

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Обзорная статья

УДК 631.6.02:631.95

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-211-235

Современные экологические проблемы эксплуатации коллекторно-дренажной сети и пути их решения

Татьяна Ильинична Дрововозова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Аннотация. **Цель:** установление экологических проблем, возникших в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем, и основных принципов управления качеством дренажных вод с орошаемых земель. **Обсуждение.** Рассмотрены аналитические данные о состоянии мелиорированных земель, изменении уровня грунтовых вод в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем, использовании водных ресурсов, результаты теоретических и экспериментальных исследований качества коллекторно-дренажного стока в отводящих коллекторах оросительных систем юга России. Выделены основные проблемы: деградация земельных ресурсов, подъем уровня грунтовых вод, вторичное засоление и соленакопление при орошении, особенно оросительной водой с повышенной минерализацией, изменение гидрологического и гидрохимического режима водных объектов – приемников коллекторно-дренажного стока. Выделены правовые проблемы, связанные с отнесением гидромелиоративных систем к объектам III категории. Предложены пути решения экологических проблем, способы управления качеством дренажного стока, в т. ч. создание локальных очистных сооружений, основанных на трассировке коллекторно-дренажной сети на участки орошаемой площади, подвешенной к дренажной системе, в диапазоне 10–200 га с сооружением накопительных дренажных колодцев как мест учета расхода и регулирования химического состава дренажного стока. **Выводы.** Проблемы загрязнения носят региональный характер и определяются не только хозяйственной деятельностью, но и природными факторами. Совокупность оросительных каналов, коллекторно-дренажных сетей и водоприемников дренажно-сбросных вод участвует в межбассейновом перераспределении поверхностного и подземного стока. В процессе управления качеством дренажных вод с орошаемых земель и экологически безопасной эксплуатации гидромелиоративных систем непременно должны участвовать три стороны: управления мелиорации, сельхозтоваропроизводители и государственные органы исполнительной власти.

Ключевые слова: коллекторно-дренажная сеть, деградация земельных ресурсов, уровень грунтовых вод, оросительная вода, качество дренажного стока, минерализация

Для цитирования: Дрововозова Т. И. Современные экологические проблемы эксплуатации коллекторно-дренажной сети и пути их решения // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 2. С. 211–235. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-2-211-235>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Review article

Current environmental issues of collector-drainage network operation and ways to solve them

Tatyana I. Drovovozova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

Abstract. Purpose: to determine the environmental issues that arose during the operation of irrigation and drainage systems, and the basic principles of managing the quality of drainage water from irrigated lands. **Discussion.** Analytical data on the condition of reclaimed lands, changes in groundwater levels during the operation of irrigation systems, the use of water resources, the results of theoretical and experimental studies of the collector-drainage flow quality in the irrigation system diversion collectors in the south of Russia are considered. The main problems are identified: land resources degradation, rising groundwater levels, resalinization and salt accumulation during irrigation, especially with irrigation water with increased mineralization, changes in the hydrological and hydrochemical regime of water bodies – collector-drainage runoff intakes. Legal problems associated with the classification of irrigation and drainage systems as objects of category III are highlighted. Ways to solve environmental problems, methods for managing the quality of drainage runoff, including the creation of local treatment facilities based on routing the collector-drainage network to irrigated areas suspended from the drainage system, in the range of 10–200 ha with construction of storage drainage sumps as places for metering flow and regulating the chemical composition of drainage flow. **Conclusions.** Pollution problems are regional in nature and are determined not only by economic activities, but also by natural factors. The set of irrigation canals, collector-drainage networks and water intakes of drainage-discharge waters participates in the inter-basin redistribution of surface and underground runoff. In the process of managing the quality of drainage water from irrigated lands and the environmentally safe operation of hydro-reclamation systems, three parties must certainly participate: reclamation departments, agricultural producers and government agencies.

Keywords: collector-drainage network, land resources degradation, groundwater level, irrigation water, drainage runoff quality, mineralization

For citation: Drovovozova T. I. Current environmental issues of collector-drainage network operation and ways to solve them. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(2):211–235. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-2-211-235>.

Введение. В современных условиях различные сферы экономики находятся в состоянии «санкционного шока», который заставляет использовать более эффективно внутренние резервы страны. К одной из таких отраслей относится сельское хозяйство, которое быстрее других адаптируется к новым реалиям. Для обеспечения продовольственной безопасности РФ перед российским АПК поставлена цель импортозамещения, которая может быть реализована при решении следующих ключевых задач: восстановление собственной семеноводческой базы, птицеводства и животноводства, расширение перечня выращиваемых сельхозкультур, увеличение

объемов производства продуктов питания из собственного сырья^{1, 2, 3} [1–3]. Для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур ключевая роль отводится мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению [4–7].

Основное производство растениеводческой продукции сосредоточено на юге России, характеризующемся сложными погодно-климатическими условиями. Так, по данным информационного издания [8], «на 80 % земель, используемых в сельскохозяйственном производстве, наблюдается дефицит атмосферных осадков, свыше 10 % пахотных земель находится в зоне избыточного увлажнения». Снижению влияния неблагоприятных климатических факторов способствует орошаемое земледелие, применяемое на юге России начиная с 60-х гг. прошлого столетия. Это привело к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, увеличению валового сбора сельхозпродукции. Основной полив осуществляется в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (ФО), что объясняется благоприятными агроклиматическими условиями, с одной стороны, и дефицитом атмосферных осадков в вегетационный период растений, с другой.

Однако в процессе длительной эксплуатации гидромелиоративных систем появились экологические проблемы, сдерживающие развитие отрасли.

В связи с вышеизложенным, цель работы – установление экологических проблем, возникших в процессе эксплуатации гидромелиоративных систем, и основных принципов управления качеством дренажных вод с орошаемых земель.

¹О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Рос. Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

²Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017–2025 годы [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 25 авг. 2017 г. № 996. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

³Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2025 годы [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 14 июля 2012 г. № 717. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Обсуждение. Анализ фактического использования земель в сельскохозяйственном производстве, в т. ч. орошаемых земель, в целом по Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам (ЮФО, СКФО) РФ показал, что в ЮФО из общей площади орошаемых земель не поливалось 64,5 %, в СКФО – 50,6 %. При этом в ЮФО примерно 38 % от общей площади не поливалось по причине недостатка воды и 19,6 % – по причине неисправности оросительных систем (ОС). В СКФО, наоборот, 78,5 % земель не поливалось из-за неисправностей оросительных систем и только около 4 % из-за недостатка воды (таблица 1) [8].

