

Читайте
онлайн
Read
onlineКлепиков О.В.^{1,2}, Куролап С.А.¹, Молоканова Л.В.², Кульнев В.В.³, Кизеев А.Н.⁴, Никанов А.Н.⁴

Гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» Минобрнауки России, 394018, Воронеж, Россия;²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» Минобрнауки России, 394036, Воронеж, Россия;³Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, 394087, Воронеж, Россия;⁴ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Значение рек, одного из основных видов водных ресурсов, заключается в использовании их для водоснабжения, орошения сельскохозяйственных земель, рыболовства, рекреационных целей. Вместе с тем глобальной проблемой является загрязнение рек в результате хозяйственной деятельности.

Цель исследования — гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области.

Материалы и методы. Объект исследования — реки Воронежской области. Предмет исследования — санитарно-химические показатели качества воды. В исследовании использованы первичные данные Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2023–2025 гг. в 22 мониторинговых точках контроля (7 рек, 4 обобщённых показателя, 10 веществ).

Результаты. К числу приоритетных показателей качества воды в реках по несоответствию гигиеническим нормативам следует отнести растворённый кислород, БПК, ХПК, содержание железа (суммарно), меди (суммарно). Несоответствие показателей качества воды гигиеническим нормативам выявлено в реках Дон, Чёрная Калитва, Тихая Сосна, Битюг, Хопёр. В мониторинговых точках контроля реки Дон имеются достоверные отличия средних значений показателей качества воды вниз по течению от средних значений в точке контроля, расположенной выше. Прослеживается негативное влияние диффузных и техногенных стоков населённых мест, в первую очередь городов Воронежа и Павловска. Относительно благополучны участки реки Дон от г. Нововоронежа до г. Лиски.

Ограничения исследования связаны с дискретным характером мониторинга качества воды в реках (четыре раза в год), ежегодной и сезонной изменчивостью водных режимов рек, обусловленной объёмом атмосферных осадков, другими изменяющимися по уровню воздействия природными и техногенными факторами.

Заключение. По результатам исследования определены приоритетные для региона санитарно-химические показатели качества воды в реках, выявлены наиболее загрязнённые места и реки.

Ключевые слова: реки Донского бассейна; качество воды; санитарно-химические показатели; загрязнение; Воронежская область

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Клепиков О.В., Куролап С.А., Молоканова Л.В., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н. Гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(8): 840–846. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-840-846> <https://elibrary.ru/kujcsya>

Для корреспонденции: Кизеев Алексей Николаевич, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Вклад авторов: Клепиков О.В. — концепция и дизайн исследования; Куролап С.А. — концепция и дизайн исследования; Молоканова Л.В. — подготовка обзора и раздела «Введение»; Кульнев В.В. — общий анализ материала, подготовка выводов, подготовка и редактирование статьи; Кизеев А.Н. — существенный вклад в концепцию исследования, подготовку выводов; Никанов А.Н. — существенный вклад в концепцию исследования, подготовку выводов. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Благодарности. Авторы выражают благодарность Сушкову Александру Ивановичу — начальнику Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за предоставленные для выполнения анализа первичные данные, проявленный интерес к сотрудничеству с кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 25-17-00219 «Комплексная гидроэкологическая диагностика и мониторинг экологических рисков питьевого и рекреационного водопользования территории Верхнедонского бассейна», <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

Поступила: 17.04.2026 / Поступила после доработки: 12.05.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 28.09.2026

Oleg V. Klepikov^{1,2}, Semyon A. Kurolap¹, Larisa V. Molokanova², Vadim V. Kulnev³,
Aleksandr N. Kizeev⁴, Aleksander N. Nikanov⁴

Hygienic assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh region

¹Voronezh State University, Voronezh, 394018, Russian Federation;

²Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, 394036, Russian Federation;

³Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, Voronezh, 394087, Russian Federation;

⁴North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The importance of rivers as one of the main types of water resources lies in their use for water supply, irrigation of agricultural lands, fishing, and recreational purposes. At the same time, pollution of rivers as a result of economic activity is a global problem.

The purpose of the study was a hygienic assessment of the water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh Region.

Materials and methods. Object of research: rivers of the Voronezh region. Subject of the study: sanitary and chemical indicators of the water quality. The study used primary data from the Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring for 2023–2025 at 22 monitoring control points on 7 rivers for 4 generalized indicators and 10 substances.

Results. The priority indicators of water quality in rivers for non-compliance with hygienic standards include dissolved oxygen, BOC₅, COC, iron content (total), copper (total). Non-compliance of water quality indicators with hygienic standards was revealed in the Don, Chernaya Kalitva, Tikhaya Sosna, Bityug, and Khoper rivers. At the monitoring points of control of the Don River, there are significant differences in the average values of the water quality indicators downstream in relation to the control point located above. The adverse impact of diffuse and man-made runoff from the territories of populated areas, and above all, the cities of Voronezh and Pavlovsk, is traced. The sections of the Don River from Novovoronezh to Liski are relatively safe.

Limitations. The limitations of the study are related to the discrete nature of monitoring the water quality in rivers (4 times a year), the annual and seasonal variability of river water regimes due to the volume of precipitation, and other changing natural and man-made factors.

Conclusion. According to the results of the study, the priority sanitary and chemical indicators of water quality in rivers for the region and the most polluted places and rivers were identified.

Keywords: rivers; water quality; sanitary and chemical indicators; pollution; Voronezh region

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a conclusion from the biomedical ethics committee or other documents.

For citation: Klepikov O.V., Kurolap S.A., Molokanova L.V., Kulnev V.V., Kizeev A.N., Nikanov A.N. Hygienic assessment of water quality in the rivers of the Don basin in the Voronezh region. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian Journal*. 2026; 105(8): 840–846. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-8-840-846> <https://elibrary.ru/kujcya> (In Russ.)

