

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.6.02:631.95

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-125-139

Установление уровня деградации воды участков водных объектов, используемых для отведения дренажно-сбросных вод с орошаемых земель

Татьяна Ильинична Дрововозова¹, Светлана Александровна Манжина²

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

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

²manz.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9322-0843>

Аннотация. Цель: установление уровня деградации воды участков водных объектов, используемых для отведения дренажно-сбросных вод с орошаемых земель Центрального орошаемого района Ростовской области. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлись водоприемники дренажно-сбросных вод – участки р. Сал, Соленая, ерик Бешеный, р. Подпольная, Западный Маныч. Оценка качества воды в фоновом створе водного объекта и в створе выпуска дренажных вод с орошаемых земель проводилась по удельному комбинаторному индексу загрязнения воды (УКИЗВ) и комплексному показателю антропогенной нагрузки. **Результаты.** Вода по УКИЗВ в р. Соленая и ерике Бешеный оценивается как загрязненная, 3-й класс, разряд «а», в фоновом створе р. Сал – как 3-го класса, разряд «б», очень загрязненная, в створе выпуска дренажно-сбросных вод – как 4-го класса, разряд «а», грязная. Внутрисезонная динамика показателя антропогенной нагрузки по исследуемым водотокам показала, что в р. Соленая, Подпольная, Западный Маныч на протяжении всего поливного периода самоочищающаяся способность водных объектов выше скорости деградационных процессов. В р. Сал и ерике Бешеный на исследуемом участке процессы истощения преобладают над процессом восстановления. **Выводы.** Установлено, что комплексный показатель антропогенной нагрузки превышает более чем в 3 раза условно-нормативный показатель на оценочном участке р. Сал, это указывает на причинение ущерба водной среде от сброса дренажно-сбросных вод. Остальные исследуемые речные экосистемы находятся в естественном состоянии, не испытывают или слабо испытывают антропогенное воздействие от загрязнения воды. В отдельные периоды поливного сезона речная экосистема ерика Бешеный испытывает кратковременную умеренную антропогенную нагрузку.

Ключевые слова: качество воды, дренажно-сбросные воды, показатель антропогенной нагрузки, удельный комбинаторный индекс загрязнения воды, уровень деградации

Для цитирования: Дрововозова Т. И., Манжина С. А. Установление уровня деградации воды участков водных объектов, используемых для отведения дренажно-сбросных вод с орошаемых земель // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 3. С. 125–139. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-125-139>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Determining the level of water degradation in areas of water bodies, used to divert drainage and waste water from irrigated lands

Tatiana I. Drovovozova¹, Svetlana A. Manzhina²

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

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

²manz.svetlana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9322-0843>

Abstract. Purpose: to determine the level of water degradation in the areas of water bodies used to divert drainage and waste water from irrigated lands of the Central irrigated district of Rostov region. **Materials and methods.** The object of study was the drainage and waste water inlets – sections of the Sal, the Salt, the Podpol'naya, the Western Manych rivers and the Beshenny yerik. The assessment of water quality in the background section line of the water body and in the section of drainage water inlet from irrigated lands was conducted according to the specific combinatorial water pollution index (SCWPI) and the complex indicator of anthropogenic load. **Results.** According to the SCWPI, water in the Salt river and the Beshenny yerik is assessed as polluted, 3rd class, category “a”, in the background section line of the Sal river – as the 3rd class, category “b”, very polluted, in the outlet section line of drainage and waste water – as the 4th class, category “a”, dirty. The intraseasonal dynamics of the anthropogenic load index for the studied watercourses showed that in the Salt, the Podpol'naya, the Western Manych rivers throughout the entire irrigation period, the self-cleaning ability of water bodies is higher than the rate of degradation processes. The depletion processes prevail over the recovery process in the Sal river and the Beshenny yerik in the study area. **Conclusions.** It has been determined that the complex indicator of anthropogenic load exceeds the conditionally normative indicator in the estimated section of the Sal river by more than 3 times, this indicates the damage to the aquatic environment from the drainage and waste water discharge. The rest of the studied river ecosystems are in their natural state, do not experience or experience weakly anthropogenic impact from water pollution. In certain periods of the irrigation season, the river ecosystem of the Beshenny yerik experiences a short-term moderate anthropogenic load.

Keywords: water quality, drainage and waste water, anthropogenic load indicator, specific combinatorial index of water pollution, degradation level

For citation: Drovovozova T. I., Manzhina S. A. Determining the level of water degradation in areas of water bodies, used to divert drainage and waste water from irrigated lands. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(3):125–139. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-125-139>.

Введение. Сохранение природы и улучшение качества окружающей среды являются приоритетными направлениями деятельности государства и общества, закрепленными в Конституции Российской Федерации.

