

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-35

**ON THE EVE OF THE DRYING CYCLE: A SCIENTIFIC APPROACH TO THE
SUBSTANTIATION OF LAND IRRIGATION IN ALTAI**

V. N. Shchedrin¹, L. N. Medvedeva², V. V. Konash³

¹*FGBNU All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after
A. N. Kostyakov*

Moscow, Russian Federation

²*Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture"
Volgograd, Russian Federation*

³*Limited Liability Company "Agidel"*

Volzhsky, Volgograd region, Russian Federation

Корреспондирующий автор E-mail: milena.medvedeva2012@yandex.ru

Received 23.07.2023

Submitted 25.09.2023

*The research was carried out as part of the implementation of the research topic FNFR-2022-0006
"Develop economic and mathematical models of sustainable functioning highly productive
ecologically balanced irrigated agricultural landscapes" A. N. Kostyakov" (Volgograd)*

Summary

The article presents materials that reveal the main aspects of the functioning of the reclamation complex of the Altai Territory. The conditions for the restoration of irrigation systems and the introduction of new irrigated lands into circulation are outlined; the role of investments, reclamation parks and the mechanism of public-private partnership in the development of agriculture and land reclamation is shown.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is explained by the fact that under the influence of intensive human activity, the steppes and forest-steppes of Siberia were significantly transformed, a significant part of the area was transferred to the category of arable land and irrigated land. Ameliorative systems built in the 20th century, for the most part, are decommissioned or used in agriculture by 20%. According to the forecasts of Siberian scientists, by 2050 the water cycle should change and the water content of the rivers of the Upper Ob basin and the Ob-Irtysh interfluvium will increase by 1%, and the increasing aridization of agriculture in Western Siberia will entail the drying up of steppe lakes, an increase in the salinity of water bodies, and the appearance of significant areas of solonchaks. The ongoing global natural and climatic changes will become harbingers of catastrophic droughts and crop failures. **The purpose of the study** is to consider the main approaches and justify the development of land reclamation in the Altai Territory. **Object.** The objects of study were the natural and reclamation complex of the region, the Alei irrigation system with a reconstruction program and an increasing zone of irrigated lands. **Materials and methods.** The basis of the study was the results of the expeditions, analytical and statistical materials of the VNIIOZ-branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "FNTs VNIIGiM named after A. N. Kostyakov" (Volgograd), Federal State Budgetary Scientific Institution "FNTs VNIIGiM im. A. N. Kostyakov" (Moscow), Federal State Budgetary Institution "Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply in the Altai Territory" for the period 2013-2022. To determine the prospects for the development of irrigation systems and irrigated lands, investment projects, a situational analysis was used with predictive climate changes. Statistical data were processed using computer programs MS Office 2010, Statistica. **Results and conclusions.** In the course of the study, results were obtained confirming that on the eve of the "era of desiccation", the issue of reviving land reclamation in Altai,

the development of land reclamation investment projects with the mechanism of public-private partnership, is becoming very relevant. It is shown that the ongoing reconstruction of the Alei irrigation system, on the one hand, will increase the area of irrigated land, create conditions for increasing agricultural productivity, on the other hand, the experience gained justifies the mandatory use of environmentally friendly technologies that prevent the manifestation of side effects of land reclamation: salinization and waterlogging of lands, decrease in soil fertility.

Key words: irrigated agriculture, irrigation systems, soil salinization, reclamation parks, reconstruction of irrigation systems.

Citation. Shchedrin V. N., Medvedeva L. N., Konash V. V. On the eve of the drying cycle: a scientific approach to the justification of land irrigation in Altai. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 342-357 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-35.

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 502/504:631.6:631.67

В ПРЕДДВЕРИИ ЦИКЛА ИССУШЕНИЯ: НАУЧНЫЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА АЛТАЕ

В. Н. Щедрин¹, академик РАН, доктор технических наук,
Л. Н. Медведева², доктор экономических наук, член-корреспондент РАН
В. В. Конаш³, соискатель, менеджер

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»

г. Москва, Российская Федерация

²ФБГНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия"

г. Волгоград, Российская Федерация

³ООО Агидель

г. Волжский, Волгоградская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения темы НИР FNFR-2022-0006 «Разработать экономико-математические модели устойчиво функционирующих высокопродуктивных экологически сбалансированных орошаемых агроландшафтов», ВНИИОЗ-филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Волгоград)

Актуальность исследования объясняется тем, что под влиянием интенсивной человеческой деятельности существенным образом были преобразованы степи и лесостепи Сибири, значительная часть площадей переведена в разряд пашен и орошаемых земель. Мелиоративные системы, построенные в XX веке в большей части выведены из эксплуатации или используются в сельском хозяйстве на 30%. По прогнозам сибирских ученых к 2050 году должен измениться водный цикл и увеличиться водность рек бассейна Верхней Оби и Обь-Иртышского междуречья на 1%, а усиливающаяся аридизация сельского хозяйства Западной Сибири повлечет за собой усыхание степных озер, повышение солености водоемов, появление значительных площадей солончаков. Происходящие глобальные природно-климатические изменения станут предвестниками катастрофических засух и неурожая. **Цель исследования** – рассмотреть основные подходы и обосновать развитие мелиорации в Алтайском крае. **Объектами исследования** стали природно-мелиоративный комплекс региона, Алейская оросительная система с программой реконструкции и увеличивающейся зоной орошаемых земель. **Материалы и методы.** Основу исследования составили результаты экспедиций, аналитические и статистические материалы ВНИИОЗ - филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Волгоград), ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Москва), ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Алтайскому краю» за период 2013-2022 гг. Для определения

перспектив развития оросительных систем и орошаемых земель и инвестиционных проектов применялся ситуационный анализ с прогнозными климатическими изменениями. Статистические данные обрабатывались с помощью компьютерных программ MS Office 2010, Statistica. **Результаты и выводы.** В ходе исследования были получены результаты, подтверждающие, что в преддверии «эры иссушения» весьма актуальным становится вопрос возрождения мелиорации на Алтае, разработки мелиоративных инвестиционных проектов с механизмом государственно-частного партнерства. Показано, что проводимая реконструкция Алейской оросительной системы, с одной стороны, позволит увеличить площади орошаемых земель, создаст условия для увеличения продуктивности сельского хозяйства, с другой стороны, полученный опыт обосновывает обязательное применение природосберегающих технологий, препятствующих проявлению побочных эффектов мелиорации: засоления и заболачивания земель, снижения плодородия.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, оросительные системы, засоление почв, мелиоративные парки, реконструкция оросительных сетей.

Цитирование. Щедрин В. Н., Медведева Л. Н., Конаш В. В. В преддверии цикла иссушения: научный подход к обоснованию мелиорации земель на Алтае. *Известия НВ АУК.* 2023. 4(72). 342-357. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-35.

