

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОЗЕРА ТЕЛЕЦКОЕ

## EVALUATION OF THE STATE OF THE TELETSKOYE LAKE WATER RESOURCES

**Ключевые слова:** водные ресурсы, озеро Телецкое, качество воды, гидрохимический состав, антропогенное загрязнение, многолетние вариации, средние сезонные изменения, очистка сточных вод.

Для практического решения задач национального водного хозяйства по сохранению природных водоемов в их естественных условиях представляет интерес изучение динамики их состояния, так как это дает информацию для оптимизации их использования и управления ими. Приоритеты интегрированного управления водными ресурсами и водохозяйственными системами признаются международными принципами «устойчивого развития» в национальных стратегиях водной безопасности. В условиях увеличивающейся антропогенной нагрузки на природные водные объекты подобные исследования приобретают все большую актуальность. Для уникального природного водного объекта – озеро Телецкое – выполнен анализ данных гидрохимических исследований озерной воды, дана оценка средних сезонных и многолетних вариаций показателей. Исследование выполнено согласно требованиям национального стандарта по показателям состояния водоемов в сравнении преобладающих условий с эталонными. Под «эталонными условиями» («reference conditions») понимали «состояние водной экосистемы, ненарушенное деятельностью человека или с незначительными признаками искажения». При этом учитывали, что эталон должен иметь минимальный размер пространственно-временного изменения показателей экосистемы за период ее полного водообмена. Анализ полученных результатов указывает, что из всех изученных показателей в узком интервале значений изменяются концентрации ионов кальция ( $Ca^{2+}$ ) и гидрокарбонат ионов ( $HCO_3^-$ ), а также водородный показатель среды, общая жесткость и минерализация, содержание растворенного в воде кислорода. При значительной вариации перманганатной окисляемости и жесткости воды их абсолютные величины достаточно низкие. Эти показатели соответствуют типу природных вод гидрокарбонатно-кальциевых с низкой минерализацией воды, слабощелочной реакции среды и низким содержанием органических веществ. Они могут быть использованы при

оценке качества воды Телецкого озера в качестве эталонных.

**Keywords:** water resources, Teletskoye Lake, water quality, hydrochemical composition, anthropogenic pollution, long-term variations, average seasonal changes, wastewater treatment.

For practical solution of the problems of the national water sector to preserve natural reservoirs in their natural conditions, it is of interest to study the dynamics of their condition, as this provides information for optimizing their use and management. The priorities of integrated management of water resources and water management systems are recognized by the international principles of “sustainable development” in national water security strategies. Under the conditions of increasing anthropogenic load on natural water bodies, such studies become increasingly relevant. For the unique natural water body, the Teletskoye Lake, the data of lake water hydrochemical studies were analyzed, and the average seasonal and long-term variations of the indices were evaluated. The study was carried out in accordance with the requirements of the national standard of the indices of water body condition in comparison of the prevailing conditions with the reference ones. “Reference conditions” were defined as “the state of an aquatic ecosystem undisturbed by human activity or with minor signs of distortion.” It was taken into account that the reference should have a minimum value of spatial and temporal changes in ecosystem indices over the period of its complete water exchange. The analysis of the results obtained indicates that of all the studied indices, the concentrations of calcium ions ( $Ca^{2+}$ ) and hydrocarbonate ions ( $HCO_3^-$ ) change in a narrow range of values along with pH value, general hardness and mineralization, and content of oxygen dissolved in water. With significant variations in permanganate oxidation and water hardness, their absolute values are quite low. These indices correspond to the type of natural hydrocarbonate-calcium waters with low water mineralization, slightly alkaline reaction and low content of organic substances. They may be used as reference standards when evaluating the water quality of the Teletskoye Lake.

**Давыдов Александр Степанович**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: adav55@yandex.ru.

**Ерин Николай Викторович**, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: k.erin@yandex.ru.

**Davydov Aleksandr Stepanovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: adav55@yandex.ru.

**Erin Nikolay Viktorovich**, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: k.erin@yandex.ru.

**Малкова Надежда Николаевна**, к.х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: i2601@rambler.ru.

**Дробышев Алексей Петрович**, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: zemledelie.asau@mail.ru.

**Malkova Nadezhda Nikolaevna**, Cand. Chem. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: i2601@rambler.ru.

**Drobyshev Aleksey Petrovich**, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: zemledelie.asau@mail.ru.

### Введение

Одной из основных задач национального водного хозяйства является оценка качества природных вод и сохранение природных водоемов. Её практическое решение требует комплексного подхода при соблюдении условия – наличие, полнота и достоверность данных для обоснования, расчета, контроля и прогноза развития ситуации. С этой точки зрения представляет интерес изучение динамики состояния природных водоемов, что дает информацию для оптимизации их использования и управления ими. В условиях увеличивающейся антропогенной нагрузки на природные водные объекты подобные исследования приобретают все большую актуальность.

Охраняемое ЮНЕСКО Телецкое озеро – один из крупнейших водоемов Сибири, является вторым по глубине водоемом после Байкала и одним из наиболее посещаемых туристами мест в Республике Алтай. В северной части Телецкого озера расположены села Артыбаш и Иогач Турочакского района, с которыми связан основной туристический потенциал. Отсутствие канализации в этих селах и слив отходов в озеро приводят к значительному негативному влиянию на уникальную экосистему водоема и в целом на водные ресурсы в бассейне реки Бия.

Приоритеты интегрированного управления водными ресурсами и водохозяйственными системами признаются международными принципами «Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 г.» в национальных стратегиях водной безопасности [1].

**Целью** работы является анализ и оценка динамики изменения гидрохимических показателей поверхностных вод Телецкого озера.

**В задачи** исследования входило:

- изучение данных гидрохимических исследований озерной воды;
- оценка средних сезонных и многолетних вариаций показателей;
- сравнение преобладающих условий с эталонными;

– разработка рекомендаций по использованию поверхностных вод озера для рекреационных целей и орошения приусадебных участков.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования является озеро Телецкое. Оно является самым глубоким водоемом Западной Сибири с объемом озерной чаши 41,1 км<sup>3</sup> воды, внешним водообменом и типично речным уровневый режимом [2]. Водный объект представляет значительный интерес для питьевого, хозяйственного и рекреационного использования [3].

В качестве основного метода исследования в работе использованы данные ретроспективного анализа гидрохимических показателей озерной воды [3]. Статистическую обработку исходных данных выполняли с помощью пакета программ Microsoft Office Excel.

По выборке данных за 1961-2023 гг. рассчитывали среднее значение показателя, стандартное отклонение и коэффициент вариации. Согласно общим правилам, степень рассеивания данных принимали незначительной, если коэффициент вариации меньше 10%; средней – при значениях коэффициента вариации от 10 до 20%; значительной – в интервале значений коэффициента вариации от 20 до 33%. По величине коэффициента вариации выявляли согласованность изменения показателей и оценивали интервал их изменения (узкий, широкий).

### Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время перед национальным водным хозяйством стоят задачи сохранения природных водоемов в их естественных условиях.

Национальным стандартом Российской Федерации предлагается оценивать качество воды по показателям состояния водоемов в сравнении преобладающих условий с эталонными [4]. Под «эталонными условиями» («reference conditions») понимают «состояние водной экосистемы, ненарушенное деятельностью человека или с незначительными признаками искажения» [4]. *Эталон* должен иметь минимальный размер

пространственно-временного изменения показателей экосистемы за период ее полного водообмена – это положение является основным в различных системах мониторинга поверхностных вод [5].

Для исследуемого водного объекта – озеро Телецкое – нами проанализированы и обобщены в авторских работах имеющиеся данные предпосылок, критериев и индикаторов его эталонного состояния с учетом природных особенностей русла и берегов водного объекта, перемещения потока воды, освоенности прибрежной зоны, ретроспективы изменения сопоставимых показателей качества воды озера в целом и его отдельных зон с учетом антропогенного воздействия за период с 1961 г. по настоящее время [6, 7]. Воды озера нейтральные и слабощелочные, величина рН за исследуемый период находилась в интервале от 6,9 до 7,8. Минерализация не превышала 0,2 г/л. Биогенные вещества имеют как природные, так и антропогенные источники поступления. Максимальное количество

азотистых соединений отмечается в прибрежной зоне населенных пунктов и турбаз. Содержание нефтепродуктов имеет сезонный характер и заметно снижается в конце навигации.

Результаты анализа пространственно-временного изменения показателей качества озерной воды, её средних многолетних и сезонных вариаций представлены в таблице.

Многолетние и сезонные значения общих показателей и ионного состава воды выбраны нами по данным Телецкой озерной станции (Селегей В.В. и др.). Регулярные наблюдения проводились у с. Артыбаш (крайняя северо-западная часть озера), пос. Яйлю (на стыке широтной и меридиональной частей озера). Общее количество исследований проб воды за этот период составило: рН – 367; общая минерализация и перманганатная окисляемость – 160 и 152; содержание растворенного в воде кислорода и углекислого газа – 336 и 332; содержание общего железа и фосфора – 153 и 154 соответственно; нитрат и нитрит ионов – 152 и 143.

Таблица

**Анализ показателей качества воды Телецкого озера (для п исследований, где п от 12 до 36)**

Показатель	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации		
			многолетний	сезонный	
Водородный показатель, ед.	7,497647	0,186398	2,5		
Общая минерализация, мг/л	85,58571	10,59505	12,4		
Общая жесткость, градус	0,865556	0,065522	8,9		
Содержание ионов Na <sup>+</sup> , мг/л	6,766667	1,320038	19,5		
Перманганатная окисляемость, мгО/л	3,091667	0,277843	25	7,8	
Содержание ионов Ca <sup>2+</sup> , мг/л	12,94706	1,18697	9,1	3,3	
Содержание ионов HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	53,92143	5,506804	10,2	3,1	
Содержание ионов Mg <sup>2+</sup> , мг/л	0,204615	0,007763	15,0	3,9	
Содержание ионов Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/л	0,115385	0,019415		17,6	
Содержание кислорода, мг/л	11,067	0,445896		3,2	
Содержание ионов SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг-экв/л	0,13	0,009608		7,7	
Содержание ионов Cl <sup>-</sup> , мг-экв/л	0,031667	0,003892		12,3	
Содержание железа, мг/л	2,230769	0,131559		5,9	
содержание фосфора, мг/л	0,533846	0,129778		24,5	
Содержание нитрит ионов NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	3,092308	0,266025		8,9	
Содержание CO <sub>2</sub> , мг/л	3,881818	0,911941		24,8	
Значения УКИЗВ, ед.	п. Артыбаш	1,340714	0,343969	25,6	
	п. Яйлю	1,127857	0,38377	33,6	
	Кыгинский залив	1,099286	0,381968	34,5	

Примечание. УКИЗВ – удельный комбинаторный индекс загрязнённости воды.

Значения УКИЗВ, рассчитанного по 9 показателям, проанализированы по данным исследований Алтайского регионального института «Экология» Республики Алтай за 14 лет (Робертус Ю.В. и др., 2005-2019) на постах государственной наблюдательной сети (ГНС) в районах

селитебных зон населенных пунктов Артыбаш, Иогач, Яйлю и Кыгинском заливе.

Согласно данным анализа гидрохимического состава вод Телецкого озера, приведенным в таблице, для средних сезонных вариаций незначительная степень рассеивания значений

показателей определяется для ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ), сульфат ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), нитрит ( $\text{NO}_2^-$ ) и гидрокарбонат ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ), общего железа и растворенного в воде кислорода. Средняя степень рассеивания значений определяется для показателей содержания в воде суммы ионов натрия и калия  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  и хлорид ионов ( $\text{Cl}^-$ ). Значительная степень рассеивания значений устанавливается для показателей содержания в воде общего фосфора и углекислого газа.

Для средних многолетних вариаций незначительная степень рассеивания устанавливается для показателей содержания в воде ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и гидрокарбонат ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ), водородного показателя и общей жесткости воды. Средняя степень рассеивания значений определяется для показателей содержания в воде ионов магния ( $\text{Mg}^{2+}$ ) и натрия ( $\text{Na}^+$ ), общей минерализации воды. Изменения показателя удельной величины комбинаторного индекса загрязненности воды в районах селитебных зон находятся в пределах значительной степени рассеивания значений. Это свидетельствует о том, что в период массового скопления людей на ограниченной территории в летний период происходит интенсивное поступление загрязняющих органических веществ в водоем. На это указывает показатель химического и биологического потребления кислорода (БПК), имеющий значение более 3-4 мг/л в прибрежных зонах селитебных территорий.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что водородный показатель среды, общая жесткость и минерализация, содержание растворенного в воде кислорода, при значительной вариации перманганатной окисляемости и жесткости воды, в целом имеют абсолютные величины достаточно низкие. Эти показатели могут быть использованы при оценке качества поверхностных вод Телецкого озера в качестве эталонных.

### Заключение

Телецкое озеро на протяжении длительного времени в условиях значительного антропогенного воздействия сохраняет свои природные особенности, но отмечается динамика ухудшения качественных показателей воды в летний период. Это подтверждается результатами оценки средних многолетних и сезонных вариаций

показателей гидрохимического состава поверхностных вод.

В узком интервале значений изменяются показатели основного ионного состава воды, водородный показатель и минерализация, содержание растворенного в воде кислорода. Их абсолютные величины достаточно низкие, и они могут быть использованы при оценке качества поверхностных вод Телецкого озера в качестве эталонных.

В связи с тем, что прибрежная акватория озера предназначена для рекреационных целей, а на приусадебных участках в селах Артыбаш и Иогач вода используется для орошения с целью получения экологически чистой овощной продукции, необходимо предусмотреть мероприятия по недопущению дальнейшего загрязнения озерной воды.

Для оздоровления Телецкого озера в целях обеспечения достижения показателей и задач Федерального проекта «Сохранение уникальных водных объектов» необходимо строительство канализационных очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод, наружных сетей канализации в сёлах Артыбаш и Иогач Турочакского района.

### Библиографический список

1. Transforming Our World: An Agenda in the Field sustainable development until 2030: resolution of the UN General Assembly, 2015. – 44 p. Text : electronic. – access mode <https://www.un.org/sustainable-development/ru/about/development-agenda/> (accessed 03.02.2024).
2. Зиновьев, А. Т. Анализ колебаний уровней воды на Телецком озере / А. Т. Зиновьев, К. Б. Кошелев, Е. Д. Кошелева. – Текст: электронный // Известия Алтайского отделения русского географического общества. – 2019. – № 4 (55). – С. 68-76. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-kolebaniy-urovney-vody-na-teletskom-ozere/viewer> (дата обращения: 03.02.2024).
3. Оценка качества воды Телецкого озера на пригодность использования при орошении и сельскохозяйственном водоснабжении в бассейне реки Бия / Н. В. Ерин, А. С. Давыдов, Н. Н. Малкова, А. П. Дробышев. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-229-11-50-55. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 11 (229). – С. 50-55.

4. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57567-2017. Качество воды. Определение гидроморфологических показателей состояния рек, дата введения 2018-02-01. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 16 с. – Текст: непосредственный.

5. Шабанов, В. В. Ведение мониторинга водных объектов в современных условиях: монография / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 151 с. – Текст: непосредственный.

6. Ерин, Н. В. Анализ эталонных условий Телецкого озера / Н. В. Ерин. – Текст: непосредственный // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2. – С. 117-120.

7. Ерин, Н. В. Оценка природоохранной эффективности озера Телецкое / Н. В. Ерин, А. С. Давыдов, Н. Н. Малкова. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-221-3-34-40. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 3 (221). – С. 34-40. – DOI: 10.53083/1996-4277-2023-221-3-34-40.

#### References

1. Transforming Our World: An Agenda in the Field sustainable development until 2030: Resolution of the UN General Assembly, 2015. - 44 p. Access mode <https://www.un.org/sustainable-development/ru/about/development-agenda/> (accessed 03.02.2024).

2. Zinovev, A.T. Analiz kolebanii urovnei vody na Teletskom ozere / A.T. Zinovev, K.B. Koshelev, E.D. Kosheleva // Izvestiia Altaiskogo otdeleniia Russkogo geograficheskogo obshchestva. – 2019. – No. 4 (55). – S. 68-76. – DOI: 10.24411/2410-1192-2019-15507.

3. Erin N.V. Otsenka kachestva vody Teletskogo ozera na prigodnost ispolzovaniia pri oroshenii i selskokhoziaistvennom vodosnabzhenii v basseine reki Biia / N.V. Erin, A.S. Davydov, N.N. Malkova, A.P. Drobyshev // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2023. – No. 11 (229). – S. 50-55.

4. Natsionalnyi standart Rossiiskoi Federatsii GOST R 57567–2017 Kachestvo vody. Opredelenie gidromorfologicheskikh pokazatelei sostoianii rek, data vvedeniia 2018-02-01. – Moskva: Standartinform, 2019. – 16 s.

5. Shabanov V.V., Markin V.N. Vedение monitoringa vodnykh obiektov v sovremennykh usloviakh: monografiia / V.V. Shabanov, V.N. Markin. – Moskva: Izd-vo RGAU–MSKhA, 2015. – 151 s.

6. Erin N.V. Analiz etalonnykh uslovii Teletskogo ozera / N.V. Erin // Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 2. – S. 117-120.

7. Erin N.V. Otsenka prirodookhrannoi effektivnosti ozera Teletskoe / N.V. Erin, A.S. Davydov, N.N. Malkova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 3. – S. 34-40.

