

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья
УДК 631.67.03

Технология и техническое решение очистки дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы

Дарья Вячеславовна Мильченкова¹, Татьяна Ильинична Дрововозова²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹milchenkova.darya@mail.ru <https://orcid.org/0009-0001-7665-1366>

²tid70.drovovozova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Аннотация. Цель: разработать технологию и технические решения очистки дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы для оборотного использования в орошении. **Материалы и методы.** Исходными данными являются результаты химического анализа оросительной и дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы. Для расчета средних концентраций веществ, полученных при смешении вод, применили методику Фролова-Родзиллера. **Результаты и обсуждение.** Рассчитаны средние концентрации веществ при разбавлении дренажно-сбросных вод из отводящего коллектора оросительной водой из канала, не соответствующие предельно допустимым для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}). Установлено, что средние концентрации фосфатов, марганца, меди и сульфатов после разбавления превышают ПДК_{рх}, что свидетельствует об отсутствии эффекта их обезвреживания. Так как фосфаты обладают удобрительным эффектом, то разработанная технология очистки дренажно-сбросных вод направлена на очистку дренажно-сбросных вод от марганца, меди и сульфатов. Сущность технологии заключается в очистке вод на последовательно расположенных модулях коагуляции, упрощенной аэрации и осаждения, фильтрования. Разработанное техническое решение представляет собой облицованный открытый канал, содержащий модули очистки дренажно-сбросных вод с рисовой оросительной системы. **Выводы.** Разработана схема технологии и технического решения, обеспечивающая доведение дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы до качества, отвечающего требованиям поливной воды и нормативу ПДК_{рх}, позволяющая повторно использовать водный ресурс в оросительной мелиорации, что соответствует принципу экосистемного водопользования. Принцип экосистемного водопользования на рисовых оросительных системах направлен на очистку дренажно-сбросных вод с рисовых чеков и на возможность повторного использования очищенной воды на орошение.

Ключевые слова: рисовая оросительная система, дренажно-сбросные воды, технические решения очистки, оборотное использование воды, кондиционирование воды

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 18 февраля 2026 г.).

Для цитирования: Мильченкова Д. В., Дрововозова Т. И. Технология и техническое решение очистки дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2026. Т. 98, № 1. С. 236–247.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

Technology and technical solution for drainage and waste water treatment of a rice irrigation system

Darya V. Milchenkova¹, Tatyana I. Drovovozova²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹milchenkova.darya@mail.ru <https://orcid.org/0009-0001-7665-1366>

²tid70.drovovozova@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Abstract. Purpose: to develop a technology and technical solutions for drainage and wastewater treatment of a rice irrigation system for its recycling in irrigation. **Materials and methods.** The initial data are the results of a chemical analysis of the irrigation and drainage and wastewater from the rice irrigation system. The Frolov-Rodziller method was used to calculate the average concentrations of substances obtained by mixing the waters. **Results and discussion.** The average concentrations of substances were calculated upon dilution of drainage and wastewater from the discharge collector with irrigation water from the canal; these concentrations do not correspond to the maximum permissible concentrations (MPC) for water bodies of fishery importance. It was found that the average concentrations of phosphates, manganese, copper, and sulfates after dilution exceed the MPC, indicating the absence of their neutralization effect. Since phosphates have a fertilizing effect, the developed drainage and wastewater treatment technology is aimed at removing manganese, copper, and sulfates from drainage and wastewater. The technology involves water treatment in sequentially arranged modules of coagulation, simplified aeration, sedimentation, and filtration. The developed technical solution is a lined open channel containing modules for treating drainage and wastewater from a rice irrigation system. **Conclusions.** A technology and technical solution have been developed that ensures that drainage and wastewater from a rice irrigation system is treated to a quality that meets irrigation water standards and the MPC standard, enabling the reuse of water in irrigation reclamation, which is consistent with the principle of ecosystem water management. The ecosystem-based water management principle in rice irrigation systems aims to purify drainage and wastewater from rice paddies and enable the reuse of purified water for irrigation.

