Новые данные о газовом составе и геотермии минеральных вод Киргизии

Челноков Г.А., Лаврушин В.Ю., Айдаркожина А.С.

Геологический институт Российской академии наук, 119017, Москва, Пыжевский пер. 7

Брагин И.В.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, 690022, г. Владивосток, Проспект 100-летия 159

Харитоновна Н.А.

Московский государственный университет им. Ломоносова, 119991, г. Москва, Ленинские горы.

Абдуллаев А.У.

Институт сейсмологии, 050060, Казахстан, Алма-Ата, Аль-Фараби, 75А

АННОТАЦИЯ. Двадцать три проявления термальных и холодных минеральных вод (источников, скважин и колодцев), локализованных в пределах Тянь-Шаня (территория Киргизии) было опробовано в августе 2019 г. С учетом данных о составе сопутствующих газов, и с применением Na/K и силикатного геотермометров оценены глубинные температуры формирования солевого состава вод. Проведено сравнительное исследование геохимических особенностей углекислых и азотных термоминеральных вод, показаны различия в генезисе водной и газовой составляющей изученных флюидов. Установлено, что состав вод формируется в результате взаимодействия воды с породами коллекторов под влиянием региональных температурных особенностей (геотермический градиент), без связи с высокотемпературными источниками. На примере широкого круга источников обсуждаются методы применения геотермометров для оценки глубинных температур.

New data on gas composition and geothermometry of mineral waters of Kyrgyzstan

Chelnokov G.A., Lavrushin V.Yu., Aidarkozhina A.S.

Geological institute Russian Academy of Sciences, Pyzhevsky lane 7, bld. 1. Moscow 119017, geowater@mail.ru

Bragin I.V.

Far East Geological Institute FEB RAS, Prospect 100-letya 159, 690022, bragin_ivan@mail.ru

Kharitonova N.A.

Lomonosov Moscow State University, GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, tchenat@mail.ru

Abdullaev A.U.

Institute of Seismology, Al-Farabi, 75A, Almaty, Kazakhstan, 050060, u.abdullaev@mail.ru

ABSTRACT. Twenty three geothermal manifestations and mineral springs were sampled during the august of 2019. The area of the investigation is located within the northern Tien Shan orogenic belt: the Terskei Ridge in the south, the Kungei Ridge in the north. Studied thermal waters are characterized by discharge temperature from 20 to 51,5°C, and TDS vary from 0.4 to 14.9 g/l. The main associated gases are nitrogen (13 samples) and CO₂ (10 samples). Based on water chemistry, composition of associated gases and assuming that thermal waters are equilibrated with Na-K-Mg-phases of the host rock, temperatures of geothermal reservoir were calculated.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования термоминеральных источников Киргизии, приуроченных к одной из крупнейших внутриконтинентальных горных цепей - Тянь-Шань, активно проводились с середины до конца 20 века. Тогда с целью изучения геологического строения было пробурено большое количество скважин, некоторые достигали глубин более 4 км [1, 5]. Многие скважины на глубинах от 800 до 1600 м вскрывали термальные воды. Было установлено, что значения регионального температурного градиента в пределах Киргизии варьируется от 24 до 68°C/км [5].

Позднее скважины использовались для сейсмических прогнозов, а некоторые отошли курортам и используются для бальнеолечения.

Целью наших исследований являлось проведение сравнительных исследований геохимиче-

ских особенностей углекислых и азотных термоминеральных вод, с целью установления сходств и различий в генезисе водной и газовой составляющей изученных флюидов. А также, на примере этих типов термальных вод, обсудить возможности применения геотермометров для оценки глубинных температур.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе рассматривается двадцать три проявления холодных и термальных минеральных вод (источников, скважин и колодцев), локализованных на территории Киргизии, которые были опробованы в августе 2019 г.

Лабораторные анализы выполнялись с использованием широко круга аналитических методов. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU), а микро и рассе-

янные элементы анализировались с использованием плазменно-оптической эмиссионной спектроскопии (ICP-AES, Plasmaquant-110) и индуктивной плазменной масс-спектропии (ICP-MS, Agilent 7500с). Водные пробы были проанализированы на макро- и микроэлементы в Приморском центре локального элементного и изотопного анализа ДВГИ ДВО РАН. Основные катионы и анионы определялись методом жидкостной ионной хроматографии (HPLC-10AVp, SHIMADZU), микроэлементы определены методом индуктивно связанной плазмы (ICP-MS Agilent 7500 и 7500с). Состав свободного газа исследовался на хроматографе Хроматэк-Кристалл 5000.2 в ГИН РАН.

Для оценок глубинных температур, при которых происходит формирование термальных вод, применены ионно-солевые геотермометры, принцип которых основан на равновесии химических элементов, содержащихся в воде с водовмещающими породами [4].

Рис. 1. Соотношения компонентов газов в изученных минеральных водах по [4]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследованные термальные воды характеризуются температурами от 20 до 51,5 °С и минерализацией от 0,4 to 14,9 г/л. Анализ газов показал, что в газовом составе 13 источников преобладает азот, а в 10 - углекислый газ.

Генетическая диаграмма газов $\text{CO}_2\text{-N}_2\text{-Ar}$ показывает (рис. 2), что доминирование CO_2 в газовом составе не является маркером процессов связанных с метаморфизмом или вулканизмом. На диаграмме видно, что азотные воды, вскрытые скважиной на курорте Каджи-Сай (юг оз. Иссыкуль) имеют наиболее характерные для подобных глубинных процессов соотношения газов. Эти же воды обладают и максимальной температурой 51,5°С, среди всех изученных. Наиболее близкие к ним углекислые воды, вскрываются скважиной глубиной 1,5 км, на курорте Аламедин, близ Бишкека и имеют температуру 45°С.

