

А.И. ОРГИЛЬЯНОВ*, **Л.В. ЗАМАНА****, **И.Е. МИХЕЕВ****, **И.Г. КРЮКОВА***,
М.Т. УСМАНОВ**, **А.Н. ПЫРЯЕВ***,******

*Институт земной коры СО РАН,
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия, aiorgil@crust.irk.ru, irig@crust.irk.ru
**Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН,
672014, Чита, ул. Недорезова, 16а, Россия, l.v.zamana@mail.ru, miheevi@mail.ru, usgi@yandex.ru
***Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН,
630090, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3/1, Россия, pyrayev@igm.nsc.com
****Новосибирский государственный университет,
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия, pyrayev@gmail.com

АЗОТНЫЕ ТЕРМЫ И УГЛЕКИСЛЫЕ ВОДЫ КУАНДА-ЭЙМНАХСКОГО ГИДРОМИНЕРАЛЬНОГО РАЙОНА (СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Рассмотрены источники минеральных вод, расположенные на севере Забайкальского края в пределах создаваемого Каларского национального парка. Территория исследований расположена на восточном фланге Байкальской рифтовой зоны. Описываемые минеральные источники объединены в Куанда-Эймнахский гидроминеральный комплекс, приуроченный к молодому субширотному разлому, который представляет собой естественную границу между Байкальской и Даурской (Забайкальской) гидроминеральными областями. Своеобразие геолого-структурных условий определяет формирование здесь различных типов минеральных вод. На основании этого выделяются азотные термальные и углекислые термальные и холодные воды. Приведены результаты анализов химического, газового и изотопного состава минеральных вод района. На основании данных об изотопном составе углерода сделан вывод о глубинном генезисе CO₂ в углекислых минеральных водах. Изучен состав твердых отложений минеральных источников. В азотных термах источника Пурелаг они представлены сульфатом натрия. В углекислых термальных водах источника Травертиновый отлагаются преимущественно карбонаты кальция. В бальнеологическом отношении рассматриваемые источники относятся к питателевскому (азотные термы), боржомскому и шумакскому (углекислые термы), дарасунскому и ласточкинскому (углекислые холодные) типам вод. Такое разнообразие проявлений минеральных вод на относительно небольшой территории определяет высокий рекреационный потенциал района. Отмечается необходимость охраны минеральных источников, являющихся уникальными природными памятниками. В целях повышения качества лечения минеральными водами необходима организация клинических исследований среди отдыхающих.

Ключевые слова: гидроминеральный комплекс, минеральные источники, химический состав, глубинный генезис, бальнеологический тип воды, памятники природы.

A.I. ORGILIANOV*, **L.V. ZAMANA****, **I.E. MIHEEV****, **I.G. KRYUKOVA***,
M.T. USMANOV**, **A.N. PYRAYEV***,******

*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 128, Russia, aiorgil@crust.irk.ru, irig@crust.irk.ru
**Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
672014, Chita, ul. Nedorezova, 16a, Russia, l.v.zamana@mail.ru, miheevi@mail.ru, usgi@yandex.ru
***Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
630090, Novosibirsk, pr. Akademika Koptuyuga, 3/1, Russia, pyrayev@igm.nsc.com
****Novosibirsk State University, 630090, Novosibirsk, ul. Pirogova, 2, Russia, pyrayev@gmail.com

NITROGEN THERMS AND CARBONIC WATERS OF THE KUANDA-EIMNAKCH HYDROMINERAL REGION (NORTHERN TRANSBAIKALIA)

We examine the mineral springs occurring in the northern part of Transbaikalia region within the boundaries of the Kalar National Park which is in the process of establishment. The study area is located on the eastern flank of the Baikal rift zone. The mineral springs under consideration are combined into the Kuanda-Eimnakch hydromineral complex along the young sub-

latitudinal fault which represents a natural boundary between the Baikalian and Daurian (Transbaikalian) hydromineral provinces. The uniqueness of the geological-structural conditions is responsible for the formation of different types of mineral water. On this basis, we identified the nitrogen thermal and carbonic thermal and cold waters. Results from analyzing the chemical, gas and isotopic composition of the mineral waters are presented. On the basis of data on the isotope composition of carbon, the conclusion is drawn about the deep-seated genesis of CO₂ in carbonic mineral waters. The composition of solid sediments of mineral springs was investigated. In the nitrogen therms of Purelag they are represented by sodium sulfate. In the carbonic thermal waters from the Travertinovyi spring, largely calcium carbonate is deposited. As related to balneology, the waters under consideration refer to the Pitatelevskii (nitrogen therms), Borjomi and Shumak (carbonic therms), Darasun and Lastochkinskii (carbonic cold) types of waters. Such a variety of mineral waters in a relatively small territory provides a high recreational potential of the region. There is a need for the protection of mineral springs, which are unique natural monuments, from pollution and depletion by control over visitors of the national park being established. Clinical investigations among vacationers are required in order to improve the quality of treatment with mineral waters.

