

УДК 504.455(470.324)
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-3-527-537
EDN DINKQL

Оценка экологического состояния Воронежского водохранилища по результатам мониторинга индекса загрязненности воды

¹Прожорина Т.И., ¹Клепиков О.В., ^{1,2}Куролап С.А., ¹Суханов П.А., ¹Боева А.С.

¹Воронежский государственный университет

Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет

Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

sukhanov.1990@bk.ru

Аннотация. Цель исследования – комплексная оценка экологического состояния Воронежского водохранилища на основе анализа пространственно-временной динамики индекса загрязненности воды (ИЗВ). В работе определены приоритетные загрязняющие вещества, зоны наибольшего экологического неблагополучия и сезонные закономерности ухудшения качества воды. Исследование основано на данных гидрохимического мониторинга за период с января 2023 г. по февраль 2026 г. Анализ проведен по четырем контрольным створам, репрезентативно отражающим состояние акватории водохранилища, расположенного на территории г. Воронежа. Оценка степени загрязнения выполнена в соответствии с утвержденной методикой расчета ИЗВ. Результаты показали, что качество воды в водохранилище характеризуется как хронически загрязненное. Выявлен устойчивый градиент загрязнения: среднегодовые значения ИЗВ ухудшаются от 1,35–1,61 (III класс, «умеренно загрязненная») в верхнем створе до 3,36–3,64 (IV класс, «загрязненная») в зоне, расположенной ниже города. Определена четкая сезонная цикличность с переходом к IV–V классам качества («загрязненная» – «грязная» вода) в летне-осенний период. Лимитирующими загрязнителями, определяющими высокий уровень ИЗВ, являются медь, нефтепродукты, фосфаты и взвешенные вещества. Отсутствие положительной динамики за трехлетний период наблюдений указывает на недостаточную эффективность действующих водоохраных мер.

Ключевые слова: Воронежское водохранилище, индекс загрязненности воды (ИЗВ), гидрохимический мониторинг, приоритетные загрязняющие вещества, качество поверхностных вод

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

Для цитирования: Прожорина Т.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Суханов П.А., Боева А.С. 2026. Оценка экологического состояния Воронежского водохранилища по результатам мониторинга индекса загрязненности воды. Региональные геосистемы, 50(3): 527–537. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-3-527-537 EDN: DINKQL

Assessing the Ecological Status of the Voronezh Reservoir Based on the Monitoring of the Water Pollution Index

Tatiana I. Prozhorina¹, Oleg V. Klepikov¹, Semen A. Kurolap^{1,2},
Pavel A. Sukhanov¹, Anastasia S. Boeva¹

¹Voronezh State University

Universitetskaya Sq., Voronezh 394018, Russia

²Belgorod State National Research University

85 Pobedy St., Belgorod 308015, Russia

sukhanov.1990@bk.ru

© Прожорина Т.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Суханов П.А., Боева А.С., 2026

Abstract. The study was aimed at providing a comprehensive assessment of the ecological status of the Voronezh Reservoir based on the analysis of spatiotemporal dynamics of the Water Pollution Index (WPI). The study was based on data from long-term hydrochemical monitoring from January 2023 to February 2026. We conducted analysis at four monitoring sections, which representatively reflect the state of the reservoir water area within the city of Voronezh. The assessment of pollution degree was carried out in accordance with the approved WPI calculation methodology. Priority pollutants were identified, as well as zones of greatest ecological distress and seasonal patterns of water quality deterioration. The results revealed a chronic pollution of the reservoir water. We have identified a stable pollution gradient: the average annual WPI values deteriorate from 1.35–1.61 (Class III, "moderately polluted") in the upper cross-section to 3.36–3.64 (Class IV, "polluted") in the zone located downstream of the city. A clear seasonal cyclicity has been determined, with a transition to Class IV–V quality ("polluted" – "dirty" water) during the summer and autumn period. The limiting pollutants determining the high WPI level are copper, petroleum products, phosphates, and suspended solids. The absence of a positive trend over the three-year observation period indicates insufficient effectiveness of the current water protection measures.

Keywords: Voronezh Reservoir, Water Pollution Index (WPI), hydrochemical monitoring, priority pollutants, surface water quality

Acknowledgements: The research was carried out at the expense of the grant of the Russian Science Foundation No. 25-17-00219, <https://rscf.ru/project/25-17-00219/>

For citation: Prozhorina T.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Sukhanov P.A., Boeva A.S. 2026. Assessing the Ecological Status of the Voronezh Reservoir Based on the Monitoring of the Water Pollution Index. Regional Geosystems, 50(3): 527–537 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-3-527-537 EDN: DINKQL

Введение

Загрязнение поверхностных водных объектов остается одной из наиболее острых глобальных экологических проблем, оказывающей прямое влияние на здоровье населения, состояние экосистем и социально-экономическое развитие территорий. В международной практике отмечается, что поступление в водные объекты биогенных элементов, нефтепродуктов, тяжелых металлов и патогенных микроорганизмов ведет к эвтрофикации, деградации водных сообществ, сокращению биоразнообразия и формированию зон экологического бедствия [Chowdhury et al., 2016; Daud et al., 2017]. Особую опасность представляет антропогенная нагрузка на водоемы, расположенные в границах крупных городов, где сочетаются точечные и рассредоточенные источники загрязнения [Gall et al., 2015, Fisher et al., 2021]. В связи с этим во многих странах мира развиваются системы комплексного мониторинга, направленные на количественную оценку вклада различных источников и разработку мер по снижению нагрузки [Heibati et al., 2017].

