

чительным, и они при определенных условиях могут серьезно нарушать работу скважин и промысловых сооружений.

Причем поступление некоторых типов вод по мере эксплуатации уменьшается, тогда как приток или минерализация других типов может существенно возрасти. Промысловые работники должны не только уметь различать типы вод, поступающих в скважины, но и прогнозировать изменение их количества (водный фактор) и качества. Из приведенных данных видно, что значение, задачи и методы гидрогеологического контроля весьма разнообразны.

Список литературы

1. Гаттенбергер Ю. П. Гидрогеология и гидродинамика подземных вод / Ю. П. Гаттенбергер. – Москва : Недра, 1971. – 184 с.
2. Карцев А. А. Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений / А. А. Карцев. – 2-е изд. – Москва : Недра, 1972. – 280 с.
3. Корценштейн В. Н. Методика гидрогеологических исследований нефтегазоносных районов / В. Н. Корценштейн. – 2-е изд. – Москва : Гостоптехиздат, 1963. – 309 с.
4. Серебряков Анд. О. Задачи гидрогеологического контроля продвижения вод в залежах нефти и газа / Анд. О. Серебряков, Д. А. Бычкова // Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы его рационального использования : мат-лы V регион. заоч. студен. науч.-практ. конф. (25–27 апреля 2018 г.) / редкол. : В. А. Эвиев и др. – Элиста : Калмыцкий государственный университет, 2018. – С. 17–19.
5. Серебряков О. И. Гидрогеологический механизм обводнения газоконденсатных месторождений / О. И. Серебряков // Геология, география и глобальная энергия. – 2016. – № 1 (60). – С. 14–20.
6. Серебряков О. И. Эксплуатация морских месторождений : монография / О. И. Серебряков, Анд. О. Серебряков, Г. И. Журавлев, А. Г. Журавлев. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 212 с.

References

1. Gattenberger Yu. P. *Gidrogeologiya i gidrodinamika podzemnykh vod* [Hydrogeology and hydrodynamics engineer of underground waters], Moscow, Nedra Publ., 1971. 184 p.
2. Kartsev A. A. *Gidrogeologiya neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Hydrogeology of oil and gas fields]. 2nd ed. Moscow, Nedra Publ., 1972. 280 p.
3. Kortsensteyn V. N. *Metodika gidrogeologicheskikh issledovaniy neftegazonosnykh rayonov* [Technique of hydrogeological researches of oil-and-gas areas]. 2nd ed. Moscow, Gostoptekhizdat Publ., 1963. 309 p.
4. Serebryakov And. O., Bychkova D. A. *Zadachi gidrogeologicheskogo kontrolya prodvizheniya vod v zalezakh nefiti i gaza* [Problems of hydrogeological control of advance of waters in deposits of oil and gas]. *Prirodno-resursnyy potentsial Prikaspiya i sopredelnykh territoriy: problemy ego ratsionalnogo ispolzovaniya : materialy V regionalnoy zaochnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (25–27 aprelya 2018 g.)* [The Natural and Resource Potential of Caspian Sea and Adjacent Territories: Problems of Its Rational Use. Proceedings of the V Regional Correspondence Student's Scientific and Practical Conference (on April 25–27, 2018)], Elista, Kalmyk State University Publ. House, 2018, pp. 17–19.
5. Serebryakov O. I. *Gidrogeologicheskii mekhanizm obvodneniya gazokondensatnykh mestorozhdeniy* [Hydrogeological mechanism of flood of gas-condensate fields]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2016, no. 1 (60), pp. 14–20.
6. Serebryakov O. I., Serebryakov And. O., Zhuravlev G. I., Zhuravlev A. G. *Ekspluatatsiya morskikh mestorozhdeniy* [Operation of sea fields], Saint Petersburg, Lan Publ., 2018. 212 p.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАРСТОВЫХ ВОД В ОКРЕСТНОСТЯХ ОЗЕРА БАСКУНЧАК

Головачев Илья Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Астраханское отделение Русского географического общества, 414025, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, e-mail: bask_speleo@mail.ru

Ермолина Александра Викторовна, заведующая лабораторией, ООО «Моринжгеология», 414004, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Красная Набережная, 85, e-mail: aleksandra_sh@list.ru

На территории Прикаспийской низменности имеется много необычных участков, возвышающихся над окружающими бескрайними равнинными пространствами, представляющими собой дно древнего моря. Необычность этих участков в том, что они были приподняты под действием воздымающихся из недр соляных куполов – диапиров. К некоторым солянокупольным поднятиям приурочены небольшие по площади разрозненные карстовые районы. Они связаны с выходом на дневную поверхность древних позднепалеозойских пород, представленных в основном нижнепермскими гипсами (P₁kg), в ядрах соляных куполов. Карстовые районы располагаются на территории Прикаспийской низменности неравномерно-

