, in particular, the processes of oxidative and hydrolytic spoilage of the spread are revealed, and as a result, the organoleptic properties deteriorate, the nutritional and biological value of the product decreases.

Analyzing these data, it can be concluded that the concentration of primary oxidation products increases with a decrease in the mass fraction of oil in the spread. This phenomenon is associated with an increase in the dispersion of emulsion products. The same trend is observed at different storage temperatures, with the discrepancy becoming less apparent at lower temperatures. Thus, it can be concluded that the oxidation process is influenced not only by the temperature regime of storage, but also by the degree of dispersion of the oil phase.

Abstract

Introduction. The submitted research paper describes the storage dynamics of spreads at different temperatures and in particular reveals the processes of oxidative and hydrolytic spoilage of spreads, because of which organoleptic properties deteriorate and the nutritional and biological value of the product decreases.

Object. During the oxidation of the oil distribution phase components, free fatty acids, peroxides, and other oxidation products are produced.

Materials and methods. No significant changes in sensory parameters were observed when stored at $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for up to 30 days from the date of production. After 40 days, a taste change was observed with a bitter taste and a strong linseed oil smell. The change in active acidity is accompanied by a drop in the index, which leads to an excessively sour taste in the spread at the end of storage. Therefore, at a temperature of $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, the recommended shelf life for the spread is 60 days. **Results and conclusions.** The resulting creamy-vegetable spread with a fat content of 72.5% turned out to be soft due to the use of vegetable oil, in particular flaxseed, which is in a liquid state at room temperature. This makes it softer than butter. Due to the peculiarities of the composition of the spreads, the shelf life becomes unstable, so the extension of the shelf life is currently a very urgent problem.

Key words: *creamy vegetable spreads, spreads, quality of spreads, duration of storage of spreads, shelf life of spreads, organoleptic indicators of spreads.*

Citation. Yerbolat T. Y., Alzhaxsina N. Y., Mantay M. S., Dauletkerey A. B. Quality Indicators Study of Butter-Vegetable Spread During Storage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 616-626 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-61.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 665.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СЛИВОЧНО-РАСТИТЕЛЬНОГО СПРЕДА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Т. Е. Ерболат, магистр технических наук

Н. Е. Альжаксина, доктор философии (PhD)

М. С. Мантай, бакалавр естественных наук

А. Б. Даулеткерей, бакалавр естественных наук

*Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности»*

г. Астана, Казахстан

Исследования проводились в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности»

Актуальность. В представленной исследовательской работе описывается динамика хранения спреда при различных температурах, в частности выявляются процессы окислительной и гидролитической порчи спреда, в результате которых ухудшаются органолептические свойства, снижается пищевая и биологическая ценность продукта. **Объекты.** Свободные жирные кислоты при окислении компонентов масляной фазы распределения, накапливаются пероксидные соединения и другие продукты окисления. **Материалы.** С момента производства спред хранился при температу-

ре $-40^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ до 30 суток, при этом существенных изменений органолептических показателей не наблюдалось. Через 40 дней наблюдалось изменение вкуса с горьковатым привкусом и сильным запахом льняного масла. Изменение активной кислотности сопровождается падением показателя, что приводит к чрезмерно кислому вкусу спреда в конце хранения. Поэтому рекомендуемый срок хранения приготовленного спреда составляет 60 суток при температуре $-40\text{C} \pm 20\text{C}$. **Результаты.** Полученный сливочно-овощной соус с содержанием жира 72,5% был смягчен за счет использования растительных масел, особенно льняного масла, которое является жидким при комнатной температуре. Это делает его мягче, чем сливочное масло. Из-за особенностей ингредиентов спреда срок годности становится нестабильным, поэтому вопрос продления срока годности в настоящее время является очень актуальным. В представленной исследовательской работе описывается динамика хранения спреда при различных температурах, в частности, выявляются процессы окислительной и гидролитической порчи спреда, и в результате ухудшаются органолептические свойства, снижается пищевая и биологическая ценность продукта. Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод, что концентрация первичных продуктов окисления увеличивается с уменьшением массовой доли нефти в спреде. Это явление связано с увеличением дисперсности эмульсионных продуктов. Та же тенденция наблюдается при различных температурах хранения, при этом несоответствие становится менее очевидным при более низких температурах. Таким образом, можно сделать вывод, что на процесс окисления влияет не только температурный режим хранения, но и степень дисперсности масляной фазы.

Ключевые слова: сливочно-растительные спреды, спреды, качество спредов, продолжительность хранения спредов, сроки годности спредов, органолептические показатели спредов.

Цитирование. Ерболат Т. Е., Альжаксина Н. Е., Мантай М. С., Даулеткерей А. Б. Исследование показателей качества сливочно-растительного спреда при хранении. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 616-626. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-61.

Вклад автора. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные представления о питании и здоровье основываются на концепции рационального питания. Эта концепция требует нового подхода к созданию, характеристикам и производственным процессам продуктов питания. Первостепенной целью должно быть удовлетворение потребностей организма человека в энергии и питательных веществах, а также обеспечение его всеми необходимыми макроэлементами и микроэлементами, а также профилактика конкретных заболеваний, содействие долголетию и сохранение общего состояния здоровья [14].

Равновесие человеческого питания является важнейшим элементом диеты. Это связано с тем, что человеческому организму для нормальной работы требуется определенное соотношение различных питательных веществ. Особенно важен баланс веществ, которые не вырабатываются человеческим организмом. Среди этих веществ липиды являются одним из важнейших компонентов пищи, определяющих ее пищевую и биологическую эффективность. Энергетическая ценность пищи также определяется липидами. Состав жирных кислот липидов, полученных из пищи, имеет решающее значение для их эффективности [1, 8, 9, 15].

Функциональные продукты питания охватывают широкий спектр диетических вариантов, и в том числе спреды. Эти спреды предназначены для ежедневного употребления с целью улучшения общего состояния здоровья. Однако из-за высокого содержания жира в этих маслянистых продуктах, которое может составлять от 39 до 95% общего жира, при хранении могут происходить химические превращения. Эти изменения могут привести к потере важнейших питательных веществ и изменению органо-

лептических качеств спреда, таких как вкус, цвет и текстура. К сожалению, эти изменения могут негативно сказаться на пищевой ценности, качестве и сроке годности продукта, как показали исследования [11, 13].

При подготовке и разработке любого нового продукта и сопутствующей ему технологии одной из основных задач является обеспечение длительного срока годности. Для достижения этой цели требуется несколько ключевых мер, включая технологические достижения, внедрение инновационных методов упаковки, использование высококачественного сырья и соблюдение строгих санитарных норм в процессе производства. Для предотвращения окисления, происходящего при хранении, эффективным приемом является включение в состав продукта витаминов А и Е. Определение срока годности продукта и оптимальных условий хранения должно осуществляться с соблюдением как норм питания, так и правил гигиены, как указано в справочных материалах [6, 7].

Создание сбалансированных по питательным веществам пищевых продуктов является важным направлением обеспечения здоровья населения. Эти продукты должны обеспечивать необходимые питательные вещества, которые нужны человеческому организму. Значительное внимание уделяется эмульсионным молочным и масляным продуктам, таким как доступные по цене спреда для всех слоев населения. Появляются новые направления в разработке технологий и рецептур для оптимизации состава и свойств этих продуктов. Сырье и добавки, используемые в их производстве, должны производиться в строгих условиях, чтобы избежать накопления вредных веществ. Основными компонентами молочных и масляных продуктов являются молочный жир и растительные масла. Основной проблемой при хранении масел является их восприимчивость к окислительному повреждению. На скорость окисления влияет жирнокислотный состав жиров, наличие липоксигеназ в жировом сырье, температура, влажность, наличие металлов с переменной валентностью. Хранение также может вызвать изменение показателей качества, регламентированных техническими регламентами, таких как значения кислотности и перекиси растительных масел. Это связано с тем, что химические элементы в стали, из которых состоят контейнеры для хранения, могут действовать как катализаторы окисления и нарушать окисление [3].

Таким образом, при производстве кремowo-растительных спредов необходимо уделять особое внимание правильному выбору натуральных масел, что повышает устойчивость продукта к окислению при хранении. Из-за этих факторов при производстве спредов в процессе хранения необходимо приложить особые усилия для поиска новых технологий и рецептур для сохранения качества сырья, что позволит создать высокую конкурентоспособность спредов для сливочного масла.

Материалы и методы. Объекты исследования:

- 1 проба, опытный образец № I-сливочно-растительный спред с сбалансированным содержанием жирных кислот в соотношении масла сливочного, льняного и рапсового масла (80/14/6), приготовленный в лаборатории ТОО "КазНИИ ППП" Астанинского филиала, упакованный в пластиковую тару массой 200 г, со сроком хранения ($T = -6$) составляет 40 суток;

- 1 проба, опытный образец № II- сливочно-растительный спред с сбалансированным содержанием жирных кислот в соотношении масла сливочного, льняного и рапсового масла (80/12/8), приготовленный в лаборатории ТОО " КазНИИ ППП" Астанинского филиала, упакованный в пластиковую тару массой 200 г, со сроком хранения ($T = -6$) составляет 40 суток;

- 1 проба, опытный образец № III- сливочно-растительный спред с сбалансированным содержанием жирных кислот в соотношении масла сливочного, льняного и рапсового масла (80/6/14), изготовленный в лаборатории ТОО " КазНИИ ППП" Астанинского филиала, упакованный в пластиковую тару массой 200 г, со сроком хранения ($T = -6$) составляет 40 суток.

Органолептические показатели при оценке качества сливочно-растительных спредов и процесс их хранения ГОСТ 34178-2017 «Спреды и растворенные добавки. Общие технические условия» и оценивались по балльной шкале.

Определение окислительных нарушений кремово-растительного спреда, в том числе кислотного и пероксидного, производится по ГОСТ 31933-2012 «Масла растительные. Методы определения кислотного количества и кислотности», и ГОСТ 26593-85 «Масла растительные. Метод измерения пероксида».

Исследование состава жирных кислот и подготовка образцов распределения проводились в соответствии с требованиями СТ РК ИСО/МЭК 17025-2007. Определение качественных характеристик масел проводилось в соответствии с требованиями ТР/ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию». Отбор и подготовка проб масляного сырья ISO 5555-2010 «Масла животных и растений. Отбор проб» и ИСО 661-2009 «Масла животные и растительные. Подготовка пробы».

Список наблюдаемых величин включает следующие показатели:

- органолептические показатели;
- показатели пищевой ценности, характеризующие безопасность продукции в процессе хранения (изменение кислотного количества, пероксидного количества, титруемой кислотности);
- микробиологические показатели (в соответствии с санитарными правилами и нормами «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевой продукции» от 11 июня 2003 года № 4.01.071.03).

Результаты и обсуждение. Полученные образцы сливочно-растительного спреда хранились в емкостях из полимерных материалов объемом 200 грамм. На основании требований ГОСТ 34178-2017 «Спреды и расплавленные смеси». Согласно общим техническим условиям, были выбраны два температурных режима хранения спредов 4 ± 2 и 23 ± 2 в течение 60-90 дней как показано в таблице 1.

Таблица 1 – Продолжительность хранения спредов
Table 1 – Duration of spread storage

Показатели	Продолжительность хранения спредов при температуре $40\text{C} \pm 20\text{C}$														
	Пример №1					Пример №2					Пример №3				
	0	30	40	50	60	0	30	40	50	60	0	30	40	50	60
Вкус и запах	10	9	8	6	3	9	8	8	6	4	9	8	8	7	4
Консистенция и внешний вид	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3	4	4	4	3	3
Цвет	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Упаковка и маркировка	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Всего	20	18	17	14	11	19	17	17	14	12	18	17	17	15	12
Показатели	Продолжительность хранения спредов при температуре $-230\text{C} \pm 20\text{C}$														
	Пример №1					Пример №2					Пример №3				
	0	45	60	75	90	0	45	60	75	90	0	45	60	75	90
Вкус и запах	10	9	8	6	3	9	8	8	6	4	9	8	8	7	4
Консистенция и внешний вид	5	4	4	3	3	5	4	4	3	3	4	4	4	3	3
Цвет	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Упаковка и маркировка	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Всего	20	18	17	14	11	19	17	17	14	12	18	17	17	15	12

Как показано в таблице 1, наблюдается незначительное изменение динамики хранения спреда при температуре $-40\pm 20^{\circ}\text{C}$ и показателей органолептического качества в первые сутки. После 30-40 дней хранения все три образца показали следующие изменения:

- недостаточно выражено изменение вкуса;
- консистенция равномерно плотная, но недостаточно пластичная.

Значительных изменений в цвете и маркировке изделия не наблюдалось. Однако через 50 дней показатели значительно снизились, и только через 60 дней в спреде появился характерный вкус. Во время резки консистенция и поверхность значительно изменились, а при резке поверхность стала более темного цвета с небольшими каплями.

Также показана динамика сохранения спреда при температуре $-230\pm 20^{\circ}\text{C}$. При хранении спреда при очень низких температурах продолжительность хранения значительно увеличивается. В спредах на полках магазинов этот показатель достигает 90 дней, а в сливочно-растительных спредах гораздо меньше, так как растительное льняное масло, входящее в состав спреда, обладает высокими окислительными свойствами. Динамика органолептических свойств показала хорошие качества в течение 60 дней по всем показателям, через 75 дней наблюдались некоторые изменения вкуса. По вкусу, цвету и консистенции он стал кремовым, что можно считать хорошим результатом. После 90 дней хранения при низкой температуре в спреде наблюдалось наличие горького привкуса и появление кислого привкуса. По консистенции масса разрыхлялась, а при разрезании на поверхности было видно наличие матовых и мелких водянистых капель.

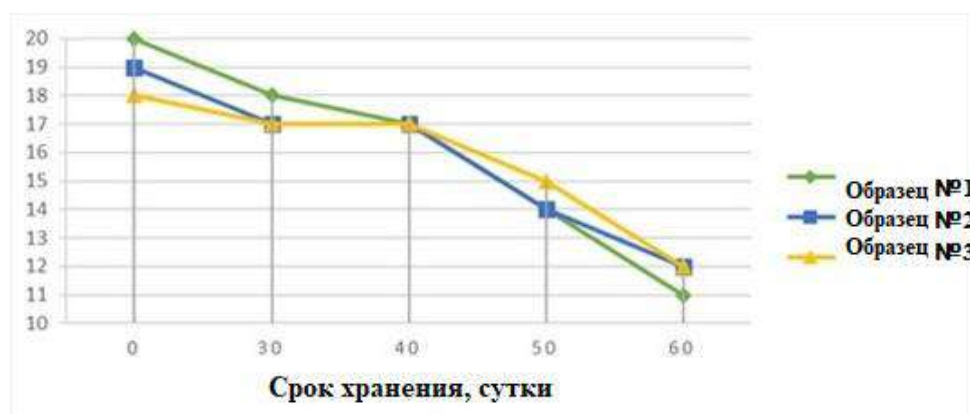
Основными процессами, снижающими пищевую ценность спредов, являются окисление, гидролиз жировой фазы и повышение кислотности. Для определения срока годности в обоих температурных режимах определяли кислотное количество кремowo-растительного спреда. В течение 40 дней со дня приготовления продукта наблюдается постепенное повышение температуры $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. При температуре $-23\pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 60 дней кислотность продукта медленно повышается, что приводит к длительному сроку хранения и достигает от 10 до 60 дней при $-23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Явное изменение динамики хранения спредов за весь испытательный период показано на рис. 1.

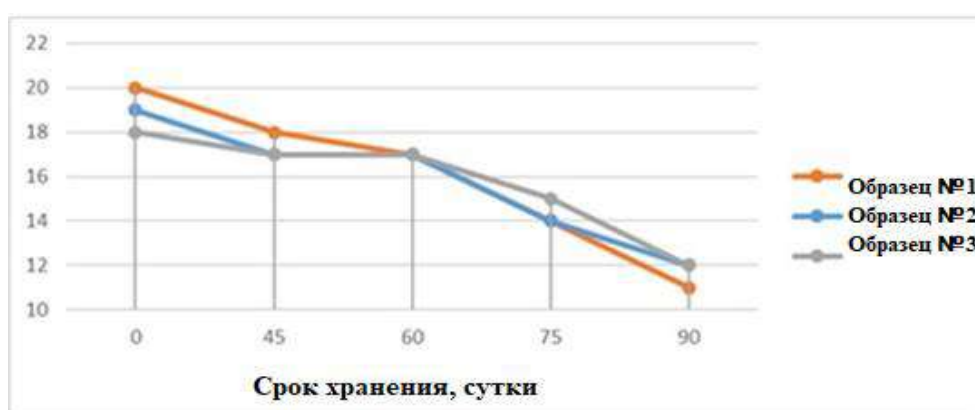
Спред, как и масло, представляет собой многокомпонентную гетерогенную полидисперсную систему и представляет собой обратную эмульсию типа воды в масле. Большое количество компонентов спреда позволяет создавать более широкий ассортимент этих продуктов. Интенсивность окисления изучалась путем анализа динамики изменения кислотности кислоты, пероксида и титруемой кислоты.

Как показано на рисунке 1, при температуре $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 40 дней были определены показатели количества пероксида с целью определения срока годности. Со временем показатели постепенно повышались, и на 60-й день количество перекиси значительно увеличилось, что приводит к порче продукта. В течение 60 суток также проводились анализы при температуре $-23\pm 2^{\circ}\text{C}$. При низких температурах перекись продукта поднимается медленно, что приводит к длительному сроку хранения, который может достигать от 40 до 60 дней при $-23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Среди многих других масел молочный жир и масла, произведенные на его основе, занимают особое место благодаря своим физиологическим свойствам, высокой усвояемости и сочетаемости со всеми продуктами, универсальности использования. Молочный жир имеет относительно низкую температуру плавления $28-33^{\circ}\text{C}$ и находится в молоке в жидком состоянии [12].



а



б

а) 4±2°C, б) -23±2°C

Рисунок 1 – Динамика хранения спреда при температурах
Figure 1 – Dynamics of spread storage at temperatures

Биологическая ценность молочного жира заключается в высоком содержании фосфолипидов до 400 мг%, повышенном содержании арахидоновой кислоты и витаминов А и D. Молочный жир, основной компонент натурального жира, содержит до 240 мг холестерина на 100 г. Недостаток незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, избыток растительных жиров, отсутствие эластичности [2].

Поскольку на следующем этапе в липидном комплексе преобладают насыщенные жирные кислоты, для получения спреда были исследованы процессы окисления и гидролиза молочного жира. Процессы окисления и гидролиза оценивались по изменению количества кислоты и пероксида. В ходе исследования была изучена динамика изменения окислительных нарушений накопления молочного жира.

Результаты исследования представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Динамика изменения количества кислоты в молочном жире при различных температурных режимах

Table 2 – Dynamics of changes in the amount of acid in milk fat at different temperature conditions

Условия хранения (температурный режим)	Срок хранения			
	Описание исходного образца, мг КТБ / г	4 месяца	8 месяца	12 месяца
40С±20С	1,30	1,55	1,95 2	2,50
-230С±20С	1,30	1,45	1,60	1,65

Таблица 3 – Динамика изменения перекиси в молочном масле при различных температурных режимах

Table 3 – Dynamics of changes in peroxide in milk oil at different temperature conditions

Условия хранения (температурный режим)	Срок хранения			
	Описание исходного образца, мг КТБ / г	4 месяца	8 месяца	12 месяца
40С±20С	2,75	4,80	5,70	6,20
-230С±20С	2,75	3,05	3,40	3,80

Из данных, представленных в таблицах 2 и 3, видно, что, как и другое жировое сырье, молочный жир для производства спредов в процессе хранения подвергается процессам окисления. При низких температурах процессы окисления и гидролиза практически отсутствуют, что проявляется незначительными изменениями количества перекиси и кислоты в пределах погрешности. Диапазон температур $4\pm 2^\circ\text{C}$ способствует ускорению процесса окисления, о чем свидетельствует увеличение количества пероксида с 2,75 ммоль АФК/кг до 6,20 ммоль АФК/кг. Это необходимо учитывать при моделировании основ спредов, так как эти показатели также влияют на физико-химические и органолептические свойства готового продукта.

Кроме того, в температурном режиме $-230^\circ\text{C} \pm 200^\circ\text{C}$ кислотность молочного жира достигала 1,30 мг КОН/100 г, а содержание перекисей возрастало с 2,75 до 3,80 ммоль активного кислорода/кг в тех же пределах.