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. Пояс активного сельскохозяйственного земледелия в наибольшей мере приурочен к зоне степей и лесостепей. Интенсивное природопользование сформировало *агроэкосистемы степей*, обеспечивающие относительное существование естественных организмов и постоянное воспроизводство сельскохозяйственных культур [1, 11]. В Европейской части России естественные степи изменены на 95%, в Сибири – 70% (рисунок 1).

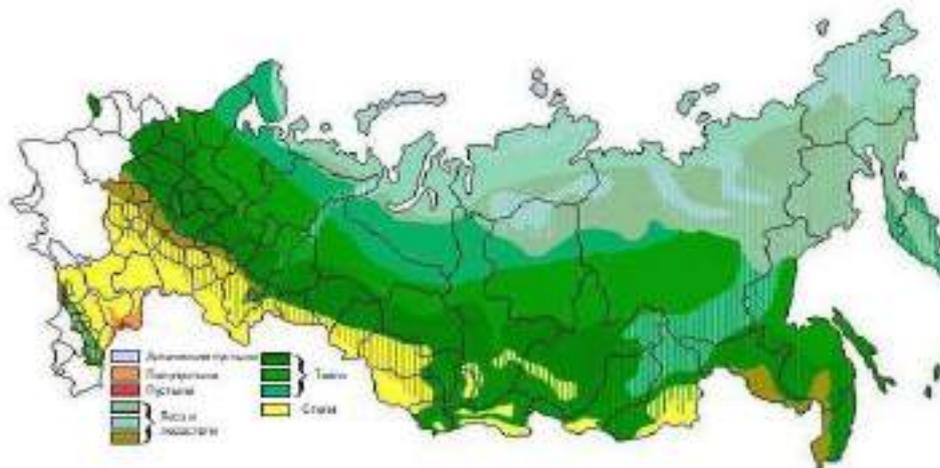


Рисунок 1 – Природные зоны Российской Федерации
Figure 1 – Natural areas of the Russian Federation

На территории Алтайского края степи располагаются на площади более 90 тыс. км², занимают Бийско-Чумышскую возвышенность и Приобское лессовое плато. Большая часть сухостепной зоны приурочена к Кулундинской равнине, которая подвержена антропогенной трансформации. В сельскохозяйственной структуре края пашни занимают – 60,1%, многолетние насаждения – 0,3%, сенокосы – 11,2%, пастбища – 25,4% (рисунок 2).



А – естественная степь, Б – сельскохозяйственные поля, В – степные солончаки

Рисунок 2 – Зона степей и сельскохозяйственных угодий Кулундинской равнины Алтайского края

Figure 2 – Zone of steppes and agricultural lands of the Kulunda Plain of the Altai Territory

Учеными Института водных и экологических проблем СО РАН, Томского университета, Алтайского государственного аграрного университета на основе полевых исследований и анализа спутниковых измерений были выведены закономерности, указывающие на увеличение водности у рек бассейна Верхней Оби и Обь-Иртышского междуречья к 2050 году на 1%, изменение периодов водного цикла 12-13 лет, для отдельных рек 7-8 и 5 лет; усиление аридизации Западной Сибири, способствующей усыханию степных озер, повышению солености водоемов, увеличению площади солончаков. Скорость обезвоживания почвы в совокупности с атмосферно-гидросферными процессами, протекающими в Северной Евразии, позволила обосновать в скором времени, наступление «эры иссушения» – прихода засух высокой интенсивности в Западную Сибирь, на Алтай [4, 9, 14, 17, 18, 23]. Последняя засуха была в Алтайском крае в 2012 году, от нее пострадало 3 млн га сельскохозяйственных посевов, а поскольку климат Сибири имеет циклический характер, то наступающий цикл меньшего увлажнения обязательно приведет к засухам, потерям урожая (рисунок 3) [20].

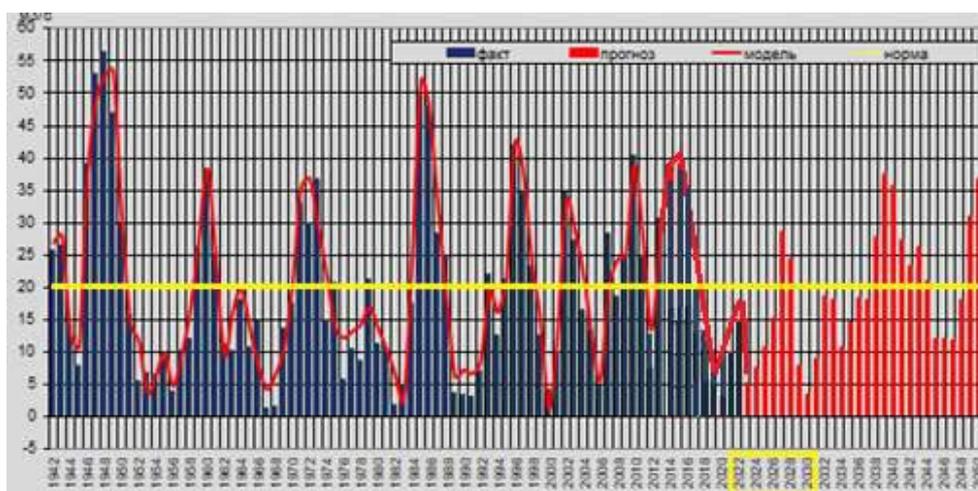


Рисунок 3 – Фоновая модель водности Обь-Иртышского междуречья (рассчитана по среднегодовым расходам р. Обь, м³/сек)

Figure 3 – Background water content model of the Ob-Irtysh interfluvium (calculated based on the average annual discharge of the Ob River, m³/s, 2014-2019)

Учитывая складывающиеся природно-климатические условия, а также расчетные данные по циклу уменьшения влажности актуальным становится вопрос развития мелиорации земель с учетом имеющегося плачевного опыта, когда неконтролируемое

орошение приводило к засолению и заболачиванию значительных территорий. Цель исследования – рассмотреть основные подходы к развитию мелиорации в Алтайском крае на примере Алейской оросительной системы; обосновать необходимость использования комплексного подхода при проектировании орошаемых земель.

