

УДК 504.45(282.247.412.6)

К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ КЛАЗЬМЫ ГОРОДСКОГО ОКРУГА ПАВЛОВСКИЙ ПОСАД МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Зыков И.Е. ORCID ID 0000-0002-6027-3700, Ваулин Д.Е.

*Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области
«Государственный гуманитарно-технологический университет», Орехово-Зуево,
Российская Федерация, e-mail: zikov-oz@yandex.ru*

Обследован поверхностный лотический водоём средней полосы России, который подвергается постоянному техногенному воздействию, приводящему к изменениям водной экосистемы, что отражается на общем состоянии прибрежных биоценозов и населения региона. Цель исследования – получение информации о естественном качестве воды и оценке его изменения в результате влияния антропогенных факторов. Работы выполнены на реке Клязьме в городском округе Павловский Посад Московской области в 2021-2023 годах. Приведено описание двух створов в местах отбора проб: в черте города вблизи моста через реку Клязьму и в зоне разбавления сточных вод очистных сооружений, в районе деревни Саурово. Определен физико-химический состав воды, отмечены случаи превышения предельно допустимых концентраций по некоторым фоновым показателям. Представлена динамика изменений концентраций ионов приоритетных загрязняющих веществ (аммония, нитратов, фосфатов) в течение каждого года исследования. Проведена биоиндикация по обнаруженным индикаторным видам макрозообентоса и по состоянию популяций семейства рясковых, в частности по *Lemna minor* L., установлен уровень сапробности водоема (3-4 класс качества – альфа-, бета-мезосапробная). Представлены трехлетние тренды концентраций некоторых поллютантов в черте города и ниже по течению реки у деревни Саурово. Отмечено относительное постоянство уровня загрязнения воды в течение трех лет по большинству исследованных параметров.

Ключевые слова: экологический мониторинг, биоиндикация, макрозообентос, сапробность, поллютанты, сезонная динамика, река Клязьма

ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF THE KLYAZMA RIVER IN THE CITY DISTRICT OF PAVLOVSKY POSAD MOSCOW REGION

Zykov I.E. ORCID ID 0000-0002-6027-3700, Vaulin D.E.

*State educational institution of higher education of the Moscow region
«State University of Humanities and Technology», Orekhovo-Zuyevo,
Russian Federation, e-mail: zikov-oz@yandex.ru*

The study examined a surface lotic reservoir in central Russia, which constantly exposed to anthropogenic influences that lead to changes in the aquatic ecosystem and affect the overall condition of the coastal biocenoses and the population of the region. The purpose of the study is to obtain information about the natural water quality and assess its changes due to anthropogenic factors. The study conducted on the Klyazma River in the Pavlovsky Posad urban district of the Moscow Region in 2021-2023. The article provides a description of two sampling sites: one within the city limits near the bridge over the Klyazma River, and the other in the wastewater dilution zone of the treatment plant near the village of Saurovo. The physical and chemical composition of the water was determined, and cases of exceeding the maximum permissible concentrations for some background indicators noted. The dynamics of changes in the concentrations of priority pollutants (ammonium, nitrates, and phosphates) during each year of the study presented. Bioindication was performed based on the detected indicator species of macrozoobenthos and the condition of the duckweed family, particularly *Lemna minor* L., and the level of saprobity of the water body was determined (3-4 quality class – alpha-beta mesosaprobic). Three-year trends of concentrations of some pollutants within the city limits and downstream of the river near the village of Saurovo are presented. The relative constancy of the water pollution level over three years for most of the studied parameters is noted.

Keywords: environmental monitoring, bioindication, macrozoobenthos, saprobity, pollutants, seasonal dynamics, Klyazma River

Введение

Увеличение антропогенной нагрузки на природные комплексы приводит к необходимости разработки и апробации методик оценки экологического состояния природно-антропогенных сред. Поэтому актуальность проблемы развития мониторинговых подходов в системе экологического контроля и управления качеством окружающей среды сегодня не вызывает сомнения [1; 2].

Сильное антропогенное воздействие на поверхностные водоёмы приводит к изменениям водных экосистем, отражается на общем состоянии природы и человеческого общества [3]. Для биологической индикации качества вод могут быть использованы практически все группы организмов, населяющих водоёмы. Каждая из них играет важную роль в общем круговороте веществ в водоёме, имеет свои преимуще-

щества и недостатки, которые определяют границы ее использования при решении задач биоиндикации [4]. Многие организмы-биоиндикаторы ответственны за самоочищение водоёма, создание первичной продукции, трансформацию веществ и энергии в водных экосистемах [5]. Заключение по результатам биологического исследования должно строиться на основании совокупности всех полученных данных, а не на единичных находках индикаторных организмов. При выполнении исследования и оценке результатов нужно учитывать возможность случайных, местных загрязнений в точке наблюдения [6; 7].

Для биоиндикации необходимо выбирать наиболее чувствительные группы организмов с максимальной скоростью отклика и выраженностью параметров. В водных экосистемах таковыми являются планктонные сообщества, быстро реагирующие на изменение среды благодаря короткому жизненному циклу и высокой скорости воспроизводства. Бентосные сообщества, в которых организмы имеют достаточно продолжительный жизненный цикл, более консервативны: перестройки происходят в них при длительном хроническом загрязнении, приводящем к необратимости процессов [8].

Мониторинг поверхностных вод – система последовательных наблюдений, сбора и обработки данных о состоянии водных объектов, прогноза их изменений и разработки научно обоснованных рекомендаций для принятия управленческих решений по улучшению качества воды [9; 10].

Цель исследования – получение информации о естественном качестве воды лотического водоема и оценка его изменения в результате влияния антропогенных факторов.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на реке Клязьме в черте городского округа Павловский Посад Московской области (55°47'00" с. ш., 38°39'00" в. д.). Клязьма – левый приток реки Оки длиной 686 км и площадью водосбора 41 699 км². Речная система Клязьмы включает 3508 рек общей протяженностью 16 598 км. В пределах Московской области Клязьма течет на протяжении 245 км. В верховьях река протекает по южным склонам Клинско-Дмитровской гряды, от города Щёлково до поселка Городищи – по Мещерской низменности. Рельеф района моренно-зандрово-равнинный. Междуречные пространства Приклязьминской Мещеры сильно заболочены. Клязьма имеет широкую долину с двумя террасами и поймой. Обе террасы аккумулятивные, песчаные

с плоским, местами всхолмленным рельефом. Пойма реки шириной до 2 км, высотой до 3 м, с плоским, в излучинах грядистым рельефом. Ширина русла до 95 м. Расход реки около 51,5 м³/сек. В районе исследования ширина реки составляет около 30 м, глубина – около 2,5 м.

Для исследования экологического состояния реки Клязьмы в черте городского округа Павловский Посад выбраны 2 пробных створа, каждый площадью около 1 м²:

1 – расположен вблизи моста через реку Клязьма по ул. Интернациональная;

2 – расположен в зоне разбавления сточных вод очистных сооружений, в районе деревни Саурово.

Основанием для выбора створов послужили разный уровень антропогенной нагрузки в местах исследования и возможность подхода к кромке воды для забора проб ряски и макрозообентоса. Для описания гидрохимических параметров воды реки Клязьмы и их пространственно-временной динамики проанализирован материал, собранный в период с 2021 по 2023 год. Отбор проб осуществлялся 1 раз в месяц на каждом створе. Ряска *Lemna minor* L. и макрозообентос отбирались в весенне-осенние периоды с помощью сачка или драги. Физико-химический анализ воды, определение и исследование собранных гидробионтов проведены в лабораторных условиях по стандартным методикам [11; 12].

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование реки проведено с использованием физико-химических методов и оценки состояния водной экосистемы по растительному и животному населению водоема. Физико-химические измерения позволяют оценить качество воды на текущий момент, исследование присутствия индикаторных видов растений или животных даёт возможность оценить степень антропогенного воздействия на протяжении более длительного периода времени [13].

На рисунках 1-9 представлена динамика изменений физико-химических показателей воды в течение каждого года исследования по содержанию ионов NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} [14-16], аналогичная информация по pH, NO_2^- и БПК₅ не приводится в связи с ограничением объема публикации.

Результаты физико-химического исследования воды, биоиндикации по состоянию популяций ряски и индикаторных видов беспозвоночных [17] реки Клязьмы в пределах городского округа Павловский Посад за трёхлетний период приведены в таблицах 1–3.

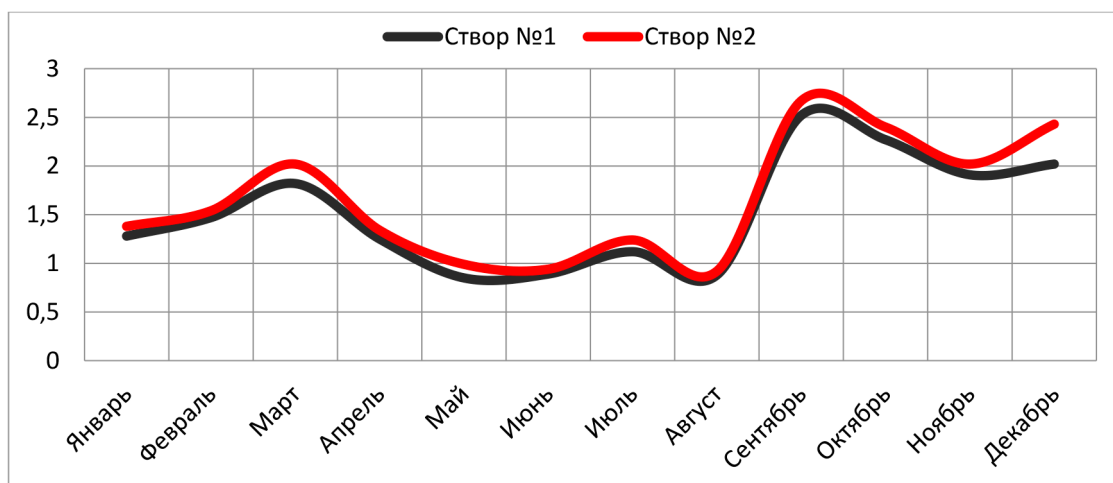


Рис. 1. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

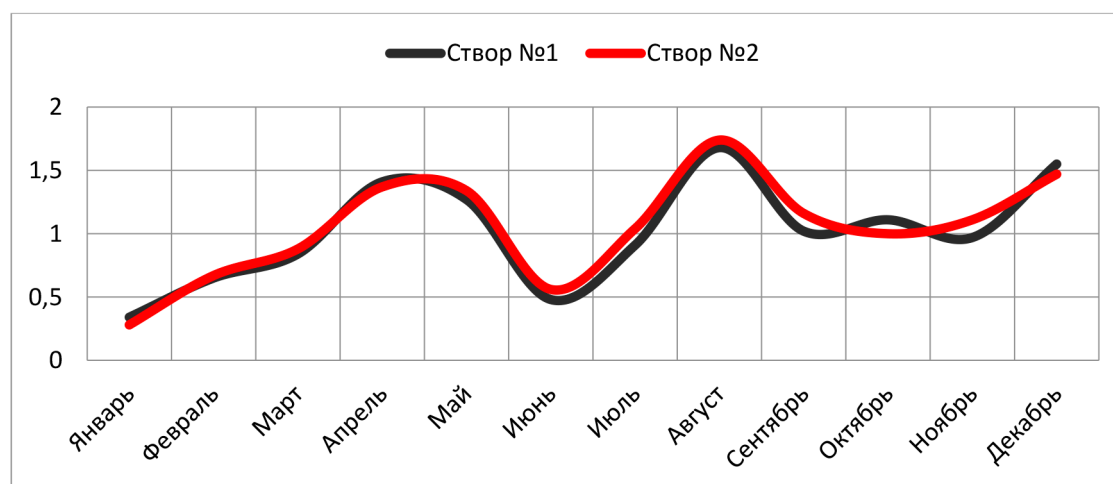


Рис. 2. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

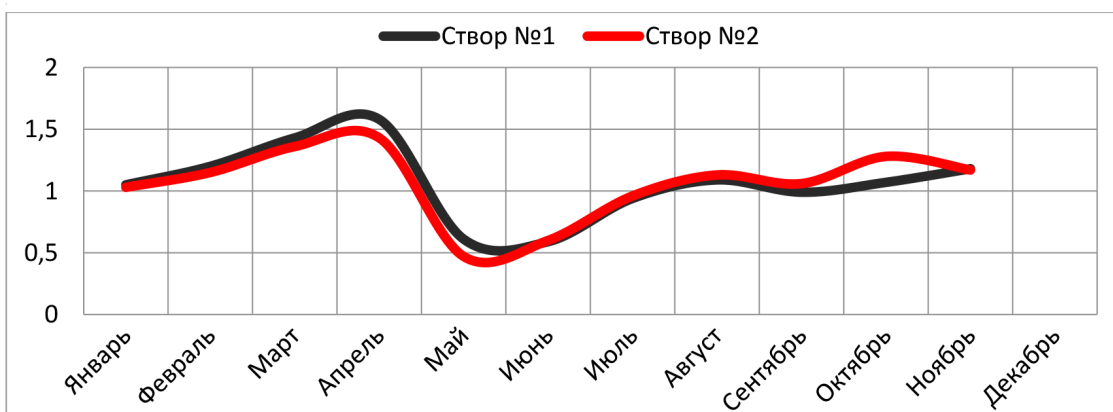


Рис. 3. Динамика значений (NH_4^+), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

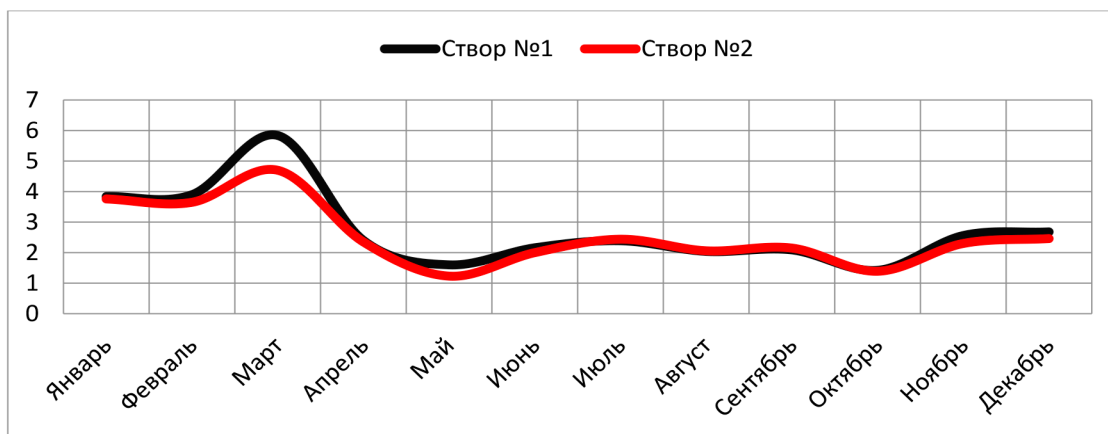


Рис. 4. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

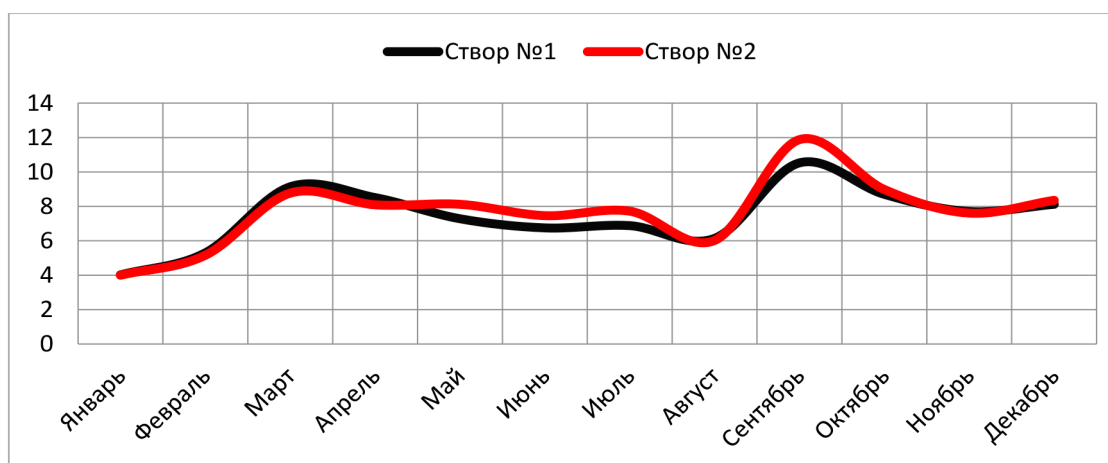


Рис. 5. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

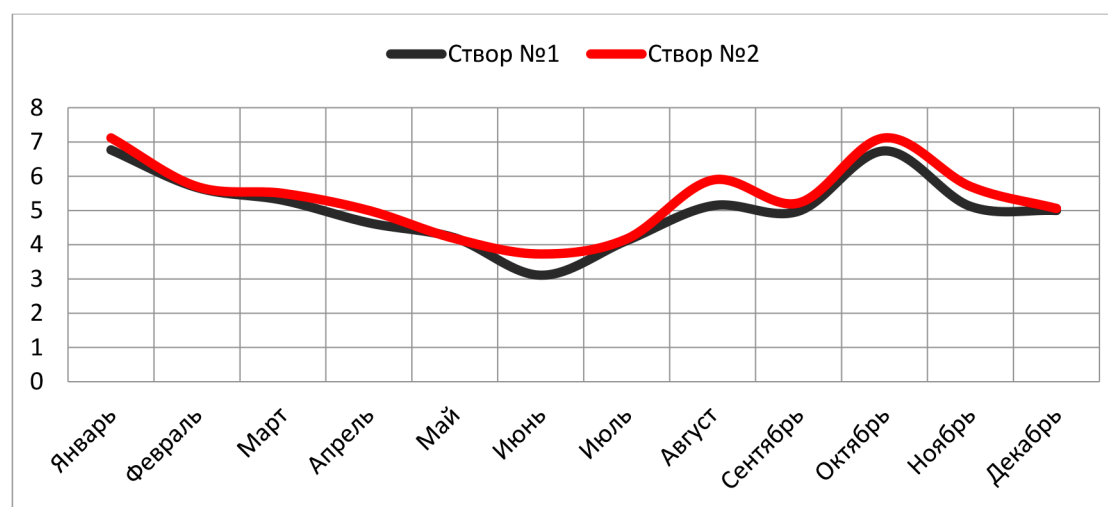


Рис. 6. Динамика значений (NO_3^-), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

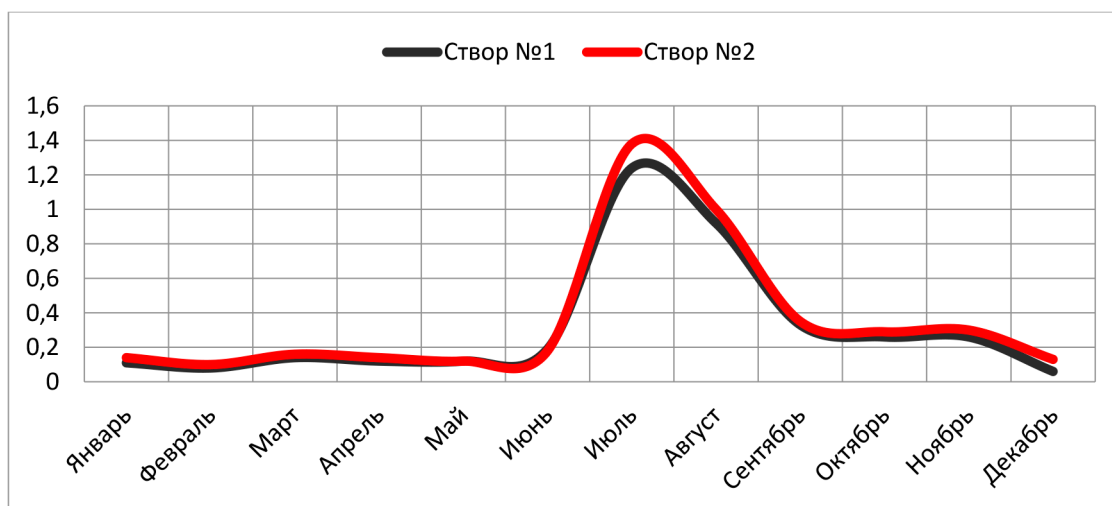


Рис. 7. Динамика значений (PO_4^{3-}), мг/дм³, в реке Клязьме за 2021 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [14]

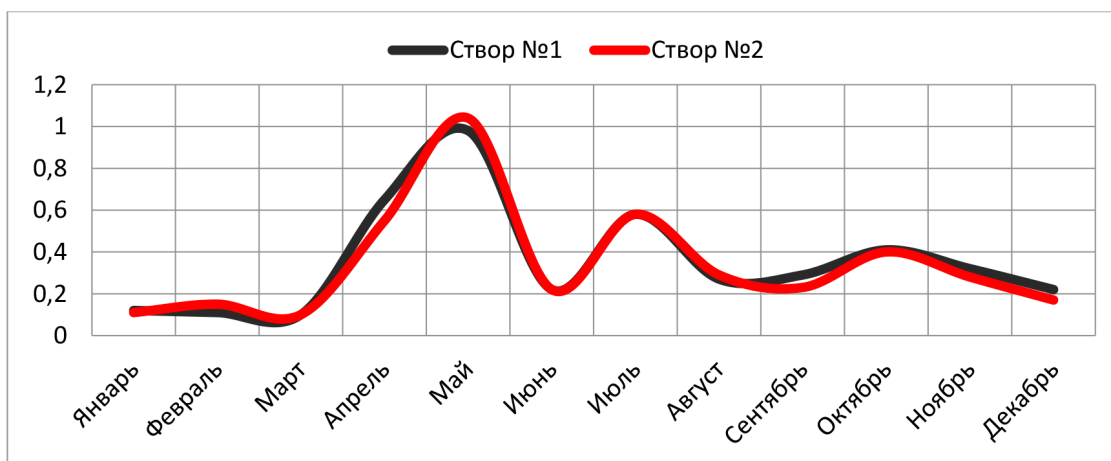


Рис. 8. Динамика значений (PO_4^{3-}), мг/дм³, в реке Клязьме за 2022 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [15]

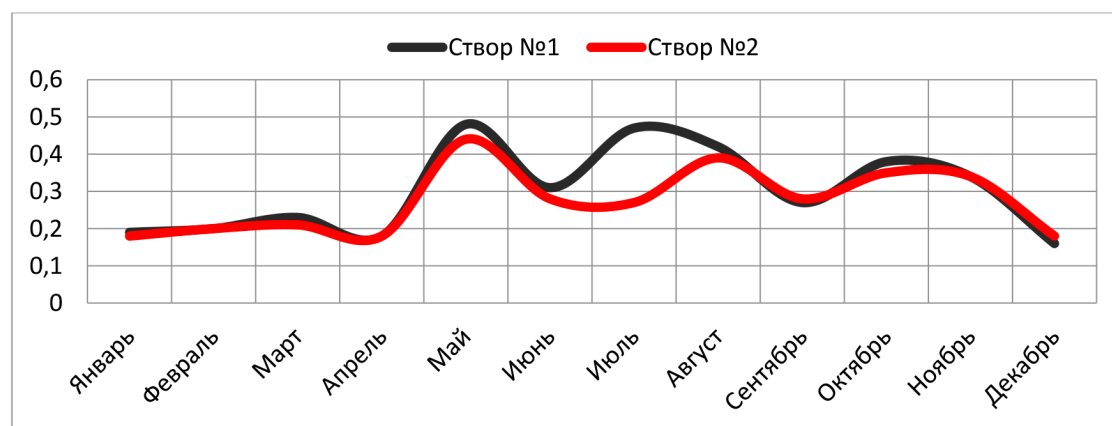


Рис. 9. Динамика значений (PO_4^{3-}), мг/дм³, в реке Клязьме за 2023 год
Примечание: составлено авторами на основе источника [16]

Таблица 1

Физико-химические свойства воды на пробных створах
реки Клязьмы (2021-2023 годы)

Показатели	ПДК	Створ 1			Створ 2		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023
рН	6,50-8,50	7,47	7,8	7,33	7,40	7,85	7,27
Температура, С°	-	13,83	13,5	15,0	14,16	13,4	14,83
Прозрачность, см	< 30	25,0	30,0	45,0	20,0	30,0	40,0
Запах, баллы	2	1	1	0	3	2	1
Аммоний (NH ₄ ⁺), мг/дм ³	2,0	1,59	0,97	0,99	1,74	1,11	1,01
Нитриты (NO ₂ ⁻), мг/дм ³	3,0	0,28	0,22	0,33	0,31	0,21	0,38
Нитраты (NO ₃ ⁻), мг/дм ³	> 45,0	3,64	8,0	5,85	3,41	8,3	6,30
Фосфаты (PO ₄ ⁻), мг/дм ³	3,5	0,38	0,37	0,33	0,42	0,39	0,29
БПК ₅ , мг/л	2,0	6,33	4,16	3,72	6,39	4,24	3,86

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 2

Качество воды реки Клязьмы по индикаторным беспозвоночным
(2021-2023 годы)

	2021	2022	2023
Створ 1	Hirudinea	<i>Tubifex sp.</i>	Hirudinea
	Lymnaeidae	Hirudinea	<i>Unio sp.</i>
	<i>Sphaerium sp.</i>	Valvatidae	<i>Sphaerium sp.</i>
	Amphipoda	<i>Unio sp.</i>	Amphipoda
	<i>Asellus aquaticus</i>	Amphipoda	<i>Asellus aquaticus</i>
	Hydrachnidia	<i>Asellus aquaticus</i>	Ephemeroptera
	Trichoptera	Calopterygidae	Trichoptera
	Megaloptera	Gerridae	Chironomidae
		Megaloptera	
		Chironomidae	
	3 класс качества, β-мезосапробная	3 класс качества, β- мезосапробная	3 класс качества, β-мезосапробная
Створ 2	Hirudinea	Hirudinea	<i>Tubifex sp.</i>
	<i>Asellus aquaticus</i>	Lymnaeidae	Hirudinea
	Trichoptera	Anodonta	Anodonta
	Simuliidae	Odonata	<i>Asellus aquaticus</i>
	Tipulidae	Simuliidae	Calopterygidae
	Chironomidae	Tipulidae	Simuliidae
			Tipulidae
	4 класс качества, α-мезосапробная	4 класс качества, α-мезосапробная	3 класс качества, β-мезосапробная

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таблица 3

Качество воды реки Клязьмы по состоянию популяции *Lemna minor* L.
(2021-2023 годы)

№ створа	Количество особей ряски в пробе	Суммарное количество щитков	Отношение числа щитков к числу особей	Количество поврежденных щитков	Отношение числа поврежденных щитков к общему количеству щитков, %	Класс качества воды
2021						
1	155	204	1,32	35	17,2	3
2	106	241	2,27	73	30,3	4
2022						
1	150	300	2,0	65	21,7	4
2	165	254	1,54	51	20,1	4
2023						
1	180	214	1,19	45	21,0	3
2	210	268	1,27	55	20,5	3

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Заключение

За период исследования БПК₅ во всех пробах превышает допустимую норму, что свидетельствует о присутствии большого количества органических соединений. Значение рН – нейтральное или близкое к таковому. Прозрачность воды ниже нормы отмечена в 2021 году на створе 2, там же превышена ПДК по запаху. По содержанию ионов аммония, нитритов, нитратов и фосфатов превышений ПДК не обнаружено.

Наибольшую антропогенную нагрузку река Клязьма на исследованных участках испытывала в 2021-2022 годах. По состоянию популяции *Lemna minor* L. класс качества воды меняется с 3 (створ 1) до 4 (створ 2), что свидетельствует об увеличении загрязнения реки в зоне разбавления сточных вод, в районе деревни Саурово. В 2023 году 3 класс качества на всех исследуемых участках указывает на умеренное загрязнение воды.

Биоиндикация по животному населению подтверждает 3 класс качества воды (β-мезосопробная) за весь период исследования, кроме результатов на створе 2 в 2021-2022 годах (α-мезосопробная, класс качества 4). В целом экологическое состояние водоёма в точках исследования близко к удовлетворительному за счёт очистки сточных вод на очистных сооружениях города Павловского Посада и способности реки к самоочищению. Это подтверждается наличием разветвлённых пищевых цепей гидробионтов с большим числом взаимозаменяемых видов.

Список литературы

1. Носкова Т.В., Панина М.С., Лабузова О.М., Папина Т.С., Ильина Е.Г. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты в городской черте // Мониторинг природных и антропогенно нарушенных территорий: теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 98-103. URL: https://case.asu.ru/files/form_312-41947. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-3-098-103 (дата обращения: 15.10.2025).
2. Ваулин Д.Е., Зыков И.Е., Федорова Л.В. Возможности использования методов экологического мониторинга для оценки состояния водных биоценозов восточного Подмосковья // Актуальные проблемы современной экологии и экологического образования: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Орехово-Зуево. 2015. С. 10. URL: <https://www.academia.edu/19348145> (дата обращения: 15.10.2025).
3. Стоящева Н.В. Антропогенная нагрузка на водные объекты бассейна реки Томи // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 95–103. URL: https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=186174&ARTICLE_ID=186185&ysclid (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-3(95-103).
4. Селезнёва А.В. Оценка техногенной нагрузки на водные экосистемы // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы: материалы VII Всероссийской конференции по водной экотоксикологии и школы-семинара «Современные методы исследования и оценки качества вод, состояния водных организмов и экосистем в условиях антропогенной нагрузки». Институт биологии внутренних вод РАН. 2020. С. 166-169. URL: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/20213/280> (дата обращения: 15.10.2025).
5. Безматерных Д.М., Кириллов В.В., Винокурова Г.В., Вдовина О.Н., Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Котовщиков А.В., Митрофанова Е.Ю., Пузанов А.В. Сообщества гидробионтов как индикаторы экологического состояния водных объектов для мониторинга влияния ракетно-космической деятельности на природную среду (на примере космодрома «Восточный») // Приоритетные задачи обеспечения безопасности и экологического сопровождения пусков РН типа «Союз», направления их реализации. Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2017. С. 235-243. URL: <https://www.researchgate.net/publication/315572038> (дата обращения: 15.10.2025).

6. Ваулин Д.Е., Зыков И.Е., Федорова Л.В. Возможности социальной сети iNATURALIST в экологических исследованиях и образовании // Проблемы современного педагогического образования. 2023. Вып. 81. Ч. 2. С. 143-145. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-sotsialnoy-seti-inaturalist-v-ekologicheskikh-issledovaniyah-i-obrazovanii/viewer> (дата обращения: 15.10.2025).
7. Зыков И.Е. Оценка качества воды реки Клязьмы водных районов Подмосковья // Вестник Московского государственного областного гуманитарного института. 2013. Т. 2. № 2. С. 11-19. URL: https://vestnikggtu.ru/wp-content/uploads/2016/11/medbio_1_2013.pdf (дата обращения: 15.10.2025).
8. Лямперт Н.А., Ничипорова И.П., Лобченко Е.Е., Первышева О.А. Современное состояние и динамика качества воды р. Клязьма // Успехи современного естествознания. 2022. № 3. С. 104-110. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=37800> (дата обращения: 15.10.2025).
9. Селезнев В.А. Методика оценки и анализа антропогенной нагрузки на реки от точечных источников загрязнения // Известия Самарского НЦ РАН: Экология – технические науки. 2021. Т. 23. Вып. 5. С. 135-143. URL: <https://sciup.org/148323585> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-5-135-143.
10. Helsel D.R., Hirsch R.M., Ryberg K.R., Archfield S.A., Gilroy E.J. Statistical methods in water resources // U.S. Geological Survey Techniques and Methods. 2020. Book 4. Chap. A 3. 458 p. URL: <https://pubs.usgs.gov/tm/04/a03/tm4a3> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.3133/tm4a3.
11. Зуева Н.В., Алексеев Д.К., Куличенко А.Ю., Примак Е.А., Зуев Ю.А., Воякина Е.Ю., Степанова А.Б. Биотестирование и биотестирование в пресноводных экосистемах. СПб.: РГТМУ, 2019. 140 с. URL: http://elib.rshu.ru/files-books/pdf/rid_bc980f344501434587067731d9a292f6 (дата обращения: 15.10.2025).
12. Молчанова Я.П., Заика Е.А., Бабкина Э.И. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 2000. 87 с. URL: <https://www.ozon.ru/product/gidrohimicheskie-pokazateli-sostoyaniya-okruzhayushchey-sredy-277695115> (дата обращения: 15.10.2025).
13. Каверина Н.В., Прожорина Т.И., Иванова Е.Ю., Клевцова М.А., Куролап С.А., Клепиков О.В., Муравьев А.Г., Никольская А.Н., Синегубова В.В. Методы экологических исследований. Воронеж: Научная книга, 2019. 355 с. ISBN: 978-5-98222-988-5. EDN: ZTDZCW.
14. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2021 год / под ред. М.М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2022. 620 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2021 (дата обращения: 15.10.2025).
15. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2022 год / под ред. М.М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2023. 613 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2022 (дата обращения: 15.10.2025).
16. Качество поверхностных вод Российской Федерации за 2023 год / под ред. М.М. Трофимчука. Ростов-на-Дону: ГХИ, 2024. 596 с. URL: http://downloads.igce.ru/publications/obz_gidrobiol_2/og_2023 (дата обращения: 15.10.2025).
17. Чертопруд М.В. Основные классы реофильных сообществ макробеспозвоночных и их региональная изменчивость в Евразии // Биология внутренних вод. 2021. Т. 14. № 5. С. 481-500. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=biovv&y=2021&v=0&n=5&a=BioVV2105003> (дата обращения: 15.10.2025).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.