



ГИДРОГЕОЛОГИЯ/HYDROGEOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1>

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННЫХ ФЛУКТУАЦИЙ СОДЕРЖАНИЯ АНИОНОВ В РАПЕ ВОСТОЧНОГО БАССЕЙНА САКСКОГО ОЗЕРА (КРЫМ)

Научная статья

Руднева И.И.^{1,*}, Иваницкий В.А.², Киселёва Е.Ю.³

¹ORCID : 0000-0002-9623-9467;

¹ Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Российская Федерация

^{2,3} Крымская гидрогеологическая режимно-эксплуатационная станция, Саки, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (svg-41[at]mail.ru)

Аннотация

Изучена сезонная динамика содержания хлоридов, карбонатов, гидрокарбонатов и сульфатов в рапе Восточного бассейна Сакского соленого озера. Установлено увеличение минерализации рапы в летний период и одновременное снижение значений pH. В течение всего года содержание гидрокарбонатов превышало содержание карбонатов в рапе, однако их соотношение менялось: возрастало в осенне-зимний период. Содержание хлоридов и сульфатов увеличивалось в летний период, но уменьшалось в зимне-весенние месяцы. Установлена высокая корреляция между содержанием хлоридов и минерализацией рапы ($R=0,99$). Установленные изменения гидроминеральных ресурсов обусловлены температурными колебаниями, а также выпадением атмосферных осадков и поступлением паводковых вод, что свидетельствует о высокой чувствительности гидроминерального состава рапы к климатически обусловленным гидрологическим флуктуациям. Полученные данные представляют интерес для оптимизации мониторинга лечебных гидроминеральных ресурсов соленого Сакского озера, их сохранения и рационального использования.

Ключевые слова: соленое озеро, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, минерализация.

TRAITS OF SEASONAL FLUCTUATIONS IN ANION CONTENT IN SALT BRINE IN THE EASTERN BASIN OF SAKSKOE LAKE (CRIMEA)

Research article

Rudneva I.I.^{1,*}, Ivanitskii V.A.², Kiseleva Y.Y.³

¹ORCID : 0000-0002-9623-9467;

¹ Marine Hydrophysical Institute RAS, Sevastopol, Russian Federation

^{2,3} Crimean hydro-geological regime-exploration Station, Saki, Russian Federation

* Corresponding author (svg-41[at]mail.ru)

Abstract

The seasonal dynamics of chloride, carbonate, hydrocarbonate, and sulphate content in the salt brine of the eastern basin of Sakskoe Salt Lake were studied. An increase in brine mineralisation during the summer period and a simultaneous decrease in pH values were established. Throughout the year, the content of hydrocarbonates exceeded the content of carbonates in salt brine, but their ratio changed: it increased in the autumn-winter period. The content of chlorides and sulphates increased in the summer period but decreased in the winter-spring months. A high correlation was established between the content of chlorides and the mineralisation of brine ($R=0.99$). The observed changes in hydromineral resources are due to temperature fluctuations, as well as precipitation and floodwater inflow, which indicates the high sensitivity of the hydromineral composition of salt brine to climate-induced hydrological fluctuations. The obtained data are of interest for optimising the monitoring of the therapeutic hydromineral resources of the Sakskoe Salt Lake, their conservation and rational use.

Keywords: salt lake, chlorides, sulphates, carbonates, hydrocarbonate, mineralisation.

Введение

В настоящее время гиперсоленым озерам уделяется особое внимание, так как они имеют уникальный гидроминеральный состав, своеобразную флору и фауну и, несмотря на ограниченное биоразнообразие, обладают высокой биопродуктивностью. Соленые водоемы вовлечены в хозяйственную деятельность человека, участвуют в формировании экологического статуса прилегающих территорий. С древних времен в них добывают соль, разные минералы, лечебные грязи, эти водоемы регулируют водный режим, участвуют в геохимическом круговороте элементов, служат местом отдыха, питания и гнездования многих перелетных птиц, способствуя их сохранению и поддержанию биоразнообразия. Соленые озера приобретают все большую популярность как объекты экологического туризма, оздоровления и рекреации [1], [2], [3].

Образование соленных озер происходило в различные геологические эпохи, что позволяет изучать климатические изменения в отдаленные времена по донным осадкам этих водоемов, по их биогеохимическим показателям, а также проводить их реконструкцию. При этом гидрохимический и гидробиологические параметры соленых озер определяются региональными климатическими особенностями [4], [5], [6]. Анализ гидрохимических параметров необходим для оценки экологического состояния системы соленого озера, ионно-солевого состава и уровня загрязнения, которые играют решающую роль для условий обитания и функционирования водных организмов.