Для создания формулы была проведена математическая обработка статистических данных о составе кремowo-растительного спреда, что позволило установить их оптимальные точки в нужном количестве: дозировка растительного масла от 21% до 24%, жирность спреда - от 60% до 70% и температура смешивания компонентов – 340-380С. Так разработана технология кремowo-растительного спреда функционального назначения с белым сбалансированным содержанием жирных кислот. Изучен состав жирных кислот спредов, выявлено содержание полиненасыщенных жирных кислот – 10,70%. Кроме того, в спредах были обнаружены витамины А, Е, которые представляют собой комбинацию витаминов кремowego растительного спреда.

Выводы. Текущее внимание к расширению разнообразия доступных продуктов питания направлено на разработку продукта, который является сбалансированным в питательном и биологическом отношении и удовлетворяет потребности различных демографических групп. Оптимизация компонентов и характеристик для создания продукта, который соответствует сбалансированной формуле питания, основанной на физиологических стандартах, направляет курс новых технологических разработок.

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод, что концентрация первичных продуктов окисления увеличивается с уменьшением массовой доли нефти в спреде. Это явление связано с увеличением дисперсности эмульсионных продуктов. Та же тенденция наблюдается при различных температурах хранения, при этом несоответствие становится менее очевидным при более низких температурах. Таким образом, можно сделать вывод, что на процесс окисления влияет не только температурный режим хранения, но и степень дисперсности масляной фазы.

Важным представляется изучение окислительных нарушений молочного жира при хранении при различных температурах. Исследования показали, что на качество спредов, произведенных из сырья, влияют изменения кислотности и наличие пероксидов, которые являются индикаторами окислительных нарушений, возникающих при хранении молочного жира. Важно учитывать первичный гарантийный срок хранения.

При хранении при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ продукт имеет срок годности 40 суток.

Продукт можно хранить в течение 60 дней при температуре $-23 \pm 2^\circ\text{C}$.

Conclusions. The current focus on expanding the variety of food products available is aimed at developing a product that is nutritionally and biologically balanced and meets the needs of different demographic groups. Optimization of components and characteristics to create a product that meets a balanced nutritional formula based on physiological standards guides the course of new technological developments.

Analyzing the data presented, we can conclude that the concentration of primary oxidation products increases with a decrease in the mass fraction of oil in the spread. This phenomenon is associated with an increase in the dispersion of emulsion products. The same trend is observed at different storage temperatures, with the discrepancy becoming less obvious at lower temperatures. Thus, we can conclude that the oxidation process is affected not only by the storage temperature, but also by the degree of dispersion of the oil phase.

It is important to study the oxidative disorders of milk fat during storage at different temperatures. Research has shown that the quality of spreads produced from raw materials is affected by changes in acidity and the presence of peroxides, which are indicators of oxidative damage that occurs during storage of milk fat. It is important to consider the initial guaranteed shelf life.

When stored at a temperature of 4 ± 2 °C, the product has a shelf life of 40 days.

The product can be stored for 60 days at -23 ± 2 °C.

Библиографический список

1. Бирбасова А. В. Исследование показателей качества растительных масел отечественных производителей // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2015. № 1. С. 115-118.
2. Жиры. Химический состав и экспертиза качества / О. Б. Рудаков, А. Н. Пономарев, К. К. Полянский, А. В. Любарь. М.: ДеЛи принт, 2005. 312 с.
3. Ивашина О. А., Терещук Л. В., Трубникова М. Исследование влияния компонентов молока на показатели качества растительно-сливочного спреда // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1. С. 30-33.
4. Контактная очистка смеси жирных кислот хлопкового соапстока на термоактивированном каолиновом адсорбенте / Д. С. Сагдуллаева, Д. Т. Рузметова, Д. С. Салиханова, С. Ф. Ходжаев, А. С. Тураев, Д. М. Сайджанова, С. А. Абдура-химов // Universium: Технические науки. 2020. № 3 (69). С. 54-58.
5. Ньматова С. Н., Суванова Ф. У. Исследование растительных масел для купажирования // Развитие науки и технологий. Научно-технический журнал. 2022. № 6. С. 236-241.
6. Никитин В. В., Литвинова Е. В. Рапсовое масло как источник ПНЖК для мясных продуктов // Мясные технологии. 2018. № 8. С. 16-18.
7. Остриков А. Н., Смирных А. А., Горбатова А. В. Комплексное исследование реологических свойств спреда функциональной направленности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (99). С. 93-110.
8. Савина О. В. Современная концепция здорового питания // Научно-практические инициативы и инновации для развития регионов России: материалы национальной научной конференции, Рязань, 2015. С. 165-168.
9. Antioxidant capacities of α -tocopherol, trolox, ascorbic acid, and ascorbyl palmitate in riboflavin photosensitized oil-in-water emulsions / Tae Soo Kim Eric, A. Decker [et al.] // Food Chemistry. 2012. V. 133. I. 1. Pp. 68-75.
10. Borovinskaya E., Sabaditsch D., Reschetilowski W. Base-Catalyzed Ethanolysis of Waste Cooking Oil in a Micro/Millireactor System: Flow and Reaction Analysis // Chem. Eng. Technol. 2019. V. 42. P. 495505.
11. El-Waseif M. A., Hashem H. A., Abd EL-Dayem H. H. Using flaxseed oil to prepare therapeutic fat spreads // Annal of Agricultural Science. 2013. № 58 (1). Pp. 5-11.
12. Foster R., Williamson C. S., Lunn J. Culinary oils and their health effects // Journal compilation. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin. 2009. № 34. Pp. 4-47.
13. Kostik V., Memeti Sh., Bauer D. Fatty acid composition of edible oils and fats // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2013. № 4. Pp. 112-116.

14. Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants / Athira Mohanan, T. Michael [et.al.] // Food Chemistry. 2018. Volume 266. Pp. 524-533.

15. Tereshchuk L. Theoretical and practical aspects of the Development of a balanced lipid complex of fat compositions // Food and Raw Materials. 2014. № 2. Pp. 59-67.

References

1. Birbasova A. V. Research of quality indicators of vegetable oils of domestic producers // Proceedings of the higher educational institutions. Food technology. 2015. № 1. Pp. 115-118.

2. Fats. Chemical composition and quality examination / O. B. Rudakov, A. N. Ponomarev, K. K. Polyansky, A. V. Lyubar. M.: DeLee print, 2005. 312 p.

3. Ivashina O. A., Tereshchuk L. V., Trubnikova M. Study of the influence of milk components on the quality indicators of the vegetable and cream spread // Technique and technology of food production. 2014. № 1. Pp. 30-33.

4. Contact purification of cotton co-stock fatty acid mixture on a thermoactivated kaolin adsorbent / D. S. Sagdullaev, D. T. Ruzmetov, D. S. Salikhanova, S. F. Khodzhaev, A. S. Turaev, D. M. Saijanova, S. A. Abdurahimov // Universium: Technical sciences. 2020. № 3 (69). Pp. 54-58.

5. Nematova S. N., Suvanova F. U. Research of vegetable oils for blending // Development of science and technology. Scientific and technical journal. 2022. № 6. Pp. 236-241.

6. Nikitin V. V., Litvinova E. V. Rapeseed oil as a source of PUFA for meat products // Meat technologies. 2018. № 8. Pp. 16-18.

7. Ostrikov A. N., Smirnykh A. A., Gorbatova A. V. Comprehensive study of the rheological properties of the functional spread // Bulletin of Altai State Agrarian University. 2013. № 1 (99). Pp. 93-110.

8. Savina O. V. Modern concept of healthy eating // Scientific and practical initiatives and innovations for the development of the regions of Russia: materials of the national scientific conference, Ryazan, 2015. Pp. 165-168.

9. Antioxidant capacities of α -tocopherol, trolox, ascorbic acid, and ascorbyl palmitate in riboflavin photosensitized oil-in-water emulsions / Tae Soo Kim Eric, A. Decker [et al.] // Food Chemistry. 2012. V. 133. I. 1. Pp. 68-75.

10. Borovinskaya E., Sabaditsch D., Reschetilowski W. Base-Catalyzed Ethanolysis of Waste Cooking Oil in a Micro/Millireactor System: Flow and Reaction Analysis // Chem. Eng. Technol. 2019. V. 42. P. 495505.

11. El-Waseif M. A., Hashem H. A., Abd EL-Dayem H. H. Using flaxseed oil to prepare therapeutic fat spreads // Annal of Agricultural Science. 2013. № 58 (1). Pp. 5-11.

12. Foster R., Williamson C. S., Lunn J. Culinary oils and their health effects // Journal compilation. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin. 2009. № 34. Pp. 4-47.

13. Kostik V., Memeti Sh., Bauer D. Fatty acid composition of edible oils and fats // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2013. № 4. Pp. 112-116.

14. Oxidative stability of flaxseed oil: Effect of hydrophilic, hydrophobic and intermediate polarity antioxidants / Athira Mohanan, T. Michael [et.al.] // Food Chemistry. 2018. Volume 266. Pp. 524-533.

15. Tereshchuk L. Theoretical and practical aspects of the Development of a balanced lipid complex of fat compositions // Food and Raw Materials. 2014. № 2. Pp. 59-67.

Информация об авторах

Ерболат Толганай Ерболат кызы, руководитель проекта, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: tolganay2707@gmail.com

Альжаксина Назым Ерболовна, PhD, главный научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: nazjomka@mail.ru

Мантай Мағжан Сапарханұлы, младший научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: mantaykz@gmail.com

Даулеткерей Алмас Болатұлы, младший научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: dauletkereykz@gmail.com

Authors Information

Yerbolat Tolganay Yerbolatkyzy, Project Manager, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: tolganay2707@gmail.com

Alzhaxsina Nazym Yerbolovna, PhD, Chief Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: nazjomka@mail.ru

Mantay Magzhan Saparkhanuly, Junior Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: mantaykz@gmail.com

Dauletkerei Almas Bolatuly, Junior Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: dauletkerey kz@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-62

FORMULATION OF A PREVENTIVE PRODUCT WITH ANTIOXIDANT PROPERTIES

A. B. Nurysh

*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of
Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: nyr.aida@mail.ru

Received 22.05.2023

Submitted 15.06.2023

The research was carried out within the framework of the program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR10764970 "Development of high-tech technologies for deep processing of agricultural raw materials in order to expand the range and output of finished products from a unit of raw materials, as well as reduce the share of waste in production" (implementation period 2021-2023)

Summary

This article presents a methodology for developing a recipe for a preventive product made from walnut shells. The developed preventive product is a plant antioxidant, the components of which increase the immunity and defenses of the body, protect against the dangerous effects of environmental pollution, give strength, cleanse the body of cholesterol, prolong youth. This is primarily due to the high content of flavonoids and polyphenols (antioxidants) in it, which, when applied, immediately begin to actively neutralize free radicals, the number of which in the human body can be very large. The development process of this preventive product involves utilizing walnut shells, which are a natural and sustainable source. Through a carefully devised methodology, the shells are processed to extract the beneficial components, such as flavonoids and polyphenols, which possess potent antioxidant properties. These antioxidants play a crucial role in combating the harmful effects of oxidative stress caused by free radicals. By neutralizing these free radicals, the preventive product aids in boosting the body's natural defenses, reinforcing the immune system, and supporting overall well-being.

Abstract

Introduction. Diseases resulting from malnutrition are responsible for almost 70% of all deaths, which underscores the importance of balanced nutrition for maintaining health. This statistical statement highlights the need to increase awareness about proper nutrition and increase the availability of quality food. At the same time, people's eating habits are characterized by a significant content of saturated and total fats, cholesterol, refined sugar and sodium and a lack of unsaturated fats from legumes, cereals, fruits and vegetables. Reassessing these eating habits and maintaining a more balanced diet can help solve this global health problem. **Materials and methods.** This article presents a methodology for developing a recipe for a preventive product made from walnut shells, which is of considerable

interest to researchers and manufacturers. This is important not only from the point of view of the production of a new product, but also in the context of waste recycling. The product was developed during the implementation of the project on the topic "The use of non-traditional types of walnut waste in order to obtain a preventive product", which indicates the desire to create a valuable product from what is usually considered waste. This approach represents an important step towards more sustainable food production. **Results and conclusions.** The developed formulation using walnut shell extract is intended for sale and use in the food industry to create new functional and preventive products with antioxidant properties. This discovery promises to bring tangible benefits for food producers, as well as for consumers who are looking for healthier and nutritious alternatives on the market.

Key words: *walnut shells, walnuts, extracts, phenol, antioxidant activity, natural antibiotics.*

Citation. Narysh A. B. Formulation of a preventive product with antioxidant properties. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 626-635 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-62.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declare no conflict of interest.

УДК 634.51

РЕЦЕПТУРА ПРОДУКТА ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С АНТИОКСИДАНТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

А. Б. Нурыш, магистр естественных наук, младший научный сотрудник

*Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности"
г. Астана, Казахстан*

Исследования проводились в рамках программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан BR10764970 «Разработка наукоемких технологий глубокой переработки с/х сырья в целях расширения ассортимента и выхода готовой продукции с единицы сырья, а также снижения доли отходов в производстве продукции» (период реализации 2021-2023 гг.)

Актуальность. Болезни, возникающие в результате недоедания, являются причиной почти 70% всех смертей, что подчеркивает важность сбалансированного питания для поддержания здоровья. Это статистическое утверждение подчеркивает необходимость увеличения информированности о правильном питании и повышения доступности качественных продуктов питания. В то же время пищевые привычки людей характеризуются значительным содержанием насыщенных и общих жиров, холестерина, рафинированного сахара и натрия и недостатком ненасыщенных жиров из бобовых, злаков, фруктов и овощей. Переоценка этих пищевых привычек и поддержание более сбалансированной диеты могут помочь в решении этой глобальной проблемы здоровья. **Материалы и методы.** В данной статье представлена методика разработки рецептуры профилактического продукта из скорлупы грецкого ореха, которая представляет значительный интерес для исследователей и производителей. Это важно не только с точки зрения производства нового продукта, но и в контексте переработки отходов. Продукт был разработан в ходе реализации проекта на тему "Использование нетрадиционных видов отходов грецкого ореха с целью получения профилактического продукта", что свидетельствует о стремлении к созданию ценного продукта из того, что обычно считается отходами. Это подход представляет собой важный шаг к более устойчивому производству продуктов питания. **Результаты.** Разработанная рецептура с использованием экстракта скорлупы грецкого ореха предназначена для продажи и использования в пищевой промышленности для создания новых функциональных и профилактических продуктов с антиоксидантными свойствами. Это открытие обещает принести ощутимые преимущества

для производителей продуктов питания, а также для потребителей, которые ищут более здоровые и питательные альтернативы на рынке. В данной статье представлена методика разработки рецептуры профилактического продукта из скорлупы грецкого ореха. Разработанный профилактический продукт является растительным антиоксидантом, компоненты которого повышают иммунитет и защитные силы организма, защищают от опасных эффектов загрязнения окружающей среды, придают силы, очищают организм от холестерина, продлевают молодость. Это происходит в первую очередь за счет большого содержания в нем флавоноидов и полифенолов (антиоксидантов), которые при применении сразу начинают активно нейтрализовывать свободные радикалы, число которых в организме человека может быть очень велико. Процесс разработки этого профилактического продукта предполагает использование скорлупы грецкого ореха, которая является натуральным и устойчивым источником. С помощью тщательно разработанной методики скорлупа обрабатывается для извлечения полезных компонентов, таких как флавоноиды и полифенолы, которые обладают мощными антиоксидантными свойствами. Эти антиоксиданты играют решающую роль в борьбе с вредными последствиями окислительного стресса, вызванного свободными радикалами. Нейтрализуя эти свободные радикалы, профилактический продукт помогает повысить естественную защиту организма, укрепляет иммунную систему и поддерживает общее самочувствие.

Ключевые слова: скорлупа грецких орехов, грецкие орехи, экстракты, фенол, антиоксидантная активность, природные антибиотики.

Цитирование. Нурыш А. Б. Рецепт профилактического средства с антиоксидантными свойствами. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 626-635. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-62.

Вклад автора. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По данным Центра гигиенического образования населения (РФ), их исследования показали, что прием определенных продуктов питания или их физиологически активных компонентов может быть связан с уменьшением вероятности развития тех или иных заболеваний. Большинство этих активных компонентов получены из растений.

В последнее время наблюдается заметный всплеск спроса на натуральные антиоксиданты. Следовательно, использование сельскохозяйственных и пищевых отходов для извлечения фенольных соединений становится все более популярным и жизнеспособным вариантом. Это связано с тем, что он дает возможность использовать исходные материалы, которые изначально либо очень дешевы, либо даже бесплатны. В последнее время исследователи обратили свое внимание на поиск способов переработки недорогих отходов пищевой, лесной и сельскохозяйственной отраслей, поскольку этот подход имеет как экономические, так и экологические преимущества. Кроме того, все большее предпочтение отдается замене используемых в настоящее время синтетических биологически активных веществ, вредных для здоровья человека [5], на вещества, полученные из природных источников.

Основное практическое применение грецкого ореха связано с использованием ядра, размещенного внутри скорлупы. Скорлупа грецкого ореха, которая остается после очистки, является отходом и обычно утилизируется. В то же время она богата фенольными кислотами и связанными с ними полифенолами, по своей сути являющимися природным антибиотиком, обладающим многочисленными оздоровительными эффектами. Околоплодник грецкого ореха в своем составе содержит очень много витаминов, дубильных веществ, йода, юглона и жирных кислот. Однако в пищевом производстве до настоящего времени он практически не используется.

Фенолы грецкого ореха в самой высокой концентрации обнаруживаются также и в кожуре самого ядра, и, как сообщается, они оказывают благотворное влияние на здоровье человека благодаря своим антиоксидантным свойствам. Доказано, что удаление семенной оболочки снижает общую антиоксидантную активность фундука, грецких орехов и фисташек примерно на 36%, 90% и 55% соответственно [9]. Концентрация трех распространенных фенольных соединений юглона, сининговой и эллаговой кислот в кожуре семян грецкого ореха более чем в 20 раз выше, чем концентрация этих соединений в зерне [11]. Среднее значение общего содержания фенолов в семенной оболочке было в 12,7 раза выше, чем в зерне, но антиоксидантная активность была в 12,9 раза выше [13]. Таким образом, большая часть антиоксидантов сосредоточена в кожуре плодов грецкого ореха.

Для выделения антиоксидантных веществ чаще всего используется метод экстракции. Антиоксидантная активность и количество выхода экстракции связаны с используемым растворителем. Антиоксидантная активность и количество выхода экстракции связаны с используемым растворителем [1, 14]. Чаще всего для извлечения антиоксидантных соединений используют метанол, этиловый спирт, хлороформ, воду, N-бутанол и этилацетат, но для экстракции в пищевых целях используют органические растворители. В настоящем исследовании для экстракции скорлупы грецкого ореха были применены несколько видов растворителей различной полярности (вода, этанол), так как выбор подходящего экстрагента оказывается важным фактором качества экстракта [3] и уровня пищевой безопасности по сравнению с другими органическими растворителями.

Материалы и методы. В качестве сырья для разработки рецептуры используются:

- готовый экстракт из скорлупы грецкого ореха;
- витамины А;
- йод;
- фруктоза;
- лимонная кислота;
- консервант натрий бензойно-кислый.

Все ингредиенты в рецептуре подобраны с учетом химического состава, а именно наличием антиоксидантных свойств.

Экстракт из скорлупы грецкого ореха должен быть получен по разработанным технологическим режимам (таблица 1).

Йод и витамин А требуется добавлять в готовый продукт в связи с недостаточным количеством их в экстракте грецкого ореха.

Фруктоза должна применяться для придания продукту приятного вкуса.

Натрий бензойнокислый и лимонная кислота применяются как консервант для увеличения срока хранения.

Упаковочный материал для фасовки готового продукта должен обеспечивать соответствующую защиту от солнечного излучения, быть достаточно герметичным и обеспечивать информативность и возможность дозировки продукта.

В настоящее время предприятия, производящие продукцию фармацевтического и лечебно-профилактического характера, а также различные пищевые добавки и БАДы все больше внимания обращают на сырье природного растительного происхождения, являющееся экологически безопасным и обладающим высоким технологическим эффектом. Такого же мнения придерживается основное большинство населения.