Таблица 1 – Мелиоративное состояние орошаемых земель и техническое состояние оросительных систем в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах (по состоянию на начало 2020 г.) [8]

В тыс. га

Table 1 – Reclamation condition of irrigated lands and technical condition of irrigation systems in the Southern and North Caucasus Federal Districts (as of the beginning of 2020) [8]

In thousand ha

Федеральный округ	Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий							
	общая	находящихся под контролем	из общей площади с дренажем (всего)	из общей площади не использовалось (всего)	в т. ч. по причине засоления и заболачивания почв	из общей площади не поливалось (всего)	в т. ч. по причинам	
							недостатка воды в источниках	неисправности оросительной сети
Южный	1513,81	1113,17	458,632	376,944	59,279	975,873	370,666	191,28
Северо-Кавказский	1007,84	978,936	304,481	184,145	44,8	509,534	19,5	400,317

В разрезе субъектов ФО (таблица 2) видно, что основные орошаемые земли в ЮФО сосредоточены в Краснодарском крае (25,53 % от общей площади в ФО), в Ростовской области (15,3 % от общей площади в ФО) и в Астраханской области (около 14 % от общей площади в ФО). При этом доля неполитых земель в Ростовской области от общей площади орошае-

мых земель составила чуть более 17 %, основная причина – неисправность оросительных систем.

Таблица 2 – Мелиоративное состояние орошаемых земель и техническое состояние оросительных систем в разрезе субъектов Южного федерального округа (по состоянию на начало 2020 г.) [8]

В %

Table 2 – Reclamation condition of irrigated lands and technical condition of irrigation systems in the context of constituent entities of the Southern Federal District (as of the beginning of 2020) [8]

In %

Субъект	Доля от общей площади орошаемых земель в ФО	Доля орошаемых земель, оснащенных дренажем	Доля неиспользованных орошаемых земель		Доля неполивных орошаемых земель		
			из общей площади	в т. ч. по причине засоления и заболачивания почв	из общей площади	из-за недостатка воды	из-за неисправности оросительных систем
Астраханская область	13,9	1,41	33,28	47,67	13,14	0	0
Волгоградская область	11,81	2,45	23,975	0	2,74	0	9,13
Краснодарский край	25,53	53,36	14,79	0	23,60	1,25	29,15
Республика Адыгея	1,65	0	0	0	0	0	0
Республика Калмыкия	5,34	2,76	9,26	52,33	4,42	0	22,58
Республика Крым	2,62	0	18,14	0	38,52	98,69	0
Ростовская область	15,28	27,28	0,32	0	17,12	0	38,53

В Краснодарском крае не поливалось примерно 23,5 % земель от общей площади в крае, основная причина та же – неисправность оросительных систем. В Астраханской области не поливалось примерно 13 % земель от общей по области, при этом причина в официальных источниках не указывается. Необходимо отметить, что во всех субъектах ЮФО недостатка поливной воды не наблюдается, за исключением нового региона – Республики Крым.

В последние десятилетия на мелиорированных землях отмечается развитие процессов деградации земельных ресурсов, таких как эрозия, дефицит органического вещества и элементов минерального питания, засоление, заболачивание, подтопление. В последних случаях для решения проблемы успешно используется коллекторно-дренажная сеть, отводящая избыточную влагу с сельскохозяйственных земель. Длительное применение орошаемого земледелия привело к вторичным экологическим проблемам, а именно: подъему грунтовых, зачастую минерализованных, вод, вторичному засолению и сезонному соленакоплению, деградации водных объектов [9–11].

Сведения о распределении орошаемых земель в ЮФО по глубине залегания грунтовых вод (ГВ) на начало 2020 г. представлены в таблице 3. Анализ данных таблицы 3 показывает, что в ЮФО около 24 % площади орошаемых земель с уровнем залегания ГВ 0–2 м и столько же с уровнем 2–3 м, причем в Ростовской области примерно 19 % площади орошаемых земель имеют уровень залегания ГВ 0–2 м и 44,25 % площади – 3–5 м.

Таблица 3 – Распределение орошаемых земель по глубине залегания грунтовых вод (по состоянию на начало 2020 г.) [8]

В тыс. га

Table 3 – Distribution of irrigated lands according to groundwater depth (as of the beginning of 2020) [8]

In thousand ha

Субъект	Площадь орошаемых земель по глубине залегания УГВ, м						
	< 1,0	1–1,5	1,5–2,0	2,0–3,0	3,0–5,0	> 5,0	всего
ЮФО	11,881	51,516	191,005	261,225	275,003	270,583	1061,213
Астраханская область	0,904	9,104	45,673	38,221	29,104	35,666	158,672
Волгоградская область	0	0,343	0,036	8,033	34,66	135,768	178,84
Краснодарский край	1,357	23,557	114,475	140,816	69,014	37,23	386,449
Республика Адыгея	0,82	1,816	6,809	12,747	2,76	0	24,952
Республика Калмыкия	0	0,596	5,112	20,008	37,065	18,119	80,9
Республика Крым	0	0	0	0	0	0	0
Ростовская область	8,8	16,1	18,9	41,4	102,4	43,8	231,4

Многолетние наблюдения за уровнем грунтовых вод (УГВ) в Центральной орошаемой зоне Ростовской области показали, что он начал подниматься повсеместно. До строительства Веселовского водохранилища и Пролетарской оросительной системы ГВ залежали в основном на глубине 2–7 м, минерализация колебалась от 5 до 45 г/дм^{3,4,5}.

С первыми пусками воды на орошение (Багаевско-Садковская и Азовская оросительно-обводнительные системы) в объеме 40 млн м³/год УГВ в 1956 г. поднялся до 1,8–1,9 м, а в 1962 г. – до 1,3–1,6 м [12]. По исследованиям З. Ф. Туляковой⁶, до начала орошения УГВ находился на глубине 4–6 м, а после стабилизировался на глубине 2 м.