Материалы и методы. В основу исследований легли аналитические и статистические материалы ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Москва), ВНИИОЗ-филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (Волгоград), ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Алтайскому краю» период 2013-2022 гг. Для выявления закономерностей и разработки организационно-управленческих решений применялись процессный, системный и ситуационный анализ. Статистические данные обрабатывались с помощью компьютерных программ MS Office 2010, Statistica 13. С помощью интегральных показателей описывались модели орошаемых агроландшафтов: оценка среды – выбор – воздействие – изменения – результат, обосновался комплекс мероприятий на мелиорированных землях. Объектами исследования стали: сельское хозяйство с мелиоративным комплексом Алтайского края, Алейская оросительная система зоной орошаемых земель в Рубцовском районе Алтайского края, инвестиционные проекты орошаемого земледелия. Мелиорация на Алтае начала развиваться в конце XIX века, наибольшее развитие получила в 60-90 годах XX века. Постановление Совета Министров «О мерах по ускоренному развитию сельского хозяйства районов Кулундинской степи Алтайского края, Новосибирской области» способствовало интенсивному строительству оросительных систем и переводу земель в разряд орошаемых. По прогнозным расчетам мелиоративный фонд Алтайского края, с учетом водности рек, должен был к концу XX века включать 300 тыс. га орошаемых земель. Однако было введено в эксплуатацию лишь 180 тыс. га, из которых 100 тыс. га поливались из подземных источников. Сельское хозяйство Алтайского края развивается на основе государственных программ и частной инициативы. Программа «Развитие сельского хозяйства Алтайского края» (Постановление Администрации Алтайского края от 5 октября 2012 года N 523 с изменениями на 14 декабря 2022 г.) определила приоритеты развития, механизмы поддержки сельхозпроизводителей (таблица 1) [2, 7].

Таблица 1 – Основные сельскохозяйственные культуры и посевные площади Алтайского края, 01.01.2022 г, тыс. га

Table 1 – Main agricultural crops and sown areas, Altai Territory, 01.01.2022, thousand ha

Наименование	2018	2019	2020	2021	2022
1	2	3	4	5	6
Вся посевная площадь	5134,7	5146,9	5175,8	5251,3	5418,2
Зерновые и зернобобовые культуры, в том числе:	3240,4	3169,0	3289,3	3234,6	3353,1
пшеница	130,1	177,8	185,5	187,2	159,7
рожь	21,2	24,9	29,0	46,2	38,6
яровые зерновые и зернобобовые культуры, в том числе:	3087,9	2964,8	3073,3	2998,1	3150,0
пшеница	1729,9	1747,8	1812,7	1674,1	1703,1
ячмень	257,5	264,5	279,3	264,3	286,9
овес	395,9	316,7	306,1	293,9	260,5
кукуруза на зерно	8,4	10,2	9,2	11,5	12,4
зернобобовые	183,5	139,5	159,1	185,8	219,1
Технические культуры, в том числе:	1026,8	1185,3	1143,2	1340,5	1423,7

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
сахарная свекла	23,4	27,5	23,5	23,2	25,2
лен-долгунец	4,2	4,3	4,2	4,2	4,0
масличные культуры, из них:	998,6	1152,5	1114,0	1311,5	1393,5
подсолнечник на зерно	669,4	717,3	696,1	787,0	757,5
soя	115,4	149,5	131,5	135,2	138,9
картофель	31,7	29,6	28,3	26,5	26,3
овощи открытого грунта	6,3	6,0	5,7	5,5	5,5
Кормовые культуры, в том числе:	828,7	756,3	708,6	643,2	608,8
многолетние травы	503,3	460,6	422,6	379,7	364,8
однолетние травы	252,5	228,1	214,4	186,6	176,3
Площадь чистых паров	757,3	707,7	670,0	661,9	609,4

На развитие мелиорации, согласно Подпрограмме «Развитие мелиоративного комплекса Алтайского края» на период до 2025 года, выделено 56031,1 тыс. рублей, что должно позволить ввести в оборот 3,5 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения; провести культуртехнические мероприятия на 50 тыс. га земель; известкование кислых почв на 3,5 тыс. га пашни. Целенаправленные действия властей должны позволить сохранить в сельскохозяйственном обороте 15,91 тыс. га сельхозугодий края. В 2022 году на балансе ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Алтайскому краю» находилось 9 оросительных систем (ОС), пять из которых в стадии консервации [16].

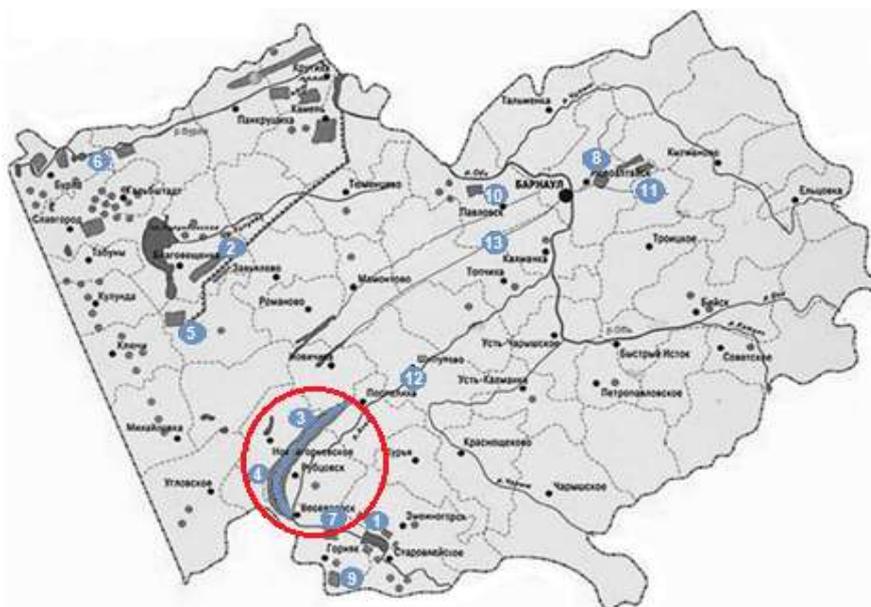


Рисунок 4 – Основные мелиоративные объекты Алтайского края, 2022 г.

Figure 4 – The main irrigation facilities of the Altai Territory, 2022

- 1 – Гилевское водохранилище, 2 – Кулундинский канал, 3,4 – Алейская оросительная система, 5 – Река Бурла и Бурлинский оросительный канал, 6 – Новотроицкий опытно-производственный массив, 7 – Локтевская оросительная система, 8 – Лосихинская оросительная система, 9 – Золотушинская оросительная система, 10 – Рогозихинская оросительная система, 11 – Чесноковская оросительная система, 12 – Шипуновская оросительная система, 13 – Павловская оросительная система

По проектным показателям федеральные мелиоративные системы должны обеспечить годовой объем забора воды в оросительные сети – 24,75 млн м³ (по факту – 2,06 млн м³), оросить – 31279 га земель (по факту – 1316 га). Площадь мелиорированных земель в Алтайском крае составляет – 69,784 тыс. га, из них, в хорошем состоянии – 38,337 тыс. га, удовлетворительном – 26,933 тыс. га, неудовлетворительном – 4,454 тыс. га [6, 8, 16]. На рисунке 4 и таблице 2 представлены основные объекты и показатели мелиоративного комплекса Алтайского края.