Терапевтическая эффективность препаратов растительных экстрактов обусловлена не одним действующим веществом, а разнообразным спектром содержащихся в них биологически активных веществ, которые могут усиливать, ослаблять или изменять действие первичных веществ.

Физиологические эффекты экстракционных препаратов разнообразны и заслуживают внимания. Их значение возрастает в связи с производством эксклюзивных антиоксидантных препаратов, которые невозможно воспроизвести ни синтетически, ни экономически.

Экстракты в основном получают из лекарственных растений, реже из сырья животного происхождения.

Экстракционные препараты классифицируют по консистенции, экстрагенту и способу применения.

Отличительный фактор заключается в консистенции.

Экстракты, которые являются сухими по своей природе, могут называться «Extracta sicca».

Экстракты густой консистенции можно назвать «Extracta spissa».

Жидкие экстракты, также известные как «Экстракта флюида».

В зависимости от типа используемого экстрагента различают:

Экстракты получают из очищенной воды в качестве экстрагента.

Спиртовые экстракты получали с использованием в качестве экстрагента этилового спирта различной концентрации.

Экстракты классифицируются в зависимости от способа их применения.

Это лекарство предназначено для приема внутрь.

Подходит для использования на открытом воздухе.

В качестве экстракта при выполнении этого проекта получается жидкость светло-коричневого цвета с отчетливым запахом.

Результаты и обсуждение. Для получения продукта профилактического назначения с применением экстракта из скорлупы грецкого ореха, первоначально проводится изготовление основного ингредиента – экстракта из скорлупы грецкого ореха. Для получения экстракта из скорлупы грецкого ореха применяются определенные технологические операции: подготовка сырья, промывка отсортированной партии скорлупы и сушка ее. После сушки сырье подвергается двухкратному измельчению. Только после этого проводится основной технологический процесс экстракции. Экстрагирование проводится на полуавтоматическом аппарате Сокслета «АСВ-6». Полученный экстракт фильтруется, сушится и фасуется. В таблице 1 приведены режимы получения экстракта.

Таблица 1 – Режимы получения экстракта из отходов грецкого ореха

Table 1 – Modes of obtaining an extract of their walnut waste

Используемое сырье	Масса сырья, г	Растворитель		Применяемые режимы экстракции	
		вода, %	этанол, %	крупность, мкм	время экстракции, мин.
Скорлупа грецкого ореха	5	20	80	300	120
	5	30	70	300	120
	5	-	90	300	150

Затраты по времени на приготовление экстракта составляют 90 минут, что является неплохим результатом при получении продукта с высокой элементной концентрацией. Используемое для получения экстракта сырье и применяемый при этом экстрагент имеют относительно недорогую составляющую, что в конечном итоге делает довольно привлекательным производство в плане себестоимости.

В таблице 2 приведена рецептура приготовления продукта профилактического назначения с применением экстракта из грецкого ореха.

Таблица 2 – Рецепт приготовления продукта профилактического назначения с применением экстракта из грецкого ореха

Table 2 – Recipe for the preparation of a preventive product with the use of walnut extract

Состав	Масса
Активные вещества	
экстракт из скорлупы грецкого ореха	77 г
витамин А	0,225 г
йод	0,005 г
фруктоза (сироп)	20 г
Вспомогательные вещества	
лимонная кислота	2,5 г
консервант (натрий бензойнокислый)	0,27 г
Итого	100

В экстракте из скорлупы грецкого ореха содержатся витамины группы С и Е, минеральные вещества, такие как йод, железо, цинк, аминокислоты, биофлавоноиды: катехин, кверцетин. Грецкий орех обладает большей антиоксидантной активностью, чем любой другой орех, поскольку скорлупа состоит из лигнина – сильного источника фенолов. За счет фенольных кислот экстракт обладает многочисленными оздоравливающими свойствами. В скорлупе ореха в период молочно-восковой спелости наблюдается довольно высокое содержание йода, однако в скорлупе созревшего ореха его количество практически вдвое меньше. Это связано с тем, что йод быстро разрушается из-за действия солнечного света и высоких температур (т.е. выгорает от солнечных лучей). Йод – основной компонент гормонов щитовидной железы, который играет ключевую роль в развитии человека, метаболизма и развитии мозга, в особенности для плода в утробе матери.

Ретинол, или витамин А, является жизненно важным антиоксидантом и жирорастворимым витамином, необходимым для нескольких функций организма. Он играет важную роль в зрении, здоровье костей, функционировании иммунной системы, а также в укреплении здоровья кожи и волос. Ретинол также участвует в регуляции белкового синтеза, в окислительно-восстановительных процессах, нормальном обмене веществ, функционировании клеток и субклеточных мембран, помогает в формировании костей, зубов и жировых отложений. Кроме того, витамин А важен для роста новых клеток и замедляет процесс старения. Его противовирусные и антибактериальные свойства делают его эффективным борцом с вредоносными микроорганизмами, а также способствуют укреплению ногтей и скорейшему заживлению ран.

Фруктоза обладает свойствами, подобными сахару, но она почти вдвое слаще и имеет вдвое меньший гликемический индекс. Еще одним преимуществом фруктозы является то, что она усваивается организмом без помощи инсулина. Это вещество часто используется в качестве подсластителя в продуктах, предназначенных для людей, ведущих здоровый образ жизни или страдающих диабетом. Подсластитель представляет собой бесцветный порошок с выраженным сладким вкусом, приятным послевкусием и ароматом. Фруктоза хорошо растворяется в воде и имеет длительный срок хранения. Она устойчива к высоким температурам и может быть использована при приготовлении самых разных блюд. Фруктозу можно получить в различных формах включая порошок, кубики, таблетки и сироп. Этот заменитель сахара является ключевым ингредиентом многих популярных формул, предназначенных для замены сахара.

Бензоат натрия является консервантом, широко используемым в пищевой промышленности. Он относится к группе консервантов и способен предотвращать порчу, продлевая срок годности пищевых продуктов. Таким образом, он считается важным консервантом в пищевой промышленности.

Лимонная кислота находит применение в регулировании уровня кислотности, улучшении вкуса и увеличении срока годности пищевых продуктов в качестве консерванта.

Оценка органолептических свойств и дегустационные испытания по 6-ти балльной системе показали, что полученный продукт обладает сбалансированным мягким вкусом, приятным характерным для сырья ароматом, а также терпкостью (рисунок 1). Ярко-коричневый цвет обусловлен содержанием катехинов и кверцетина в сырье.

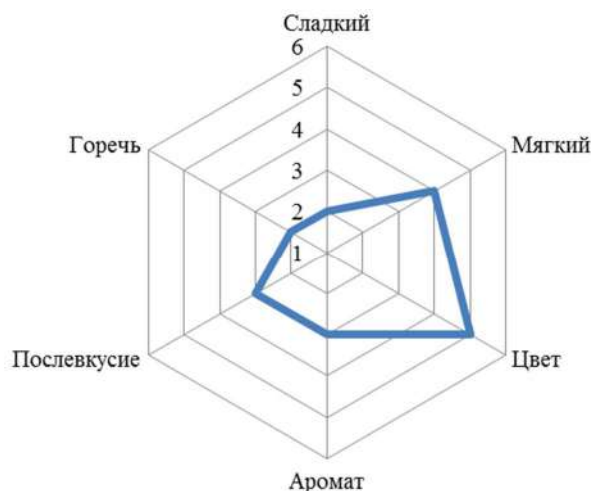


Рисунок 1 – Профилограмма органолептических и дегустационных свойств продукта
Figure 1 – Profilogram of organoleptic and tasting properties of the product

Принимать профилактический продукт рекомендуется внутрь в растворе – 10 мл продукта на 100 мл воды, 1-2 раза в день, в течение 3х недель. Количество необходимого продукта было высчитано из суточной нормы потребления витаминов, минеральных веществ, витаминов и биофлавоноидов.

Обсуждение. Даже на начальном этапе применения печень начинает очищаться от токсинов и ядов. При этом происходит сильное воздействие на иммунную систему, как бы ее встряска, позволяющая включить защитные силы организма на максимум. Он будет полезен для людей, перенесших различные инфекционные заболевания, в том числе и ковид, а также онкологические болезни. В альтернативной медицине можно применять как средство для укрепления иммунитета, а также для лечения от различных вирусных, аллергических и воспалительных заболеваний. Экстракт важен для детоксикации печени и укрепления кровеносных сосудов, полезен при лечении атеросклероза и снижении уровня холестерина. Снижает риск возникновения злокачественных опухолей и предотвращает размножение вредных для организма бактерий. Эффективное лечение диабетических осложнений, связанных с функцией почек, нервной системы и глаз.

Заключение. Разработанный профилактический продукт является растительным антиоксидантом, компоненты которого повышают иммунитет и защитные силы организма, защищают от опасных эффектов загрязнения окружающей среды, придают силы, очищают организм от холестерина, продлевают молодость. Это происходит в первую очередь за счет большого содержания в нем флавоноидов и полифенолов (антиоксидантов), которые при применении сразу начинают активно нейтрализовывать свободные радикалы, число которых в организме человека может быть очень велико.

Активное использование разработанного комплекса способствует:

- профилактики и восполнению дефицита витаминов, макроэлементов и микроэлементов;
- повышению иммунитета и защитных сил организма;
- стимулированию сопротивляемости организма вредным воздействиям окружающей среды и инфекциям;
- уменьшению ломкости капилляров;
- стимулированию регенеративной деятельности организма.

В заключение мы хотели бы искренне поблагодарить всех участников этого научного проекта за их помощь в проведении экспериментальных исследований. Мы также выражаем нашу благодарность руководству и ученым Астанинского филиала ТОО «КазНИИ перерабатывающей и пищевой промышленности».

Conclusions. The developed preventive product is a herbal antioxidant, the components of which increase the body's immunity and defenses, protect against the dangerous effects of environmental pollution, give strength, cleanse the body of cholesterol, and prolong youth. This occurs primarily due to the high content of flavonoids and polyphenols (antioxidants) in it, which, when used, immediately begin to actively neutralize free radicals, the number of which in the human body can be very large.

Active use of the developed complex contributes to:

- prevention and replenishment of deficiency of vitamins, macroelements and microelements;
- increasing immunity and defenses of the body;
- stimulating the body's resistance to harmful environmental influences and infections;
- reducing capillary fragility;
- stimulating the regenerative activity of the body.

Finally, we would like to sincerely thank all the participants in this research project for their assistance in conducting the experimental studies. We also express our gratitude to the management and scientists of the Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry».

Библиографический список

1. Антиоксиданты листьев ирги круглолистной / Т. И. Тихомирова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 12-1(114). С. 193-199.
2. Кодиров З. З. Влияние концентрации NaOH и избытка щелочи на состав продукта при рафинировании хлопкового, соевого, подсолнечного масла. 2021. С. 50.
3. Синтез и изучение противовоспалительной активности 2-винилпроизводных 4-(2,6-ди-метил-4-оксо-5-фенил-4Н-пиримидин-1-ил) -бенз-сульфамида / И. П. Кодониди [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 4. С. 91.
4. Усманов Б. С., Кодиров З. З. Влияние солнечных лучей на состав продуктов при хранении высококачественных растительных масел. 2021. С. 92.
5. Усов К. И., Гуськова Т. А., Юшков Г. Г. Антиоксидантные эффекты адеметионина при введении крысам противотуберкулезных препаратов в токсических дозах // Токсикологический вестник. 2019. № 6. С. 28-33.
6. Bai G., Ma C., Chen X. Phytosterols in edible oil: Distribution, analysis and variation during processing // Grain & Oil Science and Technology. 2021. Vol. 4. P. 33-44.
7. Cai Z. Recent progress in the thermal treatment of oil seeds and oil oxidative stability: a review // Fundamental Research. 2021. Vol. 1. Pp. 767-784.
8. Chromatographic analysis of *Silybum marianum* (L.) Gaertn / A. Ciocarían, I. Dragaín, A. Aricu, N. Ciocarían, C. Stavarache, M. Deáeanu // Fatty oil. 2018. Vol. 13 (1). Pp. 63-68.
9. Isolation of gallic acid, caffeine and flavonols from black tea by on-line coupling of pressurized liquid extraction with an adsorbent for the production of functional bakery products / M. C. Souza [et al.] // LWT. 2020. Vol. 117. P. 108661.

10. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases / L. Abenavoli, A. A. Izzo, N. Miiie, C. Cicaia, A. Santini // *Phytotherapy Research*. 2018. Vol. 32 (11). Pp. 2202-2213.

11. Mrinmoy Mondal, Sirshendu De. Enrichment of (-) epigallocatechin gallate (EGCG) from aqueous extract of green tea leaves by hollow fiber microfiltration: Modeling of flux decline and identification of optimum operating conditions // *Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 206. Pp.107-117.

12. Mwangi W. W. Food-grade Pickering emulsions for encapsulation and delivery of bioactives // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 100. Pp. 320-332.

13. Opportunities and challenges for the nanodelivery of green tea catechins in functional foods / A. Rashidinejad [et al.] // *Food Research International*. 2021. Vol. 142. Pp. 110186.

14. Poisoning by Medical Plants / M. H. Farzaei [et al.] // *Arch. Iran. Med*. 2020. Vol. 23. No 2. Pp. 117-127.

15. Wang L. Lactobacillus acidophilus loaded pickering double emulsion with enhanced viability and colon-adhesion efficiency // *LWT-Food Science and Technology*. 2020. Vol. 121. Pp. 1-8.

References

1. Antioxidants of round-leaved irga leaves / T. I. Tikhomirova [et al.] // *International Research Journal*. 2021. № 12-1 (114). Pp. 193-199.

2. Kodirov Z. Z. Influence of NaOH concentration and excess alkali on product composition during refining of cotton, soybean, sunflower oil. 2021. Pp. 50.

3. Synthesis and study of the anti-inflammatory activity of 2-vinylene derivatives of 4- (2,6-dimethyl-4-oxo-5-phenyl-4H-pyrimidin-1-yl) -bens-sulfamide / I. P. Codonidi [et al.] // *Modern problems of science and education*. 2021. № 4. Pp. 91.

4. Usmanov B. S., Kodirov Z. Z. The influence of sunlight on the composition of products when storing high-quality vegetable oils. 2021. Pp. 92.

5. Usov K. I., Guskova T. A., Yushkov G. G. Antioxidant effects of ademethionine when antituberculosis drugs are administered to rats in toxic doses // *Toxicological Bulletin*. 2019. № 6. Pp. 28-33.

6. Bai G., Ma C., Chen X. Phytosterols in edible oil: Distribution, analysis and variation during processing // *Grain & Oil Science and Technology*. 2021. Vol. 4. P. 33-44.

7. Cai Z. Recent progress in the thermal treatment of oil seeds and oil oxidative stability: a review // *Fundamental Research*. 2021. Vol. 1. Pp. 767-784.

8. Chromatographic analysis of *Silybum marianum* (L.) Gaertn / A. Ciocarían, I. Dragaiin, A. Aricu, N. Ciocarían, C. Stavarache, M. Deieanu // *Fatty oil*. 2018. Vol. 13 (1). Pp. 63-68.

9. Isolation of gallic acid, caffeine and flavonols from black tea by on-line coupling of pressurized liquid extraction with an adsorbent for the production of functional bakery products / M. C. Souza [et al.] // *LWT*. 2020. Vol. 117. Pp. 108661.

10. Milk thistle (*Silybum marianum*): A concise overview on its chemistry, pharmacological, and nutraceutical uses in liver diseases / L. Abenavoli, A. A. Izzo, N. Miiie, C. Cicaia, A. Santini // *Phytotherapy Research*. 2018. Vol. 32 (11). Pp. 2202-2213.

11. Mrinmoy Mondal, Sirshendu De. Enrichment of (-) epigallocatechin gallate (EGCG) from aqueous extract of green tea leaves by hollow fiber microfiltration: Modeling of flux decline and identification of optimum operating conditions // *Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 206. Pp.107-117.

12. Mwangi W. W. Food-grade Pickering emulsions for encapsulation and delivery of bioactives // *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 100. Pp. 320-332.

13. Opportunities and challenges for the nanodelivery of green tea catechins in functional foods / A. Rashidinejad [et al.] // *Food Research International*. 2021. Vol. 142. P. 110186.

14. Poisoning by Medical Plants / M. H. Farzaei [et al.] // *Arch. Iran. Med*. 2020. Vol. 23. No 2. Pp. 117-127.

15. Wang L. Lactobacillus acidophilus loaded pickering double emulsion with enhanced viability and colon-adhesion efficiency // *LWT-Food Science and Technology*. 2020. Vol. 121. Pp. 1-8.

Информация об авторах

Нурыш Аида Бексултан кызы, магистр естественных наук, младший научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казакский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, г. Астана, просп. Аль-Фараби, д. 47), e-mail: nyr.aida@mail.ru

Authors Information

Nurysh Aida Beksultan kyzy, Master of Natural Sciences, Junior Researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (010000, Kazakhstan, Astana, Al-Farabi Ave., 47), e-mail: nyr.aida@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-63

FIELD STUDIES OF THE PROFILE PASSABILITY OF THE EXPERIMENTAL VEHICLE FOR CARGO TRANSPORTATION IN AGRICULTURE

A. S. Myasnikov¹, S. D. Fomin², A. A. Yarunov³

¹*ChPOU "Gazprom College Volgograd named after. I.A. Matlashov"*

²*Volgograd State Agrarian University*

³*OJSC Sady Pridonya
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: fsd_58@mail.ru

Received 29.06.2023

Submitted 10.08.2023

Abstract

Introduction. The transportation of goods in the field of agriculture plays an important role and is a link in all technological stages of the life cycle of agricultural products. The implementation of transport work in the agricultural industry is a complex technological process, which, due to adverse weather conditions and rugged terrain, is complicated and often leads to difficulty in the movement of trucks or even to their jamming. To expand the functionality of vehicles when moving on a supporting surface with a weak bearing capacity and rough terrain, an experimental vehicle was designed, which, depending on the operating conditions, has the technical possibility of a combined mode of movement – rolling and walking, providing it with advantages over vehicles, moving only by rolling, one of which is profile patency. **Object.** The object of the study is the profile cross-country ability of the experimental vehicle. **Materials and methods.** The profile cross-country ability of the experimental vehicle was determined in the field when studying the parameters - the largest angle of the slope to be overcome, the largest width of the ditch to be overcome, the maximum height (depth) of the obstacle to be overcome. The profile cross-country parameters were studied using original technical solutions incorporated in the design of the experimental vehicle, and without them. **Results and conclusions.** The original technical solutions included in the design of the experimental vehicle, which allow moving in a combined way, made it possible to increase the angle of the slope to be overcome in the transverse direction by 2 times from 20^0 to 40^0 , the width of the obstacle to be overcome from 0.84 D to 1.86 D, and the height of the obstacle to be overcome obstacles from 0.37 D to 0.65 D (D is the outer diameter of the mover). The results obtained expand the possibilities of using the experimental vehicle when working in areas with rugged terrain, along irrigation canals, areas located in close proximity to the roadbed, as well as when overcoming ditches, ditches and pits.