Наиболее полные исследования влияния орошения на УГВ проводились в регионе р. Западный Маныч [13]. В 1952 г. до начала орошения примерно 82 % площади региона было с уровнем залегания ГВ на глубине 4–6 м. На уровень залегания ГВ на глубине 0–2 м приходился всего 1 % сельхозплощадей. В 1973 г. площадь земель в бассейне р. Западный Маныч с уровнем залегания ГВ 0–2 м увеличилась до 27,4 %, что связано с возделыванием риса, а площадь с УГВ 4–6 м составляла 60,6 %. Исследования, проведенные в начале нулевых годов, показали, что основная масса ГВ (79,2 %) залежала уже на глубине 0–2 м, а на остальной территории – 2–4 м [13].

Произошли значительные изменения и в минерализации ГВ данного региона. Если в 1952 г. перед началом орошения только 2 % сельхозплощадей имело залегание ГВ с минерализацией 0–5 г/дм³, 26 % – с минерализацией 5–10 г/дм³ и 32,4 % с минерализацией 10–20 г/дм³, то к 1973 г. доля площадей с ГВ минерализацией 0–5 г/дм³ выросла до 18,6 %, а с минерализацией 5–10 г/дм³ – до 33,3 % [13]. Сведения о распределении орошаемых земель по минерализации ГВ на начало 2020 г. представлены в таблице 4.

⁴Ковда В. А. Происхождение и режим засоления почв. М. – Л., 1946. Т. 1. 574 с.

⁵Садименко П. А. Почвы юго-восточных районов Ростовской области. Ростов н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1966. 128 с.

⁶Тулякова З. Ф. Рис на засоленных землях. М.: Колос, 1978. 240 с.

Таблица 4 – Распределение орошаемых земель в субъектах Южного федерального округа по минерализации грунтовых вод (по состоянию на начало 2020 г.) [8]

В тыс. га

Table 4 – Distribution of irrigated lands in the constituent entities of the Southern Federal District according to groundwater mineralization (as of the beginning of 2020) [8]

In thousand ha

Субъект	Распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации грунтовых вод, г/л		
	Менее 1,0	1,0–3,0	Более 3,0
ЮФО	163,289	421,346	476,578
Астраханская область	17,095	64,827	76,75
Волгоградская область	64,117	55,418	59,305
Краснодарский край	54,39	223,304	108,755
Республика Адыгея	17,467	7,485	0
Республика Калмыкия	2,62	5,312	72,968
Республика Крым	0	0	0
Ростовская область	7,6	65	158,8

Данные таблицы показывают, что наибольшая доля сельхозплощадей в Ростовской области (68,6 %) распространяется над ГВ с минерализацией более 3 г/дм³, этот субъект находится на втором месте после Республики Калмыкия (91,2 %). В Краснодарском крае чуть более 28 % орошаемых земель лежат над ГВ минерализацией выше 3 г/л. Если сравнивать в разрезе субъектов ЮФО, то на первом месте по распределению таких земель находится Ростовская область (33,3 %), на втором месте Краснодарский край (22,8 %).

Минерализованные ГВ не только оказывают негативное воздействие на физико-химические свойства почв, но и играют существенную роль в формировании химического состава и качества поверхностных вод малых водных объектов, и особенно дренажных вод.

На содержание легкорастворимых солей в почве огромное влияние оказывает качество оросительной воды. Сведения о распределении орошаемых земель по минерализации оросительной воды на начало 2020 г. представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Распределение орошаемых земель в субъектах Южного федерального округа по минерализации оросительной воды (по состоянию на начало 2020 г.) [8]

В тыс. га

Table 5 – Distribution of irrigated lands in the constituent entities of the Southern Federal District according to irrigation water mineralization (as of early 2020) [8]

In thousand ha

Субъект	Распределение орошаемых сельхозугодий по минерализации оросительной воды, г/л		
	Менее 1,0	1,0–2,0	Более 2,0
ЮФО	936,324	103,786	73,084
Астраханская область	210,63	0	0
Волгоградская область	170,593	8,27	0
Краснодарский край	323,599	34,13	28,72
Республика Адыгея	17,904	7,048	0
Республика Калмыкия	39,698	39,938	1,264
Республика Крым	0	0	0
Ростовская область	173,9	14,4	43,1

Из всех субъектов ЮФО наибольшая доля сельхозплощадей, орошаемых водой с минерализацией более 2 г/дм³, приходится на Ростовскую область (18,63 %). Источником оросительной воды повышенной минерализации является Веселовское водохранилище, длительный полив такой водой привел к вторичному засолению почв^{7, 8, 9}. На остальной площади сельскохозяйственных земель области используется оросительная вода, источником которой является Цимлянское водохранилище (донская вода) с минерализацией воды менее 1 г/дм³. Вода из Цимлянского водохранилища подается в Донской магистральный канал (ДМК), а оттуда в Нижнедонской (НДМК) и Багаевский (БМК) (БГР-7) магистральные каналы, часть

⁷Проблемы орошаемого земледелия Ростовской области / Р. Н. Смирнов, Л. Н. Вильшанская, И. А. Нагибедьян, И. Л. Гребенчук // Орошение и мелиорация почв. М., 1977. С. 98–100.

⁸Андреев Г. И., Козлечков Г. А., Родионова Л. М. Влияние воды Веселовского водохранилища на предкавказские черноземы при орошении // Орошение и мелиорация почв. М., 1977. С. 100–108.

⁹Охрана вод Пролетарской оросительной системы от загрязнения пестицидами / А. А. Парфенюк, В. И. Степовой, Т. Х. Колесникова, А. И. Симонович, Т. П. Лиховидова // Рациональное использование и охрана водных ресурсов Ростовской области: сб. докл. НТК. Ростов н/Д., 1978. С. 55–58.

пресной воды при помощи Садковского канала подается для снижения минерализации в Веселовское водохранилище, из которого забирает воду Азовский магистральный канал.

Данные исследований качества оросительной воды в Нижнедонском, Багаевском и Азовском каналах и их солевой состав представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Солевой состав воды в исследуемых оросительных каналах (данные на 2020 г.)

Table 6 – Salt composition of water in the studied irrigation channels (data as for 2020)

Исследуемый канал	Характеристика воды			
	Минерализация, мг/дм ³	Класс	Группа	Тип по Алекину
НДМК, вход из ДМК	649	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	II
Концевая часть НДМК	627	Гидрокарбонатно-сульфатный	Na	II
БМК (БГР-7), вход из ДМК	515	Гидрокарбонатные	Ca	II
АзМК	2109	Сульфатные	Na	II

В настоящее время в работе гидромелиоративных систем отмечается нерегулируемое поступление различных веществ с дренажным стоком в природные водоприемники, оно обусловлено как антропогенными, так и природными факторами и может повлечь загрязнение, засорение или истощение водных объектов.