Изучение процессов формирования, эволюции и современного состояния соленых озер имеет важное значение для определения взаимодействия водоема и прилегающих территорий в современный период изменения климата и усиления антропогенной активности.

Сакское озеро одно из крупнейших соленых озер Крымского полуострова (рис. 1), гидроминеральные ресурсы которого используются в бальнеологии для лечения многих патологий костно-мышечной системы, кожных и других заболеваний. Поскольку формирование этих ценных гидроминеральных ресурсов зависит от геологических, метеорологических, биологических, а в настоящее время и антропогенных факторов [7], изучение их состояния в озере и сезонных колебаний имеет важное значение для оптимизации их добычи, применения и последующего прогноза состояния экосистемы. В Восточном бассейне Сакского озера добываются лечебные грязи и рапа. Исследование состояния химического состава рапы имеет практическое и теоретическое значение, так как позволяет выяснить особенности биогеохимических миграций различных элементов в соленых озерах при изменении климата и при антропогенном воздействии. Мониторинг химического состава рапы и донны осадков необходим для разработки мероприятий по сохранению и оптимальному использованию гидроминеральных ресурсов Восточного бассейна Сакского озера.

В Восточном бассейне Сакского озера добываются лечебные грязи и рапа. Изучение динамики гидроминерального состава рапы представляет как практический, так и теоретический интерес, поскольку позволяет понять механизмы и факторы, влияющие на особенности биогеохимических циклов различных элементов в соленых озерах, в том числе при изменении климата и при антропогенном воздействии. Сезонный мониторинг этих соединений может способствовать разработке мероприятий по сохранению и оптимальному использованию гидроминеральных ресурсов Восточного бассейна Сакского озера.

Целью настоящей работы явилось изучение сезонной динамики содержания хлоридов, карбонатов и сульфатов в рапе Восточного бассейна Сакского озера в 2024 году.

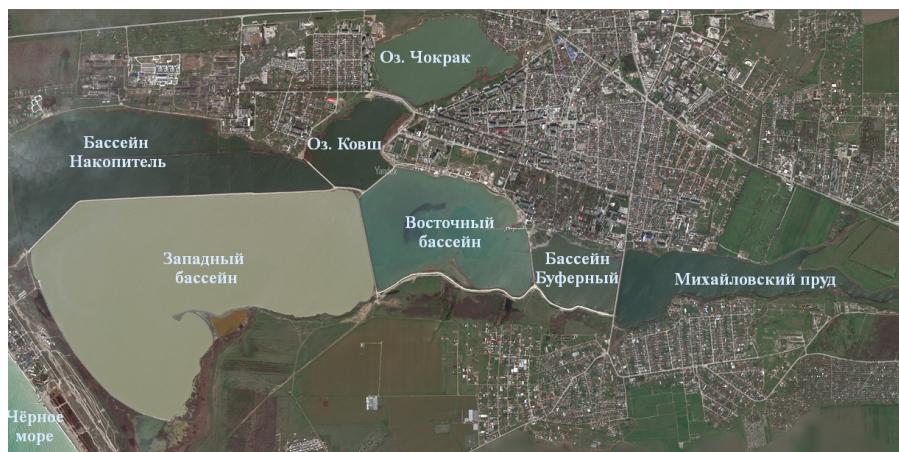


Рисунок 1 - Карта Сакского озера
DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.1>

Материалы и методы

Площадь Восточного бассейна Сакского озера составляет $1,27 \text{ км}^2$, глубины колеблются в пределах 0,7–2,0 м. В водоеме производится добыча лечебных грязей (рис. 2). Восточный бассейн почти полностью исключен из естественной системы питания поверхностными и грунтовыми водами и привносимыми ими продуктами почвенной эрозии. Это привело к превращению его в грязевой бассейн, в котором геохимическая функция литосферы оказывает небольшое влияние на процесс образования донных осадков. В последние годы это привело к снижению процессов естественного грязеобразования [8].