Keywords: *hydromineral complex, mineral springs, chemical composition, deep-seated genesis, balneological type of water, natural monument.*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одна из первоочередных задач общества и государства — это сохранение в первозданном виде естественных природных ландшафтов. Один из способов решения этих задач представляет собой организацию особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Одной из ООПТ, планируемой к созданию на севере Забайкальского края, станет Каларский национальный парк. Среди интереснейших природных объектов этой территории можно выделить источники минеральных вод — естественные памятники природы, обладающие оздоровительными свойствами. Данная статья посвящена описанию минеральных источников, расположенных в бассейне р. Куанды, входящем в пределы проектируемого национального парка.

Исследуемая территория находится в пределах Олёкмо-Витимской горной страны, в бассейне р. Куанды — правого притока р. Витим. Климат района резко континентальный, с отрицательными значениями среднегодовой температуры воздуха. Наибольшее количество атмосферных осадков выпадает в летний период. Продолжительная зима с низкими температурами воздуха и малым количеством осадков способствует развитию многолетней мерзлоты. Мощность многолетнемерзлых пород (ММП) на водоразделах достигает 700 м [1]. Таликовые зоны располагаются в местах тектонических нарушений, в основном в долинах рек. Гидрографическая сеть района представлена р. Куандой с крупным левым притоком (р. Эймнах) и более мелкими боковыми притоками. Это типично горные реки, на большем своем протяжении характеризующиеся большими уклонами с высокой скоростью течения. Характерной чертой водного режима данной местности является образование многочисленных наледей в зимний период.

В геологическом строении района принимают участие интрузивные и метаморфические породы докембрия и палеозоя. Долины рек заполнены рыхлыми отложениями водного и ледникового генезиса. Значительные площади занимают покровы кайнозойских эффузивов. Территория характеризуется современной тектонической активностью, здесь в течение последних 100 лет произошло несколько землетрясений интенсивностью 9–10 баллов [2].

Исследуемая территория располагается на восточном фланге Байкальской рифтовой зоны. По существующему районированию минеральных вод она находится на стыке Байкальской гидроминеральной области азотных и метановых терм и Даурской (Забайкальской) гидроминеральной области холодных углекислых вод и локального развития азотных и углекислых терм [3].

В настоящей статье дается описание Куанда-Эймнахского гидроминерального комплекса и рассматриваются условия формирования минеральных вод источников. Понятие «гидроминеральный комплекс» было предложено Б.И. Писарским, определившим его как «сосредоточение месторождений и проявлений различных типов минеральных вод в непосредственной близости друг от друга» [4, с. 59]. В пределах Куанда-Эймнахского гидроминерального комплекса зафиксированы проявления двух основных типов минеральных вод. Это азотные термальные и углекислые (холодные и термальные) воды. Схема расположения минеральных источников описываемого района приведена на рис. 1.

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

До середины XX в. Олёкмо-Витимская горная страна представляла собой крайне слабо заселенную территорию, и минеральные источники, расположенные здесь, были известны только местным

