

ЭКОЛОГИЯ

Обзорная статья

УДК 504.4.054

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71

Проблема «солевого загрязнения» природных вод Ростовской области, приуроченных к орошаемому массиву

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Андрей Андреевич Кириленко^{1,2}

¹Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

²Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Андрей Андреевич Кириленко, andreykirilenko96@mail.ru

Аннотация. Цель: анализ проблемных вопросов, сопряженных с гидрохимией природных вод и процессами, происходящими на оросительных системах Ростовской области. **Обсуждение.** Специфика выращивания сельскохозяйственных культур, связанная с орошаемым земледелием, привела к образованию значительных объемов дренажно-сбросных вод (58676,5 тыс. м³ на уровне 2019 г.). Качество дренажных стоков детерминировано гидрохимией подземных вод и водоприемников и имеет сезонный характер. В работе дренажных систем Центральной орошаемой зоны отмечено нерегулируемое поступление солеобразующих ионов в водоприемники, причем их концентрация в местах выпуска дренажных стоков в малые водные объекты Нижнего Дона (например, пр. Костылевский, ур. Колодезьки, р. Соленая, ерик Бешеный) мало чем отличается от фоновых геохимических концентраций и соответствует природному солевому фону исследуемых объектов. Поскольку гидромелиоративные системы являются объектами негативного воздействия на окружающую среду, неконтролируемые естественные процессы миграции солеобразующих ионов в сопредельных средах в сочетании с процессами рассоления в поливной период привели к фактам нарушения экологического законодательства со стороны управлений по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению в части превышения нормативов предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного назначения, утвержденных Приказом Минсельхоза от 13.12.2016 № 552. **Выводы.** Выявлены закономерности в формировании процессов миграции солеобразующих ионов в сопредельных средах. Установлено, что один из источников и переносчиков «солевого загрязнения» дренажных и природных вод – грунтовые воды. Гидрохимические материалы и анализ нормативно-правовых актов в части охраны и использования водных объектов указывают на необходимость установления нормативов допустимых к отведению концентраций химических веществ с учетом регионального естественного (условно-естественного) гидрохимического фона и природно-климатических особенностей дифференцированно для каждого малого водного объекта.

Ключевые слова: дренажно-сбросные воды, малые водные объекты, грунтовые воды, геохимический фон, солеобразующие ионы, нормативно-правовые акты, нормативы допустимых концентраций

ECOLOGY

Review article

The problem of “saline contamination” of natural waters of Rostov region, confined to the irrigated area

Tatiana I. Drovovozova¹, Andrey A. Kirilenko^{1,2}

¹Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

²Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

Corresponding author: Andrey A. Kirilenko, andreykirilenko96@mail.ru

Abstract. Purpose: analysis of problematic issues associated with the hydrochemistry of natural waters and the processes occurring in the irrigation systems of Rostov region. **Discussion.** The specificity of growing crops associated with irrigated agriculture has led to the formation of significant volumes of drainage and waste water (58676.5 thousand cub. m at the level of 2019). The quality of drainage wastewaters is determined by the hydrochemistry of groundwater and water intakes and has a seasonal character. In drainage systems operation of the Central irrigated zone, an unregulated inflow of salt-forming ions into water inlets was noted, and their concentration in the places where drainage wastes are discharged into small water bodies of the Lower Don (for example, Kostylevsky pr., Kolodezki ur., Solenaya river, erik Besheny) differs little from the background geochemical concentrations and corresponds to the natural saline background of the studied objects. Since irrigation and drainage systems are the objects of negative impact on the environment, uncontrolled natural processes of salt-forming ions migration in adjacent environments in combination with desalinization processes during the irrigation period led to violations of ecological legislation by the land reclamation and agricultural water supply departments in terms of exceeding the standards of maximum permissible concentrations for water bodies for fishery purposes, approved by the Order of the Ministry of Agriculture of 13.12.2016 no. 552. **Conclusions.** Regularities in formation of salt-forming ions migration processes in adjacent media have been revealed. It has been determined that one of the sources and agents of “saline contamination” of drainage and natural waters is groundwater. Hydrochemical materials and analysis of regulatory legal acts in terms of water bodies protection and use indicate the need to establish standards admitted to chemical substances concentrations disposal, taking into account the regional natural (nominally natural) hydrochemical background and natural and climatic characteristics differentiated for each small water body.

Keywords: drainage-wastewaters, small water bodies, groundwater, geochemical background, salt-forming ions, regulatory legal acts, norms of maximum acceptable concentrations

Введение. Роль наиболее динамичного агента, переносящего вещество и энергию, взаимосвязывающего и взаимообуславливающего компоненты природных систем, тем самым образующего сложную «материальную структуру», принадлежит природным водам. При этом процесс постоянного взаимодействия (соподчиненности) предопределяет генезис природных вод, как поверхностных, так и подземных, до квазиравновесного состояния, а также устанавливает изменчивость этого состояния в случае

направленного одностороннего преобразования условий окружающей среды, что «вытекает» из положений, лежащих в основе аксиомы системной целостности [1–3].

Анализируя современную ландшафтную обстановку в Ростовской области, особенностью которой являются тенденции к нарастающей техногенной нагрузке на водные объекты, видим необходимость комплексной оценки влияния элементов гидрологической структуры на системы «водосбор – река» с рассмотрением вопросов радиальной и латеральной геохимических дифференциаций миграционных потоков, межсистемных и внутрисистемных связей [4–9]. Необходимость в получении указанной гидрологической (гидрогеологической) и гидрохимической информации вызвана прежде всего потребностью в разработке и реализации действенных мер, направленных на устранение (минимизацию) отрицательного антропогенного влияния на поверхностную и подземную составляющие гидросферы данного региона.