For correspondence: Alexey N. Kizeev, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Contributions: Klepikov O.V. — concept and design of the study; Kurolap S.A. — concept and design of the study; Molokanova L.V. — preparation of the review and the introduction section; Kulnev V.V. — general analysis of the material, preparation of conclusions, preparation and editing of the article; Kizeev A.N. — significant contribution to the concept of the study, preparation of conclusions, final approval of the manuscript; Nikanov A.N. — significant contribution to the concept of the study, preparation of conclusions, final approval of the manuscript. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Acknowledgements. The authors would like to thank Alexander I. Sushkov, Head of the Voronezh Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, for the primary data provided for the analysis and for his interest in cooperation with the Department of Geoecology and Environmental Monitoring at the Voronezh State University.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-17-00219 “Integrated hydroecological diagnostics and monitoring of environmental risks of drinking and recreational water use in the Verkhnedonsky basin”, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>.

Received: April 17, 2026 / Revised: May 12, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: September 28, 2026

Введение

Качество воды поверхностных водных объектов — один из важнейших факторов санитарно-эпидемиологической безопасности населения и ключевой индикатор экологического благополучия территорий. В условиях нарастающей антропогенной нагрузки на речные экосистемы в связи с интенсификацией сельскохозяйственного комплекса, увеличением площадей урбанизированных территорий, а также развитием промышленного комплекса мониторинг и гигиеническая оценка качества воды приобретают особую значимость [1–7]. В мировой литературе накоплен значительный массив данных, свидетельствующих о деградации качества речных вод под влиянием диффузного и точечного загрязнения. Исследования, выполненные в Южной Африке, демонстрируют высокий микробиологический риск при использовании речной воды населением [1], а также превышение нормативов тяжёлых металлов и биогенных элементов в водотоках, испытывающих горнопромышленное и сельскохозяйственное воздействие [2]. В Германии ухудшение физико-химических показателей воды остаётся основным стрессором

для диатомовых водорослей, макробеспозвоночных организмов и рыбных сообществ [3]. В Китае установлена зависимость химического состава воды от характера землепользования в урбанизированных водосборах бассейна Жемчужной реки [4], а в притоках озера Чаоху выявлено широкое распространение следовых химических элементов, обусловленное деятельностью горнодобывающих предприятий [5]. В Индии установлена деградация качества воды крупных рек под воздействием коммунально-бытовых стоков и агропромышленного производства как по интегральным индексам качества [6], так и по питьевым и ирригационным стандартам [7].

Отечественные исследования рассматривают закономерности формирования качества воды в различных речных бассейнах России [8–10]. Приоритетными загрязнителями выступают нефтепродукты в реках Ямало-Ненецкого автономного округа [11], соединения металлов и биогенные вещества в реках Ульяновска [12], Москвы [13] и Санкт-Петербурга [14], в реках Дон [15], Кубань [16], Амур [17], Лена [18], реках Арктической зоны [19]. Доказана связь между качеством питьевой воды из поверхностных источников и показателями здоровья населения [20, 21].

В Воронежской области реки периодически загрязняются соединениями азота, фосфора и органическими веществами [22–24], неудовлетворительное качество воды встречается и в местах рекреационного водопользования [25]. Вместе с тем в проведённых ранее работах не представлена гигиеническая оценка качества воды рек всего Донского бассейна на территории Воронежской области по широкому спектру санитарно-химических показателей с применением современного статистического анализа.

Актуальность исследования обусловлена тем, что Воронежская область располагается в бассейне р. Дон — одной из крупнейших на европейской части России, имеющей разветвлённую сеть притоков: Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Ворона и Усмань. Население региона активно использует реки для рекреации, что определяет их санитарно-гигиеническую значимость. При этом на качество воды оказывают влияние как природные факторы (геохимический фон, гидрологический режим), так и техногенные (коммунально-бытовые и промышленные стоки крупных городов — Воронеж, Россоши, Борисоглебск, Павловск). Отсутствие систематизированной оценки загрязнения вод по всему водотоку р. Дон в пределах области обуславливает научную новизну и практическую значимость настоящего исследования. Кроме того, каждый регион имеет особенности формирования показателей качества воды в поверхностных водных объектах, что также определяет актуальность исследований в этой предметной области.

Цель исследования — гигиеническая оценка качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области.

Материалы и методы

Объектом исследования были реки Воронежской области, предметом исследования — санитарно-химические показатели качества воды. В исследовании использованы первичные данные, полученные в системе мониторинга поверхностных водных объектов суши Воронежского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Воронежский ЦГМС) за 2023–2025 гг. и переданные для обработки и анализа результатов Воронежскому государственному университету по договору от 24.06.2025 г. «О научном сотрудничестве». Пробы воды в реках на территории Воронежской области систематически отбирают и анализируют в 22 мониторинговых точках контроля (МТК) на реках Дон, Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва, Ворона и Усмань. Отбор проб воды проводится не менее четырёх раз в год в каждый из сезонов. Места расположения МТК не меняются десятилетиями и были обоснованы Гидрометом исходя из следующих положений. Дон — самая крупная река на территории области (общая протяжённость на территории региона с севера на юго-восток ≈ 520 км), на ней расположены 9 МТК, в том числе 1 МТК — выше Воронежа и Семилук — первая (фоновая) точка на р. Дон на территории Воронежской области. Далее точки располагаются вниз по течению реки: 2 МТК — с. Малышево ниже Воронежа (для оценки техногенного влияния на качество воды точечных и диффузных стоков с территории областного центра), а также возле городов и районных центров (Нововоронеж, Лиски, Павловск) до и после их географического положения по отношению к р. Дон. Последняя МТК на р. Дон на территории региона находится в с. Новая Калитва. На р. Битюг, левом притоке Дона, находятся 4 МТК: р.п. Анна и г. Бобров — по 2 МТК до и после их географического положения по отношению к направлению течения реки. На р. Хопёр, левом притоке Дона, расположены 3 МТК, две из которых — до и после Борисоглебска, одна — в Новохопёрске. На р. Тихая Сосна, правом притоке Дона, находятся 2 МТК, ситуационно расположенные до и после районного центра Острогожска. На р. Чёрная Калитва, правом притоке Дона, находятся 2 МТК до и после Россоши. На р. Ворона и р. Усмань — по 1 МТК. На р. Ворона МТК расположена в черте Борисоглебска. На р. Усмань (левый приток р. Воронеж, впадающей в Воронежское водохранилище

и далее в р. Дон) МТК располагается в Центральной усадьбе Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова и является фоновой точкой, удалённой от крупных техногенных источников воздействия.