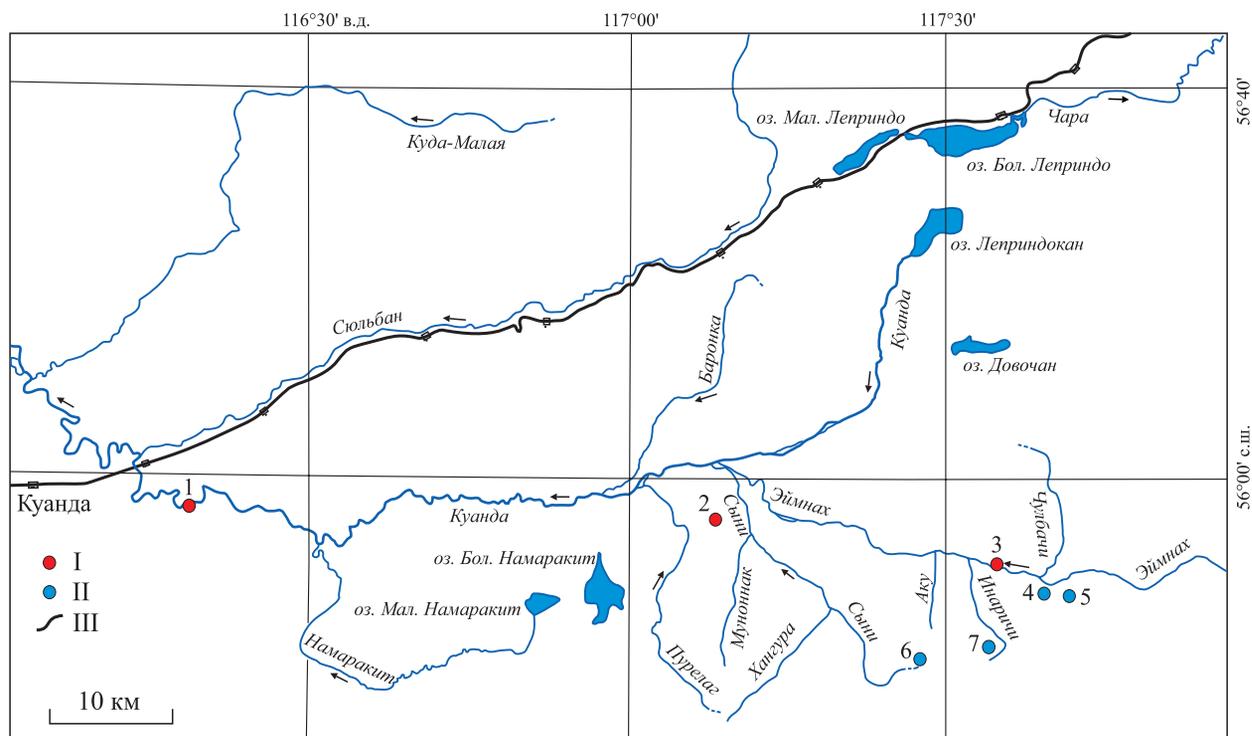


Рис. 1. Куанда-Эймнахский гидроминеральный район.

Типы вод: I — азотные; II — углекислые. III — железная дорога (БАМ). 1–7 — минеральные источники (см. табл. 1).

жителям — охотникам и оленеводам. С расширением масштабов геологоразведочных работ в 1950–1960-е гг. в связи с открытием Удоканского месторождения и изысканиями трассы будущей Байкало-Амурской магистрали район стал детально изучаться геологами различных специальностей. Так, сотрудником Читинского геологического управления В.И. Колесниковым в 1961 г. были обследованы теплые углекислые источники Сыни, Травертиновый и Плотинный, а сейсмогеолог Института земной коры (ИЗК) СО АН СССР (Иркутск) В.П. Солоненко описал группу выходов в районе вулкана Чепе. Позднее источники исследовались Б.И. Писарским, В.И. Ключниковым (ИЗК) [5], Г.И. Климовым (Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского), А.А. Шпаком (Читинский пединститут) [6]. В 1970–1980-е гг. при проведении в зоне БАМ среднемасштабной гидрогеологической съемки источники изучались гидрогеологами Читинского геологического управления (Т.И. Дудецкая, Ф.И. Еникеев, В.Г. Подгорбунский и др.). Красочное описание углекислого источника Травертиновый дал Ф.М. Ступак [7], сравнив место его выхода со знаменитой «Долиной гейзеров» на Камчатке.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении полевых работ производилось комплексное опробование минеральных источников. Пробы воды на общий химический анализ отбирались без консервации в пластиковые бутылки, анализ выполнялся в лаборатории ИЗК СО РАН. Для определения содержания микроэлементов пробы подкислялись особо чистой азотной кислотой и анализировались в лаборатории Института геохимии СО РАН по методике ИСР. Хроматографический анализ газового состава произведен в лаборатории ООО ПГК «Сибгеоком». Анализ изотопного состава углерода в жидкой фазе и свободном газе произведен в лаборатории Института геологии и минералогии СО РАН (ЦКП Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН, г. Новосибирск). Химический состав твердых отложений минеральных источников определен в лабораториях Института земной коры СО РАН (ЦКП «Геодинамика и геохронология»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Куанда-Эймнахский гидроминеральный комплекс приурочен к молодому разлому, входящему в Удоканскую систему активизированных разломов, протягивающуюся в субширотном направлении почти на 200 км от бассейна р. Таксимо на западе до Верхнекаларской впадины на востоке. Он отделяет Верхнекуандинскую впадину от хр. Удокан [8]. Этот же разлом является естественной границей между провинциями азотных терм и углекислых вод [9].