В Российской Федерации проблема загрязнения водных объектов также сохраняет свою актуальность. Урбанизированные территории, в том числе крупные города, вносят значительный вклад в ухудшение качества воды из-за сбросов недостаточно очищенных сточных вод, поверхностного стока с застроенных и сельскохозяйственных земель, а также в результате исторически сложившейся промышленной нагрузки [Калашников и др., 2020]. В условиях, когда более 70 % населения страны проживает в городах, обеспечение населения безопасной питьевой водой и сохранение водных экосистем становятся важнейшими задачами государственной экологической политики [Баскакова и др., 2020].

Воронежское водохранилище, являясь крупнейшим в России искусственным водоемом, расположенным в пределах городской черты, представляет собой яркий пример водного объекта, испытывающего интенсивную многофакторную антропогенную нагрузку [Силкин, 2012]. Его экологическое состояние вызывает серьезную озабоченность, поскольку водохранилище выполняет ключевые функции источника

питьевого водоснабжения, рекреационной зоны и элемента экологического каркаса города [Анциферова, 2015; Елисеев, Силкин, 2025]. Основные причины изменения допустимой степени загрязненности воды Воронежского водохранилища – это слабое влияние процессов самоочищения и значительное количество источников загрязнения [Чувычкин и др., 2018]. Многолетние наблюдения и научные исследования свидетельствуют о хроническом превышении предельно допустимых концентраций по широкому спектру загрязняющих веществ, периодическом «цветении» воды, вызванном развитием цианобактерий [Сейдалиев и др., 2017; Попова и др., 2021], а также о микробиологическом загрязнении, создающем прямые риски для здоровья населения [Мишон, 2010; Залата, Силкин, 2015; Анциферова, Беспалова, 2016]. В воде, донных отложениях, водорослях и почве обнаружены вещества, способные вызывать генетические изменения в клетках [Иванова, 2020]. Однако, несмотря на накопленный массив данных, системная оценка динамики загрязнения с использованием интегральных показателей, таких как индекс загрязненности воды (ИЗВ), и ее увязка с конкретными источниками воздействия остаются недостаточно разработанными.

Теоретическая значимость настоящего исследования заключается в комплексном подходе к анализу экологического состояния Воронежского водохранилища на основе обработки данных многолетнего мониторинга и расчета ИЗВ.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования ее результатов для обоснования приоритетных направлений реабилитации водохранилища, оптимизации системы мониторинга, а также для разработки конкретных водоохраных мероприятий, нацеленных на снижение нагрузки от основных источников загрязнения.

Целью настоящего исследования является комплексная оценка экологического состояния Воронежского водохранилища на основе анализа многолетней динамики индекса загрязненности воды. Для ее достижения поставлены следующие задачи: систематизация данных гидрохимического мониторинга, расчет и картографирование ИЗВ для различных участков акватории, выявление зон с наиболее неблагоприятными показателями и основных трендов изменения качества воды, а также разработка научно обоснованных рекомендаций по совершенствованию системы наблюдений и природоохранных мер. Реализация такого подхода позволит создать основу для эффективного управления качеством водной среды Воронежского водохранилища.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлось Воронежское водохранилище, расположенное в пределах города Воронежа. Анализ экологического состояния водного объекта проводился на основании данных государственного мониторинга качества поверхностных вод, предоставленных территориальными органами Росгидромета (ФГБУ «Центр регионального мониторинга состояния окружающей среды») и обработанных авторами. Исследование охватывало период с января 2023 по февраль 2026 года.

Забор проб воды для гидрохимического анализа проводился ежемесячно на четырех контрольных створах, расположенных на протяжении акватории водохранилища:

- створ в районе плотины гидроузла (водослив), 7 км ниже г. Воронежа;
- створ в районе плотины гидроузла (шлюз), 7 км ниже г. Воронежа;
- створ в 2,5 км ниже г. Воронежа (1,2 км ниже пос. Песчанка);
- створ в 5,5 км выше г. Воронежа (у автомобильного моста).

Указанные створы репрезентативно отражают качество воды в ключевых зонах водохранилища: приплотинной (нижней), промежуточной, подверженных максимальной антропогенной нагрузке, и верхней (фоновой).