Key words: *experimental vehicle, combined mode of transportation, field tests, cross-country ability.*

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D., Yarunov A. A. Field studies of the cross-sectional cross-country ability of an experimental vehicle for the transportation of goods in agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 635-652 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-63.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution or analysis of this study. All authors of this article reviewed the submitted final version and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.37

**ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОФИЛЬНОЙ ПРОХОДИМОСТИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ
ГРУЗОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

А. С. Мясников¹, преподаватель
С. Д. Фомин², доктор технических наук, профессор
А. А. Ярунов³

¹ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова»²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ³ОАО «Сады Придонья»

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Перевозка грузов в сфере сельского хозяйства играет важную роль и представляет собой связующее звено всех технологических этапов жизненного цикла сельскохозяйственной продукции. Выполнение транспортных работ в сельскохозяйственной отрасли представляет собой сложный технологический процесс, который по причине неблагоприятных погодных условий и пересеченного рельефа местности осложняется и зачастую приводит к затруднению передвижения грузовых транспортных средств или вовсе к их застреванию. Для расширения функциональных возможностей транспортных средств при передвижении по опорной поверхности со слабой несущей способностью и пересеченным рельефом местности сконструировано экспериментальное транспортное средство, которое в зависимости от условий работы имеет техническую возможность комбинированного способа передвижения – качения и шагания, обеспечивающие ему преимущества по сравнению с транспортными средствами, передвигающимися только способом качения, одним из которых является профильная проходимость. **Объект.** Объектом исследования является профильная проходимость экспериментального транспортного средства. **Материалы и методы.** Профильная проходимость экспериментального транспортного средства определена в полевых условиях при исследовании параметров – наибольший угол преодолеваемого косогора, наибольшая ширина преодолеваемого рва, наибольшая высота (глубина) преодолеваемого препятствия. Параметры профильной проходимости исследованы при использовании оригинальных технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, и без них. **Результаты и выводы.** Заложенные в конструкцию экспериментального транспортного средства оригинальные технические решения, позволяющие передвигаться комбинированным способом, позволили увеличить угол преодолеваемого в поперечном направлении косогора в 2 раза с 20^0 до 40^0 , ширину преодолеваемого препятствия с $0,84 \cdot D$ до $1,86 \cdot D$, а высоту преодолеваемого препятствия с $0,37 \cdot D$ до $0,65 \cdot D$ (D – наружный диаметр движителя). Полученные результаты расширяют возможности применения экспериментального транспортного средства при работе на территориях с пересеченным рельефом местности, вдоль оросительных каналов, участков, расположенных в непосредственной близости к полотну автомобильных дорог, а также при преодолении канав, рвов и ям.

Ключевые слова: экспериментальные транспортные средства, комбинированный способ передвижения, полевые испытания техники, профильная проходимость, перевозка грузов.

Цитирование. Мясников А. С., Фомин С. Д., Ярунов А. А. Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 635-652. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-63.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Транспортные работы являются связующим звеном всех технологических этапов жизненного цикла сельскохозяйственного производства, от результатов деятельности которого зависит качество и товарный вид конечной продукции [6]. Для выполнения транспортных работ используются различные виды и образцы техники, в том числе специальной [11-13], наибольшая доля приходится на автомобильный грузовой транспорт, результаты работы которого зависят от многих факторов, включая погодные условия, состояние грунтовых дорог, рельеф местности [8]. Одними из ключевых требований, которые предъявляются к современным грузовым автомобилям, занятым в сфере сельского хозяйства являются параметры профильной проходимости, от которой зависит способность автомобиля выполнять транспортные работы с преодолением естественных и искусственных препятствий (рвы, косогоры, ямы и др.) [1, 5, 7]. Для повышения показателей профильной проходимости сконструировано экспериментальное транспортное средство, способное передвигаться по опорной поверхности комбинированным способом – качением и шаганием и состоит из следующих сборочных узлов (рисунок 1) [2-4]: 1 – 3 подвижные части продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5; 6 – механизмы продольного перемещения частей 1-3; 7 – механизмы перемещения движителей 4 в вертикальной плоскости; 8 – механизм продольного перемещения кузова и кабины; 9 – источники энергии; 10 – электрический блок; 11 – пульт управления; 12 – кабина; 13 – кузов.

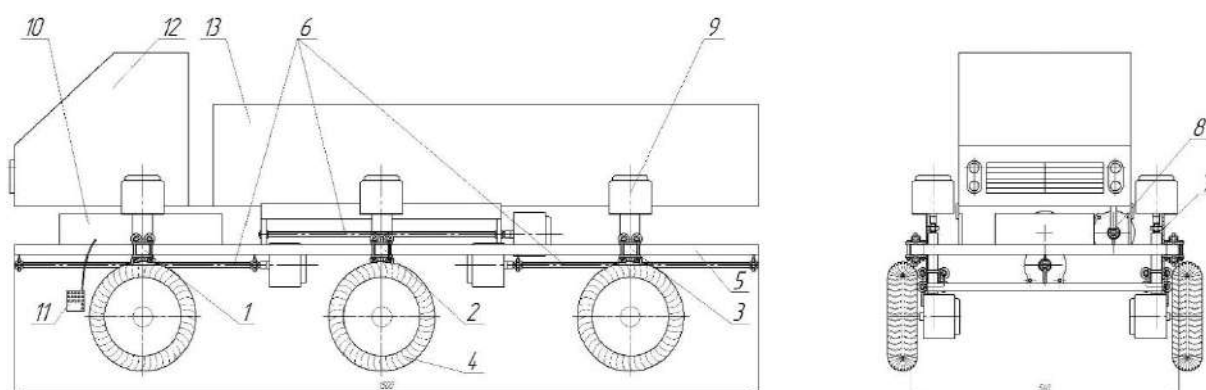


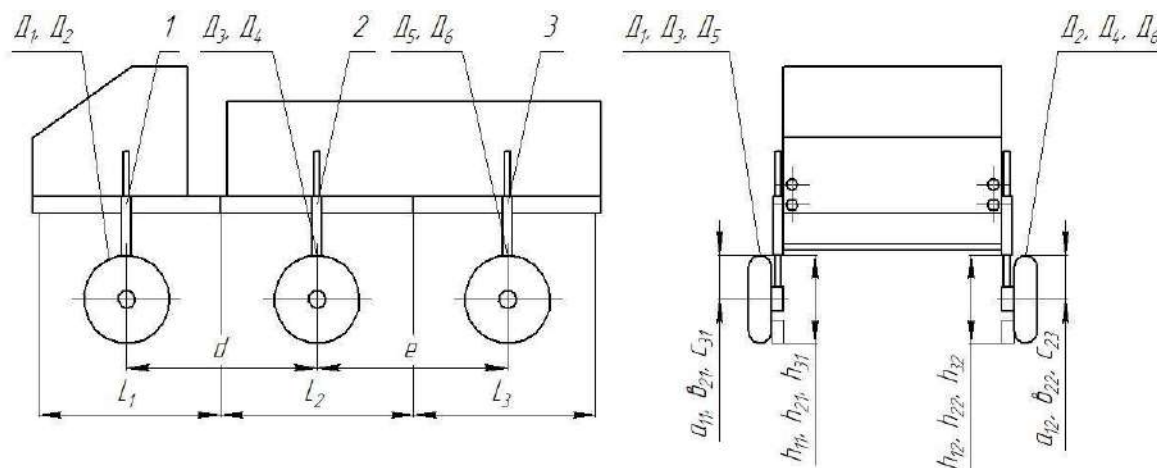
Рисунок 1 – Чертеж общего вида экспериментального транспортного средства
Figure 1 – General view drawing experimental vehicle

Материалы и методы. К исследуемым в работе параметрам профильной проходимости относятся: наибольший угол преодолеваемого косогора; наибольшая ширина преодолеваемого рва; наибольшая высота (глубина) преодолеваемого препятствия [9].

Полевые испытания профильной проходимости географически проведены на полевых участках АО «Сады Придонья», приусадебных участках в поселке Комсомольский Калачевского района Волгоградской области. Для проведения испытаний определено время года – весенне-летний период 2023 года.

Для достоверности результатов испытаний сравнение исследуемых параметров проведено при передвижении экспериментального транспортного средства с учетом оригинальности, заложенных в его конструкцию технических решений (далее испытание №2), и без них (далее испытание №1), при котором подвижные части с движителями не изменяют при движении своего положения в продольном и вертикальном положении относительно рамы и предварительно установлены согласно рисунку 2 и условиям, представленным в таблице 1.

Таким образом, при исследовании параметров профильной проходимости, проводится два типа испытаний – без учета заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства оригинальных технических решений (испытание № 1), и с их учетом (испытание № 2). Количество повторений с изменяющимся и исследуемым в эксперименте параметром проведено до его максимального предельного значения.



1-3 подвижные части продольного перемещения движителей; D_1 - D_6 – движители; L_1 - L_3 – диапазон продольного перемещения подвижных частей вдоль рамы; a_{11} , a_{12} , b_{21} , b_{22} , c_{21} , c_{22} – величина перемещения в вертикальной плоскости соответственно движителей D_1 – D_6 относительно механизма их вертикального перемещения; h_{11} , h_{12} , h_{21} , h_{22} , h_{31} , h_{32} – диапазон вертикального перемещения соответственно движителей D_1 – D_6 относительно механизма их вертикального перемещения; d – межосевое расстояние между подвижными частями 1 и 2; e – межосевое расстояние между подвижными частями 2 и 3

Рисунок 2 – Схема расположения подвижных частей с движителями экспериментального транспортного средства при испытании №1

Figure 2 – The layout of the moving parts with the propulsion of the experimental vehicle during test No. 1

Таблица 1 – Параметры размещения подвижных частей с движителями при испытании № 1

Table 1 – Parameters of placement of moving parts with propellers during test No. 1

Наименование параметра	Характеристика параметра	
Межосевое расстояние между подвижными частями	1 и 2	$d=L_1/2+L_2/2$
	2 и 3	$e=L_2/2+L_3/2$
Положение установки подвижных частей	1	$L_1/2$
	2	$L_2/2$
	3	$L_3/2$
Положение установки движителей относительно механизма их вертикального перемещения	D_1	$a_{11}=h_{11}/2$
	D_2	$a_{12}=h_{12}/2$
	D_3	$b_{21}=h_{21}/2$
	D_4	$b_{22}=h_{22}/2$
	D_5	$c_{31}=h_{31}/2$
	D_6	$c_{32}=h_{32}/2$
Примечание. Конструкция экспериментального транспортного средства технически реализована следующим образом: диапазоны продольного перемещения подвижных частей 1, 2, 3 вдоль рамы равны $L_1=L_2=L_3$; диапазон вертикального перемещения движителей D_1 – D_6 равны $h_{11}=h_{12}=h_{21}=h_{22}=h_{31}=h_{32}$.		

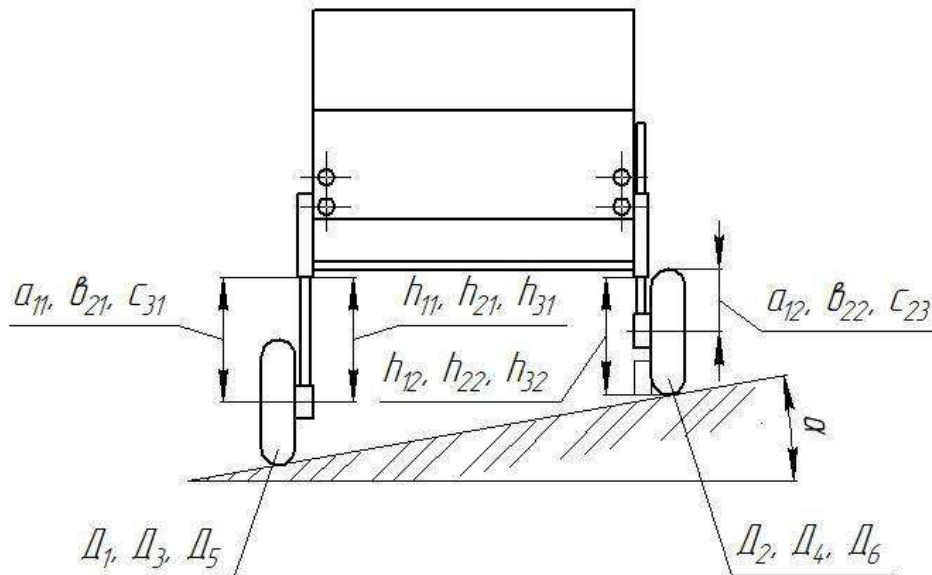
Исследование наибольшего угла, преодолеваемого экспериментальным транспортным средством косогора, проведено на сухом плотном грунте с одинаковым уклоном на всем участке испытания. Длина зачетного участка равна двукратной длине

транспортного средства ≈ 3 м. Крутизна косогора начиналась с 10^0 . Исследование проведено при предварительном расположении подвижных частей с двигателями согласно рисунку 2, 3 и соответственно условиям, указанным в таблицах 1, 2 [9].

Результаты и обсуждение. Результаты полевых исследований при передвижении способом качения без использования и с использованием оригинальности технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, представлены в таблице 3 и на рисунках 4, 5.

Таблица 2 – Параметры размещения подвижных частей с двигателями при исследовании наибольшего угла преодолеваемого косогора, испытание № 2
Table 2 – Parameters of the placement of moving parts with propellers during the study of the greatest angle of the slope to be overcome, test No. 2

Наименование параметра		Характеристика параметра
Межосевое расстояние между подвижными частями	1 и 2	$d=L_1/2+L_2/2$
	2 и 3	$e=L_2/2+L_3/2$
Положение установки подвижных частей	1	$L_1/2$
	2	$L_2/2$
	3	$L_3/2$
Положение установки двигателей относительно механизма их вертикального перемещения	D_1	$h_{11}/2 < a_{11} \leq h_{11}$
	D_2	$0 \leq a_{12} \leq h_{12}/2$
	D_3	$h_{21}/2 < b_{21} \leq h_{21}$
	D_4	$0 \leq b_{22} \leq h_{22}/2$
	D_5	$h_{31}/2 < c_{31} \leq h_{31}$
	D_6	$0 \leq c_{32} \leq h_{32}/2$



D_1 - D_6 – двигатели; a_{11} , a_{12} , b_{21} , b_{22} , c_{21} , c_{22} – величина перемещения в вертикальной плоскости соответственно двигателей D_1 – D_6 относительно механизма их вертикального перемещения; h_{11} , h_{12} , h_{21} , h_{22} , h_{31} , h_{32} – диапазон вертикального перемещения соответственно двигателей D_1 – D_6 относительно механизма их вертикального перемещения; α – угол косогора

Рисунок 3 – Схема расположения подвижных частей с двигателями при исследовании наибольшего угла преодолеваемого косогора экспериментальным транспортным средством, испытание № 2

Figure 3 – Scheme of the location of moving parts with propellers in the study of the largest angle of the slope to be overcome by an experimental vehicle, test No. 2

Таблица 3 – Результаты исследования наибольшего угла, преодолеваемого экспериментальным транспортным средством косогора

Table 3 – Results of the study of the greatest angle overcome by the experimental vehicle of the slope

Крутизна косогора, град	Величина сползания			
	Испытание №1		Испытание №2	
	Линейное значение величины сползания Δl относительно прямолинейного направления движения, см	Величина сползания относительно габаритной длины экспериментального транспортного средства $\Delta l/L$, %	Линейное значение величины сползания Δl относительно прямолинейного направления движения, см	Величина сползания относительно габаритной длины экспериментального транспортного средства $\Delta l/L$, %
10	3	2	0	0
15	5	3,33	0,7	0,47
20	7,5	5	1,2	1,0
25	-	-	2,0	1,33
30	-	-	3,5	2,33
35	-	-	5,2	3,47
40	-	-	7,5	5

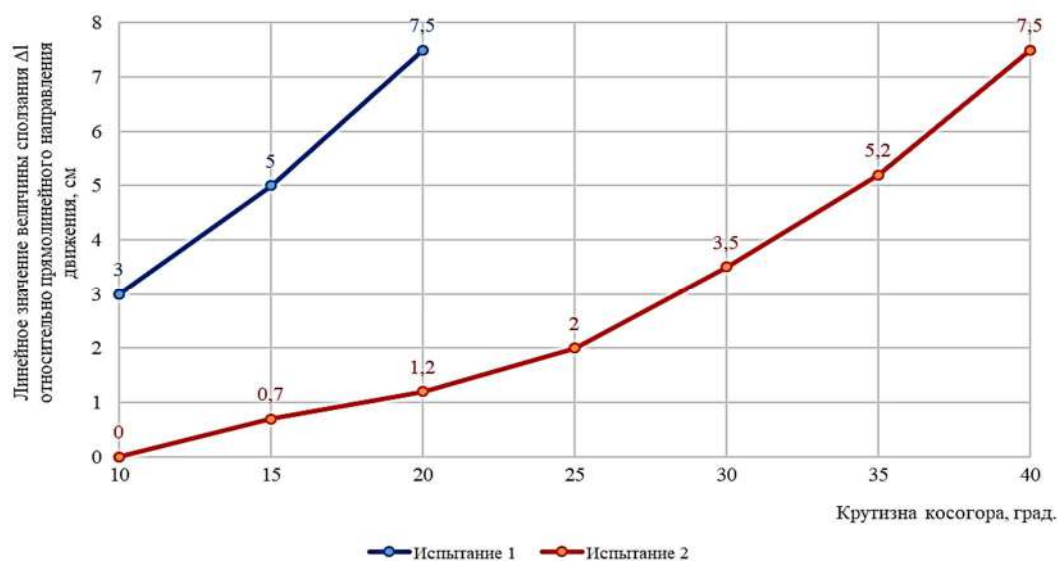


Рисунок 4 – Исследование линейного значения величины сползания Δl экспериментального транспортного средства относительно прямолинейного направления движения в зависимости от крутизны косогора

Figure 4 – Study of the linear value of the sliding Δl of the experimental vehicle relative to the rectilinear direction of movement, depending on the steepness of the slope

Результаты полевых исследований показали, что при продольном передвижении по наклонной опорной поверхности с предварительной установкой подвижных частей экспериментального транспортного средства согласно схеме 2 и таблицы 1 (испытание №1) максимальный преодолеваемый угол косогора, при котором линейное значение величины сползания Δl относительно габаритной длины экспериментального транспортного средства L не превышает 5%, составляет 20° , причем $\Delta l=7,5$ см, а отношение $\Delta l/L=5\%$. В случае использования оригинальности заложенных в конструкцию технических решений (рисунок 3, таблица 2, испытание №2) при угле

косогора 20^0 – $\Delta l=1,2$ см, $\Delta l/L=1\%$, а максимальный преодолеваемый угол косогора увеличивается и составляет 40^0 (таблица 2, рисунок 4, 5). Фрагмент экспериментальных исследований преодоления косогора экспериментальным транспортным средством изображен на рисунке 6.

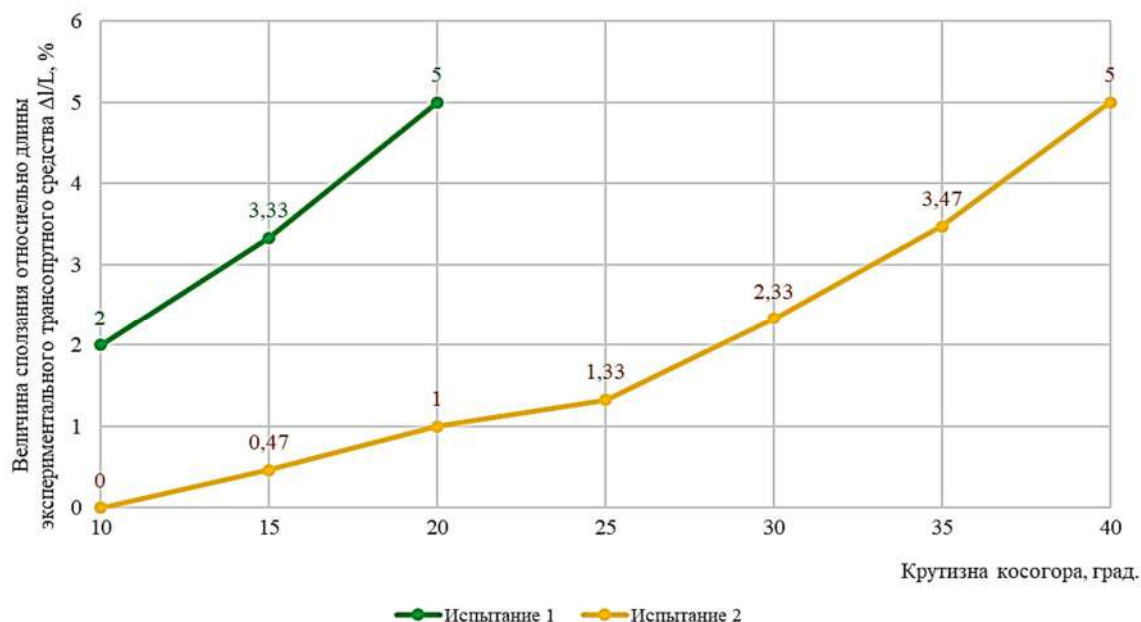


Рисунок 5 – Исследование величины сползания экспериментального транспортного средства относительно его габаритной длины при передвижении по косогору
Figure 5 – Study of the amount of sliding of the experimental vehicle relative to its overall length at movement on the slope

Таким образом, исследование профильной проходимости экспериментального транспортного средства в части преодоления наибольшего угла косогора показало, что при использовании технической возможности разнонаправленного перемещения в вертикальной плоскости движителей, установленных по разные стороны бортов транспортного средства, позволяет увеличить угол преодолеваемого в поперечном направлении препятствия с 20^0 до 40^0 . Преодоление косогоров с углом наклона до 40^0 расширяет возможности применения транспортного средства при работе на территориях с пересеченным рельефом местности, вдоль оросительных каналов и участков сельскохозяйственных территорий, расположенных в непосредственной близости с полотном автомобильных дорог.

