МЕЛИОРАЦИЯ, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ И ОХРАНА ЗЕМЕЛЬ

Научная статья

УДК 504.054

doi: 10.31774/2712-9357-2021-11-4-17-33

Причины несоблюдения предельно допустимых концентраций веществ 4э класса опасности в контрольном створе малых рек – приемников дренажно-сбросных вод

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Наталья Николаевна Паненко²,
Екатерина Сергеевна Кулакова³

^{1, 2, 3}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортюнова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,
Российская Федерация

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

³kes_9@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6778-1401>

Аннотация. Цель: установление причин несоблюдения предельно допустимой концентрации веществ 4э класса опасности для водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) в контрольном створе малых рек – приемников дренажно-сбросных вод (ДСВ). **Материалы и методы.** Объект исследования – р. Солёная Семикаракорского района Ростовской области, территория водосбора которой представляет собой антропогенно преобразованный агроландшафт. В качестве фоновых концентраций использовались данные из официальных справок о фоновых концентрациях в исследуемом водном объекте в створе на 500 м выше выпуска ДСВ. **Результаты.** Смоделированы процессы разбавления солеобразующих ионов, относящихся к 4э классу опасности, в водной среде р. Солёной при поступлении в нее ДСВ на участке от места выпуска до контрольного створа по методике А. В. Фролова – И. Д. Родзиллера. Установлено, что важные характеристики процессов разбавления – соотношение расходов реки и в коллекторе, а также фоновой (C_{ϕ}) и предельно допустимой концентрации вещества. Так, для иона кальция $C_{\phi} = 105 \text{ мг/дм}^3$, ПДК_{рх} = 180 мг/дм³, концентрация вещества в максимально загрязненной струе от места выпуска до контрольного створа меняется от 180 до 107,8 мг/дм³. Для сульфат-иона $C_{\phi} = 385 \text{ мг/дм}^3$, ПДК_{рх} = 100 мг/дм³, концентрация изменяется от 100 до 232,5 мг/дм³. **Выводы.** Установлено, что причины несоблюдения предельно допустимых концентраций веществ 4э класса опасности в контрольном створе малых рек – высокая фоновая концентрация солеобразующих ионов, относящихся к 4э классу опасности, сопоставимые расходы рек и ДСВ. Причины слабого разбавления – малая глубина реки, низкая скорость течения, а также высокая исходная минерализация природной воды. Следовательно, необходимо вносить поправки в российское законодательство в части региональных допустимых концентраций в водных объектах с учетом региональных особенностей гидрохимического режима водных объектов, речного стока, гидрохимического состава верхних горизонтов подземных вод.

Ключевые слова: водный объект, дренажно-сбросные воды, разбавление, солеобразующие ионы, 4э класс опасности, региональные допустимые концентрации

LAND RECLAMATION, RECULTIVATION AND LAND PROTECTION

Original article

Reasons for non-compliance with the maximum permissible concentrations of hazard class 4e substances in the small river control point – drainage and waste water receivers

Tatiana I. Drovovozova¹, Natalia N. Panenko², Ekaterina S. Kulakova³

^{1, 2, 3}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

¹tid70.drovovozova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8724-7799>

²panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

³kes_9@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6778-1401>

Abstract. Purpose: to determine the reasons of non-compliance with the maximum permissible concentration of the hazard class 4e substances for water bodies of fishery significance (MPCfs) in the small rivers control point – receivers of drainage and waste waters (DWW). **Materials and methods.** The research object is the Salt river Semikarakorsk district Rostov region, the catchment area of which is an anthropogenically transformed agricultural landscape. As background concentrations, the data from official certificates on background concentrations in the investigated water body in the section 500 m above the DWW outlet are used. **Results.** The processes of salt-forming ions dilution belonging to the hazard class 4e substances in the aquatic environment of the Salt river when DWW enter it at the release site to the control point according to the method of A. V. Frolov – I. D. Rodziller were modified. It has been found that important characteristics of dilution processes are the ratio of the flow rates of the river and in the reservoir, as well as the background (C_f) and maximum permissible concentration of the substance. So, for the calcium ion $C_f = 105 \text{ mg/dm}^3$, MPCfs = 180 mg/dm^3 , the concentration of the substance in the most polluted jet from the release site to the control point varies from 180 to 107.8 mg/dm^3 . For sulfate ion $C_f = 385 \text{ mg/dm}^3$, MPCfs = 100 mg/dm^3 , the concentration varies from 100 to 232.5 mg/dm^3 . **Conclusions.** It has been found that the reasons for non-compliance with the maximum permissible concentrations of the hazard class 4e substances in the control point of small rivers are a high background concentration of salt-forming ions belonging to the 4e hazard class, comparable flows of rivers and DWW. The reasons for the weak dilution are the shallow depth of the river, low flow velocity, as well as high initial mineralization of natural water. Therefore, it is necessary to amend the Russian legislation in terms of regional permissible concentrations in water bodies, taking into account the regional characteristics of the hydrochemical regime of water bodies, river runoff, and the hydrochemical composition of the upper horizons of groundwater.