но и имеют различные по площади выходы карстующихся пород. Одним из таких районов является территория, прилегающая к солёному озеру Баскунчак и горе Большое Богдо. В работе приводится краткая характеристика района окрестностей озера Баскунчак, а также рассматриваются разные типы подземных вод, в том числе карстовых, имеющих в этом природном районе. Показывается своеобразие гидрогеологии, обусловленное наличием солянокупольных поднятий на данной территории, а также природные и антропогенные факторы, оказывающие влияние на активизацию карстовых процессов. Приводятся данные наблюдений за динамикой карстовых вод в пещере Баскунчакская, являющейся крупнейшей естественной карстовой пещерой на территории Прикаспийской низменности.

Ключевые слова: гипсовые кепроки, соляные купола, сульфатный карст, карстовый процесс, карстовые воды, карстовые пещеры, пещера Баскунчакская, подземные паводки, Прикаспийская низменность, озеро Баскунчак

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CARST WATERS IN LAKE BASKUNCHAK AREA

Golovachev Ilya V., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, Astrakhan Branch of the Russian Geographical Society, 16 Tatishchev st., Astrakhan, 414025, Russian Federation, e-mail: bask_speleo@mail.ru

Ermolina Alexandra V., Head of Laboratory, LLC "Moringegeologiya", 85 Krasnaya Naberezhnaya st., Astrakhan, 414004, Russian Federation, e-mail: aleksandra_sh@list.ru

On the territory of the Caspian lowland there are many unusual areas, towering above the surrounding endless lowland spaces, representing the bottom of the ancient sea. The peculiarity of these areas is that they were raised under the influence of salt domes rising from the depths of the domes - diapirs. Small scattered karst areas are confined for some salt domes. They are associated with the emergence on the surface of the ancient Late Paleozoic rocks, represented mainly by the Lower Permian gypsum (P₁kg), in the cores of salt domes. Karst areas are located on the territory of the Caspian lowland unevenly and have different outcrops of karst rocks. One of these areas is the territory located near salt Lake Baskunchak and Mount Big Bogdo. The article presents a brief description of the area around the Baskunchak Lake, and also discusses various types of groundwater, including karst, present in this natural area. Also shown the peculiarity of hydrogeology due to the presence of salt-dome uplifts in this area, as well as natural and anthropogenic factors influencing the activation of karst processes. In this article is given observations of the dynamics of karst waters in the Baskunchak Cave, which is the largest natural karst cave in the Caspian lowland.

Keywords: gypsum caprock, salt domes, sulphate karst, karst process, karst waters, karst caves, Baskunchak Cave, underground floods, Caspian lowland, Lake Baskunchak

В районе окрестностей озера Баскунчак и горы Большое Богдо, в ходе геологической истории развития Прикаспийской низменности, сложились необходимые условия для карстообразования. Прибаскунчакский карстовый район расположен в северной части Астраханской области на землях Ахтубинского административного района. Карст района озера Баскунчак относится к Прибаскунчакскому карстовому округу Западноприкаспийской карстовой провинции Прикаспийской карстовой области Восточно-Европейской карстовой страны [6, 7].

Карстовые формы рельефа в окрестностях озера Баскунчак упоминаются уже давно в работах различных известных российских учёных-географов. Однако эти данные носят весьма беглый характер. О карсте говорится вскользь или попутно при общей характеристике рельефа района.

Упоминания о карстовых формах в данном районе имеются в работах И.И. Лепехина, И.Г. Гмелина, П.С. Палласа, И.Б. Ауэрбаха, И.В. Мушкетова, Г.П. Федченко, И.Г. Глушкова, А.А. Бобятинского, Ф.Н. Чернышева, П.А. Православлева, А.Н. Семихатова, Н.М. Страхова, А.Н. Пустовалова, П.А. Шиндяпина, А.А. Гедеонова, Н.А. Гвоздецкого, А.В. Белоновича и других [13, 18]. Активное изучение геологии и гидрогеологии данного района проводилось в период с 80-х гг. XIX в. и по 30-е гг. XX в., что было связано с развёртыванием на Баскунчаке соляной промышленности и разведкой месторождения гипса [22]. В 1990–1992 гг. изучением экзогенных геологических процессов района окрестностей озера Баскунчак занималась Приволжская гидрогеологическая экспедиция [21]. С 1986 г. и по настоящее время карст и пещеры района окрестностей озера Баскунчак исследуются секцией спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества [10–19].