Для комплексной оценки степени загрязнения воды использовался расчет индекса загрязненности воды (ИЗВ) в соответствии с действующей нормативно-методической

базой – Руководящим документом РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям»¹. Данная методика является стандартизированным инструментом для интегральной оценки состояния водных объектов на территории Российской Федерации.

ИЗВ представляет собой количественный показатель, рассчитываемый на основе результатов определения ряда гидрохимических показателей в отобранных пробах воды. В соответствии с методикой, значение ИЗВ позволяет отнести качество воды к одному из семи классов: от «очень чистой» ($\text{ИЗВ} < 0,3$) до «чрезвычайно грязной» ($\text{ИЗВ} \geq 10$).

Обработка первичных данных мониторинга, расчет ИЗВ для каждого створа за исследуемый период, анализ динамики показателей и статистическая обработка результатов выполнены с использованием программного обеспечения *Microsoft Excel*. Такой подход обеспечил сопоставимость и объективность оценки пространственно-временных изменений экологического состояния Воронежского водохранилища.

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенного гидрохимического мониторинга за период с января 2023 по февраль 2026 года была рассчитана динамика индекса загрязненности воды (ИЗВ) для четырех контрольных створов Воронежского водохранилища (табл. 1). Полученные данные позволили выявить устойчивые пространственно-временные закономерности в состоянии водного объекта.

Таблица 1

Table 1

Динамика индекса загрязненности воды в Воронежском водохранилище (2023–2026 гг.)

Dynamics of the Water Pollution Index in the Voronezh Reservoir (2023–2026)

Год	Янв	Февр	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек	Ср. знач.
Воронежское водохранилище, г. Воронеж, 7 км ниже города, в створе плотины гидроузла (шлюз)													
2023	–	1,3	–	1,8	1,5	–	–	3,2	–	–	–	–	1,95
2024	–	1,7	–	1,9	1,8	–	–	3,7	–	–	–	–	2,28
2025	–	1,6	–	1,9	2,4	–	–	2,4	–	–	–	–	2,08
2026	–	1,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Воронежское водохранилище, г. Воронеж, 7 км ниже города, в створе плотины гидроузла (водослив)													
2023	1,3	1,4	1,8	1,6	1,5	2,2	2,9	3,3	3,9	3,5	2,1	1,6	2,26
2024	1,5	1,5	2,5	1,8	1,8	2,1	2,3	3,2	3,0	2,2	2,4	1,8	2,18
2025	1,9	1,9	1,9	1,9	2,4	2,7	3,4	2,2	3,2	3,0	2,1	2,0	2,38
2026	1,8	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Воронежское водохранилище, г. Воронеж, 2,5 км ниже города, 1,2 км ниже п. Песчанка													
2023	–	–	–	2,6	3,1	3,2	3,9	3,5	4,0	4,3	–	–	3,51
2024	–	–	–	3,2	2,4	2,4	3,5	4,6	3,7	3,7	–	–	3,36
2025	–	–	–	2,9	3,0	3,1	4,5	3,8	4,0	4,2	–	–	3,64
2026	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Воронежское водохранилище, г. Воронеж, 5,5 км выше города, у автомобильного моста													
2023	1,6	2,1	2,2	1,4	0,9	1,6	1,4	1,9	1,9	1,4	1,6	1,3	1,61
2024	1,1	2,3	2,7	1,4	1,0	1,6	1,5	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,50
2025	1,1	1,1	1,3	1,1	1,1	1,4	1,8	2,0	1,7	1,3	1,2	1,1	1,35
2026	1,2	1,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Обобщенные сведения по индексу загрязненности воды в Воронежском водохранилище													
2023	1,45	1,75	2,00	1,85	1,75	2,33	2,73	2,98	3,27	3,07	1,85	1,45	2,33
2024	1,30	1,83	2,60	2,08	1,75	2,03	2,43	3,35	2,77	2,43	1,85	1,50	2,33
2025	1,50	1,50	1,60	1,95	2,23	2,30	3,23	2,60	3,23	2,88	1,65	1,55	2,36
2026	1,40	1,40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

¹ РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязнения поверхностных вод по гидрохимическим показателям. 2002. Ростов-на-Дону, Росгидромет, 55 с.

Наглядно эти закономерности представлены на рис. 1, совмещающем схему расположения мониторинговых точек и график динамики ИЗВ. Пространственное распределение показателей демонстрирует четкий градиент загрязнения: наиболее благоприятная ситуация (среднегодовой ИЗВ 1,35–1,61, класс качества воды III («умеренно загрязненная»)) отмечается в верхнем (фоновом) створе у автомобильного моста (точка 4), а наиболее критические значения (среднегодовой ИЗВ 3,36–3,64, класс IV («загрязненная»)) зафиксированы в створе, расположенном в 2,5 км ниже города (точка 3). В приплотинной зоне (точки 1 и 2) среднегодовые показатели также соответствуют классу III (1,95–2,38), однако здесь в летне-осенний период регулярно фиксируются переходы в класс IV с показателями до 3,9. В отдельные месяцы на участке точки 3 значения ИЗВ достигали 4,6 (август 2024 г.), что соответствует классу V («грязная» вода).