Keywords: water body, drainage and waste water, dilution, salt-forming ions, hazard class 4 e, regional permissible concentrations

Введение. В 2015 г. Постановлением Правительства № 1029 от 28.09.2015 все объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду (НВОС), были распределены по категориям, утверждены критерии отнесения объектов к объектам I, II, III и IV категорий. При этом отнесение объектов по категориям зависело исключительно от вида деятельности. В результате часть объектов стали «бескатегорийными». В 2020 г. новые критерии уточнили некоторые спорные вопросы, тем не менее отне-

сение объектов к категориям по-прежнему зависит от вида деятельности, а не от уровня НВОС [1, 2].

Мелиоративные каналы отнесены к объектам III категории, для которых отпала необходимость в составлении тома нормативно допустимых сбросов (НДС). Отчетность о сбросах дренажных вод осуществляется по производственному экологическому контролю (ПЭК), платежи за сброс загрязняющих веществ в дренажно-сбросных водах (ДСВ) устанавливаются по фактическому сбросу без учета гидрохимического режима водного объекта – приемника ДСВ и его морфометрических характеристик [3].

В случае если фактические концентрации загрязняющих веществ в отводимых ДСВ превышают их ПДК_{рх}, в соответствии со ст. 8.1 КоАП РФ штраф за нарушение экологических требований накладывается на собственника мелиоративных систем, хотя источником поступления загрязняющих веществ в коллекторы (виновником нарушения) является производственная деятельность сельхозтоваропроизводителей. В настоящее время эколого-правовые отношения между собственниками мелиоративных систем и сельхозтоваропроизводителями не отрегулированы, что негативно сказывается на работе мелиоративной отрасли в целом [4–6].

В соответствии с российским законодательством критерием качества водных объектов является соблюдение нормативов ПДК_{рх}, установленных Министерством сельского хозяйства РФ [7]. Данные требования применяются абсолютно для всех водных объектов РФ без учета региональных особенностей формирования речного стока, климатических условий, разновидности почв, формирующих площадь водосбора, гидрохимического состава верхних горизонтов подземных вод.

В результате «жесткие» экологические требования, установленные для хозяйствующих субъектов, в ряде случаев приводят к необоснованным административным взысканиям в виде штрафов, излишним переплатам из-за применения повышающих коэффициентов при установлении платежей

за негативное воздействие на водные объекты вследствие несоблюдения ПДК_{рх}, особенно для веществ, относящихся к 4э классу опасности, которые априори достигнуты быть не могут ввиду региональных особенностей.

В связи с вышеизложенным целью данной работы является установление причин несоблюдения норматива ПДК_{рх} для веществ, относящихся к 4э классу опасности, в контрольном створе малых рек – приемников ДСВ на примере р. Солёной в Семикаракорском районе Ростовской области.

Материалы и методы. Река Солёная (Солоная) выбрана как типичная гидроэкосистема в агроландшафте. Согласно данным государственного водного реестра (ГВР) России, исследуемый водный объект относится к бассейновой геосистеме Нижнего Дона, длина реки – 35 км [8].

Река Солёная испытывает интенсивную антропогенную нагрузку, ежегодно наблюдаются процессы заболачивания водного объекта, питание осуществляется как за счет инфильтрации осадков и талых вод, так и за счет подтягивания воды из водоносного горизонта (уровень грунтовых вод 5–10 м) (рисунок 1).

