

Естественные науки. 2025. № 3 (20). С. 63–71.

Yestestvennye nauki = Natural Sciences. 2025; 3 (20): 63–71 (In Russ.)

Научная статья

УДК 504.45.058: 574.52

doi 10.54398/2500-2805.2025.20.3.006

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАК КЛЮЧЕВЫЕ ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Крыжановская Галина Викторовна[✉], Оленин Алексей Сергеевич

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,
г. Астрахань, Россия

GalaJim@mail.ru[✉]

Аннотация. В работе представлен системный анализ состояния водных объектов Астрахани на основе данных гидрохимии и гидробиологии. Полученные данные направлены на диагностику уровня антропогенной нагрузки на водные экосистемы региона. В ходе работы проведён анализ ключевых показателей химического состава воды, включая концентрации тяжёлых металлов, органических загрязнителей и биогенных элементов. Особое внимание уделено биоиндикационной оценке состояния гидробионтов, позволившей определить уровень биологической активности и трофический статус водоёмов. Результаты исследования представляют практическую ценность для разработки природоохранных мер и программ по реабилитации водных ресурсов Астраханской области.

Ключевые слова: качество воды, водоёмы Астрахани, гидробиологические методы, гидрохимические методы, *in vitro* исследования, антропогенное воздействие, загрязнение воды, экологическое состояние, гидробионты, охрана окружающей среды.

Для цитирования: Крыжановская Г. В., Оленин А. С. Гидрохимические и гидробиологические характеристики как ключевые индикаторы экологической ситуации водных объектов городской среды // Естественные науки. 2025. № 3 (20). С. 63–71. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.20.3.006>.

HYDROCHEMICAL AND HYDROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS AS KEY INDICATORS OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF URBAN WATER BODIES

Kryzhanovskaya Galina V.✉, *Olenin Alexey Sergeevich*
Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia
GalaJim@mail.ru✉

Abstract. This work presents a systemic analysis of the state of water bodies in Astrakhan based on hydrochemical and hydrobiological data. The obtained data are aimed at diagnosing the level of anthropogenic load on the region's aquatic ecosystems. The study involved an analysis of key water chemistry indicators, including concentrations of heavy metals, organic pollutants, and biogenic elements. Particular attention is paid to the bioindication assessment of the state of hydrobionts (aquatic organisms), which helped determine the level of biological activity and the trophic status of the water bodies. The research results are of practical value for developing environmental protection measures and programs for the rehabilitation of water resources in the Astrakhan region.

Keywords: water quality, Astrakhan reservoirs, hydrobiological methods, hydrochemical methods, in vitro studies, anthropogenic impact, water pollution, ecological condition, hydrobionts, environmental protection

For citation: Kryzhanovskaya G. V., Olenin A. S. Hydrochemical and hydrobiological characteristics as key indicators of the ecological condition of urban water bodies. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2025; 3 (20): 63–71. <https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.20.3.006>.

Антропогенное давление урбанизированных территорий вызывает нарушение экологического баланса не только в пределах селитебной территории, но и в прилегающих ландшафтах, порождая тем самым очаги экологической напряжённости. Интенсивное антропогенное воздействие в городах делает их природные воды наиболее уязвимым компонентом. В результате хозяйственной деятельности происходит устойчивая деградация водной среды: ухудшается её качество, нарушаются водные биоценозы, теряется хозяйственная и рекреационная ценность водоёмов. Поскольку антропогенные изменения накладываются на природную основу, оценка состояния вод в условиях такого воздействия становится научно и практически значимой. Особенно ярко эти процессы проявляются на примере внутренних городских водоёмов, находящихся под прямым влиянием разрастающейся инфраструктуры. При постановке целей исследования, направленных на изучение влияния урбанизированных территорий на акватории г. Астрахани и разработку мер по улучшению качества воды этих акваторий, нами были выделены следующие задачи:

- описание природных условий г. Астрахани;
- анализ экологического состояния внутренних водоемов г. Астрахани;
- проведение комплексного набора полевых гидрологических, гидрохимических и геоэкологических исследований на территории водоемов;

- оценка факторов, механизмов и источников воздействия урбанизированной зоны на внутригородские водоёмы, а также возникающих при этом геоэкологических проблем;
- определение качества воды и факторов, оказывающих влияние на экологическое состояние водной среды;
- установление сезонной динамики токсичности природных вод исследуемых районов;
- исследование взаимосвязей между токсичностью вод внутригородских водоёмов и их химическим составом;
- разработка предложений по оптимизации природопользования на внутренних водоёмах г. Астрахани и их охране.

Объектом исследования являются аквальные комплексы, расположенные в черте г. Астрахани. Предметом исследования выступает геоэкологическое состояние водоёмов внутри города, которое формируется в условиях урбанизации. Для достижения поставленных целей применялись как общепринятые, так и специализированные методики, позволяющие анализировать химическое загрязнение вод тяжёлыми металлами, а также методы биотестирования.

Было проведено комплексное геоэкологическое исследование внутренних водоёмов, которые испытывают сильное воздействие со стороны человека на все компоненты аквальной системы. Для этого использовались методы биотестирования. В результате были выявлены основные геоэкологические проблемы и определены факторы, приводящие к их появлению.

Чтобы отслеживать уровень загрязнения природных вод, нужно точно идентифицировать несколько десятков ионов, веществ и классов соединений.

Токсичность выступает интегральным показателем, отражающим степень загрязнённости водной среды и её качество для гидробионтов. Для количественной оценки токсичности применяется метод биотестирования.

Контроль над источниками загрязнения водоёмов сегодня проводится посредством определения концентраций регулируемых компонентов с помощью аналитических методов и сравнения полученных данных с установленными предельными нормами. Тем не менее количественный анализ содержания определённых веществ в природных водах не всегда даёт полную картину экологической угрозы для гидробионтов, особенно когда речь идёт о смесях загрязняющих веществ, попадающих в водоёмы. Один из способов решения этого вопроса — использование биотестирования техногенных воздействий, включающего оценку состояния сообществ и отдельных организмов после контакта с ксенобиотиками, чтобы выявить уровень загрязнения окружающей среды. Биотестирование предоставляет возможность комплексно оценить токсичность воды для гидробионтов, и в последние годы оно стало обязательным компонентом в системах оценки состояния водной среды.

Как правило, биотестирование выполняется в стандартных условиях, которые считаются оптимальными для тестируемых организмов. При этом часто не учитываются такие важные факторы, как температура, которая может значительно влиять на результаты тестов. Также не всегда принимаются во внимание

особенности взаимодействия фоновых загрязнителей. В условиях потенциальной угрозы техногенных катастроф важным становится прогнозирование последствий комбинированного воздействия вредных веществ.

На сегодняшний день биологический анализ считается самым точным и подходящим методом для оценки состояния водоёмов, включая их тип, стадию загрязнения, степень эвтрофикации и другие параметры. Основные преимущества биотестирования заключаются в простоте и доступности его проведения, высокой чувствительности тест-организмов даже к низким концентрациям токсичных веществ, оперативности получения результатов, а также отсутствию необходимости в дорогих реагентах и оборудовании.

Без таких исследований невозможно установить предельно допустимые концентрации (ПДК) различных загрязняющих веществ, осуществлять научно обоснованный биологический мониторинг качества окружающей среды и предсказывать биологические последствия загрязнения водной среды. Эксперименты, направленные на изучение воздействия загрязняющих веществ на водные организмы, стали важным элементом комплексной оценки качества водной среды и приобрели особую значимость в последнее время.

Биологические методы, основанные на биотестировании, фиксируют реакцию водных организмов на присутствие антропогенных загрязнений в воде. Таким образом, биотестирование, представляя собой интегральный показатель, позволяет быстро оценить качество воды без идентификации конкретных загрязнителей, что значительно сокращает затраты на контроль качества природных вод.

