**МОГОЙСКИЕ АЗОТНЫЕ ГИДРОТЕРМЫ
(РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ, БАУНТОВСКИЙ РАЙОН) – СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Замана Л.В., Куклин А.П., Аскарлов Ш.А., Суханов А.А.
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита, Россия
l.v.zamana@mail.ru*

**MOGOY NITROGEN HYDROTHERMS (REPUBLIC OF BURYATIA,
BAUNTOVSKY DISTRICT) – STATE AND PROSPECTS**

*Zamana L.V., Kuklin A.P., Askarov Sh.A., Sukhanov A.A.
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

Приведены данные по физико-химическим характеристикам воды наиболее высокотемпературного и большедебитного термального источника Байкальской рифтовой зоны. Отмечена его утрата при попадании в контур отработки золотоносной россыпи. Предлагается организация зоны санитарной охраны источника с включением в неё окружающего лесного массива, а также проработка возможности использования терм для выработки электроэнергии.

Ключевые слова: термальный источник, гидрохимическая характеристика, перспективы использования.

The data on the physicochemical characteristics of the water of the highest-temperature and large-flow thermal spring of the Baikal rift zone are presented. Its loss is noted when it enters in the mining contour of the gold-bearing placer. It is proposed to organize a sanitary protection zone of the spring with the inclusion of the surrounding forest area, as well as to study the possibility of using the therm for generating electricity.

Keywords: thermal spring, hydrochemical characteristics, prospects of use.

Азотные термы Могойского источника представлены группой выходов на левобережной террасе р. Могой, левого притока р. Ципа, в 12 км к юго-западу от с. Уакит. Это наиболее высокодебитный и самый горячий естественный выход газифицированных преимущественно азотом термальных вод в Байкальской рифтовой зоне (БРЗ). В названии источника мы следуем ранним работам с приведенными по нему гидрохимическими данными [5; 9], отражающим к тому же его орографическую приуроченность. В книге И.С. Ломоносова [4] он описан как Ципинский (Могойский), а в [7] упоминается только как Ципинский.

В работе В.А. Албагачиевой [1] приведены результаты опробования в этом районе трёх термальных источников – Уакитского (данные по трём грифонам с максимальной температурой 78,0 °С), Могойского (по пяти грифонам с температурой до 81,0 °С) и Францевского (по одному грифону с $t = 71,0$ °С), а также ручья Горячая Уакитка (40,0 °С). Кроме этих источников указано на наличие грифонов непосредственно в русле руч. Гор. Уакитка и источника в верховьях руч. Нефтяного. На современных топографических картах такие названия водотоков и источник отсутствуют. Горячей Уакиткой назван, вероятно, руч. Амнунныкэн, поскольку на одной из топокарт на левом склоне его долины показано урочище Горячее (рис. 1). В настоящее время выходов терм в урочище не существует, очевидно, разгрузка их из-за нарушения условий выхода разработкой золотоносной россыпи исчезла. Непонятна также ситуация с источником Францевским. В рекомендациях по практическому использованию в [1] Уакитские и Францевские источники указаны как одни и те же: «7. Уакитские (или Францевские) источники» (с. 72). Это не позволяет считать Францевским показанный на рисунке источник Горячий, местоположение которого взято нами из топокарты масштаба 1:100 000 (лист N-49-023) за 1952 г. и, который находится выше по склону от истока руч. Францевского. Какие-либо сведения об этом источнике в публикациях отсутствуют, наличие его в данном месте ввиду приводораздельного положения вызывает некоторое сомнение. Другие термальные источники на этой топокарте не показаны, а на более поздней карте масштаба 1:50 000 указаны только в долине р. Могой.

Рис. 1. Местоположение Могойского термального источника. I – площадь, нарушенная разработкой россыпи; II – рекомендуемая зона охраны источника

55°28.439' с.ш. и 113°26.341', абсолютная отметка её 1081 м. Основная масса выходов терм сосредоточена в западной части поля, при этом сток большей частью направлен в южный ручей. Расход его в марте текущего года составлял 35-40 л/с, северный ручей имел расход 15-18 л/с. По сравнению с 2012 г. суммарная разгрузка уменьшилась, тогда она составляла около 80 л/с, что совпадало с указанной в [5].

Максимальная температура в одном из выходов составила 83,4 °С, при этом количество высокотемпературных выходов по сравнению с предыдущим посещением источника возросло – в пяти точках температура превысила 80 °С, тогда как в 2012 г. выше этого значения зафиксирована только в одном случае. Сосредоточены выходы в юго-западной части поля на площади протяженностью не более 50 м. В границах этого участка происходит отложение как плотнотсценитированных, так и ноздреватого сложения белых минеральных новообразований, предположительно гейзерита – кремнистого материала. Мощность туфообразных отложений на камнях достигает 3 см. В составе проб, отобранных в 2012 г., был обнаружен когаркоит Na_2FSO_4 – вторая находка этого минерала в России [8].