Рисунок 1 – Река Солёная, Ростовская область, июнь 2021 г. (фото авторов)

Территория водосбора водного объекта представляет собой антропогенно преобразованный агроландшафт, причем отсутствуют участки бассейна рек, которые можно было бы отнести к условно чистым. Это затрудняет оценку динамики экологического состояния водного объекта.

Рассматриваемый водный объект является приемником ДСВ из коллектора ЛС-2. Кроме этого, через приток реки – ерик Бешенный поступают ДСВ из коллектора К-3. Рассматриваемые водосбросные коллекторы относятся к Нижне-Донской оросительной системе. Необходимо отметить, что коллекторные каналы в орошаемых районах представлены преимущественно открытыми каналами в земляном русле, это делает их схожими по гидродинамическим условиям с природными водотоками (рисунок 2).

**Рисунок 2 – Карта агроландшафта Семикаракорского района:
точка 1 – створ выпуска дренажно-сбросных вод в ерик Бешенный,
точка 2 – створ выпуска дренажно-сбросных вод в р. Солёную**

В настоящее время к свойствам и составу ДСВ Семикаракорского филиала управления «Ростовмелиоводхоз» как объекта III категории применены нормативные требования соблюдения ПДК_{рх} в самих ДСВ перед выпуском их в водный объект.

Одними из основных факторов обезвреживания ДСВ, поступивших в водный объект, являются процессы смешения и разбавления. При по-

ступлении загрязняющего вещества с ДСВ в естественную водную среду их количество не изменяется, но благодаря процессам разбавления должно происходить уменьшение концентрации. Наибольший интерес для оценки загрязнения представляет участок реки между выпуском сточных вод и створом полного перемешивания.

Для того чтобы иметь информацию об изменениях в гидроэкосистеме и вовремя реагировать на эти изменения, необходимо знать значение показателей, характеризующих их естественное состояние, так называемые фоновые концентрации. В качестве фоновых концентраций использовались данные из официальных справок МУП «Прогресс» о фоновых концентрациях в исследуемом водном объекте в створе на 500 м выше выпуска ДСВ от 2013 г. (таблица 1).

Таблица 1 – Фоновые концентрации гидрохимических показателей в воде р. Солёной в створе на 500 м выше места выпуска сточных (дренажных) вод с орошаемых территорий по каналу ЛС-2 (данные МУП «Прогресс» от 23.04.2013)

Наименование ингредиента	Единица измерения	Фоновая концентрация
1 Сухой остаток	мг/дм ³	1161
2 Кальций	мг/дм ³	105
3 Магний	мг/дм ³	43,5
4 Натрий	мг/дм ³	247
5 Хлориды	мг/дм ³	225
6 Сульфаты	мг/дм ³	385
7 Нитраты	мг/дм ³	0,24
8 СПАВ _{ан}	мг/дм ³	< 0,015
9 Трефлан	мг/дм ³	< 0,0005
10 Метафос	мг/дм ³	отс.
11 Стомп	мг/дм ³	< 0,004
12 Харнес	мг/дм ³	< 0,002
13 Топаз	мг/дм ³	< 0,004
14 Циперметрин	мг/дм ³	отс.
15 Альто	мг/дм ³	< 0,004
16 Арцерид	мг/дм ³	< 0,0005
17 Лонтрел	мг/дм ³	< 0,005
18 Фастак	мг/дм ³	отс.
19 Акробат	мг/дм ³	< 0,005
20 Пивот	мг/дм ³	< 0,005
21 Диален С	мг/дм ³	< 0,005

Исследованиями установлено, что основными ионами, превышающими ПДК_{рх} в водных объектах, являются солеобразующие ионы: SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+ , относящиеся к 4-му классу опасности [9–13].

Смоделируем процессы разбавления рассматриваемых компонентов в максимально загрязненной струе, используя методику, предложенную советскими гидрологами В. А. Фроловым и И. Д. Родзиллером, с учетом фоновых концентраций и исходя из отнесения нормативных требований к составу и свойствам самих ДСВ [14]. Все рассматриваемые компоненты относятся к консервативным веществам. Внесенные в реку компоненты распределяются в воде согласно уравнению водного баланса, которое для консервативных веществ имеет вид:

$$\gamma \cdot Q \cdot C_{\phi} + q \cdot C_{\max} = (\gamma \cdot Q + q) \cdot C_{\text{ПДК}},$$

где γ – коэффициент смешения;

Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

C_{ϕ} – фоновая концентрация, $\text{мг}/\text{дм}^3$;

q – максимальный расход ДСВ в коллекторе, $\text{м}^3/\text{с}$;

$C_{\max}$ – концентрация вещества в максимально загрязненной струе в створе L , $\text{мг}/\text{дм}^3$;

$C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация вещества для водного объекта рыбохозяйственного назначения, $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Концентрации загрязняющих веществ в максимально загрязненной струе в створе L от места выпуска ДСВ определим по формуле:

$$C_L^{\max} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot C_{\phi} + q \cdot C_{\text{ЗВ}}}{\gamma \cdot Q + q},$$

где $C_{\text{ЗВ}}$ – концентрация загрязняющего вещества в ДСВ, $\text{мг}/\text{дм}^3$.

Морфометрические и рассчитанные гидрологические характеристики исследуемого водного объекта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфометрические и гидрологические характеристики водного объекта

Наименование водного объекта	Координата створа	Максимальная глубина, м	Средняя глубина H , м	Скорость течения v , м/с	Расход воды Q , м ³ /с	Коэффициент Шези: $C_{ш} = \frac{R^y}{n_{ш}}$	Коэффициент турбулентной диффузии: $D = \frac{g\sqrt{H}}{37n_{ш}C_{ш}}$	Коэффициент, учитывающий гидравлические условия реки: $\alpha = \varphi^3 \sqrt{\frac{D}{q}}$	Максимальный расход ДСВ в коллекторе q , м ³ /с	Проверка выполнения условия Фролова – Родзиллера: $0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1$
Ерик Бешенный (1,3 км от устья)	47°31'11" с. ш. 41°21'06" в. д.	1,29	0,61	0,02	1,02	24,797	0,0037	0,6064	Выпуск № 1 (К-3), 0,02867	$\frac{q}{Q} = 0,0281$
Река Солёная (3,6 км от устья)	47°31'27" с. ш. 41°15'52" в. д.	1,36	0,98	0,05	1,48	28,406	0,013	0,5328	Выпуск № 2 (ЛС-2), 0,1144	$\frac{q}{Q} = 0,0773$
R^y – гидравлический радиус потока ($R \approx H$), м. $n_{ш}$ – коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по справочным данным (по таблице М. Ф. Срибного) [14]. g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с ² . φ – коэффициент извилистости русла.										

Результаты и обсуждение. Поливной (вегетационный) период на мелиорируемых землях совпадает с периодом весеннего половодья и летне-осенней межени, соответственно, в мае расходы воды в водном объекте имеют максимальные значения. Объемы промывных вод коллекторов, которые приходятся на начало мая, также увеличивают расход рек. В июле – сентябре расходы рек снижаются и достигают минимальных значений в августе и сентябре. Моделируя снижение расхода реки, расчетные гидрологические характеристики водного объекта по месяцам вегетационного периода представили в таблице 3.

Таблица 3 – Гидрологические характеристики р. Солёной в течение вегетационного периода

Месяц	Q , м ³ /с	q , м ³ /с	α	Значение γ при L , м			
				100	500	700	1000
Май	1,48	0,0566	0,735	0,519	0,926	0,9617	0,983
Июль	1,0	0,1072	0,594	0,588	0,915	0,949	0,9735
Август	0,1	0,1144	0,5812	0,9363	0,981	0,989	0,994
Сентябрь	0,1	0,0542	0,7456	0,917	0,993	0,996	0,998

Динамика концентраций солеобразующих ионов в максимально за-грязненной струе на участке от места выпуска ДСВ в р. Солёную до контрольного створа и створа полного смешения, когда $C_{\max} = C_{\text{ср}}$ ($C_{\text{ср}}$ – средняя концентрация вещества в граничном сечении), в течение поливного периода представлена в таблицах 4–7.