В отличие от азотных терм, соотношения газов в углекислых водах юго-западного Тянь-Шаня, имеют черты характерные для вод насыщенных воздухом. Очевидно, что холодные (7-14°С) углекислые воды источников Кольсу, Нарзан и Кара-Шоро, представлены водами неглубокого залегания, в которые поступает глубинный углекислый газ и смешивается с газами атмосферы.

Для установления корректности использования Na-K-геотермометров при оценке температур глубинных резервуаров, была применена диаграмма Гиггенбаха (рис. 2) [4]. Холодные минеральные воды располагаются в области так называемых “не зрелых вод”, другими словами, вод, не достигших равновесия с вмещающими породами. Для таких вод расчеты температур с помощью геотермометров будут некорректны. Большинство термальных вод, располагаются на границе вод равновесных с породами (рис. 2).

Рис. 2. Диаграмма относительных концентраций Na, K, и Mg для изученных минеральных вод по [4]

Анализ катионных и газовых диаграмм позволяет наглядно проследить различия в генезисе водной и газовой составляющей флюидов. На примере холодного азотного источника Кара-Кече хорошо видно, что несмотря на глубинный генезис газового состава (рис. 1), его воды имеют приповерхностное происхождение (рис. 2). В тоже время, большинство изученных флюидов отражают совместные условия формирования: Кольсу - приповерхностные условия для вод и газов, Каджи-Сай - глубинные условия вод и газов и т.д.

Исходя из того, что термальные воды имеют невысокие дебиты и температуру меньше 100°С, для оценки температур были применены: кремниевый

$$t^{\circ}\text{C} = -42,2 + 0,28831\text{SiO}_2 - 3,6686 \cdot 10^{-4} \cdot \text{SiO}_2^2 + 3,1665 \cdot 10^{-7} \cdot \text{SiO}_2^3 + 77,034 + \text{LogSiO}_2 \quad [3]$$

и катионный (Na-K) геотермометр:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1390}{1,75 + \log\left(\frac{\text{Na}}{\text{K}}\right)} - 273,15 \quad [4].$$

Рассчитанные температуры по Na/K-геотермометру показывают температурный интервал до 50-190°C, а значения температур по SiO₂-геотермометру, в большинстве своем ниже (30-110°C). Разброс в оценках температур, вызван различными условиями. Так например, оценки температур по пробам воды из скважин глубиной 1,5 км, месторождений Аламедин или Каджи-Сай, будут отличаться от проб природных источников Джилису или Алтын-Арашан, т.к. в приповерхностных условиях, за счет влияния грунтовых вод может происходить нарушение катионных отношений. В свою очередь, осаждение кремнезема и его модификаций из раствора, в процессе быстрого подъема гидротерм к поверхности, в условиях скважин, также вероятно. Корреляция значений полученных по Na/K и кварцевому геотермометрам позволяет найти "золотую середину" в оценках температурных интервалов. На рис. 3 показаны полученные результаты. Наилучшая корреляция прослеживается в интервале температур 40-105°C, следовательно, этот диапазон температур можно считать наиболее вероятным. Вдоль линии 1:1 располагаются пробы отобранные из глубоких скважин, что подтверждает их равновесие с водовмещающими породами на глубине и отсутствие влияния внешних процессов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Термоминеральные воды и сопутствующие газы северного и юго-западного Тянь-Шаня, формируются в результате взаимодействия воды с породами коллекторов под влиянием региональных температурных особенностей (геотермический градиент), без связи с высокотемпературными эндогенными источниками. Присутствие CO₂ в газовом составе исследованных вод не является маркером процессов связанных с метаморфизмом или вулканизмом. Можно выделить два проявления, которые характеризуются составом газов указывающим на глубинные геологические процессы. Это азотные воды вскрытые скважиной на курорте Каджи-Сай и углекислые воды вскрытые скважиной на курорте Аламедин.

Наиболее достоверные оценки глубинных температур могут быть получены для термальных вод выводимых глубокими скважинами. Так как в этом случае солевой состав воды, как правило, находится вблизи линии равновесия с породообразующими минералами. Иная ситуа-

ция наблюдается с природными углекислыми и азотными источниками, воды которые из-за небольших глубин циркуляции и/или высоких скоростей водообмена не успевают уравновеситься с вмещающими породами.

Рис. 3 Корреляция расчетных температур по различным геотермометрам

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 18-17-00245.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матыченков В.Е., Иманкулов Б. Минеральные воды Киргизии. - Фрунзе: Илим, 1987. 235 с.
2. Chelnokov G. A. Bragin I. V., Kharitonova N.A. Geochemistry of mineral waters and associated gases of the Sakhalin Island (Far East of Russia) // Journal of Hydrology, 2018. 559, 942-953.
3. Fournier, R.O., 1979: A revised equation for Na-K geothermometer. Geoth. Res. Council, Trans., 3, 221-224.
4. Giggenbach, W. F. (1988), Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. Geochim. Comochim. (Acta 52), p. 2749-2765
5. Klerkx, J., & Imanackunov, B. (Eds.). (2002). Lake Issyk-Kul: Its Natural Environment. doi:10.1007/978-94-010-0491-6
6. Lavrushin, V.Y., Israfilov, Y.G., Polyak, B.G., Pokrovsky B.G., Bujakaite, M.I., Kamensky, I.L. Conditions of the formation of thermomineral waters in the Talysh fold zone of the Lesser Caucasus (Azerbaijan) based on isotope-geochemical data (³He/⁴He, ^δ¹³C CO₂, ^δ¹³C CH₄, ^δ¹⁵N N₂, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, ^δD H₂O, and ^δ¹⁸O H₂O) // Lithology and Mineral Resources, 2018. № 1. С. 58-82. DOI: 10.1134/S0024490217060050