Таблица 2 – Показатели функционирования Федеральных мелиоративных систем Алтайского края, 2022 г.

Table 2 – Functioning indicators of the Federal Irrigation Systems of the Altai Territory, 2022

Мелиоративные системы	Год ввода	Параметры системы	Зона обслуживания (район)	Площадь орошения, тыс. га		
				проектная	обслуживаемая	поливается
Алейская	1936–2021	р. Алей Q = 39 м ³ /с, LMK=100 км	Рубцовский Егорьевский Поспелихинский	21,620	9,473	0,638
Бурлинская	1991	р. Обь Q=25 м ³ /с, LMK = 30,4 км	Крутихинский	55	5,238	0
Больше-Черемшанская	1984	р. Больше-Черемшанка	Первомайский	1,005	1,005	0,155
Кулундинский МК	1983	р. Обь, Q = 25 м ³ /с, LMK = 182	Каменский, Тюменцевский Баевский, Родинский	25	10,623	0
Лосихинская	1981	р. Лосиха Водозабор – 507 м ³ /сек	Первомайский	0,584	0,987	0,375
Павловская	1992	Водозабор – 406 м ³ /сек	Павловский	0,560	0,443	0,148
Рогозинская	1986	Водозабор – 200 м ³ /сек	Павловский	0,848	0,848	0
Чесноковская	1980	Водозабор – 600 м ³ /сек	Первомайский	1,662	1,662	0
Шипуновская	1972	Водозабор – 1650 м ³ /сек	Шипуновский	1	1	0
Барнаульская	1970	р. Обь LMK = 209 км		0	0	0
Локальные ОС Кулундинской степи	1970	Подземные воды S≤1000 га		50	0	0
ГТС Бешенцевского гидроузла	1970	р. Малая Черемшанка	Первомайский	0	0	0
ГТС Гилевского гидроузла	1936	р. Алей	Лектевский	0	0	0
Всего				157,279	31,279	1,316

Примечание: Q – расход водозабора или пропускная способность канала, м³/с, LMK – длина магистрального канала, км, LVK – длина водоподводящего канала, LPC – длина распределительной сети, км, S – площадь единичного орошаемого участка, га

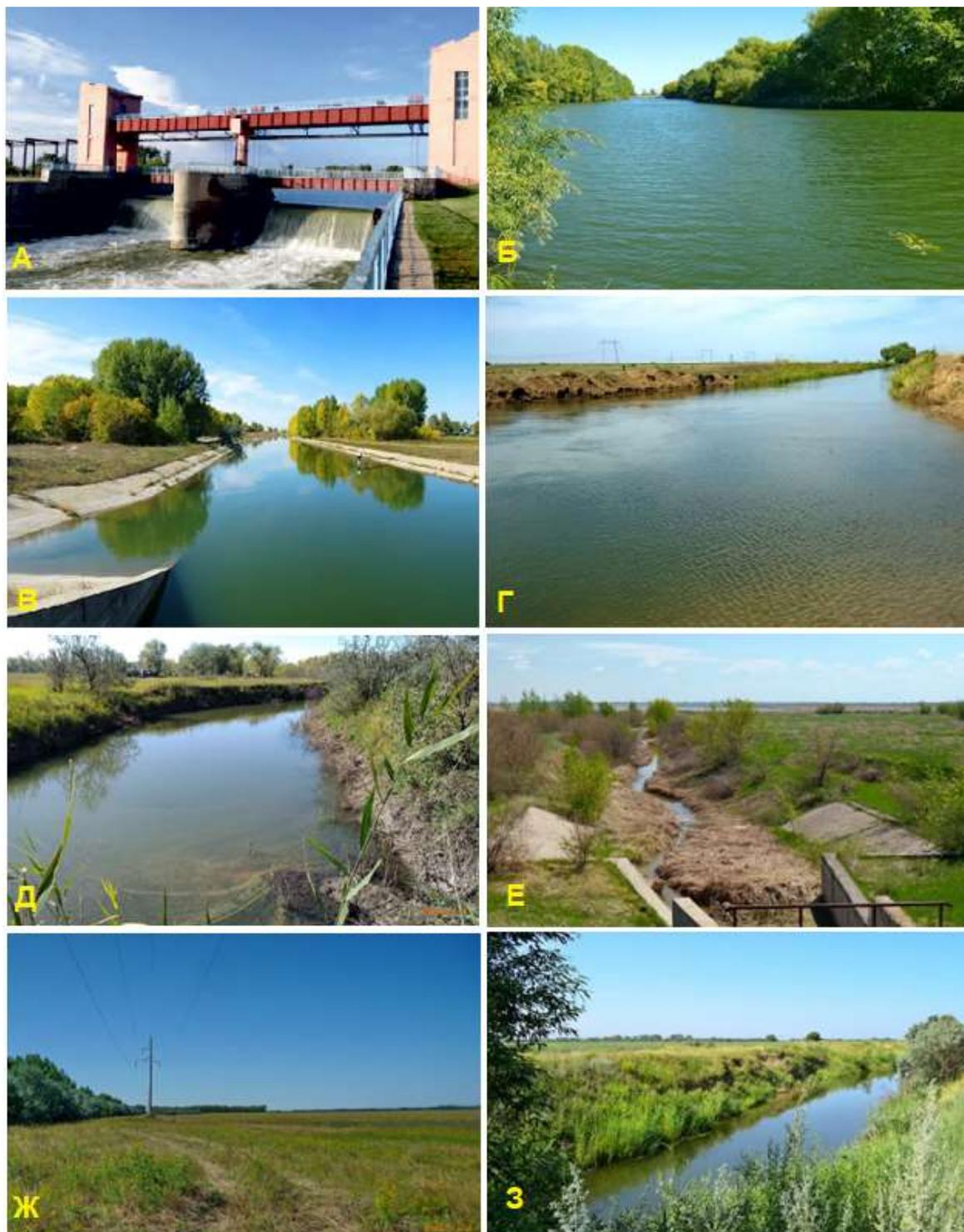


Рисунок 5 – Алейская оросительная система, Алтайский край, 2022 г.