Говоря об агроландшафте в контексте ирригационно-технической приуроченности, следует отметить, что поверхностный и подземный стоки, поступающие с гидромелиоративных систем, почвообразующие и подстилающие породы формируют многосложные геохимические циклы, объединенные миграцией и трансформацией химических веществ. Как отметил доктор географических наук Ю. М. Нестеренко [10], для вододефицитных районов «на участках водосбора с относительно интенсивным нисходящим потоком влаги в понижениях рельефа, <...> под оросительными каналами в местах потерь воды из водопроводной и канализационной сети (гидрогеологических окнах) формируется нисходящий промывной режим, выносящий из зоны аэрации растворимые химические элементы и соединения в водоносные горизонты, а также в прилегающие к ним, иссушенные участки с замедленным водообменом...». А. Е. Ферсман в своих учениях о миграции химических элементов [11] заметил, что в процессе перемеще-

ния имеет место флуктуация концентрации тех или иных элементов от кларкового числа (константы распространенности элемента).

Учитывая отмеченное выше, а также другие обстоятельства, открывшиеся в процессе изучения гидроэкологических аспектов использования водных ресурсов, в рамках настоящей работы поставили следующую цель: проведение анализа проблемных вопросов, сопряженных с гидрохимией природных вод и процессами, происходящими на оросительных системах Ростовской области.

Материалами для исследования послужили данные различных отечественных ученых в области влияния сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду, в частности на природные водные объекты. В качестве методов обработки информации использовались: анализ, синтез и обобщение.

Обсуждение. На территории Ростовской области строительство мелиоративных систем и крупных водохранилищ началось еще в середине 50-х – 70-х гг. прошлого столетия. На сегодняшний день в регионе имеется 31 оросительная, три осушительные и две системы комплексного назначения. Крупнейшими из них являются Нижне-Донская с площадью орошения 36,6 тыс. га на территории Волгодонского, Мартыновского и Семикаракорского районов и Багаевская с площадью орошения 35,6 тыс. га на территории Веселовского, Багаевского и Семикаракорского районов [12]. При этом наибольшая площадь обслуживания оросительных и дренажно-сбросных каналов закреплена за Семикаракорским (43,5 тыс. га), Сальским (30,8 тыс. га) и Азовским (29,5 тыс. га) филиалами ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» [13].

Специфика выращивания сельскохозяйственных культур в аридной зоне, сопряженная с таким водоемким производством, как орошаемое земледелие, приводит к образованию значительных объемов сбросных и коллекторно-дренажных стоков. Как показали результаты гидрохимических

исследований, эксплуатация гидромелиоративных систем оказывает значительное воздействие на качество проводящей и регулирующей сетей, а качество дренажных вод неразрывно связано с гидрохимией подземных вод и водоприемников [14].

В государственных докладах о состоянии окружающей среды РФ [15, 16] сообщается, что по отношению к 1992 г. сток коллекторно-дренажных и сбросных вод сократился на 34 %, а водозабор на 20 %, это прежде всего связано с уменьшением поливных площадей. Однако резкий спад сельскохозяйственного производства 1990-х гг. в настоящий момент сменился его постепенным ростом [17].

Распределение (в естественных границах) объема дренажно-сбросного стока за период 2016–2019 гг. (по данным, полученным от ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз») в пределах административно-территориального деления Ростовской области иллюстрирует рисунок 1, из данных которого следует, что наибольший сброс сосредоточен в границах орошаемых земель, примыкающих к зонам функционирования Донского магистрального канала в Центральной орошаемой зоне и Азовского канала в Приазовской зоне.

До начала 1990-х гг. водосборно-сбросные и коллекторно-дренажные сети в силу хозяйственно-экономических отношений, установившихся в период строительства, проектирования и эксплуатации дренажных систем, не рассматривались как объекты негативного воздействия на окружающую среду (НВОС). Не ставились вопросы очистки сбросных вод и их соответствия природному геохимическому фону [18, 19]. В настоящий момент известно, что в работе дренажных систем в Центральной орошаемой зоне отмечается нерегулируемое поступление солеобразующих ионов с коллекторно-дренажным стоком в водоприемники [13, 20, 21].

