УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

DOI 10.31554/978-5-7925-0601-5-2020-126-132

УДК 551.481.1

К ВОПРОСУ ОБРАЗОВАНИЯ СОДОВОГО МИНЕРАЛЬНОГО ОЗЕРА НА ПОБЕРЕЖЬЕ БАЙКАЛА

Плюснин А.М.^{1,2}

¹*Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

²*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия*

Рассмотрены геологические условия образования и особенности химического состава единственного на восточном побережье Байкала минерального озера, относящегося к содовому типу. Показано, что на формирование химического состава воды озера большое влияние оказывает разгрузка азотных термальных вод, которые приносят в озеро бор, вольфрам, фосфор, медь, никель, олово, сурьму. В результате разгрузки трещинно-жильных вод в озере формируются благоприятные условия для развития биоты и образования сапропеля.

Ключевые слова: *озера, разломы, гидротермы, свободный газ, вымораживание.*

ON THE ISSUE OF THE FORMATION OF A SODA MINERAL LAKE ON THE COAST OF LAKE BAIKAL

Plyusnin A.M.^{1,2}

¹*Geological institute SB RAS, Ulan-Ude, Russia*

³*East-Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russia*

The geological conditions of formation and the chemical composition of the only soda-type mineral lake on the eastern coast of Lake Baikal are

¹ Плюснин Алексей Максимович, д.г.-м.н., зам.директора по науке, зав. лаб. Гидрогеологии и геоэкологии, проф. р каф. «Технология кожи, меха. Водные ресурсы и товароведение», тел.:+7 (3012) 43-47-08, e-mail: plusnin@ginst.ru
Plyusnin Alexsey, Dr. of Tech.Science, prof. Deputy Director of Sciences, Chief of laboratory Hydrogeology and Geoecology, prof. of the Department «Leather and Fur Technology», тел.:+7 (3012) 43-47-08, e-mail: plusnin@ginst.ru

considered. It is shown that the formation of the chemical composition of the lake's water is greatly influenced by the unloading of nitrogen thermal waters, which come from the Svyatoy Nos peninsula due to normal-type faults. These waters bring boron, tungsten, phosphorus, copper, nickel, tin, and antimony to the lake. As a result of the discharge of fractured-vein waters in the lake, favorable conditions are formed for the development of biota and the formation of sapropel.

Keywords: lakes, faults, hydrotherms, free gas, freezing.

На Баргузинско-Чивыркуйском перешейке, соединяющем полуостров Святой Нос с восточным берегом Байкала, находится озеро Бормашовое с минерализацией воды более одного грамма на литр. По химическому составу воды озеро относится к содовому типу. Это единственное минеральное озеро, располагающееся на восточном побережье Байкала. До сих пор в опубликованной литературе не дано объяснения образования этого феномена, который длительное время сохраняет особенности своего химического состава среди многочисленных пресных озер этого района.

Площадь зеркала оз. Бормашовое 1,3 км², длина 1,5 км, максимальная ширина 1,2 км, максимальная глубина 2,2 м. Считается, что питание водоема осуществляется атмосферными осадками, небольшими ручьями, стекающими с окружающих болот и грунтовыми водами современных и верхнечетвертичных отложений [2]. Озеро бессточное, разгрузка озерных вод происходит за счет испарения и подземным стоком. Формирование ресурсов и химического состава воды этого озера вызывает интерес у многих поколений исследователей [3]. Одним из факторов формирования химического состава его воды может быть воздействие азотных гидротерм, которые придают своеобразный геохимический облик воде, донным отложениям и свободному газу, выделяющемуся со дна озера [4,5]. Для выявления основных процессов, определяющих метаморфизацию химического состава воды, нами были проведены детальные геолого-геохимические исследования в этом районе.

Озеро располагается в обширной заболоченной впадине, протягивающейся с юга на север через весь Баргузин-Чивыркуйский перешеек. Это понижение рельефа имеет треугольную форму, на севере этого блока пород, на побережье озера Арангатуй его ширина достигает 6 км, а в районе Бормашового озера 1,2 км. Южнее Бормашового озера понижение выклинивается, не соединяясь с котловиной Баргузинского залива. С запада и востока котловина озера

ограничена поднятиями, заросшими сосновым лесом, которые возвышаются над озером на 2-3 м. По нашим представлениям это понижение в рельефе связано с тектоническими процессами, связанными с раскрытием Байкальского рифта. Баргузин-Чивыркуйский перешеек представляет собой грабен, который разбит разломами на несколько разновеликих блоков, имеющих наклон к центральной части перешейка. Эти блоки пород в разной степени испытывают погружение, поэтому между ними сохраняются проницаемые для воды зоны. Разгрузка трещинно-жильных вод в озеро может происходить по разломам, ограничивающим озеро с востока и запада. К западу от озера на удалении 17 км располагается полуостров Святой Нос, возвышающийся над перешейком на высоту более чем 1400 м. В пределах полуострова формируются ресурсы термальных вод, разгружающихся в бухте Змеиной Чивыркуйского залива и на Кулиных болотах в северо-западной части перешейка. На востоке Баргузин-Чивыркуйский перешеек граничит с отрогами Баргузинского хребта. В этом месте хребта нет проявлений термальных вод на поверхности, только в юго-восточной части озера Арангатуй с Баргузинского хребта происходит разгрузка холодных трещинно-жильных вод в виде сосредоточенного источника.

При проведении гидрохимических исследований Бормашового озера нами были заданы профили опробования вод вдоль западного и восточного берегов. Мы предполагали, что разгрузка трещинно-жильных вод придает специфический геохимический облик придонной воде озера. Гидрохимические исследования озера проводились в апреле и июле 2019 года. Весной опробование воды проводили со льда, летом с лодки, одновременно с опробованием определяли географические координаты мест опробования. Профиль точек наблюдения располагался в десяти метрах от берега, интервал между точками наблюдения 5 метров. Анализ макрокомпонентного состава воды выполнен в ГИН СО РАН. Анализ содержания микроэлементов проводился в ЛИН СО РАН методом индуктивно связанной плазмы на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 се. Состав свободного газа проанализирован методом газовой хроматографии в ООО Научно-производственная фирма «Сибэкосервис» (г. Иркутск).

Установлено, что вода, заключенная в озере Бормашовое, имеет неоднородный химический состав. Общая минерализация воды возле западного берега в среднем составляет 1425 мг/дм^3 , тогда как возле

восточного берега всего 1386 мг/дм³. Возле западного берега вода озера имеет существенно более высокие содержания натрия и гидрокарбонат-карбонат-ионов, фторид-иона и кремниевой кислоты, более щелочную реакцию среды. У западного побережья зафиксированы относительно повышенные содержания бора, вольфрама, меди, никеля, олова и сурьмы. В микроэлементном составе воды отобранной у восточного берега озера повышенными содержаниями выделяются алюминий, фосфор, марганец, железо, цинк и свинец.

Зимой озеро покрывается льдом, мощность ледяного покрова достигает 1,5-1,7 м. На поверхности льда обнаруживаются выцветы солей, представленные в основном содой. В ледовый период наблюдается более высокая общая минерализация озерной воды по сравнению с безледным периодом. При обследовании озера в апреле, когда озеро было еще покрыто льдом, общая минерализация в 1,3 раза была выше, чем летом. Концентрирование солей при формировании ледового покрова происходит, в основном, за счет вымораживания воды из раствора, вследствие чего растворенные вещества накапливаются в остающейся жидкой фазе. Но некоторые компоненты не подчиняются этой общей закономерности. Так по сравнению с общим ростом содержания растворенных веществ, в подледный период установлено значительно более высокое концентрирование кальция, нитрата, сульфата и карбонат-гидрокарбонат ионов. Вероятно, в зимний период на формирование химического состава воды в озере большое влияние оказывает процесс окислительного разложения накопившейся за лето растительности и залегающего почти по всей акватории озера сапропеля. Образующийся при разложении органического вещества донных отложений углекислый газ, из-за ледового покрова, не может удаляться из воды. Его парциальное давление возрастает, вследствие чего уменьшается рН воды озера. Растворимость карбоната кальция с ростом парциального давления возрастает, и он уже не высаживается из раствора. Соответственно интенсивно растет содержание кальция и карбонат-иона. Так как угольная кислота нейтрализует избыточную щелочность, реакция озерной воды становится менее щелочной. В этих условиях равновесие между продуктами диссоциации угольной кислоты смещается в сторону образования гидрокарбонат-иона, поэтому мы наблюдаем в подледный период его более интенсивный рост, чем рост общей минерализации.

Проведенные нами расчеты равновесий по программе HidroGeo32 [1] показали, что вода озера Бормашовое находится в равновесии только с такими карбонатными минералами как кальцит и доломит. В летний период осаждение карбонатов кальция, магния происходит, вероятно, в большем количестве. Но основная садка карбонатных минералов происходит в период разрушения ледового покрова, когда из озерной воды происходит удаление избыточного углекислого газа.

На формирование ресурсов и химического состава воды озера Бормашовое оказывают влияние несколько факторов. Первый фактор связан со сложившимися тектоническими условиями. Поверхность фундамента перешейка и осадочных отложений наклонена к северу, в сторону Чивыркуйского залива. Соответственно сток поверхностных и подземных вод, заключенных в осадочных отложениях, в основном, происходит в том же направлении. А озеро располагается в самой южной части перешейка. Поверхностный сток в озеро может поступать только с очень малой территории, расположенной от него к югу. Формирование ресурсов озерных вод в основном происходит за счет разгрузки подземных трещинно-жильных вод и за счет атмосферных осадков, выпадающих в его акватории. Поэтому в озере устанавливается слабый водообмен. Второй фактор образования высокоминерализованных содовых вод связан с химическим составом и температурой трещинно-жильных вод, за счет которых происходит, в основном, питание озера. В результате разгрузки трещинно-жильных вод в озере накапливаются биоактивные элементы, такие как фосфор, калий, железо, цинк, медь и др., что благоприятствует развитию фитопланктона. Летом вода в озере очень быстро прогревается и зацветает. Щелочные условия обуславливают развитие в водах и донных осадках алкалофильных микроорганизмов, способных проводить биохимические реакции в щелочных условиях. Так как в акваторию озера разгружаются теплые воды, то донные отложения перерабатываются микроорганизмами круглый год. В раствор поступают продукты разложения органического вещества, в том числе и конечный продукт их окислительного разложения – углекислый газ. В близи нейтральных и слабо щелочных условиях водной среды основной формой существования является гидрокарбонат-ион. В результате замерзания, происходит концентрирование растворенных веществ, ледяной покров препятствует удалению из воды образующегося углекислого газа. В результате, сложных преобразований форм нахождения угольной кислоты из раствора

высаживаются карбонат кальция и магния. При разрушении ледового покрова парциальное давление углекислого газа падает и происходит садка карбонатных минералов кальция и магния. В результате этого в озерной воде накапливается натрий и гидрокарбонат-ион, вода становится содовой.

Таким образом, под воздействием сложившихся геологических и гидрогеологических условий и протекания, описанных биогеохимических процессов всего в километре от Байкала длительное время существует минеральное озеро содового химического типа.

Список использованных источников

1 Букаты М.Б. Разработка программного обеспечения в области нефтегазовой гидрогеологии // Разведка и охрана недр, 1997, № 2, с. 37-39.

2 Дзюба А. А., Кулагина Н. В., Абидуева Т. И., Черных А. Л. Минеральные озера Баргузинско-Чивыркуйского перешейка // География и природ. ресурсы. — 2002. — № 2. — С. 61–67.

3 Минеральные воды южной части Восточной Сибири (под редакцией Ткачук В.Г. и Толстихина Н.И.). Изд-во АН СССР. М-Л, 1961. Т.1. 346 с.

4 Перязева Е. Г., Плюснин А. М., Гармаева С. З., Будаев Р. Ц., Жамбалова Д. И. Особенности формирования химического состава озерных вод вдоль восточных берегов Байкала. География и природные ресурсы, 2016 год, № 5, стр. 49-59.

5 Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Геология и геофизика, 2013, т.54, №5, с. 647-664.

References

1 Bukaty M.B. Development of software in the field of oil and gas hydrogeology // Exploration and protection of mineral resources, 1997, no. 2, p. 37-39.2 Baykina ND Reuse of waste ash liquids: Leather and footwear industry, 2000. - No. 8. - P.3-5.

2 Dzyuba A.A., Kulagina N.V., Abidueva T.I., Chernykh A.L. Mineral lakes of the Barguzinsko-Chivyrkuisky isthmus // Geography and nature. resources. - 2002. - No. 2. - P. 61–67.

3 Mineral waters of the southern part of Eastern Siberia (edited by Tkachuk V.G. and Tolstikhin N.I.). Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. M-L, 1961. T.1. 346 s.

4 Peryazeva E. G., Plyusnin A. M., Garmayeva S. Z., Budaev R. Ts., Zhambalova D. I. Features of the formation of the chemical composition of lake waters along the eastern shores of Lake Baikal. Geography and natural resources, 2016, No. 5, pp. 49-59.

5 Plyusnin A.M., Zamana L.V., Shvartsev S.L., Tokarenko O.G., Chernyavsky M.K. Hydrogeochemical features of the composition of nitrogen fluids of the Baikal rift zone. Geology and Geophysics, 2013, v.54, no.5, p. 647-664.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту IX.137.1.4. «Взаимодействие в системе...» № гос. рег. AAAA-A17-117021310076-3, частично по проекту РФФИ № 18-45-030003\18.