Рисунок 2 - Восточный бассейн Сакского озера

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.2>

Пробы воды отбирали каждый месяц в течение 2024 г. в контрольной точке Восточного бассейна Сакского озера. Значения рН определяли в лабораторных условиях электрометрическим методом. Минерализацию рапы анализировали гравиметрическим методом. Фильтрат раствора известного объёма выпаривали, после чего сухой остаток высушивали при температуре 160 С до достижения постоянной массы и взвешивали. Полученное значение выражали в миллиграммах на кубический дециметр ($\text{мг}/\text{дм}^3$) и использовали в качестве количественной характеристики общей минерализации рапы [9]. Определение содержания гидрокарбонат-иона осуществляли методом визуального титрования с помощью 0.1 Н раствора соляной кислоты с индикатором метилоранжевый. Содержание карбонат-ионов анализировали тем же методом, используя в качестве индикатора фенолфталеин. Определение сульфат-ионов проводили гравиметрическим методом. При использовании этого метода сульфаты осаждали из горячего солянокислого раствора раствором хлористого бария. Осадок сульфата бария отделяли фильтрованием, прокаливали и взвешивали. Для количественного определения хлорид-ионов использовали меркурометрический метод, который заключается в титровании хлоридов раствором азотнокислой ртути с дифенилкарбазоном в качестве индикатора при рН, равном 3,0–3,5 [10], [11]. Анализы проводились в трех повторностях и вычисляли среднее значение. Зависимость между содержанием ионов, рН и минерализацией в различные сезоны 2024 года анализировали с помощью компьютерной программы CURVEFIT (версия 2.10-L).

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали увеличение минерализации рапы летом с максимальным значением в июле (206,1 $\text{г}/\text{дм}^3$), затем этот показатель последовательно падал в осенне-зимний период, минимальные величины отмечены в марте-апреле, в период таяния снега и обильного выпадения дождей в Крыму в этот период (рис. 3).

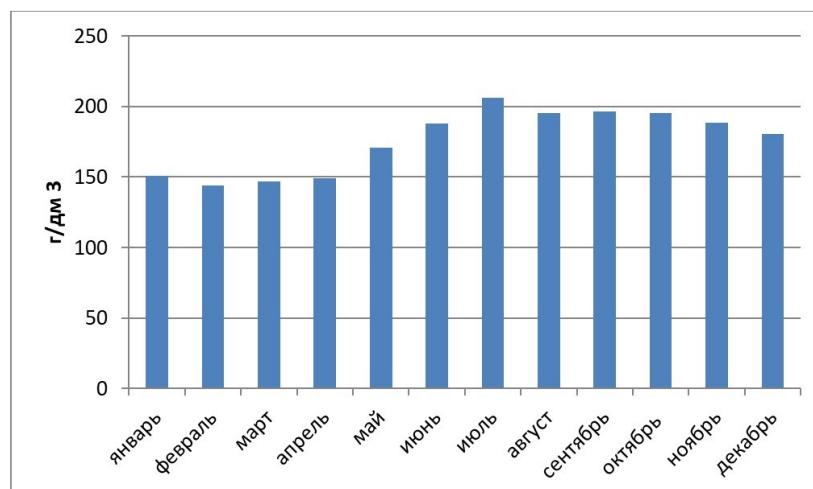


Рисунок 3 - Сезонная динамика минерализации рапы Восточного бассейна Сакского озера в 2024 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.3>

Одновременно установлены колебания рН рапы, которые характеризуются защелачиванием среды в октябре-декабре (рис. 4), тогда как в весенне-летний период установлена противоположная тенденция. Содержание гидрокарбонатов в рапе водоема превышало содержание карбонатов на протяжении всего года (рис. 5).

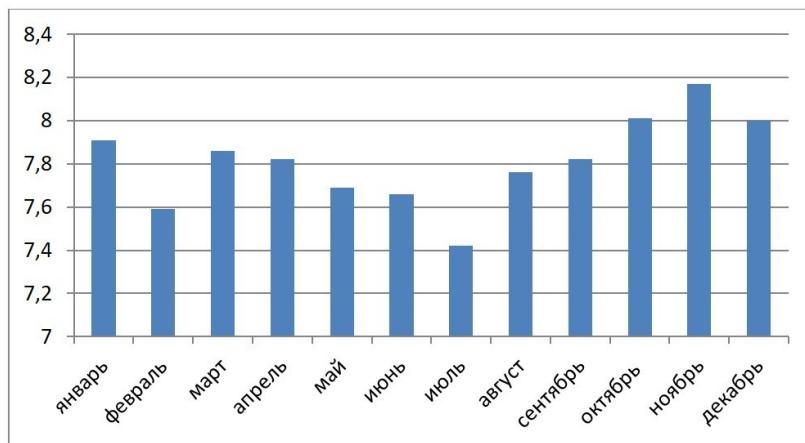


Рисунок 4 - Сезонная динамика pH рапы Восточного бассейна Сакского озера в 2024 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.4>