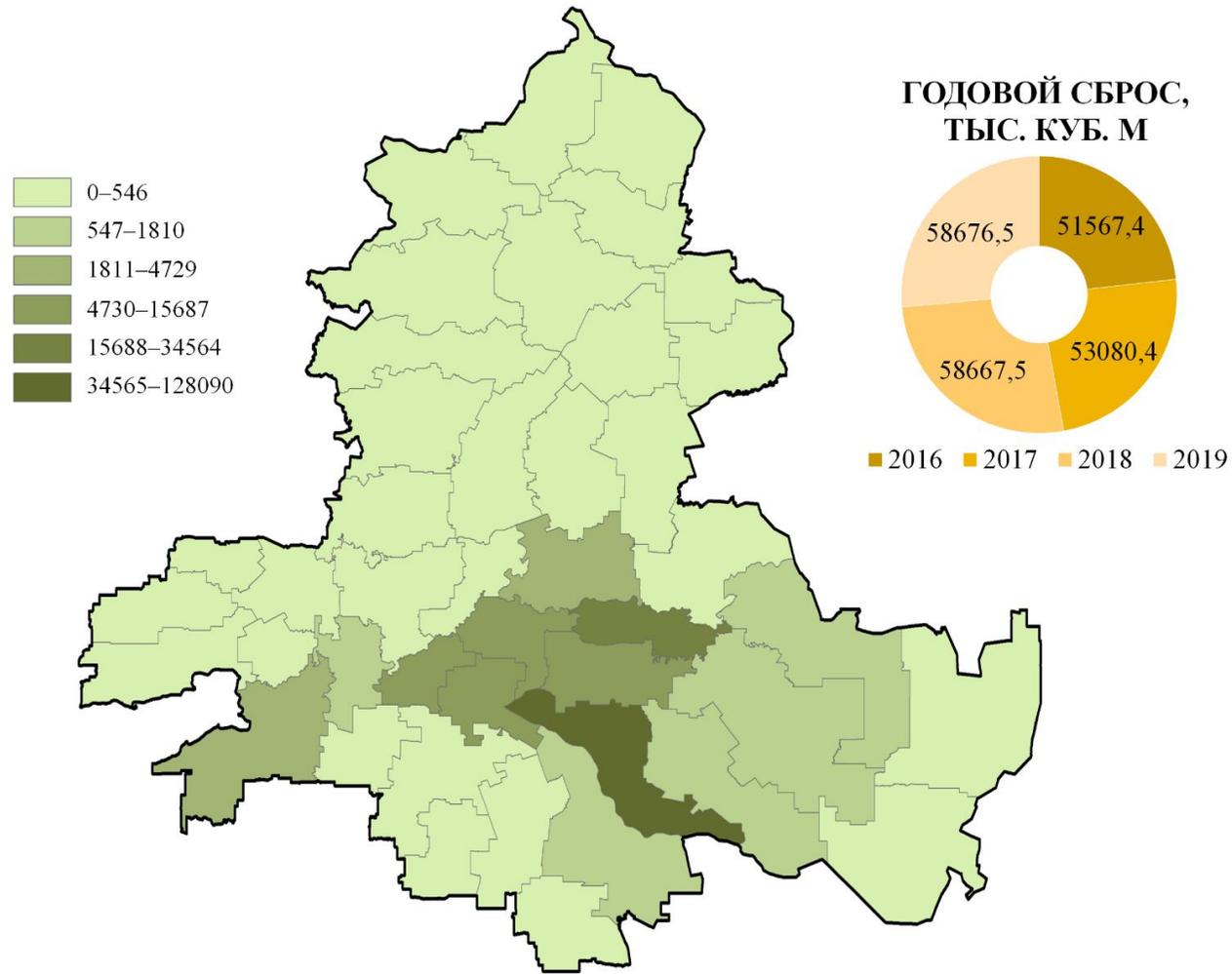


Рисунок 1 – Распределение объема дренажно-сбросных вод (тыс. м³) в пределах административных районов территории Ростовской области за период 2016–2019 гг.

Данные о гидрохимических показателях дренажно-сбросных вод (ДСВ), представленные в работе Т. И. Дровозовой, Т. Ю. Кокиной, С. А. Марьяша, Е. С. Кулаковой [22], показывают преобладание веществ двойного генезиса, т. е. «распространенных в природных водах как по естественным причинам, так и в результате антропогенного воздействия».

В поливной сезон по причине фильтрации из водоемов и открытых мелиоративных каналов, а также потерь воды в процессе орошения наблюдается повышение уровня минерализованных грунтовых вод и, как следствие, аккумуляция в приповерхностном слое почвы легкорастворимых солей, которые в дальнейшем выносятся подземным стоком в открытую коллекторно-дренажную сеть. Вместе с тем в сеть поступает естественный поверхностный сток, образующийся за счет атмосферных осадков и поверхностной водной эрозии с орошаемых участков, особенно при неправильных севооборотах или выращивании монокультур [22].

Результаты исследований за период 2016–2019 гг. [20, 22–25], проводимые на территориях, относящихся к Нижне-Донской оросительной системе (НДОС), показывают, что в условиях ирригации подземный сток и структура ионного состава грунтовых вод детерминируют химический состав вод в коллекторно-дренажных каналах. Анализ грунтовой воды в смотровом колодце (глубина 5 м), расположенном рядом с коллекторным каналом МКЛ-7 (НДОС), показал значение минерализации (2471 мг/дм^3), сопоставимое с величиной растворенных веществ в воде самого канала (2212 мг/дм^3), что свидетельствует о двусторонней гидравлической связи поверхностных и грунтовых вод. Анализ сводных данных [22] периода 2009–2012 гг. также показал, что концентрация веществ в местах выпуска дренажных стоков в малые водные объекты Нижнего Дона (пр. Костылевский, ур. Колодезьки, р. Соленая, ерик Бешеный) мало чем отличалась от фоновых геохимических концентраций и соответствовала природному солевому фону исследуемых объектов.

Обработка данных химических анализов дренажно-сбросных стоков, поступающих в р. Западный Маныч, оз. Большое, лим. Западенский, Шахаевский и другие водоприемники, за период 2014–2015 гг. [24], проведенных учеными ФГБНУ «РосНИИПМ», показала, что химический состав рассматриваемых стоков колеблется от сульфатной и хлоридно-кальциевой группы до сульфатно-хлоридного класса натриевой и магниевой группы с преобладанием стоков более токсичного сульфатно-хлоридного класса натриевой группы. При этом отмечено запаздывание выноса минеральных веществ на 3–5 месяцев.

По итогам проведения научно-исследовательской работы¹ [22, 23] учеными НИМИ им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской ГАУ» выявлено, что ионный состав вод в фоновом створе, на выпуске и в контрольном створе в водоприемниках в 2019 г. показал значительное повышение концентрации кальция (на 28,4–48,2 %), сульфатов (23,3–29,8 %) и магния (27,1–40,2 %) по сравнению со значениями прошлых лет, это может быть объяснено резким снижением водности водных объектов бассейна Нижнего Дона, достигшей своего минимума в 2020 г. Кроме того, наблюдалось сезонное (внутригодовое) колебание концентраций солеобразующих ионов как в грунтовых водах, так и в водной среде поверхностных водных объектов, что прежде всего связано с особенностями режима питания и разгрузки водоносного горизонта, мощностью зоны аэрации, структурой водовмещающих пород и почв. Так, рост концентрации солеобразующих ионов в весенний период повышения уровня грунтовых вод связан с тем, что инфильтрация атмосферных осадков и талых вод ведет к промыванию поверхностного горизонта почв, способствуя выносу из него химических элементов в грунтовые воды.