Таблица 4 – Изменение концентрации солеобразующих ионов $C_{\max}$ на участке от места выпуска дренажно-сбросных вод до створа полного смешения (май)

В мг/дм³

Показатель	$C_{\max}$ при L , м			
	100	500	700	1000
Ca^{2+}	110,15	107,97	107,86	107,81
Mg^{2+}	43,26	43,363	43,364	43,3701
Na^{+}	238,29	241,98	242,129	242,350
Cl^{-}	230,153	227,975	227,855	227,815
SO_4^{2-}	365,45	374,73	374,079	374,337

Таблица 5 – Изменение концентрации солеобразующих ионов $C_{\max}$ на участке от места выпуска дренажно-сбросных вод до створа полного смешения (июль)

В мг/дм³

Показатель	$C_{\max}$ при L , м			
	100	500	700	1000
Ca^{2+}	116,565	112,865	112,612	112,439
Mg^{2+}	42,960	43,133	43,145	43,153
Na^{+}	227,416	233,691	234,110	234,402
Cl^{-}	236,565	232,865	232,612	232,439
SO_4^{2-}	341,053	355,111	356,074	356,729

Таблица 6 – Изменение концентрации солеобразующих ионов $C_{\max}$ на участке от места выпуска дренажно-сбросных вод до створа полного смешения (август)

В мг/дм³

Показатель	$C_{\max}$ при L , м			
	100	500	700	1000
Ca^{2+}	146,244	145,376	145,225	145,131
Mg^{2+}	41,57	41,616	41,623	41,627
Na^{+}	177,160	178,629	178,885	179,045
Cl^{-}	266,244	265,376	265,225	265,131
SO_4^{2-}	228,273	231,569	232,145	232,502

Таблица 7 – Изменение концентрации солеобразующих ионов $C_{\max}$ на участке от места выпуска дренажно-сбросных вод до створа полного смешения (сентябрь)

В мг/дм³

Показатель	$C_{\max}$ при L , м			
	100	500	700	1000
Ca^{2+}	132,861	131,48	131,430	131,396
Mg^{2+}	42,199	42,264	42,27	42,268
Na^{+}	199,821	202,157	202,244	202,302
Cl^{-}	252,861	251,482	251,430	251,396
SO_4^{2-}	279,126	284,368	284,564	284,695

Исследования показали, что в начале вегетационного периода воды реки являются разбавляющими, а ДСВ разбавляемыми. В период летней межени, особенно в августе, наблюдается обратная картина – ДСВ становятся разбавляющими, а воды реки разбавляемыми. Далее проведен гра-

фический анализ изменения концентраций солеобразующих ионов на исследуемом участке реки, обусловленного процессами разбавления, при условиях: фоновая концентрация вещества меньше предельно допустимой ($C_{\phi} < \text{ПДК}_{\text{рх}}$), фоновая концентрация вещества больше предельно допустимой ($C'_{\phi} > \text{ПДК}_{\text{рх}}$) (рисунки 3–7).

Рисунок 3 – Изменение концентрации ионов кальция в максимально загрязненной струе на рассматриваемом участке

Рисунок 4 – Изменение концентрации ионов магния в максимально загрязненной струе на рассматриваемом участке

Рисунок 5 – Изменение концентрации ионов натрия в максимально загрязненной струе на рассматриваемом участке

Рисунок 6 – Изменение концентрации хлорид-ионов в максимально загрязненной струе на рассматриваемом участке

Рисунок 7 – Изменение концентрации сульфат-ионов в максимально загрязненной струе на рассматриваемом участке

Установлена общая закономерность процессов смешения и разбавления солеобразующих ионов в водной среде, описываемая общей зависимостью $C_i = f(L)$ в виде полиномиальной функции $C_i = \pm 0,1786L^2 \pm 1,4214L + c$ с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,87$ (рисунок 8).

Рисунок 8 – Графическая закономерность изменения концентрации ионов в водной среде на участке от места выпуска сбросных вод до створа полного смешения при $C_\phi < \text{ПДК}$ и $C'_\phi > \text{ПДК}$

Очевидно, если фоновая концентрация вещества меньше предельно допустимой ($C_\phi < \text{ПДК}_{\text{рх}}$), то нормативные концентрации ионов в водной среде в контрольном створе достигаются, если фоновая концентрация вещества больше предельно допустимой ($C'_\phi > \text{ПДК}_{\text{рх}}$), то в контрольном створе достичь $\text{ПДК}_{\text{рх}}$ ионов, даже если концентрация ионов в ДСВ будет

равна $ПДК_{рх}$, невозможно. Причинами такого слабого разбавления являются особенности морфометрических характеристик водного объекта, а именно малая глубина, низкая скорость течения, а также высокая исходная минерализованность природной воды.