Азотные термы. *Источник Пурелаг* ($56^{\circ}18,642'$ с. ш., $117^{\circ}05,609'$ в. д., абс. отм. 665 м). Расположен у северного подножия Каларского хребта на правом берегу долины р. Пурелаг, в 2 км от ее русла. Поле выхода термальных вод представляет собой воронку круглой формы диаметром около 50 м. Ее дно сложено валунно-галечными отложениями, которые подстилаются палеозойскими гранитоидами. Разгрузка происходит вдоль южного края воронки в виде отдельных сосредоточенных струй. Основной выход каптирован в виде ванного углубления (рис. 2). Температура воды на дату обследования (30.03.2017) составила $38,9^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха 5°C . Дебит данного выхода около 3 л/с. В соседнем (в 2 м от основного), не каптированном выходе, температура воды $38,6^{\circ}\text{C}$, дебит около 1 л/с. По данным ранних исследований [10], температура воды достигала 50°C . Суммарный дебит Пурелагского источника на выходе из родниковой воронки составил, по визуальной оценке, около 30 л/с. Вода прозрачная, без вкуса и запаха. На дне воронки на поверхности галечных отложений имеются выпадения солей.

Источник Эймнах ($56^{\circ}15,440'$ с. ш., $117^{\circ}34,929'$ в. д., абс. отм. 1004 м). Обнаружен гидрогеологическим отрядом под руководством К.А. Чернявской при специальных зимних исследованиях в 1965 г. Расположен на правом берегу р. Эймнах в виде выходов термальных вод вдоль уреза реки (рис. 3). Полоса выхода длиной около 1 км хорошо маркируется зелеными отложениями бактериальных матов. На дату обследования (29.03.2017) максимальная измеренная температура воды составила $39,2^{\circ}\text{C}$ при температуре воздуха 5°C . В летнее время при повышении уровня воды в реке выходы гидротерм затапливаются, и их разгрузка происходит только субаквально. Суммарный дебит, по данным Ф.И. Еникеева [10], около 30 л/с. Вода прозрачная, без вкуса и запаха.

Источник Куандинский (Кондинский). Выходит на левом берегу р. Конды в 9 км выше устья р. Сюльбан и примерно в 12 км к юго-востоку от пос. Куанда. Условия выхода аналогичны вышеописанному Эймнахскому источнику. Разгрузка происходит вдоль уреза реки на участке протяженностью около 300 м. В период высокого стояния уровня воды в реке восходящие грифоны затапливаются. Дебит отдельных струй составляет 0,1–0,2 л/с. Температура воды в выходах $35,3$ – 38°C [11].

Углекислые холодные и термальные воды. *Источник Травертиновый* ($56^{\circ}13,882'$ с. ш., $117^{\circ}38,296'$ в. д., абс. отм. 1140 м). Находится в узком каньоне левого притока р. Эймнах, в 2 км от его устья. Здесь на протяжении нескольких сотен метров имеются выходы пульсирующих струй с причудливыми отло-



Рис. 2. Источник Пурелаг.



Рис. 3. Источник Эймнах.

жениями травертинов в виде чаш и натечных каскадов. Русло ручья прорезает толщу лавового потока молодых голоценовых базальтов. При обследовании 29.03.2017 г. были опробованы два выхода минеральной воды. Нижний выход представляет собой чашу, выполненную травертиновыми отложениями, диаметром около 1 м, из которой с газированием вытекает вода с приятным привкусом уголекислоты. Температура воды составила 14,4 °С при температуре воздуха –10 °С. Верхний выход находится в 50 м выше по течению от нижнего и представляет собой газонасыщенную струю, выбрасываемую с периодичностью в несколько секунд из отверстия диаметром около 2 см (рис. 4). Температура воды 17,5 °С. Суммарный дебит источника, по данным Б.И. Писарского и В.И. Ключникова [5], около 8 л/с.

Источник Плотинный. Находится в долине одноименного ручья (левого притока р. Эймнах), в 2 км от его устья. Как и Травертиновый, этот источник приурочен к голоценовым базальтам. Свое название источник получил из-за образованной травертинами плотины, которая перегораживает русло ручья. По обоим берегам ручья прослеживаются выходы воды, сильно насыщенные уголекислым газом. Температура воды в различных струях составляет от 11 до 23 °С. Суммарный дебит источника 3–4 л/с [10].

Источник Сыни. Расположен в долине р. Сыни, в 4 км ниже ее истока. Приурочен к лавовым отложениям одноименного вулкана трещинного типа. Серия выходов интенсивно газлирующих минеральных вод находится на обоих берегах реки и в ее русле на протяжении около 1,5 км. Источник образует многочисленные травертиновые конусы. Температура воды в разных струях



Рис. 4. Источник Травертиновый (нижний выход).

варьирует от 5 до 16 °С [10]. Суммарный дебит, по данным Б.И. Писарского и В.И. Ключникова [5], составляет около 4 л/с.