В рамках нашего исследования был проведён совокупный анализ поверхностных вод водных экосистем городской черты с особым акцентом на водоёмы, испытывающие значительное антропогенное воздействие.

Сбор материала проводился в разные сезоны 2024 г. из следующих точек:

- река Волга (17-ая пристань, речной вокзал, напротив гостиницы «Азимут»);
- рукав Царёв (дамба).

Было проведено исследование более 50 образцов природной воды, взятых из различных пунктов, а также выполнены гидрохимические анализы с последующим сопоставлением полученных результатов. Отбор проб осуществлялся с использованием общепринятых гидробиологических методик.

Основным подходом в практическом лабораторном биотестировании природных вод стало применение сразу трёх видов тест-организмов, относящихся к разным трофическим группам: водорослей, составляющих основу многих пищевых цепочек в водоёме; рачков, выполняющих функции фильтратора и седиментатора в пресноводных экосистемах; а также представителей ихтиофауны.

Для комплексной оценки токсикологической опасности природных вод была применена методика биотестирования с использованием трёх тест-организмов, представляющих ключевые трофические уровни водных экосистем: водорослей (продуценты), рачков (консументы-фильтраторы) и рыб (консументы высшего порядка). Результаты исследований обобщены в таблице 1.

Таблица 1 — Сводная таблица результатов биотестирования природных вод внутригородских водоёмов

Критерий оценки	Тест-объект		
	1. <i>Daphnia magna</i> (зоопланктон, ракообразные)	2. <i>Scenedesmus quadricauda</i> (фитопланктон, водоросли)	3. <i>Poecilia reticulata</i> (ихтиофауна, рыбы)
Трофическая группа и роль	Консументы 1-го порядка. Фильтраторы, седиментаторы	Продуценты. Основа пищевых цепей	Консументы высших порядков
Основные наблюдаемые эффекты	<ul style="list-style-type: none"> Смертность особей; изменение поведения: снижение активности, опускание на дно, судороги 	<ul style="list-style-type: none"> Подавление роста и размножения; снижение скорости прироста клеточной культуры 	<ul style="list-style-type: none"> Летальность (наблюдалась только летом); сублетальные эффекты (угнетение состояния)
Сезонная динамика и количественные показатели	Весна: смертность 15–41 %. Лето: 100 % смертность за 24 ч, острый токсический эффект. Средняя летняя смертность — 60 %	Токсический эффект был более выражен, чем для зоопланктона. Прирост клеток в 3–5 раз ниже контрольного уровня в течение всего периода наблюдений	Лето: острый негативный эффект. Весна / осень: умеренное воздействие, смертность 20–43 %.
Общий вывод о токсичности воды	Вода обладает естественной токсичностью, резко усиливающейся в летний период до острой	Вода стабильно оказывает сильное токсическое действие, подавляющее развитие фитопланктона	Вода оказывает в целом умеренное токсическое воздействие, с эпизодами острого летом. Реакция наименее выраженная

Исследование демонстрирует разную чувствительность тест-организмов к загрязнению городских водоёмов. Наиболее уязвимым оказался фитопланктон (*Scenedesmus quadricauda*), что указывает на глубокое нарушение базовых процессов в экосистеме. Зоопланктон (*Daphnia magna*) остро реагирует на сезонные всплески загрязнения, особенно летом. Рыбы (*Poecilia reticulata*), являясь высшим звеном в данной тестовой системе, показали наиболее умеренную, но стабильную реакцию, что свидетельствует о хроническом токсическом фоне.

В большинстве образцов уровень токсичности был ниже допустимого значения в контрольных пробах. Зарегистрированный в некоторых случаях уровень токсичности расценивается как острый, так как он отличался более чем на 50 % от контрольного показателя.

Проведённая работа показала крайне неблагоприятную токсикогенетическую обстановку, сложившуюся в природных водах г. Астрахани. Высокий уровень антропогенной нагрузки на городские водные объекты уже сам по себе создает экологическую угрозу, однако ещё большую опасность представляет тенденция её ежегодного увеличения.

Согласно действующим экологическим нормам, внутренние водоёмы города должны поддерживать культурно-бытовую функцию. Анализ санитарного состояния водных объектов показывает необходимость проведения водоохраных мероприятий для улучшения качества воды и обеспечения водообмена благодаря поддержанию проточности. Это можно достичь строительством регулирующих гидротехнических сооружений и очисткой русел, что усилит водоотводящую и дренажную роль водотоков. Радикально снизить антропогенную нагрузку на водную среду города возможно только с помощью комплекса природоохранных мероприятий, оптимизированных с экономической точки зрения использования речной системы города в целом.

Для минимизации антропогенного воздействия на водоёмы в городской черте необходимо разработать комплекс мероприятий, охватывающий несколько направлений.

Ниже представлена таблица 2, обобщающая предложенные направления и конкретные меры по минимизации антропогенного воздействия на водоёмы в городской среде.

Таблица 2 — Мероприятия по минимизации антропогенного воздействия на городские водоёмы

Направление	Конкретные мероприятия	Цель / описание
1. Очистка сточных вод	Строительство и модернизация очистных сооружений	Обеспечение эффективной очистки промышленных и бытовых сточных вод перед сбросом
	Мониторинг и контроль качества очищенных вод	Регулярное тестирование на соответствие нормативов

Продолжение табл. 2

Направление	Конкретные мероприятия	Цель / описание
	Использование современных технологий очистки	Применение биологических, физико-химических и мембранных методов для удаления тяжёлых металлов, органики и патогенов
2. Управление отходами	Раздельный сбор отходов	Сокращение количества твёрдых бытовых отходов, попадающих в водоёмы
	Рекультивация свалок	Закрытие и восстановление территорий несанкционированных свалок вблизи водоёмов
	Утилизация опасных отходов	Создание пунктов приема и утилизации опасных отходов (батарейки, ртутные лампы)
3. Защита берегов и прибрежных зон	Создание зеленых буферных зон	Посадка растительности для предотвращения эрозии и уменьшения попадания загрязнений
	Запрет на строительство в прибрежной зоне	Сохранение естественной экосистемы путём ограничения застройки
	Организация общественных пространств	Создание парков и прогулочных зон с минимальным воздействием на природу
4. Регулирование промышленного производства	Переход на экологически чистые технологии	Стимулирование внедрения «зелёных» технологий и ВИЭ
	Контроль выбросов и сбросов	Ужесточение требований к предприятиям по сбросам в водоёмы и выбросам в атмосферу
	Экологическая сертификация	Введение обязательной сертификации на соответствие экологическим стандартам
5. Образование и просвещение	Информационные кампании	Информирование населения о важности охраны водоёмов и рационального использования

Продолжение табл. 2

Направление	Конкретные мероприятия	Цель / описание
	Образовательные программы	Включение вопросов экологии в учебные планы школ и вузов
	Общественные инициативы	Поддержка гражданских и общественных проектов по защите окружающей среды
6. Мониторинг и научные исследования	Постоянный мониторинг качества воды	Регулярные замеры показателей воды в городских водоёмах
	Научные исследования	Выявление причин загрязнения и поиск эффективных решений
	Международное сотрудничество	Обмен опытом и внедрение лучших практик с международными организациями
7. Экономическая поддержка и стимулы	Государственная поддержка	Предоставление грантов и субсидий на проекты по охране водоёмов
	Налоговые льготы	Поощрение предприятий, внедряющих экологически безопасные технологии
	Штрафы и санкции	Ужесточение наказания за нарушение экологических норм и правил

Эти меры помогут создать устойчивую систему защиты водоёмов в городской черте, минимизировать негативное воздействие человеческой деятельности и сохранить водные ресурсы для будущих поколений.

Список литературы

1. Крыжановская, Г. В. Оценка геоэкологического состояния водных систем урбанизированной территории на примере города Астрахань / Г. В. Крыжановская, А. Н. Кондратьева // Куражские чтения. — Астрахань : Астраханский гос. ун-т им. В. Н. Татищева, 2024. — С. 208–211.
2. Крыжановская, Г. В. Исследование геоэкологических проблем качества водных ресурсов и их рационального использования с применением картографических методов анализа (на примере рукава Кутум гор. Астрахань) / Г. В. Крыжановская, И. С. Шарова, Т. С. Алешина // Естественные и технические науки. — 2024. — № 6 (193). — С. 246–249.
3. Крыжановская, Г. В. Влияния техногенного загрязнения на внутригородские водоёмы г. Астрахани / Г. В. Крыжановская, И. С. Шарова, М. С. Безуглова, И. В. Бузякова // Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли — 2022. — Москва : Нац. исслед. Московский гос. строит. ун-т, 2022. — С. 194–200.

4. Крыжановская, Г. В. Аквальные комплексы городской среды в условиях интенсивной антропогенной нагрузки / Г. В. Крыжановская, М. С. Безуглова, И. С. Шарова // Современные проблемы географии / сост.: В. В. Занозин, М. М. Иолин, А. Н. Бармин, А. З. Карабаева, М. В. Валов. — Астрахань : Астраханский университет, 2021. — Вып. 5. — С. 57–68.

5. Kurochkina V. A. Urban water bodies as the basis for functioning of public spaces / V. A. Kurochkina // E3S Web of Conferences. — URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021702005> (дата обращения: 14.07.2024).

References

1. Kryzhanovskaya, G. V., Kondratieva, A. N. Assessment of the geoeological state of water systems of an urbanized territory on the example of the city of Astrakhan. *Kurazhkovskie chteniya = Kurazhkovsky readings*. Astrakhan: Astrakhan Tatishchev State University; 2024: 208–211.

2. Kryzhanovskaya, G. V., Sharova, I. S., Aleshina, T. S. Investigation of geoeological problems of water resources quality and their rational use using cartographic analysis methods (on the example of the Kutum Gor arm. Astrakhan). *Yestestvennye i tekhnicheskie nauki = Natural and Technical Sciences*. 2024; 6 (193): 246–249.

3. Kryzhanovskaya, G. V., Sharova, I. S., Bezuglova, M. S., Buzyakova, I. V. The effects of man-made pollution on inner-city reservoirs of Astrakhan. *Geoekologicheskie problemy tekhnogenenogo etapa istorii Zemli = Geoeological problems of the technogenic stage of the Earth's history* — 2022. Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering; 2022: 194–200.

4. Kryzhanovskaya, G. V., Bezuglova, M. S., Sharova, I. S. Aquatic complexes of the urban environment under conditions of intense anthropogenic load. *Sovremennye problemy geografii = Modern problems of geography*. Comp. by: V. V. Zanozin, M. M. Iolin, A. N. Barmin, A. Z. Karabaeva, M. V. Valov. Astrakhan: Astrakhan State University; 2021; 5: 57–68.

5. Kurochkina V. A. Urban water bodies as the basis for functioning of public spaces. *E3S Web of Conferences*. Available at: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021702005> (accessed: 14.07.2024).

Информация об авторах

Крыжановская Г. В. — кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры географии, картографии и геологии;

Оленин А.С. — студент

Information about the authors

Kryzhanovskaya G. V. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department;

Olenin A. S. – student.

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.09.2025; одобрена после рецензирования 12.09.2025; принята к публикации 14.09.2025.

The article was submitted 08.09.2025; approved after reviewing 12.09.2025; accepted for publication 14.09.2025.