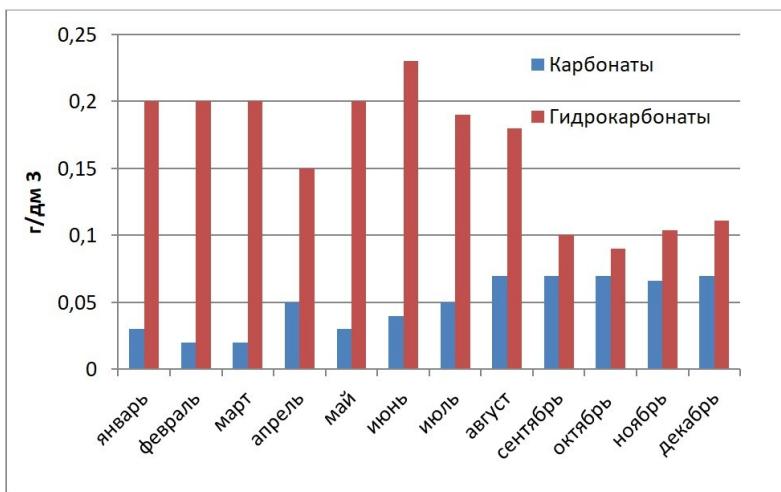


Рисунок 5 - Сезонная динамика содержания карбонатов и гидрокарбонатов в рапе Восточного бассейна Сакского озера в 2024 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.5>

Самая высокая концентрация гидрокарбонатов обнаружена в июне, эти показатели осенью снижались, но вновь возрастили в январе. Иная тенденция установлена для содержания карбонатов: концентрация этих анионов повышалась в августе и оставалась на одном уровне вплоть до декабря, после чего падала. Менялось и соотношение гидрокарбонаты/карбонаты, которое последовательно увеличивалось в осенне-зимний период (рис. 6).

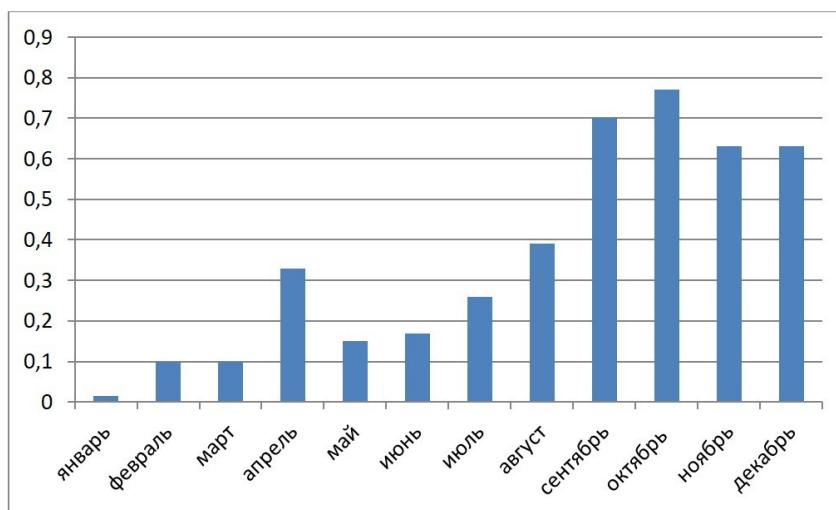


Рисунок 6 - Сезонная динамика соотношения содержания гидрокарбонаты/карбонаты в рапе Восточного бассейна Сакского озера в 2024 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.6>

Содержание ионов хлоридов и сульфатов также менялось в зависимости от сезона: увеличивалось летом с максимумом в июле, затем уменьшалось до минимума в феврале (рис. 7).

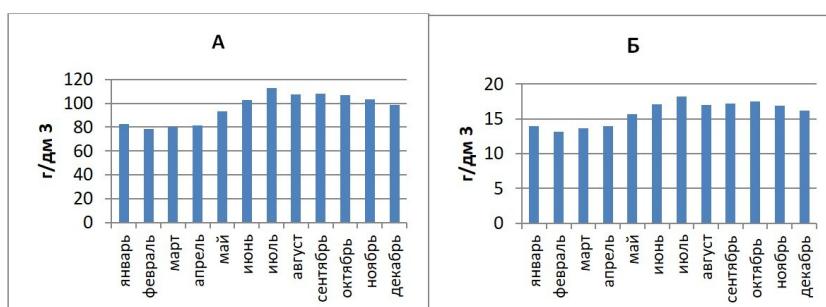


Рисунок 7 - Сезонная динамика содержания ионов хлоридов (А) и сульфатов (Б) в рапе Восточного бассейна Сакского озера в 2024 г.