Keywords: rice irrigation system, drainage and wastewater, treatment solutions, water recycling, water conditioning

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the International scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 18, 2026).

For citation: Milchenkova D. V., Drovovozova T. I. Technology and technical solution for drainage and waste water treatment of a rice irrigation system. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2026;98(1):236–247. (In Russ.).

Введение. Рисовые оросительные системы в силу специфики технологии возделывания риса характеризуются образованием больших объемов дренажно-сбросных вод. В рисосеющих регионах, например, в Ростовской области и Краснодарском крае, порядка 70–80 % общего объема затрачиваемой на орошение воды приходится на возделывание риса [1, 2].

Дренажно-сбросные воды (ДСВ) рисовых оросительных систем характеризуются содержанием остаточных количеств пестицидов, биогенных

веществ, тяжелых металлов, солесодержащих ионов, поэтому неочищенные дренажно-сбросные воды представляют собой серьезную угрозу для природных водных объектов [3]. Использование таковых вод без очистки (кондиционирования) повторно на полив сельхозугодий также может привести к вторичному загрязнению почв и, как следствие, выращиваемой сельскохозяйственной продукции [4]. Применение принципа экосистемного водопользования на рисовых оросительных системах позволит получить дополнительный ресурс поливной воды, снизить негативное воздействие на водные объекты. Для реализации вышеуказанного принципа многими учеными разработаны технические решения, основанные на использовании природных сорбентов для очистки дренажно-сбросных вод.

Проводимые работы можно условно разделить на два направления: первое – это использование в качестве сорбентов природных минералов, второе – биоорганических материалов, в основном отходов растениеводческой продукции [5–9].

Известно техническое решение очистки дренажного стока рисовой оросительной системы (патент РФ № 2759966¹), сущность которого заключается в пропуске дренажного стока через фильтрующую кассету с сорбентом, установленную в русле сбросного канала оросительной системы. Фильтрующая кассета, в свою очередь, представляет собой фитосекцию, по всему периметру засаженную галофитами. В первый год очистки дренажного стока на рисовой оросительной системе, после прекращения подачи воды одноразово высаживают многолетний галофит Татора, весной в первый и последующие годы очистки дренажного стока на водную поверхность сбросного канала высаживают галофит Эйхорния, «водный гиацинт» [10].

Предлагаемый способ очистки и техническое решение для его реали-

¹Способ очистки дренажного стока рисовой оросительной системы: пат. № 2759966, Рос. Федерация: МПК C02F1/28, C02F3/32, E02B13/00, A01G25/00. 2021 / Приходько И. А.; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2020135351; заявл. 26.10.2020; опубл. 19.11.2021. С. 11. EDN: IBPJTY.

зации характеризуется недостатком, связанным с возможностью анаэробного брожения отмершей растительности в воде и эмиссии парниковых газов, приводящих к увеличению «углеродного следа» в окружающей среде.

В патенте РФ № 2505486² в качестве сорбента используют высушенные растения тростника и камыша, которыми заполняют фильтрующую кассету. Предлагаемое техническое решение позволяет улучшить мелиоративное состояние почвы и экологическую ситуацию на рисовых полях за счет уменьшения суффозии и выноса питательных веществ из почвы. Однако такая конструкция и технология очистки требуют больших трудозатрат на ее обслуживание. С целью усовершенствования данной технологии в патенте РФ № 2832499³ предлагают карбонизировать отходы растениеводческой продукции в биоуголь, решая таким образом не только проблему очистки ДСВ, но и утилизации отходов растениеводства.

В патенте РФ № 2401804⁴ предлагается устройство, выполненное непосредственно в дренажно-сбросном канале, с помощью которого осуществляют очистку дренажного стока от находящихся в нем механических примесей, ионов тяжелых металлов, избытка соединений солей путем пропускания его через сорбенты – минералы природного происхождения. В качестве сорбентов используют ракушечник, глауконитовый песок и керамзит в процентном соотношении 50:30:20 соответственно. Применение одновременно трех сорбентов приводит, с одной стороны, к увеличению

²Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления: пат. № 2505486, Рос. Федерация: МПК C02F1/28, E02B13/00, A01G25/00. 2012 / Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е., Приходько И. А., Серый Д. Г.; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2012110440/05; заявл. 19.03.2012; опубл. 27.01.2014, Бюл №27. С. 8.

³Устройство для очистки дренажно-сбросных вод в каналах: пат. № 2832499, Рос. Федерация: МПК C02F1/28, E02B13/00, A01G25/00. 2024 / Бандурин М. А., Гераскина Т. В., Романова А. С.; заявитель и патентообладатель КубГАУ. – № 2024110202; заявл. 12.04.2024; опубл. 24.12.2024, Бюл №36. С. 9. EDN: IPKQVN.

⁴Способ очистки дренажного стока и устройство для его осуществления: пат. № 2401804, Рос. Федерация: МПК C02F1/28, B01D25/02, B01D39/06, E02B11/00, C02F103/10 / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Пацера А. А., Митяева Л. А., Кропина Е. А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ РосНИИПМ. – № 2009116667/05; заявл. 30.04.2009; опубл. 20.10.2010 Бюл. №29. С. 9.

стоимости очистки, а с другой – к недостаточной эффективности очистки от специфических загрязнителей.

Также в работе (а. с. № 2062751⁵) для удаления тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов предлагается в качестве сорбента использовать вспученный аргиллит. Однако его применение связано со значительными энергозатратами на его предварительную подготовку.

Учитывая сложность химического состава дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем и его сезонную изменчивость, разработано техническое решение сооружения их очистки, включающее физические и физико-химические процессы обезвреживания воды, способствующие повышению эффективности очистки.

Цель работы – разработать технологию и технические решения очистки дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы для оборотного использования в орошении.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись коллекторно-дренажные воды с отводящего коллектора рисовой оросительной системы Багаевского района Ростовской области.

В предлагаемой технологии очистки ДСВ учитывается возможность разбавления дренажно-сбросных вод оросительной водой до предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного значения. За период 2019–2024 гг. установлены показатели, регулярно превышающие предельно допустимые концентрации для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх})⁶, к которым относятся сухой остаток, кальций, магний, сульфаты, железо общее, фосфаты и нитрит-ион [11].

⁵Способ очистки сточных коллекторно-дренажных и подземных вод: А.с. № 2062751, Рос. Федерация. МПК C02F1/28 / Жарков В. В., Жарков Д. В.; заявитель «Туркменгипроводхоз»; патентообладатель Жарков В. В., Жарков Д. В.; № 5012377/26; заявл. 02.08.1992; опубл. 27.06.1996. С. 9.

⁶Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: Приказ Росрыболовства от 26 мая 2025 г. № 296: по состоянию на 1 сент. 2025 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Концентрации загрязняющих веществ в оросительной воде и в ДСВ отводящего коллектора по результатам натурных исследований 2025 г. представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ
в оросительной воде и в дренажно-сбросных
водах отводящего коллектора**

В мг/дм³

**Table 1 – Concentrations of pollutants in irrigation water and in drainage
and waste water of the discharge collector**

In mg/dm³

Показатель	ПДКрх ⁶	ПДКпв ⁷	Дата отбора проб				
			15.05		02.07	22.07	13.08
			ОК*	Отводящий коллектор			
Фосфаты	0,05	н/н	0,124	0,199	0,139	0,298	0,146
Марганец	0,01	0,1	0,055	0,098	0,08	0,25	0,092
Медь	0,001	1,0	0,0025	0,0004	0,011	0,002	0,003
Сульфаты	100	500	275	476	748	398,72	575
Магний	40	50	37,8	50,4	65,6	57,34	53,4
Натрий	120	200	125	171	429	168,97	259
Примечание – ОК* – Оросительный канал.							

Определение средней концентрации при разбавлении дренажно-сбросных вод из отводящего коллектора водой из оросительного канала осуществлялось в соответствии с методикой Фролова-Родзиллера⁸ по формуле:

$$C_{cp} = \frac{Q \cdot C_i + q \cdot c_i}{Q + q}, \quad (1)$$

где Q – расход воды в оросительном канале, $Q = 4,16 \text{ м}^3/\text{с}$;

C_i – концентрация i -го вещества в оросительной воде, мг/дм³;

q – расход воды в отводящем коллекторе БГ-МС-5, м³/с;

c_i – концентрация i -го вещества в отводящем коллекторе.

Расход дренажно-сбросных вод за вегетационный период 2025 г. в

⁷Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: СанПиН 1.2.3685-21: утв. Гл. гос. санитар. врачом РФ 28.01.21: по состоянию на 30 декабря 2022 г. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

⁸Родзиллер И. Д. К вопросу о расчете сточных вод в реках: информ. материалы. М.: Изд-во ВНИИ ВОДГЕО, 1976. 31 с.

отводящем коллекторе, согласно данным, представленным Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партией – филиалом ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Расход дренажно-сбросных вод в отводящем коллекторе
Table 2 – Flow rate of drainage and waste water in the discharge collector

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август
Расход, м ³ /с	0,002	0,006	0,008	0,005

Полученные средние концентрации загрязняющих веществ при разбавлении дренажно-сбросных вод из отводящего коллектора оросительной водой из канала представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Средние концентрации при разбавлении дренажно-сбросных вод из отводящего коллектора оросительной водой из канала

В мг/дм³

Table 3 – Average concentrations when diluting drainage and waste water from the discharge collector with irrigation water from a canal

In mg/dm³

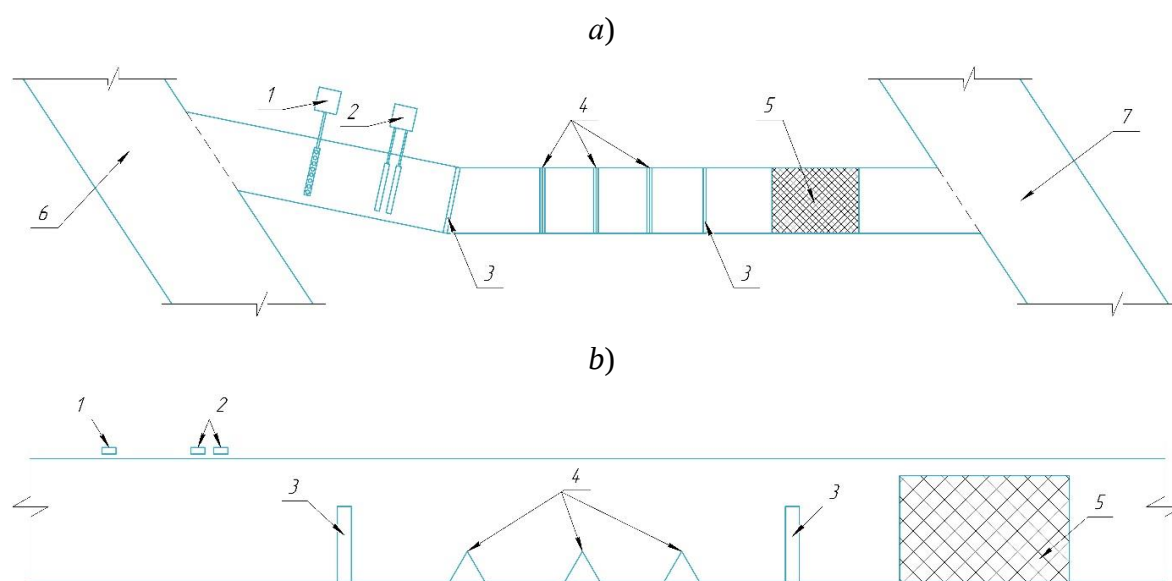
Показатель	ПДКрх ⁶	Май	Июнь	Июль	Август
Фосфаты	0,05	0,125	0,124	0,125	0,124
Марганец	0,01	0,055	0,055	0,055	0,055
Медь	0,001	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025
Сульфаты	100	275	276	276	276
Магний	40	38	38	38	38
Натрий	120	125	126	125	125