Полевые исследования преодоления рва наибольшей ширины экспериментальным транспортным средством проводились на участке с сухим плотным грунтом. Ров имел прямоугольную форму с глубиной равной ≈ 110 мм и начальной шириной равной 90 мм [9].

Исследования проводились двумя способами передвижения - качения (исследование №1), шагания (исследование №2), при которых параметры размещения подвижных частей с движителями представлены в таблице 1, на рисунке 2 и в таблице 3, на рисунке 7 соответственно. Результаты полевых исследований преодоления рва наибольшей ширины экспериментальным транспортным средством способом качения представлены на рисунке 8.



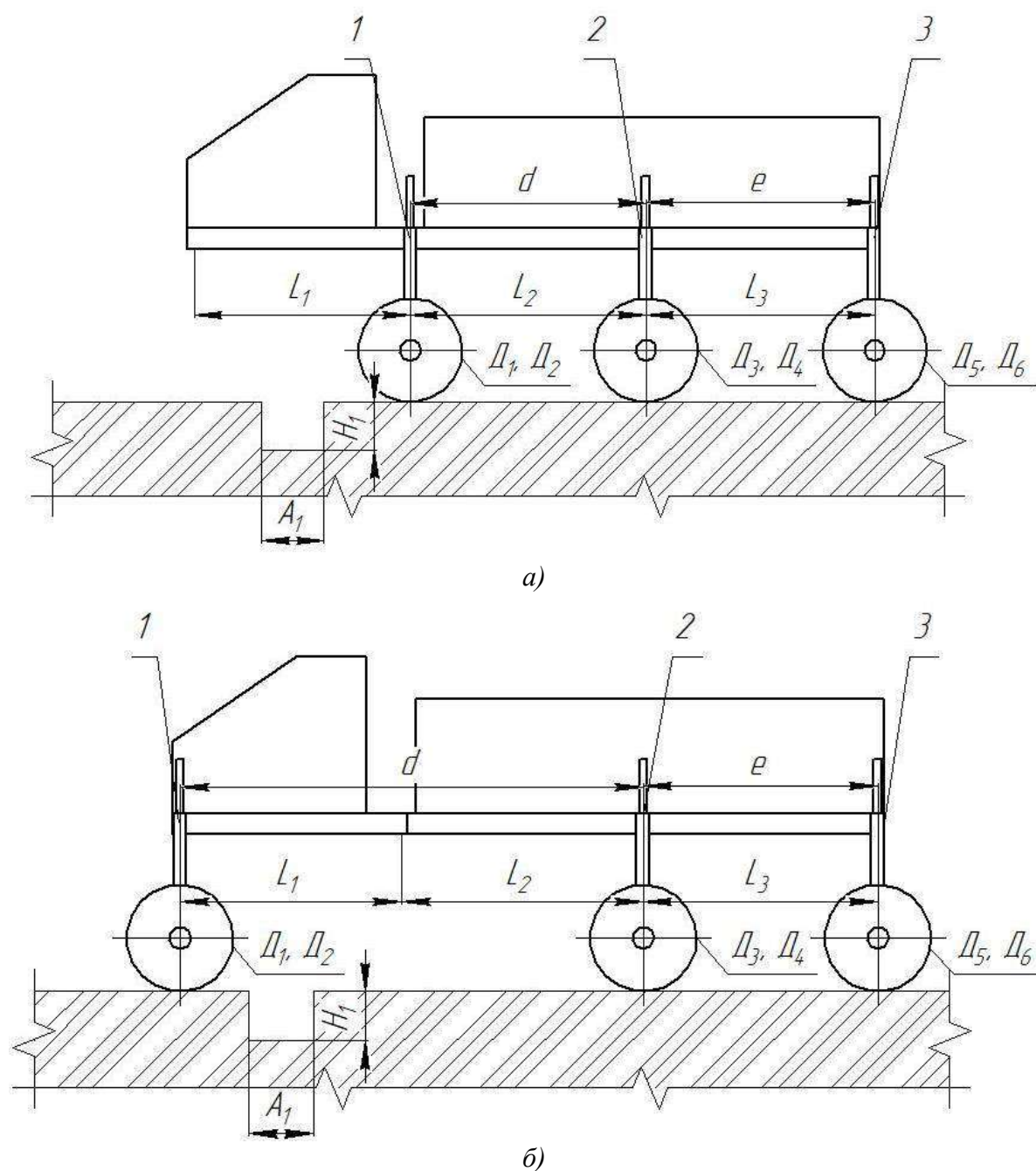
Испытание № 1



Испытание № 2

Рисунок 6 – Общий вид полевых исследований наибольшего угла преодолеваемого экспериментальным транспортным средством косогора

Figure 6 – General view of field studies of the largest angle of the slope overcome by the experimental vehicle



1-3 подвижные части продольного перемещения движителей; D_1 - D_6 – движители; L_1 - L_3 – диапазон продольного перемещения подвижных частей вдоль рамы; d – межосевое расстояние между подвижными частями 1 и 2; e – межосевое расстояние между подвижными частями 2 и 3; A_1 – ширина рва; H_1 – глубина рва
а – положение перед началом шагания подвижной части 1; б – положение после шагания подвижной части 1

Рисунок 7 – Схема расположения подвижных частей с движителями при исследовании наибольшей ширины преодолеваемого рва экспериментальным транспортным средством, испытание № 2

Figure 7 – Scheme of the location of moving parts with propulsors in the study of the largest width of the ditch to be overcome by an experimental vehicle, test No. 2

Таблица 4 – Параметры размещения подвижных частей с движителями при исследовании наибольшей ширины преодолеваемого рва, испытание № 2
Table 4 – Parameters of the placement of moving parts with movers during the study of the largest width of the ditch to be overcome, test No. 2

Наименование параметра		Характеристика параметра	Примечание
Межосевое расстояние между подвижными частями	1 и 2	$d=L_2$	перед началом шагания подвижной части 1
	2 и 3	$e=L_3$	
	1 и 2	$d=L_1+L_2$	после шагания подвижной части 1
	2 и 3	$e=L_3$	
Положение установки подвижных частей	1	0	перед началом шагания подвижной части 1
	2	0	
	3	0	
	1	L_1	после шагания подвижной части 1
	2	0	
	3	0	
Положение установки движителей относительно механизма их вертикального перемещения	D_1	$a_{11}=h_{11}/2$	
	D_2	$a_{12}=h_{12}/2$	
	D_3	$b_{21}=h_{21}/2$	
	D_4	$b_{22}=h_{22}/2$	
	D_5	$c_{31}=h_{31}/2$	
	D_6	$c_{32}=h_{32}/2$	

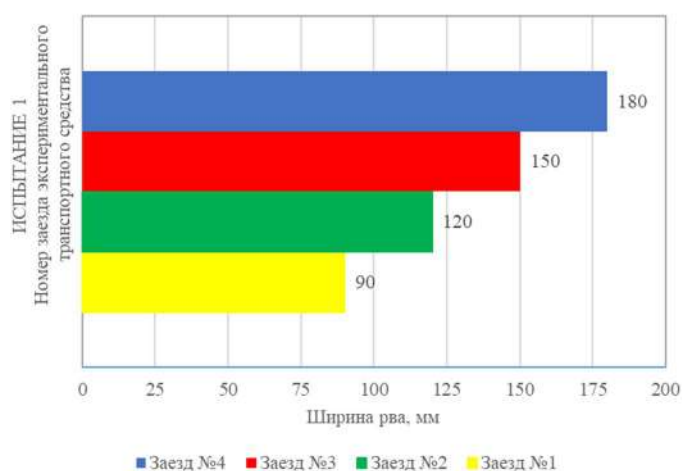


Рисунок 8 – Исследование преодоления рва наибольшей ширины экспериментальным транспортным средством способом качения

Figure 8 – Study of overcoming the ditch of the greatest width experimental vehicle rolling method

При заездах №1-№4 ширина преодолеваемого рва увеличивалась с 90 мм до 180 мм соответственно (рисунок 8). В заезде №4 экспериментальное транспортное средство с трудом, но преодолело способом качения ров шириной 180 мм. Последующее увеличение ширины рва не позволило его преодолеть и наступил момент застревания экспериментального транспортного средства. Таким образом предельная ширина рва, преодолеваемого способом качения, составляет $0,84 \cdot D$, где D – диаметр движителя.

Полевые испытания по преодолению рва экспериментальным транспортным средством способом шагания (рисунок 9) показали, что при заездах № 1-№ 11 (рисунок 10) ширина рва изменялась в интервале от 90 до 400 мм соответственно, причем мак-

симальный размер рва обусловлен длиной «шага» (технической возможностью продольного перемещения движителей вдоль рамы), при котором предельная ширина рва, преодолеваемого способом шагания, составляет $1,86 \cdot D$.



Рисунок 9 – Исследование преодоления рва экспериментальным транспортным средством способом шагания
Figure 9 – Study of overcoming the moat by the experimental walking way

Таким образом, при преодолении экспериментальным транспортным средством рва способами качения и шагания предельные значения ширины составляют соответственно 180 и 400 мм. Техническая возможность продольного перемещения движителей вдоль рамы транспортного средства позволяет увеличить ширину преодолеваемого препятствия со 180 до 400 мм или с $0,84 \cdot D$ до $1,86 \cdot D$, притом, что преодоление препятствий шириной более диаметра движителя характерно только для транспортных средств с количеством осей более 3 [10]. Оригинальность технических решений, заложенных в конструкцию экспериментального транспортного средства, позволяет при проведении в сфере сельского хозяйства транспортных работ преодолевать в полевых условиях рвы, канавы, и ямы.

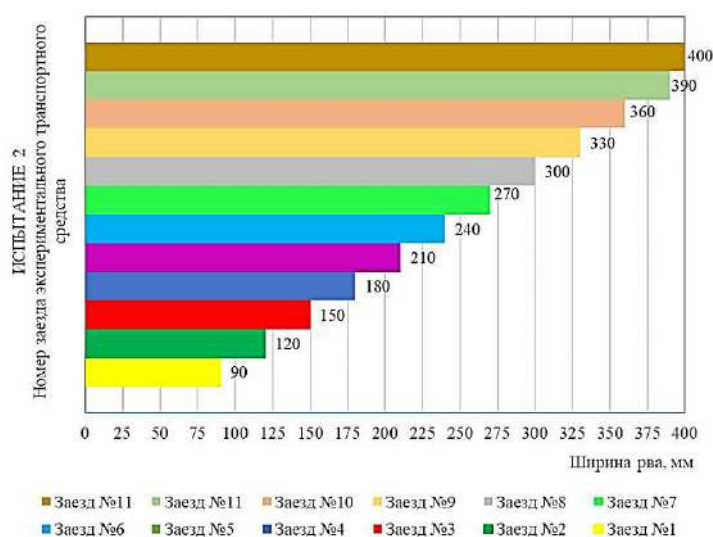


Рисунок 10 – Исследование преодоления рва наибольшей ширины экспериментальным транспортным средством способом шагания

Figure 10 – Study of overcoming the ditch of the greatest width experimental vehicle walking method

Полевые исследования преодоления препятствия наибольшей высоты экспериментальным транспортным средством проводились под прямым углом в направлении его движения и на участке с сухим плотным грунтом [9].

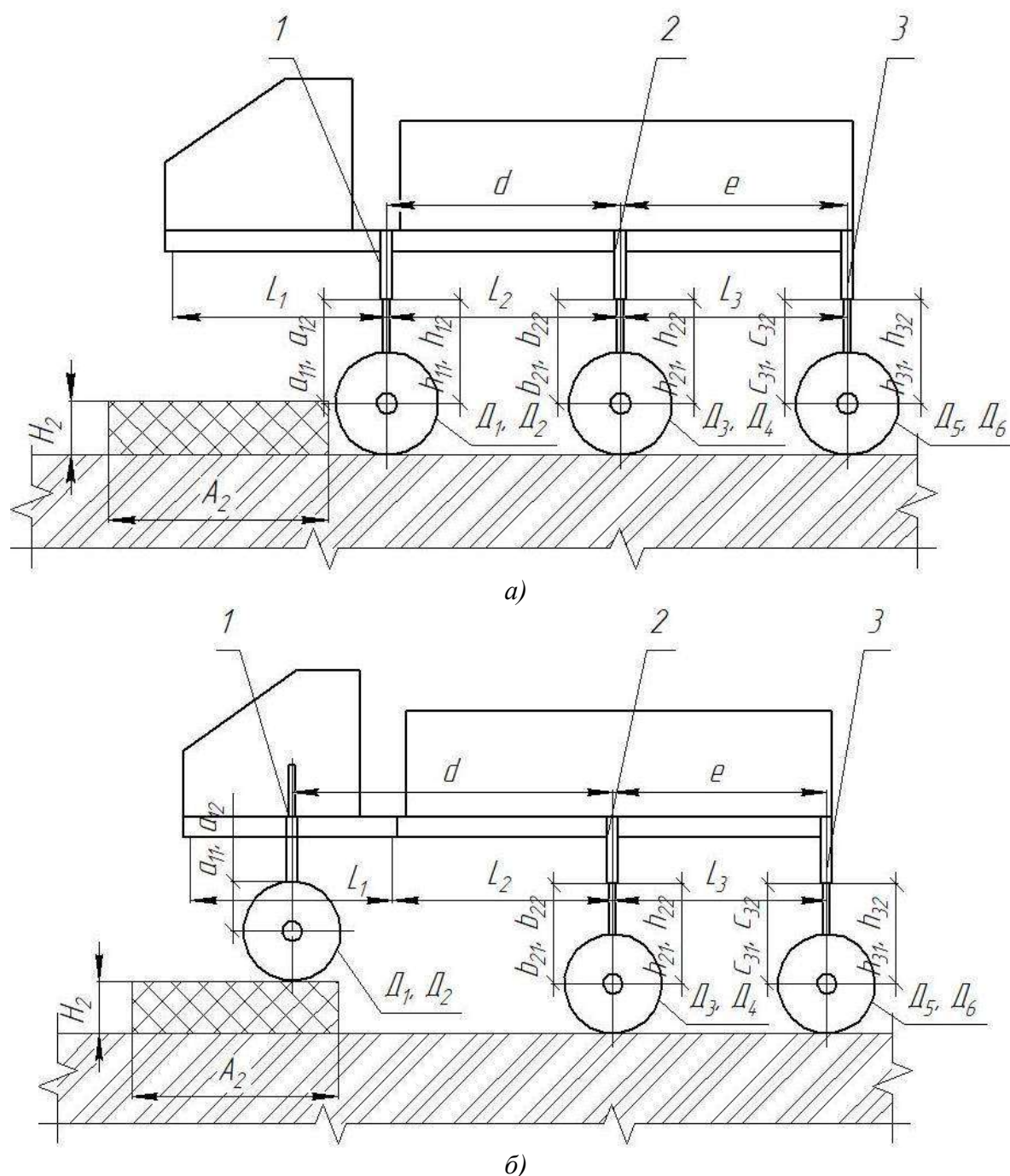
Исследования проводились способами движения качения (исследование № 1) и шагания (исследование № 2). Перед проведением испытаний различными способами передвижения подвижные части с движителями были предварительно установлены для способа движения качения согласно данным приведенным в таблице 1 и на рисунке 2, а для шагающего способа – таблицы 4 и рисунку 11.

Таблица 5 – Условия установки подвижных частей с движителями при исследовании наибольшей высоты преодолеваемого препятствия, испытание № 2

Table 5 – Conditions for the installation of moving parts with movers in the study of the greatest height of the obstacle to be overcome, test No. 2

Наименование параметра		Характеристика параметра	Примечание
Межосевое расстояние между подвижными частями	1 и 2	$d=L_2$	перед началом шагания подвижной части 1
	2 и 3	$e=L_3$	
	1 и 2	$d=0<L_1\leq\max+L_2$	после шагания подвижной части 1
	2 и 3	$e=L_3$	
Положение установки подвижных частей	1	0	перед началом шагания подвижной части 1
	2	0	
	3	0	
	1	$0<L_1\leq\max$	после шагания подвижной части 1
	2	0	
	3	0	
Положение установки движителей относительно механизма их вертикального перемещения	D_1	$a_{11}=h_{11}$	перед началом шагания подвижной части 1
	D_2	$a_{12}=h_{12}$	
	D_3	$b_{21}=h_{21}$	
	D_4	$b_{22}=h_{22}$	
	D_5	$c_{31}=h_{31}$	
	D_6	$c_{32}=h_{32}$	
	D_1	$0<a_{11}<h_{11}$	после шагания подвижной части 1
	D_2	$0<a_{12}<h_{12}$	
	D_3	$b_{21}=h_{21}$	
	D_4	$b_{22}=h_{22}$	
	D_5	$c_{31}=h_{31}$	
	D_6	$c_{32}=h_{32}$	

Результаты полевых испытаний преодоления препятствий наибольшей высоты экспериментальным транспортным средством способом качения представлены на рисунке 12. При заездах № 1-№ 3 высота препятствия изменялась с 40 до 80 мм соответственно, причем в третьем заезде препятствие было преодолено с трудом, а дальнейшее увеличение высоты препятствия не позволило экспериментальному транспортному средству преодолеть его способом качения. Таким образом, предельной высотой преодолеваемого способом качения препятствия в сравнении с диаметром движителя является $0,37 \cdot D$ при условии, что опорная поверхность имеет достаточную несущую способность для сцепления с движителями.



1-3 подвижные части продольного перемещения движителей; Д₁-Д₆ – движители; L₁-L₃ – диапазон продольного перемещения подвижных частей вдоль рамы; d – межосевое расстояние между подвижными частями 1 и 2; e – межосевое расстояние между подвижными частями 2 и 3; A₂ – ширина препятствия; H₂ – высота препятствия; а – положение перед началом шагания подвижной части 1; б – положение после шагания подвижной части 1

Рисунок 11 – Схема расположения подвижных частей с движителями при исследовании наибольшей высоты преодолеваемого препятствия экспериментального транспортного средства, испытание №2

Figure 11 – Scheme of the location of moving parts with propellers in the study of the greatest height of the experimental vehicle to overcome obstacles, test No. 2



Рисунок 12 – Исследование преодоления препятствия наибольшей высоты экспериментальным транспортным средством способом качения

Figure 12 – Study of overcoming an obstacle of the greatest height by an experimental vehicle by rolling

Для преодоления препятствий большей высоты использовались механизмы вертикального и продольного перемещения движителей вдоль рамы экспериментального транспортного средства, выполняющие шагающий способ передвижения (рисунок 13). В ходе полевых испытаний было выполнено шесть заездов, причем в первом заезде высота препятствия составляла 40 мм, а в каждом последующем увеличивалась на 20 мм (рисунок 14). Таким образом, максимальной высотой преодолеваемого способом шагания препятствия стала отметка в 140 мм, что в свою очередь обусловлено рабочим диапазоном механизма перемещения движителей экспериментального транспортного средства в вертикальной плоскости. В сравнении с диаметром движителя высота преодолеваемого шагающим способом движения препятствия превышает его радиус и составляет $0,65 \cdot D$.