Figure 5 – Aleiskaya irrigation system, Altai Territory, 2022

Фото: Глистин М., <https://rubtsovchanin.livejournal.com/7296.html>

А – Веселоярская водоподъёмная плотина на р. Алей, Б – Водохранилище, В – Алейский магистральный канал, проходящий по Рубцовскому, Егорьевскому и Поспелихинскому районам, Г – Магистральный канал и сооружения в районе п. Куйбышево, Д – Магистральный канал около о. Горького, Е – Сливной канал, Ж – ЛЭП для подключения насосных станций, З – Завершение магистрального канала

Алейская оросительная система (АОС) была построена в Алтайском крае в 1930-1933 годах. По федеральной инвестиционной программе «Реконструкция Алейской оросительной системы» в 2019 году было освоено – 26,86 млн руб., в 2020г. – 131,15 млн руб., в 2022 г. – 4,1 млн руб. Оросительная система включает магистральный и распределительный каналы, коллекторно-дренажную сеть, насосные станции и Веселоярскую плотину, которая создает подпор реки Алей и запускает воду в Рубцовский магистральный канал. Годовая амплитуда колебания уровня в створе г. Рубцовска в среднем составляет – 2,3 м. Протяженность магистрального канала с юга на север составляет – 120 км, средняя глубина – 3 м, ширина – 6,0 м. Нормативные расчетные расходы канала: в начале – 6,46 м³/сек., в конце – 0,65 м³/сек [13]. За время эксплуатации расход воды в канале снизился до 0,12 м³/сек в связи с заиливанием и зарастанием русла, отсутствие дренажа привело к повышению уровня грунтовых вод с 8 –10 м до 1,5 – 2 м, обеспечило засоление почв [3]. Состояние и основные показатели Алейской федеральной оросительной системы на рисунке 5 и в таблице 3.

Таблица 3 – Основные показатели функционирования Алейской федеральной оросительной системы

Table 3 – The main indicators of the functioning of the Alei federal irrigation system

Наименование	2014	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Проектная площадь, обслуживаемая МС, тыс. га	21,620	21,620	21,620	21,620	21,620	21,620	21,620
Фактическая площадь, обслуживаемая МС, тыс. га	10,42	10,42	10,42	9,473	9,473	9,473	9,473
Фактически полито, тыс. га	1,1	1,1	1,556	1,1	0,855	0,638	0,724
Годовой объем водозабора, тыс. м ³ /сек (плановое значение)	54 000	54 000	54 000	54 000	54 000	25 910	25 038
Годовой объем водозабора, тыс. м ³ /сек (фактическое значение)	41 372	41 372	26 950	41 372	26 100	23 948	25,442
Годовой объем водоподачи, тыс. м ³ /сек (плановое значение)	21 467	21 467	21 467	21 467	20 880	3 855	1,961
Годовой объем водоподачи, тыс. м ³ /сек (фактическое значение)	21 467	21 467	20 115	21 467	1 257	1 257	1,949
Годовой объем водоотведения, тыс. м ³ /сек (плановое значение)	13 476	13 476	13 476	13 476	13 476	13 476	13 476
Годовой объем водоотведения, тыс. м ³ /сек (фактическое значение)	9 612	9 612	3 490	9 612	3 125	3 070	3103,5

В советское время мелиоративный комплекс в зоне Алейской ОС должен был обслуживать орошаемые участки площадью не менее 500 га, которых практически не осталось, сложившиеся наделы имеют площади в пределах 1 – 5 га (пай). Не имея средств на развитие мелиорации, сельхозтоваропроизводители стали переводить свои угодья под возделывание зерновых культур на богаре. По данным ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Алтайскому краю» в

2022 году структура посевных площадей (тыс. га) в зоне Алейской ОС составляла: зерновые культуры – 0,075, овощные культуры – 0,584, кормовые культуры – 0,015, прочие культуры – 0,05 [6, 12, 14].

Результаты. В XX веке интенсивное орошаемое земледелие в степной зоне Алтайского края позволяло получать высокие урожаи, а с другой стороны, стало причиной потери речного стока, засоления почв и образования крупных депрессионных воронок радиусом до 50 – 60 км. Несоблюдение режимов орошения, отсутствие дренажа, несовершенство строительных технологий и оросительной техники привели к большим фильтрационным потерям и повышению уровня грунтовых вод с 8 – 10 м до 1,5 – 3 м и засолению почв. В 2000-х годах площадь орошаемых земель сократилась до 105 тыс. га, количество дождевальных машин уменьшилось в 3,5 раза, степень износа основных фондов увеличилась до 60%. Одной из причин сокращения площадей орошаемых земель стал распад коллективных хозяйств, сокращение финансирования сельского хозяйства, как следствие, снижение рентабельности и специализации КФХ, уменьшение поголовья скота (с 523 до 181 тыс. голов). Измененная эксплуатация природных ресурсов привела к тому, что 2,4% сельскохозяйственных земель стали поливаться водой с минерализацией более 2 г/л [3].

Обсуждение. В преддверии «эры иссушения» весьма актуальным становится вопрос возрождения мелиорации на Алтае на основе комплексного подхода, одним из направлений которого становится восстановление до рабочего состояния федеральных оросительных систем с помощью бюджетных инвестиций и частной инициативы. Интегральными показателями функционирования мелиорированных земель должны стать: инвестиционные затраты, экологическая стабильность, биопродуктивность и экономическая эффективность сельскохозяйственного производства [15, 19, 21, 22]. Одним из проектных объектов государственно-частного партнерства в области возрождения мелиорации может стать реализация концепции создания мелиоративного парка, разработанной под руководством академика РАН Щедрина В. Н. [18]. Мелиоративный парк – это хозяйствующий субъект, расположенный на сельскохозяйственных землях, обеспеченный административно-правовыми основаниями для ведения хозяйственной деятельности, в том числе: строительством внутрихозяйственных оросительных систем, организацией производства, переработки и сбыта сельскохозяйственной продукции, выращенной на орошаемых (осушенных) землях. В числе составляющих мелиоративного парка Алтайского края: добровольное объединение сельхозтоваропроизводителей в единый хозяйственный комплекс с целью строительства и реконструкции оросительных систем, введение в оборот орошаемых земель и экологическое сохранение плодородия почв.

Проводимая реконструкция Алейской оросительной системы позволяет увеличить площадь орошаемых земель, создать условия для повышения продукционного потенциала агроландшафтов. На вновь вводимых орошаемых землях планируется реализация нескольких инвестиционных проектов по выращиванию сельскохозяйственных культур, в том числе устойчивых к засолению: капусты, картофеля, моркови, свеклы, сои и кукурузы, а также – зерновых [16]. Основные агроклиматические условия в зоне реализации инвестиционных проектов представлены в таблице 4.

Как видно из таблицы, средняя многолетняя сумма температур за тёплый период составляет 2300°C, что позволяет выращивать широкий спектр сельскохозяйственных культур и единственным остается – ввести в оборот новые орошаемые земли. При анализе инвестиционных проектов обращает на себя тот факт, что режим орошения разрабатывался в соответствии со СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения, обращалось внимание на близкое залегание пресных и слабоминерализованных грунтовых

вод, естественную дренированность территории и применение круговых и барабанных дождевальных машин, обеспечивающих подачу воды в диапазоне: 2...5 тыс. м³ при глубине залегания пресных грунтовых вод 1,5 м и соленых (1,5...3,0 г/л) до 3,0 м [23].

