

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.143>

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОДЫ ОЗЕРА БАСКУНЧАК

Научная статья

Гарькуша Д.Н.^{1,*}, Фёдоров Ю.А.², Талпа Б.В.³, Андреев Ю.А.⁴, Тамбиева Н.С.⁵¹ ORCID : 0000-0001-5026-2103;² ORCID : 0000-0001-7411-3030;⁴ ORCID : 0000-0002-6417-9439;^{1, 2, 3} Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация^{4, 5} Гидрохимический институт, Ростов-на-Дону, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gardim1[at]yandex.ru)

Аннотация

В крупном, бессточном, самосадочном, гиперсоленом озере Баскунчак, расположенном на Прикаспийской низменности, в различные периоды проведены исследования химического состава воды (рапы), в которой определены соленость, значения рН, концентрации растворенного O₂ и основных ионов. Во влажные периоды года (весна и осень) оз. Баскунчак представляет собой «рапное» озеро с максимальным уровнем рапы до 0,7 метра. Для вод озера характерны высокая минерализация (313,5–334,7 г/л), слабнокислый – нейтральный рН (5,75–6,80) и насыщенность кислородом (>100% насыщения). По химическому составу вода озера во все периоды относилась к классу хлоридных вод, группе натриевых вод. В целом воды озера Баскунчак характеризуются относительной стабильностью основных компонентов химического состава с несколько более высокой минерализацией летом и минимальной минерализацией весной.

Ключевые слова: солеродные бассейны, рапа, минерализация, основные ионы, кислотно-щелочные условия.

CHEMICAL WATER COMPOSITION OF LAKE BASKUNCHAK

Research article

Gar'kusha D.N.^{1,*}, Fedorov Y.A.², Talpa B.V.³, Andreev Y.A.⁴, Tambieva N.S.⁵¹ ORCID : 0000-0001-5026-2103;² ORCID : 0000-0001-7411-3030;⁴ ORCID : 0000-0002-6417-9439;^{1, 2, 3} Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation^{4, 5} Hydrochemical Institute, Rostov-on-Don, Russian Federation

* Corresponding author (gardim1[at]yandex.ru)

Abstract

In a large, endorheic, self-sedimenting, hypersaline lake Baskunchak, located in the Caspian lowland, in different periods, studies of the chemical composition of water (brine) were carried out, in which salinity, pH values, concentrations of dissolved O₂ and major ions were determined. In wet periods of the year (spring and autumn) Lake Baskunchak is a "rapa" lake with the maximum level of rapa up to 0.7 metres. The lake waters are characterized by high mineralization (313.5-334.7 g/l), slightly acidic – neutral pH (5.75-6.80) and oxygen saturation (>100% saturation). In terms of chemical composition, the lake water in all periods belonged to the chloride water class, sodium water group. In general, the waters of Lake Baskunchak are characterized by relative stability of the main components of chemical composition, with slightly higher salinity in summer and minimum salinity in spring.

Keywords: salt basins, brine, mineralization, basic ions, acid-alkaline conditions.

Введение

Озеро Баскунчак – это бессточное самосадочное соленое озеро, расположенное в пределах Боткульско-Баскунчакской депрессии, входящей в состав Прикаспийской низменности, примерно в 270 км к северу от Каспийского моря, в 53 км и 50 км к востоку от р. Волги и от г. Ахтубинска, соответственно. Вблизи озера находятся поселки Верхний Баскунчак, Средний Баскунчак и Нижний Баскунчак. Административно озеро относится к Ахтубинскому району Астраханской области.

Озеро Баскунчак одно из самых больших из всех известных соляных озер мира. Его площадь – около 96 км², длина береговой линии – 42 км. Озеро вытянуто с северо-запада на юго-восток на 16.5 км, максимальная ширина – до 9 км. Урез воды (рапы) в озере находится на 21 м ниже уровня моря. Во влажные периоды года (весна и осень) оз. Баскунчак представляет собой «рапное» озеро с максимальным уровнем рапы до 1 метра [1].

Соленое озеро Баскунчак – одно из крупнейших месторождений соли в России, на котором соледобытчики компании «Руссо́ль» работают открытым способом, разрабатывая самый верхний слой. Помимо солей, в прибрежной зоне озера накапливаются черные маслянистые иловые отложения (называемые гязями или пелоидами). Эти отложения, исходя из их физико-химических показателей и в соответствии с Классификацией лечебных гязей Минздрава России, относятся к лечебным соленасыщенным сильносульфидным гязям континентального происхождения. Их лечебная значимость обусловлена содержанием больших количеств сульфидов железа и

водорастворимых солей, в том числе терапевтически активных брома и бора, а также относительно хорошими тепловыми и вязкопластичными свойствами. Линзы грязи, расположенные на западе озера, используются санаторием ООО «Руссоль-курорт», который имеет лицензию на их разработку и использование. Также на берегах озера в летнее время всегда много отдыхающих, занимающихся самолечением грязями и принимающих рапные ванны.