В таблице 7 представлена общая характеристика использования водных ресурсов по управлениям мелиорации в ФО юга России.

Данные таблицы 7 показывают, что в ЮФО доля отведения возвратных вод в природные водные объекты составляет в Республике Адыгея около 23 %, в Астраханской области примерно 8 % и в Ростовской области примерно 2,5 %.

В СКФО водоотведение в природные водные объекты осуществляется с орошаемых земель Республики Дагестан, доля возвратных вод относительно водозабора по республике составляет чуть больше 15 %.

Таблица 7 – Характеристика объемов возвратных вод по субъектам Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (данные на 2022 г.)¹⁰

Table 7 – Characteristics of return water in constituent entities of the Southern and North Caucasus Federal Districts (data as for 2022)¹⁰

ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения»	Количество ОС	Годовой объем водозабора, тыс. м ³	Водоотведение, тыс. м ³	Доля водоотведения от водозабора, %
Южный федеральный округ				
Кубаньмелиоводхоз	14 ОС	518391619365,46	1778961,27	0,0003
Адыгемелиоводхоз	3 ОС	198610	45166	22,74
Ростовмелиоводхоз	31 ОС	198200	4918,61	2,48
Калммелиоводхоз	5 ОС	568180	0	0
Волгоградмелиоводхоз	30 ОС	430546,92	0	0
Астраханмелиоводхоз	22 ОС	481033,026	38726,93	8,05
Всего		518393495935,41	1867772,81	0,0003
Северо-Кавказский федеральный округ				
Ставропольмелиоводхоз	19 ОС	2502790	0	0
Чеченмелиоводхоз	9 ОС	546862	0	0
УЭММККаббалкмелиоводхоз	6 ОС	133672	0	0
Ингушмелиоводхоз	2 ОС	172651	0	0
Карачаевочеркескмелиоводхоз	3 ОС	0	0	0
Севосетинмелиоводхоз	18 ОС + 2 водохозяйственных МС	34071,9	0	0
Минмелиоводхоз РД	52 ОС	2812658,6	428361	15,23
Всего		6202705,5	428361	6,9

Качество дренажных вод с оросительных систем Республики Дагестан удовлетворяет требованиям нормативов предельно допустимой концентрации для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}), за исключением взвешенных веществ, приносимых горными реками Терек и Сулак.

Оценка качества сбросных вод с оросительных систем ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз» по содержанию биогенов показала отсутствие превышений по всем показателям. Концентрация хлорид-ионов

¹⁰Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения: 10.01.2024).

в сбросных водах в 50 раз ниже ПДК_{рх}, концентрация сульфат-ионов в сбросных водах примерно в 10 раз ниже ПДК_{рх}.

На оросительных системах ФГБУ «Управление «Астраханмелиоводхоз» на незасоленные и слабозасоленные площади приходится от 64 до 85 % сельскохозяйственных земель. Следовательно, для данного региона проблема засоления почв и, как следствие, коллекторно-дренажного стока отсутствует, что подтверждают данные гидрохимического анализа сбросных вод.

В ФГБУ «Управление «Кубаньмелиоводхоз» контролируемые показатели являются только пять – взвешенные вещества, БПК₅ и биогены. Анализ показал единичные превышения содержания фосфатов от 1,2 до 1,8 ПДК_{рх}.

Анализ качества дренажных вод с орошаемых земель, находящихся в ведении ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз», показал, что наиболее неблагополучными с точки зрения превышения ПДК_{рх} являются солеобразующие ионы. Остальные показатели соответствуют нормативным значениям.

Установлено, что во всех коллекторах имеет место регулярное превышение содержания сульфатов (максимально до 15,7 ПДК) и магния (максимально до 5,2 ПДК). Кроме того, гидрохимический анализ фоновых створов водных объектов – приемников коллекторно-дренажных вод (КДВ) также показал аналогичную картину [14–16].

Проблема с качеством КДВ обусловлена конструкцией отводящей коллекторно-дренажной сети: если дрены в основном закрытого типа, то коллекторы представляют собой открытые каналы в земляном русле. Соответственно, при транспортировке воды по каналу происходит попадание в них с поверхностным стоком нефтепродуктов, взвешенных веществ, АПАВ, а также биогенов от прилегающих к каналам сельских поселений, что приводит к вторичному загрязнению КДВ. В результате на выпуске в водный объект КДВ содержат вещества, поступающие в дрены с ГВ,

с инфильтрационными водами из почв, а также загрязняющие вещества, поступающие с поверхностным стоком с площади водосбора открытого коллектора.

Для повышения экологической безопасности водоприемников КДВ необходимо комплексное решение проблемы. С одной стороны, по отдельным ионам, наличие которых обусловлено природными факторами, необходима разработка региональных ПДК, с другой, необходима реконструкция коллекторно-дренажной сети, прежде всего магистральных коллекторов. Для ограничения влияния на химический состав КДВ подземного и инфильтрационного стока необходимо применение современных фильтрационных материалов (геотекстиля). Для предотвращения влияния поверхностного стока с площади водосбора отводящие коллекторы должны быть полузакрытого типа [17].

В соответствии с действующим законодательством контроль за качеством сточных, в т. ч. дренажных, вод возлагается непосредственно на водопользователя (управления мелиорации)¹¹.

В настоящее время сброс сточных (дренажных) вод водопользователями, в частности управлениями мелиорации, осуществляется на основании решения о предоставлении водного объекта в пользование. При этом программа проведения измерений качества сточных (дренажных) вод, а также наблюдения за водным объектом согласовывается с региональным бассейновым водным управлением и утверждается региональным министерством природных ресурсов и экологии. Однако на практике при формировании перечня показателей руководствуются результатами мониторинга водных объектов, не относящихся к сельскохозяйственным территориям.

¹¹Об 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 справ. системы «Техэксперт».