Выводы. Установлено, что причинами несоблюдения предельно допустимых концентраций веществ 4-го класса опасности в контрольном створе малых рек являются высокая фоновая концентрация солеобразующих ионов, относящихся к 4-му классу опасности, и сопоставимые расходы рек и ДСВ, что ослабляет процессы разбавления. Следовательно, необходимо вносить изменения в российское законодательство в части утверждения региональных допустимых концентраций в природных водных объектах с учетом региональных особенностей гидрохимического режима водных объектов, речного стока, гидрохимического состава верхних горизонтов подземных вод; совершенствовать порядок взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Список источников

1. 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. № 2398. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> (дата обращения: 16.05.2021).
2. Захарова О. Е. Как отчитаться о результатах ПЭК за 2020 год // Экология производства. 2021. № 2. С. 66–69.
3. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды России от 14 июня 2018 г. № 261. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542627825> (дата обращения: 16.05.2021).
4. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 дек. 2001 г. № 195-ФЗ (ред. от 26 мая 2021 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ (дата обращения: 16.05.2021).
5. Абраменко И. П., Ревунов Р. В., Куприянова С. В. Направления совершенствования механизма регионального водопользования в контексте снижения водоемкости валового регионального продукта (на материалах Ростовской области) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 304–314. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1153> (дата обращения: 16.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-304-314.
6. 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 ре-

сурс]. 2021. Т. 11, № 1. С. 258–276. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1190> (дата обращения: 16.02.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-258-276.

7. 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 М-ва сел. хоз-ва Рос. Федерации от 13 дек. 2016 г. № 552 (с изм. от 10 марта 2020 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 16.05.2021).

8. Государственный водный реестр [Электронный ресурс]. URL: www.textual.ru/gvr/index.php?card=171521&bo=0&rb=0&subb=0&hep=0&wot=0&name=%F1%EE%EB%EE%ED%E0%FF&loc= (дата обращения: 16.05.2021).

9. Химический состав коллекторно-дренажного стока в открытых каналах Семикакорского района / Т. И. Дровозова, 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/archive?n=630&id=637> (дата обращения: 16.05.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99.

10. Геоэкологические циклы солеобразующих ионов в агроландшафтах / Т. И. Дровозова, С. А. Марьяш, Е. С. Кулакова, Н. Н. Паненко // Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса: юбилейн. сб. науч. тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Дон. гос. техн. ун-та (Ростовского-на-Дону ин-та сельхозмашиностроения), в рамках XXIII Агропром. форума юга России и выставки «Интерагромаш». Ростов н/Д., 2020. С. 509–513. DOI: 10.23947/interagro.2020.1.509-513.

11. Evaluation of changing surface water abstraction reliability for supplemental irrigation under climate change / M. Rio, D. Rey, C. Prudhomme, I. P. Holman // Agricultural Water Management. 2018. Vol. 206. P. 200–208. DOI: 10.1016/j.agwat.2018.05.005.

12. Singh A. Assessment of different strategies for managing the water resources problems of irrigated agriculture // Agricultural Water Management. 2018. Vol. 208. P. 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.021>.

13. Nitrate removal and secondary effects of a woodchip bioreactor for the treatment of subsurface drainage with dynamic flows under pastoral agriculture / A. Rivas, G. Barkle, R. Stenger, B. Moorhead, J. Clague // Ecological Engineering. 2020. Vol. 148. 105786. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105786>.

14. Об утверждении методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей [Электронный ресурс]: Приказ МПР России от 17 дек. 2007 г. № 333 (ред. от 15 нояб. 2016 г.). URL: <https://docs.cntd.ru/document/902083726> (дата обращения: 16.05.2021).

References

1. *Ob utverzhdenii kriteriev otneseniya ob"ektov, okazyvayushchikh negativnoe vozdeystvie na okruzhayushchuyu sredu, k ob"ektam I, II, III i IV kategoriy* [The approval of criteria for classifying objects that have a negative impact on the environment to I, II, III and IV categories objects]. Decree of the Government of the Russian Federation of 31 December, 2020, no. 2398, available: <https://docs.cntd.ru/document/573292854> [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

2. Zakharova O.E., 2021. *Kak otchitat'sya o rezul'tatakh PEK za 2020 god* [How to report on the results of the PEC for 2020]. *Ekologiya proizvodstva* [Ecology of Production], no. 2, pp. 66–69. (In Russian).