¹Разработка технологии и технических решений по очистке коллекторно-дренажного и поверхностного стока с орошаемых площадей для обеспечения экологически безопасной эксплуатации мелиоративных систем: отчет о НИР / Новочеркас. инж.-мелиоратив. ин-т им. А. К. Кортунова ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»; рук.: Дровозова Т. И. Новочеркасск, 2019. 177 с. Исполн.: Марьяш С. А. [и др.].

На примере данных химического анализа проб воды в р. Соленой 2008 и 2018 гг. (протоколы экоаналитической лаборатории Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партии – филиала ФГБУ «Управление «Ростов-мелиоводхоз» и ЦЛАТИ по Ростовской области) представлена сезонная динамика минерализации в месте выпуска ДСВ (рисунки 2, 3).

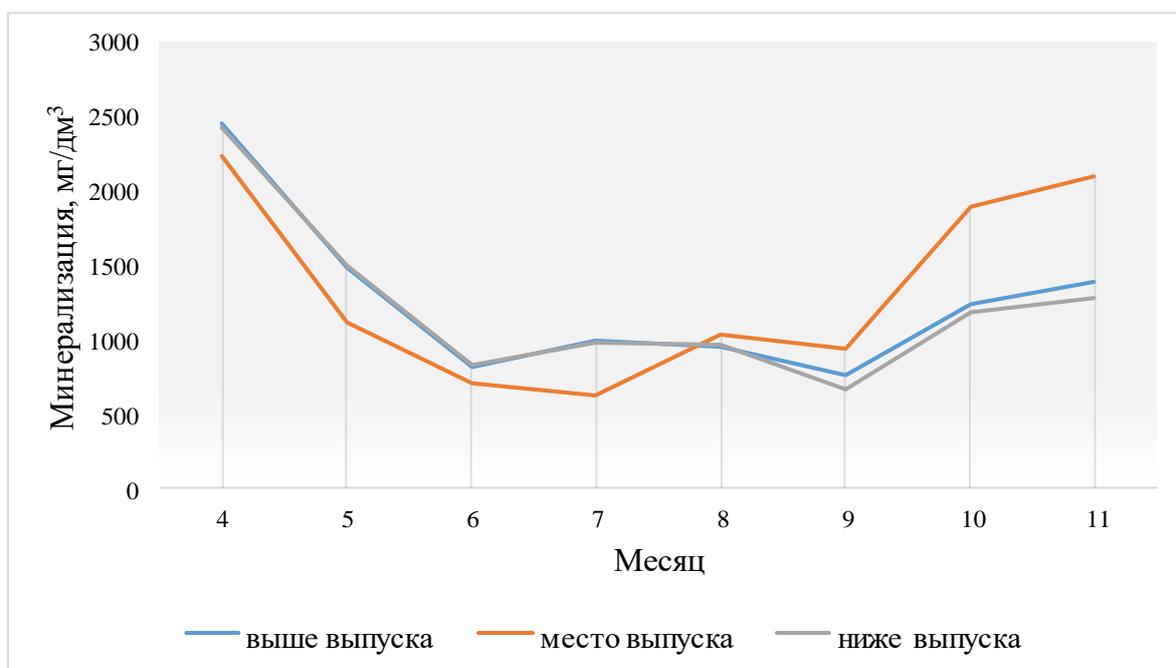


Рисунок 2 – Динамика минерализации в р. Соленой в месте выпуска дренажно-сбросных вод по месяцам 2008 г.

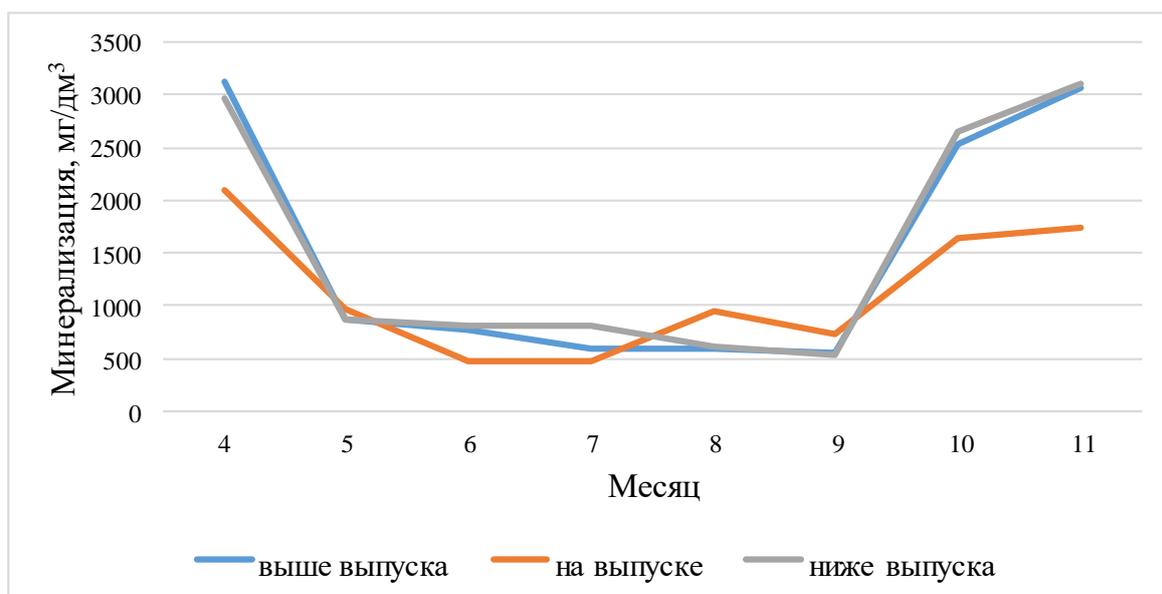


Рисунок 3 – Динамика минерализации в р. Соленой в месте выпуска дренажно-сбросных вод по месяцам 2018 г.