DOI: <https://doi.org/10.60797/GEO.2026.6.1.7>

Таким образом, нами установлена годовая динамика содержания анионов в рапе Восточного бассейна Сакского озера, которая обусловлена как сезонными флуктуациями температуры, выпадения атмосферных осадков, поступлением паводковых вод, так и биологическими процессами, в частности активностью микробных сообществ. Существенная роль в трансформации ионов хлора, серы и углерода принадлежит внутренним водоемам — озерам, водохранилищам и болотам, взаимодействующими с наземными экосистемами и определяющими специфику биогеохимических циклов в регионах [12], [13]. В связи с этим мониторинг содержания этих соединений во внутренних водоемах и анализ факторов, определяющих эти процессы, представляет несомненный интерес. Характерные климатические черты региона обуславливают гидрологический режим территории и, следовательно, минерализацию и химический состав озер и почв, формируя их тип и степень засоления [14]. В настоящее время в связи с потеплением климата изменились морфометрические параметры озер, возросла соленость вод, а некоторые из этих водных объектов исчезли в результате высыхания [3]. Основной причиной разнообразия минерального состава озер является испарение, в результате которого происходит последовательное осаждение минералов по мере насыщения ими воды: сначала осаждаются наименее растворимые карбонаты кальция и магния, а затем сульфаты кальция, натрия и другие [4]. Карбонаты участвуют во многих геологических, биологических, физических химических процессах, протекающих в гиперсоленных водоемах [15], [16].

Наши предыдущие исследования позволили установить, что на флуктуации соотношения карбонатов в рапе Восточного бассейна Сакского озера оказывали влияние как метеорологические факторы (температура, осадки), так и жизнедеятельность гидробионтов, которая изменяла физико-химические свойства рапы в результате поглощения и усвоения органического углерода [17], [18]. Считается, что в современный период уровень растворенного в воде CO₂ будет возрастать, а содержание иона карбоната CO₃²⁻ падать, что создаст определенные проблемы для гидробионтов приморских гиперсоленных водоемов, образующих биогенный карбонат кальция CaCO₃ для формирования раковин и

экзоскелета обитателей озера [15]. Изучение взаимодействия солености и содержания анионов выявило определенную зависимость в соленых озерах. Установлена высокая корреляция между минерализацией рапы и содержанием хлоридов и сульфатов ($R = 0,99$). В то же время связи между содержанием сульфатов и карбонатов, между величинами минерализации и содержанием карбонатов и сульфатов не обнаружено. Другими исследователями также отмечено, что при солености 15 г/л накопление карбонатов происходит более интенсивно, а при более высокой солености превалируют хлориды [4]. Помимо испарения, важными процессами, определяющими минеральный состав рапы озер, являются гидролиз алюмосиликатных компонентов, осадкообразование и минерализация органического вещества, от которых зависит содержание карбонатных и сульфатных соединений. Накопление сульфат-иона обусловлено микробиологическими процессами. Аккумуляция сульфат-иона в озерных водах происходит за счет процессов сульфатредукции, в результате которой в донных осадках содержатся сульфиды металлов, в основном железа [4]. Между анионами в водоеме существует определенная связь, которая определяет тип минерализации озера: если количество карбонатных ионов в озере не увеличивается в результате связывания их осаждающимися карбонатными соединениями, а испарение достаточно интенсивное, то содержание хлора становится более высоким, а тип водоема трансформируется в хлоридный. В таких озерах вода испаряется быстрее, чем происходит концентрирование ОН, поэтому соленость и содержание хлора увеличивается, а количество карбонатов остается относительно низким [4].