Практически весь периметр озера окаймляет территория «Богдинско-Баскунчакского» государственного природного заповедника, обладающего разнообразными ландшафтами, уникальным растительным и животным миром. В пределах заповедника находится самая высокая возвышенность Прикаспийской низменности – гора Большое Богдо, высота которой составляет около 150 метров.

Озеро Баскунчак возникло в западной части Прикаспийской низменности в результате солянокупольной тектоники, как компенсационная впадина (мульда), расположенная между соляными куполами и имеющая мощность озерных отложений четвертичного возраста свыше 270 м [2]. Эти отложения представляют собой чередование терригенных пород морского генезиса и хемогенных соляных пород, образовавшихся в периоды континентальных перерывов [2]. Соляные купола данного района имеют сходное строение и представлены толщей галита (по геофизическим данным их мощность превышает 800 м), перекрытой в кровле гипсовыми отложениями мощностью от первых десятков до 80 метров. Глубина залегания «гипсовой шляпы» меняется от 0 до 50 метров [2].

Соленость оз. Баскунчак составляет около 300 г/л, что связано как с поступлением в озеро высокоминерализованных вод водоотоков, так и аридным климатом, обуславливающим высокую испаряемость воды [1], [3].

Целью работы является изучение сезонных изменений минерализации и концентраций основных ионов в воде (рапе) озера Баскунчак.

Методы и материалы исследования

Озеро Баскунчак было исследовано в июне и октябре 2023 г., и в июне 2024 г. В периоды наблюдений в озере были отобраны пробы воды (рапы) в 1.1 км от его береговой линии (т. 1) (рис. 1). Также для анализа привлечены данные авторов, полученные в ходе исследования озера Баскунчак в мае 2019 г. [3]. В воде определены соленость, значения рН, температуры, концентрации растворенного O_2 и основных ионов. Дно в точке отбора проб устлано 8–12 см слоем плотного крупнозернистого галита светло-серого цвета; мощность рапы в зависимости от периода исследований варьировалась от 10 до 25 см.

Содержание основных ионов в воде определено в лабораторных условиях по стандартным методикам [4]. Концентрации растворенного кислорода в воде и ее температура измерены непосредственно на водном объекте портативным кислородомером Марк 303М. Величины рН измерены с помощью электродов портативного рН метра иономера – «Экотест 2000» сразу после отбора проб.



Рисунок 1 - Местоположение точек наблюдения в озере Баскунчак
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.143.1>

Основные результаты и их обсуждение

Для вод озера Баскунчак характерны (табл. 1) высокая минерализация – от 318.1 (в октябре 2023 г.) до 334.7 г/л (в июне 2024 г.), слабнокислый pH – 5.75–5.89, концентрации растворенного кислорода – 3.16–3.24 мг/л, что при имеющейся солености и температуре говорит о пересыщении вод кислородом [5].

В соответствии с классификацией О.А. Алекина [6] по химическому составу воды озера во все периоды относились к классу хлоридных вод, группе натриевых вод, третьему типу (табл. 2). При этом наблюдаются некоторые изменения в ионном составе – увеличение или уменьшение ионов SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} .

Таблица 1 - Результаты исследований рапы озера Баскунчак

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.143.2>

№ точки	Координаты, сш./в.д.	Дата отбора проб	Темп-ра воды, °С / Минерализация, г/л	pH / O ₂ , мг/л	Минерализация, мг/л
1	48°12'47.00"/ 46°51'10.55"	июнь 2023 г.	<u>21,0</u> 320,2	<u>5,75</u> -	320188,0
		октябрь 2023 г.	<u>8,4</u> 318,1	<u>5,75</u> 3,16	318110,4
		июнь 2024 г.	<u>22,5</u> 334,7	<u>5,89</u> 3,24	334702,3
2 **	48°11'51.90"/ 46°49'48.66"	май 2019 г.	<u>11,0</u> 313,5	<u>6,80</u> -	313483,2

Примечание: * – данные по точке 2 взяты из работы [3]

Таблица 2 - Результаты исследований рапы озера Баскунчак

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.150.143.3>

Точка наблюдения	Дата отбора пробы	HCO ₃ ⁻ , мг/л	Cl ⁻ , мг/л	SO ₄ ²⁻ , мг/л	Ca ²⁺ , мг/л	Mg ²⁺ , мг/л	Na ⁺ + K ⁺ , мг/л
1	июнь 2023 г.	60,6	201400,0	1513,4	14966,0	13428,0	88820,0
	октябрь 2023 г.	63,4	199508,0	5666,0	8489,0	20214,0	84170,0
	июнь 2024 г.	70,2	209399,9	2881,8	7014,0	15808,0	99528,4
2	май 2019 г.	48,8	195757,0	1200,0	6442,0	14667,9	95367,5

Значения изученных гидрохимических показателей воды хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных авторами [3] в мае 2019 г. (см. табл. 1) в озере Баскунчак на удалении 0,3 км от береговой линии озера (т. 2). В этой точке мощность рапы не превышала 15 см, а дно было устлано 1-2 см коркой твердого крупнозернистого галита от чисто белого до светло-серого цвета. Минерализация вод озера в этот период была немного ниже, чем в летне-осенний период 2023 и 2024 гг. и составляла 313,5 г/л, pH – 6,67.

В целом воды озера Баскунчак характеризуются относительной стабильностью основных компонентов химического состава (табл. 2) с несколько более высокой минерализацией летом и минимальной минерализацией весной, что согласуется с исследованиями [1], [3], [7], [8].

Экстремальная соленость озера связана как с поступлением в озеро высокоминерализованных вод ручьев [3], [9], так и аридным климатом, обуславливающим высокую испаряемость. Высокая минерализация ручьев обусловлена их преимущественным питанием водами подземных источников, которые насыщаются солью при циркуляции в зоне соляных штоков, а также обогащаются сульфатами при восхождении к дневной поверхности по перекрывающим соляные купола сильнозакарстованным гипсоносным отложениям пермского возраста [10], [11].

Заключение

Воды озера Баскунчак характеризуются относительной стабильностью основных компонентов химического состава. По химическому составу воды озера во все периоды относились к классу хлоридных вод, группе натриевых вод, третьему типу. При этом их минерализация варьировалась в небольшом диапазоне – от 313,5 до 334,7 г/л, с несколько более высокими значениями летом и минимальными весной. pH рапы в летне-осенний период был

слабокислым (5,75–5,89), в весенний период нейтральным (6,80). Концентрации растворенного кислорода составляли 3,16–3,24 мг/л (>100% насыщения), что, наряду с хорошей аэрацией маломощной толщи рапы озера, может свидетельствовать о низкой интенсивности процессов окисления органического вещества.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00330, <https://rscf.ru/project/23-27-00330/> в Южном федеральном университете.

Funding

The research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No. 23-27-00330, <https://rscf.ru/project/23-27-00330/> at the Southern Federal University.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

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.

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. Состояние и многолетние изменения природной среды на территории Богдинско-Баскунчакского заповедника : монография / Под ред. И.Н. Сафронова, П.И. Бухарицина, А.В. Бармина. — Волгоград : ИПК «Царицын», 2012. — 360 с.
2. Куриленко В.В. Месторождение минеральных солей оз. Баскунчак: геология, особенности современного соленакопления, механизмы природо- и недропользования / В.В. Куриленко, П.С. Зеленковский // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7: Геология. География. — 2008. — № 3. — С. 17–32.
3. Гарькуша Д.Н. Концентрация и эмиссия метана и сероводорода в озере Баскунчак, ручье балки Улан-Благ и дегазирующих источниках подземных вод в весенний период / Д.Н. Гарькуша, Ю.А. Федоров, Р.Г. Трубник [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. — 2023. — № 3. — С. 79–91.
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. Л.В. Боевой. — Ростов н/Д : НОК, 2009. — Ч. 1. — 1037 с.
5. Shadrin N. Hypersaline lakes as the polyextreme habitats for life / N. Shadrin // In Introduction to Salt Lake Sciences. — Beijing, China : Science Press, 2018. — Pt. 4. — P. 180–187.
6. Алекин О.А. Основы гидрохимии: учебное пособие для вузов / О.А. Алекин. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. — 444 с.
7. Моторин Г.С. Годичные циклы Баскунчакского соляного озера и вопросы питания его. Отчет химической лаборатории «Бассоли» / Г.С. Моторин. — Фонды ВНИИсоль, 1952.
8. Литовский В.В. Гравиогеография соленых озер Урала и сопредельных территорий. III: Особенности геохимии и генезиса / В.В. Литовский // Географический вестник. — 2018. — № 4(47). — С. 11–20.
9. Гарькуша Д.Н. Подземные источники балки Пещерная озера Баскунчак: гидрохимические особенности и эмиссия парниковых газов / Д.Н. Гарькуша, Ю.А. Фёдоров, Е.А. Ковалев [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. — 2024. — № 1. — С. 57–69.
10. Кучерук Т.А. Подземные трещинно-карстовые воды кунгурского яруса / Т.А. Кучерук, В.Н. Амельченко // Геология, география и глобальная энергия. — 2008. — № 4(31). — С. 73–75.
11. Зеленковский П.С. Природно-техногенная система соляного озера Баскунчак и особенности эксплуатации её ресурсов / П.С. Зеленковский, В.В. Куриленко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7: Геология. География. — 2013. — № 4. — С. 33–52.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sostojanie i mnogoletnie izmenenija prirodnoj sredy na territorii Bogdinsk-Baskunchakskogo zapovednika [The state and long-term changes of the natural environment on the territory of the Bogdinsk-Baskunchak reserve] : monograph / Edited by I.N. Safronov, P.I. Bukharitsin, A.V. Barmin. — Volgograd : IPK "Tsaritsyn", 2012. — 360 p. [in Russian]
2. Kurilenko V.V. Mestorozhdenie mineral'nyh solej oz. Baskunchak: geologija, osobennosti sovremennogo solenakoplenija, mehanizmy prirodno- i nedropol'zovanija [The deposit of mineral salts of the lake. Baskunchak: geology, features of modern salt accumulation, mechanisms of natural and subsurface use] / V.V. Kurilenko, P.S. Zelenkovskij // Bulletin of St. Petersburg University. Series 7. Geology. Geography. — 2008. — № 3. — P. 17–32. [in Russian]
3. Gar'kusha D.N. Kontsentratsija i emissija metana i serovodoroda v ozere Baskunchak, ruch'e balki Ulan-Blag i degazirujuschih istochnikah podzemnyh vod v vesennij period [Concentration and emission of methane and hydrogen sulfide in Baskunchak Lake, Balki Ulan-Blagov creek and degassing groundwater sources in spring] / D.N. Gar'kusha, Ju.A. Fedorov, R.G. Trubnik [et al.] // News of Universities. The North Caucasus region. Natural Sciences. — 2023. — № 3. — P. 79–91. [in Russian]
4. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushivb [Guidelines for the chemical analysis of land surface waters] / ed. by L. V. Boevoj. — Rostov n/A : NOC, 2009. — P. 1. — 1037 p. [in Russian]
5. Shadrin N. Hypersaline lakes as the polyextreme habitats for life / N. Shadrin // In Introduction to Salt Lake Sciences. — Beijing, China : Science Press, 2018. — Pt. 4. — P. 180–187.

6. Alekin O.A. Osnovy gidrohimii: uchebnoe posobie dlja vuzov [Fundamentals of hydrochemistry] : a textbook for universities / O.A. Alekin. — Leningrad : Gidrometeoizdat, 1970. — 444 p. [in Russian]
7. Motorin G.S. Godichnye cikly Baskunchakskogo soljanogo ozera i voprosy pitanija ego. Otchet himicheskoj laboratorii «Bassoli» [Annual cycles of the Baskunchak salt lake and its nutrition issues. The report of the chemical laboratory "Bassoli"] / G.S. Motorin. — VNIISOL funds, 1952. [in Russian]
8. Litovskij V.V. Graviogeografija solenyh ozer Urala i sopredel'nyh territorij. III: Osobennosti geohimii i genezisa [Graviogeography of the salt lakes of the Urals and adjacent territories. III: Features of geochemistry and genesis] / V.V. Litovskij // Geographical Bulletin. — 2018. — № 4(47). — P. 11–20. [in Russian]
9. Gar'kusha D.N. Podzemnye istochniki balki Peschernaja ozera Baskunchak: gidrohimicheskie osobennosti i emissija parnikovyh gazov [Underground sources of the Balka Cave lake Baskunchak: hydrochemical features and greenhouse gas emissions] / D.N. Gar'kusha, Ju.A. Fedorov, E.A. Kovalev [et al.] // Proceedings of Universities. North Caucasus Region. Natural Sciences. — 2024. — № 1. — P. 57–69. [in Russian]
10. Kucheruk T.A. Podzemnye treschinno-karstovye vody kungurskogo jarusa [Underground fractured karst waters of the Kungursky tier] / T.A. Kucheruk, V.N. Amel'chenko // Geology, Geography and Global Energy. — 2008. — № 4(31). — P. 73–75. [in Russian]
11. Zelenkovskij P.S. Prirodno-tehnogennaja sistema soljanogo ozera Baskunchak i osobennosti ekspluatatsii ee resursov [The natural and man-made system of the Baskunchak salt lake and the peculiarities of the exploitation of its resources] / P.S. Zelenkovskij, V.V. Kurilenko // Bulletin of St. Petersburg University. Series 7: Geology. Geography. — 2013. — № 4. — P. 33–52. [in Russian]