Анализ динамики минерализации в 2008 и 2018 гг. позволил заключить: 1) показатель минерализации в месте выпуска ДСВ меньше, чем в природном водном объекте; 2) в летний период с июня по сентябрь значения минерализации снижаются в природном водном объекте как в фоновом створе, так и на выпуске и в контрольном створе, что связано с использованием пресной воды из Цимлянского водохранилища для полива, применением промывных режимов орошения и указывает на рассоление ДСВ и разбавление природной воды. В осенне-весенний период, когда гидрохимический режим водных объектов формируется за счет атмосферных осадков, поверхностного стока и подземного питания грунтовых вод, значения минерализации возрастают более чем в 2 раза.

Указанное можно обобщить в виде схемы нисходящих и восходящих потоков влаги в пределах участка, приуроченного к орошаемому массиву, что иллюстрирует рисунок 4.

В связи с тем, что в настоящее время гидромелиоративные системы признаны объектами НВОС, неконтролируемые естественные процессы миграции солеобразующих ионов в сопредельных средах в сочетании с процессами рассоления в поливной период привели к фактам нарушения экологического законодательства со стороны ФГБУ «Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» в части превышения нормативов предельно допустимых концентраций для водных объектов рыбохозяйственного назначения, утвержденных Приказом Минсельхоза от 13.12.2016 № 552 [26]. Изменения в нормативно-правовых актах, утвержденные в 2018–2021 гг., не позволили принципиально поменять ситуацию [27–29]. В результате ФГБУ «Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» осуществляют двойные платежи за НВОС: с одной стороны, в рамках ежегодной отчетности, а с другой – в виде штрафных санкций за нарушение нормативов предельно допустимых концентраций.

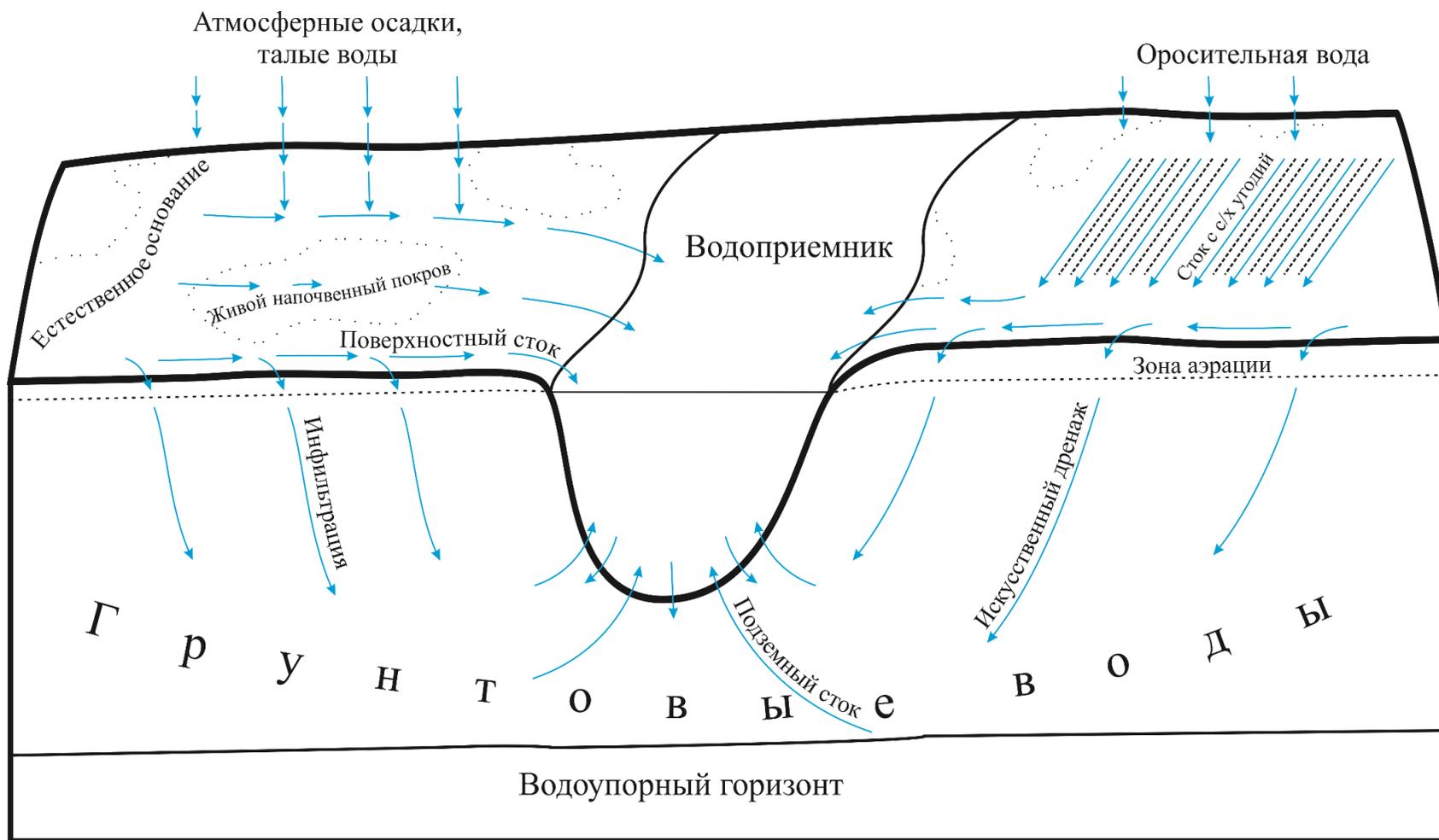


Рисунок 4 – Принципиальная схема миграционных (водных) потоков на участке, приуроченном к орошаемому массиву

