

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.6.02:631.95

Обоснование эффективности водоохранных мероприятий по очистке дренажного стока

Наталья Николаевна Красовская¹, Татьяна Ильинична Дрововозова²

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

¹panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

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

Аннотация. Цель: обоснование и оценка экологической эффективности водоохранных мероприятий по очистке дренажного стока. **Материалы и методы.** Для установления затрат, связанных с возмещением вреда водным объектам от сброса неочищенных дренажных вод, руководствовались методикой, утвержденной Приказом Минприроды России от 13.04.2009 № 87. Плата за негативное воздействие на водные объекты рассчитывалась по методике, утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.05.2023 № 881. **Результаты.** На примере дренажных вод из исследуемого отдельно расположенного гидротехнического сооружения в Семикаракорском филиале федерального государственного бюджетного учреждения «Управление «Ростовмелиоводхоз» рассчитана плата за негативное воздействие на водные объекты от сброса дренажных вод объемом 26,3 тыс. куб. м по девяти показателям, относящимся к 3-му и 4-му классам опасности, при четырехкратном превышении содержания сульфатов над предельно допустимой концентрацией, установленной для водных объектов рыбохозяйственного значения. Плата составила 5714,76 руб., размер вреда водному объекту равен 80,671 тыс. руб., это доказывает необходимость проведения природоохранных мероприятий в части достижения требуемого качества сточных (дренажных) вод. По коэффициенту предельной загрязненности установлено, что до очистки исследуемые дренажные воды характеризовались как умеренно загрязненные, после очистки – как чистые. Рассчитана экологическая эффективность очистки дренажной воды, составившая 70 %. **Выводы.** Обоснована необходимость планирования в работе гидромелиоративных систем водоохранных мероприятий, направленных на достижение нормативов качества воды. Оценена экологическая эффективность очистки дренажной воды с целью достижения требуемого качества для сброса в водный объект на уровне 70 %.

Ключевые слова: дренажный колодец, негативное воздействие на водный объект, предотвращенный ущерб, экологическая эффективность

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 21 февраля 2024 г.).

Для цитирования: Красовская Н. Н., Дрововозова Т. И. Обоснование эффективности водоохранных мероприятий по очистке дренажного стока // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 187–198.



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

Original article

Justification of water protective measures efficiency on drainage runoff treatment

Natalia N. Krasovskaya¹, Tatyana I. Drovovozova²

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

¹panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

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

Abstract. Purpose: justification and assessment of the environmental efficiency of water protective measures on drainage runoff treatment. **Materials and methods.** To determine the costs associated with compensation for damage to water bodies from the untreated drainage water discharge, the methodology approved by the Order of the Ministry of Natural Resources of Russia of April 13, 2009, no. 87, was used. Payment for the negative impact on water bodies was calculated according to the methodology approved by the Decree of the Government of the Russian Federation of May 31, 2023, no. 881. **Results.** Using the example of drainage water from the studied separately located hydraulic structure in the Semikarsky branch of the Federal State Budgetary Institution “Rostovmeliovodkhoz” Management, the payment for the negative impact on water bodies from drainage water discharge in a volume of 26.3 thousand cubic meters was calculated according to nine indicators related to the 3rd and 4th hazard classes, with a fourfold excess of sulfate content over the maximum permissible concentration stated for fisheries. The payment was 5714.76 rubles, the amount of damage to the water body is 80.671 thousand rubles, this proves the need for environmental protection measures to achieve the required quality of waste (drainage) water. Based on the coefficient of maximum pollution, it was determined that before treatment, the drainage water under study was characterized as moderately polluted, and after treatment – as clean. The environmental efficiency of drainage water purification was calculated to be 70 %. **Conclusions.** The necessity of planning water protective measures in the operation of drainage systems aimed at achieving water quality standards is substantiated. The environmental efficiency of drainage water treatment was assessed in order to achieve the required quality for discharge into a water body at the level of 70 %.

Keywords: drainage well, negative impact on water body, prevented damage, environmental efficiency

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 21, 2024).

For citation: Krasovskaya N. N., Drovovozova T. I. Justification of water protective measures efficiency on drainage runoff treatment. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1):187–198. (In Russ.).

Введение. В настоящее время перед организациями, эксплуатирующими гидромелиоративные системы, стоят задачи: максимально сократить негативное влияние дренажного стока на водные объекты, соблюдать нормативы качества воды в водных объектах.