Карст в районе озера Баскунчак обусловлен выходом на дневную поверхность осадочных пород позднепалеозойского возраста, представленных нижнепермскими гипсами кунгурского яруса. Гипсы подняты на дневную поверхность вследствие соляной тектоники и состав-

ляют верхнюю часть кепрока солянокупольного массива, в которой интенсивно протекают современные карстовые процессы и которая является наиболее доступной для исследований [4]. Карстующиеся гипсы окаймляют чашу озера Баскунчак неравномерно и выходят на дневную поверхность в виде карстовых полей. Современные карстовые процессы в окрестностях озера Баскунчак протекают на протяжении около 10 тыс. лет, по окончании раннехвалынской трансгрессии Каспия [2]. Гипсовые карстующиеся породы перекрыты рыхлой толщей хвалынских отложений, вследствие чего карст относится к типу покрытого.

Своеобразие гидрогеологии района окрестностей озера Баскунчак обусловлено наличием солянокупольных поднятий на данной территории. По материалам А.К. Певнева [22], гидрогеологические условия вершин соляных куполов и территорий, к ним примыкающих, заметно отличаются по структуре водоносных пород и водоупоров, а также по минерализации самих вод. Особенно сильно это проявляется в количественной и качественной характеристике. Так, если для прилегающих территорий концентрация солей достигает максимально 20–30 г / л, то для вершин соляных куполов – более 200 г / л. Качественная характеристика минерализации вод также показывает различие. Для первой группы характерно преобладание гидрокарбонатного и сульфатного компонентов, а для второй – хлоридных. На территориях, прилегающих к солянокупольным поднятиям, исследователями [21–23] выделяются три водоносных горизонта: хвалынский (безнапорный), хазарский (напорный), бакинский (напорный).

На вершинах соляных куполов развиты воды кунгурского яруса, циркулирующие в закарстованных гипсоангидритовых породах кепрока пермского возраста. При характеристике карстовых вод кепрока А.В. Белонович [2] выделяет два водоносных горизонта: верхний, в зоне свободного водообмена, и нижний, на уровне соляного зеркала Баскунчакского соляного массива.

Верхний горизонт, соответствующий зоне свободного водообмена, имеет мощность от 1 до 45 м. Минерализация вод этого горизонта от 0,6 до 2,3 г / л. С конца позднехвалынского времени за счёт этих вод идёт процесс формирования современного карстового рельефа. Нижний горизонт имеет мощность от 1 до 90–100 м. Воды этого горизонта имеют минерализацию от 30 до 380 г / л. Они обуславливают развитие специфических карстовых форм в толще современной соли, а также формируют современный рельеф соляного зеркала и деформируют кепрок Баскунчакского соляного диапира.

Для района озера Баскунчак Г.В. Короткевич [20] даёт величину активности карстообразования в соляных породах 3,25 мм / год, что соответствует скорости размыва верхней части Баскунчакского соляного купола. В связи с тем, что в данном районе не проводились исследования активности гипсового карста, можно воспользоваться величиной 1,87 мм / год, установленной для кепрока одного из соляных куполов Прикаспийской впадины [1].

Как и для любого карстующегося массива, для данного района характерно наличие областей питания, движения и разгрузки подземных карстовых вод. Области питания соответствует зона поверхностного движения вод, в которой тало-дождевые воды собираются с водосборной площади карстовыми воронками и карстово-эрозионными балками, поглощаются понорами и отводятся вглубь массива.

В зоне вертикальной нисходящей циркуляции карстовые воды движутся вниз по вертикальным каналам и трещинам. Мощность данной зоны в описываемом районе составляет от одного до нескольких десятков метров. Для этой зоны характерны колодцы, круто-уходящие каналы и трубы, желобковые карры и т.п. Яркими представителями подземных карстовых форм являются 15-метровый колодец пещеры Кристальная, колодцеобразные воронки поверхностного выщелачивания (коррозионные), имеющиеся на северном и южном гипсовых полях и т.п.

В зоне переходного движения карстовые воды, в разные сезоны, движутся либо по вертикали, либо по горизонтали. Саратовский спелеолог А.В. Белонович [2, 3] указывает, что мощность этой зоны колеблется от 0,5 до 1,0 м. Однако это весьма сомнительно и требует перепроверки на анализе гораздо большего числа полостей данного района. К этой зоне следовало бы отнести Сыр – лабиринтовую часть пещеры Баскунчакская. Здесь переходная зона довольно ярко представлена комплексом горизонтальных, вертикальных, наклонных труб, каналов и прочих подземных форм. Мощность переходной зоны в данном случае становится не менее 3,0–4,0 м [13, 14].

Для зоны горизонтального движения карстовых вод характерно наличие и формирование слабонаклонных галерей, ходов, каналов. Примером могут служить Центральная галерея пещеры Баскунчакская, дальняя часть пещеры Сюрприз и т.д.

