

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, складываемых 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

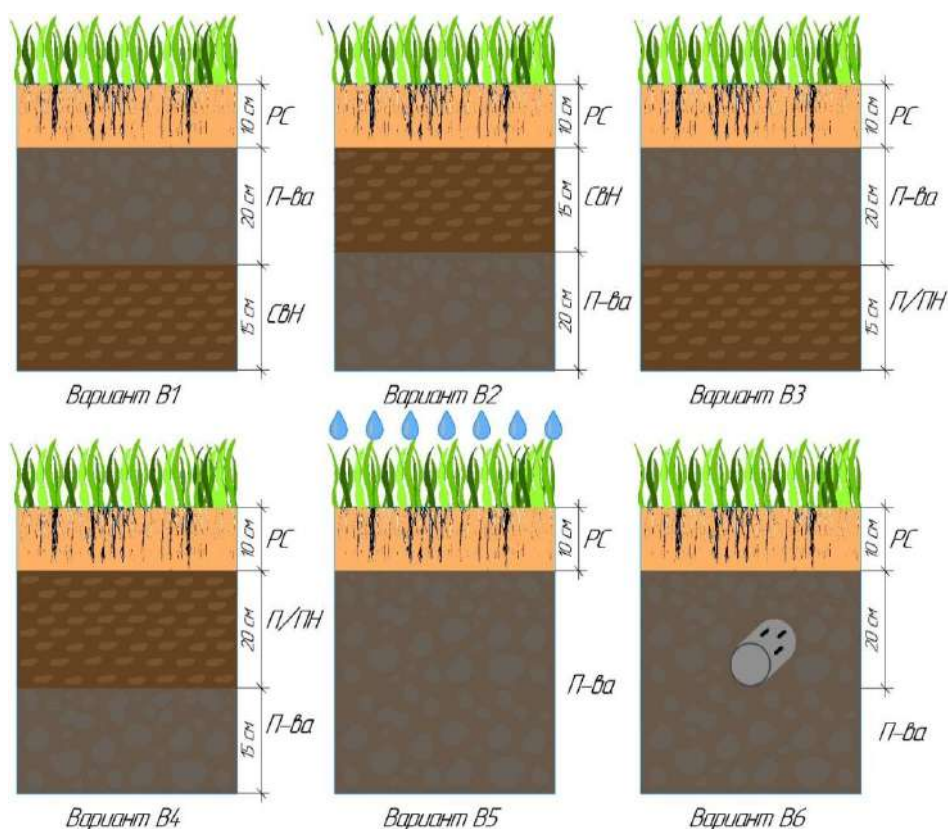


Рисунок 2 – Визуализированные схемы поперечного разреза внутрипочвенного расположения свежего и полуперепревшего навоза и способов внесения жидких животноводческих стоков

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.

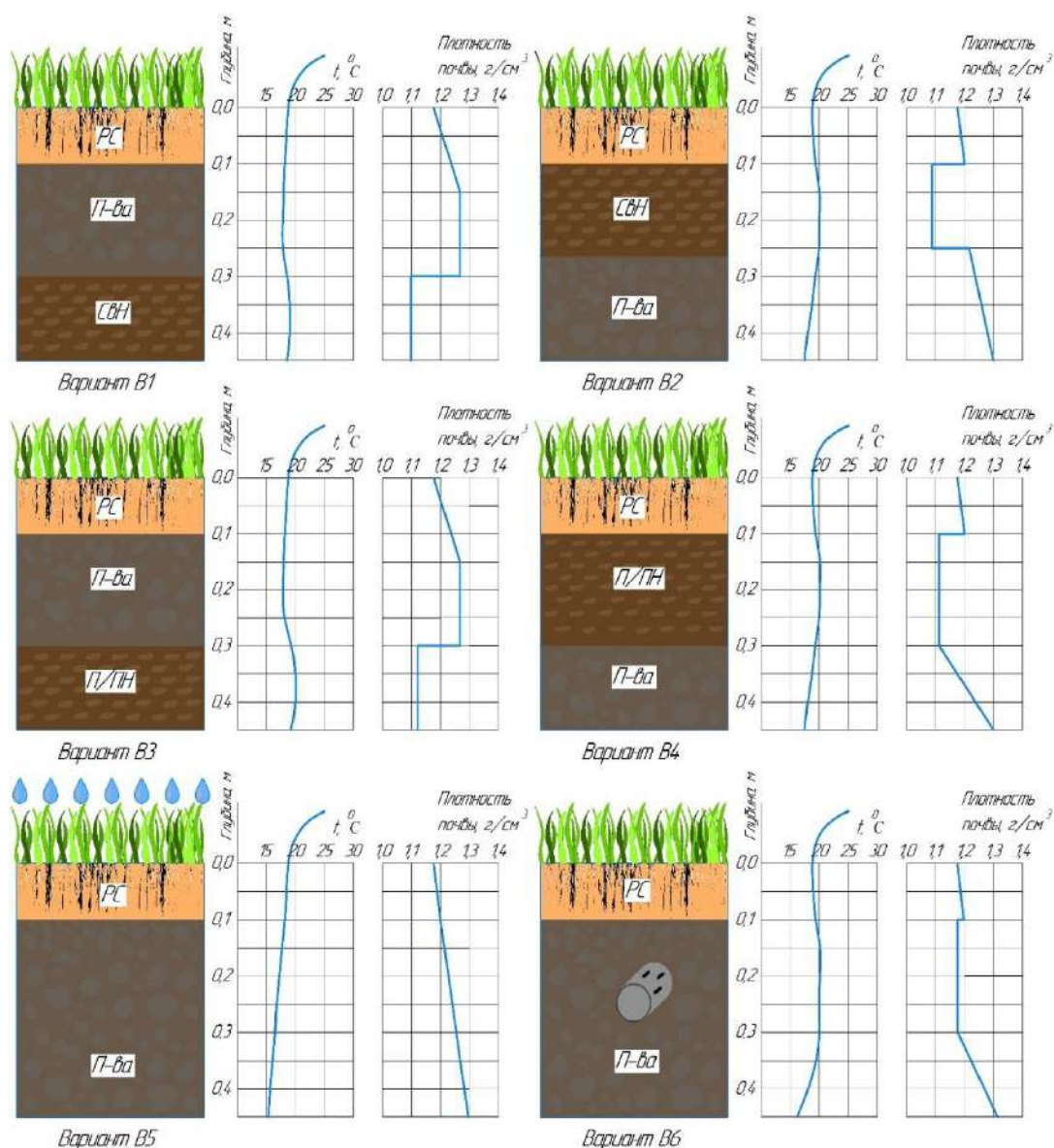


Рисунок 4 – Взаимозависимость плотности почвы и температуры с технологией укладки навоза и внесения стоков

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/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-atmospheric-carbon-dioxide>.

16. Soil greenhouse gas emissions under different land-use types 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.