Таким образом, наши исследования показали существенную взаимосвязь между анионами в рапе соленого озера в различные сезоны, что определяло его минерализацию и накопление различных соединений в зависимости от годового цикла. Соотношение анионов и их флуктуации являются результатом сложного сочетания геохимических, физико-химических и биологических процессов, происходящих в озере на протяжении года. Многообразие этих процессов, происходящих в озере, включает осаждение веществ, привносимых в систему с поверхностными, грунтовыми и сточными водами антропогенного происхождения, атмосферными осадками, концентрирование их в летний период в результате испарения, осаждение солей на дне и их обратимое растворение при изменении температурных условий, поглощение органического вещества гидробионтами и его разложение в результате их отмирания, деструкция микробным сообществом и т.д. Детальное оптимизировать изучение механизмов этих процессов, их взаимодействия, определение роли биоты в ходе годового цикла позволит оптимизировать рациональное использование ресурсов соленого озера и прогнозировать экологическое состояние водоема.

Заключение

Результаты исследований позволили выявить четкую зависимость гидроминерального состава Восточного бассейна Сакского озера — важнейшего водоема, используемого при добыче лечебных грязей, от колебания сезонных факторов. Учитывая тот факт, что в настоящее время изменение климата существенным образом влияет на состояние внутренних водоемов особенно в зоне аридного климата, мониторинг физико-химических параметров соленого лечебного озера имеет важное значение для сохранения его ресурсов и разработке мероприятий по их оптимальному использованию. Прежде всего это касается возможностей искусственного регулирования минерализации Восточного бассейна путем притока воды из моря. Кроме того, озеро находится в зоне активной хозяйственной деятельности, что требует повышенного внимания к его минеральному составу и предохранению экосистемы от антропогенного воздействия в результате попадания в водоем химических и микробиологических загрязнений. Во всем мире соленые озера имеют значительную экономическую, экологическую, рекреационную и культурную ценность. Повышение знаний о них, характере угроз, воздействии человеческой деятельности и особых требованиях к их менеджменту является одной из самых актуальных проблем.

Благодарности

отсутствуют

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Acknowledgement

none

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Замана Л.В. Формирование и трансформация химического состава вод минеральных озер (на примере Забайкалья) / Л.В. Замана // Доклады Академии наук. — 2009. — № 3. — С. 382–385.
2. Tussupova K.K. Drying lakes: a review on the applied restoration strategies and health conditions in contiguous areas / K.K. Tussupova, A.P. Hjorth, M. Morave // Water. — 2020. — Vol. 12, № 749. — P. 1–23.
3. Williams W.D. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems / W.D. Williams // Environmental Conservation. — 2002. — № 29. — P. 154–167.
4. Борзенко С.В. Причины гидрохимического разнообразия соленых озер Восточного Забайкалья / С.В. Борзенко // Успехи современного естествознания. — 2022. — № 9. — С. 51–60.
5. Castaneda S. Assessing the degradation of saline wetlands in an arid agricultural region in Spain / S. Castaneda, J. Herrero // Catena. — 2008. — № 72. — P. 205–213.
6. Wurtsbaugh W.A. Decline of the world's saline lakes / W.A. Wurtsbaugh, C. Miller, S.E. Null // Nature Geoscience. — 2017. — № 10. — P. 816–821.