Все реки население использует в рекреационных целях, особенно в летний период. В системах централизованного водоснабжения населения вода из рек не применяется в отличие от воды подземных источников.

Для реализации цели исследования — гигиенической оценки качества воды в реках — была сформирована авторская база данных показателей из первичных материалов, которые нормируются по СанПиН 1.2.3685–21*, в их числе 4 обобщённых (рН, растворённый кислород, БПК₅ и ХПК) и 10 химических веществ — магний (Mg, суммарно), железо (Fe, суммарно), медь (Cu, суммарно), цинк (Zn, суммарно), аммоний-ион (NH₄⁺), хлориды (Cl⁻), сульфаты (SO₄²⁻), нитриты (NO₂⁻), нитраты (NO₃⁻), полифосфаты (PO₄³⁻). При этом лимитирующий показатель вредности для сульфатов, хлоридов, магния, аммиака/аммоний-иона, полифосфатов и железа — органолептический, для остальных показателей — санитарно-токсикологический.

Исследование включало два этапа: 1 — сравнение показателей качества воды с гигиеническими нормативами и выявление неблагополучных МТК по их превышениям; 2 — статистический анализ данных с оценкой достоверности различий средних показателей качества воды в восьми мониторинговых точках контроля вниз по течению р. Дон по отношению к точке сравнения, расположенной выше г. Воронежа. Достоверность различий средних величин (M) с учётом стандартной ошибки (m) оценивали по критерию Стьюдента ($t_{\text{расч.}}$) при $\alpha = 0,05$ (вероятности статистической ошибки вывода о различиях не более 5%).

Результаты

Сравнение качества воды рек с гигиеническими нормативами показало, что водородный показатель (437 определений) лежит в интервале от 6,86 до 8,32 ед. (среднее по региону $7,82 \pm 0,01$ ед.). Несоответствия фактических значений рН интервалу норматива (6,0–9,0 ед.) не выявлено. Растворённый кислород в воде рек определяется в диапазоне от 3,52 до 10,8 мг/дм³. Среднее значение по региону — $6,56 \pm 0,07$ мг/дм³. Несоответствие нормативу (< 4 мг/дм³) выявлено в 9 из 428 проб по региону в водах р. Чёрная Калитва (1 проба) в МТК ниже Россоши 03.08.2023 г. ($3,76$ мг/дм³), р. Тихая Сосна (6 проб) в 2 МТК выше и ниже Острогожска ($3,54$ – $3,9$ мг/дм³) в летне-осенний период 2023 и 2025 гг., в р. Битюг (2 пробы) в МТК ниже р.п. Анна и г. Бобров (обе пробы получены 11.01.2024 г. во время ледостава).

Показатель БПК₅ в воде рек находится в интервале от 1,1 до 4,24 мг О₂/дм³ при среднем значении $2,42 \pm 0,03$ мг О₂/дм³. Несоответствие нормативу (4 мг О₂/дм³) отмечено в трёх пробах из 428 в р. Дон (2 пробы) в 2024 и 2025 гг. в МТК ниже Воронежа и в р. Хопёр (1 проба) в МТК ниже Борисоглебска в весенний период (апрель — май).

Показатель ХПК в воде рек региона варьируется от 13,6 до 41 мг О₂/дм³ при среднем значении $24,3 \pm 0,28$ мг О₂/дм³. По этому показателю превышения норматива (30 мг О₂/дм³ в воде в местах рекреационного водопользования) отмечены в 65 случаях из 428 (15,2% проб). Превышения норматива отмечены в реках Дон, Битюг, Чёрная Калитва, Хопёр, Тихая Сосна. Максимум (41 мг О₂/дм³, то есть превышение норматива в 1,37 раза) отмечен в МТК р. Хопёр ниже Россоши 02.04.2025 г. В большинстве случаев (63 из 65 проб) превышения норматива ХПК выявлены в МТК, расположенных ниже городов Воронеж, Россошь, Борисоглебск, Бобров, Острогожск, Павловск во все сезоны, что свидетельствует о негативном влиянии на качество воды в реках диффузных и точечных стоков с территорий населённых мест.

* СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями на 24 декабря 2025 г.). [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

Оценка достоверности различий средних величин санитарно-химических показателей качества воды в р. Дон в мониторинговых точках контроля
Assessment of the reliability of differences means of sanitary and chemical indicators of water quality in the Don River at monitoring control points