Эти четыре зоны, составляющие область движения карстовых вод, также объединяют в одну вадозную зону. Ниже неё располагается фреатическая зона, в которой выделяются ещё два уровня: зона сифонного движения вод или сифонной циркуляции, где вода движется по каналам, полностью затопленным водой, и зона глубинного движения вод, или зона напорных трещинно-карстовых вод, где вода заполняет все поры и трещины и движется очень медленно. В исследуемом районе обе эти зоны также имеются, но слабо изучены, из-за своей трудно- и недоступности. Зона сифонной циркуляции находится на глубине ниже 30–32 м от поверхности, то есть ниже тальвега пещеры Баскунчакская. Мощность этой зоны на сегодня трудно-определима. В самой нижней части карстового массива, залегает зона напорных трещинно-карстовых вод. Для неё свойственны воды, циркулирующие на уровне соляного зеркала Баскунчакского солянокупольного массива. Согласно А.В. Белоновичу [2], для этой зоны характерны воронки в толще современной соли, расположенные вблизи береговой линии озера Баскунчак и образующиеся вследствие разгрузки восходящих карстовых вод.

Уровень карстовых вод в массиве не постоянен и испытывает периодические колебания, вызванные разными причинами. В пещере Баскунчакская можно наблюдать периодические под-земные паводки, течение временных подземных потоков, динамику уровня вод подземного озера. Эта пещера представляется наиболее интересной для наблюдения за карстовыми водами. Пещера Баскунчакская – крупнейшая пещера на территории Прикаспийской низменности. Она находится на северо-западном берегу озера Баскунчак в балке Пещерная и имеет три основных входа, которые долгое время считались самостоятельными пещерами: Большая Баскунчакская, Малая Баскунчакская и Сухая. Пещера уже долгое время активно посещается людьми и является одной из достопримечательностей данного района. На стенах пещеры имеются различные надписи, самые старые из которых датируются 1874, 1909, 1911 гг. Иными словами, она известна уже более 100 лет. В 40-х гг. прошлого века преподаватель Саратовского университета А.Д. Гедеев первым обследовал и описал пещеру на протяжении 350 м [8, 9]. С 1979 г. в течение более 20 лет изучением пещеры занимались члены Саратовской спелеологической секции [3]. Ими были впервые связаны между собой три пещеры, считавшиеся ранее самостоятельными. Проведён большой объём исследовательских работ, выполнена подробная топографическая съёмка пещеры. В 1986 г. к наблюдениям за пещерой подключилась секция спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества, которая продолжает свои исследования по настоящее время [13, 18].

Пещера Баскунчакская заложена в пермских гипсах кунгурского яруса, поднятых на поверхность процессами соляной тектоники. Пещера относится к коррозионно-эрозионному типу. Она разработана по вертикальной трещине субмеридионального направления. Пещера имеет разнообразный подземный рельеф и состоит из участков различной сложности прохождения. В пещере имеются помимо узостей и широкие доступные для массового посещения участки. По данным А.В. Белоновича [3], пещера имеет следующие основные морфометрические параметры: протяжённость – 1480 м, глубина от уровня дневной поверхности – 32 м, объём – около 9400 м³. В целом пещера сухая и представляет сухо-галерейную стадию своего развития. В пещере имеется пресноводное подземное озеро площадью около 10 м². Уровень озера не постоянен. Так, например, в январе 2005 г. уровень воды в озере упал на 1,8 м. И, наоборот, в отдельные годы (1993–1995 гг. и др.) озеро переполняется и вода перетекает из него в Центральную галерею [14].

Карстовые воды в зоне аэрации, изучавшиеся в пещере Баскунчакская, характеризуются низкой минерализацией (около 2,05 г / л), кальциево-сульфатным составом, температурой 4–6 °С и умеренной агрессивностью к гипсу [21]. После весеннего снеготаяния и летних ливней минерализация этих вод может снижаться до 0,4–1,4 г / л, а агрессивность по отношению к гипсу возрастать [21]. Состав вод в этот непродолжительный период может становиться кальциево-гидрокарбонатным.

Саратовские спелеологи [3], проводившие откачку воды из пещерного озера, установили, что подземное озеро является подвешенным сифоном с максимальным объёмом воды до 20 м³. К сожалению, сифон оказался не проходим, так как заполнен глинистыми отложениями. Кроме этого в пещере имеется ещё два сифона. Один из них, грязевой, расположен в конце Центральной галереи и абсолютно не проходим. Другой, грязе-водный, полусифон расположен под Сыром – лабиринтовой частью пещеры. За этим полусифоном свод опять повышается до 2–2,5 м и через несколько метров вновь опускается, переходя в уже не проходимый из-за узости сифон.