Рисунок 13 – Исследование преодоления препятствия экспериментальным транспортным средством способом шагания

Figure 13 – Study of overcoming an obstacle by an experimental vehicle by walking

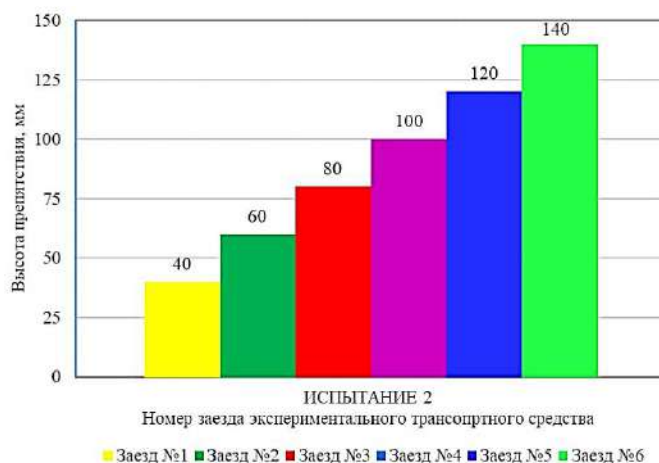


Рисунок 14 – Исследование преодоления препятствия наибольшей высоты экспериментальным транспортным средством способом шагания

Figure 14 – Study of overcoming an obstacle of the greatest height by an experimental vehicle by walking

Результаты исследований по преодолению препятствий наибольшей высоты показали, что при передвижении способом качения максимальная высота преодолеваемого препятствия в сравнении с диаметром движителя составила $0,37 \cdot D$, а при передвижении способом шагания увеличивается и составляет $0,65 \cdot D$, причем само препятствие может располагаться как выше, так и ниже (в глубину) уровня земли. При работе в полевых условиях транспортной техники нередко приходится сталкиваться с необходимостью преодоления располагающихся на пути передвижения таких преград как упавшие деревья, валуны, грунтовые насыпи, преодоление которых в некоторых случаях возможно только при помощи дополнительной техники или наличия технической возможности изменения способа передвижения с движения качения на шагающее передвижение [14].

Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства показали, что технические решения, заложенные в его конструкцию, позволяют (испытания № 2) в сравнении с транспортным средством не обладающим такими возможностями (испытания № 1) значительно улучшить показатели профильной проходимости и тем самым расширить сферу и номенклатуру выполняемых работ в сфере сельского хозяйства. Анализ полученных результатов показал, что:

- максимальный преодолеваемый в продольном направлении угол косогора изменяется с 20^0 (испытание № 1) до 40^0 (испытание № 2);
- наибольшая ширина преодолеваемого рва изменяется со 180 мм при движении качения до 400 при шагающем способе передвижения;
- наибольшая высота преодолеваемого препятствия при движении способом качения составляет 80 мм, при шагающем передвижении 140 мм.

Использование в сельском хозяйстве транспортной техники, способной передвигаться в полевых условиях комбинированным способом передвижения, позволит ей мобильно передвигаться по грунтовым дорогам и участкам бездорожья с возможностью выбора способа передвижения в зависимости от наличия на опорной поверхности естественных и искусственных преград, что в конечном счете скажется на сроках выполнения сельскохозяйственных операций, качестве доставленной продукции и на эффективности работы отрасли в целом.

Библиографический список

1. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68).
2. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: мат. нац. науч.-практич. конф. Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
3. Мясников А. С., Фомин С. Д. Совершенствование ходовой системы роботизированной платформы. В сборнике: Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 211-216.
4. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 575-587.
5. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. И. Бышов [и др.] // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123 (09).
6. Современная техника для АПК и перспективы ее модернизации / Н. И. Верещагин, Г. Д. Кокорев, С. В. Колупаев, В. А. Шафоростов, А. С. Колотов, А. А. Уткин, С. Н. Гусаров // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06).
7. Сравнительный анализ колесных, гусеничных и шагающих машин / Е. С. Брискин, В. В. Чернышев, А. В. Малолетов, Н. Г. Шаронов // Робототехника и техническая кибернетика. 2013. № 1. С. 6–14.
8. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, А. С. Попов, К. А. Жуков // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101(07).
9. Шухман С. Б., Соловьев В. И., Малкин М. А. Теоретическое исследование профильной проходимости полноприводного автомобиля // Электронное научно-техническое издание «Наука и образование». 2010.
10. Analysis and justification of the layout of a multipurpose machine for the development of mineral deposits / A. Z. Kassenov [et al.] // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2022. V. 1 (451). Pp. 63-68.
11. Mecanum-steering control for wheel-walking robot / V. E. Pavlovsky [et al.] // 19th International Conference series on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR). 2017. Pp. 506-513.
12. Shoucri A., Resch E., Jones H. Dual-axis drive for a Mars rover. CCToMM Symposium on Mechanisms, Machines and Mechatronics // Transactions of the canadian society for mechanical engineering. 2007. V. 31 (4). Pp. 547-557.
13. Tavolieri C., Ottaviano E., Nardelli A. A design of a new leg-wheel walking robot // Mediterranean conference on control & automation: 15th Mediterranean Conference on Control and Automation. 2007. V. 1-4. Pp. 1507-1512.
14. Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E. S. Briskin [et al.] // Emerging Trends in Mobile Robotics: proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Japan, 2010. Pp. 769–776.

References

1. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the profile cross-country ability of vehicles for transporting goods in agriculture // Izvestia NV AUK. 2022. № 4 (68).
2. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Increasing the cross-country ability of machine-tractor units based on optimization of methods of movement // Promising trends in the development of scientific research in priority areas of modernization of the agro-industrial complex and rural areas in modern socio-economic conditions: mat. nat. scientific-practical. conf. Volgograd, 2021. V. III. Pp. 451-457.

3. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Improving the running system of a robotic platform. // Innovative technologies in the agro-industrial complex in the context of digital transformation: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd, 2023. Pp. 211-216.
4. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stressed-deformed state of structural parts and assembly units of an experimental vehicle with a combined method of movement for the agro-industrial complex // Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: science and higher professional education. 2023. № 1 (69). Pp. 575-587.
5. Ways of further modernization of vehicles for the agro-industrial complex/N. I. Byshov [et al.] // Scientific journal KubGAU. 2016. № 123 (09).
6. Modern technology for the agro-industrial complex and prospects for its modernization / N. I. Vereshchagin, G. D. Kokorev, S. V. Kolupaev, V. A. Shaforostov, A. S. Kolotov, A. A. Utkin, S. N. Gusarov // Scientific journal KubGAU. 2016. № 120 (06).
7. Comparative analysis of wheeled, tracked and walking machines / E. S. Briskin, V. V. Chernyshev, A. V. Maloletov, N. G. Sharonov // Robotics and technical cybernetics. 2013. № 1. Pp. 6–14.
8. Trends in the promising development of agricultural transport / I. A. Uspensky, I. A. Yurkhin, D. S. Ryabchikov, A. S. Popov, K. A. Zhukov // Scientific journal KubGAU. 2014. № 101(07).
9. Shukhman S. B., Soloviev V. I., Malkin M. A. Theoretical study of the profile cross-country ability of an all-wheel drive car // Electronic scientific and technical publication "Science and Education". 2010.
10. Analysis and justification of the layout of a multipurpose machine for the development of mineral deposits / A. Z. Kassenov [et al.] // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2022. V. 1 (451). Pp. 63-68.
11. Mecanum-steering control for wheel-walking robot / V. E. Pavlovsky [et al.] // 19th International Conference series on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR). 2017. Pp. 506-513.
12. Shoucri A., Resch E., Jones H. Dual-axis drive for a Mars rover. CCToMM Symposium on Mechanisms, Machines and Mechatronics // Transactions of the canadian society for mechanical engineering. 2007. V. 31 (4). Pp. 547-557.
13. Tavolieri C., Ottaviano E., Nardelli A. A design of a new leg-wheel walking robot // Mediterranean conference on control & automation: 15th Mediterranean Conference on Control and Automation. 2007. V. 1-4. Pp. 1507-1512.
14. Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E. S. Briskin [et al.] // Emerging Trends in Mobile Robotics: proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Japan, 2010. Pp. 769–776.

Информация об авторах

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель, ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова» (РФ, 400011, г. Волгоград, Университетский пр-кт, д.71.), тел. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика", ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Ярунов Андрей Андреевич, аспирант, Волгоградский ГАУ, руководитель сервисной службы АО «Сады Придонья» (РФ, 403027, Волгоградская обл., м. р-н Городищенский, с.п. Панышинское, пос. Сады Придонья) тел. 8-937-094-47-03, E-mail: yarunov-aa@pridonie.ru

Authors Information

Myasnikov Alexey Sergeevich, lecturer at Gazprom College Volgograd named after I.A. Matlashov (71 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400011), tel. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru .

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Avenue, Volgograd, 400002), tel. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Yarunov Andrey Andreevich, Postgraduate student, Volgograd State University, head manager of the service department of JSC "Sady Pridonya" (RF, 403027, Volgograd region, Gorodishchensky microdistrict, village Panshinskoye, village of Sady Pridonya) tel. 8-937-094-47-03, e-mail: yarunov-aa@pridonie.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-64

INFLUENCE OF BIOADDITIVES ON THE VITAMIN COMPOSITION OF GLUTEN-FREE PASTA BASED ON RAW MATERIALS OF KAZAKHSTAN

N. M. Kerimbekova, Zh. Z. Urazbaev, A. S. Kazhybekova, A. I. Kabylda

*Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of
Processing and Food Industry»
Astana, Kazakhstan*

Corresponding author E-mail: kerimbekova_nur@mail.ru

The research was carried out within the framework of the scientific and technical program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2021-2023 BR10764977 "Development of modern technologies for the production of dietary supplements, enzymes, starter cultures, starch, oils, etc. in order to ensure the development of the food industry"

Received 12.05.2023

Submitted 18.08.2023

Summary

The composition of the prepared gluten-free paste has a particularly high content of vitamins of group C and B. The vitamin composition of the paste remained even after its preparation. The enrichment with biological preparations allowed to obtain gluten-free pasta with improved nutritional characteristics.

Abstract

Introduction. The research work was carried out to develop gluten-free pasta enriched with the use of biological products (spinach, beets and carrots) to increase the vitamin content of gluten-free pasta. The analysis of the vitamin compositions of pasta before and after the addition of biological products was carried out. **Objects.** Gluten-free pasta enriched with biologics has been developed taking into account the need to expand the special daily diet of patients with celiac disease. For patients with celiac disease, it is very useful to eat foods fortified with vitamins, because they have a smaller assortment of food sources that they consume than if they followed a strictly gluten-free diet. **Results and conclusions.** The composition of the prepared gluten-free paste has a particularly high content of vitamins of group C and B. The vitamin composition of the paste remained even after its preparation. The enrichment with biological preparations allowed to obtain gluten-free pasta with improved nutritional characteristics. This work is the result of covering the years 2021-2023 within the framework of the project "Development of gluten-free pasta technology based on domestic raw materials". The selected dietary supplements increased the nutrient content of gluten-free pasta. Gluten-free pasta enriched with biological products fully met all the requirements.

Key words: *gluten-free products, gluten-free pasta, biological products, vitamin, spinach, beetroot, carrot.*

Citation. Kerimbekova N. M., Urazbaev Zh. Z., Kazhybekova A. S., Kabylda A. I. The influence of bioadditives on the vitamin composition of gluten-free pasta products based on raw materials of Kazakhstan. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 3(71). 652-660 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-64.

The author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

УДК 664.69

**ВЛИЯНИЕ БИОДОБАВОК НА ВИТАМИННЫЙ СОСТАВ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ
МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЫРЬЯ****Н. М. Керимбекова**, магистрант, научный сотрудник**Ж. З. Уразбаев**, доктор технических наук, председатель правления**А. С. Кажыбекова**, магистрант, научный сотрудник**А. И. Кабылда**, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта*Астанинский филиал ТОО "Казахский научно-исследовательский институт
перерабатывающей и пищевой промышленности"**г. Астана, Казахстан*

Исследования проводились в рамках научно-технической программы Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы BR10764977 «Разработка современных технологий производства БАДов, ферментов, заквасок, крахмала, масел и др. в целях обеспечения развития пищевой промышленности»

Актуальность. Исследовательская работа была проведена для разработки безглютеновых макаронных изделий, обогащенных с использованием биопрепаратов (шпинат, свекла и морковь) для повышения витаминного содержания безглютеновых макаронных изделий. **Материалы.** Проведен анализ витаминных составов макаронных изделий до и после добавления биопрепаратов. Безглютеновые макаронные изделия, обогащенные биопрепаратами, разработаны с учетом необходимости расширения специального ежедневного рациона больных целиакией. Для пациентов с целиакией очень полезно употреблять продукты, обогащенные витаминами, потому что у них меньше ассортимента источников пищи, которую они потребляют, чем если бы они придерживались строго безглютеновой диеты. **Результаты.** В составе приготовленной безглютеновой пасты особенно высокое содержание витаминов группы С и В. Витаминный состав пасты сохранялся даже после ее приготовления. Обогащение биопрепаратами позволило получить безглютеновые макаронные изделия с улучшенными пищевыми характеристиками. В составе приготовленной безглютеновой пасты особенно высокое содержание витаминов группы С и В. Витаминный состав пасты сохранялся даже после ее приготовления. Обогащение биопрепаратами позволило получить безглютеновые макаронные изделия с улучшенными пищевыми характеристиками.

Ключевые слова: безглютеновые продукты, безглютеновые макаронные изделия, функциональные продукты питания.

Цитирование. Керимбекова Н. М., Уразбаев Ж. З., Кажыбекова А. С., Кабылда А. И. Влияние биодобавок на витаминный состав безглютеновых макаронных изделий на основе казахстанского сырья. *Известия НВ АУК*. 2023. 3(71). 652-660. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-03-64.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время более 2 миллиардов человек во всем мире страдает от дефицита витаминов [1]. Это приводит к проблемам со здоровьем человека, в частности к нарушениям физического развития, ухудшению иммунитета и различным заболеваниям. Кроме того, для пациентов с целиакией значительно полезнее употреблять безглютеновые продукты, обогащенные витаминами. Целиакия (глютеновая энтеропатия) – это аутоиммунное заболевание, вызванное воздействием глютена у людей с генетической предрасположенностью [15].

Макаронные изделия широко используются, их легко приготовить и их можно назвать хорошим средством доставки функциональных ингредиентов. Между тем овощи содержат много полезных фитохимических веществ, которых не хватает в макарон-

ных изделиях [12]. Эти фитохимические вещества включают пищевые волокна, витамины, полифенолы, каротиноиды, глюкозинолаты и минералы. Хотя потребители знают о пользе овощей для здоровья, их устоявшиеся пищевые привычки не позволяют им потреблять достаточно овощей. Поэтому добавление овощей в основные блюда, такие как макароны, может быть хорошим вариантом.

Макаронные изделия, обогащенные экстрактами овощей, изучались многими исследователями [8, 14]. Например, Галл и др. [7] добавил морковный порошок в рецепт пасты, а Симонато и т. д. [11] использовал оливки для обогащения макарон. Карини и др. [4] добавили морковный сок к макаронам и обнаружили, что макароны с морковным соком имеют схожие свойства по сравнению с контролем, в то время как макароны, обогащенные морковной мукой, имеют более низкую растягивающую способность, что указывает на более низкое качество.

В исследовательской работе были разработаны безглютеновые макаронные изделия, обогащенные биодобавками, в частности шпинатом, свеклой и морковными овощами, изучены их витаминные составы. Безглютеновые макаронные изделия, обогащенные биодобавками, имели более высокую текстуру и качество приготовления.

Шпинат дешев и широко доступен, богат витаминами групп А, С, Е, а также обладает антиоксидантным и антидиабетическим действием. Свекла богата минеральными солями и витаминами, в частности, такими витаминами, как С, В1, В2 и РР. Морковь – источник витаминов группы А и В.

Поэтому целью данной работы является изучение влияния на витаминный состав путем добавления биодобавок в отечественные безглютеновые макаронные изделия.

Материалы и методы. Исследовательская работа проводилась в Астанинском филиале ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности».

В качестве источника сырья с местного рынка (рынок «Шапагат», Астана) приобретены рисовая мука, кукурузная мука, кукурузный крахмал, ксантановая смола и овощи шпинат, свекла, морковь.

Овощи с местного рынка тщательно промывали, корни убирали острым ножом, а необходимую часть помещали в Термомикс (HotmixPRO) и извлекали овощной экстракт. Экстракт желудей переливали в стеклянную емкость с крышкой и хранили в холодильнике при температуре -18 0С.

Безглютеновая паста была приготовлена путем добавления овощного экстракта в лабораторный пресс для макарон (SIRMAN CONSENTRO 5) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Безглютеновые макароны с биодобавками
Figure 1 – Gluten-free pasta with dietary supplements

В процессе смешивания безглютеновых ингредиентов макаронных изделий и биодобавки добавляли воду при температуре 40 0С, что было сделано исходя из количества сухого вещества, содержащегося в макаронных изделиях.

Таблица 1 – Рецепт безглютеновых макарон на 300 г
Table 1 – Gluten-free pasta recipe for 300 g

№	Образец	Рисовая мука, г	Кукурузная мука, г	Кукурузный крахмал, г	Ксантановая камедь, г	Вода, мл	Количество биодобавки, мл
1	№1	120	80	50	5	100	50
2	№2	130	70	50	5	100	50
3	№3	120	80	50	5	100	70

Примечание: №1, №2 и №3 соответственно макароны со шпинатом, свеклой и морковным экстрактом

Макаронные изделия из пресс-машины сушили в сушильном шкафу 4 часа при температуре 40 0С.

В ходе исследования использовались общепринятые (наблюдения, сравнения и др.) методы. Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий определяли по хроматографическому методу.

Результаты и их обсуждение. Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий со шпинатом показан на рисунке ниже (рисунок 2).

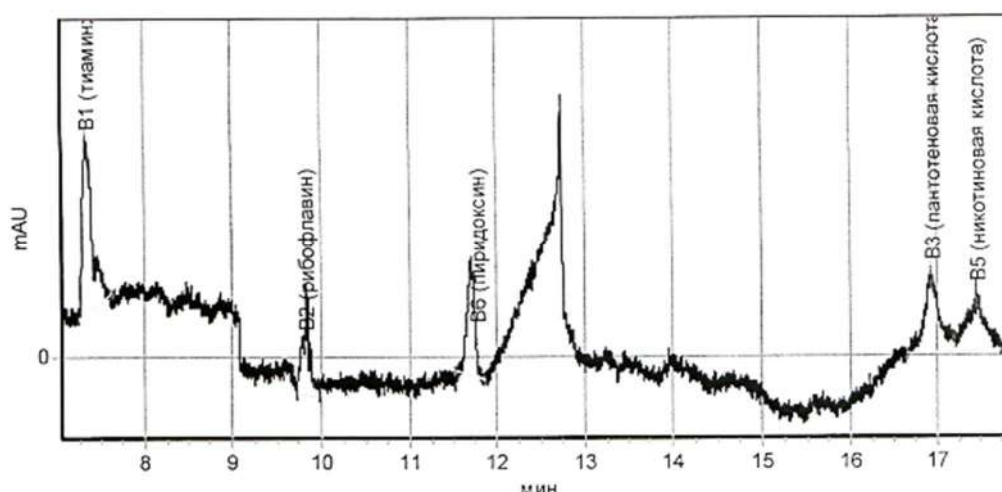


Рисунок 2 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий со шпинатом
Figure 2 – Vitamin composition of gluten-free pasta with spinach

Как показано на рисунке 2, в макаронных изделиях, приготовленных с добавлением шпината, наблюдалось высокое содержание витамина В3. Ну а по содержанию витамина В5 по сравнению с другими витаминами (В1, В2, В6) встречалось меньше.

В таблице 2 показано содержание витаминов в составе макаронных изделий, приготовленных с добавлением экстракта шпината.

Таблица 2 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий со шпинатом
Table 2 – Vitamin composition of gluten-free pasta with spinach

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г.
1	7,548	B1	0,294	7,320	7,647	23,19	0,09±0,018
2	8,072	B2	0,449	7,942	8,158	43,3	0,14±0,059
3	9,898	B6	0,458	9,768	10,133	77,3	0,17±0,034
4	12,237	C	1,319	12,150	12,280	19,95	0,36±0,122
5	13,347	B3	0,200	13,087	13,537	43,86	0,33±0,066
6	14,857	B5	0,121	14,510	15,027	28,53	0,055±0,010

На рисунке 3 показан витаминный состав макарон с экстрактом свеклы.