Таблица 4 – Агроклиматические характеристики орошаемых земель Алейской ОС в зоне реализации инвестиционных проектов

Table 4 – Agro-climatic characteristics of irrigated lands of the Aleiskaya OS in the zone of proposed investment projects

Высота над уровнем моря, м	Продолжительность безморозного периода, сут.	Сумма температур воздуха за период с $t > 10^{\circ}$, оС	Испаряемость за теплый период с $t > 5^{\circ}$ С, мм	Осадки за теплый период с $t > 5^{\circ}$ С, мм	Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на начало теплого периода, мм
200 – 219	126	2300	688	167	95

В таблицах 5, 6, 7 представлена информация по возделываемым сельскохозяйственным культурам в рамках реализации инвестиционных проектов [8, 15].

Таблица 5 – Инвестиционный проект по возделыванию сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, 2022 г.

Table 5 – Investment project for the cultivation of crops on irrigated lands, 2022

Наименование	2022	2024	2026	2028
Сидераты (горчица, ячмень)	0	400	1000	1000
Картофель	1000	1000	1000	1000
$K - 90, Y - 40-50, \beta_{min} - 60, M - 330, M_{op} - 1700$				
Морковь	0	0	100	100
$K - 75, Y - 65-75, \beta_{min} - 70, M - 250, M_{op} - 2760$				
Свекла	0	0	100	100
$K - 130, Y - 40-50, \beta_{min} - 70, M - 250, M_{op} - 2460$				
Лук	00	0	100	100
$K - 100, Y - 40-50, \beta_{min} - 70, M - 250, M_{op} - 1260$				
Капуста		0	100	100
$K - 80, Y - 80-90, \beta_{min} - 80, M - 160, M_{op} - 5320$				

K – коэффициент водопотребления, м³/т; Y – условная урожайность, т/га, β_{min} – уровень предполивной влажности, %, H – глубина слоя почвы, 0,3м. $HВ$, M – поливная норма, M_{op}

Таблица 6 – Оросительные нормы возделывания сельскохозяйственных культур в рамках реализации инвестиционного проекта

Table 6 – Irrigation norms for the cultivation of agricultural crops as part of the implementation of the investment project

Метеостанция	Коэффициент увлажнения K_u	Вероятностные значения оросительных норм нетто $\Delta E_{вр} = M_p$, мм*					
		5%	25%	50%	75%	85%	95%
Рубцовск	0,38	Кукуруза					
		70	130	185	250	290	360
		Соя					
		75	125	180	245	285	355

*Орошаемые земли I и II категории при глубине залегания грунтовых вод более 2,5 м

Таблица 7 – Рекомендации по мелиорации земель в зоне действия Алейской оросительной системы
Table 7 – Recommendations for the irrigation of lands in the area of the Aley irrigation system

ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЗОНЕ АЛЕЙСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ				
Проект – 2216 га	Проект – 968 га	Проект – 605 га	Проект – 378 га.	Проект – 1400 га
Культуры: зерновые и технические, овощи, картофель, соя и кукуруза				
I группа. Земли, пригодные под орошение. Несолонцеватые и незасоленные почвы, черноземы южные обычные, темно-каштановые обычные почвы	II группа. Земли, пригодные под орошение при строгом контроле за водно-солевым режимом. Лугово-черноземные выщелоченные почвы, черноземы южные обычные с лугово-солончаковыми почвами	III группа*. Земли, пригодные под орошение при проведении мероприятий по снижению засоления и солонцеватости. Черноземы южные обычные, высокосолончаковые и лугово-черноземные солончаковые почвы	IV группа*. Земли, пригодные под орошение только при проведении мероприятий по снижению засоления и солонцеватости. Лугово-черноземные солончаковые почвы	V группа. Земли, пригодные под орошение. Несолонцеватые почвы, черноземы южные обычные, темно-каштановые обычные, комплексы с лугово-черноземными почвами
Рекомендации по мелиорации земель				
Проведение дождевания из закрытой оросительной сети	Проведение дождевания из закрытой оросительной сети	Проведение мелиоративных промывок – 500 – 2500 м ³ /га. Внесение гипса, фосфогипса.	Проведение мелиоративных промывок на фоне дренажа – 1000 – 6400 м ³ /га.	Проведение дождевания из закрытой оросительной сети

*Промывной режим необходим на землях III категории на 0,1 Евр, землях IV категории на 0,15 Евр.

Заключение. В целях обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации в преддверии «эры иссушения» важным становится процесс возрождения мелиорации земель в Сибирском регионе. Введенные в эксплуатацию в XX веке, с потенциалом полива – 300 тыс га, федеральные мелиоративные системы Алтайского края используются на 35% и требуют реконструкции, проведения восстановительных работ. Созданные массы орошаемых земель имеют тенденцию к сокращению (скорость 2,04 тыс. га/год) и ухудшению состояния: требуется капитальная промывка засоленных почв на площади 3402 га, химическая мелиорация на площади 3138 га. Значительная часть мелких собственников земель, не имея средств средств на восстановление оросительных земель, занимается возделыванием культур на богаре. Одни из возможных решений – это восстановление орошаемых земель на основе комплексной мелиорации, совершенствование механизма государственно-частного партнерства, обеспечивающего создание мелиоративных парков. Мелиорация остается единственным форпостом перед силами природы, перед засухами, которые приводят к катастрофам в сельском хозяйстве.

Conclusions. In order to ensure food security of the Russian Federation on the eve of the “era of desiccation,” the process of reviving land reclamation in the Siberian region becomes important. Commissioned in the twentieth century, with an irrigation potential of 300 thousand hectares, the federal reclamation systems of the Altai Territory are used at 35% and require reconstruction and restoration work. The created masses of irrigated land tend to decrease (at a rate of 2.04 thousand hectares/year) and deteriorate their condition: capital leaching of saline soils on an area of 3,402 hectares, and chemical reclamation on an area of 3,138 hectares are required. A significant part of small land owners, not having the means to restore irrigation lands, are engaged in cultivating rainfed crops. Some of the possible solutions are the restoration of irrigated lands on the basis of comprehensive rec-

lamation, improvement of the mechanism of public-private partnerships that ensure the creation of reclamation parks. Reclamation remains the only outpost against the forces of nature, against droughts that lead to catastrophes in agriculture.