В настоящее время единственным участком и способом контроля качества сточных (дренажных) вод из коллекторных каналов является забор и анализ проб воды в месте сброса КДВ в водный объект (в устье коллектора), а также в водном объекте в фоновом створе на 500 м выше и контрольном створе на 500 м ниже выпуска сточных вод. Единственным ответственным за качество отводимых сточных (дренажных) вод лицом является управление мелиорации, по сути, транзитная организация по доставке и отводу воды. Несмотря на присутствие других потенциальных источников загрязнения на территории водосбора коллекторно-дренажной сети, в соответствии с действующим законодательством, эксплуатирующая ее водохозяйственная организация несет на себе бремя по соблюдению нормативов качества воды и плате за сброс присутствующих в ее составе загрязняющих веществ.

Никаких других способов контроля качества КДВ в мелиоративных каналах не предусмотрено. По этой причине не представляется возможным установить все источники поступления загрязняющих веществ. Ввиду значительной протяженности коллекторных каналов (десятки километров) площадь водосбора может включать не только орошаемые земли, но и прилегающие к ним малые населенные пункты, неорганизованный поверхностный сток с которых никто и никогда не контролирует. Кроме того, не все сопряженные с коллекторами дренажные системы находятся в федеральной или региональной собственности, на балансе управлений. Есть участки, не имеющие собственника, соответственно, поступление загрязняющих веществ в них также неконтролируемое.

В связи с этим необходимо провести инвентаризацию мелиоративных систем, упорядочить форму собственности на всем протяжении коллекторно-дренажной сети, пересмотреть точки контроля качества отводимого коллекторно-дренажного стока, установки приборов водоучета.

До 2019 г. при отведении дренажных вод руководствовались допустимыми концентрациями в отводимых водах (нормативами допустимых сбросов – НДС), которые учитывали фоновое состояние водного объекта, в последующий период после отнесения мелиоративных (оросительных) систем к объектам III категории расчет и применение НДС на законодательном уровне отменены¹². При оценке качества дренажных вод руководствуются обязательными требованиями в области охраны окружающей среды, установленными ч. 4 ст. 35, п. 1 ч. 2 ст. 39, ч. 1 ст. 44, ч. 2 ст. 55, ч. 6 ст. 56 Федерального закона от 12.04.2006 № 74-ФЗ и ч. 1 ст. 34 Федерального закона от 20.12.2001 № 7-ФЗ^{13, 14}.

Отмена необходимости расчета НДС в 2019 г. для объектов III категории, к которым отнесли мелиоративные системы, усугубила проблему обеспечения качества сточных (дренажных) вод, сбрасываемых в водные объекты, в соответствии с требованиями законодательства об охране водных объектов.

При надзоре за качеством отводимых сточных (дренажных) вод в водный объект применяется следующий подход: если в фоновом створе водного объекта не достигаются нормативы ПДК, значит, к отводимым сточным (дренажным) водам априори применяется норматив ПДК. Отсутствует учет региональных особенностей геохимического фона бассейна реки, агроландшафта, фонового состояния водного объекта, процессов разбавления. Существующая методика расчета допустимых концентраций веществ в отводимых водах предполагает, что фоновые концентрации не превышают

¹²Об 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 справ. системы «Техэксперт».

¹³Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ (с изм. на 2 июня 2021 г.) [Электронный ресурс]. Доступ из справ. системы «Техэксперт».

¹⁴Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 05.01.2024).

предельно допустимые, это для многих водных объектов недостижимо по естественным причинам, соответственно, нужно ее актуализировать.

В результате анализа существующей обстановки на мелиоративных системах установлены приоритетные эколого-нормативно-методические проблемы (рисунок 1).

Одним из способов управления качеством дренажного стока является разработка технических решений по его очистке. Большинство предложений связано с устройством биологических очистных сооружений [18–24].

Изучив состояние коллекторов, например, в Ростовской области, необходимо отметить, что большинство из них представляют собой открытые каналы в земляном русле, заросшие высшей водной растительностью по береговым откосам (рисунок 2), обеспечивающей естественную фильтрацию водного стока.

Из-за огромных объемов отведения КДВ (миллионы кубических метров) и сезонности сброса, отсутствия учета региональных особенностей бассейновой геосистемы оборудование устьев коллекторов очистными сооружениями является экологически неоправданным и финансово необоснованным. Актуальным и технически достижимым решением вопроса очистки дренажных вод является создание локальных очистных сооружений (ЛОС) в местах сопряжения дренажной сети сельхозтоваропроизводителя (СХТП) и коллектора, находящегося на балансе ФГБУ (управления мелиорации). При устройстве ЛОС необходимо в основу положить трассировку коллекторно-дренажной сети на участки орошаемой площади, подвешенной к дренажной системе, в диапазоне 10–200 га с сооружением накопительных дренажных колодцев, обязательна их принадлежность СХТП, проведение технико-экономического обоснования целесообразности устройства ЛОС. В этом случае СХТП будут заинтересованы в соблюдении требований к внесению удобрений, применению пестицидов, качеству отводимых дренажных вод.