7. Сыренжапова А.С. Влияние техногенных изменений геологической среды на экологическое состояние Сакского соленого озера / А.С. Сыренжапова, Е.Ю. Абидулаева // Природа внутренней Азии. — 2023. — № 3(25). — С. 75–84.
8. Чабан В.В. Влияние техногенных изменений геологической среды на экологическое состояние Сакского соленого озера / В.В. Чабан // Вестник Днепропетровского национального университета. Серия «Геология. География». — 2013. — Т. 2, Вып. 16. — С. 77–84.
9. ГОСТ 26449.1–85. Озера. Методы комплексных наблюдений за гидрологическим режимом. Часть 1. Основные положения : [принят Издательство стандартов 2025-12-08 : одобр. Издательством стандартов 2025-12-08]. — [1986-01-01-е изд]. — Москва : Изд-во стандартов, 1985. — 16 с.
10. Критерии оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране : методические указания № 10-11/40 : [принят Минздрав СССР 1987-03-11 : одобр. Минздравом СССР 1987-03-11]. — [№10-11/40 -е изд]. — Москва : Минздрав СССР, 1987.
11. СанПиН 2.1.3684-21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организаций и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. — Введ. 2021-03-01. — Москва : Издательство Стандартов, 2021. — 16 с.
12. Моисеенко Т.И. Формирование химического состава вод озер в условиях изменения окружающей среды / Т.И. Моисеенко, Н.А. Гашкина. — Москва : Наука, 2010. — 275 с.
13. Litvinenko L.I. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp Artemia populations in Siberian lakes / L.I. Litvinenko, A.V. Kozlov, A.I. Kovalenko // Hydrobiologia. — 2007. — Vol. 576, № 1. — P. 95–101.
14. Невенчанная Н.М. Динамика солевого состава озер Камышловского Лога Омской области и их влияние на почвенный покров / Н.М. Невенчанная, Л.Н. Башкатова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2024. — № 9. — С. 48–54.
15. Солотчина Э.П. Карбонаты в осадочной летописи соленого озера Цаган-Тырм (западное Прибайкалье): новый тип палеоклиматических сигналов высокого разрешения / Э.П. Солотчина, Е.В. Скляров, Е.Г. Вологина // Доклады Академии Наук. — 2008. — Т. 421, № 3. — С. 392–398.
16. Ge Y. Botryoidal and spherulitic aragonite in carbonates associated with microbial mats: precipitation or diagenetic replacement product? / Y. Ge, G. Della Porta, C.L. Pederson // Frontiers in Earth Science. — 2021. — № 9. — P. 698–952.
17. Руднева И.И. Сезонная динамика содержания карбонатов в рапе Восточного бассейна Сакского озера (Республика Крым) / И.И. Руднева, П.В. Гайский, В.В. Чабан // Геополитика и экogeодинамика регионов. — 2022. — № 8(18). — С. 229–237.
18. Руднева И.И. Сезонная динамика гиперсоленого озера Ойбург (Крым) как модель для изучения последствий изменения климата / И.И. Руднева, В.Г. Шайда // Водные ресурсы. — 2020. — № 47(4). — С. 426–437.

Список литературы на английском языке / References in English

- Zamana L.V. Formirovanie i transformatsiya khimicheskogo sostava vod mineralnikh ozer (na primere Zabaikalya) [Formation and transformation of water chemical composition of mineral lakes (the case of Transbaikalia)] / L.V. Zamana // Dokladi Akademii nauk [Proceedings of RAS]. — 2009. — № 3. — P. 382–385. [in Russian]
- Tussupova K.K. Drying lakes: a review on the applied restoration strategies and health conditions in contiguous areas / K.K. Tussupova, A.P. Hjorth, M. Morave // Water. — 2020. — Vol. 12, № 749. — P. 1–23.
- Williams W.D. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems / W.D. Williams // Environmental Conservation. — 2002. — № 29. — P. 154–167.
- Borzenko C.V. Prichini gidrokhimicheskogo raznoobraziya solenikh ozer Vostochnogo Zabaikalya [Reasons for the hydrochemical diversity of salt lakes in Eastern Transbaikalia] / C.V. Borzenko // Uspekhi sovremennoy yestestvoznaniya [Advances of the modern natural sciences]. — 2022. — № 9. — P. 51–60. [in Russian]
- Castaneda S. Assessing the degradation of saline wetlands in an arid agricultural region in Spain / S. Castaneda, J. Herrero // Catena. — 2008. — № 72. — P. 205–213.
- Wurtsbaugh W.A. Decline of the world's saline lakes / W.A. Wurtsbaugh, C. Miller, S.E. Null // Nature Geoscience. — 2017. — № 10. — P. 816–821.
- Sirenzhapova A.S. Vliyanie tekhnogennikh izmenenii geologicheskoi sredi na ekologicheskoe sostoyanie Sakskogo solenogo ozera [Hydrochemical and microbiological characteristics of salt lakes Shihalin-Nur and Hara-Nur (Souther-Eastern Transbaikalia)] / A.S. Sirenzhapova, Ye.Yu. Abidulaeva // Priroda vnutrennei Azii [Nature of Indor Asia]. — 2023. — № 3(25). — P. 75–84. [in Russian]
- Chaban V.V. Vliyanie tekhnogennikh izmenenii geologicheskoi sredi na ekologicheskoe sostoyanie Sakskogo solenogo ozera [Influence of technological changes of geological environment upon the ecological state of Salt Lake Sakske] / V.V. Chaban // Vestnik Dnepropetrovskogo natsionalnogo universiteta. Seriya «Geologiya. Geografiya» [Bulletin of Dnieper National University, series “Geology. Geography”]. — 2013. — Vol. 2, Iss. 16. — P. 77–84. [in Russian]
- GOST 26449.1–85. Ozera. Metodi kompleksnih nablyudenii za hidrologicheskim rezhimom. Chast 1. Osnovnie polo [GOST 26449.1–85. Lakes. Methods of the complex observations on the hydrological state. Part I. Basic background] : [accepted by Standard Publ. 2025-12-08 : approved by Standard Publ. 2025-12-08]. — [1986-01-01 edition]. — Moscow : Standard Publishing House, 1985. — 16 p. [in Russian]
- Kriterii otsenki kachestva lechebnikh gryazei pri ikh razvedke, ispolzovanii i okhrane : metodicheskie ukazaniya № 10-11/40 [Criteria evaluation of the quality of therapeutic sediments at the case of the search, application and prevention:

methodological recommendations] : [accepted by Ministry of Health of the USSR 1987-03-11 : approved by Ministry of Health of the USSR 1987-03-11]. — [№10-11/40 edition]. — Moscow : Ministry of Health of the USSR, 1987. [in Russian]

11. SanPiN 2.1.3684-21. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k soderzhaniyu territorii gorodskikh i selskikh poselenii, k vodnym obektam, pitevoi vode i pitevomu vodosnabzheniyu naseleniya, atmosfernomu vozdukhу, pochvam, zhilim pomeshcheniyam, ekspluatatsii proizvodstvennikh, obshchestvennikh pomeshchenii, organizatsii i provedeniyu sanitarno-protivoepidemicheskikh (profilakticheskikh) meropriyatiy [SanPiN 2.1.3684-21. Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of territories of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply to the population, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial and public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures]. — Introd. 2021-03-01. — Moscow : Standard Publishing House, 2021. — 16 p. [in Russian]

12. Moiseenko T.I. Formirovanie khimicheskogo sostava vod ozer v usloviyakh izmeneniya okruzhayushchey sredi [Formation of chemical composition of lakes water in the conditions of environment changes] / T.I. Moiseenko, N.A. Gashkina. — Moscow : Nauka, 2010. — 275 p. [in Russian]

13. Litvinenko L.I. Salinity of water as a factor to determine the development of the brine shrimp Artemia populations in Siberian lakes / L.I. Litvinenko, A.V. Kozlov, A.I. Kovalenko // Hydrobiologia. — 2007. — Vol. 576, № 1. — P. 95–101.

14. Nevenchannaya N.M. Dinamika solevogo sostava ozer Kamishlovskogo Loga Omskoi oblasti i ikh vliyanie na pochvennii pokrov [Dynamics of salt composition of the lakes of Kamyshlovskyi Log and of Omsk Region and their influence on the soil] / N.M. Nevenchannaya, L.N. Bashkatova // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskokhozyaistvennoi akademii. [Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of Kursk State Agriculture Academy]. — 2024. — № 9. — P. 48–54. [in Russian]

15. Solotchina E.P. Karbonati v osadochnoi letopisi solenogo ozera Tsagan-Tirm (zapadnoe Pribaikale): novii tip paleoklimaticeskikh signalov visokogo razresheniya [Carbonates in sediment history of the salt lake Tcagan-Tyrm (western Prybaika'e: new type of paleoclimate signals of high resolution] / E.P. Solotchina, Ye.V. Sklyarov, Ye.G. Vologina // Dokladi Akademii Nauk [Proceeding of RAS]. — 2008. — Vol. 421, № 3. — P. 392–398. [in Russian]

16. Ge Y. Botryoidal and spherulitic aragonite in carbonates associated with microbial mats: precipitation or diagenetic replacement product? / Y. Ge, G. Della Porta, C.L. Pederson // Frontiers in Earth Science. — 2021. — № 9. — P. 698–952.

17. Rudneva I.I. Sezonnaya dinamika soderzhaniya karbonatov v rape Vostochnogo basseina Sakskogo ozera (Respublika Krim) [Seasonal dynamics of carbonate content in the brine of Eastern Basin of Sakske Lake (Crimean Republic)] / I.I. Rudneva, P.V. Gaiskii, V.V. Chaban // Geopolitika i ekogeodinamika regionov [Ecopolitic and geodynamics of the regions]. — 2022. — № 8(18). — P. 229–237. [in Russian]

18. Rudneva I.I. Sezonnaya dinamika gipersolenogo ozera Oiburg (Krim) kak model dlya izucheniya posledstvii izmeneniya klimata [Seasonal dynamics of hypersaline lake Oiburg (Crimea) as a model for study consequences of climate changes] / I.I. Rudneva, V.G. Shaida // Vodnie resursi [Water Resources]. — 2020. — № 47(4). — P. 426–437. [in Russian]