Библиографический список

1. Абатуров Б. Д., Молчанова Л. В. Естественные степные экосистемы: каковы они на самом деле. Экосистемы: экология и динамика. 2020. Т. 4. № 2. С. 5-25.
2. Барышников Г. Я., Воронкова О. Ю., Барышникова О. Н., Ельчищев Е. А. Районирование территории Алтайского края для производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Барнаул: АЗБУКА, 2016. 136 с.
3. Власов М. В., Куприянова С. В. К вопросу оценки качества дренажных вод орошаемых земель Алтайского края на примере Алейской оросительной системы. Известия НВ АУК. 2023. № 2 (70). С. 141-150.
4. Дубровская Л. И., Герасимова В. Р. Анализ многолетних колебаний стока рек Обь-Иртышского междуречья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Том 17. С. 82-86.
5. Дунаева Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Ёлкина Е. С., Барботкина Е. С., Вечерков В. В., Барталев С. А. Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий. Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4 (20). С. 28-45.
6. Ермакова К. С., Давыдов А. С., Горносталь Р. Г. Влияние оросительных вод на мелиоративное состояние земель на Алейской оросительной системе. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5. С. 50-55.
7. Кошелева Е. Д. Мелиорация в Алтайском крае: ретроспективный анализ и современное состояние. Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Барнаул, 2022. Т. 3. С. 76-85.
8. Князева Е. Д. Проблемы мелиорации в Алтайском крае. Современные технологии в сфере сельскохозяйственного производства и образования. 2021. С. 101-104.
9. Кошелева Е. Д., Зиновьев А. Т. Анализ изменения водности рек Обь-Иртышского бассейна в условиях изменения климата. Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. № 3 (46). С. 80-86.
10. Конаш В. В., Медведева Л. Н. Онтология мелиоративного комплекса Российской Федерации. Мелиорация как драйвер модернизации АПК в условиях изменения климата. Новочеркасск. 2023. С. 23-29.
11. Кононцева Е. В., Хлуденцов Ж. Г., Почемин Н. М., Стребкова А. С. Агроэкологическая типизация и оценка продуктивности агроландшафтов сухой степи Алтайского края. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 11. С. 72-79.
12. Миненко А. В. К вопросу об актуальности исследования наличия бесхозных мелиорируемых земель в Алтайском крае. Вектор экономики. 2021. № 12. С. 16-21.
13. Овчинников В. И., Процюк И. С., Белько Г. П. Основные проблемы рационального использования и охраны природных ресурсов бассейна реки Алей. Проблемы природопользования и охрана окружающей среды в бассейне р. Алей. Барнаул, 1984. С. 3-11.
14. Плуталова Т. Г., Романов А. Н. Анализ процессов аридизации территорий в Западной Сибири и Центральной Азии на основе спутниковых и наземных данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Москва, 2022. С. 328-232.
15. Сизов Ю. И., Медведева Л. Н. Природные и мелиоративные концепции формирования агроландшафтов. Орошаемое земледелие. 2022. № 4. С. 62-67.
16. Снежко В. Л., Бенин Д. М., Шишкин А. В., Бойко А. В., Скрипкин А. В. Современные изменения мелиоративного состояния орошаемых земель Алтайского края. Природообустройство. 2022. № 4. С. 13-21.
17. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2012. 242 с.

18. Щедрин В. Н., Масный Р. С., Манжина С. А., Куприянова С. В. Стратегический подход к развитию мелиорации в условиях меняющегося климата. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 11-17.
19. Eisenhauer D. E., Martin D. L. Irrigation systems management. American Society of Agricultural Engineers. USA. ASABE. 2021. <https://elibrary.asabe.org/textbook.asp?confid=ism2021>.
20. IPCC. Summary for policymakers. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. The Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Cambridge University Press, 2022. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Summary For Policymakers.pdf/](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_Summary_For_Policymakers.pdf/)
21. Patle G. T., Kumar M., Khanna M. Climate-smart water technologies for sustainable agriculture: A review. Journal of Water and Climate Change. 2020. Pp.1455-1466.
22. Snezhko V. L., Benin D. M., Gavrilovskaya N. V., Shishkin A. V. Spatio-temporal analysis of the ameliorative state of lands in the foothill, steppe and forest-steppe zones of the Altai territory. Sustainable Development of Mountain Territories. 2022. V. 14. № 4 (54). Pp. 594-602.
23. Roiss O., Medvedeva L. Innovation in agriculture - An actor in the development of a green economy. AIP Conference Proceedings. 2022. 2650. 030019.
24. Wei W., Zhang J., Zhou L., Xie B., Zhou J., Li C. Comparative evaluation of drought indices for monitoring drought based on remote sensing data. Environmental Science and Pollution Research. 2021. V. 28. Pp. 20408-20425. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12120-04>.

References

1. Abaturonov B. D., Molchanova L. V. Natural steppe ecosystems: what are they really like. Ecosystems: ecology and dynamics. 2020. Vol. 4. No 2. Pp. 5-25.
2. Baryshnikov G. Ya., Voronkova O. Yu., Baryshnikova O. N., Yelchishchev E. A. Zoning of the territory of the Altai Territory for the production of environmentally friendly agricultural products. Barnaul: ABC, 2016. 136 p.
3. Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. To the question assessment of the quality of drainage waters of irrigated lands of the Altai Territory on the example of the Aleisk irrigation system. Izvestiya NV AUK. 2023. No 2 (70). Pp. 141-150.
4. Dubrovskaya L. I., Gerasimova V. R. Analysis of long-term fluctuations in the flow of rivers of the Ob-Irtysh interfluve. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2015. V. 17. Pp. 82-86.
5. Dunaeva E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Elkina E. S., Barbotkina E. S., Vechevnikov V. V., Bartalev S. A. The use of remote sensing data for early diagnosis of the onset of arid conditions. Tauride Bulletin of Agrarian Science. 2019. No 4 (20). Pp. 28-45.
6. Ermakova K. S., Davydov A. S., Gornostal R. G. The influence of irrigation waters on the reclamation state of lands on the Aleisk irrigation system. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. No 5. Pp. 50-55.
7. Kosheleva E. D. Melioration in the Altai Territory: a retrospective analysis and the current state. Water and environmental problems of Siberia and Central Asia. Barnaul. 2022. Vol. 3. Pp. 76-85.
8. Knyazeva E. D. Problems of land reclamation in the Altai Territory. Modern technologies in the field of agricultural production and education. 2021. Pp.101-104.
9. Kosheleva E. D., Zinoviev A. T. Analysis of changes in the water content of the rivers of the Ob-Irtysh basin in the conditions of climate change // News of the Altai Branch of the Russian Geographical Society. 2017. No 3 (46). Pp. 80-86.
10. Konash V. V., Medvedeva L. N. Ontology of the reclamation complex of the Russian Federation. Reclamation as a driver of modernization of the agro-industrial complex in the conditions of climate change. Novocheerkassk, 2023. Pp. 23-29.
11. Konontseva E. V., Khludentsov Zh. G., Pochemin N. M., Strebkova A. S. Agroecological typification and evaluation of productivity of agricultural landscapes of the dry steppe of the Altai Territory. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. No 11. Pp.72-79.