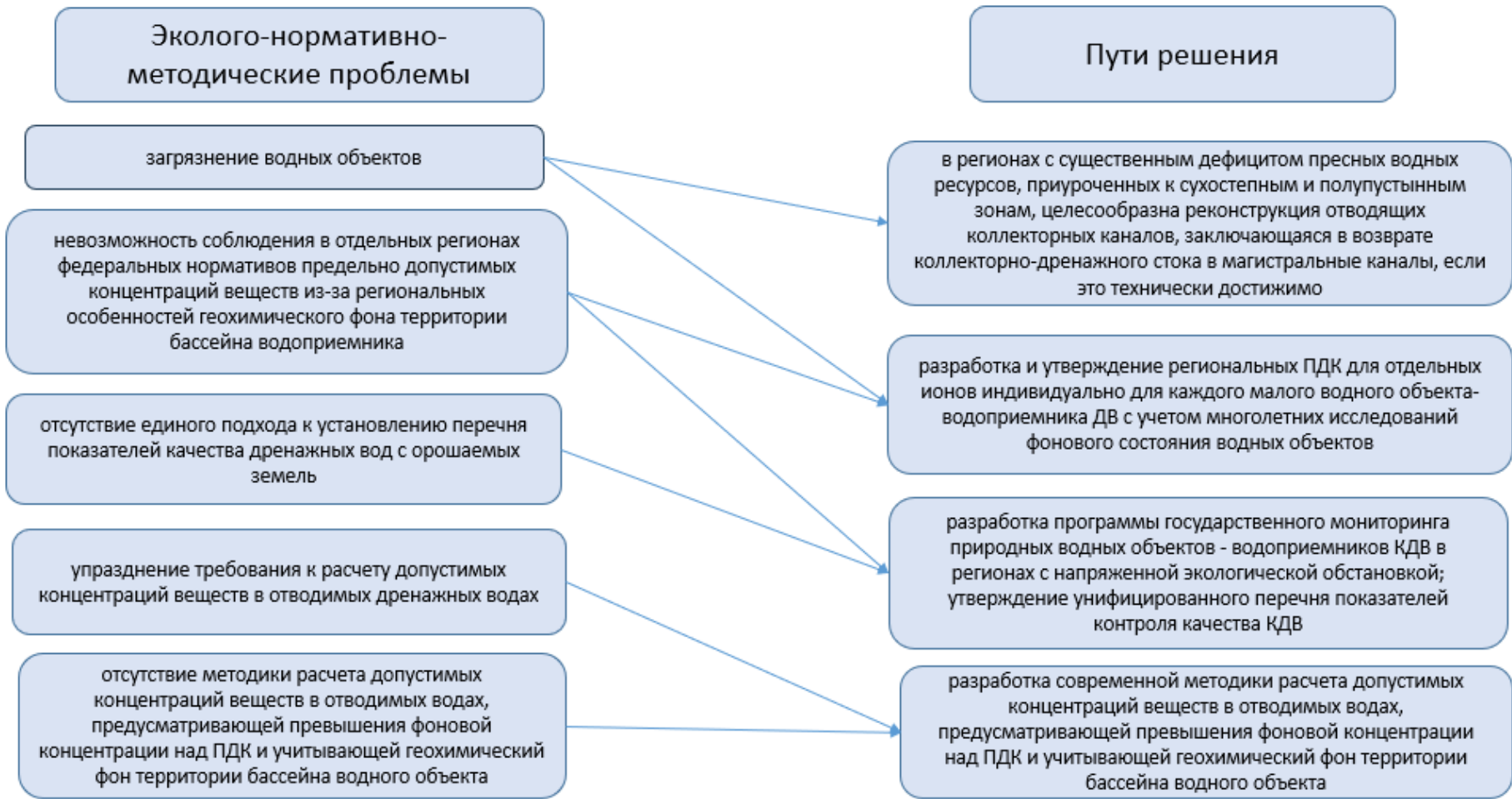


Рисунок 1 – Приоритетные эколого-нормативно-методические проблемы в мелиоративной отрасли и пути их решения

Figure 1 – Priority environmental, regulatory and methodological problems in the reclamation industry and ways to solve them



Рисунок 2 – Коллектор ЛС-2 (фото автора)
Figure 2 – LS-2 collector (photo by the author)

При таком подходе становится возможным контролировать объемы дренажного стока от конкретного СХТП, качество отводимого дренажного стока с конкретного орошаемого участка, дифференцировать ответственность за качество дренажных вод с орошаемых земель между СХТП и управлениями мелиорации.

В процессе управления качеством дренажных вод с орошаемых земель и экологически безопасной эксплуатации гидромелиоративных систем должны участвовать три заинтересованные стороны: управления мелиорации, СХТП и государственные органы исполнительной власти (Министерство сельского хозяйства и Департамент мелиорации). Процесс взаимодействия должен основываться на решении задач, представленных на рисунке 3.

Выводы. Проблемы загрязнения носят региональный характер и определяются не только хозяйственной деятельностью, но и природными факторами. Совокупность оросительных каналов, коллекторно-дренажных сетей и водоприемников дренажно-сбросных вод участвует в межбассейновом перераспределении поверхностного и подземного стока.



Рисунок 3 – Схема управления качеством дренажного стока с орошаемых земель
Figure 3 – Quality management diagram of drainage flow from irrigated lands

В результате анализа существующей обстановки на мелиоративных системах установлены приоритетные эколого-правовые проблемы.

1 Необходимость проведения инвентаризации мелиоративных систем, упорядочения форм собственности на всем протяжении коллекторно-дренажной сети, уточнения точек контроля качества отводимого коллекторно-дренажного стока, установки приборов учета.

2 Невозможность соблюдения в отдельных регионах федеральных нормативов предельно допустимых концентраций веществ из-за региональных особенностей геохимического фона территории бассейна водотока – приемника возвратных вод с орошаемых участков.

3 Упразднение требования расчета нормативов допустимых сбросов и, соответственно, допустимых концентраций веществ в отводимых дренажных водах с учетом фонового состояния водного объекта.

4 Отсутствие методики расчета допустимых концентраций в отводимых водах, предусматривающей превышения фоновой концентрации над предельно допустимой концентрацией и учитывающей геохимический фон территории бассейна водного объекта.

Вследствие отсутствия четкого представления о распределении ответственности за качество отводимых сточных (дренажных) вод между управлениями мелиорации и сельхозтоваропроизводителями, хозяйственная деятельность которых непосредственно обуславливает их образование, целесообразно создание локальных очистных сооружений в местах сопряжения дренажной сети сельхозтоваропроизводителя и коллектора, находящегося на балансе федерального государственного бюджетного учреждения (управления мелиорации), с использованием накопительных дренажных колодцев как мест учета расхода и регулирования химического состава дренажного стока.

Список источников

1. Оборин М. С. Проблемы и перспективы импортозамещения в отрасли сельского хозяйства // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Экономика и управление. 2020. Т. 6(72), № 2. С. 96–105. EDN: CZEVKI.
2. Мельникова Д. М. Анализ политики импортозамещения в сельском хозяйстве: проблемы и перспективы на региональном уровне // Европейские научные исследования: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2016. С. 42–45. EDN: WZIMCF.
3. Рябошапка А. И., Чивчян А. А. Импортозамещение в сельском хозяйстве: достижения и проблемы реализации // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 3. С. 108–112. EDN: YKRGYD.
4. Бабичев А. Н., Недоцукова Ю. И. Влияние различных способов и режимов орошения на урожайность хлопчатника: отечественный и зарубежный опыт // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 39–45. EDN: DVATCF.
5. Селицкий С. А., Балакай Г. Т. Влияние рострегулирующих препаратов на развитие и урожайность сои на орошаемых землях Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 23–30. EDN: HJMYJI.
6. Кожанов А. Л. К вопросу разработки типового модуля осушительно-увлажнительной системы с максимальным использованием водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 1(85). С. 105–113. EDN: NZHNTC.

