

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКИ

Научная статья

УДК 631.6.02:631.95

Оценка антропогенной нагрузки на исследуемый участок реки Подпольная

Наталья Николаевна Красовская

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация, ranu-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Аннотация. Цель работы – оценить качество воды реки Подпольная бассейна Нижнего Дона на участке сброса коллекторно-дренажного стока по показателю антропогенной нагрузки и установить его динамику за период 2019–2024 гг. **Материалы и методы.** Объект исследования – базовый показатель антропогенной нагрузки (ПАН^б) на участке реки Подпольная в зоне влияния отводящего коллекторного канала. Материалы исследований – протоколы испытаний, предоставленные ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» за 2019–2024 гг. Оценка качества воды проводили по методике, утвержденной ГОСТ 58556-2019. Оценка воды по солевого составу проводилась по методике О. А. Алекина. **Результаты и обсуждение.** В фоновом створе за период 2019–2024 гг. величина ПАН^б варьировалась от 9,97 до 22,44, что характеризует качество воды, как «умеренно загрязненная». В створе выпуска за тот же период величина ПАН^б варьировалась от 0,04 до 5,55, что характеризует качество воды, как «чистая». Солевой состав воды в фоновом створе за весь исследуемый период характеризовался как сульфатно-натриевая; в 2019 и 2023 гг. – II тип пресная, жесткая; в 2020–2022 гг., 2024 г. – II тип пресная, солоноватая, жесткая. В створе выпуска с 2019 по 2021 г., 2023 г. вода характеризуется как сульфатно-кальциевая; в 2022 г., 2024 г. – сульфатно-натриевая; за весь исследуемый период – II тип пресная, жесткая. **Выводы.** Качество воды за период 2019–2024 гг. в фоновом створе реки Подпольная характеризовалось, как «умеренно загрязненное», в створе выпуска коллекторно-дренажных вод (КДВ) – как «чистая». Таким образом, на качество водного объекта оказывают негативное влияние источники поступления загрязненных веществ, расположенные выше по течению относительно выпуска КДВ. По солевого составу природная вода сульфатно-натриевая, II типа, жесткая, от пресной до солоноватой. В створе выпуска вода характеризовалась как сульфатно-натриевая – сульфатно-кальциевая, II типа, пресная, жесткая.

Ключевые слова: показатель антропогенной нагрузки, качество воды, комплексная оценка, коллекторно-дренажные воды

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации и гидротехники» (г. Новочеркасск, 30 мая 2025 г.).

Для цитирования: Красовская Н. Н. Оценка антропогенной нагрузки на исследуемый участок реки Подпольная // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 96, № 2. С. 53–63.

CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF LAND RECLAMATION AND HYDRAULIC ENGINEERING

Original article

Assessment of anthropogenic load on the Podpol'naya River studied section

Natalia N. Krasovskaya

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation, panya-86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4426-7762>

Abstract. Purpose: to assess the water quality of the Podpol'naya River of the Lower Don basin at the discharge section of the collector and drainage runoff by the anthropogenic load indicator and to determine its dynamics for the period 2019–2024. **Materials and methods.** The object of the study is the basic indicator of anthropogenic load (PAN^b) at the Podpolnaya River section in the impact zone of the discharge collector channel. Research materials are test reports provided by the Rostovmелиоводхоз Administration for 2019–2024. Water quality was assessed according to the methodology approved by GOST 58556-2019. Water was assessed for salt composition according to O. A. Alekin's methodology. **Results and discussion.** In the background section for the period 2019–2024, the PAN^b value varied from 9.97 to 22.44, which characterizes the water quality as “moderately polluted”. In the discharge section for the same period, the PAN^b value varied from 0.04 to 5.55, which characterizes the water quality as “clean”. The water salt composition in the background section for the entire study period was characterized as sulfate-sodium; in 2019 and 2023 – type II fresh, hard; in 2020–2022, 2024 – type II fresh, brackish, hard. In the discharge section from 2019 to 2021, 2023, the water is characterized as sulfate-calcium; in 2022, 2024 – sulfate-sodium; for the entire study period – type II fresh, hard. **Conclusions.** Water quality in the background section of the Podpol'naya River for the period 2019–2024 was characterized as “moderately polluted”, in the collector and drainage waters (KDV) discharge section – as “clean”. Thus, the quality of the water body is negatively affected by sources of pollutants located upstream of the KDV discharge. According to the salt composition, natural water is sulfate-sodium, type II, hard, from fresh to brackish. In the water discharge section, the water was characterized as sulfate-sodium – sulfate-calcium, type II, fresh, hard.