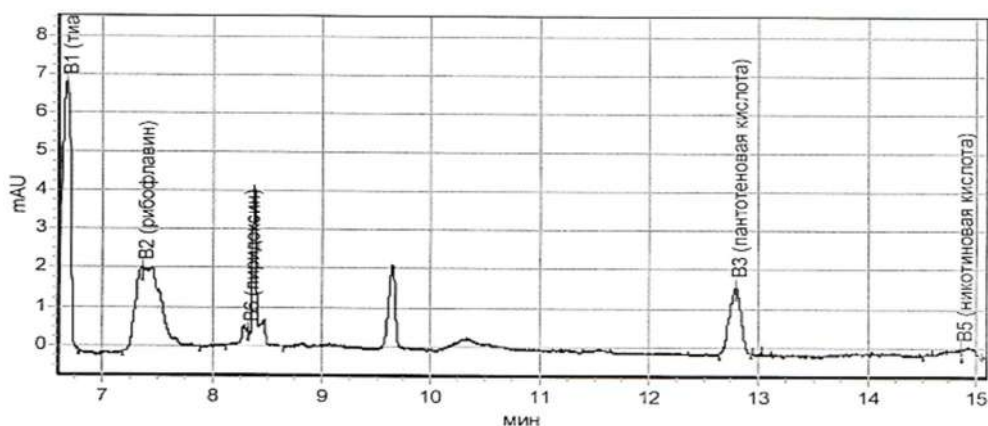


Рисунок 3 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий с экстрактом свеклы

Figure 3 – Vitamin composition of gluten-free pasta with beetroot extract

В пасте с экстрактом свеклы можно увидеть высокую концентрацию витамина B1, а содержание витамина B2 в 1,3 раза ниже. В минимальном количестве встречались витамины B6 и B5.

В таблице 3 показано содержание витаминов в составе макаронных изделий, приготовленных с добавлением экстракта свеклы.

Таблица 3 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий с экстрактом свеклы

Table 3 – Vitamin composition of gluten-free pasta with beetroot extract

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г.
1	6,668	B1	7,013	6,548	6,773	395,1	1,5±0,3
2	7,373	B2	2,132	7,185	7,880	347,4	1,1±0,46
3	8,320	B6	0,481	8,123	8,647	145,9	0,33±0,066
4	12,788	B3	1,718	12,638	12,922	130,0	0,93±0,198
5	14,875	B5	0,190	14,513	15,057	38,34	0,074±0,013

На рисунке 4 показан витаминный состав безглютеновых макаронных изделий с экстрактом моркови.

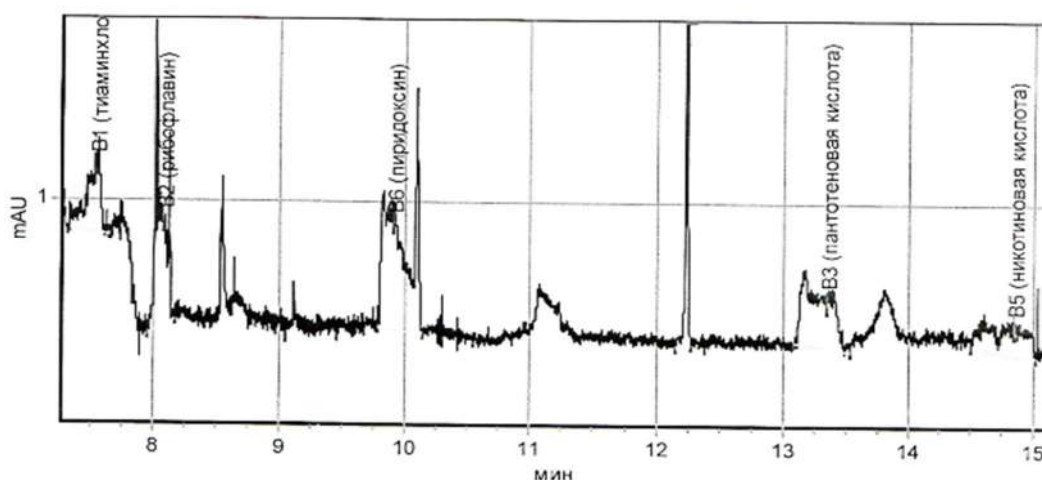


Рисунок 4 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий с экстрактом моркови

Figure 4 – Vitamin composition of gluten-free pasta with carrot extract

Как показано на рисунке 4, безглютеновые макароны с экстрактом моркови имели более высокое содержание витаминов В3 и В1. Ну, витамин В2 на 0,086 меньше витамина В3.

В таблице 4 показано содержание витаминов в составе макаронных изделий, приготовленных с добавлением экстракта моркови.

Таблица 4 – Витаминный состав безглютеновых макаронных изделий с экстрактом моркови
Table 4 – Vitamin composition of gluten-free pasta with carrot extract

№	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц., мг/100г.
1	7,353	B1	0,446	7,265	7,637	33,63	0,13±0,026
2	9,820	B2	0,138	9,717	9,983	13,84	0,044±0,019
3	11,755	B6	0,117	11,527	11,863	16,23	0,036±0,007
4	16,958	B3	0,198	16,650	17,188	24,49	0,19±0,038
5	17,450	B5	0,145	17,188	17,728	20,25	0,039±0,007

Затем была проведена работа по сравнению безглютеновых макаронных изделий, обогащенных биодобавками, с макаронными изделиями без добавок. Результат показан на рисунке 5.

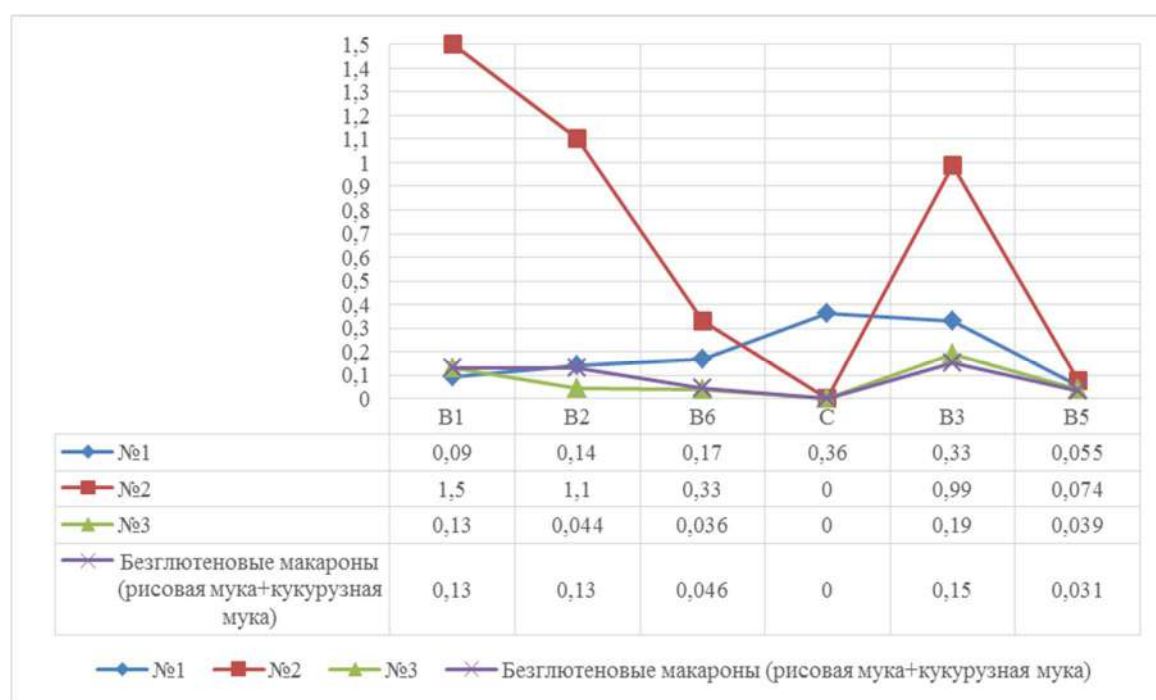


Рисунок 5 – Результат сравнения безглютеновых макаронных изделий, обогащенных биодобавками, с макаронными изделиями без добавок

Примечание: №1, №2 и №3 соответственно макароны со шпинатом, свеклой и морковным экстрактом

Figure 5 – The result of comparing gluten-free pasta enriched with dietary supplements with pasta without additives

Note: No. 1, No. 2 and No. 3, respectively, pasta with spinach, beetroot and carrot extract

Как показано на рисунке 5, витаминный состав в случае когда вы не добавляете биосоединение к безглютеновому макаронному продукту, немного отличается по сравнению со случаем, когда вы добавляете биосоединение. При отсутствии биосоединений к макаронам наибольший показатель показали витамины В3, В1 и В2.

После добавления в макароны экстракта шпината макароны обогащаются витамином С. Кроме того, наблюдалось увеличение в 3,5 раза количества витамина В6. Витамин В2 показал небольшое отклонение от 0,13 до 0,14. Витамин В3 увеличился в 2 раза после добавления биодобавки (рисунок 5).

После добавления в макароны экстракта свеклы резко увеличилось содержание всех витаминов (кроме В5). Самый высокий результат показал витамин В1 (1,5 мг). Витамин В2 показал в 8,4 раза более высокие результаты. Витамин В6 обнаружен в количестве 0,33 мг.

Далее, после добавления в макарон экстракта моркови, можно увидеть, что витаминный состав практически не изменился. Здесь на картинке (рисунок 5) виден частный случай снижения количества витамина В2. А количество других витаминов (В6, В3, В5) осталось прежним.

В результате проведенных исследований установлено, что содержание витаминов в безглютеновых макаронах, обогащенных биодобавками, значительно выше, чем в макаронах без биодобавок. Это свидетельствует о том, что используемые биосмеси богаты витаминами. Кроме того, можно сказать, что биодобавки положительно повлияли на высокое содержание витаминов в безглютеновых макаронах.

Выводы. Настоящая работа является результатом исследований, охватывающих 2021-2023 годы в рамках проекта «Разработка технологии безглютеновых макаронных изделий на основе отечественного сырья». Подобранные биологические добавки повысили содержание питательных веществ в безглютеновых макаронных изделиях. Безглютеновые макаронные изделия, обогащенные биопрепаратами, полностью соответствовали всем требованиям.

Conclusions. This work is the result of the period covering 2021-2023 within the framework of the project «Development of technology for gluten-free pasta based on domestic raw materials». Selected biological additives increased the nutrient content of gluten-free pasta. Gluten-free pasta enriched with biological products fully met all requirements.

Библиографический список

1. Bailey R. L., West K. P. The epidemiology of global micronutrient deficiencies // *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2015. Pp. 22–33.
2. Barriers to implementation of hydrogen initiatives in the context of global energy sustainable development / V. S. Litvinenko [et al.] // *Journal of Mining Institute*. 2020. V. 244. Pp. 428-438.
3. Comparison of personal diesel and biodiesel exhaust exposures in an underground mine / E. A. Lutz [et al.] // *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*. 2017. V. 14. No. 7. P. 102-109.
4. Effect of Formulation on Physicochemical Properties and Water Status of Nutritionally Enriched Fresh Pasta / E. Carini [et al.] // *Food Bioprocess Technol*. 2012. Pp. 1642-1652.
5. Exploring of the incompatibility of marine residual fuel. A case study using machine learning methods / R. Sultanbekov, I. Beloglazov, S. Islamov, M. C. Ong // *Energies*. 2021. V. 14. No 8422.
6. Gospodarikov A. P., Nguen C. T. Hyperstatic reaction method for calculations of tunnels with horseshoe-shaped cross-section under the impact of earthquakes. *Earthquake Engineering and Engineering Vibration*. 2020. V. 19. Pp. 179-188.
7. Gull A., Prasad K., Kumar P. Effect of millet flours and carrot pomace on cooking qualities, color and texture of developed pasta // *LWT Food Sci. Technol*. 2015. Pp.470-474.
8. Investigation of the influence of non-traditional raw materials on the rheological properties of dough in the production of gluten-free pasta / A. Kabylda [et al.] // *The Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2022. Vol. 40. Pp. 36-40.
9. Kobylkin S. S., Kharisov A. R. Design features of coal mines ventilation using a room-and-pillar development system // *Journal of Mining Institute*. 2020. V. 245. Pp. 531-538.
10. Korshunov G. I., Eremeeva A. M., Drebenstedt C. Justification of the use of a vegetal additive to diesel fuel as a method of protecting underground personnel of coal mines from the impact of harmful emissions of diesel-hydraulic locomotives. *Journal of Mining Institute*. 2021. V. 247. Pp. 39-47.

11. Pasta fortification with olive pomace: Effects on the technological characteristics and nutritional properties / B. Simonato [et al.] // LWT. 2019. Pp.114-120.
12. Red Grape Marc Flour as Food Ingredient in Durum Wheat Spaghetti: Nutritional Evaluation and Bioaccessibility of Bioactive Compounds / V. Marinelli [et al.] // Food Sci. Technol. 2018. Pp. 1093-1100.
13. Study of organic compounds for reduction of the aerotechnogenic load from the coal mines highways / A. V. Katsubin [et al.] // Occupational Safety in Industry. 2020. No 1. P. 63-67.
14. Sun-Waterhouse D., Jin D., Waterhouse G. Effect of adding elderberry juice concentrate on the quality attributes, polyphenol contents and antioxidant activity of three fibre-enriched pastas // Food Res. Int. 2013. Pp. 781-789.
15. The safe threshold for gluten contamination in gluten-free products. Can trace amounts be accepted in the treatment of coeliac disease? / P. Collin [et al.] // Alimentary pharmacology & therapeutics. 2004. V. 19. No 12. Pp. 1277-1283.

References

1. Bailey R. L., West K. P. Epidemiology of global micronutrient deficiency // Annals of nutrition and metabolism. 2015. Pp.22–33.
2. Barriers to the implementation of hydrogen initiatives in the context of sustainable development of global energy / V. S. Litvinenko [et al.] // Journal of the Mining Institute. 2020. Vol. 244. Pp. 428-438.
3. Comparison of the effects of diesel and biodiesel exhaust gases on humans in an underground mine / E. A. Lutz [et al.] // Journal of Occupational Health and the Environment. 2017. Vol. 14. No. 7. Pp. 102-109.
4. The effect of the formulation on the physico-chemical properties and water status of nutrient-enriched fresh pasta / E. Karini [et al.] // Technology of food bioprocess. 2012. Pp. 1642-1652.
5. Study of incompatibility of marine residual fuel. Case study using machine learning methods / R. Sultanbekov, I. Beloglazov, S. Islamov, M. S. Ong // Energy. 2021. V. 14. № 8422.
6. Gospodarikov A. P., Nguen S. T. Hyperstatic reaction method for calculations of horseshoe-shaped cross-section tunnels under the influence of earthquakes. Seismic engineering and engineering vibration. 2020. Vol. 19. Pp. 179-188.
7. Gull A., Prasad K., Kumar P. The influence of millet flour and carrot pomace on culinary qualities, color and texture of finished pasta // LWT Food Sci. Technology. 2015. pp.470-474.
8. Investigation of the influence of non-traditional raw materials on the rheological properties of dough in the production of gluten-free pasta / A. Kabylda [et al.] // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2022. Volume 40. Pp. 36-40.
9. Kobylkin S. S., Kharisov A. R. Design features of ventilation of coal mines using a chamber-pillar development system // Bulletin of the Mining Institute. 2020. Vol. 245. Pp. 531-538.
10. Korshunov G. I., Ereemeeva A.M., Drebenstedt S. Justification of the use of a vegetable additive to diesel fuel as a method of protecting underground personnel of coal mines from the effects of harmful emissions of diesel-hydraulic locomotives. Journal of the Mining Institute. 2021. Vol. 247. Pp. 39-47.
11. Enrichment of pasta with olive pomace: influence on technological characteristics and nutritional properties / B. Simonato [et al.] // LWT. 2019. Pp.114-120.
12. Flour from red grape pomace as a food ingredient in spaghetti from durum wheat: nutritional assessment and bioavailability of biologically active compounds / V. Marinelli [et al.] // Science of food. Technology. 2018. Pp. 1093-1100.
13. The study of organic compounds to reduce the aerotechnogenic load from coal mine highways / A.V. Katsubin [et al.] // Occupational safety in industry. 2020. No. 1. Pp. 63-67.
14. San-Waterhouse D., Jin D., Waterhouse G. The effect of adding elderberry juice concentrate on quality indicators, polyphenol content and antioxidant activity of three fiber-enriched pasta // Food Res. Int. 2013. Pp. 781-789.
15. Safe gluten threshold in gluten-free products. Is it possible to take trace amounts in the treatment of celiac disease? / P. Collin [et al.] // Food pharmacology and therapy. 2004. Vol. 19. No. 12. Pp. 1277-1283.

Информация об авторах

Керимбекова Нурай Муратхановна, магистрант, научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: kerimbekova_nur@mail.ru

Уразбаев Жуматай Зейноллаевич, доктор технических наук, директор, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: zhz1964@mail.ru

Кажыбекова Айдана Саниязовна, магистрант, научный сотрудник, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: saniyazkyzy@inbox.ru

Кабылда Анар Идашовна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта, Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» (Казахстан, 010000, г. Астана, Аль-Фараби, д. 47), e-mail: anara121579@gmail.com

Authors Information

Kerimbekova Nurai Muratkhanovna, Master's student, researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: kerimbekova_nur@mail.ru

Urazbayev Zhumatai Zeynollayevich, Doctor of Technical Sciences, Director, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: zhz1964@mail.ru

Kazhybekova Aidana Saniyazovna, Master's student, researcher, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: saniyazkyzy@inbox.ru

Kabylda Anar Idashovna, Candidate of Agricultural Sciences, Project Manager, Astana branch of the Limited Liability Partnership «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» (Kazakhstan, 010000, Astana, Al-Farabi, 47), e-mail: anara121579@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО /
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

А. С. Рулев, О. В. Рулева, Г. А. Рулев Применение логистической функции при моделировании эрозионно-склоновых катен и биопродуктивности агрогеосистем A. S. Rulev, O. V. Ruleva, G. A. Rulev Application of the logistic function in the modeling of erosion-slope catenae and bioproductivity of agrogeosystems	13
А. Д. Ахмедов, Ю. В. Кузнецов, Г. С. Егорова, С. М. Григоров, И. А. Гущина, Эффективность влияния орошения и минерального питания на рост и развитие чипсового сорта картофеля на юге России A. D. Akhmedov, Y. V. Kuznetsov, G. S. Egorova, S. M. Grigorov, I. A. Gushchina Effectiveness of irrigation and mineral nutrition on the growth and development of chips potato variety in the south of Russia	21
А. Н. Бондаренко, О. В. Костыренко Результаты биохимической оценки лука репчатого и свеклы столовой A. N. Bondarenko, O. V. Kostyrenko Results of biochemical evaluation of onion and beets canteen	30
А. В. Зеленев, Н. М. Егоров, П. А. Смутнев Роль способов основной обработки чистого пара в выращивании сортов озимой пшеницы A. V. Zelenev, N. M. Egorov, P. A. Smutnev The role of methods of basic treatment of bare fallow in the cultivation of winter wheat	39
Е. В. Калмыкова, Н. Ю. Петров, П. А. Кузьмин, П. А. Крылов, К. А. Мельник Комплексная оценка биоразнообразия дендрологических ресурсов ФНЦ агроэкологии РАН для выявления адаптированного генофонда древесных видов на юге России E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, P. A. Kuzmin, P. A. Krylov, K. A. Melnik Comprehensive assessment of biodiversity of dendrological resources of the federal scientific center for agroecology, integrated reclamation and protective forestry of the Russian Academy of Sciences to identify an adapted gene pool of tree species in the southern of Russia.....	54
Е. Г. Акуленко, Г. Л. Яговенко, С. М. Островская, Н. В. Мисникова, Наследование крупноплодности ягод гибридного потомства смородины черной E. G. Akulenko, G. L. Yagovenko, S. M. Ostrovskaya, N. V. Misnikova Inheritance of large-fruited berries of hybrid progress of the black currant	66
Н. О. Арестова, И. О. Рябчун Особенности оводненности побегов растений различных сортов винограда при адаптации к низким отрицательным температурам N. O. Arestova, I. O. Ryabchun Water content of tissues of vine plants of different cultivars during adaptation to low negative temperatures	76
Н. И. Бурцева, Д. К. Кулик, Е. И. Молоканцева, О. В. Головатюк Кормовая продуктивность многолетних бобовых трав на орошаемых землях Нижнего Поволжья N. I. Burtseva, D. K. Kulik, E. I. Molokantseva, O. V. Golovatyuk Fodder productivity of perennial leguminous grasses on irrigated lands of the lower Volga Region	86
В. А. Ганич, Л. Г. Наумова Сорт винограда Рубиновый Магарача на донской ампелографической коллекции V. A. Ganich, L. G. Naumova Grape variety «Rubinovы Magaracha» at the don ampelographic collection	96