Источники в районе вулкана Чепе. Это группа из восьми холодных углекислых источников, вытянутых у подножия голоценового вулкана Чепе на расстоянии между крайними выходами (Чепе и Нижний Чепе) до 5 км. Температура воды в разных выходах варьирует от 1,5 до 7 °С. Наиболее интересными из этой группы считаются источники Мариинский, Золотой Каскад и Чепе. Мариинский источник находится у левого склона каньона среди гигантских валунов аллювиально-селевых отложений. Здесь отмечается обильное газирование углекислотой. Дебит источника — около 1,5 л/с, температура воды 5 °С. Источник Золотой каскад выходит на левом борту ущелья, ограничивающего вулкан Чепе с северо-востока. Источник имеет эффектный вид, так как выпадающие гидроксиды железа формируют красно-оранжевые охристые отложения, а холодная вода, стекая с крутого уступа, образует каскад яркого золотисто-желтого цвета, и «яркие отсветы рассеивают полумрак узкого и мрачного ущелья» [1, с. 110]. Мощност полуужидкого слоя этих отложений превышает 1 м [2]. Суммарный дебит — 20–25 л/с. Источник Чепе вытекает из-под россыпи глыб правого берега ручья. Дебит газирующего углекислотой источника — 1–1,5 л/с.

Химический состав воды. Как упомянуто выше, на исследуемой территории выделяются два основных типа минеральных вод: азотные и углекислые, т. е. основным классификационным признаком является преобладание в газовом составе азота или углекислого газа.

Изучением формирования вод, характерных для азотных терм, занимались многие исследователи [3, 12]. Таким водам, как правило, свойственна низкая минерализация. Это связано с их распространением в пределах развития слабо подвергающихся химическому выветриванию изверженных и метаморфических пород при отсутствии такого агрессивного выщелачивающего агента, как углекислый газ. Их питание происходит в основном за счет ультрапресных вод атмосферных осадков. В составе воды азотных терм среди катионов отмечается абсолютное преобладание натрия. Анионный состав более сложен. При общем преобладании сульфатов достаточно большая доля в сумме анионов принадлежит гидрокарбонатам и хлору. Такие воды И.С. Ломоносов относил к питательскому типу [3].

Для азотных терм изучаемого района характерно повышенное содержание кремнекислоты (до 100 мг/л). Фтора содержится гораздо меньше, чем на территории, прилегающей к северо-восточному окончанию впадины оз. Байкал, где его концентрации превышают 20 мг/л. Описываемые в настоящей статье гидротермы не содержат значительных количеств сероводорода, в отличие от многих термальных источников Байкальской рифтовой зоны.

Углекислые воды рассматриваемой территории имеют разную температуру. Так, если источники Травертиновый, Плотинный и Сыни можно отнести к термальным, то источники группы Чепе являются холодными. Содержание свободной углекислоты составляет 0,6–2,1 г/л. В соответствии с классификацией из работы И.С. Ломоносова [3], воды источников Плотинный и Травертиновый относятся к боржомскому типу (гидрокарбонатные щелочноземельно-натриевые), источника Сыни — к шумакскому (термальные гидрокарбонатные натриево-щелочноземельные), группы источников Чепе — к дарасунскому типу (холодные гидрокарбонатные щелочноземельные). В последней группе выделяется источник Мариинский, вода которого близка по составу к воде источника Ласточка (Приморский край), имеющей гидрокарбонатный состав со сложной комбинацией катионов.

Результаты химического анализа воды минеральных источников Куанда-Эймнахского комплекса представлены в табл. 1 и 2.

По данным микроэлементного анализа, в углекислых термах, по сравнению с азотными, отмечены более высокие содержания бериллия, а в источнике Травертиновый — редких щелочных элементов (Li, Rb, Cs). В азотных термах, в свою очередь, содержатся относительно более высокие количества таких элементов, как галлий и вольфрам, которые Л.В. Замана [13] считает типоморфными для таких вод.

Газовый состав минеральных вод. Вопрос о генезисе газов, насыщающих минеральные воды, был и до сих пор остается одной из наиболее дискуссионных проблем гидрогеологии. Если для азота практически всеми исследователями признается атмосферное происхождение [12], то о генезисе углекислого газа выдвинуто несколько гипотез. Рассматриваются три основных процесса генерации CO₂: термометаморфизм карбонатных пород, разложение органического вещества, поступление из мантии по глубинным разломам [14]. Исследования последних лет показали возможность формирования достаточно больших объемов углекислого газа в алюмосиликатных породах без привлечения его внешнего поступления [15]. В водорастворенном газе источников Эймнах и Пурелаг преобладает азот (74 и 69 % соответственно), а в источнике Травертиновый — углекислый газ (69 %).