В нижеследующей таблице физико-химические характеристики вод источника даны по результатам опробования, выполненного в марте 2012 г., поскольку анализы проб, отобранных в марте текущего года, не завершены. Определения выполнялись по нормативным методикам в лаборатории геоэкологии и гидрогеохимии ИПРЭК СО РАН, аттестованной на производство анализов природных вод. По полученным данным, термы источника по химическому составу фторидно-гидрокарбонатные натриевые, по принятой в [5] классификации относятся к кульдурскому типу, что не расходится с предшествующими результатами. По неоднократно подтвержденным определениям, не вызывающим сомнения в их достоверности, содержания фтора, как типоморфного элемента этого типа вод, являются максимальными для азотных терм БРЗ. Анализ его выполнялся потенциометрическим методом. В бальнеологическом отношении важным химическим элементом является кремний, содержание которого более чем в два раза превышает бальнеологическую норму (18 мг/л по Si или 50 мг/л по H_2SiO_3). В своё время одним из авторов данного сообщения выделен кремнистый тип терм [2].

Несомненный научный интерес представляет изучение живущих в термах микроорганизмов. К сожалению, пока исследовались только цианобактерии [10]. В некоторых выходах проявлен сильный запах сероводорода, свидетельствующий о заселении терм сульфатредуцирующими бактериями, которые не только оказывают сильное влияние на химический состав воды, но и обогащают её бальнеологическим компонентом сероводородом, участвуют в гидрогенном минералообразовании и др. Отрицательные значения Eh (см. табл. 1), определяющие миграцию в водах многих химических элемен-

Таким образом, в районе с. Уakit в настоящее время существует только Могойский источник гидротерм, обследованный в последние годы в ноябре 2009 г. [4] и в марте 2012 и 2021 гг.

Могойский источник представлен многочисленными точечными выходами (до 40 при обследовании в ноябре 2009 г.) и линейной разгрузкой по берегам двух ручьёв, собирающих термальную воду. Ручьи с севера и юга ограничивают термальное поле источника, вытянутое в широтном направлении до 200 м при ширине до 100-120 м [4] и образующее поляну среди небольшого массива преимущественно соснового леса. В составе древесной растительности представлены также лиственница, берёза и единичные ели. Появление сосны и ели обусловлено наличием геотермального талика и прогревом почвы восходящим тепловым потоком. На прилегающей территории вне талика лес лиственный.

Определенные по GPS географические координаты точки, близкой к центру термального поля,

тов, как раз обусловлены деятельностью сульфатредукторов. Большой интерес представляет изучение других представителей флоры и фауны. Так, исследованиями в марте 2021 г. установлено, что в ручьях по мере остывания воды (от 20 до 0 °С) наряду с цианобактериями развиваются макроскопические водоросли, водные мхи и высшая водная растительность. Требуется пристального внимания изучение бентосных организмов. Установлено, что личинки комаров-звонцов активно заселяют микробные маты, в которых при постоянных «летних» температурах образуют гораздо больше генераций, чем в озерах. Личинки комаров и другие представители зообентоса служат хорошей кормовой базой для птиц. Таким образом, в пределах зоны влияния источника формируется особая многокомпонентная и многоуровневая экосистема, элементом устойчивости которой является постоянство температурного режима территории.

Таблица 1

Компоненты химического состава в водах Могойского термального источника

Показатель	АТ-12-2-1	АТ-12-2-2	АТ-12-2-3	АТ-12-2-4	АТ-12-2-5	АТ-12-2-6
T, °С	78,7	73,2	80,7	58,8	62,1	48,1
pH	8,93	8,95	8,92	9,03	9,00	9,00
Eh, mV	-380	-313	-383	-309	-347	-175
CO ₃ ²⁻	12,0	12,3	11,7	13,2	12,6	10,8
HCO ₃ ⁻	169,6	162,9	170,2	140,3	155,6	122,0
SO ₄ ²⁻	19,2	24,7	22,0	30,3	30,0	29,6
Cl ⁻	17,8	18,6	18,0	20,0	17,8	15,9
F ⁻	26,0	26,5	25,9	26,5	26,0	26,3
NO ₃ ⁻	<0,62	0,77	0,71	<0,62	0,62	0,62
NO ₂ ⁻	0,014	0,018	0,015	0,009	0,008	<0,005
Ca ²⁺	1,54	2,06	1,25	1,36	1,36	1,79
Mg ²⁺	0,03	0,06	0,03	0,02	0,06	0,09
Na ⁺	106,1	110,2	107,2	109,3	101,1	107,8
K ⁺	2,16	2,18	2,12	2,30	2,15	2,23
NH ₄ ⁺	3,50	3,40	3,35	2,50	2,20	0,35
Σ ионов	359	364	362	346	349	317
Si	45,4	42,8	46,3	44,8	45,6	44,4
P общий	0,055	0,053	0,049	0,053	0,052	0,050

Термальные воды Могойского источника наряду с курортно-рекреационным направлением рекомендуется использовать для строительства тепличного хозяйства [1; 5; 7 и др.]. Что касается применения в лечебно-оздоровительных целях, то, учитывая доступность территории для наземного транспорта только в период ледостава по автозимнику и наличие недалеко расположенного Баунтовского термального источника [4], к которому от районного центра п. Багдарин проходит проезжая практически круглогодично автомобильная дорога, санаторно-курортное освоение Могойского источника малоперспективно. В настоящее время он посещается для приёма ванн жителями с. Уакит, а зимой и немногочисленными приезжими в основном из Забайкальского края, чаще совмещающими купания в ручьях с любительской рыбалкой на многочисленных здесь озерах и р. Ципа. Более реально представляется строительство тепличного хозяйства.

Особо следует подчеркнуть необходимость проработки вопроса о возможности использования Могойского источника для теплоэнергетики. В этом отношении он как самый высокотемпературный и большедебитный из всех гидротерм БРЗ наиболее перспективен. Создание ГеоТЭС позволило бы не только обеспечить круглосуточную подачу электричества в сёла Уакит и Бусани, но и развивать местную промышленность, в особенности рыбное хозяйство, включая рыборазведение. Сейчас снабжение электроэнергией происходит дизельными электростанциями по несколько часов в сутки.

Глубинные температуры источника, рассчитанные по часто используемому кварцевому химическому геотермометру $t = (1309 / (5.19 - \lg \text{SiO}_2)) - 273.15$ [11] по данным опробования в ноябре 2009 г., равны 133,1–140,6 °С [3]. SiO₂ в формуле – концентрация кремнезёма на выходе терм, мг/л. На 2,4–3,6 °С выше температуры при оценке по формуле (автор тот же):

$$t = -42.198 + 0.28831\text{SiO}_2 - 3.6686 \cdot (\text{SiO}_2)^2 \cdot 10^{-4} + 3.1665(\text{SiO}_2)^3 \cdot 10^{-6} + 77.0341\text{gSiO}_2.$$

Относительно неглубокими скважинами (в пределах 500 м) могут быть вскрыты воды с температурой около 100 °С и несколько выше при суммарном дебите 50-60 л/с, общая тепловая мощность при этом может составить не менее 5000 ккал/с.

Для выхода терм создаёт угрозу приближающаяся к источнику разработка россыпи по долине руч. Амнунныкэн (рис. 1). К 2021 г. полигон золотодобычи находился в 2 км от источника. В случае попадания в контур отработки россыпи, источник, как одно из наиболее интересных в научном и важных в практическом отношении проявлений азотных терм Байкальской рифтовой зоны, будет уничтожен.

Таким образом, Могойский термальный источник, выделяющийся среди азотных гидротерм Байкальской рифтовой зоны рядом физико-химических и минералого-геохимических характеристик, имеет важное научно-познавательное значение, а в перспективе может стать объектом долгосрочного практического использования для выработки электроэнергии. Для сохранения источника, ввиду приближающихся к нему разработок золотоносной россыпи, требуется организация зоны санитарной охраны, включающей весь ландшафтный комплекс с окружающим лесным массивом. В случае положения этого участка в границах горного отвода, его оттуда следует исключить.

Список литературы

1. Албагачиева В. А. Условия формирования источников типа акратотерм в Северном Забайкалье. М. : Недра, 1965. 80 с.
2. Борисенко И. М., Замана Л. В. Минеральные воды Бурятской АССР. Улан-Удэ : Бурятское кн. изд-во, 1978. 162 с.
3. Замана Л. В. Типоморфные элементы и глубинные температуры азотных терм Баргузинской и Баунтовской групп (БРЗ) // Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы: материалы IV Всероссийского симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева. Иркутск, 2019. С. 68-70.
4. Замана Л. В., Аскаров Ш. А. Фтор в азотных термах Баунтовской группы // Вестн. БГУ. Сер. Химия. Физика. 2010. Вып. 3. С. 8-12.
5. Ломоносов И. С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1974. 166 с.
6. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. Т. 1. Гидрогеология минеральных вод и их народнохозяйственное значение / под ред. В. Г. Ткачук, Н. И. Толстихина. М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1961. 346 с.
7. Современное состояние и перспективы развития лечебно-оздоровительного туризма в Республике Бурятия / К. Ш. Шагжиев, В. А. Бабилов, А. В. Мантатова, С. Б. Жигмитова; отв. ред. Б. О. Гомбоев. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета, 2017. 172 с.
8. Солотчин П. А., Складов Е. В., Солотчина Э. П., Замана Л. В., Складова О. А. Новая находка когаркоита ($\text{Na}_3\text{SO}_4\text{F}$) в Забайкалье // Докл. АН. 2015. Т. 462. № 6. С. 701-705.
9. Ткачук В. Г., Яснитская Н. В., Анкудинова Г. А. Минеральные воды Бурят-Монгольской АССР. Иркутск, 1957. 153 с.
10. Цыренова Д. Д., Бархутова Д. Д., Бурюхаев С. П., Лазарева Е. В., Брянская А. В., Замана Л. В. Разнообразие цианобактерий и их участие в образовании минералов в гидротермах Баунтовской группы (Байкальская рифтовая зона) // Микробиология. 2018. Т. 87. № 4. С. 373-385. DOI: 10.1134/S0026365618040171.
11. Fournier R. O. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems // Geothermics. 1977, Vol. 5, pp. 41-50.