12. Minenko A. V. On the question of the relevance of the study of the presence of ownerless reclaimed lands in the Altai Territory. *Vector of Economics*. 2021. No 12. Pp.16-21.
13. Ovchinnikov V. I., Protsyuk I. S., Belko G. P. The main problems of rational use and protection of natural resources of the Aley River basin. *Problems of nature management and environmental protection in the Aley River basin*. Barnaul, 1984. Pp. 3-11.
14. Plutalova T. G., Romanov A. N. Analysis of the processes of aridization of territories in Western Siberia and Central Asia on the basis of satellite and ground data. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. Moscow, 2022. Pp. 328-232.
15. Sizov Yu. I., Medvedeva L. N. Natural and meliorative concepts of the formation of agricultural landscapes. *Irrigated agriculture*. 2022. No 4. Pp. 62-67.
16. Snezhko V. L., Benin D. M., Shishkin A. V., Boyko A. V., Skripkin A. V. Modern changes in the reclamation state of irrigated lands of the Altai Territory. *Nature management*. 2022. No 4. Pp. 13-21.
17. The current state of water resources and the functioning of the water management complex of the Ob and Irtysh basin. *Novosibirsk: Publishing House SB RAS*, 2012. 242 p.
18. Shchedrin V. N., Masny R. S., Manzhina S. A., Kupriyanova S. V. Strategic approach to the development of land reclamation in a changing climate. *Land reclamation and water management*. 2022. No 2. Pp. 11-17.
19. Eisenhauer D. E., Martin D. L. *Irrigation systems management*. American Society of Agricultural Engineers. USA. ASABE. 2021. <https://elibrary.asabe.org/textbook.asp?confid=ism2021>.
20. IPCC. Summary for policymakers. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. The Working Group II contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Cambridge University Press, 2022. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_.
21. Patle G. T., Kumar M., Khanna M. Climate-smart water technologies for sustainable agriculture: A review. *Journal of Water and Climate Change*. 2020. Pp.1455-1466.
22. Snezhko V. L., Benin D. M., Gavrilovskaya N. V., Shishkin A. V. Spatio-temporal analysis of the ameliorative state of lands in the foothill, steppe and forest-steppe zones of the Altai territory. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2022. V. 14. № 4 (54). Pp. 594-602.
23. Roiss O., Medvedeva L. Innovation in agriculture – An actor in the development of a green economy. *AIP Conference Proceedings*. 2022. 2650. 030019.
24. Wei W., Zhang J., Zhou L., Xie B., Zhou J., Li C. Comparative evaluation of drought indices for monitoring drought based on remote sensing data. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. V. 28. Pp. 20408-20425. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12120-04>.

Информация об авторах

Щедрин Вячеслав Николаевич, академик РАН, д-р. техн. наук, профессор, научный консультант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, д. 44), ORCID 0000-0002-6170-0014, e-mail: schedrikova@bk.ru

Медведева Людмила Николаевна, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия" (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9), ORCID 0000-0002-3650-2083, e-mail: mile-na.medvedeva2012@yandex.ru

Конаш Владимир Владимирович, менеджер, ООО «Агидель» (Российская Федерация, 404130, г. Волжский, Волгоградская область, пр. Ленина, д. 208), e-mail: agidel.vlg.ru@yandex.ru

Author's Information

Shchedrin Vyacheslav Nikolaevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Professor, scientific consultant in the A. N. Kostyakov VNIIGiM (Russian Federation, 127550, Moscow, B. Akademicheskaya st., 44), ORCID 0000-0002-6170-0014, e-mail: schedrikova@bk.ru

Lyudmila Nikolaevna Medvedeva, Doctor of Economics, Leading Researcher at VNIIOZ – the Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture” (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva st., 9), ORCID 0000-0002-3650-2083, e-mail: mile-na.medvedeva2012@yandex.ru

Kanash Vladimir Vladimirovich, Manager, Agidel LLC (Russian Federation, 404130, Volgograd region, Volzhsky, Lenin Av., e-mail: agidel.vlg.ru@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-36

DIGITAL TOOL FOR ESTIMATING THE NEGATIVE IMPACT OF AGRICULTURAL PRODUCTION ON WATER BODIES

A. Yu. Briukhanov, E. V. Vasilev, E. A. Papushin

*Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Saint Petersburg, Russian Federation*

Corresponding author e-mail: papushinea@yandex.ru

Received 18.09.2023

Submitted 27.10.2023

Summary

The article presents a flowchart of an algorithm and a database for assessing the nutrient load on water bodies generated by agricultural production. It also gives a calculation example of the nutrient input into the water bodies from farming in the Leningrad Region in 2018.

Abstract

Introduction. Most pollutants from non-point sources get into surface waters from of agricultural activities. These pollutants can be chemical plant protection agents, animal and poultry manure, and manure-bearing wastewater from agricultural enterprises. So, reducing the diffuse pollution with nutrient inputs is a priority and important task for improving the quality of ground and surface waters. **Object.** The study considered the calculation methods for assessing the nutrients loss into water bodies from farming operations. **Materials and methods.** The applied research methods were those of subject area study, decomposition, diffuse load assessment, spatial analysis in the environment of geographic information systems (GIS). The effect of agricultural production on water bodies was assessed according to the methodology developed in IEEP – branch of FSAC VIM. **Results and conclusions.** To assess the pollution of water bodies by agricultural lands, and livestock and poultry complexes, the study designed a corresponding algorithm. It had several blocks: initial data, pollution source analysis, estimation of point and non-point pollution, and the estimation results and recommendations on the nutrient load reduction. The other study output was the structure of the database for obtaining and accumulating information on the activities of an agricultural enterprise, agricultural land available, the amount of biogens entering water bodies from agricultural production, etc. The database was designed for research application. For example, the calculations using the database showed that in 2018 the nutrient input into the water bodies of the Leningrad Region amounted to 3909.2 t/year for nitrogen and 250.96 t/year for phosphorus. The study results were recognized with the Certificate of Database Registration 2022622557 dated 19.10.2022 “Indicators for assessing impacts on water bodies” and the Certificate of Computer Program Registration 2022684376 dated 13.12.2022 “Program for assessing diffuse load on water bodies from agricultural production”.

Key words: *pollution of water bodies, assessment of water pollution, biogens, monitoring of water quality.*

Citation. Briukhanov A. Yu., Vasilev E. V., Papushin E. A. Digital tool for estimating the negative impact of agricultural production on water bodies. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 4(72). 357-366 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-04-36.

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.