Качество отводимых с мелиоративных систем дренажных вод влияет на гидрохимический режим природных водных объектов. При отведении дренажных вод по коллекторам к ним примешивается часть сбросных вод с оросительных систем, а также поверхностный сток с орошаемых земель, от объемов и качества которых зависит гидрохимический состав отводимых дренажно-сбросных вод (ДСВ). Поскольку источником оросительной воды

являются природные воды водохранилищ и водотоков, то гидрохимические свойства ДСВ имеют преимущественно природное происхождение [1–4].

Согласно российскому законодательству, дренажный сток подлежит обязательному мониторингу, причем перечень гидрохимических показателей устанавливается самими водопользователями^{1, 2, 3}. Протоколы испытаний являются исходной информацией для отчета об организации производственного экологического контроля (отчета о ПЭК). В отчете о ПЭК указываются фактическая масса или объем загрязняющих веществ в дренажных водах, которые в соответствии с действующим законодательством признаются допустимыми к отведению⁴. Однако зачастую фактические концентрации не соответствуют предельно допустимым, особенно для водных объектов рыбохозяйственного назначения [5–11]. Поэтому для установления негативного воздействия на водные объекты в результате хозяйственной деятельности необходимо проводить оценку качества воды поверхностных водных объектов по экологическим показателям, что определяет актуальность данных исследований.

В связи с вышеизложенным целью работы являлось установление уровня деградации воды участков водных объектов, используемых для от-

¹Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных, в том числе дренажных, вод, их качества [Электронный ресурс]: приказ М-ва природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации от 9 нояб. 2020 г. № 903. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

²Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Рос. Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

³Об 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 природ. ресурсов и экологии Рос. Федерации от 18 февр. 2022 г. № 109. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

⁴Об охране окружающей среды: Федер. закон от 10 янв. 2002 г. № 7-ФЗ // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 25.05.2023).

ведения ДСВ с орошаемых земель Центрального орошаемого района Ростовской области.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись водоприемники ДСВ – участки р. Сал, Соленая, ерик Бешеный, р. Подпольная, Западный Маныч. Исходными данными для оценки являлись протоколы испытаний проб природной и сточной вод, предоставленные Ростовской гидрогеолого-мелиоративной партией ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз». Многолетние наблюдения показывают, что в исследуемых водных объектах наблюдается регулярное превышение содержания солеобразующих ионов, имеющих природное происхождение [5–7].

Оценка качества воды в фоновом створе водного объекта (500 или 1000 м выше выпуска ДСВ в зависимости от назначения водного объекта) и в створе выпуска ДСВ с орошаемых земель с экологических позиций проводилась по двум методикам:

- с помощью комбинаторного и удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (КИЗВ, УКИЗВ) по методике РД 52.24.643-2002⁵ «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»;

- по комплексному базовому показателю антропогенной нагрузки ПАН⁶, при расчете которого учитываются показатели, характеризующие негативное воздействие хозяйственной деятельности (рН, сухой остаток, взвешенные вещества, ХПК, БПК₅, азот аммония, азот нитритов, азот нитратов, фосфор фосфатов, железо общее, марганец общий) по ГОСТ Р 58556-2019⁶.

⁵Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям: РД 52.24.643-2002: утв. Росгидрометом 03.12.02: введ. в действие с 03.12.02. Ростов н/Д., 2002. 55 с.

⁶ГОСТ 58556-2019. Оценка качества воды с экологических позиций. Введ. 2019-27-09. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

Базовый показатель антропогенной нагрузки ПАН^б определяется по формуле:

$$\text{ПАН}^b = \sum_{i=1}^n \text{ПАН}_i,$$

где n – количество учитываемых типов воздействия.

ПАН_i – интегральный показатель антропогенной нагрузки i -го типа воздействия, усл. м³/м³;

Интегральный показатель антропогенной нагрузки (ПАН_i , усл. м³/м³) рассчитывают по формуле:

$$\text{ПАН}_i = \frac{C_i}{\text{ЦП}_{i\text{Э-НДТ}}} - 1,$$

где C_i – концентрация показателя в сточных (дренажных) или загрязненных природных водах, установленного методикой, мг/дм³;

$\text{ЦП}_{i\text{Э-НДТ}}$ – виртуальное целевое значение концентрации показателя по i -му типу воздействия, мг/усл. дм³.