Показатель Indicator	Средние значения показателей по мониторинговым точкам контроля реки Дон (от 1 по 9 вниз по течению реки), $M \pm m$ Average values of indicators at monitoring points along the Don River (from 1 to 9 downstream), $M \pm m$									
	(точка сравнения) (comparison point)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Водородный показатель, pH, ед. The hydrogen index, pH, units	7.74 ± 0.05	7.87 ± 0.03*	7.77 ± 0.05	7.89 ± 0.03*	7.83 ± 0.05	7.85 ± 0.05	7.85 ± 0.04	7.88 ± 0.05	7.89 ± 0.04*	
Растворённый кислород, мг/дм³ Dissolved oxygen (mg/dm³)	7.07 ± 0.41	6.72 ± 0.20	6.72 ± 0.33	7.02 ± 0.22	6.93 ± 0.41	7.08 ± 0.34	6.98 ± 0.41	7.02 ± 0.41	7.31 ± 0.39	
БПК ₅ , мг O ₂ /дм³ Biological oxygen consumption (mg O ₂ /dm³)	2.33 ± 0.1	2.68 ± 0.09*	2.68 ± 0.11*	2.58 ± 0.10	2.05 ± 0.14	2.60 ± 0.16	1.98 ± 0.12x	2.47 ± 0.13	2.51 ± 0.11	
ХПК, мг O ₂ /дм³ Chemical Oxygen consumption (mg O ₂ /dm³)	23.1 ± 1.15	26.9 ± 0.78*	26.4 ± 0.94*	25.9 ± 1.02	20.4 ± 1.03	26.3 ± 1.44	19.7 ± 1.03x	25.1 ± 1.2	25.0 ± 1.0	
Магний (Mg, суммарно), мг/дм³ Magnesium (Mg, total), mg/dm³	23.4 ± 1.43	23.0 ± 1.06	23.6 ± 1.27	23.4 ± 0.98	23.1 ± 1.33	24.0 ± 1.28	26.4 ± 1.5	26.3 ± 1.36	25.2 ± 1.24	
Железо (Fe, суммарно), мг/дм³ Iron (Fe, total), mg/dm³	0.08 ± 0.01	0.18 ± 0.08	0.11 ± 0.02	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.10 ± 0.01	0.12 ± 0.02	
Медь (Cu, суммарно), мг/дм³ Copper (Cu, total), mg/dm³	1.78 ± 0.24	2.81 ± 0.06*	2.13 ± 0.21	3.06 ± 0.14*	1.05 ± 0.27x	2.67 ± 0.08*	1.68 ± 0.26	2.86 ± 0.12*	2.85 ± 0.13*	
Цинк (Zn, суммарно), мг/дм³ Zinc (Zn, total), mg/dm³	0.62 ± 0.21	2.05 ± 0.12*	1.23 ± 0.24	2.16 ± 0.15*	0.63 ± 0.22	1.75 ± 0.25	0.62 ± 0.22	2.25 ± 0.10*	2.23 ± 0.12*	
Аммоний-ион (NH ₄ ⁺), мг/дм³ Ammonium ion (NH ₄ ⁺), mg/dm³	0.143 ± 0.054	0.175 ± 0.048	0.144 ± 0.06	0.111 ± 0.043	0.12 ± 0.051	0.194 ± 0.066	0.13 ± 0.049	0.14 ± 0.043	0.306 ± 0.077	
Хлориды (Cl ⁻), мг/дм³ Chlorides (Cl ⁻), mg/dm³	18.5 ± 0.87	17.4 ± 0.47	19.7 ± 0.96	16.3 ± 0.42x	20.0 ± 0.96	20.7 ± 0.97	27.9 ± 2.1*	27.6 ± 1.62*	29.3 ± 2.11*	
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм³ Sulfates, (SO ₄ ²⁻) mg/dm³	60.5 ± 2.39	62.7 ± 1.96	69.0 ± 3.7	61.4 ± 2.38	63.4 ± 2.34	71.7 ± 2.86*	76.7 ± 4.32*	83.5 ± 3.48*	87.4 ± 2.69*	
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/дм³ Nitrites (NO ₂ ⁻), mg/dm³	0.043 ± 0.004	0.053 ± 0.003*	0.047 ± 0.004	0.032 ± 0.002x	0.035 ± 0.003	0.037 ± 0.003	0.039 ± 0.003	0.036 ± 0.003	0.035 ± 0.004	
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм³ Nitrates (NO ₃ ⁻), mg/dm³	1.34 ± 0.15	1.60 ± 0.15	1.64 ± 0.19	1.37 ± 0.14	1.46 ± 0.14	1.77 ± 0.18	1.60 ± 0.14	1.84 ± 0.14*	1.82 ± 0.16*	
Полифосфаты (PO ₄ ³⁻), мг/дм³ Polyphosphates (PO ₄ ³⁻), mg/dm³	0.11 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.06 ± 0.01x	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.16 ± 0.01*	0.15 ± 0.02	
Число статистически значимых различий в большую сторону (из 14 показателей) The number of statistically significant upward differences (out of 14 indicators)	–	6	2	3	0	2	2	6	6	
Число статистически значимых различий в меньшую сторону (из 14 показателей) The number of statistically significant differences downwards (out of 14 indicators)	–	0	0	3	1	0	2	0	0	

Примечание. Мониторинговые точки контроля на р. Дон (вниз по течению): 1 – выше (по течению реки) г. Воронеж; 2 – ниже г. Воронеж; 3 – выше г. Нововоронежа; 4 – ниже г. Нововоронежа; 5 – выше г. Лиски; 6 – ниже г. Лиски; 7 – выше г. Павловска; 8 – ниже г. Павловска; 9 – с. Новая Калитва (последняя мониторинговая точка контроля в Воронежской области). * – статистически значимые различия средних величин показателей в большую сторону ($t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ при $\alpha = 0,05$); x – статистически значимые различия средних величин показателей в меньшую сторону ($t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$ при $\alpha = 0,05$).

Note: Monitoring control points on the Don River (downstream): 1 – above (downstream) the city of Voronezh; 2 – below the city of Voronezh; 3 – above the city of Novovoronezh; 4 – below the city of Novovoronezh; 5 – above the city of Liski; 6 – below the city of Liski; 7 – above the city of Pavlovsk; 8 – below the city of Pavlovsk; 9 – s. Novaya Kalitva (the last monitoring point of control in the Voronezh region); * – Statistically significant upward differences in the average values of indicators ($t_{\text{calculated}} > t_{\text{table}}$ at $\alpha = 0.05$); x – statistically significant differences in the average values of the indicators downwards ($t_{\text{calculated}} > t_{\text{table}}$ at $\alpha = 0.05$).

Содержание магния (Mg, суммарно) в водах рек варьируется от 10,2 до 45,7 мг/дм³ (среднее – 27,6 ± 0,37 мг/дм³) и не превышает гигиенического норматива (50 мг/дм³). Максимальное содержание магния отмечено в воде р. Битюг (45,7 мг/дм³), минимумы – в реках Дон и Ворона (10,2 мг/дм³).

Содержание железа (Fe, суммарно) в водах рек составляет от 0,01 до 0,69 мг/дм³. Среднее значение по региону – 0,09 ± 0,003 мг/дм³. Превышения норматива (0,3 мг/дм³) встречаются в реках Дон и Битюг (в 6 пробах из 428 по региону, что составляет 1,4%). Максимальное превышение норматива (в 2,3 раза) отмечено в МТК р. Дон ниже Воронежа 22.03.2023 г.