О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин Новые перспективные сорта томата Астраханских селекционеров O. P. Kigashpaeva, A. V. Gulin New promising tomato varieties of astrakhan breeders	105
Н. И. Кудряшова, Г. К. Булахтина Влияние различных сроков посева на урожайность богарной люцерны в условиях светло-каштановых почв Астраханской области N. I. Kudryashova, G. K. Bulakhtina Influence of different sowing times on the productivity of flow-free alfalfa under the conditions of light-chestnut soils of the Astrakhan region	112
А. В. Кулик Особенности снегоотложения в системе контурных стокорегулирующих лесополос A. V. Kulik The features of snow deposition in the contour runoff-regulating forest belts system	120
А. К. Кулик Изучение водного баланса песчаных земель на основе геоинформационного картографирования A. K. Kulik Study of the water balance of sandy lands based on geoinformation mapping	132
М. Н. Лытов Принципы регулирования потоков и баланса биогенных элементов на мелиорированных землях M. N. Lytov Principles of regulation of flows and balance of biogenic elements on reclaimed lands	141
А. А. Малиновских, А. С. Чичкарев Жизненное состояние сосновых насаждений в черте г. Барнаула A. A. Malinovskikh, A. S. Chichkarev Vitality of pine plantations within the city of Barnaul	152
С. Г. Милованов, Е. А. Ходяков, Н. Ю. Петров, К. В. Бондаренко, Совершенствование конструкции кротователя для формирования системы кротового орошения в Нижнем Поволжье S. G. Milovanov, E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, K. V. Bondarenko Improvement of the mole plough design for formation of a mole irrigation system in the lower Volga Region	162
Н. А. Сироткина, А. Г. Манацков, И. А. Тарасенко Толерантные к филлоксере сорта винограда для переработки на вино и крепкие напитки N. A. Sirotkina, A. G. Manatskov, I. A. Tarasenko Phylloxera-tolerant grape varieties for processing for wine and strong drinks	173
О. А. Соловьева, И. Б. Борисенко, Н. В. Кузнецова, Н. Б. Ефимова, В. В. Барабанов Эффективность возделывания репчатого лука при капельном способе полива O. A. Solovyova, I. B. Borisenko, N. V. Kuznetsova, N. B. Efimova, V. V. Barabanov Efficiency of onion cultivation with drip irrigation method	182
В. А. Супрун, В. А. Релькина Применение капельного орошения для восстановления плодородия деградируемых земель Волгоградской области V. A. Suprun, V. A. Relkina Application of drip irrigation to restore the fertility of degraded lands of the Volgograd region	191
А. П. Истомин, А. С. Межевова, С. А. Истомин Оценка современного состояния реки Дон в районе станицы Трехостровская A. P. Istomin, A. S. Mezheva, S. A. Istomin Assessment of the current state of the don river in the area of village Trekhostrovskaya	201

- А. Н. Берденгалиева**
Природные пожары в муниципальных образованиях Волго-Ахтубинской поймы
A. N. Berdengalieva
Wildfires in Volgo-Akhtuba flood-plain municipalities 213

- Л. В. Вронская**
Влияние доз удобрений на продуктивность и качество зерна ранних сортов сои в условиях орошения
L. V. Vronskaya
Influence of fertilizer doses on the productivity and quality of grain of early soybean varieties under irrigation 223

- Н. С. Щербакова, М. Ю. Пучков**
Скрининг образцов генофонда перца сладкого в условиях засоления
N. S. Shcherbakova, M. Yu. Puchkov
Screening of the sweet pepper gene pool samples in salinized conditions 232

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

- И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, В. В. Крючкова, Н. А. Ткаченко, Е. С. Воронцова, Д. А. Поцелуев, А. А. Сложенкина**
Изготовление мягкого сыра на основе козьего молока с новым видом белкового концентрата
I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, V. V. Kruchkova, N. A. Tkachenkova, E. S. Vorontsova, D. A. Poceluev, A. A. Slozhenkina
Production of soft cheese based on goat's milk with a new type of protein concentrate 241

- А. Т. Варакин, В. В. Саломатин, Г. А. Симонов, Е. С. Воронцова, М. А. Степурина**
Биологический эффект комплексной кормовой добавки на статус крови и продуктивность дойных коров
A. T. Varakin, V. V. Salomatin, G. A. Simonov, E. S. Vorontsova, M. A. Stepurina
Biological effect of complex feed additive on blood status and productivity of dairy cows 250

- А. К. Карапетян, С. И. Николаев, И. Ю. Даниленко, В. В. Шкаленко, С. В. Чехранова, М. А. Кротова**
Повышение питательной ценности комбикормов для цыплят-бройлеров за счет введения рыбного концентрата
A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, I. Y. Danilenko, V. V. Shkalenko, S. V. Chekhranova, M. A. Krotova
Increasing the nutritional value of compound feed for Broiler chicken due to the introduction of fish concentrate 260

- М. А. Коханов, В. А. Злепкин, А. П. Коханов, Н. М. Фролова, Е. С. Воронцова, Р. В. Фролов, Т. А. Коробкин**
Использование внутрилинейного подбора в стадах голштинского скота
M. A. Kokhanov, V. A. Zlepkin, A. P. Kokhanov, N. M. Frolova, E. S. Vorontsova, R. V. Frolov, T. A. Korobkin
The use of in-line selection in herds of holstein cattle 267

- Е. Е. Курчаева, А. В. Востроилов, А. Н. Звягин, А. С. Шперов, А. А. Мосолов, О. А. Княжеченко**
Подходы к повышению продуктивности и качества продукции на основе применения биодобавок в отрасли промышленного кролиководства
E. E. Kurchaeva, A. V. Vostroilov, A. N. Zvyagin, A. S. Shperov, A. A. Mosolov, O. A. Knyazhechenko
Approaches to improving productivity and products quality of based on the use of dietary supplements in the industrial rabbit breeding industry..... 275

С. И. Николаев, А. К. Карапетян, О. В. Корнеева, С. М. Бородин Эффективность применения зерна люпина сорта ДЕКО в свиноводстве и птицеводстве S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, O. V. Korneeva, S. M. Borodin The effectiveness of the use of lupin grain of the deco variety in pig and poultry farming	289
Д. А. Ранделин, Т. М. Давудова, А. И. Новокщёнова, Ю. В. Кравченко, В. Н. Агапова Выживаемость и активность сперматозоидов русского осетра при использовании различных криосред D. A. Randelin, T. M. Davudova, A. I. Novokschenova, Yu. V. Kravchenko, V. N. Agapova Survival and activity of russian sturgeon spermatozoa using various cryoenvironments	298
Н. А. Татарникова, К. А. Сидорова, О. В. Кочетова, Т. А. Юрина Морфофункциональные особенности новообразований молочных желез у сук различных пород N. A. Tatarnikova, K. A. Sidorova, O. V. Kochetova, T. A. Yurina Morphofunctional features of mammary gland neoplasms in bitches of various breeds	306
Р. Н. Булатов, К. В. Племяшов, В. С. Авдеенко, Гистохимическая характеристика цифровых индикаторов сегментации плаценты у больных суягных маток с эклампсией R. N. Bulatov, K. V. Plemyashov, V. S. Avdeenko Histochemical characteristics of digital indicators of placental segmentation in patient pregnant uterus with eclampsias	315
И. Ю. Даниленко, С. И. Николаев, А. К. Карапетян, В. В. Шкаленко, С. В. Чехранова, Е. В. Уланов Селекционно-генетические параметры рыбоводных и воспроизводительных качеств осетровых видов рыб в установках замкнутого водоснабжения I. Y. Danilenko, S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, V. V. Shkalenko, S. V. Chekhranova, E. V. Ulanov Selection and genetic parameters of fish breeding and reproductive qualities of sturgeon species in closed water supply installations	327
Г. М. Фирсов, А. А. Ряднов, Т. А. Ряднова, З. Ч. Морозова, О. В. Будтуев Результаты оценки терапевтической эффективности схем лечения микозного мастита G. M. Firsov, A. A. Ryadnov, T. A. Ryadnova, Z. Ch. Morozova, O. V. Budtuyev Results of assessment of the therapeutic effectiveness of treatment regimens for mycosis mastitis	334
М. Б. Шилин, Ю. А. Леднова, Е. А. Румянцева, М. Ю. Меньшакова, Р. И. Гайнанова, А. В. Абрашкина, Изменения орнитофауны под воздействием техногенных объектов в береговой зоне Мурманской области M. B. Shilin, Yu. A. Lednova, E. A. Rumyantseva, M. Y. Menshakova, R. I. Gainanova, A. V. Abrashkina Changes in avifauna under the influence of technogenic objects in the coastal zone of the Murmansk region	344
И. А. Андреева, А. И. Новокщенко Мониторинг водных биологических ресурсов Цимлянского водохранилища по ихтиологическим показателям для оперативного управления технологическими процессами аквакультуры I. A. Andreeva, A. I. Novokshchenova Monitoring of aquatic biological resources of the Tsimlyanskoye reservoir by ichthyological indicators for operational management of technological processes of aquaculture	352

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

А. С. Овчинников, Е. В. Пустовалов, В. С. Бочарников, О. В. Бочарникова, М. А. Денисова Повышение эффективности технологических процессов водоочистки с применением сорбционных фильтров с кассетным типом загрузки A. S. Ovchinnikov, E. V. Pustovalov, V. S. Bocharnikov, O. V. Bocharnikova, M. A. Denisova Increasing the efficiency of technological processes of water treatment with the use of sorption filters with cassette type of loading	363
А. Е. Новиков, С. Я. Семенов, В. А. Моторин Влияние внутрипочвенного внесения побочных продуктов животноводства на содержание диоксида углерода в почвенном воздухе A. E. Novikov, S. Y. Semenenko, V. A. Motorin The effect of intra-soil application of animal by-products on the carbon dioxide content in soil air	371
А. Б. Абуова, А. И. Кабылда, Н. М. Керимбекова, Ж. З. Уразбаев, А. С. Кажыбекова Сравнительный анализ витаминного состава безглютеновых макаронных изделий, изготовленных на основе отечественного сырья A. B. Abuova, A. I. Kabylda, N. M. Kerimbekova, Zh. Z. Urazbayev, A. S. Kazhibekova Comparative analysis of the vitamin composition of gluten-free pasta made on the basis of domestic raw materials	384
А. Д. Ахмедов, Д. Э. Бабаев, Д. Д. Липский, А. В. Пискунов Особенности применения геоинформационных систем в мелиорации A. D. Akhmedov, D. E. Babaev, D. D. Lipsky, A. V. Piskunov Application features geoinformation systems in reclaim	394
И. Б. Борисенко, О. Г. Чамурлиев, М. В. Мезникова, Д. В. Скрипкин, А. А. Габуншина, Д. А. Соколов Исследование качественных показателей опрыскивания с применением полосовой обработки на посадках картофеля B. Borisenko, O. G. Chamurliiev, M. V. Meznikova, D. V. Skripkin, A. A. Gabunshina, D. A. Sokolov Study of qualitative indicators of spraying with strip-till application on potato crops	403
Е. П. Боровой, С. М. Григоров, О. А. Нехаева, Н. В. Кузнецова Современное состояние и перспективы использования дождевальных машин на орошаемых землях Волгоградской области E. P. Borovoy, S. M. Grigorov, O. A. Nekhaeva, N. V. Kuznetsova The current state and prospects for the use of irrigation machines on irrigated lands of the Volgograd region	413
Д. С. Гапич, Р. А. Косульников, С. Д. Фомин, А. А. Карсаков Теоретическое обоснование размещения виброгенератора на стойке культиватора D. S. Gapich, R. A. Kosulnikov, S. D. Fomin, A. A. Karsakov The oretical justification of placing a vibration generator on a cultivator rack	424
В. А. Мачулкина, А. В. Гулин, М. В. Муканов, В. Ю. Джабраилова Перспективность применения ингибитора этилена «Фитомаг» при хранении перца сладкого V. A. Machulkina, A. V. Gulin, M. V. Mukanov, V. Yu. Dzhabrailova Prospects for the use of the ethylene inhibitor "Phytomag" when storing sweet pepper	438
Н. Ж. Муслимов, А. Р. Туякова, А. Б. Далабаев, А. К. Садibaев Определение концентрации экстракта из пророщенного зерна N. D. Muslimov, A. R. Tuyakova, A. B. Dalabayev, A. K. Sadibaev Determination of the concentration of the extract from sprouted grains	448

Н. Ю. Петров, Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко Обоснование глубины расположения оросителей в системе кротового орошения в Нижнем Поволжье N. Yu. Petrov, E. A. Khodiakov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko Choice of the irrigator disposition depth into the mole irrigation system in the lower Volga Region	457
С. Д. Фомин, А. С. Мясников Полевые исследования опорной проходимости экспериментального транспортного средства на влажном вспаханном грунте S. D. Fomin, A. S. Myasnikov Field studies of the supporting performance of an experimental vehicle on wet plowed soil	469
Е. А. Ходяков, Н. Ю. Петров, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко Длина оросителей для кротового полива в Нижнем Поволжье E. A. Khodiakov, N. Yu. Petrov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko Length of molehills for mole irrigation in the lower Volga Region	480
В. Н. Храмова, Д. И. Сурков, К. А. Лубчинский Влияние льняной муки на жирнокислотный состав рубленых полуфабрикатов V. N. Khramova, D. I. Surkov, K. A. Lubchinsky Influence of flax flour on the fatty acid composition of chopped semi-finished products	490
А. Н. Цепляев, С. Я. Семенов Современная технология возделывания сои при орошении дождеванием с использованием гидросорбентов A. N. Tseplyaev, S. Y. Semenenko Technology of soybean cultivation during irrigation by sprinkling with the use of hydrosorbents.....	498
О. Н. Бахчевников, А. В. Брагинцев Применение микроволнового излучения для предпосевной обработки семян (обзор) O. N. Bakhchevnikov, A. V. Braginetz Application of microwave radiation for seed pre-sowing treatment (review)	509
Л. П. Белю, И. А. Успенский, И. А. Юхин, О. В. Филюшин, А. А. Кутыраев, Е. В. Митрохина Исследование транспортировки яблок в таре по дорогам с различным покрытием L. P. Belyu, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, O. V. Filyushin, A. A. Kutyrev, E. V. Mitrokhina Investigation of transportation of apples in containers on roads with different surfaces	526
В. Г. Дегтярев, Г. В. Дегтярев, О. Г. Дегтярева Численное моделирование и цифровой математический анализ при исследовании сложных систем V. G Degtyarev, G. V. Degtyarev, O. G. Degtyareva Numerical modeling and digital mathematical analysis in the study of complex systems	540
А. П. Евдокимов, В. И. Комарова, А. А. Черняев Коррекция кислотности воды и концентрации растворенного в воде кислорода в установках замкнутого водоснабжения A. P. Evdokimov, V. I. Komarova, A. A. Cherniaev Correction of water acidity and the concentration of dissolved oxygen in water in the recirculating aquaculture system	553
А. В. Майер Совершенствование системы орошения с использованием транспортной функции для мелиорации солонцов A. V. Mayer Improvement of the irrigation system using the transport function for reclamation of salt flats	565

В. И. Руцкая, Е. С. Тимошенко Алкалоиды люпина и способы снижения их содержания (обзор) V. I. Rutskaya, E. S. Timoshenko Lupin alkaloids and reduction methods for their decrease	573
Н. А. Филимонова, И. А. Бочкова, Л. В. Андреев, Л. А. Минченко Разработка рецептуры фруктово-ягодного десерта в условиях развития АПК Волгоград- ской области N. A. Filimonova, I. A. Bochkova, L. V. Andreenko, L. A. Minchenko Development of a recipe for fruit and berry dessert in the conditions of development of the agroindustrial complex of the Volgograd region	584
Н. Акжанов Исследования околоплодника грецкого ореха молочной спелости, произрастающего в алматинской области, для применения в пищевой промышленности N. Akzhanov Studies of the pericarp of the walnut of milk ripeness growing in the almaty region for use in the food industry	594
Н. Е. Альжаксина, А. Б. Саршаева Исследование жирнокислотного состава растительных масел N. E. Alzhaxina, A. B. Sarshaeva Investigation of the fatty acid composition of vegetable oils	604
А. Б. Далабаев, Н. Е. Альжаксина, А. Б. Саршаева Исследование процесса промывки растительных масел перед дезодорированием A. B. Dalabaev, N. Y. Alzhaxina, A. B. Sarshaeva Investigation of the process of washing vegetable oils before deodorization	610
Т. Е. Ерболат, Н. Е. Альжаксина, М. С. Мантай, А. Б. Даулеткерей Исследование показателей качества сливочно-растительного спреда в процессе хране- ния T. Y. Yerbolat, N. Y. Alzhaxina, M. S. Mantay, A. B. Dayletkerey Study of quality indicators of cream-vegetable spread during storage	616
А. Б. Нурыш Рецептура продукта профилактического назначения с антиоксидантными свойствами A. B. Nurysh Formulation of a preventive product with antioxidant properties	626
А. С. Мясников, С. Д. Фомин, А. А. Ярунов Полевые исследования профильной проходимости экспериментального транспортного средства для перевозки грузов в сельском хозяйстве A. S. Myasnikov, S. D. Fomin, A. A. Yaronov Field studies of the profile passability of the experimental vehicle for cargo transportation in agriculture	635
Н. М. Керимбекова, Ж. З. Уразбаев, А. С. Кажыбекова, А. И. Кабылда Влияние биодобавок на витаминный состав безглютеновых макаронных изделий на ос- нове Казахстанского сырья N. M. Kerimbekova, Zh. Z. Urazbaev, A. S. Kazhybekova, A. I. Kabylda Influence of bioadditives on the vitamin composition of gluten-free pasta based on raw mate- rials of Kazakhstan	652
Содержание	661

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2023

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

1. Содержание статьи должно соответствовать специальностям:
 - 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство.
 - 4.1.2 Селекция, семеноводство биотехнология растений.
 - 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.
 - 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры.
 - 4.1.5 Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.
 - 4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация.
 - 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология.
 - 4.2.2 Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность.
 - 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных.
 - 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.
 - 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.
 - 4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство.
 - 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.
 - 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.
 - 4.3.3 Пищевые системы.
2. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).
3. Проверка ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.
4. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись

возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двустороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

5. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

6. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи, который осуществляется два дня.

8. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакцию в электронной версии (в формате Word Windows). Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова. Образец форматирования – на сайте журнала.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and Methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References)**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов); приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкован как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** стр.

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен согласно Национальному стандарту на библиографическое описание – **ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»**, ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 "Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления" с указанием обязательных сведений библиографического описания.

**RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION
OF SCIENTIFIC ARTICLES 2023**

1. The content of the article should correspond to the specialties:
 - 4.1.1 General agriculture and crop production
 - 4.1.2 Breeding, seed production, plant biotechnology
 - 4.1.3 Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine
 - 4.1.4 Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops
 - 4.1.5 Land reclamation, water management and agrophysics
 - 4.1.6 Forestry, forestry, forest crops, agroforestry, landscaping, forest ecology and taxation
 - 4.2.1 Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology
 - 4.2.2 Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety
 - 4.2.3 Infectious diseases and animal immunology
 - 4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products
 - 4.2.5 Breeding, breeding, genetics and biotechnology of animals
 - 4.2.6 Fisheries, aquaculture and industrial fisheries
 - 4.3.1 Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex
 - 4.3.2 Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-industrial complex
 - 4.3.3 Food systems
2. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSIS) (izvest-plag@mail.ru).
3. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.
4. Submission for review is carried out by the deputy after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.
5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, and title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 “Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules”, GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 3(71), 2023

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 3 (71), 2023**

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*

Технический редактор – *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*

Перевод – *Е. А. Сидорова*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021

Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 1997 г. Выходит 4 раза в год

Подписной индекс ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru

Дата выхода 10.11.2023.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 410.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 3 (71), 2023**

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*

Technical editor – *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*

Translation – *E. A. Sidorova*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021

Federal Service for Supervision of Communications,

Information technology and mass communications

Published since 1997. Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email izvestiya-volgau@mail.ru

Release Date 10.11.2023.

Edition 1000 (first factory 100). Order 410.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price