Критерии оценивания класса качества воды по значению базового показателя антропогенной нагрузки ПАН^б представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии качества воды по значению ПАН^б

Table 1 – Criteria for water quality according to the PAN^b value

Значение базового показателя антропогенной нагрузки ПАН ^б , усл. м ³ /м ³	Класс качества воды	Характеристика качества воды
$\text{ПАН}^b < 4,2$	I	очень чистая
$4,2 < \text{ПАН}^b < 10,8$	II	чистая
$10,9 < \text{ПАН}^b < 24,0$	III	умеренно загрязненная
$24,0 < \text{ПАН}^b < 70$	IV	загрязненная
$70 < \text{ПАН}^b < 135$	V	грязная

Результаты и обсуждение. Основными определяемыми показателями являлись коэффициент комплексности загрязненности воды, комбинаторный и удельный комбинаторный индексы загрязненности воды, базовый показатель антропогенной нагрузки. Для оценки степени влияния дренажных вод на водные объекты рассматривалось качество воды в фоновых

и контрольных (местах выпуска) створах. Результаты расчетов КИЗВ, УКИЗВ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Гидрохимическая и экологическая информация о загрязненности воды природных водоприемников в фоновом створе и створе выпуска дренажно-сбросных вод

Table 2 – Hydrochemical and environmental information on water pollution of natural water inlets in the background section line and the outlet drainage and waste water section line

Водный объект	Экологический показатель					Характеристика качества воды
	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %			КИЗВ	УКИЗВ	
	K _{min}	K _{max}	K _{ср}			
Ерик Бешеный: - фоновый створ; - створ выпуска ДСВ	14,28 14,28	42,86 42,86	23,47 26,53	28,89 30,66	2,08 2,19	3-й класс, разряд «а», загрязненная
Р. Соленая: - фоновый створ; - створ выпуска ДСВ	14,28 14,28	35,71 42,86	26,53 24,49	27,49 26,17	1,96 1,87	3-й класс, разряд «а», загрязненная
Р. Сал, 56,7 км от устья	28,57	42,86	24,49	38,06	2,72	3-й класс, разряд «б», очень загрязненная
Р. Сал, 56,2 км от устья	7,14	42,86	33,67	45,8	3,27	4-й класс, разряд «а», грязная

Вода в р. Соленая и ерике Бешеный характеризуется как загрязненная, 3-го класса, разряд «а», в фоновом створе р. Сал – как 3-го класса, разряд «б», очень загрязненная, в створе выпуска ДСВ – как 4-го класса, разряд «а», грязная. В течение всего поливного периода критическим показателем, по которому наблюдается устойчивая загрязненность воды среднего уровня, во всех створах являются сульфаты. По хлоридам, кальцию, магнию, фосфатам и железу характер загрязненности устойчивый среднего уровня. Причем гидрохимический анализ фоновых створов и створов выпуска ДСВ показал аналогичную картину.

Данная методика оценки дает представление о качестве воды в водном объекте, но не об уровне воздействия хозяйственной деятельности на водный объект. Таковую характеристику позволяют получить базовый по-

казатель антропогенной нагрузки (ПАН^б) на водную среду и удельный показатель истощения качества вод (К_{ПАН}^б), рассчитанные по методике, разработанной Российским научно-исследовательским институтом комплексного использования и охраны водных ресурсов (ФГБУ РосНИИВХ) и Российской ассоциацией водоснабжения и водоотведения (РАВВ). Результаты расчетов ПАН^б и К_{ПАН}^б представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения показателей антропогенной нагрузки на исследуемые водные объекты в динамике

Table 3 – Values of indicators of anthropogenic load on the studied water bodies in dynamics

Водный объект	Период наблюдения											
	май			июнь			август			сентябрь		
	ПАН ^б _к	ПАН ^б _ф	К _{ПАН} ^б	ПАН ^б _к	ПАН ^б _ф	К _{ПАН} ^б	ПАН ^б _к	ПАН ^б _ф	К _{ПАН} ^б	ПАН ^б _к	ПАН ^б _ф	К _{ПАН} ^б
Р. Сал	3,58	20,84	< 0	16,65	13,26	3,39	18,54	14,64	3,9	21,26	15,64	5,62
Р. Соленая	7,74	6,6	2,28	3,27	11,22	< 0	22,86	21,56	2,6	5,82	5,92	< 0
Ерик Бешеный	8,26	6,88	2,76	18,56	13,68	9,76	13,3	14,64	< 0	6,18	6,4	< 0
Р. Подпольная	9,08	15,28	< 0	6,98	16,46	< 0	3,16	5,24	< 0	3,16	3,28	< 0
Р. Западный Маныч	12,5	12,4	0,1	6,0	15,5	< 0	3,66	16,02	< 0	2,52	16,88	< 0

ПАН^б_к – базовый показатель антропогенной нагрузки в контрольном створе;
 ПАН^б_ф – базовый показатель антропогенной нагрузки в фоновом створе.