Keywords: anthropogenic load indicator, water quality, comprehensive assessment, collector and drainage waters

Evaluation of the research results: the fundamental principles of the article were reported at the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists “Current Scientific Research in the Field of Land Reclamation and Hydraulic Engineering” (Novocherkassk, May 30, 2025).

For citation: Krasovskaya N. N. Assessment of anthropogenic load on the Podpol'naya River studied section. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2025;96(2): 53–63. (In Russ.).

Введение. В последние годы из-за ухудшающегося состояния водной среды естественных малых водотоков, находящихся под влиянием сельскохозяйственной деятельности человека, требуется проведение регулярного мониторинга водных объектов с целью их экологической оценки. Ухудшение качества водной среды происходит под действием комплекса факторов, к которым можно отнести сброс загрязненных сточных вод, загрязненный диффузный сток с сельскохозяйственных ландшафтов, а также не канализованных малых сельских населенных пунктов, вторичное загряз-

нение донными отложениями, выполняющими роль аккумуляторов загрязняющих веществ. Органические и минеральные удобрения, поступающие с поверхностным и подземным стоком с сельскохозяйственных территорий, являются основными источниками загрязнения водных объектов [1, 2].

В настоящее время качество воды поверхностных водных объектов законодательно регламентируется предельно допустимыми концентрациями¹. Для оценки экологического состояния водного объекта применяют различные методики, прежде всего РД 52.24.643-2002². Учеными Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов (РосНИИВХ) была разработана гостированная методика оценки состояния водных объектов на основе показателя антропогенной нагрузки (ПАН^б)³ [3]. Данная методика обеспечивает оценку качества природных вод и состояние водных экосистем по фактическим и архивным гидрохимическим показателям, с возможностью дополнительного использования особенностей сезонной динамики (выявление загрязненности водосборной территории, влияния подземного питания и т. д.), а также возможность учета токсичности и генотоксичности вод [4, 5].

Показатель антропогенной нагрузки позволяет сформировать подход к установлению доминирования процесса самоочищения над процессами истощения и деградации, или наоборот.

Предложенная система на основе ПАН^б является комбинацией унифицированной оценки негативных воздействий, откликов по анализам-

¹Об 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 3 фев. 2023 г. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

²Методические указания «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям»: РД 52.24.643-2002: утв. Гидрохим. ин-том (ГХИ) Федер. службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) 03.12.02: введ. в действие с 01.01.04. Доступ из ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

³ГОСТ 58556-2019. Оценка качества воды с экологических позиций. Введ. 2019-09-27. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с.

маркерам любой хозяйственной и бесхозяйственной деятельности, используя минимальное количество сжатой гидрохимической информации данных импактного мониторинга без гидрологических, фоновых данных, исследования региональных особенностей. Полученные результаты свидетельствуют об объективности использования ПАН^б в качестве экологического норматива [6–8]. В соответствии с [9], можно сделать вывод, что оценивание водных ресурсов на основе ПАН^б перспективно.

В работе [4] авторы провели сравнительный анализ качества вод и водной экосистемы реки Туры по базовому показателю антропогенной нагрузки и коэффициенту предельной загрязненности ($K_{ПЗ}$). Было установлено, что показатель $K_{ПЗ}$ уступает показателю ПАН^б по информативности и достоверности оценки качества водной среды с учетом воздействия всех притоков реки [4].

При сравнении удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) и ПАН^б главным отличием является то, что система моделирования последнего основывается не на кратности превышения концентраций, а на методе материального баланса или «условной водоемкости» при пренебрежимо низкой загрязненности разбавляющей воды [6, 8].

В настоящее время для оценки качества природных вод с экологических позиций все чаще используют методику расчета комплексного базового показателя антропогенной нагрузки. Так, например, учеными Забайкальского государственного университета была применена выше указанная методика для оценки качества водной среды р. Хилок бассейна оз. Байкал. В результате теоретических исследований было установлено, что воды исследуемой реки во всех изученных створах характеризовались как чистые. Данный метод позволил установить, что речная экосистема справляется с антропогенной нагрузкой, процессы самоочищения преобладают над процессами истощения [10].

Таким образом, данная методика позволяет не только оценить качество водных объектов, принадлежащих разным речным бассейнам, но и провести их сравнительную характеристику.

В связи с выше изложенным, нами была поставлена цель оценить качество воды реки Подпольная бассейна Нижнего Дона на участке сброса коллекторно-дренажного стока по показателю антропогенной нагрузки и установить его динамику за период 2019–2024 гг.

Материалы и методы. Объект исследования базовый показатель антропогенной нагрузки на участке реки Подпольная в зоне влияния отводящего коллекторного канала. Материалы исследований – протоколы испытаний, предоставленные ФГБУ «Управление «Ростовмелиоводхоз» за 2019–2024 гг. Расчет оценки качества воды в исследуемом коллекторе и фоновом створе реки Подпольная проводили по ГОСТ 58556-2019³.

Методика расчета базового показателя антропогенной нагрузки ПАН^б, интегрального показателя антропогенной нагрузки ПАН_г, а также критерии оценки состояния водного объекта по ним подробно рассматриваются в ГОСТ 58556-2019³.

Результаты и обсуждение. Комплексный базовый показатель антропогенной нагрузки качества воды (ПАН^б) рассчитывался по следующим показателям: сухой остаток, взвешенные вещества, азот аммония, азот нитритов, азот нитратов, фосфор фосфатов, железо общее, обязательный перечень которых устанавливается ГОСТ 58556-2019. Для возможности сравнения степени воздействия на водный объект коллекторно-дренажного стока, ПАН^б определили в фоновом створе реки и в месте выпуска КДВ.

Результаты расчета комплексного базового показателя антропогенной нагрузки качества воды в изучаемых створах реки Подпольная представлены в таблице 1.

Таблица 1 – ПАН^б в фоновом створе реки Подпольная и в месте выпуска КДВ за 2019–2024 гг.

Table 1 – PAN^b in the background section of the Podpol'naya River and at the KDV discharge site for 2019–2024

Показа- тель	Год											
	2019		2020		2021		2022		2023		2024	
Иссле- дуемая вода	фон	вы- пуск	фон	вы- пуск	фон	вы- пуск	фон	вы- пуск	фон	вы- пуск	фон	вы- пуск
ПАН ^б	9,97	0,04	13,94	5,55	11,96	0,43	11,96	0,33	11,1	0,64	22,44	4,98
Класс качества воды	II	I	III	II	III	I	III	I	III	I	III	II
$K_{\text{ПАН}}^{\text{б}}$	-19,86		-16,78		-23,06		-23,26		-20,92		-34,92	
$K_{y\text{ПАН}}^{\text{б}}$	31,43											
Примечание – I – очень чистая; II – чистая; III – умеренно загрязненная.												

На рисунке 1 представлена динамика показателя ПАН^б за период 2019–2024 гг. в фоновом створе реки Подпольная и в месте выпуска КДВ.

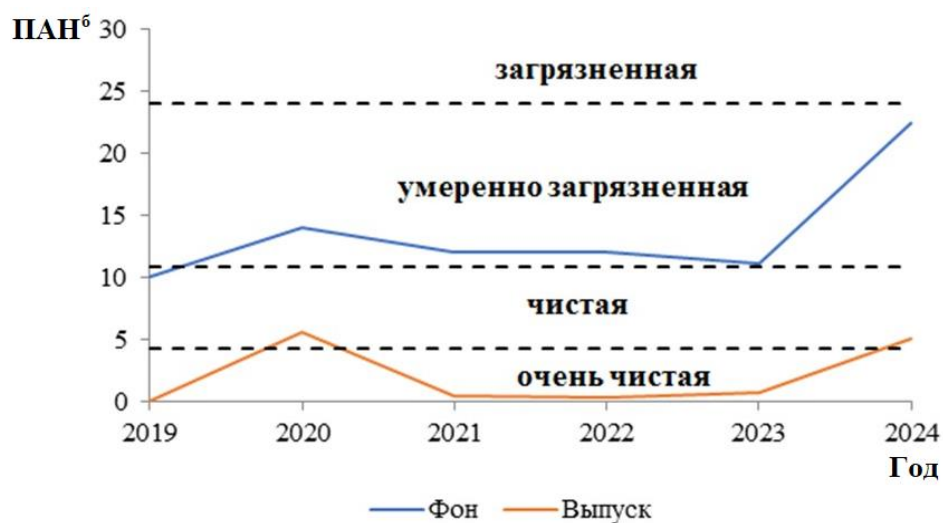


Рисунок 1 – Динамика показателя ПАН^б в фоновом створе реки Подпольная и в месте выпуска КДВ за 2019–2024 гг.

Figure 1 – Dynamics of the PAN^b indicator in the background section of the Podpol'naya River and at the KDV discharge site for 2019–2024

В результате исследований установлено, что за весь период природная вода в фоновом створе характеризовалась как умеренно загрязненная и относилась к III классу, а смешанные воды в створе выпуска – как «очень чистые», I класс качества.

Далее оценили солевой состав воды исследуемых створов реки Подпольная по методике О. А. Алекина⁴ (таблица 2).

Таблица 2 – Солевой состав воды исследуемых створов реки Подпольная с 2019–2024 гг.

Table 2 – Water salt composition in the studied sections of the Podpol'naya River from 2019–2024

Исследуемая вода	Характеристика воды			
	Минерализация, мг/дм ³	Класс	Группа	Тип по Алекину
2019 г.				
Фон	1092	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные, жесткие
Выпуск	703,2	Сульфатно-кальциевая	Ca	II, пресные, жесткие
2020 г.				
Фон	1486	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные и солоноватые, жесткие
Выпуск	650,8	Сульфатно-кальциевая	Ca	II, пресные, жесткие
2021 г.				
Фон	1251,2	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные и солоноватые, жесткие
Выпуск	706	Сульфатно-кальциевая	Ca	II, пресные, жесткие
2022 г.				
Фон	1270,4	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные и солоноватые, жесткие
Выпуск	617,2	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные, жесткие
2023 г.				
Фон	1155,2	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные, жесткие
Выпуск	812	Сульфатно-кальциевая	Ca	II, пресные, жесткие
2024 г.				
Фон	1897,5	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные и солоноватые, жесткие
Выпуск	863,75	Сульфатно-натриевая	Na	II, пресные, жесткие

⁴Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970. 404 с.

Из данных таблицы видно, что вода в фоновом створе за весь исследуемый период характеризуется как сульфатно-натриевая; в 2019 г. и 2023 г. – II тип пресная, жесткая; в 2020–2022 гг., 2024 г. – II тип пресная, солоноватая, жесткая. В створе выпуска с 2019 по 2021 г., 2023 г. вода характеризуется как сульфатно-кальциевая; в 2022 г., 2024 г. – сульфатно-натриевая; за весь исследуемый период – II тип пресная, жесткая.

Выводы. Состояние реки Подпольная в фоновом створе за период 2019–2024 гг. оценили с помощью величины ПАН^б, которая варьировалась от 9,97 до 22,44, что характеризовало качество воды, как «умеренно загрязненная». В створе выпуска за тот же период величина ПАН^б варьировалась от 0,04 до 5,55, что характеризовало качество воды, как «чистая», что свидетельствует о более высоком уровне загрязнения природных вод по сравнению со смешанными водами в створе выпуска КДВ. Причиной полученного результата являлся сток более чистой коллекторно-дренажной воды, т. е. на качество водного объекта оказывают негативное влияние источники поступления загрязненных веществ, расположенные выше по течению относительно выпуска КДВ.

По солевому составу природная вода сульфатно-натриевая, II типа, жесткая, от пресной до солоноватой. Коллекторно-дренажный сток в створе выпуска характеризуется как сульфатно-натриевый – сульфатно-кальциевый, II типа, пресный, жесткий.

Список литературы

1. Изменение качества поверхностных вод на территории Центрального федерального округа в 2016–2021 гг. / Н. А. Лямперт, И. П. Ничипорова, О. А. Первышева, В. О. Хорошевская, М. А. Голубкина // Успехи современного естествознания. 2024. № 2. С. 22–29. DOI: 10.17513/use.38214. EDN: HBKSLR.
2. Space and Time Variations of Ural River Water Quality by Long-Term Data of State Monitoring Network / N. V. Kirpichnikova, M. M. Trofimchuk, M. Yu. Kondakova, O. L. Romanyuk, T. B. Fashchevskaya // Water Resources. 2024. Vol. 51, no. 5. P. 704–716. DOI: 10.1134/S0097807824701057. EDN: AECCB.
3. Оболдина Г. А., Самбурский Г. А., Попов А. Н. Оценка экологического состояния водных объектов: унифицированные подходы для выполнения задач национального проекта «Экология» // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 4. С. 32–56. EDN: SVLJWT.

4. Андреева (Зенкова) К. И., Оболдина Г. А., Попов А. Н. Опыт применения комплексных показателей для оценки состояния водных экосистем // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Ростов-на-Дону, 20–22 сент. 2023 г. В 2 т. Т. 2. Новочеркасск: Лик, 2023. С. 13–17. EDN: RDIGEN.
5. Султанова У. А., Оболдина Г. А., Попов А. Н. Исследование достоверности и информативности базового показателя антропогенной нагрузки для оценки состояния водных ресурсов // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Ростов-на-Дону, 20–22 сент. 2023 г. В 2 т. Т. 2. Новочеркасск: Лик, 2023. С. 123–128. EDN: PCYKOS.
6. Оболдина Г. А. Особые свойства базового показателя антропогенной нагрузки и воздействий на водные экосистемы // Водные ресурсы в условиях глобальных вызовов: экологические проблемы, управление, мониторинг: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, г. Ростов-на-Дону, 20–22 сент. 2023 г. В 2 т. Т. 2. Новочеркасск: Лик, 2023. С. 89–95. EDN: ANOYNS.
7. 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. DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-125-139. EDN: PHWQVU.
8. Оболдина Г. А. Альтернативный подход к методологии экологического нормирования // Водное хозяйство России. 2020. № 6. С. 63–86. DOI: 10.35567/1999-4508-2020-6-4. EDN: EFURCO.
9. Воробейчик Е. Л. Экологическое нормирование: на пути к обобщающей теории // Экологическое нормирование и управление качеством почв и земель. М.: НИИ-Природа, 2013. С. 29–38. EDN: UODJMV.
10. Потапов Г. А., Заслоновский В. Н. Оценка качественного состава вод р. Хилек с экологических позиций // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф. В 3 ч. Ч. III. Чита, 2020. С. 107–114. EDN: DRHNDQ.

References

1. Lampert N.A., Nichiporova I.P., Pervysheva O.A., Khoroshevskaya V.O., Golubkina M.A., 2024. *Izmenenie kachestva poverkhnostnykh vod na territorii Tsentral'nogo federal'nogo okruga v 2016–2021 gg.* [Changes in surface water quality in the Central Federal District in 2016–2021]. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* [Advances in Modern Natural Science], no. 2, pp. 22-29, DOI: 10.17513/use.38214, EDN: HBKSLR. (In Russian).
2. Kirpichnikova N.V., Trofimchuk M.M., Kondakova M.Yu., Romanyuk O.L., Fashchevskaya T.B., 2024. Space and Time Variations of Ural River Water Quality by Long-Term Data of State Monitoring Network. *Water Resources*, vol. 51, no. 5, pp. 704-716, DOI: 10.1134/S0097807824701057, EDN: AEECCB.
3. Oboldina G.A., Sambursky G.A., Popov A.N., 2019. *Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh ob'ektov: unifikirovannye podkhody dlya vypolneniya zadach natsional'nogo proekta «Ekologiya»* [Assessment of the water bodies' ecological status: unified approaches to attaining of the “Ecology” national project objectives]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie* [Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management], no. 4, pp. 32-56, EDN: SVLJWT. (In Russian).
4. Andreeva (Zenkova) K.I., Oboldina G.A., Popov A.N., 2023. *Opyt primeneniya kompleksnykh pokazateley dlya otsenki sostoyaniya vodnykh ekosistem* [Experience of applying complex indicators to assess the state of water ecosystems]. *Vodnye resursy v usloviyakh global'nykh vyzovov: ekologicheskie problemy, upravlenie, monitoring: sb. tr. Vseros. nauch.-*

prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. V 2 t. T. 2 [Water Resources in the Context of Global Challenges: Environmental Problems, Management, Monitoring: Proceed. All-Russian Scientific-Practical Conf. with International Participation. In 2 vols. Vol. 2]. Novocherkassk, Lik Publ, pp. 13-17, EDN: RDIGEH. (In Russian).

5. Sultanova U.A., Oboldina G.A., Popov A.N., 2023. *Issledovanie dostovernosti i informativnosti bazovogo pokazatelya antropogennoy nagruzki dlya otsenki sostoyaniya vodnykh resursov* [Study of the reliability and information content of the basic indicator of anthropogenic load for assessing the state of water resources]. *Vodnye resursy v usloviyakh global'nykh vyzovov: ekologicheskie problemy, upravlenie, monitoring: sb. tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. V 2 t. T. 2* [Water Resources in the Context of Global Challenges: Environmental Problems, Management, Monitoring: Proceed. All-Russian Scientific-Practical Conf. with International Participation. In 2 vols. Vol. 2]. Novocherkassk, Lik Publ, pp. 123-128, EDN: PCYKOS. (In Russian).

6. Oboldina G.A., 2023. *Osobyie svoystva bazovogo pokazatelya antropogennoy nagruzki i vozdeystviy na vodnye ekosistemy* [Special properties of basic anthropogenic load and impacts on water ecosystems]. *Vodnye resursy v usloviyakh global'nykh vyzovov: ekologicheskie problemy, upravlenie, monitoring: sb. tr. Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiem. V 2 t. T. 2* [Water Resources in the Context of Global Challenges: Environmental Problems, Management, Monitoring: Proceed. All-Russian Scientific-Practical Conf. with International Participation. In 2 vols. Vol. 2]. Novocherkassk, Lik Publ, pp. 89-95, EDN: ANOYNS. (In Russian).

7. Drovovozova T.I., Manzhina S.A., 2023. *Ustanovlenie urovnya degradatsii vody uchastkov vodnykh obektov, ispol'zuemykh dlya otvedeniya drenazhno-sbrosnykh vod s oroshayemykh zemel'* [Establishing the level of water degradation in sections of water bodies used to divert drainage and waste water from irrigated lands]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 13, no. 3, pp. 125-139, DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-3-125-139, EDN: PHWQVU. (In Russian).

8. Oboldina G.A., 2020. *Al'ternativnyy podkhod k metodologii ekologicheskogo normirovaniya* [Alternative approach to the methodology of environmental regulation]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii* [Water Management of Russia], no. 6, pp. 63-86, DOI: 10.35567/1999-4508-2020-6-4, EDN: EFURCO. (In Russian).

9. Vorobeychik E.L., 2013. *Ekologicheskoe normirovanie: na puti k obobshchayushchey teorii* [Environmental regulation: on a way to the generalizing theory]. *Ekologicheskoe normirovanie i upravlenie kachestvom pochv i zemel'* [Environmental Regulation and Quality Management of Soils and Lands]. Moscow, NIA-Priroda Publ., pp. 29-38, EDN: UODJMV. (In Russian).

10. Potapov G.A., Zaslonsky V.N., 2020. *Otsenka kachestvennogo sostava vod r. Khilok s ekologicheskikh pozitsiy* [Assessment of the qualitative composition of the waters of the Khilok river from an environmental perspective]. *Kulaginskie chteniya: tekhnika i tekhnologii proizvodstvennykh protsessov: materialy XX Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. V 3 ch. Ch. III* [Kulagin Readings: Engineering and Technology of Production Processes: Proceed. of the XX International Scientific-Practical Conference. In 3 parts. Part III]. Chita, pp. 107-114, EDN: DRHNDQ. (In Russian).

Информация об авторе

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

Information about the author

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

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т. 96, № 2. С. 53–63.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2025. Vol. 96, no. 2. P. 53–63.

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

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

*Статья поступила в редакцию 21.04.2025; одобрена после рецензирования 05.05.2025;
принята к публикации 10.06.2025.
The article was submitted 21.04.2025; approved after reviewing 05.05.2025; accepted for
publication 10.06.2025.*