Концентрация меди (Cu, суммарно) в воде рек варьировалась от «ниже предела количественного определения» до 4,9 мг/дм³. Превышения норматива (1 мг/дм³) от 1,1 до 4,9 раза отмечены в реках Дон, Битюг, Чёрная Калитва. Наиболее часто (в 170 анализах из 428, или 39,7%) превышения норматива содержания меди выявлены в воде р. Дон.

Содержание цинка (Zn, суммарно) в воде рек варьировалось от «ниже предела количественного определения» до 3,6 мг/дм³ при среднем значении по региону 1,14 ± 0,05 мг/дм³. Превышений норматива (5 мг/дм³) не выявлено. Максимум содержания Zn отмечен 01.08.2023 г. в МТК р. Дон в черте Воронежа.

Концентрация аммоний-иона (NH₄⁺) в воде рек лежит в интервале от «ниже предела количественного определения» до 1,85 мг/дм³ при среднем значении по региону 0,17 ± 0,012 мг/дм³. Превышений норматива (2 мг/дм³) не выявлено. Максимум отмечен в р. Тихая Сосна в МТК, ситуационно расположенной ниже Острогожска.

Нитраты и нитриты в воде являются веществами двойного генезиса – природного и техногенного. Содержание нитритов (NO₂⁻) в воде рек определялось в интервале от «ниже предела количественного определения» до 0,191 мг/дм³. Средняя концентрация – 0,03 ± 0,001 мг/дм³. Превышений гигиенического норматива (3 мг/дм³) не выявлено. Содержание нитратов в воде рек лежит в интервале от 1,19 до 3,48 мг/дм³. Среднее значение по региону – 1,34 ± 0,04 мг/дм³. Превышений гигиенического норматива (45 мг/дм³) в воде рек не выявлено.

Концентрации хлоридов (Cl⁻) не превышают ПДК (350 мг/дм³) – от 10,6 до 125 мг/дм³ при среднем значении 35 ± 1,2 мг/дм³. Содержание сульфатов (SO₄²⁻) также не превышает ПДК (500 мг/дм³). Диапазон их концентраций составляет от 32,2 до 184 мг/дм³ при среднем значении в реках региона 89,8 ± 1,6 мг/дм³.

Содержание в воде рек региона полифосфатов (PO₄³⁻) варьируется от 0,01 до 0,72 мг/дм³. Среднее значение – 0,14 ± 0,004 мг/дм³. Превышения гигиенического норматива (3,5 мг/дм³) не установлены.

Оценка достоверности различий величин показателей качества воды проведена с учётом расположения МТК р. Дон вниз по течению по отношению к первой МТК на территории Воронежской области (см. таблицу).

Анализ данных показывает, что в МТК 2 р. Дон, расположенной ниже по течению по отношению к территории Воронежа, выявлены статистически значимые различия средних значений в сторону увеличения по 6 показателям из 14 оцениваемых (водородному показателю, БПК₅, ХПК, меди, цинку, нитратам), $t_{расч.}$ от 2,23 до 5,91 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. Это достоверно свидетельствует о негативном влиянии на показатели качества воды диффузных и точечных стоков с территории Воронежа. Далее в МТК 3 (выше Нововоронежа) прослеживается стабилизация показателей. Достоверные различия средних значений показателей по отношению к точке сравнения выявлены по 2 из 14 характеристик (БПК₅ и ХПК), $t_{расч.}$ от 2,22 до 2,35 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. В МТК 3, расположенной ниже Нововоронежа, прослеживаются 3 достоверных различия в сторону увеличения (водородный показатель, медь, цинк) и 3 – в сторону снижения (хлориды, нитриты, полифосфаты). В ИТК 5 перед г. Лиски показатели качества воды практически не от-

личаются от точки сравнения 1. Имеется одно достоверное различие по содержанию меди в воде в сторону снижения. Однако в точке 6, расположенной ниже г. Лиски, концентрации меди и сульфатов возрастают и достигают достоверных различий по отношению к точке сравнения 1. В МТК 7, выше г. Павловска, выявлены достоверные различия в сторону увеличения средних значений содержания сульфатов и нитритов ($t_{расч.}$ от 3,28 до 4,14 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$) и в сторону снижения БПК₅ и ХПК ($t_{расч.}$ от 2,2 до 2,24 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$). В МТК 8, расположенной ниже г. Павловска, снова отмечаются достоверные различия средних значений 6 показателей из 14 оцениваемых (медь, цинк, хлориды, сульфаты, нитраты, полифосфаты), $t_{расч.}$ от 2,44 до 7,01 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$. В МТК 9 (с. Новая Калитва) по отношению к точке сравнения 1 имеются достоверные различия средних величин в сторону их увеличения по 6 из 14 оцениваемых характеристик (водородному показателю, содержанию меди, цинка, хлоридов, сульфатов, нитратов), $t_{расч.}$ от 2,19 до 7,48 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$.

По другим рекам, имеющим несколько МТК (Битюг, Хопёр, Тихая Сосна, Чёрная Калитва), также имеются различия в показателях до населённого пункта и после, хотя они менее выражены. Так, в МТК р. Битюг выявлены статистически значимые различия показателей растворённого кислорода, БПК₅ и ХПК (до и после р.п. Анна), в МТК р. Хопёр – БПК₅ до и после г. Борисоглебска, в р. Тихая Сосна в МТК до и после г. Острогожска по содержанию сульфатов, нитратов и полифосфатов ($t_{расч.}$ от 2,14 до 4,57 > $t_{табл.} = 2$ при $\alpha = 0,05$).

Обсуждение

Все реки на территории Воронежской области – притоки Дона, влияющие на качество воды в нём наряду с техногенными факторами, главными из которых являются сточные воды с территорий населённых мест и диффузные стоки с сельскохозяйственных угодий региона. Установлено, что вниз по течению р. Дон большинство показателей качества воды имеет достоверные различия ($\alpha = 0,05$) по отношению к точке сравнения, расположенной выше по течению реки, а именно водородного показателя (в 3 МТК), БПК₅ (в 3 МТК), ХПК (3 МТК), содержанию меди, цинка, хлоридов, сульфатов, нитратов, нитритов, полифосфатов (от 2 до 6 МТК), что говорит о воздействии природных и техногенных факторов на качество воды.