Р. Сал, Подпольная, Западный Маныч относятся к водным объектам рыбохозяйственного назначения. Р. Соленая и ерик Бешеный относятся к объектам хозяйственно-бытового назначения.

В связи с полученными результатами расчетов показателя ПАН^б для всех исследуемых водотоков был проведен анализ динамики оценочного показателя в течение всего поливного периода (рисунки 1–5).

В р. Подпольная и Западный Маныч на оценочных участках на протяжении всего поливного периода значение показателя антропогенной нагрузки в контрольном створе меньше значения показателя антропогенной нагрузки в фоновом створе, т. е. процессы самоочищения в водной

среде преобладают над истощением качества вод. Следовательно, хозяйственная деятельность, связанная с отведением ДСВ, на данном участке водотока не оказывает вреда на водный объект.

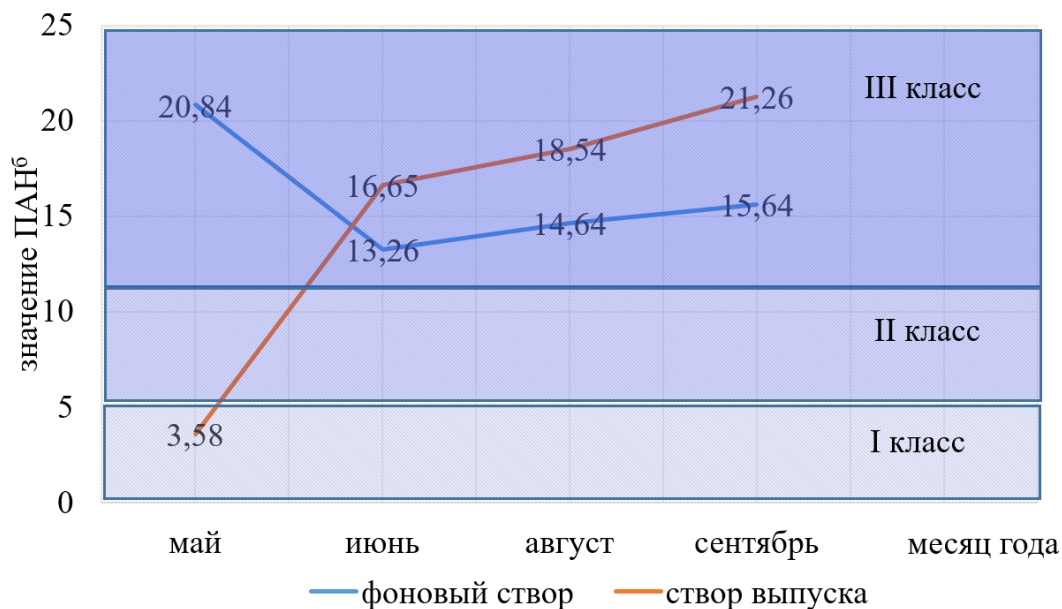


Рисунок 1 – Динамика показателя антропогенной нагрузки в фоновом и контрольном створах р. Сал в зоне влияния коллектора КСБ

Figure 1 – Dynamics of the anthropogenic load indicator in the background and control section lines of the Sal river in the zone of the KSB collector influence

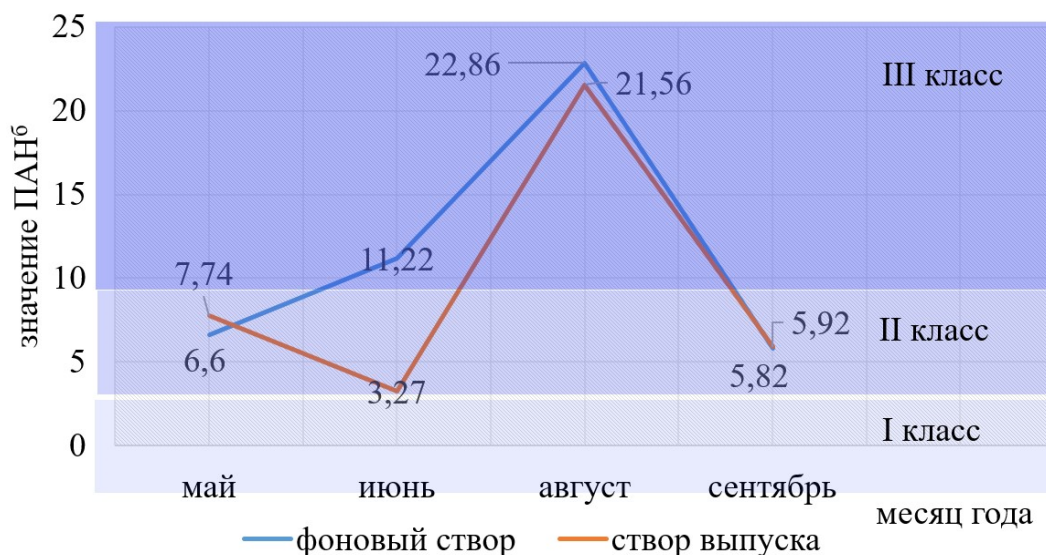


Рисунок 2 – Динамика показателя антропогенной нагрузки в фоновом и контрольном створах р. Соленая в зоне влияния коллектора ЛС-2