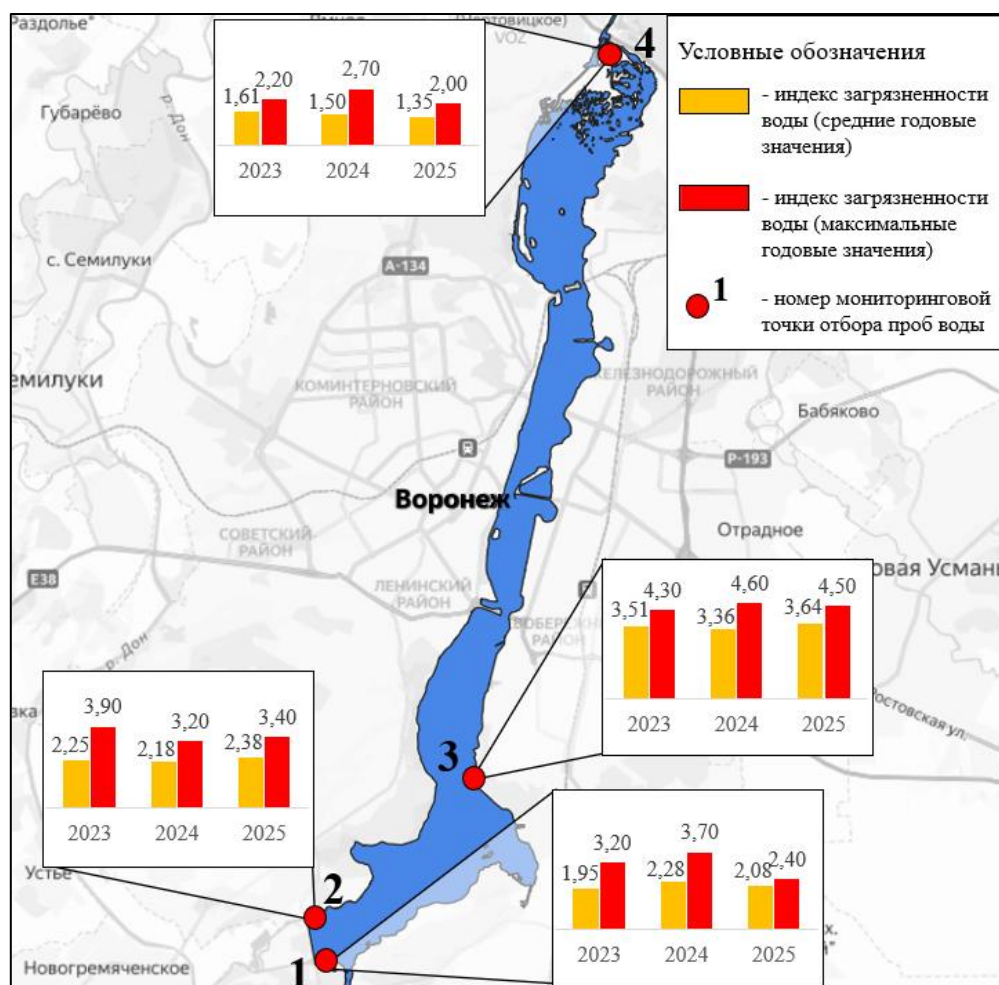


Рис. 1. Схема расположения мониторинговых точек и динамика индекса загрязненности воды в Воронежском водохранилище за 2023–2025 гг.

Fig. 1. Layout of monitoring points and dynamics of the Water Pollution Index in the Voronezh Reservoir, 2023–2025

Временная динамика и сезонные закономерности. Анализ данных выявил выраженную сезонную цикличность: качество воды ухудшается с III класса («умеренно загрязненная») в зимние месяцы (декабрь–февраль) до IV класса («загрязненная») в летне-осенний период (июнь–октябрь). Пиковые значения загрязнения приходятся на июль–сентябрь, что связано с комплексом факторов: максимальной рекреационной нагрузкой, повышением температуры воды, снижением водообмена и интенсивностью поверхностного стока. Снижение ИЗВ начинается в ноябре с переходом к зимней стабилизации.

Оценка многолетней тенденции. Среднегодовые значения обобщенного ИЗВ за весь период наблюдений стабильно находятся в диапазоне 2,33–2,36, что соответствует границе между III и IV классами качества. Это свидетельствует о хроническом характере загрязнения водохранилища в среднем по всей акватории. Отсутствие выраженной положительной динамики за трехлетний период подтверждает, что существующая антропогенная нагрузка носит устойчивый характер, а реализуемые водоохранные меры недостаточны для перелома негативной тенденции.