Выводы

1 Исследования ученых Ростовской области за последние годы выявили некоторые закономерности в формировании процессов миграции и трансформации поверхностных и подземных стоков на пути к водоносному горизонту и водозабору. В частности, установлено, что снижение качественной составляющей коллекторно-сбросных вод в пределах Центральной зоны прежде всего детерминировано антропогенным влиянием на поверхностных стоков, при всем этом одним из источников и переносчиков «загрязнений» являются грунтовые воды, главным образом первого от поверхности водоносного горизонта. Весомой причиной «солевого загрязнения» дренажных вод выступает усиление миграционного потока легкорастворимых солей, вызванное подъемом уровня воды в приповерхностном водоносном горизонте.

2 Сформулирована, но не изучена полностью проблема форсированного роста концентрации в природных водах юга Ростовской области отдельных химических элементов и макрокомпонентов, в частности кальция, магния и сульфатов. Ранее полученные гидрохимические материалы нуждаются в дальнейшей более детальной проработке с учетом постановки вопроса соответствия качественного состава поверхностных и подземных стоков природному геохимическому фону водоприемника.

3 Несовершенная нормативно-правовая база в части охраны и использования водных объектов не позволяет объективно определить долю ответственности ФГБУ «Управления по мелиорации земель и сельскохозяйственному водоснабжению» за качество водной среды приемников дренажно-сбросных вод. В этой связи необходимо устанавливать нормативы допустимых к отведению концентраций химических веществ с учетом регионального естественного (условно-естественного) гидрохимического фона и природно-климатических особенностей дифференцированно для

каждого малого водного объекта, особенно для веществ двойного генезиса, к которым бесспорно относятся солеобразующие ионы, что отчасти отражено в Приказе МПР России от 12 декабря 2007 г. № 328.

Список источников

1. Вернадский В. И. История природных вод. М.: Наука, 2003. 750 с.
2. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журн. «Россия Молодая», 1994. 367 с.
3. Риклефс Р. Основы общей экологии / пер. с англ. Н. О. Фоминой; под ред. Н. Н. Карташёва. М.: Мир, 1979. 424 с.
4. Черемисина Н. В., Черемисина Т. Н., Денисов А. А. Статистический анализ загрязненности водных объектов Ростовской области // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2019. № 8. С. 69–79.
5. Актуальные вопросы развития водохозяйственного комплекса Ростовской области / Н. Л. Хижнякова, И. В. Ткачева, Л. А. Кравченко, В. В. Мамаев // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020. № 5(172). С. 4–9.
6. Рыжаков А. Н., Мартынов Д. В. Оценка степени загрязнения донных отложений малых рек Ростовской области // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 2. С. 29–39. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=108> (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-29-39.
7. Сазонов А. Д. Экологические проблемы малых рек степной зоны (на примере рек Ростовской области) // IX Сибирская конференция молодых ученых по наукам о Земле: материалы конф., г. Новосибирск, 19–23 нояб. 2018 г. Новосибирск: Новосиб. нац. исслед. гос. ун-т, 2018. С. 524–526.
8. Рыбкин А. В. Экологические последствия антропогенного воздействия хозяйствующими субъектами на малые и средние реки Ростовской области // Управление муниципальными отходами как важный фактор устойчивого развития мегаполиса. 2018. № 1. С. 240–243.
9. Дрововозова Т. И., Паненко Н. Н. Экологическое состояние малых рек Ростовской области // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 1(1). С. 1–17. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=11> (дата обращения: 07.05.2021).
10. Нестеренко Ю. М. Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 287 с.
11. Ферсман А. Е. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 3. 798 с. Т. 4. 588 с.
12. Мелиоративные системы и гидротехнические сооружения // Информационный портал ФГБНУ ВНИИ «Радуга» [Электронный ресурс]. URL: <https://inform-raduga.ru/gts> (дата обращения: 07.05.2021).
13. Щитов С. Е. Выявление принципов формирования организационно-экономического механизма экологизации агро-мелиоративного земледелия // Экономика и экология территориальных образований. 2016. № 3. С. 78–83.
14. Мелиорация и охрана окружающей среды: сб. науч. работ / Белорус. НИИ мелиорации и вод. хоз-ва; редкол.: В. Ф. Карловский [и др.]. Минск: БелНИИМиВХ, 1989. 212 с.
15. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ростовской области в 1999 году». Ростов н/Д., 2000. 279 с.

16. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Ростовской области в 1992 году». Ростов н/Д., 1993. 112 с.
17. Долгов С. В., Шапоренко С. И., Сенцова Н. И. Современное состояние водных ресурсов в Ростовской области // Аридные экосистемы. 2010. Т. 16, № 4(44). С. 39–52.
18. Капустян А. С., Пальцев В. П., Щедрина А. В. Очистка и утилизация дренажно-сбросных вод оросительных систем / ГУ «ЮжНИИГиМ». М., 2000. 242 с.
19. Васильев С. М., Челахов В. Ц., Васильева Е. А. Экологическая концепция оценки воздействия оросительных систем на ландшафты Нижнего Дона: монография. Ростов н/Д.: СКНЦ ВШ, 2005. 308 с.
20. 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: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1084> (дата обращения: 07.05.2021).
21. Айдаркина Е. Е. Водопользование Ростовской области: основные проблемы и пути их решения // Приволжский научный вестник. 2012. № 2(16). С. 43–49.
22. 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: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1019> (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99.
23. Экологическая оценка качества подземных вод Куйбышевского района Ростовской области и способов ее очистки / Т. И. Дрововозова, В. В. Дядюра, С. А. Марьяш, Е. С. Кулакова, Т. Д. Картузова // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. 2016. № 2(41). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_26_drovovozova_diadura.pdf_2fa2b6d6ad.pdf (дата обращения: 07.05.2021).
24. Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Идентификация зависимостей минерализации от ионного состава дренажно-сбросных стоков правобережья Западного Маныча // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2016. № 3(23). С. 36–51. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1096> (дата обращения: 07.05.2021).
25. Васильев С. М., Домашенко Ю. Е., Кисиль А. А. Влияние поверхностного стока урбанизированных территорий на химический состав коллекторно-сбросных вод // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 31–48. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=912> (дата обращения: 07.05.2021).
26. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]: Приказ Минсельхоза России от 13 дек. 2016 г. № 552: по состоянию на 12 авг. 2021 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
27. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ: по состоянию на 12 авг. 2021 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
28. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 31 дек. 2020 г. № 903: по состоянию на 12 авг. 2021 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.
29. Об утверждении требований к содержанию программы производственного экологического контроля, порядка и сроков представления отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный

ресурс]: Приказ М-ва природы и экологии Рос. Федерации от 28 февр. 2018 г. № 74: по состоянию на 12 авг. 2021 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

References

1. Vernadsky V.I., 2003. *Istoriya prirodnykh vod* [History of Natural Waters]. Moscow, Nauka Publ., 750 p. (In Russian).
2. Reimers N.F., 1994. *Ekologiya (teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy)* [Ecology (Theory, Laws, Rules, Principles and Hypotheses)]. Moscow, J. “Young Russia”, 367 p. (In Russian).
3. Ricklefs R., Fomina N.O., Kartasheva N.N., 1979. *Osnovy obshchey ekologii* [Fundamentals of General Ecology]. Moscow, Mir Publ., 424 p. (In Russian).
4. Cheremisina N.V., Cheremisina T.N., Denisov A.A., 2019. *Statisticheskii analiz zagryaznennosti vodnykh ob"ektov Rostovskoy oblasti* [Statistical analysis of water pollution in Rostov region]. *Intellekt. Innovatsii. Investitsii* [Intellect. Innovation. Investments], no. 8, pp. 69-79. (In Russian).
5. Khizhnyakova N.L., Tkacheva I.V., Kravchenko L.A., Mamaev V.V., 2020. *Aktual'nye voprosy razvitiya vodokhozyaystvennogo kompleksa Rostovskoy oblasti* [Topical issues of the development of the water management complex of Rostov region]. *Rybovodstvo i rybnoe khozyaystvo* [Fish Breeding and Fisheries], no. 5(172), pp. 4-9. (In Russian).
6. Ryzhakov A.N., Martynov D.V., 2021. [Assessment of the degree of bottom sediments pollution of small rivers Rostov region]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 2, pp. 29-39, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=108> [accessed 07.05.2021], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-29-39. (In Russian).
7. Sazonov A.D., 2018. *Ekologicheskie problemy malyykh rek stepnoy zony (na primere rek Rostovskoy oblasti)* [Ecological problems of small rivers of the steppe zone (on the example of the rivers of Rostov region)]. *IX Sibirskaya konferentsiya molodykh uchenykh po naukam o Zemle: materialy konferentsii* [Proc. IX Siberian Conference of Young Scientists on Earth Sciences]. Novosibirsk, Novosibirsk National Research State University, pp. 524-526. (In Russian).
8. Rybkin A.V., 2018. *Ekologicheskie posledstviya antropogennoy vozdeystviya khozyaystvuyushchimi sub"ektami na malye i srednie reki Rostovskoy oblasti* [Environmental consequences of anthropogenic impact of economic entities on small and medium rivers of Rostov region]. *Upravlenie munitsipal'nymi otkhodami kak vazhnyy faktor ustoychivogo razvitiya megapolisa* [Management of Municipal Waste as an Important Factor in Sustainable Urban Development], no. 1, pp. 240-243. (In Russian).
9. Drovovozova T.I., Panenko N.N., 2019. [Ecological state of small rivers of Rostov region]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 1(1), pp. 1-17, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=11> [accessed 07.05.2021]. (In Russian).
10. Nesterenko Yu.M., 2006. *Vodnaya komponenta aridnykh zon: ekologicheskoe i khozyaystvennoe znachenie* [Water Component of Arid Zones: Ecological and Economic Significance]. Ekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 287 p. (In Russian).
11. Fersman A.E., 1955. *Izbrannye trudy* [Selected Works]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., vol. 3, 798 p., vol. 4, 588 p. (In Russian).
12. *Meliorativnye sistemy i gidrotekhnicheskie sooruzheniya*. *Informatsionnyy portal FGBNU VNII "Raduga"* [Reclamation systems and hydraulic structures. Information Portal of the FGBNU VNII “Raduga”], available: <https://inform-raduga.ru/gts> [accessed 07.05.2021]. (In Russian).
13. Shchitov S.E., 2016. *Vyyavlenie printsipov formirovaniya organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma ekologizatsii agromeliorativnogo zemledeliya* [Revealing the principles of forming the organizational and economic mechanism of ecologization

of agricultural and reclamation agriculture]. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy* [Economics and Ecology of Territorial Formations], no. 3, pp. 78-83. (In Russian).

14. Karlovsky V.F. [et al.], 1989. *Melioratsiya i okhrana okruzhayushchey sredy: sb. nauch. rabot* [Reclamation and Environmental Protection: Collection of Scientific Works]. Belarusian Research Institute of Land Reclamation and Water Households, Minsk, BelNIIMiVKh, 212 p. (In Russian).

15. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy Rostovskoy oblasti v 1999 godu"* [State report "On the State of Environment in Rostov Region in 1999"]. Rostov-on-Don, 2000, 279 p. (In Russian).

16. *Gosudarstvennyy doklad "O sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy Rostovskoy oblasti v 1992 godu"* [State report "On the State of the Environment in Rostov Region in 1992"]. Rostov-on-Don, 1993, 112 p. (In Russian).

17. Dolgov S.V., Shaporenko S.I., Sentsova N.I., 2010. *Sovremennoe sostoyanie vodnykh resursov v Rostovskoy oblasti* [The current state of water resources in Rostov region]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], vol. 16, no. 4(44), pp. 39-52. (In Russian).

18. Kapustyan A.S., Paltsev V.P., Shchedrina A.V., 2000. *Ochistka i utilizatsiya drenazhno-sbrosnykh vod orositel'nykh sistem* [Purification and Utilization of Drainage-Waste Waters of Irrigation Systems]. GU "YuzhNIIGiM", Moscow, 242 p. (In Russian).

19. Vasiliev S.M., Chelakhov V.Ts., Vasil'eva E.A., 2005. *Ekologicheskaya kontseptsiya otsenki vozdeystviya orositel'nykh sistem na landshafty Nizhnego Dona: monografiya* [Ecological Concept of Assessing the Impact of Irrigation Systems on the Landscapes of the Lower Don: monograph]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh, 308 p. (In Russian).

20. Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2016. [Modeling and assessment of pollutants input into a collector-drainage runoff]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 2(22), pp. 112-127, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1084> [accessed 07.05.2021]. (In Russian).

21. Aydarkina E.E., 2012. *Vodopol'zovanie Rostovskoy oblasti: osnovnye problemy i puti ikh resheniya* [Water use of Rostov region: the main problems and ways to solve them]. *Privolzhskiy nauchnyy vestnik* [Privolzhsky Scientific Bulletin], no. 2(16), pp. 43-49. (In Russian).

22. Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Mar'yash S.A., Kulakova E.S., 2019. [The chemical composition of a collector-drainage runoff in open canals of Semikarakorsky district]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1019> [accessed 07.05.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99. (In Russian).

23. Drovovozova T.I., Dyadyura V.V., Mar'yash S.A., Kulakova E.S., Kartuzova T.D., 2016. [Ecological assessment of groundwater quality in Kuibyshevsky district Rostov region and methods of its purification]. *Inzhenernyy vestnik Dona*, no. 2(41), available: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_26_drovovozova_diadura.pdf_2fa2b6d6ad.pdf [accessed 07.05.2021]. (In Russian).

24. Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2016. [Identification of the dependences of mineralization on the ionic composition of drainage wastewater discharge of the right bank of the Western Manych]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(23), pp. 36-51, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1096> [accessed 07.05.2021]. (In Russian).

25. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., Kisil A.A., 2018. [Influence of surface runoff of urbanized territories on the chemical composition of collector-waste waters]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 1(29), pp. 31-48, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=912> [accessed 07.05.2021]. (In Russian).

26. *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vred-*

nykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya [On the approval of water quality standards for fishery water bodies, including standards for maximum permissible concentrations of hazardous substances in fishery water bodies]. Order of the Ministry of Agriculture of Russian Federation of 13 Dec., 2016, no. 552, as of Aug. 12, 2021.

27. *Ob okhrane okruzhayushchey sredy* [On Environmental Protection]. Federal Law of Russian Federation of 10 Jan., 2002, no. 7-FZ, as of Aug. 12, 2021. (In Russian).

28. *Ob utverzhdenii kriteriev otneseniya ob"ektov, okazyvayushchikh negativnoe vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu, k ob"ektam I, II, III i IV kategoriy* [On the approval of criteria for classifying objects that have a negative impact on the environment on objects of I, II, III and IV categories]. Decree of the Government of the Russian Federation of 31 Dec., 2020, no. 903, as of Aug. 12, 2021. (In Russian).

29. *Ob utverzhdenii trebovaniy k sodержaniyu programmy proizvodstvennogo ekologicheskogo kontrolya, poryadka i srokov predstavleniya otcheta ob organizatsii i o rezul'tatakh osushchestvleniya proizvodstvennogo ekologicheskogo kontrolya* [On approval of the requirements for the content of the program of industrial environmental control, the procedure and terms for submitting a report on the organization and on the results of the implementation of industrial environmental control]. Order of the Ministry of Nature and Ecology of Russian Federation of 28 Febr., 2018, no. 74, as of Aug. 12, 2021. (In Russian).

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – заведующая кафедрой экологических технологий, доктор технических наук, доцент, tid70.drovovozova@yandex.ru

А. А. Кириленко – младший научный сотрудник, аспирант, andreykirilenko96@mail.ru

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Chief at the Chair of Nature Management Ecological Technologies, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, tid70.drovovozova@yandex.ru

A. A. Kirilenko – Junior Researcher, Postgraduate Student, andreykirilenko96@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.08.2021; одобрена после рецензирования 14.09.2021; принята к публикации 15.09.2021.

The article was submitted 13.08.2021; approved after reviewing 14.09.2021; accepted for publication 15.09.2021.