В период активного таяния снега этот полусифон поглощает мощный поток талых вод, поступающих с поверхности через вход № 2. Членам секции спелеологии и карстоведения Астраханского отделения Русского географического общества доводилось наблюдать подобный поток в феврале 2003 г., когда наступило резкое потепление, и шёл дождь [14]. В пещеру втекал водный поток, с расходом около 100–150 л / сек., вызвавший подземный паводок. Скорость подъёма воды в пещере составила 2,5 см в минуту. Вода была грязно-мутного цвета какао за счёт содержания в себе большого количества взвешенных супесчаных и суглинистых частиц. Амплитуда подъёма паводковых вод в пещере составила около 15,0 м. Через три часа уровень паводковых вод стабилизировался. Основная часть пещеры оказалась затопленной. Температура воды составляла всего 2 °С. Подобные паводки – большая редкость для пещеры. Один из самых трагических произошёл 23 января 1993 г., когда в результате подземного паводка погиб астраханский турист, и лишь по случайности не погибла вся группа из 11 человек. Как правило, почти все паводки под землёй отмечались в зимний период. В целом же в период с апреля по октябрь пещера безопасна для посещения. Зависимость пещерных паводков от весеннего половодья на Волго-Ахтубе не подтвердилась. По наблюдениям за период с 1993 по 2013 г. в пещере паводки в основном случались в зимнее и весеннее время года, за счёт резкого таяния. Имеется несколько случаев подтопления пещеры в летнее время. И только один случай небольшого паводка осенью – в сентябре 2012 г. Наиболее крупный подземный паводок в пещере Баскунчакская отмечался в ноябре 1998 г. Амплитуда подъёма воды в пещере составила около 20 м!

Паводки бывают двух типов. Первый тип, когда вода поступает с поверхности в таком количестве, что пещера не успевает отводить воду в массив и подтопляется. Вода топит пещеру, при этом спокойно и ровно. Именно такой паводок я наблюдал в феврале 2003 г. [19]. Второй тип, когда резко поднимается уровень зеркала карстовых подземных вод (причём с поверхности может поступать тало-дождевая вода, а может и не поступать). Вода бьёт со всех щелей под напором, и в пещере образуется много пены. Температура воды заметно выше (около +10 °С). Очевидцы паводка в январе 1993 г. дали именно такое описание. Следы подобного паводка в пещере Баскунчакская и других пещерах района наблюдались в январе и августе 1994 г. Однако следует отметить, что всегда пещера топится пресными водами, т.е. солёные воды, питающие озеро Баскунчак, не попадают в пещеру!

Карстовые воды можно непосредственно наблюдать в пещерных озёрах, родниках, питающих озеро Баскунчак, в карьере по добыче гипсового камня, где вскрыт в процессе разработки карстовый водоносный горизонт, а также в озёрах карстового генезиса в русле Горького Ерика на восточном берегу озера Баскунчак. Карстовые воды в этих источниках и водоёмах несколько различаются по своему составу (табл. 1). Химический состав вод определялся в лаборатории ООО «Моринжгеология» (аналитик А.В. Ермолина).

Таблица 1

Химический состав карстовых вод в окрестностях озера Баскунчак							
Проба № 1 из озера Мраморного в гипсовом карьере (отбор 06.06.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
45596,85	7,01	28045,00	288,00	1720,00	408,00	14950,00	76,05
Проба № 2 из озера в пещере Баскунчакская (отбор 08.04.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
2184,19	7,27	35,30	1406,40	540,00	72,00	16,10	1,95
Проба № 3 из озера пещеры Шаровская-2 в балке Шаровская (отбор 09.05.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
2523,92	7,47	82,72	1560,00	580,00	36,00	124,20	31,20
Проба № 4 из озера Баскунчак (отбор 06.06.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
305125,90	6,68	198800,00	729,60	7600,00	14640,00	81650,00	1657,50
Проба № 5 из озера пещеры Шаровская-2 в балке Шаровская (отбор 02.06.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
2763,86	8,51	497,00	1142,40	488,00	19,20	368,00	5,46
Проба № 6 из родника в устье балки Улан-Благ (отбор 02.06.2012 г.)							
Минерализация, мг / дм ³	pH	Содержание, мг / дм ³					
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ²⁺	K ⁺
187926,73	6,20	113600,00	931,20	1900,00	204,00	71012,50	103,35

Родники располагаются в устьевых частях балок на западном и северо-западном берегах озера. Суммарный дебит источников составляет несколько миллионов м³ / год. Самый крупный источник – Горькая речка – располагается на восточном берегу озера Баскунчак и имеет карстовое питание. По подсчётам Л.В. Пустовалова [23], в озеро Баскунчак ежегодно привносится около 930869 т солей (в том числе 800 тыс. т NaCl).

