

О природе современной минералообразующей системы Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка)

Рычагов С.Н.¹, Сандиминова Е.И.¹, Чернов М.С.², Кравченко О.В.¹, Сергеева А.В.¹

About the nature of the modern mineral-forming system of the East-Pauzhetka thermal field (Southern Kamchatka)

Rychagov S.N.¹, Sandimirova E.I.¹, Chernov M.S.², Kravchenko O.V.¹, Sergeeva A.V.¹

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

e-mail: rychnsn@kscnet.ru

² *Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва*

На основании детального изучения опорного геологического разреза аргиллизитов термального поля выделен комплекс вторичных минералов: слоистых силикатов, оксидов, карбонатов, сульфидов, цеолитов, фосфатов и др. Показано, что современная минералообразующая система формируется вследствие разгрузки щелочных растворов в основании толщи гидротермальных глин. Обсуждается проблема источника Р, As, REE и других элементов, обогащающих поровые растворы и аргиллизиты.

Введение

В приповерхностных горизонтах современных гидротермальных систем образуются минеральные отложения различного состава и генезиса: кремнистые осадки при вскипании углекислого газа из сульфатных растворов, богатых ортокремниевой кислотой; травертины – также при выделении CO₂, но из нейтральных или щелочных хлоридно-гидрокарбонатных вод; опалиты – как следствие выщелачивания основных компонентов горных пород кислыми растворами; отложение карбонатов с цеолитами, кварцем, фосфатами и др. в толще аргиллизитов. Разнообразие состава и условий формирования минералов в сложной зоне смешения различных вод (кислых конденсатных, нейтральных метеорных, восходящих щелочных) характерно, прежде всего, для газо-гидротермальных систем, наследующих рудные проявления эпитермального или порфирового типа [1, 7].

Паужетская гидротермальная система (ГС) обычно рассматривается как современная геотермальная. Но обратим внимание на следующее. В эволюции Паужетской ГС выделяется два этапа: палео и современный [2]. Ранний этап характеризуется средне- и низкотемпературной пропилитизацией, цеолитизацией и аргиллизацией вмещающих пород; поздний – наложенной аргиллизацией и собственно гидротермальными изменениями (заполнением трещинно-порового пространства минералами кремнезема, карбонатами и др.). Ранее исследователи Паужетки отмечали образование рудных минералов как во вмещающих породах, так и в осадках на дневной поверхности [3]. Термальные воды нижнего водоносного горизонта отдельных блоков системы содержат высокие концентрации Au, Ag, As, Sb, редких щелочных элементов [5]. Нами в основании толщи гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля выделены минеральные ассоциации сложного состава, включающие цветные и редкие металлы [4]. Показано, что ассоциации образованы вследствие вскипания щелочных гидротерм и их смешения с кислыми конденсатами.

Настоящая работа посвящена характеристике уникальной минералообразующей системы Восточно-Паужетского термального поля, обсуждению условий ее образования и возможных источников рудных элементов.

Опорный геологический разрез Восточно-Паужетского термального поля

Восточно-Паужетское термальное поле (ВПП) расположено на западном склоне вулканического хребта Камбальный – резургентного тектоно-магматического поднятия в структуре Паужетской вулcano-тектонической депрессии, что определяет высокую

проницаемость этого участка для восходящего теплового потока. С целью изучения состава и условий образования аргиллизитов ВПП пройдено 18 скважин колонкового бурения и 3 шурфа. Данные о литологии, минералогии и геохимии толщи гидротермальных глин и аргиллизированных пород основания отдельных разрезов опубликованы в серии статей, в т.ч. в материалах конференций ко Дню вулканолога. Но осталась нерешенной задача – вскрыть наиболее представительный (опорный) геологический разрез ВПП на максимальную глубину (исходя из технических возможностей унифицированного малогабаритного станка КМБ-2-10 и нашего опыта бурения).

В 2020 г. на наиболее изученном (Рудном) участке пробурена скважина ВПП-1/20 глубиной 1050 м. Разрез полностью отвечает опорному и представлен следующими горизонтами (рисунок):

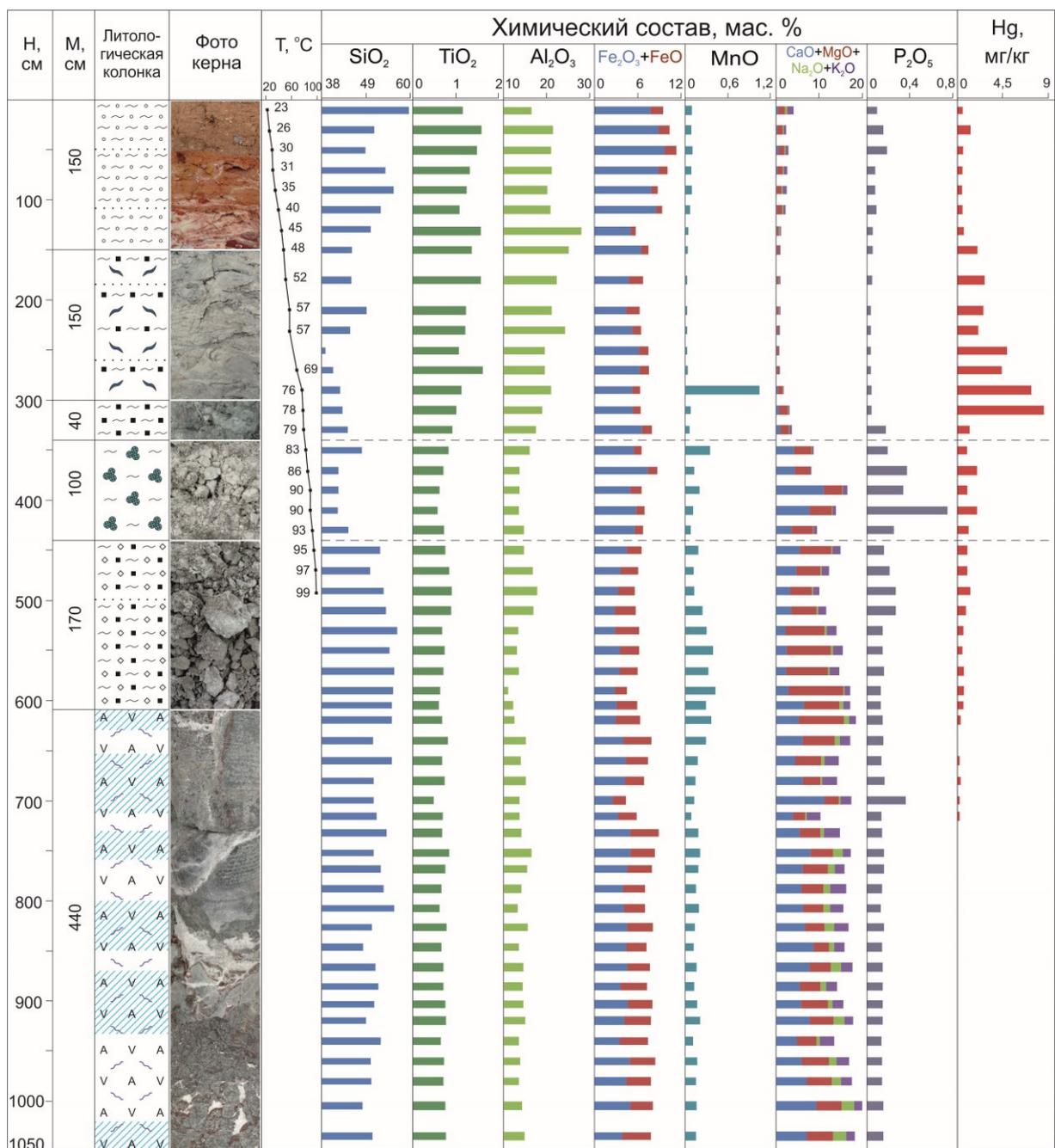


Рисунок. Опорный геолого-геохимический разрез Восточно-Паужетского термального поля.

1050-610 см – аргиллизированные андезиты с прожилками вторичных минералов и зонами кварц-карбонат-цеолитового состава с сульфидами (характеристика состава приведена ниже); объем материала зон превышает 50 % от объема вмещающих пород;

610-440 см – смектитовые глины с обилием полуразложенных обломков андезитов и жестких фрагментов опал-монтмориллонитового состава и относительно равномерно распределенной вкрапленностью пирита;

440-340 см – гидротермальные глины близкого состава, но более карбонатизированные и включающие опал-карбонат-сульфидные агрегаты шаровидной и сложной формы;

340-300 см – монтмориллонитовые интенсивно пиритизированные «синие глины»;

300-150 см – монтмориллонитовые глины с включениями мелко-тонкорассеянного пирита, марказита и линзами опала, от тугопластичной (вверху) до мягкопластичной консистенции; горизонт обладает водоупорными и теплоизолирующими свойствами;

150-0 см – охристые глины зоны сернокислотного выщелачивания, сложенные каолинитом, сульфатами Fe, Ca и др. металлов; оксидами Fe и Ti; опалом, серой, др.

От глубины 340 см в аргиллизитах резко возрастает содержание щелочноземельных и щелочных элементов (в толще глин преобладает Mg, в породах основания – Ca или Ca+Mg), фосфора (выделяется интервал с опал-карбонат-сульфидными агрегатами, по-видимому, вследствие наличия фосфатов); повышается минерализация и pH поровых растворов, содержания многих компонентов (Li, B, P, Cl, Sc, Ti, Mn, As, Rb, Sr, Mo, Ag, Sb, Cs, Ba, Pb). В основании толщи глин поровые растворы становятся рассолами (минерализация до 70 г/л), что характерно и для некоторых разрезов Южно-Камбального Центрального термального поля. Следовательно, в минералообразовании в толще аргиллизитов ВПП участвуют высокоминерализованные термальные воды. К интервалу 440-340 см приурочен комплексный геохимический барьер.

Гидротермальная минерализация Восточно-Паужетского термального поля

К современной гидротермальной минерализации ВПП мы относим комплекс минералов, выполняющих зоны вторичных изменений андезитов на интервале 1050-610 см и зону с опал-карбонат-сульфидными агрегатами, а также заполняющих трещины и пустоты выщелачивания, что характерно для всех литологических горизонтов разреза. Современная гидротермальная минерализация включает: цеолиты, карбонаты, хлориты и другие слоистые силикаты (каолинит, монтмориллонит, смектиты, возможно – гидрослюды), опал, кварц, фосфаты; пирит, марказит, халькопирит и др. сульфиды. Цеолиты представлены средне- и высококремнистыми существенно кальциевыми – ломонитом, морденитом, стильбитом-Ca и гейландитом-Ca. Карбонаты – преимущественно кальцит, но с высоким содержанием Mg и примесью Mn. Глинистые минералы являются чувствительными индикаторами даже небольших изменений температуры и кислотности-щелочности среды, поэтому в каждом из выделенных литологических горизонтов развиваются определенные слоистые силикаты, как в основной матрице аргиллизитов, так и в трещинно-поровом пространстве, в обобщенном виде сверху-вниз: каолинит-Na, Ca-монтмориллонит (смектиты) – Fe-Mg хлориты – гидрослюды. Минералы кремнезема являются сквозными, для современного этапа наиболее характерен опал. Из фосфатов распространен апатит: выделяется первичномагматический, метаморфический и гидротермальный. Последний ассоциирует с опалом, смектитом, хлоритом, карбонатами и цеолитами в крупных трещинах и порах. Обнаружены фосфаты редких металлов в виде включений в основной массе аргиллизитов, либо в форме тонкой сыпи

кристаллов вокруг открытых пор. Большой интерес представляет образование сульфидов (в частности, кристаллов халькопирита размером до 0.2 мм) и обогащение пирита мышьяком (до 5 масс. % в отдельных зонах). As-содержащий пирит образуется как на палео-, так и на современном этапах изменения пород, что свидетельствует о постоянном источнике мышьяка и продолжительном характере воздействия источника на термальное поле. Для переноса As благоприятны щелочные среды, а его источником могут быть рудовмещающие породы палеоген-неогенового фундамента Паужетского района. Ранее нами было показано, что пирит ВПП отличается от пирита других термальных полей района крупными кристаллами (до 2.5-3.0 мм) и высокой сорбцией Au [6]. К наиболее позднему этапу гидротермальных изменений пород разреза ВПП относится заполнение трещин и пор гидросиликатом кальция (предположительно, это окенит) и гидроксилпатитом.

Заключение

В 2020 г. на Восточно-Паужетском термальном поле вскрыт опорный литологический разрез аргиллизированных отложений до глубины 10.5 м. Толща гидротермальных глин имеет типичное для этого термального поля слоисто-блоковое строение. Под горизонтом пластичных глин выделена зона интенсивно карбонатизированных смектитовых глин с обилием шаровидных агрегатов опал-карбонат-сульфидного и более сложного состава. Аргиллизированные андезиты основания разреза разбиты крупными (мощностью ≥ 60 см) зонами, сложенными цеолит-карбонат-смектит-хлорит-кремнистым агрегатом с сульфидами, фосфатами, титано- и цирконосиликатами и др. минеральными фазами, включающими цветные и редкие металлы. Формирование зон происходит вследствие поступления в основание толщи глин хлоридно-натриевых и гидрокарбонатных высокоминерализованных растворов, их вскипания, ощелачивания и смешения с кислыми конденсатами. Напорные щелочные растворы, по-видимому, являются дериватами глубинного восстановленного теплового потока, фильтрующегося сквозь рудовмещающие породы палеоген-неогенового фундамента Паужетского района.

Список литературы

1. *Карнов Г.А.* Особенности вещественного состава и условий минералорудообразования современных рудообразующих вулканогенных газо-гидротермальных систем Камчатки // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма. Петропавловск-Камчатский: ОТГИСК, 2005. С. 74-88.
2. *Коробов А.Д.* Гидротермальный литогенез в областях наземного вулканизма. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 2019. 120 с.
3. *Лебедев Л.М.* Метаколлоиды в эндогенных месторождениях. М.: Наука, 1965. 310 с.
4. *Рычагов С.Н., Сергеева А.В., Чернов М.С.* Минеральные ассоциации основания толщи глин как индикаторы флюидного режима Паужетской гидротермальной системы (Камчатка) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 6. С. 90-106.
5. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.
6. *Таусон В.Л., Рычагов С.Н., Акимов В.В. и др.* Роль поверхностных явлений в концентрировании некогерентных элементов: золото в пиритах гидротермальных глин термальных полей Южной Камчатки // Геохимия. 2015. № 11. С. 1000-1014. DOI: 10.7868/S0016752515110072
7. *Sillitoe R.H.* Epithermal paleosurfaces // Mineral Deposita. 2015. V. 50. P. 767-793. DOI: 10.1007/s00126-015-0614-z