За последние пять лет экологическое законодательство претерпело серьезные изменения, затронувшие мелиоративную отрасль. Во-первых, мелиоративные системы были отнесены к объектам III категории, незначительно влияющим на окружающую среду¹. Во-вторых, была отменена необходимость расчета норматива допустимого сброса², взамен чего организации, эксплуатирующие мелиоративные системы, с 2020 г. начали отчитываться о фактических концентрациях веществ в сточных (дренажных) водах. При этом при превышении фактической концентрации вещества над предельно допустимой концентрацией для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) в плате за негативное воздействие на водные объекты предусматривался повышающий коэффициент 25².

Предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, обязаны разрабатывать план мероприятий, направленных на минимизацию такого воздействия.

В настоящее время для этой цели предложены различные технические решения по очистке дренажного стока, однако в целом из-за высокой стоимости их внедрение затруднено [1–5]. По данным п. 2 Приказа Минприроды России № 903, физические и юридические лица обязаны вести учет объема дренажных вод и их качества³. На данный момент региональные ФГБУ – управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению являются юридическими лицами в мелиоративной отрас-

¹Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 31 дек. 2020 г. № 2398 (в ред. Постановления Правительства Рос. Федерации от 7 окт. 2021 г. № 1703). Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

²Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ (послед. ред.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 01.02.2024).

³Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества [Электронный ресурс]: Приказ М-ва природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации от 9 нояб. 2020 г. № 903. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

ли, а деятельность сельхозтоваропроизводителей (СХТП) имеет своим следствием образование дренажного стока с орошаемых земель. Таким образом возникает финансово-юридическая проблема в вопросе распределения ответственности между СХТП и управлениями по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению [6–8].

Согласно данным государственного доклада о состоянии и об охране окружающей среды в РФ, за последние пять лет в агропромышленном комплексе доля сброшенных без очистки сточных, в т. ч. дренажных, вод составила в среднем 17,8 %, очищенных до нормативного уровня – всего 5,3 % [9].

В связи с вышеизложенным, цель работы – обоснование и оценка экологической эффективности водоохранных мероприятий по очистке дренажного стока.

Материалы и методы. Порядок исчисления и взимания платы за негативное воздействие на водные объекты для гидромелиоративных систем, относящихся к объектам III категории, соответствовал Правилам исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду⁴. Исчисление платы осуществляется в соответствии со ст. 27 и 33 постановления⁴. Плата в пределах (равных или менее) нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ, технологических нормативов, либо в соответствии с декларацией о воздействии на окружающую среду, либо в соответствии с отчетом об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля для объектов III категории рассчитывается согласно формуле в ст. 27. При превышении объема или массы сбросов загрязняющих веществ над указанными в отчете об организации и о результатах осуществления производственного экологического

⁴Правила исчисления и взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 31 мая 2023 г. № 881. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

контроля для объектов III категории плата рассчитывается в соответствии с формулой в ст. 33⁴.

Для случаев выявления регулярного превышения фактических концентраций веществ над ПДК_{рх} рассчитывается размер вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства^{5,6}.

Исчисление размера вреда осуществлялось по формуле:

$$Y = K_{\text{вг}} \times K_{\text{в}} \times K_{\text{ин}} \times \sum_{i=1}^n (H_i \times M_i \times K_{\text{из}}),$$

где Y – размер вреда, тыс. руб.;

$K_{\text{вг}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года (для зимы и осени принимается 1,15, весны – 1,25, лета – 1,10);

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (для бассейна р. Дон – 1,29);

$K_{\text{ин}}$ – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития;

H_i – такса для исчисления размера вреда от сброса i -го вредного (загрязняющего) вещества в водный объект, тыс. руб./т;

M_i – масса сброшенного i -го вредного (загрязняющего) вещества, т;

$K_{\text{из}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность негативного воздействия загрязняющего вещества на водный объект, принимается равным 100.

Исходными материалами для расчетов служили данные гидрохимического анализа воды в исследуемом отдельно расположенном гидротех-

⁵Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (с изм. на 2 июня 2021 г.) [Электронный ресурс]. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁶Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 13 апр. 2009 г. № 87. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

ническом сооружении (ГТС) в Семикаракорском филиале ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз».

Экологическая эффективность водоохраных мероприятий (Ξ), связанных с очисткой дренажного стока, определялась по коэффициенту предельной загрязненности исследуемой дренажной воды до очистки ($K_{пз}$) и после нее ($K_{пз}^{BOM}$) согласно методике [10] по формуле:

$$\Xi = \left(1 - \frac{K_{пз}^{BOM} + 1}{K_{пз} + 1} \right) \times 100 \%$$

На основании результатов гидрохимического анализа воды рассчитали $K_{пз}$ и $K_{пз}^{BOM}$ (таблица 1).