Небольшие по площади пресные озёра Тургай, Карасун, Горькое (расположенное в воронке Кызыл-Джар) и ещё несколько мелких слабо минерализованных озёр, расположенных в русле Горькой речки, имеют карстовый генезис и первоначально (более 50 лет назад) имели карстовое питание. Однако в настоящее время они почти все перешли на питание водами атмосферных осадков, поступающими с окружающих их водосборных площадей. Озёра Тургай и Карасун полностью пересохли и незначительно на непродолжительное время заполняются в период весенне-го снеготаяния.

Очень необычное и крайне редкое проявление карстовых процессов наблюдалось и было описано А.Б. Вистелиусом [5] в 1952 г. на северо-восточном побережье озера Баскунчак. Расход карстовой речки Горький Ерик на выходе её из гипсов урочища Вак-Тау после 10 м подземного течения возрос с 20 л / с в марте до 1500 л / с в июне и сохранялся до осени на уровне 600 л / с. Затем её расход стабилизировался до обычного уровня. За время такого подземного паводка минерализация карстовых вод понизилась с 14 до 3 г / л [5, 21].

На активность развития карстовых процессов в районе озера Баскунчак оказывают влияние природные и антропогенные факторы. К природным факторам можно отнести аномально большие объёмы разововыпадающих осадков, интенсивное стаивание мощного снежного покрова, активизацию процессов солянокупольной тектоники, подземные паводки. Антропогенные факторы представлены перевыпасом скота, вибрацией грунтов, искусственным понижением уровня грунтовых (карстовых) вод, тампонированием водоотводящих дренающих каналов, искусственным подтоплением отдельных участков данного района и другими причинами.

В целом данный карстовый район характеризуется сложной гидрогеологической обстановкой и нуждается в дальнейшем полномасштабном изучении карстовых вод, особенностей развития карстовых процессов и явлений.

Список литературы

1. Алещенко Г. Р. Гипсовый карст на примере соляного купола Северного Прикаспия / Г. Р. Алещенко // Тр. Казахского н.-и. института минерального сырья. – 1961. – Вып. 6.
2. Белонович А. В. Гидрогеологические особенности сульфатного карста кепрока Баскунчакского соляного массива / А. В. Белонович // Методика изучения карста. – Пермь, 1985. – С. 86.
3. Белонович А. В. Пещера Баскунчакская. Краткая история и результаты исследования (К 20-летию спелеосекции г. Саратова) / А. В. Белонович, О. Б. Цой // Спелеология Самарской области. – 2002. – Вып. 2. – С. 83–90.
4. Богданов А. А. Соляные купола Нижнего Заволжья / А. А. Богданов // Бюллетень МОИП, отд. геол. – Москва, 1934. – Т. XII.
5. Вистелуз А. Б. О резкой аномалии в режиме источника Горький Ерик на озере Баскунчак / А. Б. Вистелуз // Вестник ЛенГУ. – Ленинград, 1962.
6. Гвоздецкий Н. А. Карстовые явления в окрестностях оз. Баскунчак / Н. А. Гвоздецкий // Памяти проф. А.Н. Мазаровича. – Москва, 1953. – С. 182–191.
7. Гвоздецкий Н. А. Карст / Н. А. Гвоздецкий. – Москва : Мысль, 1981.
8. Гедеонов А. А. Пещеры окрестностей озера Баскунчак / А. А. Гедеонов // Изв. Всес. геогр. о-ва. – 1940. – Т. 72, вып. 3.
9. Гедеонов А. А. Материалы к морфологии карста окрестностей озера Баскунчак / А. А. Гедеонов // Уч. зап. СГУ. Вып. геогр. – 1949. – Т. XXII.
10. Головачев И. В. Карст окрестностей озера Баскунчак / И. В. Головачев // Карстование – XXI век: теоретическое и практическое значение : мат-лы Междунар. симпозиума (25–30 мая 2004, Пермь). – Пермь : Пермский гос. ун-т, 2004. – С. 113–118.
11. Головачев И. В. Карстовые явления в окрестностях озера Баскунчак / И. В. Головачев // Богдинско-Баскунчакский заповедник и его роль в сохранении биоразнообразия севера Астраханской области. Перспективы развития экологического туризма : сб. науч. ст. – Астрахань : АГТУ, 2004. – С. 15–20.
12. Головачев И. В. О факторах активизации карстового рельефа в районе озера Баскунчак / И. В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – 2009. – № 2 (33). – С. 143–146.
13. Головачев И. В. Карст и пещеры Северного Прикаспия : монография / И. В. Головачев. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2010. – 215 с.
14. Головачев И. В. Пещера Баскунчакская / И. В. Головачев // Спелеология и спелеология : сб. мат-лов 2-ой Междунар. науч. заоч. конф. – Набережные Челны : НИСПТР, 2011. – С. 9–13.