Figure 2 – Dynamics of the anthropogenic load indicator in the background and control section lines of the Salt river in the zone of the collector LC-2 influence

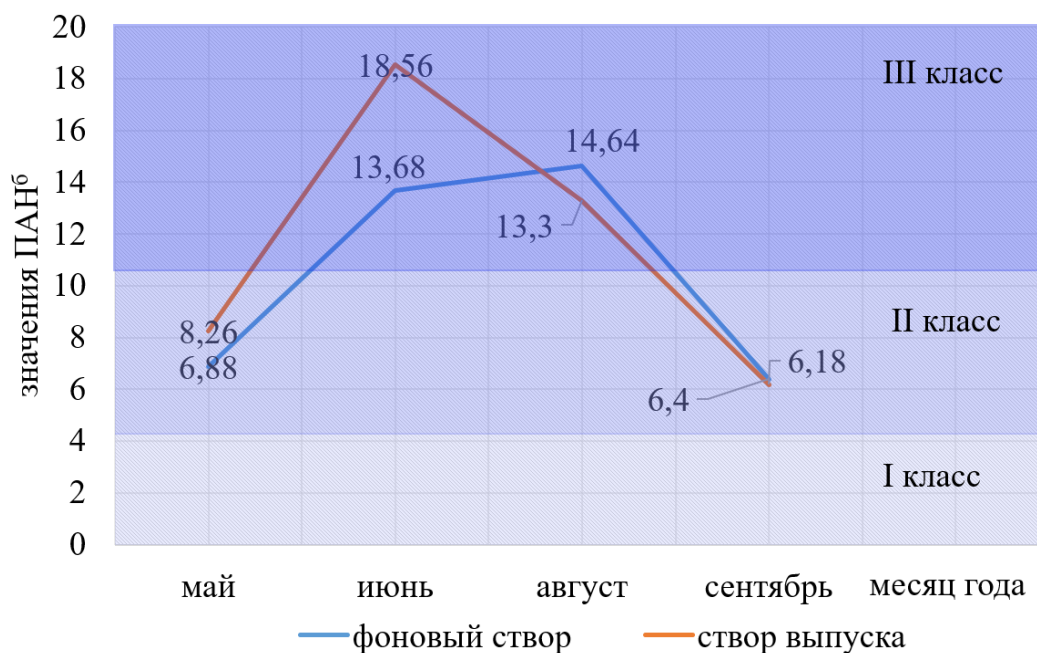


Рисунок 3 – Динамика показателя антропогенной нагрузки в фоновом и контрольном створах ерика Бешеный в зоне влияния коллектора К-3

Figure 3 – Dynamics of the anthropogenic load indicator in the background and control section lines of the Besheny yerik in the zone of the K-3 collector influence