Таблица 1

Макрокомпонентный химический состав воды минеральных источников

Номер на карте	Наименование источника	pH	CO ₂ , мг/дм ³	Ионный состав, мг/дм ³								H ₄ SiO ₄ , мг/дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Формула Курлова
				Fe ²⁺	Fe ³⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	CO ₄ ²⁻			
Азотные термы														
1	Куандинский	6,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	59	700	SO ₄ 84 Na 90
2	Пурелог, основной выход*	8,3	0,0	< 0,1	< 0,1	3,9	104,0	1,1	9,6	30,8	155,9	80,0	457,9	SO ₄ 58 HCO ₃ 19 Cl 16 F 7 Na 87 Ca 9 K 2 Mg 2
3	Эймнах*	7,7	3,1	< 0,1	< 0,1	3,9	104,8	3,0	7,0	44,3	99,5	100,0	476,2	SO ₄ 38 HCO ₃ 32 Cl 23 F 7 Na 87 Ca 6 Mg 5 K 2
Углекислые воды														
4	Травергиновий, нижний выход*	6,75	2482	7,5	38,8	918,0	92,4	461,9	297,8	2,0	4039,5	175,0	6033,9	HCO ₃ 89 Cl 11 Na 56 Ca 32 Mg 11 K 1
4	Травергиновий, верхний выход*	6,55	2447	8,8	43,4	945,5	150,8	417,8	290,7	2,0	4289,6	186,2	6150,3	HCO ₃ 90 Cl 10 Na 54 Ca 28 Mg 16 K 1 Fe 1
5	Плотинный**	6,4	1951	6,0	27,8	1457,0	170,8	285,2	593,0	1,0	4626,0	121,0	7290	HCO ₃ 82 Cl 18 Na 69 Ca 15 Mg 15 K 1
6	Сыни**	6,2	2124	20,0	31,1	246,0	162,0	594,0	72,8	23,9	3214,0	147,0	4524	HCO ₃ 95 Cl 3 SO ₄ 2 Ca 54 Mg 24 Na 18 K 2 Fe 1
7	Золотой каскад** (группа Челе)	5,6	820	18,0	5,0	18,8	67,5	40,4	5,1	1,2	551,2	63,1	775	HCO ₃ 98 Cl 2 Mg 60 Ca 22 Na 9 Fe 7 K 2
7	Маринский** (группа Челе)	5,8	692	0,5	2,0	120,8	31,5	92,7	6,8	2,8	732	26,5	1017	HCO ₃ 98 Cl 2 Na 42 Ca 37 Mg 21
7	Челе** (группа Челе)	5,8	693	20,0	7,0	49,0	49,2	33,8	6,8	1,9	521,8	60,7	752	HCO ₃ 97 Cl 2 SO ₄ 1 Mg 46 Na 24 Ca 19 Fe 9 K 2

Примечание. Проверк — нет данных.

* Данные авторов, 2017 г.

** Данные [5].

Таблица 2

Микрокомпонентный состав воды минеральных источников

Элемент	Предел обнаружения	Источники			Элемент	Предел обнаружения	Источники			
		Эймнах	Травертино-вый, нижний выход	Травертино-вый, верхний выход			Пурелаг	Эймнах	Травертино-вый, нижний выход	Травертино-вый, верхний выход
			мкг/дм ³					мкг/дм ³		
Li	0,026	78	1750	1985	Nb	0,0006	0,074	0,024	0,016	0,0011
Be	0,0061	0,031	1,02	0,48	Mo	0,019	32	1,46	0,96	12,2
B	0,21	182	1510	1561	Ag	0,0005	0,014	0,0026	0,0029	0,0024
Na	57	10 7702	516	2043	Cd	0,0017	0,20	0,018	0,013	0,070
Mg	2,77	948	64	349	Sn	0,039	0,042	0,0007	0,0052	0,018
Al	1,98	278	0,38	0,062	Sb	0,0063	0,037	0,039	0,084	0,018
Si	3,27	19 634	37 743	47 181	Cs	0,0007	1,64	5,3	7,7	2,60
P	5,4	106	11,5	11,3	Ba	0,065	6,7	1977	1204	8,0
S	11,7	32 798	56	69	La	0,0010	0,27	0,073	0,040	0,0090
K	3,35	3974	41	231	Ce	0,0007	0,64	0,0090	0,0047	0,014
Ca	61	7346	384	9924	Pr	0,0001	0,059	0,0031	0,0018	0,0015
Sc	0,0006	0,036	0,076	0,020	Nd	0,0013	0,24	0,0078	0,011	0,0088
Ti	0,13	12,8	0,14	0,047	Sm	0,0004	0,042	0,015	0,010	0,0015
V	0,0075	0,81	0,27	0,35	Eu	0,0010	0,0089	0,54	0,39	0,0027
Cr	0,040	0,35	0,041	0,045	Gd(157)	0,0031	0,018	0,0040	0,0052	0,0007
Mn	0,017	7,9	173	8,0	Gd(160)	0,0004	0,040	0,0016	0,0006	0,0011
Fe	2,09	193	55	59	Tb	0,0001	0,0049	0,0003	0,0001	0,0002
Co	0,022	0,14	0,16	0,013	Dy	0,0002	0,030	0,0030	0,0010	0,0010
Ni	0,010	0,34	0,34	0,21	Ho	0,0004	0,0049	0,0008	0,0003	0,0002
Cu	0,018	1,52	0,36	0,43	Er	0,0002	0,012	0,0046	0,0015	0,0006
Zn	1,41	5,1	1,65	< ПО	Tm	0,0002	0,0014	0,0012	0,0004	0,0001
Ga	0,0013	0,12	0,017	0,0044	Yb	0,0006	0,0082	0,0099	0,0037	0,0005
Ge	0,0063	2,71	3,90	5,4	Lu	0,0003	0,0010	0,0031	0,0014	0,0001
As	0,13	0,51	2,23	1,00	Hf	0,0003	0,014	0,0077	0,0033	0,0015
Se	0,046	0,023	0,20	0,090	Ta	0,0006	0,0026	0,0004	0,0002	0,0016
Br	1,26	70	577	643	W	0,031	10,5	0,18	0,22	22
Rb	0,0046	20	127	160	Tl	0,0003	0,0042	0,0008	0,0009	0,039
Sr	0,051	147	3716	2664	Pb	0,0052	1,50	0,0081	0,0029	0,52
Y	0,0005	0,13	0,097	0,038	Th	0,0002	0,030	0,0009	0,0004	0,0020
Zr	0,0038	0,64	1,80	0,96	U	0,0004	0,15	0,032	0,038	0,84

Изотопный состав воды. Определение изотопного состава углерода источника Травертиновый показало, что значения $\delta^{13}\text{C}$ для углекислого газа попадают в интервал $-4\div-8\text{‰}$, характерный для газов мантийного происхождения [14]. Действительно, непосредственная приуроченность углекислых источников к молодым вулканам позволяет считать, что CO_2 имеет глубинный генезис. Соотношение между $\delta^{13}\text{C}$ в жидкой фазе и свободном газе ($\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}} = 0,1\text{‰}$ и $\delta^{13}\text{C}_{\text{CO}_2} = -5,6\text{‰}$) не соответствует изотопному равновесию (коэффициент фракционирования между CO_2 и HCO_3^- при 25 °C составляет 1,014 [16]). Как известно, на изотопное фракционирование углерода в системе CO_2 (газ)– CO_2 (вода)– HCO_3^- оказывает влияние ряд факторов. Среди них отмечают температуру, при которой происходит уравнивание системы [17], pH среды [18], время, необходимое на уравнивание, и т. д. Таким образом, полученные данные, по-видимому, указывают на смещение равновесия углекислоты в нативных системах относительно лабораторных за счет ряда внешних факторов.

Химический состав отложений минеральных источников. Как было упомянуто выше, в месте выхода термального источника Пурелаг отмечаются отложения солей в виде кристаллов белого цвета. По результатам рентгеноспектрального анализа, они представляют собой в основном сульфат натрия ($\text{SO}_3 - 46,53\%$; $\text{Na}_2\text{O} - 46,23\%$). Силикатный анализ источника Травертиновый показал, что отложения представлены преимущественно карбонатом кальция ($\text{CaO} - 52,46\%$; $\text{CO}_2 - 40,98\%$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование минеральных вод Куанда-Эймнахского гидроминерального комплекса определяется своеобразием геолого-структурных условий. Здесь на ограниченной территории отмечаются проявления минеральных вод различных типов: азотные термальные и углекислые термальные и холодные воды. Эти источники представляют собой уникальные природные объекты. В 1983 г. источникам Плотинный, Пурелаг, Сыни, Травертиновый и Золотой Каскад (совместно с вулканом Чепе) был присвоен статус памятника природы регионального значения [10]. В первую очередь это объекты, привлекающие любителей активного образа жизни. В настоящее время к источникам проложено множество туристических маршрутов. В бальнеологическом отношении самостоятельно используются только азотные термы источника Пурелаг. Углекислые воды описываемого района, несмотря на широкий спектр химического состава, свойств и бальнеологических типов, пока не освоены.

Изложенные в статье результаты исследований позволят расширить имеющийся к настоящему времени объем информации об условиях формирования и составе минеральных вод будущего Каларского национального парка. Важной задачей дальнейших работ должна стать организация клинических исследований среди отдыхающих и туристов, которые будут принимать лечение на минеральных водах описываемого района.

При создании будущего Каларского национального парка важной задачей будет соблюдение разумного баланса между практическим использованием минеральных вод и сохранением первозданной природы севера Забайкалья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солоненко В.П. Землетрясения и вулканы Станового нагорья // Природа. — 1964. — № 9. — С. 102–110.
2. Солоненко В.П. Новый гидроминеральный район в Становом нагорье // Формирование и геохимия подземных вод Сибири и Дальнего Востока. — М.: Наука, 1967. — С. 153–159.
3. Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. — Новосибирск: Наука, 1974. — 167 с.
4. Ломоносов И.С., Писарский Б.И., Буслов С.П. Санаторно-курортные рекреационные ресурсы западной части БАМ // Геологические и сейсмические условия района БАМ. — Новосибирск: Наука, 1978. — С. 54–69.
5. Писарский Б.И., Ключников В.И., Томилова А.Г. Минеральные воды Удоканского горнопромышленного района и перспективы их использования // Вопросы медицинской географии и курортологии. — Чита: Изд-во Забайкал. филиала ГО СССР, 1967. — Вып. 1. — С. 212–214.
6. Шпак А.А. Термальные воды Кодаро-Удоканского района (Северное Забайкалье) // Изв. Забайкал. отдела ГО СССР. — Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1965. — Т. 1, вып. 3. — С. 87–95.
7. Ступак Ф.М. В ушельях Удоканского хребта // Наука и жизнь. — 1984. — № 8. — С. 24–25.
8. Солоненко В.П., Тресков А.А., Курушин Р.А., Мишарина Л.А., Павлов О.В., Пшенников К.В., Солоненко М.А., Фомина Е.В., Хилько С.Д. Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья. — М.: Наука, 1966. — 231 с.

9. Богомолов Н.С., Диковский А.М., Карасева А.П., Климов Г.И., Орлова Л.М., Толстихин Н.И., Цыганок В.И. Минеральные воды Читинской области // Подземные воды Сибири и Дальнего Востока. — М.: Наука, 1971. — С. 192–196.
10. Малая энциклопедия Забайкалья. Природное наследие / Гл. ред. Р.Ф. Гениатулин. — Новосибирск: Наука, 2009. — 698 с.
11. Еникеев Ф.И., Замана Л.В., Кулаков В.С., Юргенсон Г.А. Водные ресурсы // БАМ. Каларский район. — Чита: Изд-во Забайкал. ун-та, 2014. — С. 86–99.
12. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика. — 2013. — Т. 54, № 5. — С. 647–664.
13. Челноков Г.А., Харитоновна Н.А. Углекислые минеральные воды юга Дальнего Востока России. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — 165 с.
14. Павлов С.Х., Чудненко К.В. Углекислые воды — результат физико-химических взаимодействий в системе «вода–порода» // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: Материалы II Всерос. конф. с междунар. участием, Владивосток, 6–11 сентября 2015. — Владивосток: Дальнаука, 2015. — С. 159–162.
15. Замана Л.В. Типоморфные элементы и глубинные температуры азотных терм Баргузинской и Баунтовской групп (БРЗ) // Материалы IV Всерос. симпозиума с участием иностранных ученых, посвященного 90-летию со дня рождения академика Н.А. Логачева «Рифтогенез, орогенез и сопутствующие процессы», 14–17 октября 2019 г. — Иркутск: Изд-во Ин-та земной коры СО РАН, 2019. — С. 68–70.
16. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Соотношения изотопов углерода в стратосфере и биосфере: четыре сценария // Биосфера. — 2010. — Т. 2, № 2. — С. 231–246.
17. Deuser W.G., Degens E.T. Carbon isotope fractionation in system CO₂ (gas)–CO₂ (aqueous)–HCO₃[–] (aqueous) // Nature. — 1967. — Vol. 215. — P. 1033–1035.
18. Lesniak P.M., Sakai H. Carbon isotope fractionation between dissolved carbonate (CO₃^{2–}) and CO₂(g) at 25 °C and 40 °C // Earth and Planetary Science Letters. — 1989. — Vol. 95. — P. 297–301.

Поступила в редакцию 26.02.2020

После доработки 01.12.2020

Принята к публикации 25.03.2021