Структура и ведущие загрязнители. Анализ гидрохимических показателей, формирующих ИЗВ, позволил выделить ведущие загрязняющие вещества и связать их с потенциальными источниками. Лимитирующим показателем загрязнения и наиболее часто встречающимся веществом является медь, присутствующая практически во всех расчетах ИЗВ. Данный факт свидетельствует о наличии постоянного техногенного источника, которым могут быть промышленные стоки или коррозия трубопроводных систем [Прожорина и др., 2021; Баскакова, Куролап, 2022].

Стабильное присутствие фосфатов указывает на постоянное поступление фосфорных соединений, преимущественно со сточными бытовыми и промышленными водами, что является ключевым фактором процессов эвтрофикации [Механтьев и др., 2020; Баскакова и др., 2023].

Нефтепродукты фиксируются с высокой частотой, особенно в теплый период (май–сентябрь), что коррелирует с периодами активной рекреационной и хозяйственной деятельности на акватории (судоходство) и усилением поверхностного стока с автодорог [Дмитриева, Бучик, 2023].

Значительную роль в формировании ИЗВ играют взвешенные вещества, концентрация которых возрастает в периоды паводков и ветрового перемешивания, что свидетельствует об активных процессах эрозии берегов, смыва с урбанизированных территорий и вторичного загрязнения за счет донных отложений [Дмитриева, Жигулина, 2020; Дмитриева и др., 2022].

Заключение

По результатам многолетнего гидрохимического мониторинга и расчета индекса загрязненности воды за период с января 2023 по февраль 2026 года установлено, что экологическое состояние Воронежского водохранилища в черте города Воронежа характеризуется как хронически загрязненное. Ключевым выводом является четко выраженный пространственный градиент: качество воды последовательно ухудшается от III класса («умеренно загрязненная») в верхнем фоновом створе до стабильно IV класса («загрязненная») в створе, расположенном ниже города, с эпизодическим достижением V класса («грязная») в отдельные месяцы. Особую озабоченность вызывает стабильно высокая загрязненность акватории ниже городской черты, где среднегодовые значения ИЗВ устойчиво превышают значение 3,3.

Анализ структуры загрязнения позволил выявить ведущие приоритетные вещества, определяющие высокий уровень ИЗВ. К ним относятся медь (постоянный лимитирующий показатель, указывающий на промышленный источник), нефтепродукты (хроническое загрязнение, усиливающееся в рекреационный сезон), фосфаты (постоянный источник эвтрофикации) и взвешенные вещества (индикатор эрозионных процессов и смыва). Выявлена устойчивая сезонная цикличность с закономерным ухудшением качества воды до IV–V классов в летне-осенний период (июнь–октябрь) на фоне максимальной антропогенной нагрузки, повышенной температуры воды и снижения водообмена. Отсутствие положительной динамики среднегодовых значений ИЗВ (2,33–2,36) за три года свидетельствует о недостаточной эффективности действующих водоохранных мероприятий.

Проведенная оценка является основой для разработки адресных и экономически обоснованных природоохранных мер. В качестве первоочередных мероприятий, направленных на улучшение состояния водохранилища, на основании выявленной структуры и динамики загрязнения рекомендуется:

- приоритетная модернизация и повышение эффективности работы очистных сооружений, являющихся основным точечным источником загрязнения, с внедрением технологий глубокой очистки от соединений меди, фосфора и нефтепродуктов;

- реализация комплекса мер по сокращению загрязнения, включая: обустройство систем сбора и очистки поверхностного стока с городских территорий и автодорог; берегоукрепительные работы для снижения эрозии и поступления взвешенных веществ; регулирование рекреационной нагрузки в пиковые периоды;

- развитие системы экологического мониторинга с увеличением частоты отбора проб в критические сезонные периоды и внедрением автоматизированных станций контроля в зонах наибольшего загрязнения для оперативного реагирования.

Полученные результаты представляют собой научную базу для принятия управленческих решений органами власти и природоохранными службами, позволяя сконцентрировать ресурсы на решении наиболее острых проблем и обеспечить переход к устойчивому управлению водными ресурсами города.