В то же время отсутствие достоверных различий в показателях содержания магния, железа, аммоний-иона свидетельствует о стабильном природном присутствии данных компонентов и отсутствии значимого техногенного влияния этих веществ. Важно, что показатель растворённого кислорода не имеет статистически значимых различий во всех МТК оцениваемого участка р. Дон на территории Воронежской области. Средние значения в МТК варьируются от 6,72 ± 0,2 мг/дм³ (МТК 1) до 7,31 ± 0,39 мг/дм³ (МТК 8), что объясняется достаточно хорошей аэрацией, обусловленной скоростью течения реки (от 0,6 до 1,2 м/с в межень и от 2 до 3 м/с в половодье), турбулентностью потока воды, отсутствием эвтрофикации. Таким образом, гипотеза об ухудшении качества воды вниз по течению р. Дон подтвердилась частично – по отдельным показателям и в отдельных мониторинговых точках.

Значимость полученных нами результатов важна для совершенствования мониторинга. Результаты исследования на данном этапе мониторинга не следует относить к числу приоритетных региональных показателей; целесообразно перераспределить затраты на средства контроля с этих показателей на более значимые региональные характеристики качества воды.

Полученные результаты в целом согласуются с данными проведённых ранее исследований по оценке качества воды в реках Донского бассейна, испытывающих значительную рекреационную нагрузку, особенно вблизи населённых пун-

ктов городского типа [22–24]. В частности, исследованиями В.А. Курепина с соавт. (2022), в которых также использованы более ранние данные Воронежского ЦГМС, показано, что в р. Тихая Сосна периодически наблюдается сверхнормативное загрязнение водной среды такими биогенными компонентами, как соединения азота, фосфора, БПК₅ [24]. В предыдущих наших исследованиях, проведенных на территории Воронежской области, показано, что в 2025 г. регистрировались превышения норматива по показателю ХПК в восьми местах массового отдыха населения у воды в летний период [25]. Других региональных работ, опубликованных в высокорейтинговых журналах за период 2021–2025 гг. и посвященных качеству воды в реках бассейна Дона на территории Воронежской области, не найдено.

Неопределённости и ограничения нашего исследования связаны с дискретным характером мониторинга качества воды в реках (4 раза в год), ежегодной и сезонной изменчивостью водных режимов рек, обусловленных объёмом атмосферных осадков, другими изменяющимися по уровню воздействия природными и техногенными факторами.

Организация систем мониторинга качества воды в водных объектах Росгидромета и Роспотребнадзора всегда вызывает дискуссионные вопросы в части оценки репрезентативности данных контроля, а именно: «Что контролировать?» (определение перечня показателей), «Где контролировать?» (обоснование мониторинговых точек контроля), «Как часто контролировать?» (определение минимальной периодичности отбора проб), «Как долго контролировать и как часто пересматривать организацию мониторинга?» (продолжительность мониторинга). Все эти вопросы являются значимыми для достижения поставленной цели исследования — гигиенической оценки качества воды в реках Донского бассейна на территории Воронежской области. Анализ данных проведён авторами по уже обоснованным мониторинговым точкам контроля, при этом периодичность отбора проб регламентирует-

ся руководящими документами, что также накладывает определённые ограничения на результаты исследования пространственной ситуации, особенно на возможность адекватной оценки временной динамики показателей состояния воды в реках изученного региона. Решение данных задач возможно в перспективе при совершенствовании санитарного и природоохранного нормативно-правового регулирования мониторинга.

Заключение

По результатам проведённого исследования показателей качества воды в реках на территории Воронежской области установлено, что к числу приоритетных из них по несоответствию гигиеническим нормативам следует отнести растворённый кислород, БПК₅, ХПК, содержание железа (суммарно), меди (суммарно). Несоответствие показателей качества воды гигиеническим нормативам выявлено в реках Дон, Чёрная Калитва, Тихая Сосна, Битюг, Хопёр. В м.т.к. на р. Усмань, которая располагается в Центральной усадьбе Воронежского государственного природного биосферного заповедника им. В.М. Пескова, превышений гигиенических нормативов качества воды не выявлено. Выбранный нами показатель превышения гигиенических нормативов для определения приоритетных региональных показателей в связи с дискретностью данных мониторинга является одним из ключевых универсальных научно обоснованных показателей наряду с другими, которые остались за рамками выполненного анализа.

В м.т.к. р. Дон имеются достоверные различия средних значений показателей качества воды вниз по течению по отношению к точке контроля, расположенной выше. Прослеживается негативное влияние диффузных и техногенных стоков с территорий населённых мест и прежде всего городов Воронеж и Павловск. Относительно благополучными являются участки реки от г. Нововоронежа до г. Лиски.

Литература

(п.п. 1–7 см. References)

- Жогло В.Г. Прогноз изменения качества подземных вод на территории водосборов рек Лесная и Мухавец. *Природопользование*. 2025; (1): 110–30. <https://elibrary.ru/upnpxv1>
- Мустафаев Ж.С., Рыскулбекова Л.М. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод речного бассейна с математическим анализом (на примере реки Иле). *Гидрометеорология и экология*. 2021; (4): 6–19. <https://elibrary.ru/kjhpqv>
- Обухова М.В., Иванюшин Ю.А. Многолетняя динамика качества вод реки Тура. *Вестник гражданских инженеров*. 2024; (5): 76–85. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2024-21-5-76-85> <https://elibrary.ru/jwyedq>
- Лавренко Н.Ю., Романюк О.Л., Рогозина Т.В. Динамика качества и результаты мониторинга содержания нефтепродуктов в воде бассейнов рек Ямало-Ненецкого автономного округа. *Арктика и Антарктика*. 2025; (1): 92–107. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2025.1.73034> <https://elibrary.ru/rblxru>
- Свешникова Е.В., Романова Е.М., Любомирова В.Н., Шленкина Т.М. Гидрохимическая оценка качества воды залива реки Свияга в городе Ульяновске. *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2023; 254(2): 236–41. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_236 <https://elibrary.ru/jplgfw>
- Дубов Н.Д., Крохин Г.Б., Розенталь О.М. Влияние характеристик донного водосбора на качество воды Москвы-реки. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. 2025; (5): 23–38. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-5-23-38> <https://elibrary.ru/xpiigm>
- Белякова А.М., Зуева Н.В. Оценка качества воды городской реки по гидрохимическим индексам (река Охта, Санкт-Петербург). *Труды Карельского научного центра Российской академии наук*. 2021; (9): 72–84. <https://doi.org/10.17076/lim1458> <https://elibrary.ru/xgrqje>
- Князева Т.В., Тамбиева Н.С. Изучение влияния реки Темерник на качество вод нижнего течения реки Дон. *Водные биоресурсы и среда обитания*. 2025; 8(3): 7–17. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_3_7 <https://elibrary.ru/hltiin>
- Дега Н.С., Онищенко В.В., Теунаев О.Х. Динамика изменения качества воды в верховьях реки Кубани. *Проблемы региональной экологии*. 2025; (1): 49–56. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2025-1-49-56> <https://elibrary.ru/schklk>
- Мищенко О.А., Гладун И.В., Ананьев Н.А. Мониторинговый анализ качества воды в реке Амур. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2022; (4–2): 28–34. <https://elibrary.ru/wiamgd>
- Джамалов Р.Г., Решетняк О.С., Власов К.Г., Галагур К.Г., Оботуров А.С., Сафронова Т.И. Особенности химического состава и качества воды в бассейне реки Лены. *Вода и экология: проблемы и решения*. 2021; (3): 33–43. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.3.33-43> <https://elibrary.ru/kwrakq>
- Решетняк О.С., Косменко Л.С., Коваленко А.А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек Арктической зоны России. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*. 2022; (3): 3–17. <https://elibrary.ru/jhdxsu>
- Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Исаев Д.С. Анализ состояния здоровья населения во взаимосвязи с качеством питьевой воды в Мурманской области. *Российская Арктика*. 2022; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/qgytcj>
- Степанян А.А., Исаев Д.С., Ковшов А.А., Сергеев А.А. Гигиеническая оценка качества питьевой воды из поверхностных источников Мурманской области. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(8): 1056–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw>
- Жигулина Е.В. Ландшафтно-рекреационная нагрузка левобережья долины реки Тихой Сосны в городе Острогожске Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2023; (3): 4–12. <https://elibrary.ru/kuqdv1>
- Жигулина Е.В., Межова Л.А. Ландшафтно-экологический подход к изучению устойчивости бассейнов малых рек Воронежской области. *Естественные и технические науки*. 2023; (2): 100–3. <https://doi.org/10.25633/ETN.2023.02.08> <https://elibrary.ru/huczpo>
- Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. Динамика гидроэкологической ситуации р. Тихая Сосна на территории Белгородской и Воронежской областей. *Региональные геосистемы*. 2022; 46(1): 108–18. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-108-118> <https://elibrary.ru/rufiduz>
- Клепиков О.В., Механтьев И.И., Шукелайт А.Б., Виноградов П.М., Ларионов А.Н., Гоцев Д.В. Геоэкологическая оценка качества воды в местах рекреационного водопользования населения на территории Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2025; (4): 132–8. <https://elibrary.ru/suksvu>