Таблица 1 – Коэффициент предельной загрязненности воды с учетом и без водоохраных мероприятий

Table 1 – Coefficient of maximum water pollution, taking into account water protective measures and without them

Показатель	$C_i / ПДК_i$ * до очистки	$C_i / ПДК_i$ после очистки
Хлориды	0,334	0,101
Сульфаты	4,053	1,228
Нитриты	0,35	0
Нитраты	0,01	0
Фосфаты	0,1	0,02
Железо общее	0,3	0,2
Класс качества воды	Умеренно загрязненная, $K_{пз} = 4,147$	Чистая, $K_{пз}^{BOM} = 0,549$
*Примечание – C_i – концентрация i -го вещества; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.		

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлено, что максимальное загрязнение дренажных вод отмечалось в первые два летних месяца поливного периода, расчетный объем дренажного стока с орошаемого участка 50 га для исследуемого отдельно расположенного гидротехнического сооружения с учетом метеорологических характеристик исследуемого района составил 26,322 тыс. м³ [11]. Размер платы за негативное воздействие на водный объект вследствие сброса дренажных вод из исследуемого отдельно расположенного ГТС представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Плата за негативное воздействие на водные объекты
 в результате сброса дренажных вод**

**Table 2 – Payment for negative impacts on water bodies as a result
 of water discharge**

Наименование загрязняющего вещества	Фактический сброс загрязняющего вещества, т	Фактический сброс загряз- няющего вещества, т		Ставка платы, руб./л	Коэффициент к ставке платы за сброс сверх ПДК	Сумма платы, руб.		Итоговая сумма платы, руб.
		в пре- делах ПДК	сверх ПДК			в пре- делах ПДК	сверх ПДК	
Cl ⁻	2,637	2,637	–	2,4	–	7,405	–	7,405
SO ₄ ²⁻	10,668	2,632	8,036	6,0	100	18,477	5641,27	5659,75
Ca ²⁺	1,179	1,179	–	3,2	–	4,414	–	4,414
Mg ²⁺	0,819	0,819	–	14,9	–	14,278	–	14,278
Na ⁺	2,077	2,077	–	6,7	–	16,282	–	16,282
NO ₂ ⁻	0,000184	0,000184	–	7439	–	1,601	–	1,601
NO ₃ ⁻	0,001053	0,001053	–	14,9	–	0,018	–	0,018
PO ₄ ³⁻	0,001316	0,001316	–	3579,3	–	5,511	–	5,511
Fe _{общ.}	0,00079	0,00079	–	5950,8	–	5,500	–	5,500
Итого						73,486	5641,27	5714,76

Очевидно, что требования законодательства в части соблюдения нормативов качества в сточных (дренажных) водах достаточно жесткие и их исполнение стимулируется повышающим коэффициентом, который в настоящее время равен 100. До 1 сентября 2023 г. для объектов III категории для веществ 3-го и 4-го классов опасности данный коэффициент был равен 25. Четырехкратное повышение коэффициента должно стимулировать реализацию водоохранных мероприятий эксплуатирующими организациями.

Еще одним фактом ужесточения требований соблюдения водного законодательства является исчисление размера вреда (ущерба), причиненного водному объекту, в результате сброса сточных (дренажных) вод с содержанием веществ, превышающим предельно допустимые концентрации. При этом основанием для установления размера вреда будут являться сведения отчетов о производственном экологическом контроле.

В исследуемой воде установлено четырехкратное превышение содержания сульфатов, соответственно, был рассчитан размер вреда в результате сброса таких вод в водный объект при превышении только одного показателя. Результат расчета представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Размер вреда, причиненного водному объекту в результате сброса дренажных вод с превышением содержания сульфатов

Table 3 – Amount of damage caused to a water body as a result of the drainage water discharge with excess sulfate content

Показатель	$C_{\text{фи}}$, мг/дм ³	ПДК _{<i>i</i>} , мг/дм ³	M_i , т	$K_{\text{из}}$	$K_{\text{вг}}$	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{ин}}$	H_i , тыс. руб./т	$У$, тыс. руб.
SO ₄ ²⁻	405,3	100	8,036	1	1,10	1,56	1,17	5	80,671
Примечание – $C_{\text{фи}}$ – средняя фактическая концентрация <i>i</i> -го вещества в дренажных водах, мг/дм.									

Четырехкратное превышение даже одного показателя, относящегося к 4-му классу опасности, при объеме дренажного стока 26,322 тыс. м³ приводит к увеличению платежей на 80,671 тыс. руб. Очевидно, что с увеличением объемов дренажного стока и количества показателей, по которым фактически будет превышение ПДК_{рх}, плата за нарушение водного законодательства вырастет в разы. Ужесточение водоохранного законодательства направлено на стимулирование организаций к планированию мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на водные объекты.

В связи с вышеизложенным, для организаций, эксплуатирующих гидромелиоративные системы, экономически перспективно проводить природоохранную политику и при планировании своей деятельности предусматривать финансовые затраты на водоохранные мероприятия.

К одним из таких мероприятий можно отнести очистку дренажного стока. Планирование любых природоохранных мероприятий подразумевает определение их эффективности, в т. ч. экологической. На примере исследуемых дренажных вод проведена оценка экологической эффективности их очистки. Установлено, что по коэффициенту предельной загрязнен-

ности до очистки дренажные воды характеризовались как умеренно загрязненные, после очистки – как чистые. Эффективность мероприятий составляет примерно 70 %.

Выводы. Рассчитана плата за негативное воздействие на водные объекты в результате сброса дренажных вод объемом 26,3 тыс. м³ по девяти показателям, относящимся к 3-му и 4-му классам опасности, при четырехкратном превышении содержания сульфатов над ПДК_{рх}. Она составила 5714,76 руб.

Размер вреда, причиненного водному объекту в результате сброса дренажных вод с превышением содержания только сульфатов, составил 80,671 тыс. руб. Обоснована необходимость планирования в работе гидромелиоративных систем водоохраных мероприятий, направленных на достижение нормативов качества воды.

Оценена экологическая эффективность очистки дренажной воды с целью достижения требуемого качества для сброса в водный объект на уровне 70 %.

Список источников

1. Бородычев В. В., Конторович И. И. Утилизация дренажного стока с орошаемых земель: исходные требования к разработке процесса // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 3(23). С. 83–101. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1099> (дата обращения: 01.02.2024). EDN: UBIFSD.

2. Стрельбицкая Е. Б., Соломина А. П. Сорбционно-фильтрующие сооружения в технологиях очистки дренажного стока гидромелиоративных систем Нечерноземной зоны Российской Федерации // Природообустройство. 2020. № 4. С. 28–36. DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-28-36. EDN: OFZJKU.

3. Пат. 2728365 Российская Федерация, МПК⁶ E 02 B 11/00. Система сооружений для очистки дренажного стока / Губин В. К., Головинов Е. Э., Соломина А. П., Стрельбицкая Е. Б., Кудрявцева Л. В.; заявитель и патентообладатель Всерос. науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. № 2019144000; заявл. 26.12.19; опубл. 29.07.20, Бюл. № 22. 7 с. EDN: RPIVDT.

4. Cerveira G., de Magalhães J., de S. Antunes A. Trends in membrane distillation for wastewater treatment // Journal of Environmental Protection. 2021. № 12(2). P. 106–124. DOI: 10.4236/jep.2021.122008.

5. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин, Е. А. Лентяева, Н. П. Карпенко, Г. Х. Ялалова, И. В. Глазунова. М.: ВНИИ агрохимии, 2017. 296 с. EDN: ZDXXYB.

6. Дровозова Т. И., Полубедов С. Н., Кириленко А. А. Предложения по рас-

пределению ответственности за качество отводимых дренажно-сбросных вод между сельхозтоваропроизводителями и собственниками мелиоративных систем // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения), посвящ. 120-летию со дня рождения ученого в обл. гидравлики Скибы Михаила Матвеевича, г. Новочеркасск, 1–3 нояб. 2022 г. / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова. Вып. 20. Новочеркасск: Лик, 2022. С. 23–27. EDN: QXWOYQ.

7. Слабунова А. В., Домашенко Ю. Е. К вопросу определения платы за оказание услуг по подаче (отводу) воды для сельхозтоваропроизводителей на мелиорированных землях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 258–276. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1190> (дата обращения: 01.02.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-258-276. EDN: JYWWSP.

8. Слабунова А. В. О проблемах экономического механизма платного водопользования в области мелиорации в России и странах бывшего СССР // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 2(34). С. 230–245. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=981> (дата обращения: 01.02.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-230-245. EDN: ZQHGTМ.

9. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2022 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М. В. Ломоносова, 2023. 686 с.

10. Шабанов В. В., Маркин В. Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. М.: МГУП, 2009. 154 с.

11. Химический состав коллекторно-дренажного стока в открытых каналах Семикаракорского района / Т. И. Дрововозова, Т. Ю. Кокина, С. А. Марьяш, Е. С. Кулакова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 88–99. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1019> (дата обращения: 01.02.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99. EDN: KHZAEM.