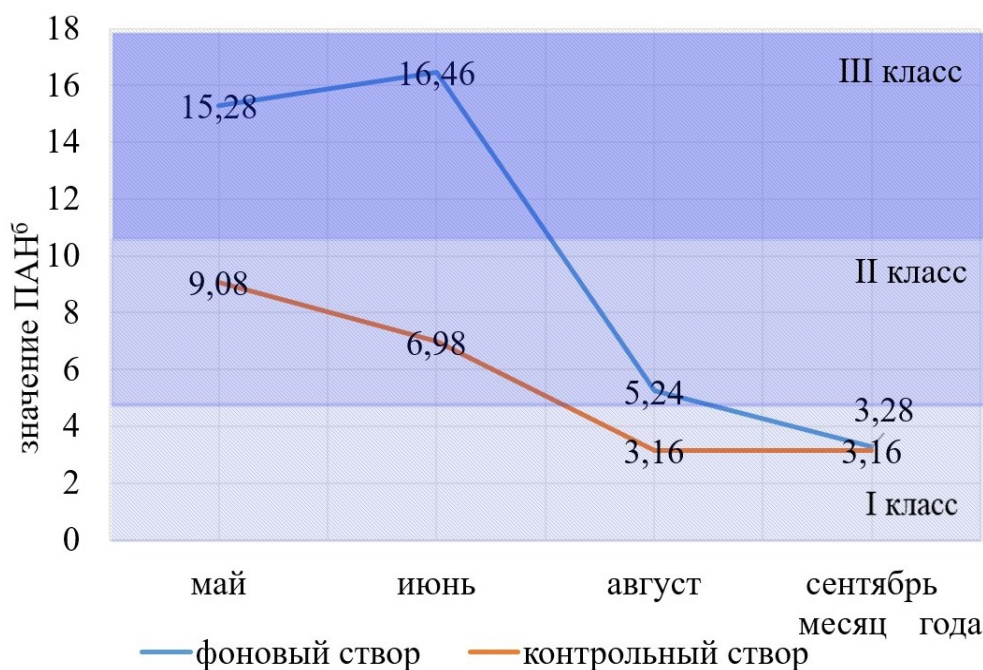


Рисунок 4 – Динамика показателя антропогенной нагрузки в фоновом и контрольном створах р. Подпольная в зоне влияния коллектора БГ-МС-6

Figure 4 – Dynamics of the anthropogenic load indicator in the background and control sections of the Podpol'naya river in the zone of the collector BG-MS-6 influence

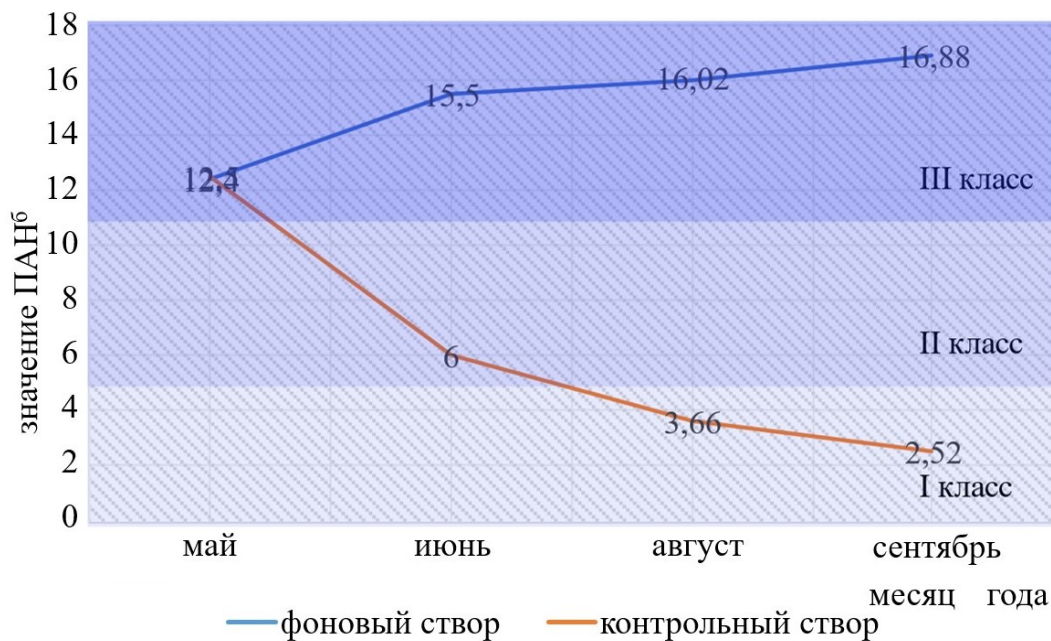


Рисунок 5 – Динамика показателя антропогенной нагрузки в фоновом и контрольном створах р. Западный Маныч в зоне влияния коллектора БГ-МС-10

Figure 5 – Dynamics of the anthropogenic load indicator in the background and control section lines of the Western Manych river in the zone of the collector BG-MS-10 influence

В р. Сал на рассматриваемом оценочном участке в течение поливного периода $ПАИ^6_k > ПАИ^6_ф$, т. е. хозяйственная деятельность, а именно отведение ДСВ, оказывает негативное воздействие на речную экосистему. Для получения более объективной информации об экологическом состоянии водного объекта необходимо проводить оценку качества воды на всем протяжении водотока.

В водотоках Соленая и ерик Бешеный расчет показателя антропогенной нагрузки на качество воды в летние месяцы, когда идет интенсивный полив сельскохозяйственных земель, показал единичные превышения его значения в контрольном створе над таковым в фоновом. Таким образом, в летний период наблюдается доминирование процессов истощения качества воды водных объектов над самоочищением в результате хозяйственной деятельности, в т. ч. отведения ДСВ.

Необходимо отметить, что для всех водных объектов лимитирую-

щим показателем, влияющим на величину ПАН^б, является минерализация. В разрезе гидрохимического состава ионов лимитирующим ионом является сульфат-анион.

Более высокое значение показателя антропогенной нагрузки в фоновых створах водных объектов указывает на природное происхождение процессов формирования ионно-солевого состава водной среды. Оценивая качество воды в контрольном створе водных объектов по показателю ПАН^б, необходимо отметить, что большую часть поливного периода вода характеризуется как чистая, тогда как по УКИЗВ вода относится к умеренно загрязненной. Такое различие в результатах оценки связано с количеством гидрохимических показателей, положенных в оценку. Чем больше показателей используется в оценке качества воды, тем точнее ее результат.

Как отмечалось ранее, при установлении уровня деградации воды на оценочном участке необходимо обосновать уровень негативного антропогенного воздействия от реализуемой хозяйственной деятельности, в данном случае от сброса ДСВ в природный водный объект. Для этого сравним фактический удельный показатель истощения качества вод с условно-нормативным $K_{уПАН^б}$, который рассчитывается по формуле:

$$K_{уПАН^б} = \frac{24 - 4,2}{L_B},$$

где 24 и 4,2 – верхние пограничные значения ПАН^б, соответствующие III и I классу качества воды;

L_B – длина водотока, км.

Согласно ГОСТ Р 58556-2019, если фактический $K_{ПАН^б}$ на участке реки превышает условно-нормативный $K_{уПАН^б}$ более чем в 3 раза, хозяйственная деятельность объекта негативного воздействия наносит ущерб водотоку. Результаты вычислений представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка ущерба водным объектам в результате хозяйственной деятельности на гидромелиоративных системах

Table 4 – Estimation of damage to water bodies on irrigation and drainage systems as a result of economic activities

Исследуемый водоток	Длина водотока, км	Удельный показатель истощения качества вод, средний за исследуемый период, $K_{\text{ПАН}^{\text{ф}}}$	Условно-нормативный удельный показатель истощения качества вод $K_{\text{уПАН}^{\text{б}}}$, (усл. м ³ /м ³)/км	Кратность превышения удельного показателя над условно-нормативным, разы
Р. Сал	775	3,230	0,025	129,2
Р. Соленая	35	1,220	0,566	2,2
Ерик Бешеный	13	3,130	1,523	2,0
Р. Подпольная	63	0,000	0,314	0,0
Р. Западный Маныч	228	0,025	0,087	0,3

Данные таблицы 3 показывают, что сброс ДСВ в р. Сал наносит ущерб водному объекту. Экосистеме р. Подпольная на исследуемом участке ущерб от сброса ДСВ не наносится. В остальных исследуемых водотоках ущерб не причиняется, однако процессы истощения воды в период сброса ДСВ доминируют над процессом самоочищения. Полученные результаты указывают на необходимость проведения исследований, посвященных изучению процессов деградации качества воды на всем протяжении водотоков.

Выводы. Оценка экологического состояния водных объектов: р. Сал, Соленая, ерик Бешеный, р. Подпольная, Западный Маныч, показала, что во всех водных объектах за исключением р. Сал на оценочных участках вода определяется по УКИЗВ как умеренно загрязненная. В р. Сал вода характеризуется как грязная.

Внутрисезонная динамика показателя антропогенной нагрузки по исследуемым водотокам показала, что в р. Соленая, Подпольная, Западный Маныч $\text{ПАН}_k^{\text{б}} < \text{ПАН}_\phi^{\text{б}}$ на протяжении всего поливного периода, т. е. самоочищающаяся способность водного объекта выше скорости деградиционных процессов. В р. Сал и ерике Бешеный на исследуемом участке про-

цессы истощения преобладают над процессом восстановления. Следовательно, для последних двух водных объектов необходима разработка природоохранных мероприятий.

Установлено, что комплексный показатель антропогенной нагрузки превышает более чем в 3 раза условно-нормативный показатель на оценочном участке р. Сал, это указывает на причинение ущерба водному объекту от сброса ДСВ.

Остальные исследуемые речные экосистемы находятся в естественном состоянии, не испытывающем или слабо испытывающем антропогенное воздействие от загрязнения воды. В отдельные периоды поливного сезона речная экосистема ерика Бешеный испытывает кратковременную умеренную антропогенную нагрузку.

Список источников

1. 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://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414> (дата обращения: 25.05.2023).
2. Дрововозова Т. И., Паненко Н. Н., Манжина С. А. Оценка пригодности воды из открытых коллекторов Семикаракорского района Ростовской области для орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2020. № 3(39). С. 154–169. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> (дата обращения: 11.08.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169.
3. Экологическое обоснование применения дренажного стока при орошении сельскохозяйственных угодий / Д. Г. Васильев, В. Ц. Челахов, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2019. № 3(03). С. 1–13. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=34> (дата обращения: 25.05.2023). DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13.
4. Диффузное загрязнение водных объектов: проблемы и решения: коллектив. моногр. / под рук. В. И. Данилова-Данильяна. М.: РАН, 2020. 512 с.
5. 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/archive?n=526&id=529> (дата обращения: 25.05.2023).
6. Дрововозова Т. И., Кириленко А. А. Проблема «солевого загрязнения» природных вод Ростовской области, приуроченных к орошаемому массиву // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. 2021. Т. 3, № 3. С. 55–71. URL: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=122> (дата обращения: 25.05.2023). DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71.
7. Химический состав коллекторно-дренажного стока в открытых каналах Семи-

каракорского 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/dl_files/udb_files/udb4-rec1019-field12.pdf (дата обращения: 25.05.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99.

8. Insights into the use of phytoremediation processes for the removal of organic micropollutants from water and wastewater; A review / W. Polińska, U. Kotowska, D. Kiejza, J. Karpińska // *Water (Switzerland)*. 2021. № 13(15). 2065. <https://doi.org/10.3390/w13152065>.

9. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran / H. J. Jouni, A. Liaghat, A. Hassanoghli, R. Henk // *Agricultural Water Management*. 2018. № 208. P. 393–405. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.037>.

10. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues / P. S. Minhas, T. R. Ramos, A. Alon Ben-Gal, L. S. Pereira // *Agricultural Water Management*. 2020. № 227. 105832. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>.

11. Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis / Z. Wang, G. Shao, J. Lu, K. Zhang, Y. Gao, J. Ding // *Agricultural Water Management*. 2020. № 239. 106253. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106253.

References

1. Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2016. [Modeling and evaluation of pollutants input into a collector-drainage water]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 2(22), pp. 112-127, available: <http://rosniipm-sm.ru/archive?n=406&id=414> [accessed 25.05.2023]. (In Russian).

2. Drovovozova T.I., Panenko N.N., Manzhina S.A., 2020. [Assessment of water availability from open collectors for irrigation in Semikarakorsk district Rostov region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 3(39), pp. 154-169, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1144> [accessed 11.08.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-154-169. (In Russian).

3. Vasiliev D.G., Chelakhov V.Ts., Domashenko Yu.E., Vasilyev S.M., 2019. [Ecological justification of drainage flow application when irrigating agricultural lands]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, no. 3(03), pp. 1-13, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=34> [accessed 25.05.2023], DOI: 10.31774/2658-7890-2019-3-1-13. (In Russian).

4. Danilov-Danilyan V.I., 2020. *Diffuznoe zagryaznenie vodnykh ob"ektov: problemy i resheniya: kollektiv. monografiya* [Diffuse Pollution of Water Bodies: Problems and Solutions: monograph]. Moscow, RAN, 512 p. (In Russian).

5. Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., Kisil A.A., 2018. [The influence of surface urban runoff 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/archive?n=526&id=529> [accessed 25.05.2023]. (In Russian).

6. Drovovozova T.I., Kirilenko A.A., 2021. [The problem of “saline contamination” of natural waters of Rostov region, confined to the irrigated area]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo*, vol. 3, no. 3, pp. 55-71, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=122> [accessed 25.05.2023], DOI: 10.31774/2658-7890-2021-3-3-55-71. (In Russian).

7. Drovovozova T.I., Kokina T.Yu., Maryash S.A., Kulakova E.S., 2019. [Chemical composition of the collector-drainage runoff in open canals in Semikarakorsk region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 4(36), pp. 88-99, available: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1019-field12.pdf [accessed 25.05.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-88-99. (In Russian).

8. Polińska W., Kotowska U., Kiejza D., Karpińska J., 2021. Insights into the use of phytoremediation processes for the removal of organic micropollutants from water and wastewater; A review. *Water (Switzerland)*, no. 13(15), 2065, <https://doi.org/10.3390/w13152065>.

9. Jouni H.J., Liaghat A., Hassanoghli A., Henk R., 2018. Managing controlled drainage in irrigated farmers' fields: A case study in the Moghan plain, Iran. *Agricultural Water Management*, no. 208, pp. 393-405, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.037>.

10. Minhas P.S., Ramos T.R., Alon Ben-Gal A., Pereira L.S., 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, no. 227, 105832, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>.

11. Wang Z., Shao G., Lu J., Zhang K., Gao Y., Ding J., 2020. Effects of controlled drainage on crop yield, drainage water quantity and quality: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, no. 239, 106253, DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106253.

Информация об авторах

Т. И. Дрововозова – ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, доцент;

С. А. Манжина – старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент.

Information about the authors

T. I. Drovovozova – Leading Researcher, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor;

S. A. Manzhina – Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.06.2023; одобрена после рецензирования 07.08.2023; принята к публикации 10.08.2023.

The article was submitted 16.06.2023; approved after reviewing 07.08.2023; accepted for publication 10.08.2023.