Список литературы

- Анциферова Г.А. 2015. Диатомовые водоросли в биоиндикации экологически неблагополучных водоемов на примере Масловского затона Воронежского водохранилища. Вопросы современной альгологии, 3(10): 6–8.
- Анциферова Г.А., Беспалова Е.В. 2016. Состояние водной среды Воронежского водохранилища в связи с экологической ситуацией в Масловском затоне. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2: 91–100.
- Баскакова А.Г., Козлов А.Т., Мазуров Г.И. 2023. Применение комплексных подходов к освоению водных ресурсов и водопользованию на территории Воронежской области. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 17(3): 24–32.
- Баскакова А.Г., Куролап С.А. 2022. Оценка воздействия на водные ресурсы реки Дон: здоровье и безопасность, подходы и направления на будущее. В кн.: Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне. Межвузовская научно-практическая конференция, посвященная 100-летию основания санитарно-эпидемиологической службы Российской Федерации, Воронеж, 25 марта 2022. Воронеж, Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко: 156–158.
- Баскакова А.Г., Механтьев И.И., Куролап С.А. 2020. Оценка экологического состояния речных водоемов Воронежской области по результатам многолетнего гидрохимического мониторинга. В кн.: Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. Воронеж, Цифровая полиграфия: 53–61.
- Дмитриева В.А., Бучик С.В. 2023. Гидроэкологические трансформации и экологический сток в бассейне Верхнего Дона. Воронеж, Цифровая полиграфия, 150 с.
- Дмитриева В.А., Жигулина Е.В. 2020. Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов. Региональные геосистемы, 44(4): 404–414. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414>
- Дмитриева В.А., Сушков А.И., Закусилов В.П. 2022. Климатическая обусловленность современных гидроэкологических процессов в речных потоках бассейна Верхнего Дона. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2: 118–127. <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9318>
- Елисеев А.А., Силкин К.Ю. 2025. Экологическое состояние Воронежского водохранилища (обзор научных публикаций). Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 1: 118–130. <https://doi.org/10.35567/19994508-2025-1-118-130>
- Залата А.Е., Силкин К.Ю. 2015. Дистанционный мониторинг преобразования Воронежского водо-

- хранилища под действием комплекса природно-антропогенных факторов. В кн.: Материалы Научной сессии Воронежского государственного университета. Секция экологической геологии. Воронеж, Воронежский государственный университет: 17–22.
- Иванова Е.Ю. 2020. Аккумуляция генотоксических соединений некоторыми компонентами водных и прибрежных экосистем Воронежского водохранилища. Региональные геосистемы, 44(1): 113–120. <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-1-113-120>
- Калашников Ю.С., Механтьев И.И., Степкин Ю.И. 2020. Оценка санитарно-гигиенической и эпидемиологической безопасности мест рекреационного водопользования населения на реке Дон. В кн.: Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения. Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием, Пермь, 05–09 октября 2020. Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет: 49–55.
- Механтьев И.И., Клепиков О.В., Молоканова Л.В., Баскакова А.Г. 2020. Оценка качества воды водных объектов бассейна Верхнего Дона в местах рекреационного водопользования населения Воронежской области. В кн.: Региональная геоэкологическая диагностика состояния хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования. Воронеж, Цифровая полиграфия: 46–52.
- Мишон В.М. 2010. Прогноз заиления и занесения Воронежского водохранилища продуктами разрушения берегов, фитопланктона и высшей водной растительности. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 1: 92–97.
- Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Механтьев И.И. 2021. Оценка эффективности реализации системного подхода к обеспечению гигиенической безопасности питьевого и рекреационного водопользования населения на примере Воронежской области. Здоровье населения и среда обитания, 29(8): 7–14. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-8-7-14>
- Прожорина Т.И., Куролап С.А., Боева А.С. 2021. Исследование влияния сбросов очистных сооружений масложирового комбината на качество воды реки Сарма – притока Дона. Естественные и технические науки, 4(155): 196–201.
- Сейдалиев Г.С., Косинова И.И., Соколова Т.В., Силкин К.Ю. 2017. Экологический менеджмент территории Воронежского водохранилища. Воронеж, Истоки, 186 с.
- Силкин К.Ю. 2012. Методика оценки экологического состояния Воронежского водохранилища по материалам многозонального дистанционного зондирования. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология, 1: 220–223.
- Чувачкин А.Л., Яблонских Л.А., Девятова Т.А. 2018. Качество поверхностных вод Воронежского водохранилища и его влияние на здоровье населения г. Воронежа. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, 2: 270–277.
- Chowdhury S., Mazumder M.A.J., Al-Attas O., Husain T. 2016. Heavy Metals in Drinking Water: Occurrences, Implications, and Future Needs in Developing Countries. Science of the Total Environment, 569–570: 476–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>
- Daud M.K., Nafees M., Ali S., Rizwan M., Bajwa R.A., ... Zhu S.J. 2017. Drinking Water Quality Status and Contamination in Pakistan. BioMed research international, 2017(1): 7908183.
- Fisher M.B., Guo A.Z., Tracy J.W., Prasad S.K., Cronk R.D., ... Bartram J.K. 2021. Occurrence of Lead and Other Toxic Metals Derived from Drinking-Water Systems in Three West African Countries. Environmental Health Perspectives, 129(4): 47012.
- Gall A.M., Mariñas B.J., Lu Y., Shisler J.L. 2015. Waterborne Viruses: A Barrier to Safe Drinking Water. PLoS Pathogens, 11(6), e1004867. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1004867>
- Heibati M., Stedmon C.A., Stenroth K., Rauch S., Toljander J., ... Murphy K.R. 2017. Assessment of Drinking Water Quality at the Tap Using Fluorescence Spectroscopy. Water Research, 125: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.08.020>

References

- Antsiferova G.A. 2015. Diatoms as Bioindicators of Polluted Waters: a Case Maslovskiy Backwaters of the Voronezh Reservoir. Issues of modern algology, 3(10): 6–8 (in Russian).
- Antsiferova G.A., Bupalova E.V. 2016. Sostoyanie vodnoy sredy Voronezhskogo vodokhranilishcha v svyazi s ekologicheskoy situatsiey v Maslovskom zatone [The State of the Aquatic Environment of the Voronezh Reservoir in Connection with the Ecological Situation in the Maslovsky Backwater].

- Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya, 2: 91–100.
- Baskakova A.G., Kozlov A.T., Mazurov G.I. 2023. Primenenie kompleksnykh podkhodov k osvoeniyu vodnykh resursov i vodopol'zovaniyu na territorii Voronezhskoy oblasti [Application of Integrated Approaches to the Development of Water Resources and Water Management in the Voronezh region]. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki, 17(3): 24–32.
- Baskakova A.G., Kurolap S.A. 2022. Otsenka vozdeystviya na vodnyye resursy reki Don: zdorovye i bezopasnost, podkhody i napravleniya na budushcheye [Assessment of the Impact on the Water Resources of the Don River: Health and Safety, Approaches and Future Directions]. In: Gigiyenicheskiye, epidemiologicheskiye i ekologicheskiye aspekty profilaktiki zabolevayemosti na regionalnom urovne [Hygienic, Epidemiological, and Environmental Aspects of Disease Prevention at the Regional Level]. Interuniversity scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the founding of the Sanitary and Epidemiological Service of the Russian Federation, Voronezh, 25 March 2022. Voronezh, Publ. Voronezhskiy gosudarstvennyy meditsinskiy universitet imeni N.N. Burdenko: 156–158.
- Baskakova A.G., Mekhant'ev I.I., Kurolap S.A. 2020. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya rechnykh vodoemov Voronezhskoy oblasti po rezul'tatam mnogoletnego gidrokhimicheskogo monitoringa [Assessment of the Ecological State of River Reservoirs in the Voronezh Region Based on the Results of Long-Term Hydrochemical Monitoring]. In: Regionalnaya geoekologicheskaya diagnostika sostoyaniya khozyaystvenno-pityevogo i rekreatsionnogo vodopol'zovaniya: sbornik nauchnykh statey [Regional Geoecological Diagnostics of the State of Domestic, Drinking and Recreational Water Use: a Collection of Scientific Articles]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 53–61.
- Dmitrieva V.A., Buchik S.V. 2023. Gidroekologicheskie transformatsii i ekologicheskiy stok v basseynе Verkhnego Dona [Hydroecological Transformations and Environmental Flow in the Upper Don Basin]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 150 p.
- Dmitrieva V.A., Zhigulina E.V. 2020. Water Dynamics of Small Water Currents of the Upper Don Basin and Its Role in the Structural-Dynamic Organization of Landscapes. Regional Geosystems, 44(4): 404–414 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-4-404-414>
- Dmitrieva V.A., Sushkov A.I., Zakusilov V.P. 2022. Climatic Conditionality of Modern Hydroecological Processes in the River Flows of the Upper Don Basin. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya, 2: 118–127 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geo.2022.2/9318>
- Eliseev A.A., Silkin K.Yu. 2025. Ecological State of the Voronezh Reservoir (Review of Scientific Publications). Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management, 1: 118–130 (in Russian). <https://doi.org/10.35567/19994508-2025-1-118-130>
- Zalata A.E., Silkin K.Yu. 2015. Distantsonnyy monitoring preobrazovaniya Voronezhskogo vodokhranilishcha pod deystviem kompleksa prirodno-antropogennykh faktorov [Remote Monitoring of the Transformation of the Voronezh Reservoir Under the Influence of a Complex of Natural and Anthropogenic Factors]. In: Materialy Nauchnoy sessii Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Sektsiya ekologicheskoy geologii [Proceedings of the Scientific Session of Voronezh State University. Section of Environmental Geology]. Voronezh, Publ. Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet: 17–22.
- Ivanova E.Y. 2020. The Accumulation of Genotoxic Compounds Some Components of the Aquatic and Coastal Ecosystems of the Voronezh Reservoir. Regional Geosystems, 44(1): 113–120 (in Russian). <https://doi.org/10.18413/2712-7443-2020-44-1-113-120>
- Kalashnikov Yu.S., Mekhant'ev I.I., Styopkin Yu.I. 2020. Otsenka sanitarno-gigiyenicheskoy i epidemiologicheskoy bezopasnosti mest rekreatsionnogo vodopol'zovaniya naseleniya na reke Don [Assessment of Sanitary-Hygienic and Epidemiological Safety of Recreational Water Use Areas on the Don River]. In: Fundamentalnye i prikladnye aspekty analiza riska zdorov'yu naseleniya [Fundamental and Applied Aspects of Public Health Risk Analysis]. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Online Conference of Young Scientists and Specialists of Rospotrebnadzor with International Participation, Perm, 5–9 October 2020. Perm, Publ. Permskiy natsionalnyy issledovatel'skiy politekhnicheskii universitet: 49–55.

- Mekhanteyev I.I., Klepikov O.V., Molokanova L.V., Baskakova A.G. 2020. Otsenka kachestva vody vodnykh ob'ektov basseyna Verkhnego Dona v mestakh rekreatsionnogo vodopolzovaniya naseleniya Voronezhskoy oblasti [Assessment of Water Quality in Water Bodies of the Upper Don Basin in Areas of Recreational Water Use of the Voronezh Region Population]. In: Regionalnaya geoeologicheskaya diagnostika sostoyaniya khozyaystvenno-pityevogo i rekreatsionnogo vodopolzovaniya: sbornik nauchnykh statey [Regional Geoecological Diagnostics of the State of Domestic, Drinking and Recreational Water Use: a Collection of Scientific Articles]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya: 46–52.
- Mishon V.M. 2010. The Forecast of Silting and Polluting of the Voronezh Reservoir by Disintegration Products of the Coast, Phytoplankton and Higher Aquatic Vegetation. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya, 1: 92–97 (in Russian).
- Popova A.Yu., Kuzmin S.V., Mekhanteyev I.I. 2021. Assessment of Implementation Efficiency of the System Approach to Ensuring Safety of Public Drinking and Recreational Water Use on the Example of the Voronezh Region. Public Health and Life Environment, 29(8): 7–14 (in Russian).
- Prozhorina T.I., Kurolap S.A., Boeva A.S. 2021. Study of the Impact of Discharges from the Wastewater Treatment of the Oil and Fats Plant on Water Quality of the Sarma River – a Tributary of the Don. Estestvennye i tekhnicheskie nauki, 4(155): 196–201 (in Russian).
- Seydaliev G.S., Kosinova I.I., Sokolova T.V., Silkin K.Yu. 2017. Ekologicheskii menedzhment territorii Voronezhskogo vodokhranilishcha [Ecological Management of the Voronezh Reservoir Territory]. Voronezh, Publ. Istoki, 186 p.
- Silkin K.Yu. 2012. Ecological Condition of the Voronezh Water Basin: the Estimation Technique According to Remote Sensing Data. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya, 1: 220–223 (in Russian).
- Chuvyichkin A.L., Yablonskikh L.A., Devyatova T.A. 2018. Quality of Surface Water of the Voronezh Reservoir and Its Impact on the Health of the Population of the City of Voronezh. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya, 2: 270–277 (in Russian).
- Chowdhury S., Mazumder M.A.J., Al-Attas O., Husain T. 2016. Heavy Metals in Drinking Water: Occurrences, Implications, and Future Needs in Developing Countries. Science of the Total Environment, 569–570: 476–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.166>
- Daud M.K., Nafees M., Ali S., Rizwan M., Bajwa R.A., ... Zhu S.J. 2017. Drinking Water Quality Status and Contamination in Pakistan. BioMed research international, 2017(1): 7908183.
- Fisher M.B., Guo A.Z., Tracy J.W., Prasad S.K., Cronk R.D., ... Bartram J.K. 2021. Occurrence of Lead and Other Toxic Metals Derived from Drinking-Water Systems in Three West African Countries. Environmental Health Perspectives, 129(4): 47012.
- Gall A.M., Mariñas B.J., Lu Y., Shisler J.L. 2015. Waterborne Viruses: A Barrier to Safe Drinking Water. PLoS Pathogens, 11(6), e1004867. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1004867>
- Heibati M., Stedmon C.A., Stenroth K., Rauch S., Toljander J., ... Murphy K.R. 2017. Assessment of Drinking Water Quality at the Tap Using Fluorescence Spectroscopy. Water Research, 125: 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.08.020>

Поступила в редакцию 17.03.2026;
поступила после рецензирования 21.04.2026;
принята к публикации 12.05.2026

Received March 17, 2026;
Revised April 21, 2026;
Accepted May 12, 2026

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Прождорина Татьяна Ивановна, кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tatiana I. Prozhorina, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Клепиков Олег Владимирович, доктор биологических наук, профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Oleg V. Klepikov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Куrolап Семен Александрович, доктор географических наук, профессор, декан факультета географии, геоэкологии и туризма, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия; старший научный сотрудник Института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

Semen A. Kurolap, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Geography, Geoecology and Tourism, Voronezh State University, Voronezh, Russia; Senior Research Fellow of the Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

Суханов Павел Алексеевич, аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Pavel A. Sukhanov, Postgraduate Student of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Боева Анастасия Сергеевна, кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Anastasia S. Boeva, Candidate of Geographical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia