

УДК 502.51(470.56)

doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-5

Оценка экологического состояния воды озера Малахово (г. Оренбург, Россия)

И. В. Шаврина¹, О. В. Чекмарева², М. Ю. Глуховская³, М. Ю. Гарицкая⁴

¹Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

^{2,3,4}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹ira.shavrina.00@bk.ru, ²olyachek@mail.ru, ³commarina97@mail.ru, ⁴m.garitskaya@yandex.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Пресные поверхностные водоемы находятся под воздействием множества антропогенных и природных факторов, которые могут оказывать значительное негативное влияние на структуру и функции всей экосистемы. Несмотря на то, что предпринимается множество усилий по оценке и управлению качеством поверхностных вод, проблема их загрязнения до настоящего времени остается актуальной. Целью исследования является комплексная экологическая оценка состояния оз. Малахово (г. Оренбург, Россия) по органолептическим, обобщенным и гидрохимическим показателям за 2022–2023 гг. *Материалы и методы.* Исследования проводились по трем створам, расположенным как в непосредственной близости, так и максимальном удалении от источников загрязнения с использованием следующих методов: фотометрический (определение содержания нитритов и азота нитратов), атомно-абсорбционный (установление массовой концентрации железа), титриметрический (определение содержания ионов кальция, магния, сульфат-ионов и массовой концентрации карбонатов) и флуориметрический метод (измерение массовой концентрации нефтепродуктов). Все исследования проведены в аккредитованной лаборатории. *Выводы.* По основным органолептическим показателям вода исследуемого водоема соответствует критериям качества, исключение составляют взвешенные вещества, по которым максимальные превышения до 5,5 ПДК (предельно допустимая концентрация) наблюдаются в осенний период, в результате чего воды озера относятся к грязным (V класс качества). По отдельным веществам (ионы железа, магния, сульфат-ионы, нитриты) зафиксировано превышение предельно допустимой концентрации рыбохозяйственного значения. Экологическое состояние вод по содержанию нитратов и нитритов во всех створах ухудшается в зимний период до V класса качества. Превышение предельно допустимой концентрации культурно-бытового значения не зафиксировано. По результатам расчета гидрохимического индекса загрязнения вода оз. Малахово (г. Оренбург) классифицируется в основном как умеренно загрязненная, за исключением первого створа, расположенного в непосредственной близости к источникам загрязнения, где вода в осенний период относится к загрязненной.

Ключевые слова: индекс загрязнения воды, экологическое состояние, водный объект, критерии качества

Для цитирования: Шаврина И. В., Чекмарева О. В., Глуховская М. Ю., Гарицкая М. Ю. Оценка экологического состояния воды озера Малахово (г. Оренбург, Россия) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2025. № 2. С. 47–58. doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-5

Assessment of the ecological state of the water of Lake Malakhovo (Orenburg, Russia)

I.V. Shavrina¹, O.V. Chekmareva², M.Yu. Glukhovskaya³, M.Yu. Garitskaya⁴

¹Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

^{2,3,4}Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹ira.shavrina.00@bk.ru, ²olyachek@mail.ru, ³commarina97@mail.ru, ⁴m.garitskaya@yandex.ru

Abstract. Background. Fresh surface water bodies are exposed to many anthropogenic and natural factors that can have a significant negative impact on the structure and functions of the entire ecosystem. Despite the fact that many efforts are being made to assess and manage the quality of surface waters, the problem of their pollution remains relevant to this day. The purpose of the study is a comprehensive environmental assessment of the state of Lake Malakhovo (Orenburg, Russia) based on organoleptic, generalized and hydrochemical indicators for 2022–2023. **Materials and methods.** The studies were carried out at three sites located both in the immediate vicinity and at the maximum distance from pollution sources using the following methods: photometric (determination of nitrite and nitrate nitrogen content), atomic absorption (establishment of iron mass concentration), titrimetric (determination of calcium, magnesium, sulfate ions and mass concentration of carbonates) and fluorimetric method (measurement of mass concentration of oil products). All studies were conducted in an accredited laboratory. **Conclusions.** According to the main organoleptic indicators, the water of the studied reservoir meets the quality criteria, with the exception of suspended substances, for which maximum excesses of up to 5.5 MPC (maximum permissible concentration) are observed in the autumn period, as a result of which the lake waters are classified as dirty (quality class V). For individual substances (iron and magnesium ions, sulfate ions, nitrites), excess of the maximum permissible concentration of fishery value was recorded. The ecological state of the waters in terms of nitrate and nitrite content in all sections deteriorates in the winter to quality class V. Exceeding the maximum permissible concentration of cultural and household value was not recorded. According to the results of calculating the hydrochemical pollution index, the water of the lake. Malakhovo (Orenburg) is classified mainly as moderately polluted, with the exception of the first section, located in close proximity to pollution sources, where the water in the autumn period is considered polluted.

Keywords: water pollution index, ecological status, water body, quality criteria

For citation: Shavrina I.V., Chekmareva O.V., Glukhovskaya M.Yu., Garitskaya M.Yu. Assessment of the ecological state of the water of Lake Malakhovo (Orenburg, Russia). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2025;(2):47–58. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2025-2-5

Введение

Загрязнение озер происходит как правило в результате поступления загрязняющих веществ от точечных и линейных источников с ливневыми и талыми водами. Также подобные водные объекты подвержены механическому загрязнению вследствие наносов с эродированных почв, что приводит к заиливанию и снижению прозрачности. Повышение мутности воды влияет как на растительность, так и окружающую животную жизнь, нанося ущерб водной экосистеме.

В случае расположения водоема в непосредственной близости к сельскохозяйственным угодьям, животноводческим комплексам и объектам размещения отходов возникает угроза органического загрязнения вследствие попадания значительного количества питательных веществ, вызывающих чрезмерный рост

водорослей, приводящих к цветению воды. Эвтрофикация блокирует солнечный свет, ухудшает качество воды для аквабионтов, а также для других организмов, которые используют этот источник воды для выживания.

Водные ресурсы Оренбургской области являются частью ее природного богатства, они применяются как объекты промышленного, любительского и спортивного рыболовства, в рекреационных целях, а также для орошения сельскохозяйственных земель. Загрязнение водных объектов области связано с несоблюдением режимов санитарной охраны, с поступлением загрязняющих веществ от промышленных источников и хозяйственной деятельности человека [1–3].

Информация и тематические исследования в данной области показывают, что данная категория водоемов находится под угрозой из-за чрезмерной эксплуатации, обогащения органическими и токсичными веществами и образования отложений [4].

Цель работы – оценить экологическое состояние одного из водных объектов г. Оренбурга – оз. Малахово, по органолептическим, отдельным гидрохимическим показателям и гидрохимическому индексу загрязнения воды.

Полученные результаты исследований могут быть использованы специалистами в области охраны окружающей среды и водных ресурсов для принятия необходимых мер по предотвращению загрязнения подобных водных объектов.

Материал и методы

Объект исследования – оз. Малахово (г. Оренбурга), расположенное в 400 м восточнее от левого берега р. Сакмара, относящееся к пойменным озерам старичного типа. Водоем имеет изогнутую форму. Длина озера по обводненному руслу в межень составляет 2,76 км, глубина варьируется от 1,0 м по внешним границам до 4–5 м в ямах, средняя глубина составляет 1,7 м.

Для определения гидрохимических показателей в исследуемых пробах воды были использованы следующие методы:

- фотометрический метод определения содержания нитритов с использованием сульфаниловой кислоты и азота нитратов с использованием фенол-дисульфокислоты по ГОСТ 33045–2014;

- титриметрический метод определения содержания ионов кальция, магния по ГОСТ 23268.5–1978, сульфат-ионов по ГОСТ 31940–2012, хлорид-ионов по ГОСТ 4245–1972 и массовой концентрации карбонатов по ГОСТ 31957–2012;

- атомно-абсорбционный метод для определения массовой концентрации железа;

- флуориметрический метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов.

Для отбора проб были определены три створа. Первый створ (створ I) находился в максимальной близости к антропогенно преобразованной территории, второй (створ II) – посередине озера, что позволило оценить степень разбавления поступающих вод от источников загрязнения в составе талых и ливневых потоков, а третий створ (створ III) находился на максимальном удалении (1,2 км) от источников загрязнения. Карта-схема отбора проб представлена на рис. 1.

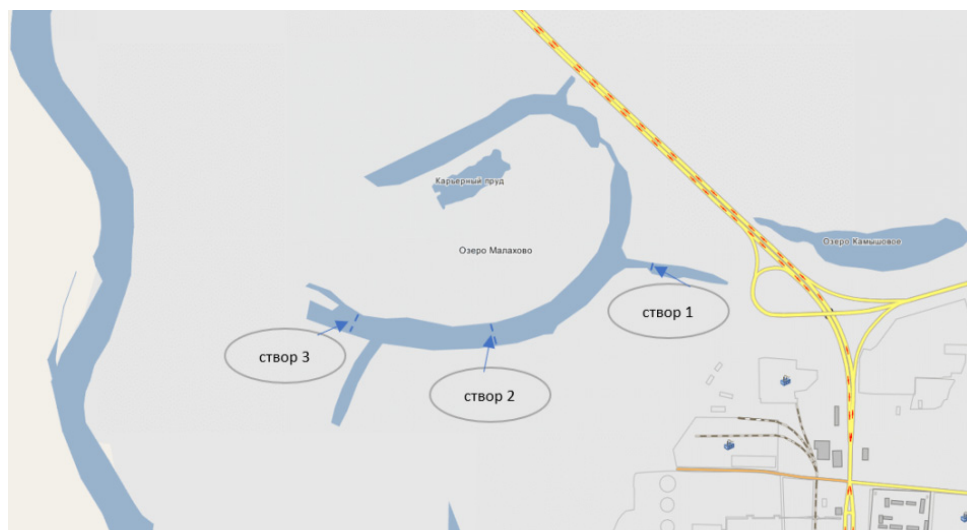


Рис. 1. Точки отбора проб воды из оз. Малахово (г. Оренбург, Россия)

Результаты и обсуждение

В исследуемых пробах воды определяли органолептические (запах, цветность, мутность, взвешенные вещества), химические (нитраты (NO_3^-), нитриты (NO_2^-), сульфаты (SO_4^{2-}), хлориды (Cl^-), карбонаты (CO_3^{2-}), ионы кальция (Ca^{2+}), магния (Mg^{2+}), железа (Fe^{2+})) и обобщенные (температура, водородный показатель (рН), нефтепродукты и жесткость) показатели качества. Температуру и запах природной воды определяли непосредственно в момент отбора проб, в полевых условиях. Все остальные исследования были проведены в аккредитованной лаборатории (табл. 1).

Таблица 1

Значения органолептических показателей
воды оз. Малахово (г. Оренбург, Россия)

Период года	Наименование створа	Показатель			
		запах, балл	цветность, градус цветности	мутность, ЕМФ	взвешенные вещества, мг/л
2022 г.					
Осень	Створ I	1	менее1,0	менее1,0	114,4
	Створ II	2	менее 1,0	1,71	132,6
	Створ III	0	2,82	6,94	117,2
Зима	Створ I	0	менее1,0	1,26	86,9
	Створ II	0	менее1,0	менее1,0	20,9
	Створ III	0	менее1,0	менее1,0	30,1
2023 г.					
Осень	Створ I	1	1,74	5,50	167,7
	Створ II	1	3,36	2,07	149,4
	Створ III	1	3,73	менее1,0	103,5
Зима	Створ I	1	3,50	2,20	74,6
	Створ II	0	4,60	2,20	25,3
	Створ III	0	4,40	2,10	39,4

В осенние периоды исследования запаха воды во всех точках отбора проб классифицировался в основном как очень слабый. Характер запаха имел естественное происхождение, в створах I и III род запаха «болотный», а в створе II – «рыбный». В зимние периоды во всех точках отбора проб, за исключением створа I в 2023 г., не было обнаружено никакого запаха (интенсивность – 0 баллов).

Цветность природных вод обусловлена главным образом присутствием гумусовых веществ и соединений трехвалентного железа [5]. Исходя из результатов, представленных в табл. 1, цветность воды в оз. Малахово (г. Оренбург, Россия) во всех створах и за все периоды исследования находится в диапазоне от менее чем одного до 4,6 градусов цветности. В соответствии с классификацией [6] данный диапазон характеризует цветность воды как очень малую.

Значения показателя мутности находятся в диапазоне от 1,0 до 6,94 ЕМФ, максимальные наблюдались в третьем створе осенью 2022 г.

Взвешенные вещества вносят существенный вклад в загрязнение оз. Малахово. При максимальном нормативном значении 31,5 мг/л (для водных объектов рыбохозяйственного значения) содержание во всех створах в осенний период изменяется в пределах 2,7–5,5 ПДК. В зимний период, за исключением створа II, значения находятся в интервале от 1 до 2,7 ПДК.

В табл. 2 представлены данные по обобщенным показателям. Полученные результаты сравнивали с нормативами качества для водоисточников рекреационного водопользования СанПиН 1.2.3685–21.

Таблица 2

Обобщенные показатели качества воды оз. Малахово (г. Оренбург, Россия)

Период года	Наименование створа	Показатель			
		pH	жесткость, градус жесткости	температура, °C	нефтепродукты, мг/л
2022					
Осень	Створ I	9,0	5,6	22	0,023
	Створ II	8,6	6,6	17	0,025
	Створ III	7,8	7,6	17	0,021
Зима	Створ I	7,9	7,7	11	0,026
	Створ II	7,5	7,9	4	0,021
	Створ III	7,6	9,6	4	0,032
2023					
Осень	Створ I	4,3	9,2	19	0,030
	Створ II	6,9	8,6	16	0,022
	Створ III	7,8	7,6	15	0,018
Зима	Створ I	8,6	6,3	12	0,019
	Створ II	8,2	7,2	4	0,017
	Створ III	8,3	6,9	4	0,050
ПДК к.б.		6,0–9,0	10,0	–	0,1

Полученные данные, представленные в табл. 2, свидетельствуют о том, что величина водородного показателя (pH), являющегося мерой активной

кислотности водоемов [7], в наименьшей степени подвержена изменению во времени в створе III, который наиболее удален от источников антропогенного характера. В пределах всего периода исследования воду из створа III можно характеризовать как слабощелочную. Наибольшие колебания данного показателя наблюдаются в створе I, испытывающем максимальную антропогенную нагрузку, где среда меняется от кислой ($\text{pH} = 4,3$) до щелочной ($\text{pH} = 9$).

Наименьший вклад в загрязнение исследуемого водоема вносят нефтепродукты, концентрация которых на протяжении всего периода исследования находилась в пределах 0,017–0,05 мг/л, что составляет 0,17–0,5 ПДК.

В ходе оценки возможного воздействия антропогенных источников на состояние исследуемого водного объекта была проведена оценка по химическим показателям (табл. 3).

Таблица 3

Содержание загрязняющих веществ в воде
оз. Малахово (г. Оренбург, Россия), мг/л

Вещества		Створ I		Створ II		Створ III	
		Осень	Зима	Осень	Зима	Осень	Зима
2022							
Железо	Fe^{2+}	0,16	0,32	0,09	0,27	0,096	0,19
Кальций	Ca^{2+}	40,1	94,2	72,1	110,2	78,2	118,2
Гидрокарбонаты	HCO_3^{2-}	10,8	30,0	13,2	<6,0	<6,0	<6,0
Магний	Mg^{2+}	43,8	36,5	36,5	29,2	45,0	45,0
Нитраты	NO_3^-	<0,1	14,8	<0,1	18,9	0,62	14,8
Нитриты	NO_2^-	<0,003	0,011	<0,003	0,022	<0,003	0,020
Сульфаты	SO_4^{2-}	133,6	138,80	138,3	135,4	137,5	136,9
Хлориды	Cl^-	204,8	109,2	227,5	213,9	182,0	241,2
2023							
Железо	Fe^{2+}	0,50	0,157	0,35	0,135	0,15	0,152
Кальций	Ca^{2+}	110,2	84,2	90,2	86,2	86,2	86,2
Карбонаты	CO_3^{2-}	<6,0	51,0	<6,0	6,0	24,0	18,0
Магний	Mg^{2+}	45,0	25,5	49,9	47,4	10,1	31,6
Нитраты	NO_3^-	9,36	9,73	6,38	12,2	2,20	11,6
Нитриты	NO_2^-	0,052	0,11	0,008	0,56	<0,003	0,23
Сульфаты	SO_4^{2-}	131,3	102,4	153,2	103,7	145,7	108,0
Хлориды	Cl^-	145,6	59,2	150,2	77,4	150,2	77,4

С целью оценки степени загрязненности воды по определяемым авторами химическим веществам в ходе исследования производилось сравнение полученных результатов с нормативами качества воды объектов рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}) и предельно допустимыми концентрациями веществ в воде поверхностных водных объектов культурно-бытового водопользования (ПДК_{кб}). Значения в долях ПДК_{рх}, полученные в результате сравнения с нормативами, утвержденными для объектов рыбохозяйственного значения, представлены в табл. 4.

Приоритетными примесями, вносящими наибольший вклад в загрязнение воды оз. Малахово, являются сульфаты (SO_4^{2-}) и ионы железа (Fe^{2+}).

По сульфат-ионам (SO_4^{2-}) превышение ПДК_{рх} обнаружено в пробах воды, отобранных во всех створах (осенью в 1,4 раза, зимой в 1,05). Содержание железа (Fe^{2+}) в пробах воды за исследуемый период превышало установленное значение ПДК_{рх} в створе I в 5 раз (осень 2023 г.), в створах II и III – в 3,5 и 1,5 раза соответственно.

Таблица 4

Кратность превышения предельно допустимых концентраций
рыбохозяйственного значения в воде оз. Малахово (г. Оренбург, Россия)

Вещество	ПДК _{рх}	Створ I		Створ II		Створ III		Превышения ПДК, %	
		Осень	Зима	Осень	Зима	Осень	Зима	Осень	Зима
2022									
Железо	0,1	1,60	3,20	0,90	2,70	0,96	1,90	33	100
Кальций	180	0,22	0,52	0,40	0,61	0,43	0,66	0	0
Карбонаты	100	0,11	0,30	0,13	–	–	–	0	0
Магний	40	1,10	0,91	0,91	0,73	1,13	1,13	66	33
Нитриты	0,08	–	0,14	–	0,28	–	0,25	0	0
Нитраты	40	–	0,37	–	0,47	0,02	0,37	0	0
Сульфаты	100	1,34	1,39	1,38	1,35	1,38	1,37	100	100
Хлориды	300	0,68	0,36	0,76	0,71	0,61	0,80	0	0
2023									
Железо	0,1	5,00	1,57	3,50	1,35	1,50	1,52	100	100
Кальций	180	0,61	0,47	0,50	0,48	0,48	0,48	0	0
Карбонаты	100	–	0,51	–	0,06	0,24	0,18	0	0
Магний	40	1,13	0,64	1,25	1,19	0,25	0,79	66	33
Нитриты	0,08	0,65	1,38	0,10	7,00	–	2,88	0	100
Нитраты	40	0,23	0,24	0,16	0,31	0,06	0,29	0	0
Сульфаты	100	1,31	1,02	1,53	1,04	1,46	1,08	100	100
Хлориды	300	0,49	0,20	0,50	0,26	0,50	0,26	0	0

Наименьший вклад в загрязнение исследуемого водоема вносят нитраты, хлориды и гидрокарбонаты, так как их значения не превышали величину предельно допустимой концентрации.

В зимний период 2023 г. наблюдался рост содержания нитритов, превышение ПДК_{рх} по которым составило от 1,4 до 7,1 раз.

Превышение нормативных значений, установленных для водных объектов культурно-бытового водопользования, по всем определяемым показателям качества отсутствует.

Результаты сравнения фактических концентраций нормируемых загрязняющих веществ с ПДК_{кб} водопользования представлены в табл. 5.

Расчет гидрохимического индекса загрязнения воды (ИЗВ) проводили по шести показателям, имеющим наибольшее значение, независимо от того, превышают они ПДК или нет [8, 9]. Преимущество данного индекса заключается в том, что помимо превышения ПДК разнообразных веществ, он также учитывает pH водной среды [10]. Результаты расчета ИЗВ оз. Малахово за 2022–2023 гг. представлены на рис. 2.

Таблица 5

Кратность превышения предельно допустимых концентраций
культурно-бытового значения в воде оз. Малахово (г. Оренбург, Россия)

Вещества		Створ I		Створ II		Створ III	
		Осень	Зима	Осень	Зима	Осень	Зима
2022							
Железо	Fe ²⁺	0,16	0,32	0,09	0,27	0,096	0,19
Кальций	Ca ²⁺	40,1	94,2	72,1	110,2	78,2	118,2
Гидрокарбонаты	HCO ₃ ²⁻	10,8	30,0	13,2	<6,0	<6,0	<6,0
Магний	Mg ²⁺	43,8	36,5	36,5	29,2	45,0	45,0
Нитраты	NO ₃ ⁻	<0,1	14,8	<0,1	18,9	0,62	14,8
Нитриты	NO ₂ ⁻	<0,003	0,011	<0,003	0,022	<0,003	0,020
Сульфаты	SO ₄ ²⁻	133,6	138,80	138,3	135,4	137,5	136,9
Хлориды	Cl ⁻	204,8	109,2	227,5	213,9	182,0	241,2
2023							
Железо	Fe ²⁺	0,50	0,157	0,35	0,135	0,15	0,152
Кальций	Ca ²⁺	110,2	84,2	90,2	86,2	86,2	86,2
Карбонаты	CO ₃ ²⁻	<6,0	51,0	<6,0	6,0	24,0	18,0
Магний	Mg ²⁺	45,0	25,5	49,9	47,4	10,1	31,6
Нитраты	NO ₃ ⁻	9,36	9,73	6,38	12,2	2,20	11,6
Нитриты	NO ₂ ⁻	0,052	0,11	0,008	0,56	<0,003	0,23
Сульфаты	SO ₄ ²⁻	131,3	102,4	153,2	103,7	145,7	108,0
Хлориды	Cl ⁻	145,6	59,2	150,2	77,4	150,2	77,4

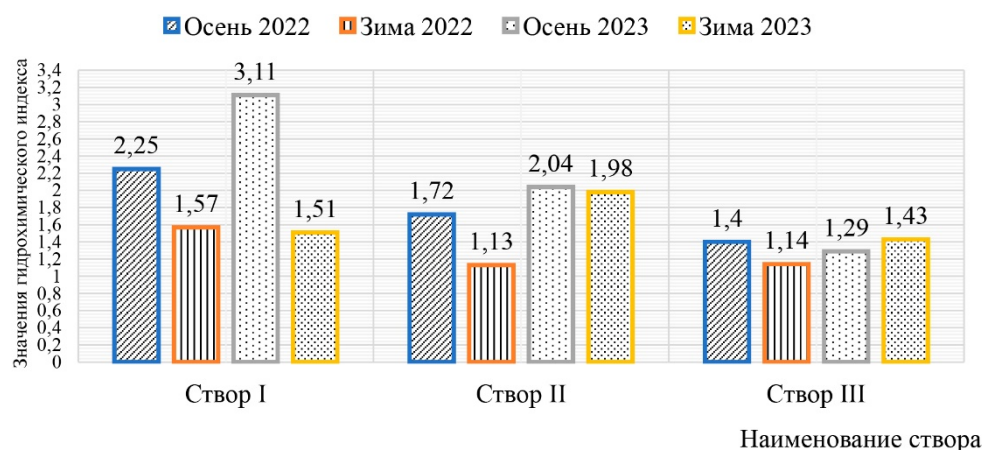


Рис. 2. Динамика показателя химического загрязнения
вод оз. Малахово (г. Оренбург, Россия) за 2022–2023 гг.

В зависимости от значения гидрохимического индекса, вода подразделяется на четыре категории. При значениях ИЗВ до 0,2 вода классифицируется как очень чистая, от 0,2 до 1,0 – чистая, от 1,0 до 2,0 – умеренно загрязненная и от 2,0 до 4,0 – загрязненная. Среднее значение индекса загрязнения воды в оз. Малахово составляет 2,29. Максимальное значение данного показателя было зафиксировано в створе I осенью 2023 г. Таким образом, вода из первого створа оз. Малахово в осенние периоды исследования относится к загрязненной ($2,0 > \text{ИЗВ} > 4,0$), а в зимние периоды к умеренно загрязненной

(1,0 > ИЗВ > 2,0). Вода из второго и третьего створа практически во все периоды исследования является умеренно загрязненной. Следовательно, воды оз. Малахово за данный период исследования можно классифицировать как умеренно загрязненные, так как гидрохимический индекс загрязнения воды составляет 1,13–1,98.

Оценка экологического состояния поверхностных вод оз. Малахово была проведена по оценочным показателям качества. Согласно показателям качества, представленным в ГОСТе «Оценка качества воды водных объектов с экологических позиций», можно сделать вывод о том, что по содержанию взвешенных веществ в осенний период исследования воду из всех трех створов можно отнести к V классу качества (грязные). В зимний период ситуация изменяется в лучшую сторону. Так, в первом створе вода относится к IV классу (загрязненные), в третьем створе к III классу (умеренно загрязненные), а во втором створе ко II классу качества (чистые).

По содержанию нитритов (NO_2^-) наблюдается обратная зависимость, в зимний период качество вод по данному показателю ухудшается. В 2022 г. вода во всех исследуемых створах, по содержанию нитритов, осенью относится к чистым (II класс качества), а зимой к умеренно загрязненным (III класс качества). В 2023 г. осенью качество воды ухудшается значительно в створе I (грязные – V класс), в створе II – умеренно загрязненная (III класс качества) и лишь в третьем створе остается без изменения (II класс – чистые). В зимний период вода во всех створах характеризуется как грязная (V класс качества).

По нитратам в 2022 и 2023 гг., зимой, вода во всех исследуемых створах относится к V классу качества (грязные), за исключением первого створа, где в 2023 г. вода относится к IV классу (загрязненные). Осенью 2022 г. по содержанию нитратов вода во всех створах относится к I классу качества (очень чистые). Осенью 2023 г. в первом и втором створах вода относится к IV классу качества (загрязненные), в третьем створе – ко II классу качества (чистые).

Заключение

Согласно полученным данным по органолептическим показателям цветность воды оз. Малахово характеризуется как очень малая, а мутность находится в диапазоне от 1,0 до 6,94 ЕМФ. В некоторых пробах присутствует болотно-илистый запах интенсивностью 1–2 балла. По жесткости вода в разные сезоны во всех трех исследуемых створах характеризуется как среднежесткая и жесткая.

По результатам химического анализа воды приоритетными загрязняющими веществами являются: сульфат-ионы (концентрация достигает $153,2 \text{ мг/дм}^3$), хлорид-ионы (максимальная концентрация – $241,2 \text{ мг/дм}^3$), взвешенные вещества (до 167 мг/дм^3). Наименьший вклад в загрязнение исследуемого водоема вносят нефтепродукты, нитраты (NO_3^-) и ионы железа (Fe^{2+}).

Превышение по величине ПДК_{рх} в течение всех периодов исследования было зафиксировано по пяти веществам: сульфаты (в среднем в 1,3 раза), взвешенные вещества (в 3,06 раз), ионы магния (в 1,13 раза), ионы железа (в 2,61 раз) и нитриты (в 3,75 раз). Превышение по ПДК_{кб} не зафиксировано.

В результате расчета индекса загрязнения воды и соотнесения полученных результатов с общепринятой классификацией было установлено, что вода из оз. Малахово на протяжении всех периодов исследования в большинстве

створов характеризуется как умеренно загрязненная. Однако необходимо отметить, что качество воды в зимний период времени по нитритам и нитратам значительно ухудшается и соответствует V классу качества (грязная).

Список литературы

1. Гаев А. Я., Алферов И. Н., Гацков В. Г. Экологические основы водохозяйственной деятельности (на примере Оренбургской области и сопредельных районов). Пермь ; Оренбург : Ред.-изд. отдел Пермского университета, 2007. 327 с.
2. Черняев А. М. Вода России. Речные бассейны. Екатеринбург : АКВА-ПРЕСС, 2000. 536 с.
3. Кулик А. К., Власенко М. В., Петров В. И. Экология среды: ресурсы, чистота и качество природных вод Придонских песчаных массивов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4. С. 105–113.
4. Garitskaya M. Y., Evstifeeva T. A., Glukhovskaya M. Yu., Shaykhutdinova A. A. Study on the elemental composition of water and bottom sediments of natural springs // Trace Elements and Electrolytes. 2021. Vol. 38, iss. 3.
5. Кутявина Т. И., Вартан И. А., Шемякина Е. В., Тимина В. В. Результаты гидрохимического анализа водных экосистем на территории государственного природного заказника «Былина» // Экология родного края: проблемы и пути решения : материалы XVII Всерос. науч.-практ. конф. (Киров, 26–27 апреля 2022 г.). Киров : ВятГУ, 2022. Кн. 1. С. 249–253.
6. Аксенов В. И., Ушакова Л. И., Ничкова И. И. Химия воды: аналитическое обеспечение лабораторного практикума : учеб. пособие / под ред. В. И. Аксенова. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 140 с.
7. Тарасова Т. Ф. Химия окружающей среды : учеб. пособие для вузов. Оренбург : ОГУ, 2001. 41 с.
8. Гарицкая М. Ю., Алеева О. Н. Экологическая характеристика качества поверхностных природных вод, находящихся в зоне влияния Ольховского месторождения // Вода: химия и экология. 2016. № 8. С. 26–31.
9. Глотова Н. В. Мониторинг среды обитания : учеб. пособие к практ. занятиям. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2006. 22 с.
10. Деревенская О. Ю. Природопользование (практикум) : учеб.-метод. разработка. Казань : КФУ, 2015. 35 с.

References

1. Gaev A.Ya., Alferov I.N., Gatskov V.G. *Ekologicheskie osnovy vodokhozyaystvennoy deyatel'nosti (na primere Orenburgskoy oblasti i sopredel'nykh rayonov)* = Ecological foundations of water management activities (by the example of Orenburg region and adjacent areas). Perm; Orenburg: Red.-izd. ot del Permskogo universiteta, 2007:327. (In Russ.)
2. Chernyaev A.M. *Voda Rossii. Rechnye basseyny* = Water of Russia. River basins. Ekaterinburg: AKVA-PRESS, 2000:536. (In Russ.)
3. Kulik A.K., Vlasenko M.V., Petrov V.I. Ecology of the environment: resources, purity and quality of natural waters of the Don sand massifs. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* = Proceedings of Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: science and higher professional education. 2017;(4):105–113. (In Russ.)
4. Garitskaya M.Y., Evstifeeva T.A., Glukhovskaya M.Yu., Shaykhutdinova A.A. Study on the elemental composition of water and bottom sediments of natural springs. *Trace Elements and Electrolytes*. 2021;38(3).

5. Kutyavina T.I., Vartan I.A., Shemyakina E.V., Timina V.V. Results of hydrochemical analysis of aquatic ecosystems in the territory of the Bylina State Nature Reserve. *Ekologiya rodnogo kraya: problemy i puti resheniya: materialy XVII Vseros. nauch.-prakt. konf. (Kirov, 26–27 aprelya 2022 g.)* = Ecology of the native land: problems and solutions: proceedings of the 17th All-Russian scientific and practical conference. Kirov: VyatGU, 2022;bk.1:249–253. (In Russ.)
6. Aksenov V.I., Ushakova L. I., Nichkova I. I. *Khimiya vody: analiticheskoe obespechenie laboratornogo praktikuma: ucheb. posobie* = Water chemistry: analytical support for laboratory workshops: textbook. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2014:140. (In Russ.)
7. Tarasova T.F. *Khimiya okruzhayushchey sredy: ucheb. posobie dlya vuzov* = Environmental chemistry: textbook for universities. Orenburg: OGU, 2001:41. (In Russ.)
8. Garitskaya M.Yu., Aleeva O.N. Ecological characteristics of the quality of surface natural waters located in the zone of influence of the Olkhovskoye deposit. *Voda: khimiya i ekologiya* = Water: chemistry and ecology. 2016;(8):26–31. (In Russ.)
9. Glotova N.V. *Monitoring sredy obitaniya: ucheb. posobie k prakt. zanyatiyam* = Monitoring the environment: textbook for practical classes. Chelyabinsk: Izd-vo YuUrGU, 2006:22. (In Russ.)
10. Derevenskaya O.Yu. *Prirodopol'zovanie (praktikum): ucheb.-metod. razrabotka* = Nature management (workshop): teaching and methodological development. Kazan: KFU, 2015:35. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

Ирина Владимировна Шаврина

младший научный сотрудник
Испытательного центра,
Федеральный научный центр
биологических систем
и агротехнологий
Российской академии наук
(Россия, г. Оренбург, ул. 9 Января 29)
E-mail: ira.shavrina.00@bk.ru

Irina V. Shavrina

Junior researcher, Testing Center,
Federal Scientific Center for Biological
Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences
(29 9 Janvarya street, Orenburg, Russia)

Ольга Викторовна Чекмарева

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры экологии
и природопользования,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: olyachek@mail.ru

Olga V. Chekmareva

Candidate of technical sciences,
associate professor, associate professor
of the sub-department of ecology
and nature management,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Марина Юрьевна Глуховская

кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой экологии
и природопользования,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: commarina97@mail.ru

Marina Yu. Glukhovskaya

Candidate of technical sciences, associate
professor, head of the sub-department
of ecology and environmental management,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Марина Юрьевна Гарицкая

кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры экологии
и природопользования,
Оренбургский государственный
университет
(Россия, г. Оренбург, пр-кт Победы, 13)
E-mail: m.garitskaya@yandex.ru

Marina Yu. Garitskaya

Candidate of biological sciences,
associate professor, associate professor
of the sub-department of ecology
and nature management,
Orenburg State University
(13 Pobedy avenue, Orenburg, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 30.05.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 09.06.2025

Принята к публикации / Accepted 24.07.2025