References

1. Borodychev V.V., Kontorovich I.I., 2016. [Drainage runoff disposal from irrigated lands: basic requirements for design process]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(23), pp. 83-101, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1099> [accessed 01.02.2024], EDN: UBIFSD. (In Russian).

2. Strelbitskaya E.B., Solomina A.P., 2020. *Sorbtsionno-fil'truyushchie sooruzheniya v tekhnologiyakh ochistki drenazhnogo stoka gidromeliorativnykh sistem Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii* [Sorption-filtering structures in technologies for cleaning drainage runoff of hydro-reclamation systems of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation]. *Prirodoobustroystvo* [Nature Engineering], no. 4, pp. 28-36, DOI: 10.26897/1997-6011/2020-4-28-36, EDN: OFZJKU. (In Russian).

3. Gubin V.K., Golovinov E.E., Solomina A.P., Strelbitskaya E.B., Kudryavtseva L.V., 2020. *Sistema sooruzheniy dlya ochistki drenazhnogo stoka* [The System of Facilities for Drainage Runoff Treatment]. Patent RF, no. 2728365, EDN: RPIVDT. (In Russian).

4. Cerveira G., de Magalhães J., de S. Antunes A., 2021. Trends in membrane distillation for wastewater treatment. *Journal of Environmental Protection*, no. 12(2), pp. 106-124, DOI: 10.4236/jep.2021.122008.

5. Kireicheva L.V., Yurchenko I.F., Yashin V.M., Lentyaeva E.A., Karpenko N.P., Yalalova G.Kh., Glazunova I.V., 2017. *Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii* [Scientific Foundations for Creating and Managing Reclamation Systems in Russia]. Moscow, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, 296 p., EDN: ZDXXYB. (In Russian).

6. Drovovozova T.I., Polubedov S.N., Kirilenko A.A., 2022. *Predlozheniya po raspre-*

deleniyu otvetstvennosti za kachestvo otvodimyykh drenazhno-sbrosnykh vod mezhdru sel'khoztovaroproizvoditelyami i sobstvennikami meliorativnykh sistem [Proposals for the distribution of responsibility for the quality of drainage and waste water between agricultural producers and owners of reclamation systems]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. (Shumakovskie chteniya), posvyashch. 120-letiyu so dnya rozhdeniya uchenogo v obl. gidravliki Skiby Mikhaila Matveevicha* [Land Reclamation and Water Management: Proc. of the All-Russian Scientific-Practical Conference (Shumakov Readings), Dedicated to the 120th anniversary of the birth of the scientist in the field of hydraulics Skiba M.M.], vol. 20, Novocherkassk, Lik Publ., pp. 23-27, EDN: QXWOYQ. (In Russian).

7. Slabunova A.V., Domashenko Yu.E., 2021. [On issue of determining fees for water supply (drainage) of water for agricultural producers on reclaimed lands]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 258-276, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1190> [accessed 01.02.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-258-276, EDN: JYWWSP. (In Russian).

8. Slabunova A.V., 2019. [On issue of the economic mechanism of paid water use in the field of land reclamation in Russia and the countries of the former USSR]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(34), pp. 230-245, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=981> [accessed 01.02.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-2-230-245, EDN: ZQHGTM. (In Russian).

9. *O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy Federatsii v 2022 godu. Gosudarstvennyy doklad* [On State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2022. State Report]. Moscow, Ministry of Natural Resources of Russia, Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2023, 686 p. (In Russian).

10. Shabanov V.V., Markin V.N., 2009. *Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem* [Method for Assessing Water Quality and the State of Aquatic Ecosystems]. Moscow, MGUP, 154 p. (In Russian).

11. Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Maryash S.A., Kulakova E.S., 2019. [Chemical composition of collector-drainage runoff in open canals of Semikarakor region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1019> [accessed 01.02.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99, EDN: KHZAEM. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Н. Красовская – научный сотрудник, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, panya-86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID ID: 0000-0003-4426-7762;

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ResearcherID: ABH-4873-2020, ORCID ID: 0000-0002-8724-7799.

Information about the authors

N. N. Krasovskaya – Researcher, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, panya-86@mail.ru, AuthorID: 1094614, ORCID ID: 0000-0003-4426-7762;

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation, tid70.drovovozova@yandex.ru, AuthorID: 314686, ResearcherID: ABH-4873-2020, ORCID ID: 0000-0002-8724-7799.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 187–198.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 92, no. 1. P. 187–198.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this 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 28.02.2024; одобрена после рецензирования 04.04.2024;
принята к публикации 12.04.2024.*

*The article was submitted 28.02.2024; approved after reviewing 04.04.2024; accepted for
publication 12.04.2024.*