References

1. Ngubane Z., Dzwauro B., Bergion V., Sokolova E., Troell K., Amoah I.D., et al. Water quality modelling and quantitative microbial risk assessment for uMsunduzi River in South Africa. *J. Water Health*. 2022; 20(4): 641–56. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.266> <https://elibrary.ru/ttdrsl>
2. Madilonga R.T., Edokpayi J.N., Volenzo E.T., Durowoju O.S., Odiyo J.O. Water quality assessment and evaluation of human health risk in Mutangwi River, Limpopo Province, South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2021; 18(13): 6765 <https://doi.org/10.3390/ijerph18136765>
3. Markert N., Guhl B., Feld C.K. Water quality deterioration remains a major stressor for macroinvertebrate, diatom and fish communities in German rivers. *Sci. Total Environ*. 2024; 907: 167994. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167994> <https://elibrary.ru/czwrkh>
4. Huang L., Chen X., Yuan Z., Ye C., Liang Y. Impact of landscape patterns on water quality in urbanized rivers at characteristic scale: a case of Pearl River delta, China. *Environ. Manage.* 2024; 74(4): 715–28. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02017-w> <https://elibrary.ru/aetlmf>
5. He M., Liu G., Wu L., Zhou L., Liu Y. Spatial-temporal distribution, occurrence, water quality, and risk assessment of trace elements in ten rivers surrounding Chaohu Lake in China. *Environ. Geochem. Health*. 2023; 45(5): 2167–82. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01329-2> <https://elibrary.ru/kqakes>
6. Nihalani S., Meeruty A. Water quality index evaluation for major rivers in Gujarat. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021; 28(45): 63523–31. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10509-5> <https://elibrary.ru/wdhtgb>
7. Chandel S., Kaur H., Benbi D.K., Singh D., Kaur M., Singh K. Reflecting on changes in the drinking and irrigation water quality of rivers Beas, Satluj and confluence waters. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2023; 30(60): 126132–47. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30849-2> <https://elibrary.ru/vcnsng>
8. Zhoglo V.G. Forecast of changes in underground waters quality on the territory of the water catchment area of the Lesnaya and the Muhovets rivers. *Prirodopol'zovanie*. 2025; (1): 110–30. <https://elibrary.ru/upnxvl> (in Russian)
9. Mustafayev Zh.S., Ryskulbekova L.M. Geoecological assessment of surface water of a river basin with mathematical analysis (on the example of the Ile river). *Gidrometeorologiya i ekologiya*. 2021; (4): 6–19. <https://elibrary.ru/kjhpvx> (in Russian)
10. Obuhova M.V., Ivanyushin Yu.A. Long-term dynamics of the water quality of the Tura river. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2024; (5): 76–85. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2024-21-5-76-85> <https://elibrary.ru/jwyedq> (in Russian)
11. Lavrenko N.Yu., Romanyuk O.L., Rogozina T.V. Dynamics of quality and results of monitoring the content of petroleum products in the rivers of the Yamalo-Nenets autonomous okrug (Russia). *Arktika i Antarktika*. 2025; (1): 92–107. <https://doi.org/10.7256/2453-8922.2025.1.73034> <https://elibrary.ru/rblxru> (in Russian)
12. Sveshnikova E.V., Romanova E.M., Lyubomirova V.N., Shlenkina T.M. Hydrochemical assessment of the water quality of the Sviyaga river bay in the city of Ulyanovsk. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Baumana*. 2023; 254(2): 236–41. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_2_254_236 <https://elibrary.ru/jplgfw> (in Russian)
13. Dubov N.D., Krokhin G.B., Rozental O.M. Influence of the groundwater runoff composition characteristics on the Moskva river water. *Vodnoe khozaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2025; (5): 23–38. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-5-23-38> <https://elibrary.ru/xpiigm> (in Russian)
14. Belyakova A.M., Zueva N.V. Assessment of river water quality in the city by hydrochemical indices (the Okhta river, St. Petersburg). *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk*. 2021; (9): 72–84. <https://doi.org/10.17076/lim1458> <https://elibrary.ru/xgrqje> (in Russian)
15. Knyazeva T.V., Tambieva N.S. Studying the impact of the Temernik river on the water quality in the lower reaches of the Don River. *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya*. 2025; 8(3): 7–17. https://doi.org/10.47921/2619-1024_2025_8_3_7 <https://elibrary.ru/hltiin> (in Russian)
16. Dega N.S., Onishchenko V.V., Teunaev O.Kh. Dynamics of changes in water quality in the upper reaches of the Kuban river. *Problemy regional'noi ekologii*. 2025; (1): 49–56. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2025-1-49-56> <https://elibrary.ru/schklk> (in Russian)
17. Mishchenko O.A., Gladun I.V., Ananyev N.A. Monitoring analysis of water quality in the amur river. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2022; (4–2): 28–34. <https://elibrary.ru/wiamgd> (in Russian)
18. Dzhamalov R.G., Reshetnyak O.S., Vlasov K.G., Galagur K.G., Oboturov A.S., Safronova T.I. Specific features of water chemistry and quality in the Lena river basin. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya*. 2021; (3): 33–43. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.3.33-43> <https://elibrary.ru/kwrakq> (in Russian)
19. Reshetnyak O.S., Kosmenko L.S., Kovalenko A.A. Anthropogenic load and water quality at the main-stream sections of rivers in the Arctic zone of Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*. 2022; (3): 3–17. <https://elibrary.ru/jhdxsu> (in Russian)
20. Kovshov A.A., Novikova Yu.A., Myasnikov I.O., Tikhonova N.A., Fedorov V.N., Isaev D.S. Analysis of population health in relation to drinking water quality in Murmansk oblast. *Rossiiskaya Arktika*. 2022; (4): 5–16. <https://elibrary.ru/qgytcj> (in Russian)
21. Stepanyan A.A., Isaev D.S., Kovshov A.A., Sergeev A.A. Hygienic assessment of the quality of the drinking water from surface water sources in the Murmansk Region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2025; 104(8): 1056–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-1056-1064> <https://elibrary.ru/ieaqhw> (in Russian)
22. Zhigulina E.V. Landscape and recreational load of the left bank of the Tikhaya Sosna river valley in the town of Ostrogzhsk, Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2023; (3): 4–12. <https://elibrary.ru/kuqdv1> (in Russian)
23. Zhigulina E.V., Mezheva L.A. Landscape-ecological approach to study the stability of the basins of small rivers of the Voronezh region. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2023; (2): 100–3. <https://doi.org/10.25633/ETN.2023.02.08> <https://elibrary.ru/huczpo> (in Russian)
24. Kurepina V.A., Kiselev V.V., Kornilov A.G. Dynamics of the hydroecological situation in the Tikhaya Sosna river on the territory of the Belgorod and Voronezh regions. *Regional'nye geosistemy*. 2022; 46(1): 108–18. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-1-108-118> <https://elibrary.ru/rufdaz> (in Russian)
25. Klepikov O.V., Mekhantsev I.I., Shukelayt A.B., Vinogradov P.M., Larionov A.N., Gotsev D.V. Geoecological assessment of water quality in recreational water use sites of the population in the Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2025; (4): 132–8. <https://elibrary.ru/suksvu> (in Russian)

Сведения об авторах

Клепиков Олег Владимирович, доктор биол. наук, профессор каф. геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «ВГУ», 390184, Воронеж, Россия. E-mail: klepa1967@rambler.ru

Куrolap Семен Александрович, доктор географ. наук, профессор, зав. каф. геоэкологии и мониторинга окружающей среды ФГБОУ ВО «ВГУ», 390184, Воронеж, Россия. E-mail: skurolap@mail.ru

Молоканова Лариса Витальевна, канд. биол. наук, доцент каф. промышленной экологии и техносферной безопасности ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 394036, Воронеж, Россия. E-mail: larisa280272@yandex.ru

Кульнев Вадим Вячеславович, канд. геол. наук, вед. специалист-эксперт отд. государственного экологического надзора по Воронежской области, Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление Росприроднадзора, 394038, Воронеж, Россия. E-mail: kulneff.vadim@yandex.ru

Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

About the authors

Oleg V. Klepikov, DSc (Biology), professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, 390184, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X> E-mail: klepa1967@rambler.ru

Semen A. Kurolap, DSc (Geography), professor, head, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, 390184, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014> E-mail: skurolap@mail.ru

Larisa V. Molokanova, PhD (Biology), associate professor, Department of Industrial Ecology and Technosphere Safety, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, 394036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6267-6028> E-mail: larisa280272@yandex.ru

Vadim V. Kulnev, PhD (Geography), leading specialist-expert, Department of the State Environmental Supervision in the Voronezh region, Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, Voronezh, 394038, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183> E-mail: kulneff.vadim@yandex.ru

Alexey N. Kizeev, PhD (Biology), senior researcher, Department of Social and Hygienic Analysis and Monitoring, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327> E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Aleksandr N. Nikanov, PhD (Medicine), leading researcher, head, Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru