

Уникальные соленые Тажеранские озера (Прибайкальский национальный парк): первые данные о кислородном режиме

Н. В. Шадрин¹✉, Е. В. Ануфриева¹, Д. Д. Гасснев¹,
Е. П. Щапова², Я. А. Ржечицкий², С. А. Черкашина²

¹Федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН», Российская Федерация
(299011, г. Севастополь, пр. Нахимова, 2)

²НИИ биологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»,
Российская Федерация
(664025, г. Иркутск, ул. Ленина, 3)

Аннотация: Цель – геоэкологическая оценка состояния Тажеранских озер в летний период 2022, 2024 и 2025 гг. по результатам трех экспедиций.

Материалы и методы. Было изучено 9 соленых озер в Тажеранской степи. Для измерения параметров использовали: люксметр СЕМ DT-1309, OPPL Light-master-II, рефрактометр RHS-28BAC Kelilong, термометр Checktemp 1, HANNA Instruments, pH-метр HI 98129 COMBO и кислородомер EXTECH 407510.

Результаты и обсуждение. Впервые изучена вариабельность концентрации кислорода, температуры, освещенности, солености, pH и др. Озера резко различались друг от друга по солености, от 5 до 40 г/л. Концентрация кислорода изменялась от 7,3 до 12,5 мг/л. Средняя освещенность днем 25 июля 2024 г. была в 3,4 раза меньше, чем 26 июля. 26 июля в солнечную погоду средняя концентрация кислорода равнялась 8,4 мг/л, а 25 июля в облачную – 11,2 мг/л, 127 % насыщения. Накануне 24 июля, была солнечная погода, и за этот день в воде накопилось столько кислорода, что его расход ночью не сильно понизил концентрацию, и утром наблюдалось перенасыщение.

Выводы. Отмечена высокая изменчивость экосистемных характеристик озер на разных временных масштабах. Анализируя данные многолетних изменений концентрации кислорода в водоемах, необходимо учитывать особенности кратковременной вариабельности. Наблюдаемая концентрация кислорода не может быть правильно интерпретирована, учитывая только текущие характеристики поступления солнечной радиации на поверхность водоема. Необходимо знание также этих характеристик и в предыдущие дни.

Ключевые слова: Тажеранские озера, Прибайкалье, концентрация кислорода, соленость, освещенность.

Источник финансирования: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>.

Для цитирования: Шадрин Н. В., Ануфриева Е. В., Гасснев Д. Д., Щапова Е. П., Ржечицкий Я. А., Черкашина С. А. Уникальные соленые Тажеранские озера (Прибайкальский национальный парк): первые данные о кислородном режиме // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2026, № 1, с. 152-159. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/1/152-159>

ВВЕДЕНИЕ

Экосистемы водоемов существуют в условиях временной изменчивости множества факторов окружающей среды на разных временных и пространственных масштабах одновременно [14]. Все эти изменения взаимосвязаны на всех масштабах, от минут до тысячелетий, и включают как детерминированные составляющие (например, суточные или сезонные циклы), так и стохастические [11, 16]. При этом исследователи, как правило, склонны уделять непропорционально больше внимания долговременным изменениям окружающей среды, которые сложно понять и оценить без рассмотрения колебаний, происходящих на всех меньших масштабах времени [14]. Методологию рассмотрения взаимосвязи изменений, происходящих в водоемах

на разных временных масштабах, нельзя считать достаточно разработанной, для ее развития необходимо накопление данных по разным типам водоемов. Исходя из фразы Г. Г. Винберга: «Чем мельче водоем, тем глубже наука» (Винберг, устные сообщения), необходимо больше внимания уделять малым водоемам, где изменчивость на всех масштабах выражена сильней. Актуальность изучения малых озер определяется и тем, что их глобальная суммарная роль огромна [13]. Существует 136 млн озер площадью от 0,002 до 0,01 км² с суммарной площадью поверхности более 510 тыс. км² [19]. В связи с этим весьма интересны уникальные соленые Тажеранские озера, расположенные на территории Прибайкальского национального парка [5, 7].

© Шадрин Н. В., Ануфриева Е. В., Гасснев Д. Д., Щапова Е. П., Ржечицкий Я. А., Черкашина С. А., 2026

✉ Шадрин Николай Васильевич, e-mail: snickolai@yandex.com



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

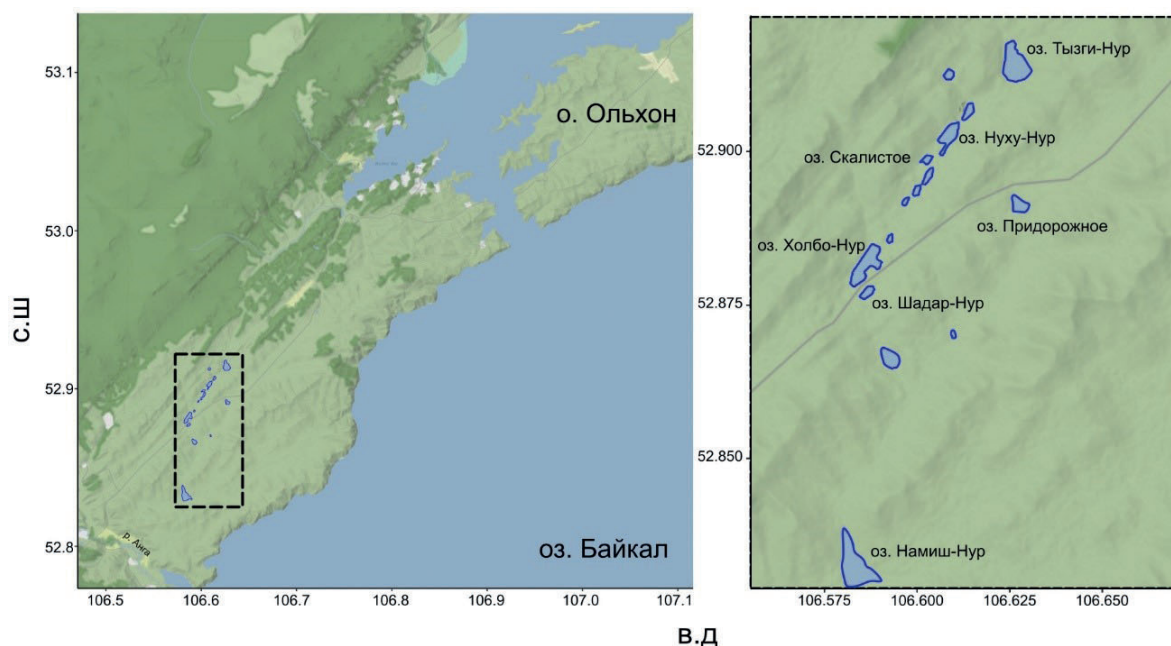


Рис. 1. Тажеранские озера на картах разного масштаба (а – карта региона оз. Байкал, б – карта Тажеранской степи)

[Fig. 1. The Tajeran lakes on maps of various scales (a – map showing the Baikal Lake area, b – map highlighting the Tajeran steppe)]

Цель исследования – оценка кислородного режима Тажеранских озер и факторов, влияющих на него, в летний период 2022, 2024 и 2025 гг. по результатам трех экспедиций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озера расположены в Тажеранской степи, протянувшейся от р. Анга на юге до пролива Ольхонские Ворота на севере, между оз. Байкал на востоке и Приморским хребтом на западе (рис. 1), 35-40 км в длину и 10-15 км в ширину [3, 5, 7].

Тажеранский массив имеет древнее происхождение (возраст 300-460 млн. лет) и представлен щелочными и нефелиновыми сиенитами, в нем доминирует эрозионно-денудационный рельеф с упрощенными поверхностями гребней и куполообразными вершинами [8]. Абсолютная высота степей колеблется от 557 до 675 м над уровнем моря. Резко континентальный климат имеет здесь местные особенности (наибольшее количество солнечных дней и аридность), годовое количество осадков 150-250 мм, наименьшее во всей Байкальской впадине [2, 8]. Система озер тектонического происхождения представляет цепочку бессточных мелководных водоемов, расположенных на разном расстоянии друг от друга (рис. 2). Соленость в них различна и сильно колеблется (от 1 до более 100 г/л), питание происходит за счет грунтовых вод и атмосферных осадков, реже и родников [3, 5, 8].

В настоящее время в регионе прослеживается аридизация климата [6], с чем, скорее всего, и связано наблюдаемое усыхание озер. Часть озер в результате исчезла, а суммарная площадь оставшихся с 2008 г. уменьшилась к 2017 г. почти в два раза [7]. Озера раз-

личаются не только величинами общей солености, но и составом растворенных солей, с севера на юг в них происходит смена гидрокарбонатно-магниевых вод на сульфатно-натриевые через сульфатно-магниевые [3]. На небольшой территории имеются водоемы с разными гидрохимическими классами вод, что добавляет этой системе озер привлекательности как полигона для исследований. Озера эпизодически изучались биологами, есть списки видов для ряда групп организмов, прежде всего зоопланктона [4, 5, 7]. Сравнение результатов исследований в разные годы показало, что и абиотические параметры, и таксономический состав сообществ, демонстрируют значительные сезонные и межгодовые различия во всех озерах.

В 2022 г. четыре озера были изучены 28 июля, определяли температуру, соленость и pH. В 2024 г. исследования проведены 25 и 26 августа на 8 озерах, определяли температуру, освещенность, соленость, pH и концентрацию кислорода, а также облачность, осадки и ветер. Озера посетили также в марте и июне 2025 г. Координаты точек и высоту определяли с помощью GPS-навигатора Garmin GPSMap 64 RUS (США). При измерении параметров среды использовали приборы: для определения освещенности – люксметр СЕМ DT-1309 (Китай) и OPPL Light-master-II (Китай), солености – рефрактометр RHS-28BATC Kelilong (Китай), температуры – термометр Checktemp 1, HANNA Instruments (Румыния), pH – карманный pH-метр HI 98129 COMBO (Германия) и концентрации кислорода – кислородомер EXTECH 407510 (США). Облачность и осадки оценивали визуально, погодные показатели взяты с сайта <https://world-weather.ru/pogoda/russia/>

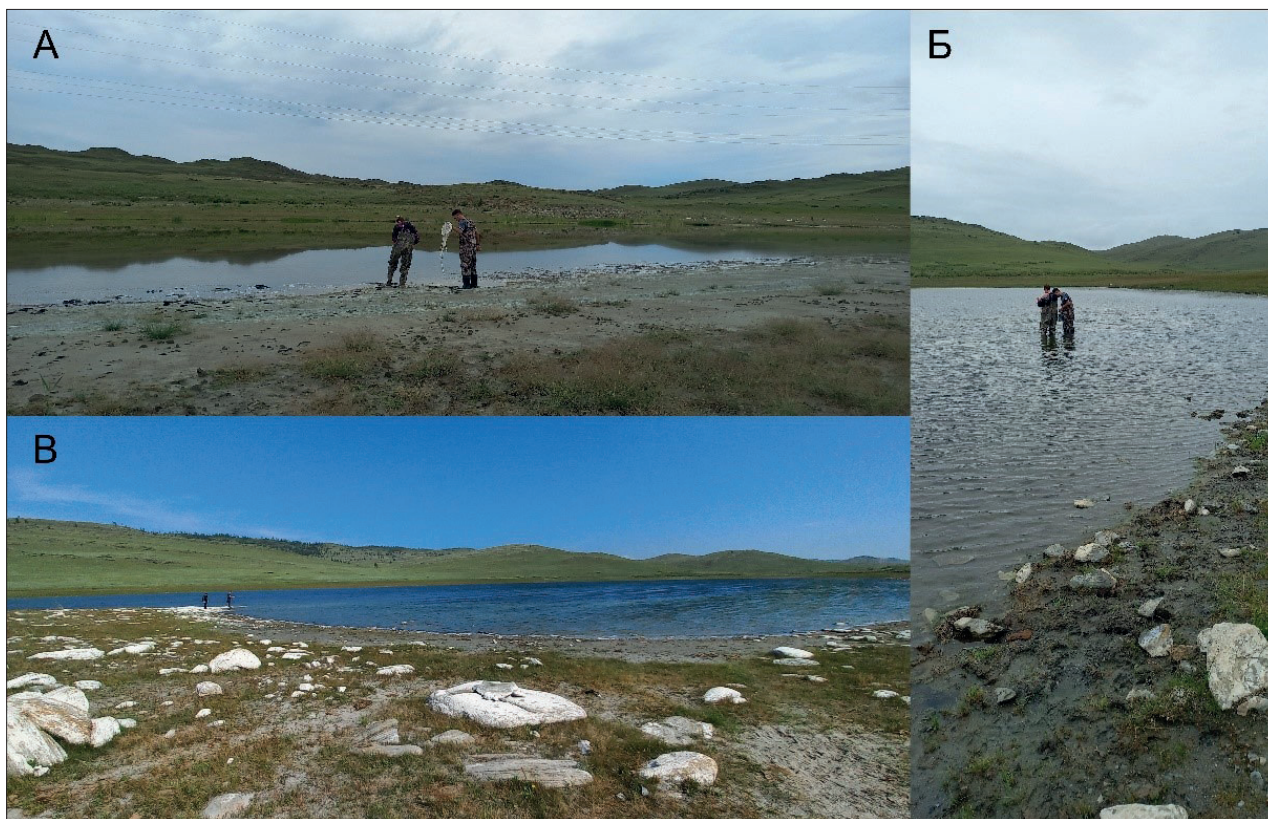


Рис. 2. Виды разных Тажеранских озер
 [Fig. 2. Pictures of different the Tajeran lakes]

uelantsy/. Полученные данные были подвергнуты стандартной статистической обработке, определяли средние значения, коэффициенты вариации (CV) и корреляции (R), параметры регрессионных уравнений. Расчет степени насыщения кислородом осуществлялся стандартным способом с учетом атмосферного давления и негативной зависимости растворимости кислорода от солености и температуры [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первичные данные за 2024 г. представлены в таблицах 1 и 2, данные за 2022 и 2025 гг. отдельно не анализировали и использовали только в сравнительных целях. Погодные условия 25 и 26 июля 2024 г. резко различались: 25 июля была пасмурная погода с дождем после 12.30-13.00 часов, дождь шел почти постоянно днем и ночью. 26 июля был солнечный день с небольшим усиливающимся ветром. 24 июля, день до начала наблюдений, был с утра солнечным, а затем немного облачным. Освещенность, т.е. поступающая на поверхность озер солнечная радиация, также в эти два дня наблюдений резко различалась, как и ее дневной ход (рис. 3). 25 июля облачность днем росла, а освещенность соответственно уменьшалась, в солнечный день 26 июля освещенность росла. Средняя освещенность 25 июля была в 3,4 раза меньше, чем 26 июля. Величины освещенности в 14 часов различались в 6 раз. Средняя дневная температура в пасмурный день 25 июля составила 23,8 °C (CV=0,021), а в следующий солнечный день – 26,0 °C (CV=0,049). 28 июля 2022 г. средняя

температура воды в озерах была 16,8 °C. В 2024 г. pH был всегда и везде достаточно высок, и статистически не различался 25 и 26 июля, 9,41 (CV=0,047) и 9,29 (CV=0,031), соответственно. В июле 2022 г. отмечен тот же диапазон pH, в среднем 9,7 (CV= 0,047).

Концентрация кислорода колебалась в широких пределах, от 7,3 до 12,5 мг/л (см. табл. 2). Концентрация кислорода никак не коррелировала с соленостью в общей выборке и отдельно 25 июля, но 26 июля отмечена достоверная негативная связь между ними (R = -0,963, p = 0,001):

$$C_o = 11,37 - 1,100 \ln (S), \quad (1)$$

где C_o – концентрация кислорода, мг/л, S – соленость, г/л.

Озера резко различались друг от друга по солености, от 2 до 41 г/л. Сравнение озер по солености в 2022 г. не позволяет определить однозначный тренд, в одних озерах соленость несколько повысилась, в других – уменьшилась. Например, в оз. Нуху-Нур соленость увеличилась примерно с 2-5 до 10 г/л, а в рядом расположенном Гурби-Нур практически не изменилась, 42 и 41 г/л. Вероятно, в питании одних озер большую роль в поступлении играют грунтовые воды, а в других – атмосферные осадки. В озерах произошли и видимые биотические изменения, но им будет посвящено другое исследование.

Достоверная негативная корреляция между pH и температурой (T) выявлена для каждого дня, для 25 июля она может быть описана уравнением (R = -0,994, p = 0,005):

Таблица 1

Общие характеристики изученных Тажеранских озер и времени наблюдения
 [Table 1. General characteristics of the studied Tajeran Lakes and observation time]

Озеро / Lake	Координаты, N/E / Coordinates, N/E	Дата, время / Date, time	Высота н.у.м., м / Height a.s.l., m	Площадь, км ² / Area, km ²	Температура воздуха, °С / Air temperature, °С	Облачность, дождь, ветер / Cloudiness, rain, wind
Шадар-Нур	52.877530 106.58600	25.07.2024, 11:21	628	0,016	17	Облачность очень слабая, дождя нет, ветер СЗ, 3 м/с
Придорожное	52°53.447' 106°37.717'	25.07.2024, 12:09	645	0,023	16	Облачность около 60 %, дождя нет, ветер СЗ, 3 м/с
Тызги-Нур	52°54.827' 106°37.430'	25.07.2024, 13:11	568	0,032	17	Облачность 70-80%, дождя нет, ветер С, 1,5 м/с
Нуху-Нур	52°54.125' 106°36.466'	25.07.2024, 13:44	561	0,071	16	Пасмурно, дождь, ветер С, 1,5 м/с
		25.07.2024, 14:05	561	0,071	16	Пасмурно, дождь, ветер С, 1,5 м/с
		26.07.2024, 10:11	561	0,071	21	Легкая облачность, ветер СВ, 1,2 м/с
Гурби-Нур	52°53.786' 106°36.243'	26.07.2024, 10:44	564	0,010	22	Ясно, ветер СВ, 1,2 м/с
Безымянное или Скалистое	52°53.945' 106°36.127'	26.07.2024, 11:06	557	0,011	22	Ясно, ветер СВ, 1,2 м/с
Холбо-Нур	52°52.780' 106°35.049'	26.07.2024, 12:28	549	0,101	22	Ясно, ветер В, 2,6 м/с
Намиш-Нур	52°49.840' 106°35.231'	26.07.2024, 14:30	549	0,254	30	Ясно, ветер В, 1,6 м/с

Таблица 2

Значения изученных факторов среды в Тажеранских озерах 25-26 июля 2024 г.
 [Table 2. The values of the studied environmental factors in the Tajeran Lakes, during July 25-26, 2024]

Озеро / Lake	Освещенность, клк / Light intensity, klx	Температура воды, °С / Water temperature, °С	pH	Концентрация кислорода, мг/л / Oxygen concentration, mg/l	Насыщение воды кислородом, % / Oxygen saturation, %	Соленость, г/л / Salinity, g/l
Шадар-Нур	45	24,5	8,77	10,1	136	37
Придорожное	39	23,6	9,47	11,1	142	30
Тызги-Нур	37	23,4	9,73	12,5	140	14
Нуху-Нур, 25.07.2024	34	23,5	9,66	8,0	90	2
Нуху-Нур, 26.07.2024	112500	24,0	9,73	8,7	98	2
Гурби-Нур	120000	25,4	9,41	7,5	103	41
Безымянное или Скалистое	113300	26,8	9,21	7,3	101	31
Холбо-Нур	114900	26,9	9,10	8,7	109	16
Намиш-Нур	>200000	26,8	9,01	9,6	141	5

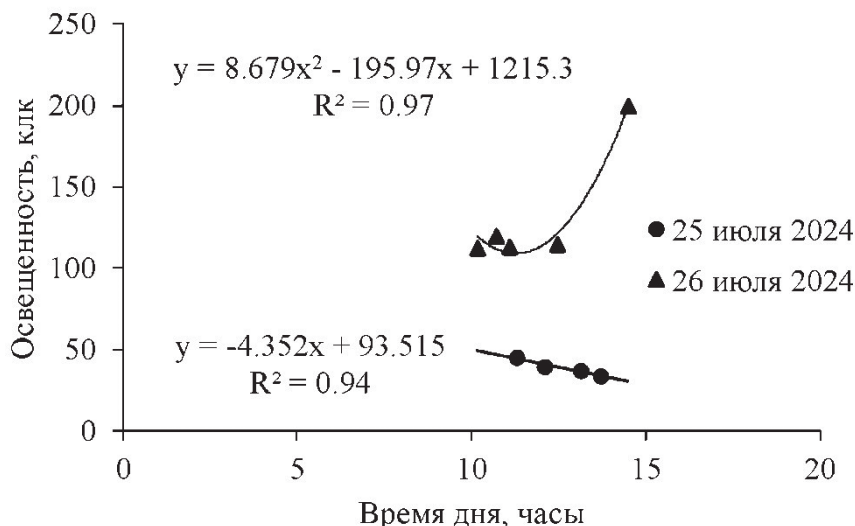


Рис. 3. Дневные изменения значений освещенности на поверхности Тажеранских озер 25 и 26 июля 2024 г.
 [Fig. 3. Daytime changes in light intensity levels on the surface of the Tajeran Lakes during July 25 and 26, 2024]

$pH = 29,87 - 0,86 T,$ (2)
 для 26 июля ($R = 0,969, p = 0,005$):
 $pH = 14,98 - 0,22 T,$ (3)

Не найдено достоверных корреляций между pH и другими факторами.

В марте 2025 г. из пяти исследованных озер одно оказалось полностью сухим, остальные были покрыты льдом толщиной до 110 см. Только в двух озерах под ледяным покровом обнаружился слой воды с температурой 0,1 °С. В воде отсутствовал кислород, зато из пробуренных скважин ощущался сильный запах сероводорода.

В июне 2025 г. погодные условия были схожи с июлем 2024 г., и в день посещения стояла солнечная погода. Из пяти озер, которые посетили, только в двух была вода (Нуху-Нур и Холбо-Нур), уровень солености в них остался прежним, как в июле 2024 г. В двух озерах, где вода была обнаружена, содержание кислорода составляло 110 и 406 % насыщения (в более соленом), соответственно. В этом озере массово присутствовали макрофиты, интенсивно выделявшие кислород при солнечной погоде.

Концентрация кислорода и ее динамика являются важными показателями продуктивности и общего состояния водоемов [1, 10, 18]. Знание влияния различных факторов на ее вариабельность необходимо для понимания формирования кислородного режима в водоеме. 26 июля отмечена достоверная негативная связь между ними концентрацией кислорода и соленостью. Эту зависимость легко объяснить, т.к. растворимость кислорода уменьшается с увеличением солености [10]. Однако, данная зависимость в водоемах наблюдается не всегда, а только в тех случаях, когда обмен с атмосферой играет большую роль, чем суммарный фотосинтез [11].

Следует отметить, что за исключением двух случаев процент насыщения воды кислородом в Тажеранских озерах был выше 100 %, что довольно обычно летом в соленых водоемах [11, 12, 17, 19]. Такая высокая скорость продуцирования обусловлена визуально наблюдаемым интенсивным развитием биопленок в одних озерах и макрофитов в других. Наличие высоких концентраций кислорода в соленых озерах при высокой температуре, на первый взгляд, может выглядеть парадоксально. Повышение солености, как и температуры, ведет к уменьшению растворимости кислорода. Однако этот феномен имеет вполне логичное объяснение [11]. Концентрация кислорода в значительной степени является результатом трех процессов: фотосинтеза, дыхания и обмена с атмосферой. Скорости разнонаправленных процессов фотосинтеза и дыхания увеличиваются с ростом температуры, при этом увеличивается и их разность. Коэффициент обмена водоема и атмосферы кислородом негативно связан с температурой, т.е. рост будет уменьшать отток кислорода из водоема в случаях его концентраций выше насыщающей. В результате скорость накопления кислорода в воде с ростом температуры растет, а отток его в атмосферу падает. В таких условиях при наличии большого количества солнечных дней в Тажеранских степях можно предположить, что озера летом выступают значимым поставщиком кислорода в атмосферу. Летом в период массового развития микроводорослей перенасыщение воды кислородом, до 200 % насыщения, может наблюдаться и в волжских водохранилищах [9].

Несмотря на частичную облачность, 25 июля до наступления 100 % облачности концентрация кислорода в среднем была выше насыщения и равна 11,2 мг/л, что выше, чем 26 июля в солнечную погоду. На первый

взгляд, это выглядит парадоксально, т.к. фотосинтез в пасмурную погоду явно ниже. Однако, если принять во внимание 24 июля, когда была солнечная погода, то этим можно все объяснить. Вероятно, за этот день в водоеме было накоплено столько кислорода, что его расход ночью не сильно понизил концентрацию, и даже к утру в озерах наблюдалось перенасыщение. Подобное отмечено в гиперсоленой лагуне Сиваш, где даже к рассвету насыщение кислородом было значительно выше 100 % [11]. Из этого следует вывод, что нельзя судить о концентрации кислорода в водоеме только по текущему значению освещенности. В данном случае можно сказать, что в определенной степени мы имеем дело с «памятью экосистемы» о вчерашних условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты и литературные данные [4, 5, 7] позволяют говорить о высокой изменчивости экосистемных характеристик озер на разных временных масштабах. Впервые дана оценка концентрации кислорода в Тажеранских озерах, что представляют широкий методический интерес. Анализируя данные многолетних изменений концентрации кислорода в водоемах, необходимо учитывать особенности кратковременной variability. Наблюдаемая концентрация кислорода не может быть правильно интерпретирована, учитывая только текущие характеристики поступления солнечной радиации на поверхность водоема. Необходимо знание также этих характеристик и в предыдущие дни. В целом, Тажеранские озера являются хорошим полигоном для изучения взаимосвязи изменений в экосистемах на разных временных масштабах, и комплексные исследования на них, несомненно, надо продолжать и расширять.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов А. Ф., Богатов В. В., Голубков С. М. *Продукционная гидробиология*. Санкт-Петербург: Наука, 2013. 343 с.
2. Баженова О. И., Мартыанова Г. Н. Современные морфоклиматические режимы степей и лесостепей Сибири // *География и природные ресурсы*, 2002, № 3, с. 57-64.
3. Геохимические факторы аутигенного минералообразования в донных отложениях озер Тажеранской системы (Прибайкалье) / В. Д. Страховенко, Э. П. Солотчина, Ю. С. Восель, П. А. Солотчин // *Геология и геофизика*, 2015, т. 56, № 10, с. 1825-1841.
4. Гидрофауна Тажеранских степных озер / О. Г. Пенькова, Н. Г. Шевелева, И. В. Аров, И. В. Коровякова, Н. В. Макаркина // *Труды Прибайкальского национального парка*, 2007, № 2, с. 86-112.
5. Ермолаева Н. И., Феттер Г. В. Влияние ионного состава воды на структуру зоопланктона озер Тажеранской степи (западное Прибайкалье) // *Аридные экосистемы*, 2021, т. 27, № 4 (89), с. 107-117.
6. Карбонаты в осадочной летописи соленого озера Цаган-Тырм (Западное Прибайкалье): новый тип палеоклиматических сигналов высокого разрешения / Э. П. Солотчина, Е. В. Скляр, Е. Г. Вологина, Л. А. Орлова, О. А. Скляр, П. А. Солотчин, В. Н. Столповская, В. С. Федоровский, О. М. Хлыстов // *Доклады Академии наук*, 2008, т. 421, № 3, с. 391-398.

7. Макаркина Н. В., Шевелева Н. Г. Видовой состав и продуктивность зоопланктона Тажеранских солоноватых озер (Прибайкалье) // *Вестник Томского государственного университета*, 2008, № 316, с. 191-195.

8. Нестерова Л. А., Полякова С. Д., Гильдеева И. М. Исследование почв как индикатора состояния природной среды Тажеранской степи (Приольхонье) // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*, 2017, вып. 47, с. 157-166.

9. Селезнева К. В., Селезнева А. В., Селезнев В. А. Содержание растворенного кислорода в воде Куйбышевского водохранилища в условиях массового развития водорослей // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 3, с. 97-108.

10. Шадрин Н. В. *Дополнительность общего и уникального, случайности и необходимости в экологии водоемов*. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2024. 136 с.

11. Daily and other short-term changes in the ecosystem components of the world's largest hypersaline lagoon Bay Sivash (Crimea) / Shadrin N., Latushkin A., Yakovenko V., Prazukin A., Anufrieva E. // *Regional Studies in Marine Science*, 2024, vol. 77, art. no. 103643.

12. Daily Rhythms and Oxygen Balance in the Hypersaline Lake Moynaki (Crimea) / Shadrin N., Anufrieva E., Latushkin A., Prazukin A., Yakovenko V. // *Water*, 2022, vol. 14, iss. 22, pp. 3753.

13. Downing J. A. Emerging global role of small lakes and ponds: little things mean a lot // *Limnetica*, 2010, vol. 29, no. 1, pp. 9-24.

14. Environmental variability in aquatic ecosystems: avenues for future multifactorial experiments / Gerhard M., Koussorolis A. M., Raatz M., Pansch C., Fey S. B., Vajedsamiei J., Caldero-Pascual M., Cunillera-Montcusi D., Juvigny-Khenafou N. P., Polazzo F., Thomas P. K., Symons C. C., Beklioğlu M., Berger S. A., Chefaoui R. M., Ali Ger K., Langenheder S., Nejstgaard J. C., Ptacnik R., Striebel M. // *Limnology and Oceanography Letters*, 2023, vol. 8, iss. 2, pp. 247-266.

15. Eutrophication overcoming carbonate precipitation in a tropical hypersaline coastal lagoon acting as a CO₂ sink (Araucaria Lagoon, SE Brazil) / Cotovicz L. C., Knoppers B. A., Régis C. R., Tremmel D., Costa-Santos S., Abril G. // *Biogeochemistry*, 2021, vol. 156, iss. 2, pp. 231-254.

16. Influence of environmental variability on climate change impacts in marine ecosystems / Pansch C., Raatz M., Comeau S., Hui T. T., Havenhand J. N., Vajedsamiei J., Cornwall C. E. // *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9, pp. 994756.

17. Melack J. M., Kilham P. Photosynthetic rates of phytoplankton in East African alkaline, saline lakes // *Limnology and Oceanography*, 1974, vol. 19, iss. 5, pp. 743-755.

18. Predicting daily net ecosystem production in shallow lakes from dissolved oxygen saturation levels: a pan-European mesocosm experiment and modelling approach / Cao Y., Scharfenberger U., Shatwell T., Adrian R., Agasild H., Angeler D. G., Beklioğlu M., Çakıroğlu A. L., Hejzlar J., Papastergiadou E., Šorf M. // *Hydrobiologia*, 2025, vol. 852, iss. 2, pp. 471-487.

19. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments / Downing J. A., Prairie Y. T., Cole J. J., Duarte C. M., Tranvik L. J., Striegl R. G., McDowell W. H., Kortelainen P., Caraco N. F., Melack J. M., Middelburg J. J. // *Limnology and Oceanography*, 2006, vol. 51, iss. 5, pp. 2388-2397.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 09.10.2025

Принята к публикации: 27.02.2026

The Unique Saline Lakes of Tajeran (Pribaikalsky National Park): the First Data on the Oxygen Regime

N. V. Shadrin¹✉, E. V. Anufrieva¹, D. D. Gassiev¹,
E. P. Shchapova², Ya. A. Rzhechitskiy², S. A. Cherkashina²

¹A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of the RAS,
Russian Federation

(2, Nakhimov Ave., Sevastopol, 299011)

²Irkutsk State University, Russian Federation

(3, Lenin Str., Irkutsk, 664025)

Abstract. The purpose of the study is geoecological assessment of the state of the Tajeran lakes in the summer period of 2022, 2024, and 2025 based on the results of three expeditions.

Materials and methods. Nine saline lakes in the Tajeran steppe were studied. The instruments were used: CEM DT-1309 lux meter, OPPL Light-master-II, Kelilong RHS-28BATC refractometer, Checktemp 1 thermometer, HANNA Instruments, HI 98129 COMBO pH meter, and EXTECH 407510 oxygen meter.

Results and discussion. For the first time, an analysis of oxygen concentration, temperature, illumination, salinity, pH, and other variables was conducted. The lakes exhibited significant salinity variation, ranging from 2 to 41 g/L. Oxygen levels fluctuated between 7,3 and 12,5 mg/L. On July 25, 2024, the average daytime illumination was 3,4 times lower compared to July 26. On July 26, under sunny conditions, the average oxygen concentration was 8,4 mg/L. Conversely, on July 25, with overcast skies, the oxygen level was 11,2 mg/L, representing 127 % saturation. The previous day, July 24, was sunny, allowing sufficient oxygen to accumulate in the water, which persisted through the night without significant reduction, leading to morning supersaturation.

Conclusions. High variability of ecosystem characteristics of lakes across different time scales has been noted. When examining data on long-term changes in oxygen concentration in water bodies, it is essential to consider the specific attributes of short-term fluctuations. The observed oxygen concentration cannot be correctly interpreted based solely on the current characteristics of solar radiation reaching the water surface. Knowledge of these characteristics is also necessary in the previous days.

Key words: Tajeran Lakes, Baikal Region, oxygen concentration, salinity, light intensity.

Funding: The study was supported by the Russian Science Foundation Grant no. 24-66-00001, <https://rscf.ru/project/24-66-00001/>.

For citation: Shadrin N. V., Anufrieva E. V., Gassiev D. D., Shchapova E. P., Rzhechitskiy Ya. A., Cherkashina S. A. The Unique Saline Lakes of Tajeran (Pribaikalsky National Park): the First Data on the Oxygen Regime. *Vestnik Vozrozhdeniya gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografiya. Geoekologia*, 2026, no. 1, pp. 152-159 (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/1/152-159>

REFERENCES

1. Alimov A. F., Bogatov V. V., Golubkov S. M. *Produkcionnaya gidrobiologiya* [Productive hydrobiology]. Saint-Petersburg: Nauka, 2013. 343 p. (In Russ.)
2. Bazhenova O. I., Mart'yanova G. N. Sovremennye morfoklimaticheskie rezhimy stepej i lesostepej Sibiri [Modern morphoclimatic regimes of steppes and forest-steppes of Siberia]. *Geografiya i prirodny'e resursy*, 2002, no. 3, pp. 57-64. (In Russ.)
3. Geohimicheskie faktory autigen'nogo mineraloobrazovaniya v donnyh otlozheniyah ozer Tazheranskoj sistemy (Pribajkal'e) / V. D. Straxovenko, E. P. Solotchina, Yu. S. Vosel', P. A. Solotchin [Geochemical factors of autigenic mineralization in bottom sediments of lakes of the Tagheran system (Baikal region)]. *Geologiya i geofizika*, 2015, vol. 56, no. 10, pp. 1825-1841. (In Russ.)
4. Gidrofauna Tazheranskih stepnyh ozer [The hydrofauna of the Tagheran steppe lakes] / O. G. Pen'kova, N. G. Sheveleva, I. V. Arov, I. V. Korovyakova, N. V. Makarkina. *Trudy Pribajkalskogo nacional'nogo parka*, 2007, no. 2, pp. 86-112. (In Russ.)
5. Ermolaeva N. I., Fetter G. V. Vliyanie ionnogo sostava vody na strukturu zooplanktona ozer Tazheranskoj stepi (zapadnoe Pribajkal'e) [Influence of the ionic composition of water on the zooplankton structure of lakes of the Tagheran steppe (Western Baikal region)]. *Aridny'e e'kosisistemy*, 2021, vol. 27, no. 4 (89), pp. 107-117. (In Russ.)
6. Karbonaty v osadochnoj letopisi solenogo ozera Cagan-Tyrm (Zapadnoe Pribajkal'e): novyj tip paleoklimaticheskikh signalov vysokogo razresheniya [Carbonates in the sedimentary record of the salt lake Tsagan-Tyrm (Western Baikal region): a new type of high-resolution paleoclimatic signals] / E. P. Solotchina, E. V. Sklyarov, E. G. Vologina, L. A. Orlova, O. A. Sklyarova, P. A. Solotchin, V. N. Stolpovskaya, V. S. Fedorovskij, O. M. Hlystov. *Doklady Akademii nauk*, 2008, vol. 421, no. 3, pp. 391-398. (In Russ.)
7. Makarkina N. V., Sheveleva N. G. Vidovoj sostav i produktivnost' zooplanktona Tazheranskih solonovatyh ozer (Pribajkal'e) [Species composition and productivity of zooplankton of Tagheran

© Shadrin N. V., Anufrieva E. V., Gassiev D. D., Shchapova E. P., Rzhechitskiy Ya. A., Cherkashina S. A., 2026

✉ Nikolay V. Shadrin, e-mail: snickolai@yandex.com



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

brackish lakes (Baikal region)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvenno-go universiteta*, 2008, no. 316, pp. 191-195. (In Russ.)

8. Nesterova L.A., Polyakova S.D., Gil'deeva I.M. Issledovanie pochv kak indikatora sostoyaniya prirodnoy sredy Tazheranskoj stepi (Priol'hon'e) [Study of soils as an indicator of the state of the natural environment of the Tagheran steppe (Priolkhonye)]. *Ucheny'e zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2017, vy' p. 47, pp. 157-166. (In Russ.)

9. Selezneva K.V., Selezneva A.V., Seleznev V.A. Soderzhanie rastvorennogo kisloroda v vode Kujbyshevskogo vodohranilishcha v usloviyah massovogo razvitiya vodoroslej [The Content of Dissolved Oxygen in the Water of the Kuibyshev Reservoir Under Conditions of Mass Development of Algae]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografija. Geokologiya*, 2022, no. 3, pp. 97-108. (In Russ.)

10. Shadrin N.V. *Dopolnitel'nost' obshchego i unikal'nogo, sluchajnosti i neobhodimosti v ekologii vodoemov* [Complementarity of the common and the unique, randomness and necessity in the ecology of reservoirs]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2024. 136 p. (In Russ.)

11. Daily and other short-term changes in the ecosystem components of the world's largest hypersaline lagoon Bay Sivash (Crimea) / Shadrin N., Latushkin A., Yakovenko V., Prazukin A., Anufrieva E. *Regional Studies in Marine Science*, 2024, vol. 77, art. no. 103643.

12. Daily Rhythms and Oxygen Balance in the Hypersaline Lake Moynaki (Crimea) / Shadrin N., Anufrieva E., Latushkin A., Prazukin A., Yakovenko V. *Water*, 2022, vol. 14, iss. 22, pp. 3753.

13. Downing J.A. Emerging global role of small lakes and ponds: little things mean a lot. *Limnetica*, 2010, vol. 29, no. 1, pp. 9-24.

14. Environmental variability in aquatic ecosystems: avenues for future multifactorial experiments / Gerhard M., Koussorolis A.M., Raatz M., Pansch C., Fey S.B., Vajedsamiei J., Calde-

ro-Pascual M., Cunillera-Montcusi D., Juvigny-Khenafou N.P., Polazzo F., Thomas P.K., Symons C.C., Beklioğlu M., Berger S.A., Chefaoui R.M., Ali Ger K., Langenheder S., Nejstgaard J.C., Ptacnik R., Striebel M. *Limnology and Oceanography Letters*, 2023, vol. 8, iss. 2, pp. 247-266.

15. Eutrophication overcoming carbonate precipitation in a tropical hypersaline coastal lagoon acting as a CO₂ sink (Ara-ruama Lagoon, SE Brazil) / Cotovicz L.C., Knoppers B.A., Régis C.R., Tremmel D., Costa-Santos S., Abril G. *Biogeochemistry*, 2021, vol. 156, iss. 2, pp. 231-254.

16. Influence of environmental variability on climate change impacts in marine ecosystems / Pansch C., Raatz M., Comeau S., Hui T.T., Havenhand J.N., Vajedsamiei J., Cornwall C.E. *Frontiers in Marine Science*, 2022, vol. 9, pp. 994756.

17. Melack J.M., Kilham P. Photosynthetic rates of phytoplankton in East African alkaline, saline lakes. *Limnology and Oceanography*, 1974, vol. 19, iss. 5, pp. 743-755.

18. Predicting daily net ecosystem production in shallow lakes from dissolved oxygen saturation levels: a pan-European mesocosm experiment and modelling approach / Cao Y., Scharfenberger U., Shatwell T., Adrian R., Agasild H., Angeler D.G., Beklioğlu M., Çakıroğlu A.L., Hejzlar J., Papastergiadou E., Šorf M. *Hydrobiologia*, 2025, vol. 852, iss. 2, pp. 471-487.

19. The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments / Downing J.A., Prairie Y.T., Cole J.J., Duarte C.M., Tranvik L.J., Striegl R.G., McDowell W.H., Kortelainen P., Caraco N.F., Melack J.M., Middelburg J.J. *Limnology and Oceanography*, 2006, vol. 51, iss. 5, pp. 2388-2397.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 09.10.2025

Accepted: 27.02.2026

Шадрин Николай Васильевич

Ведущий научный сотрудник лаборатории экстремальных экосистем ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2580-3710, e-mail: snickolai@yandex.com

Ануфриева Елена Валерьевна

Руководитель лаборатории экстремальных экосистем ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-6237-7941, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru

Гассиев Данил Денисович

Инженер лаборатории экстремальных экосистем ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь, Российская Федерация, e-mail: 536619@gmail.com

Щапова Екатерина Павловна

Старший научный сотрудник НИИ биологии ИГУ, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-9084-7675, e-mail: shchapova.katerina@gmail.com

Ржечицкий Ярослав Александрович

Научный сотрудник НИИ биологии ИГУ, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-8603-572X, e-mail: rzhechitskiy.yar@gmail.com

Черкашина София Александровна

Лаборант-исследователь НИИ биологии ИГУ, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: cherkashinasofi@gmail.com

Nickolay V. Shadrin

Leading Researcher at the Laboratory of Extreme Ecosystems of the IBSS, Sevastopol, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2580-3710, e-mail: snickolai@yandex.com

Elena V. Anufrieva

Head of the Laboratory of Extreme Ecosystems of the IBSS, Sevastopol, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-6237-7941, e-mail: lena_anufrieva@mail.ru

Danil D. Gassiev

Engineer at the Laboratory of Extreme Ecosystems of the IBSS, Sevastopol, Russian Federation, e-mail: 536619@gmail.com

Ekaterina P. Shchapova

Senior Researcher at the Research Institute of Biology of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-9084-7675, e-mail: shchapova.katerina@gmail.com

Yaroslav A. Rzhechitskiy

Researcher at the Research Institute of Biology of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-8603-572X, e-mail: rzhechitskiy.yar@gmail.com

Sofia A. Cherkashina

Laboratory Researcher at the Research Institute of Biology of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: cherkashinasofi@gmail.com