15. Головачев И. В. История развития карста в районе окрестностей озера Баскунчак / И. В. Головачев // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1 (44). – С. 193–199.
16. Головачев И. В. Сульфатный карст и его особенности / И. В. Головачев, И. В. Быстрова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 193–202.
17. Головачев И. В. Пещера Кристальная Прибаскунчакского карстового округа / И. В. Головачев, Е. И. Головачева // Геология, география и глобальная энергия. – 2014. – № 2 (53). – С. 153–166.
18. Головачев И. В. История изучения карстовых форм рельефа в окрестностях озера Баскунчак / И. В. Головачев // Астраханские краеведческие чтения : сб. ст. / под ред. А. А. Курапова, Е. И. Герасимиди, Р. А. Тарковой. – Астрахань : Сорокин Роман Васильевич, 2015. – Вып. VII. – С. 19–25.
19. Головачев И. В. Активизация карста под влиянием природных и антропогенных факторов в окрестностях озера Баскунчак / И. В. Головачев // Радиационная и промышленная экология : мат-лы Всерос. сем. с междунар. участием. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2016. – С. 300–303.
20. Короткевич Г. В. Соляной карст / Г. В. Короткевич. – Ленинград : Недра, 1970.
21. Отчёт по изучению экзогенных геологических процессов района окрестностей озера Баскунчак. – Астрахань : Фонды ПГГЭ, 1993. – Т. 1. – 177 с.
22. Певнев А. К. Современные движения земной поверхности в районе Баскунчакской солянокупольной структуры / А. К. Певнев. – Москва : Наука, 1968.
23. Пустовалов А. Н. Материалы к геохимии озера Баскунчак / А. Н. Пустовалов // Труды Всесоюзного геологоразведочного объединения НКТП СССР. – Ленинград ; Москва, 1933. – Выпуск 284.

References

1. Aleshchenko G. R. Gipsovyi karst na primere solyanogo kupola Severnogo Prikaspiya [Gypsum karst on the example of the salt dome of the Northern Caspian]. *Tr. Kazakhskogo n.-i. instituta mineralnogo syrya* [Proceedings of the Kazakh Research Institute of Mineral Raw Materials], 1961, issue 6.
2. Belonovich A. V. Gidrogeologicheskie osobennosti sulfatnogo karsta kepoka Baskunchakskogo solyanogo massiva [Hydrogeological features of sulphate karst in caps of the Baskunchaksky salt massif]. *Metodika izucheniya karsta* [Methods of studying karst], Perm, 1985, pp. 86.
3. Belonovich A. V., Tsoy O. B. Peshchera Baskunchakskaya. Kratkaya istoriya i rezultaty issledovaniya (K 20-letiyu speleo-sektsii g. Saratova) [Baskunchak cave. Brief history and results of the research (To the 20th anniversary of the speleo-section of the city of Saratov)]. *Speleologiya Samarskoy oblasti* [Speleology of the Samara Region], 2002, issue 2, pp. 83–90.
4. Bogdanov A. A. Solyanye kupola Nizhnego Zavolzhyia [Salt domes of the Lower Volga]. *Byulleten MOIP, otd. geol.* [Bulletin Moscow Society of Nature Testers, Geological Department], Moscow, 1934, vol. XII.
5. Visteluz A. B. O rezkoy anomalii v rezhime istochnika Gorkiy Yerik na ozere Baskunchak [Anomaly in the mode of the source Bitter Erik on the lake Baskunchak]. *Vestnik LenGU* [Bulletin of the Leningrad State University], Leningrad, 1962.
6. Gvozdetskiy N. A. Karstovye yavleniya v okrestnostyakh oz. Baskunchak [Karst phenomena in the vicinity of Lake Baskunchak]. *Pamyati prof. A.N. Mazarovicha* [In memory of Professor A.N. Mazarovich], Moscow, 1953, pp. 182–191.
7. Gvozdetskiy N. A. *Karst* [Karst], Moscow, Mysl Publ., 1981.
8. Gedeonov A. A. Caves around Lake Baskunchak [Peshchery okrestnostey ozera Baskunchak]. *Izv. Vses. geogr. o-va* [Proceedings of the All-Union Geographical Society], 1940, vol. 72, issue 3.
9. Gedeonov A. A. Materialy k morfologii karsta okrestnostey ozera Baskunchak [Materials on the morphology of karst in the vicinity of Lake Baskunchak]. *Uch. zap. SGU. Vyp. geogr.* [Scientific Notes of the Saratov State University. Issue Geographical], 1949, vol. XXII.
10. Golovachev I. V. Karst okrestnostey ozera Baskunchak [Karst neighborhood of the lake Baskunchak]. *Karstovedenie – XXI vek: teoreticheskoe i prakticheskoe znachenie : mat-ly Mezhdunar. simpoziuma (25–30 maya 2004, Perm)* [Karstology – XXI century: Theoretical and Practical Significance. Proceedings of the International Symposium (May 25–30, 2004, Perm)], Perm, Perm State University Publ. House, 2004, pp. 113–118.
11. Golovachev I. V. Karstovye yavleniya v okrestnostyakh ozera Baskunchak [Karst phenomena in the vicinity of the lake Baskunchak]. *Bogdinsko-Baskunchakskiy zapovednik i ego rol v sokhraneni bioraznoobraziya severa Astrakhanskoy oblasti. Perspektivy razvitiya ekologicheskogo turizma : sb. nauch. st.* [Bogdinsko-Baskunchaksky Nature Reserve and Its Role in Preserving the Biodiversity of the North of the Astrakhan Region. Prospects for the Development of Ecological Tourism. Proceedings], Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publ. House, 2004, pp. 15–20.
12. Golovachev I. V. O faktorakh aktivizatsii karstovogo relefa v rayone ozera Baskunchak [On the factors of activation of the karst topography in the area of Lake Baskunchak]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2009, no. 2 (33), pp. 143–146.
13. Golovachev I. V. *Karst i peshchery Severnogo Prikaspiya* [Karst and caves of the Northern Caspian], Astrakhan, Astrakhan University Publ. House, 2010. 215 p.
14. Golovachev I. V. *Peshchera Baskunchakskaya* [Baskunchak Cave]. *Speleologiya i spelestologiya : sb. mat-lov 2-oy Mezhdunar. nauch. zaoch. konf.* [Speleology and Spelestology. Proceedings of the 2nd Interna-

tional Scientific Correspondence Conference], Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny Institute of Social Pedagogical Technologies and Resources Publ. House, 2011, pp. 9–13.

15. Golovachev I. V. Istoriya razvitiya karsta v rayone okrestnostey ozera Baskunchak [The history of the development of karst in the vicinity of the lake Baskunchak]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 1 (44), pp. 193–199.

16. Golovachev I. V., Bystrova I. V. *Sulfatnyy karst i ego osobennosti* [Sulphate karst and its features]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 193–202.

17. Golovachev I. V., Golovacheva E. I. Peshchera Kristalnaya Pribaskunchakskogo karstovogo okruga [Crystal Cave of Pribasunchak karst district]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2014, no. 2 (53), pp. 153–166.

18. Golovachev I. V. Istoriya izucheniya karstovykh form reliefa v okrestnostyakh ozera Baskunchak [The history of the study of karst landforms in the vicinity of Lake Baskunchak]. *Astrakhanskije kraevedcheskie chteniya : sb. st.* [Astrakhan Regional Reading. Proceedings], Astrakhan, Sorokin Roman Vasilyevich Publ., 2015, vol. VII, pp. 19–25.

19. Golovachev I. V. Aktivizatsiya karsta pod vliyaniem prirodnykh i antropogennykh faktorov v okrestnostyakh ozera Baskunchak [Activation of karst under the influence of natural and anthropogenic factors in the vicinity of Lake Baskunchak]. *Radiatsionnaya i promyshlennaya ekologiya : mat-ly Vseros. sem. s mezhdunar. uchastiem* [Radiation and Industrial Ecology. Proceedings of the All-Russian Seminar with International Participation], Rostov-on-Don, Southern Federal University Publ. House, 2016, pp. 300–303.

20. Korotkevich G. V. *Solyanoy karst* [Salt Karst], Leningrad, Nedra Publ., 1970.

21. *Otchet po izucheniyu ekzogennykh geologicheskikh protsessov rayona okrestnostey ozera Baskunchak* [Report on the study of exogenous geological processes in the vicinity of Lake Baskunchak], Astrakhan, Fondy PGGE Publ., 1993, vol. 1. 177 p.

22. Pevnev A. K. *Sovremennye dvizheniya zemnoy poverkhnosti v rayone Baskunchakskoy solyanokupolnoy struktury* [Modern movements of the earth's surface in the Baskunchak salt dome structure], Moscow, Nauka Publ., 1968.

23. Pustovalov A. N. Materialy k geokhimii ozera Baskunchak [Materials for the geochemistry of Lake Baskunchak]. *Trudy Vsesoyuznogo geologorazvedochnogo obedineniya NKTSP SSSR* [Proceedings of the All-Union Geological Prospecting Association USSR People's Commissariat of Heavy Industry], Leningrad, Moscow, 1933, issue 284.