Согласно данным таблицы 3, средние концентрации фосфатов, марганца, меди и сульфатов превышают ПДКрх, что свидетельствует об отсутствии эффекта обезвреживания при разбавлении. Следовательно, необходимо разработать технологию очистки дренажно-сбросных вод от марганца, меди и сульфатов. Поскольку фосфаты обладают удобрительным эффектом, очистка от этого показателя не предусмотрена.

Результаты и обсуждение. Разрабатываемое техническое решение предназначено для оборотного водопользования на рисовой оросительной системе, должно быть расположено между подводящим (оросительным) и

отводящим (коллекторным) каналами и может быть применено для водоохраных мероприятий и получения дополнительных объемов чистой воды.

Данное техническое решение (оборотный канал) представляет собой облицованный открытый канал, содержащий модули очистки дренажно-сбросных вод с рисовой оросительной системы (рисунок 1). Ложе канала изолировано от грунта геосинтетическим материалом, предотвращающим фильтрацию воды из канала в грунт.



1 – дозирующее устройство; 2 – аэратор; 3 – вертикальная перегородка;
4 – зубчатые выступы; 5 – фильтрующая кассета; 6 – отводящий коллектор;
7 – оросительный канал

1 – dosing device; 2 – aerator; 3 – vertical baffle;
4 – toothed ledges; 5 – filter cartridge; 6 – discharge collector;
7 – irrigation channel

Рисунок 1 – Схема технологии и технического решения:

a) вид сверху, b) план

Figure 1 – Diagram of the technology and technical solution:

a) Top view, b) Plan

Оборотный канал для очистки дренажно-сбросных вод включает дозирующее устройство (1), предназначенное для автоматического внесения точного объема раствора коагулянта в поток обрабатываемой воды, распылители воздуха для аэрирования воды, соединенные с компрессором (2), участок канала, дно которого выполнено в виде зубчатых выступов под уг-

лом 60°, предназначенных для задержания оседающих грубодисперсных частиц (4), и съемную фильтрующую кассету, форма которой имеет геометрию ложа канала, выполненную из прорезиненного сетчатого пластика с размером ячеек не более 2 мм (5). Боковые грани фильтрующей кассеты имеют фиксирующие элементы в виде анкеров для закрепления на дне и откосах канала и раму, уложенную сверху фильтрующей кассеты, имеющую фиксирующие элементы в виде крючков для жесткого соединения с боковыми гранями кассеты, в качестве сорбента использована клиноптилолитовая загрузка с размерами зерен 4–5 мм.

Техническим результатом применения сооружения является конструктивная возможность доведения дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы до качества, отвечающего требованиям поливной воды, позволяющая повторно использовать водный ресурс в оросительной мелиорации.

Выводы. Проведен расчет разбавления дренажно-сбросных вод из отводящего коллектора оросительной водой, показавший отсутствие эффекта обезвреживания таких вод. Разработана схема технологии и технического решения, обеспечивающая доведение дренажно-сбросных вод рисовой оросительной системы до качества, отвечающего требованиям и поливной воды, и нормативу ПДК_{рх}, позволяющая повторно использовать водный ресурс в оросительной мелиорации, что отвечает принципам экосистемного водопользования. Принцип экосистемного водопользования на рисовых оросительных системах направлен на очистку дренажно-сбросных вод с рисовых чеков и на возможность повторного использования очищенной воды на орошение.

Список источников

1. Балакай Г. Т., Масный Р. С. Обоснование мероприятий по водосбережению на рисовых оросительных системах // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11, № 4. С. 1–16. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16. EDN: GEIXES.
2. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водоотведения с рисовых оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, № 3(31), 2018 г. DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22. EDN: XWARKP.

3. Владимиров С. А., Непра А. С., Александров Д. А. Проблемы и перспективы развития экологически безопасного рисоводства на Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 64-2. С. 108–111. DOI: 10.18411/lj-08-2020-61. EDN: USEPNG.

4. Владимиров С. А., Болотов Д. В., Бульковский А. Э. Оптимизация ресурсопотребления как фактор экологизации с.х. производства, на примере рисоводства Кубани // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 58-1. С. 81–84. DOI: 10.18411/lj-02-2020-15. EDN: YMQQBJ.

5. Дрововозова, Т. И., Кириленко А. А. Техническое решение локальной очистки дренажного стока с орошаемых земель // Инженерный вестник Дона. 2023. № 7(103). С. 303–313. EDN: EBWLNU.

6. Домашенко Ю. Е., Проценко Н. Н. Ретроспективный обзор технологий очистки и подготовки дренажных вод с оросительных систем // Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4, № 3. С. 58–72. DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-3-58-72. EDN: YOHDCE.

7. Yadav A., Vashishtha V. K., Yadav H. High-performance solar stills for efficient use of water in agriculture // Recent Achievements in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Singapore: Springer, 2021. P. 325–331. DOI: 10.1007/978-981-15-8704-7_41.

8. Recent applications of downstream suspension sponge technology for decentralized wastewater treatment / M. Nasr, M. Attia, H. Ezz, M. G. Ibrahim // Cost Effective Technologies for Solid Waste and Wastewater Treatment. Elsevier, 2022. P. 59–67. DOI: 10.1016/b978-0-12-822933-0.00014-0.

9. Домашенко Ю. Е., Проценко Н. Н. Анализ зарубежного опыта утилизации сбросных и дренажных вод в оросительных мелиорациях // Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4, № 1. С. 1–13. DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-1-1-13. EDN: LRZVZM.

10. Способ очистки дренажного стока рисовых оросительных систем / И. А. Приходько, В. Т. Ткаченко, И. В. Гребенщиков, Д. А. Канцур., Р. В. Маслов // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: мат. Нац. науч. конф., Волгоград, 29–30 октября 2020 года. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, 2020. С. 275–278. EDN: ELAVRT.

11. Дрововозова Т. И., Мильченкова Д. В. Статистический анализ гидрохимических показателей дренажно-сбросных вод с рисовой оросительной системы // Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 2. С. 94–112. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-94-112. EDN RUCCYC.

References

1. Balakai G.T., Masny R.S., 2021. *Obosnovanie meropriyatiy po vodosberezhnuyu na risovykh orositel'nykh sistemakh* [Water saving measures substantiation for rice irrigation systems]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 11, no. 4, pp. 1-16, DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-1-16, EDN: GEIXES. (In Russian).

2. Balakai G.T., Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2018. *K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodootvedeniya s risovykh orositel'nykh sistem* [The problem of rate development of rice water consumption and water disposal from rice irrigation systems]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii* [Scientific Journal of the Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems], no. 3(31), DOI: 10.31774/2222-1816-2018-3-1-22, EDN: XWARKP. (In Russian).

3. Vladimirov S.A., Nepra A.S., Aleksandrov D.A., 2020. *Problemy i perspektivy razvitiya ekologicheskii bezopasnogo risovodstva na Kubani* [Problems and prospects for the development of environmentally friendly rice growing in Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the Development of Science and Education], no. 64-2, pp. 108-111, DOI: 10.18411/lj-08-2020-61, EDN: USEPNG. (In Russian).

4. Vladimirov S.A., Bolotov D.V., Bulkovsky A.E., 2020. *Optimizatsiya resursopotrebleniya kak faktor ekologizatsii s.kh. proizvodstva, na primere risovodstva Kubani* [Optimization of resource consumption as a factor in the greening of agricultural production, using the example of rice growing in Kuban]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the Development of Science and Education], no. 58-1, pp. 81-84, DOI: 10.18411/lj-02-2020-15, EDN: YMQQBJ. (In Russian).

5. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A., 2023. *Tekhnicheskoe reshenie lokal'noy ochistki drenazhnogo stoka s oroshaemykh zemel'* [Technical solution for local treatment of drainage runoff from irrigated lands]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], no. 7(103), pp. 303-313, EDN: EBWLNU. (In Russian).

6. Domashchenko Yu.E., Protsenko N.N., 2022. *Retrospektivnyy obzor tekhnologii ochistki i podgotovki drenazhnykh vod s orositel'nykh sistem* [Retrospective review of drainage water cleaning and treatment technologies from irrigation systems]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 4, no. 3, pp. 58-72, DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-3-58-72, EDN: YOHDCEB. (In Russian).

7. Yadav A., Vashishtha V.K., Yadav H., 2021. High-performance solar stills for efficient use of water in agriculture. *Recent Achievements in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Singapore, Springer, pp. 325-331, DOI: 10.1007/978-981-15-8704-7_41.

8. Nasr M., Attia M., Ezz H., Ibrahim M.G., 2022. Recent applications of downstream suspension sponge technology for decentralized wastewater treatment. *Cost Effective Technologies for Solid Waste and Wastewater Treatment*. Elsevier, pp. 59-67, DOI: 10.1016/b978-0-12-822933-0.00014-0.

9. Domashchenko Yu.E., Protsenko N.N., 2022. *Analiz zarubezhnogo opyta utilizatsii sbrosnykh i drenazhnykh vod v orositel'nykh melioratsiyakh* [Analysis of foreign experience of waste and drainage water recycling in irrigation reclamation]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 4, no. 1, pp. 1-13, DOI: 10.31774/2658-7890-2022-4-1-1-13, EDN: LRZVZM. (In Russian).

10. Prihodko I.A., Tkachenko V.T., Grebenshchikov I.V., Kantsur D.A., Maslov R.B., 2020. *Sposob ochistki drenazhnogo stoka risovykh orositel'nykh sistem* [Method of cleaning the drainage runoff of rice irrigation systems]. *Lesnaya melioratsiya i ekologo-gidrologicheskie problemy Donskogo vodosbornogo basseyna: mat. Nats. nauch. konf* [Forest Reclamation and Ecological-Hydrological Problems of the Don Catchment Basin: Proceed. of the National Scientific Conference]. Volgograd, Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, pp. 275-278, EDN: ELAVRT. (In Russian).

11. Drovovozova T.I., Milchenkova D.V., 2025. *Statisticheskiy analiz gidrokhimicheskikh pokazateley drenazhno-sbrosnykh vod s risovoy orositel'noy sistemy* [Statistical analysis of hydrochemical indicators of drainage and wastewater from a rice irrigation system]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 15, no. 2, pp. 94-112, DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-2-94-112, EDN RUCCYC. (In Russian).

Информация об авторах

Д. В. Мильченкова – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, milchenkova.darya@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7665-1366;

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, Web of Science ResearcherID: ABH-4873-2020, tid70.drovovozova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8724-7799.

Information about the authors

D. V. Milchenkova – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, milchenkova.darya@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7665-1366;

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, Web of Science ResearcherID: ABH-4873-2020, tid70.drovovozova@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8724-7799.

Вклад авторов: Д. В. Мильченкова – патентный поиск и анализ существующих технических решений, проведение исследований, формулирование выводов, написание статьи. Т. И. Дрововозова – формирование основной концепции, целей и задач исследований, формулирование выводов, написание статьи.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: D. V. Milchenkova – patent searched, analyzed existing technical decisions, conducted research, formulated conclusions and wrote the article. T. I. Drovovozova – developed the main concept, goals, and objectives of the research, formulated conclusions and wrote the article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.01.2026; одобрена после рецензирования 09.02.2026; принята к публикации 06.04.2026.

The article was submitted 30.01.2026; approved after reviewing 09.02.2026; accepted for publication 06.04.2026.