7. Сенчуков Г. А., Воеводина Л. А. Использование водных ресурсов в федеральных учреждениях мелиоративной отрасли // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 1. С. 101–117. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1343> (дата обращения: 05.01.2024). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117>. EDN: ILBYIM.

8. Мелиоративный комплекс Российской Федерации: информ. изд. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, Н. А. Мищенко, М. С. Зверьков, Л. Е. Паутова, А. В. Грушин, Е. В. Медведева, А. И. Банникова, И. Д. Сосновских. М.: Росинформагротех, 2020. 304 с. EDN: AVWQXO.

9. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Оценка почвообразовательных процессов длительно орошаемых пресной водой черноземов обыкновенных // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2017. № 1(25). С. 66–80. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=298> (дата обращения: 05.01.2024). EDN: XWNORP.

10. Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Уровни увлажнения черноземов, способствующие сохранению почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 144–157. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1201> (дата обращения: 05.01.2024). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157. EDN: WFGUYZ.

11. Динамика деградации земель в Ростовской области / О. С. Безуглова, И. Н. Ильинская, В. Е. Закруткин, О. Г. Назаренко, Ю. А. Литвинов, Э. А. Гаевая, А. А. Меженков, А. И. Жумбей // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2022. Т. 86, № 1. С. 41–54. <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>. EDN: WZMYMX.

12. Чебанова Е. Ф., Орлов К. Н. Динамика мелиоративного состояния дельты Кубани при трансформации в рисовые агроландшафты // Символ науки. 2016. № 5, ч. 3. С. 89–92.

13. Костылев П. И., Парфенок А. А., Степовой В. И. Северный рис (генетика, селекция, технология). Ростов н/Д.: Книга, 2004. 576 с. EDN: VDWSTV.

14. Дровозова Т. И., Кириленко А. А. Проблема «солевого загрязнения» природных вод Ростовской области, приуроченных к орошаемому массиву // Экология и водное хозяйство. 2021. Т. 3, № 3. С. 55–71. DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71. EDN: MVAGRM.

15. Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Моделирование и оценка поступления загрязняющих веществ в коллекторно-дренажный сток // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 2(22). С. 112–127. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1084> (дата обращения: 05.01.2024). EDN: VWZLKF.

16. Дровозова Т. И., Кириленко А. А. Оценка минерализации дренажного стока с орошаемых угодий относительно фоновой концентрации в воде естественного водоприемника с применением функции желательности Харрингтона // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5, № 1. С. 1–14. DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-1-1-14. EDN: MTXOAQ.

17. Аллямов Р. Р., Никифорова Е. Н., Максимов А. А. О применении геотекстиля для противofильтрационной защиты каналов и водоемов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX – 2017): сб. материалов XX Междунар. науч.-практ. форума, 22–26 мая 2017 г. Иваново: ИВГПУ, 2017. С. 377–380. EDN: ZREDKZ.

18. Глазунова И. В., Ромащенко А. К., Тишина К. А. Биоинженерные сооружения и накопители местного стока водосборов для наиболее эффективного использования водных ресурсов речных бассейнов // Природообустройство. 2018. № 2. С. 46–54. EDN: XNSHXV.

19. 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.

20. 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.

21. Stuber M. D. Optimal design of fossil-solar hybrid thermal desalination for saline agricultural drainage water reuse // *Renewable Energy*. 2016. № 89. P. 552–563. DOI: 10.1016/j.renene.2015.12.025. EDN: YDRUTJ.

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

23. Husnain T., Mi B., Riffat R. A combined forward osmosis and membrane distillation system for sidestream treatment // *Journal of Water Resource and Protection*. 2015. № 7(14). P. 1111–1120. DOI: 10.4236/jwarp.2015.714091.

24. Бородычев В. В., Конторович И. И. Инженерная защита окружающей среды от воздействия дренажного стока с орошаемых земель // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., провед. в рамках Междунар. науч.-практ. форума, посвящ. 75-летию образования Волгогр. гос. аграр. ун-та. Волгоград, 2019. С. 22–31. EDN: CCWYLF.

References

1. Oborin M.S., 2020. *Problemy i perspektivy importozameshcheniya v otrasli sel'skogo khozyaystva* [Problems and prospects of import substitution in the agricultural sector]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Ekonomika i upravlenie* [Scientific Notes of Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Economics and Management], vol. 6(72), no. 2, pp. 96-105, EDN: CZEVKI. (In Russian).

2. Melnikova D.M., 2016. *Analiz politiki importozameshcheniya v sel'skom khozyaystve: problemy i perspektivy na regional'nom urovne* [Analysis of the import substitution policy in agriculture: problems and prospects at the regional level]. *Yevropeyskie nauchnye issledovaniya: sb. st. mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [European Scientific Research: Collection of Articles of the International Scientific-Practical Conference]. Penza, pp. 42-45, EDN: WZIMCF. (In Russian).

3. Ryaboshapka A.I., Chivchyan A.A., 2017. *Importozameshchenie v sel'skom khozyaystve: dostizheniya i problemy realizatsii* [Import substitution in agriculture: achievements and problems of implementation]. *Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhnologii* [Modern Trends in the Development of Science and Technology], no. 3, pp. 108-112, EDN: YKRGYD. (In Russian).

4. Babichev A.N., Nedotsukova Yu.I., 2022. *Vliyaniye razlichnykh sposobov i rezhimov orosheniya na urozhaynost' khlopchatnika: otechestvennyy i zarubezhnyy opyt* [The influence of various irrigation methods and irrigation modes on cotton yield: domestic and foreign experience]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 39-45, EDN: DVATCF. (In Russian).

5. Selitsky S.A., Balakay G.T., 2022. *Vliyaniye rostreguliruyushchikh preparatov na razvitie i urozhaynost' soi na oroshaemykh zemlyakh Rostovskoy oblasti* [Impact of growth regulators on the development and productivity of soybeans on irrigated lands of Rostov region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 23-30, EDN: HJMYJI. (In Russian).

6. Kozhanov A.L., 2022. *K voprosu razrabotki tipovogo modulya osushitel'no-uvlazhnitel'noy sistemy s maksimal'nym ispol'zovaniem vodnykh resursov* [On issue of developing a standard module of a drainage-humidification system of maximum use of water resources]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 1(85), pp. 105-113, EDN: NZHHTC. (In Russian).
7. Senchukov G.A., Voevodina L.A., 2023. [Water resources use in federal reclamation industry institutions]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 101-117, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1343> [accessed 05.01.2024], <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-101-117>, EDN: ILBYIM. (In Russian).
8. Olgarenko G.V., Turapin S.S., Bulgakov V.I., Kapustina T.A., Mishchenko N.A., Zverkov M.S., Pautova L.E., Grushin A.V., Medvedeva E.V., Bannikova A.I., Sosnovskikh I.D., 2020. *Meliorativnyy kompleks Rossiyskoy Federatsii: inform. izd.* [Land Reclamation Complex of the Russian Federation: inform. ed.]. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 304 p., EDN: AVWQXO. (In Russian).
9. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2017. [Evaluation of soil-forming processes of ordinary chernozems irrigated long term with fresh water]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(25), pp. 66-80, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=298> [accessed 05.01.2024], EDN: XWNORP. (In Russian).
10. Dokuchaeva L.M., Yurkova R.E., 2021. [Chernozem moisture levels contributing to soil fertility conservation]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, vol. 11, no. 2, pp. 144-157, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1201> [accessed 05.01.2024], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-144-157, EDN: WFGUYZ. (In Russian).
11. Bezuglova O.S., Ilyinskaya I.N., Zakrutkin V.E., Nazarenko O.G., Litvinov Yu.A., Gaevaya E.A., Mezhenkov A.A., Zhumbey A.I., 2022. *Dinamika degradatsii zemel' v Rostovskoy oblasti* [Dynamics of land degradation in Rostov region]. *Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya geograficheskaya* [News of the Russian Academy of Sciences. Geographical series], vol. 86, no. 1, pp. 41-54, <https://doi.org/10.31857/S2587556622010034>, EDN: WZMYMX. (In Russian).
12. Chebanova E.F., Orlov K.N., 2016. *Dinamika meliorativnogo sostoyaniya del'ty Kubani pri transformatsii v risovyye agrolandshafty* [Dynamics of the reclamation state of the Kuban delta during transformation into rice agricultural landscapes]. *Simvol nauki* [Symbol of Science], no. 5, pt. 3, pp. 89-92. (In Russian).
13. Kostylev P.I., Parfenok A.A., Stepovoy V.I., 2004. *Severnyy ris (genetika, selektsiya, tekhnologiya)* [Northern Rice (Genetics, Selection, Technology)]. Rostov-on-Don, Book Publ., 576 p., EDN: VDWSTV. (In Russian).
14. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A., 2021. *Problema "solevogo zagryazneniya" prirodnykh vod Rostovskoy oblasti, priurochennykh k oroshaemomu massivu* [The problem of "saline contamination" of natural waters of Rostov region, confined to an irrigated massif]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 3, no. 3, pp. 55-71, DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71, EDN: MVAGRM. (In Russian).
15. Domashenko Yu.E., Vasilyev S.M., 2016. [Modeling and evaluation of pollutants input into collector-drainage runoff]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(22), pp. 112-127, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1084> [accessed 05.01.2024], EDN: VWZLKF. (In Russian).
16. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A., 2023. *Otsenka mineralizatsii drenazhnogo stoka s oroshaemykh ugodiy otnositel'no fonovoy kontsentratsii v vode yestestvennogo vodopriemnika s primeneniem funktsii zhelatel'nosti Kharringtona* [Assessment of drainage water mineralization from irrigated lands relative to the background concentration in water of a natural water intake using the Harrington desirability function]. *Ekologiya i vodnoe kho-*

zyaystvo [Ecology and Water Management], vol. 5, no. 1, pp. 1-14, DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-1-1-14, EDN: MTXOAQ. (In Russian).

17. Allyamov R.R., Nikiforova E.N., Maksimov A.A., 2017. *O primeneniі geotekstilya dlya protivofil'tratsionnoy zashchity kanalov i vodoemov* [On the application of geotextiles for impervious protection of canals and reservoirs]. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX – 2017): sb. materialov XX Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma* [Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, High-Tech Technologies and Materials (SMARTEX – 2017): Proc. of the XX International Scientific-Practical Forum]. Ivanovo, IVSPU, pp. 377-380, EDN: ZREDKZ. (In Russian).

18. Glazunova I.V., Romashchenko A.K., Tishina K.A., 2018. *Bioinzhenernyye sooruzheniya i nakopiteli mestnogo stoka vodosborov dlya naibolee effektivnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov rechnykh basseynov* [Bioengineering structures and storages of local watershed runoff for a more efficient usage of water resources in river basins]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 46-54, EDN: XNSHXV. (In Russian).

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

20. 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. (In Russian).

21. Stuber M.D., 2016. Optimal design of fossil-solar hybrid thermal desalination for saline agricultural drainage water reuse. *Renewable Energy*, no. 89, pp. 552-563, DOI: 10.1016/j.renene.2015.12.025, EDN: YDRUTJ.

22. Cerveira G., Magalhães J., Antunes S.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.

23. Husnain T., Mi B., Riffat R., 2015. A combined forward osmosis and membrane distillation system for sidestream treatment. *Journal of Water Resource and Protection*, no. 7(14), pp. 1111-1120, DOI: 10.4236/jwarp.2015.714091.

24. Borodychev V.V., Kontorovich I.I., 2019. *Inzhenernaya zashchita okruzhayushchey sredy ot vozdeystviya drenazhnogo stoka s oroshaemykh zemel'* [Engineering protection of the environment from the impact of drainage runoff from irrigated lands]. *Razvitie APK na osnove printsipov ratsional'nogo prirodoopol'zovaniya i primeneniya konvergentnykh tekhnologiy: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, provedennoy v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashchennogo 75-letiyu obrazovaniya Volgogradskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Development of the Agro-Industrial Complex Based on the Principles of Rational Environmental Management and the Use of Convergent Technologies: Proc. of the International Scientific-Practical Conference, Conducted Within the Framework of the International Scientific-Practical Forum, Dedicated to the 75th Anniversary of the Formation of Volgograd State Agrarian University]. Volgograd, pp. 22-31, EDN: CCWYLF. (In Russian).

Информация об авторе

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

Information about the author

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

*Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.*

*Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.*

*Статья поступила в редакцию 25.01.2024; одобрена после рецензирования 11.03.2024;
принята к публикации 26.03.2024.
The article was submitted 25.01.2024; approved after reviewing 11.03.2024; accepted for
publication 26.03.2024.*