3. *Ob utverzhdenii formy otcheta ob organizatsii i o rezul'tatakh osushchestvleniya proizvodstvennogo ekologicheskogo kontrolya* [The approval of the report form on the organization and on the results of industrial environmental control]. Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation of 14 June, 2018, no. 261, available: <https://docs.cntd.ru/document/542627825> [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

4. *Kodeks Rossiyskoy Federatsii ob administrativnykh pravonarusheniyakh* [Code of the Russian Federation on Administrative Offenses]. 30 December, 2001, no. 195-FZ, as amended on May 26, 2021, available: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661/ [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

5. Abramenko I.P., Revunov R.V., Kupriyanova S.V., 2020. [Directions of regional water use mechanism improvement in the context of reducing the water retaining capacity of the gross regional product (a case study of Rostov region)]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 3(39), pp. 304-314, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1153> [accessed 16.05.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-304-314. (In Russian).

6. Slabunova A.V., Domashenko Yu.E., 2021. [On issue of determining the payment for water supply (diversion) to agricultural producers on reclaimed lands]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, vol. 11, no. 1, pp. 258-276, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1190> [accessed 16.02.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-258-276. (In Russian).

7. *Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [The approval of water quality standards for fishery water bodies, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies]. Order of Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 13 December, 2016, no. 552, as amended on March 10, 2020, available: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

8. *Gosudarstvennyy vodnyy reestr* [State Water Register], available: www.textual.ru/gvr/index.php?card=171521&bo=0&rb=0&subb=0&hep=0&wot=0&name=%F1%EE%EB%EE%ED%E0%FF&loc= [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

9. Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Maryash S.A., Kulakova E.S., 2019. [The chemical composition of the collector-drainage runoff in the open canals of Semikarakorsk region]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=637> [accessed 16.05.2021], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99. (In Russian).

10. Drovovozova T.I., Maryash S.A., Kulakova E.S., Panenko N.N., 2020. *Geoekologicheskie tsikly soleobrazuyushchikh ionov v agrolandshaftakh* [Geoecological cycles of salt-forming ions in agricultural landscapes]. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo kompleksa: yubileyny sbornik nauchnykh trudov XIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The State and Prospects of Development of the Agro-industrial Complex: Jubilee Proc. of the XIII International Scientific-Practical Conference]. Rostov-on-Don, pp. 509-513, DOI: 10.23947/interagro.2020.1.509-513. (In Russian).

11. Rio M., Rey D., Prudhomme C., Holman I.P., 2018. Evaluation of changing surface water abstraction reliability for supplemental irrigation under climate change. *Agricultural Water Management*, vol. 206, pp. 200-208, DOI: 10.1016/j.agwat.2018.05.005.

12. Singh A., 2018. Assessment of different strategies for managing the water resources problems of irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*, vol. 208, pp. 187-192, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.021>.

13. Rivas A., Barkle G., Stenger R., Moorhead B., Clague J., 2020. Nitrate removal and secondary effects of a woodchip bioreactor for the treatment of subsurface drainage with dynamic flows under pastoral agriculture. *Ecological Engineering*, vol. 148, 105786, <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.105786>.

14. *Ob utverzhdenii metodiki razrabotki normativov dopustimyykh sbrosov veshchestv i mikroorganizmov v vodnye ob"ekty dlya vodopol'zovateley* [The approval of the methodology for the development of standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies to water users]. Order of the Ministry of Natural Resources of Russian

Federation of 17 December, 2007, no. 333, as amended on November 15, 2016, available: <https://docs.cntd.ru/document/902083726> [accessed 16.05.2021]. (In Russian).

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – заведующая кафедрой экологических технологий природопользования, доктор технических наук, доцент;

Н. Н. Паненко – начальник отдела управления качеством образования;

Е. С. Кулакова – доцент, кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Chief at the Chair of Nature Management Ecological Technologies, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

N. N. Panenko – Head of Education Quality Management Department;

E. S. Kulakova – Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 17.05.2021; одобрена после рецензирования 08.07.2021; принята к публикации 14.09.2021.

The article was submitted 17.05.2021; approved after reviewing 08.07.2021; accepted for publication 14.09.2021.