

ГЛОБУЛИ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА В ТОЛЩЕ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ГЛИН ВОСТОЧНО-ПАУЖЕТСКОГО ТЕРМАЛЬНОГО ПОЛЯ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА): К ВОПРОСУ ОБ ИСТОЧНИКАХ ФОСФОРА И ТРАНСПОРТЕ МЕТАЛЛОВ

С.Н. Рычагов¹, А.В. Сергеева¹, М.С. Чернов², Т.М. Философова¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

²*Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова*

Аннотация

В разрезе толщи гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля выделены горизонты, обладающие своеобразными физико-механическими свойствами и химическим, и минеральным составами отложений. Они приурочены к основанию толщи глин и включают большое количество (до 1 – 2 об.%) минеральных частиц шаровидной формы и их агрегатов: фосфатно-алюмосиликатно-сульфидных и кремнисто-карбонатно-сульфидных. Такие минеральные образования установлены впервые для геотермальных полей Южной Камчатки. Они характеризуют область разгрузки глубинных щелочных хлоридно-гидрокарбонатных вод в зоне гипергенеза современной гидротермальной системы.

Введение

Гидротермальные глины образуют протяженные толщи в областях вулканизма и играют большую роль в строении гидротермальных систем [1]. Детальное изучение толщи глин термальных полей Южной Камчатки показало высокую изменчивость состава и свойств этих новообразований в зависимости от гидродинамического типа систем, времени воздействия гидротермально-метасоматических процессов на породы, физико-химических параметров геотермального теплоносителя [2]. Повышенный интерес вызывает зона перехода гидротермальных глин в жесткие грунты, в пределах которой могут протекать высокодинамичные минералорудообразующие процессы. Именно в такой зоне разреза гидротермальных глин на Восточно-Паужетском термальном поле (т/п) выделены горизонты, включающие минеральные образования шаровидной формы (глобули) различного состава и структуры [3].

Характеристика термального поля

Восточно-Паужетское т/п расположено на склоне Камбального вулканического хребта и относится к восточному флангу Паужетского геотермального месторождения [4]. Т/п находится на удалении 1 – 2 км от эксплуатационных участков и, вероятно, характеризуется естественным термодинамическим и геохимическим режимами. Оно локализовано на пологом склоне в долине рч. Лучший (правый приток рч. Быстрый). Центральный участок размером 120 × 60 м выделяется активной разгрузкой парогидротерм. На удалении 150 – 300 м от участка отмечаются отдельные термальные площадки. Общий размер поля составляет более 300 × 500 м. Разгружающиеся на дневной поверхности термальные воды слабокислые сульфатные с широким катионным составом, минерализация не превышает 0.5 – 0.8 г/л.

Строение толщи гидротермальных глин

Толща глин Центрального участка характеризуется малой мощностью (до 1.0 – 1.5 м), высокой неоднородностью химического и минерального составов, наличием большого количества жестких или полуразложившихся обломков андезитов: здесь в настоящее время происходит активная аргиллизация делювиальных отложений и, вероятно, коренных пород на глубине. На границе участка в блоке, отличающимся невысокими температурами грунтов и отсутствием термопроявлений на поверхности, вскрыт разрез глубиной 4.0 м (**рис. 1**). Толща глин имеет зональное строение. Верхний горизонт представлен яркими глинами зоны сернокислотного выщелачивания, ниже залегают черно-красные (гематитизированные) глины с псевдоморфной обломочной структурой исходных пород. Переходный слой к основной толще глин выделяется повышенным содержанием крупнокристаллического (до 1.5 – 2.0 мм) пирита. Основная толща (до глубины 245 см) представлена серыми тугопластичными до те-

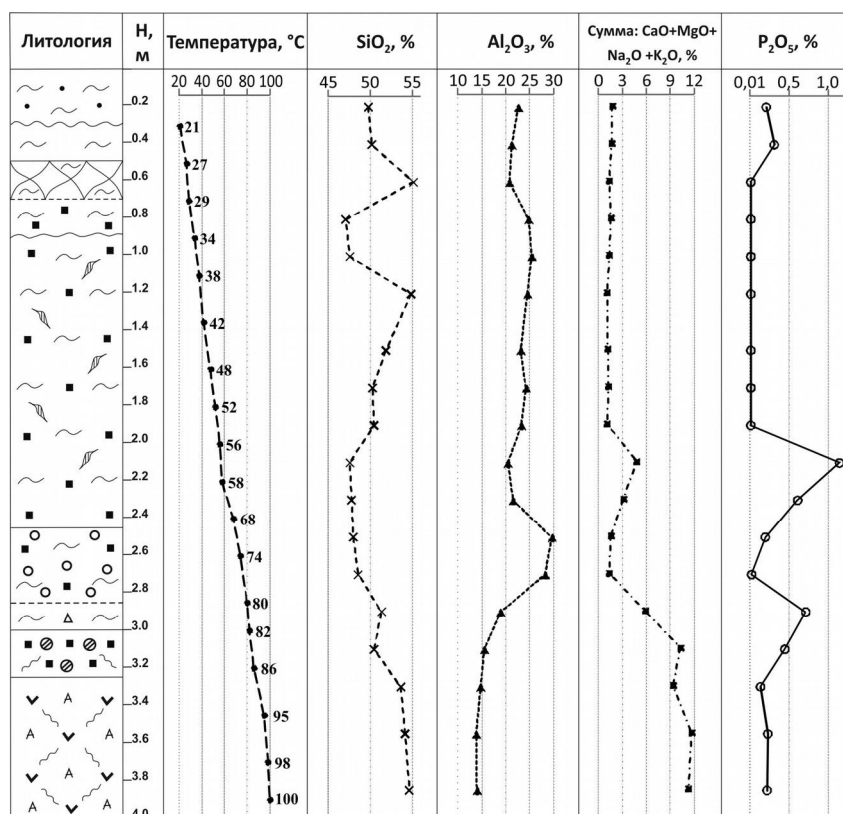


Рис. 1. Разрез толщи гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля (шурфы ВПП-1/13 и ВПП-1/14).

кучих глинами, характеризуется наличием большого количества кремнезема (корочек, линз и прожилков опала и α -кварца) и пирита (рассеянного или образующего жеоды и прожилки, часто мономинеральные). До глубины 245 см в основной массе толщи глинистые минералы представлены исключительно хорошо раскристаллизованным каолинитом. Далее выделяется четкий горизонт мощностью 40 см темно-серых «сухих» глин, сложенных каолинитом и смектитом в сопоставимых количествах. Ниже этого горизонта каолинит фиксируется в виде следов, основным слоистым силикатом является смектит. На интервале 300 – 325 см выделяются кремнисто-карбонатно-сульфидные отложения в виде пологопадающей жильной зоны. Основание разреза представлено лавами андезитов, полностью замещенными на агрегат смектит-опал-кварц-магнезиальный кальцит + пирит; отмечаются псевдоморфозы вторичных минералов по плагиоклазу; многочисленные прожилки сложены опалом. Исходя из особенностей состава, свойств и структуры толщи, мы полагаем, что в данном блоке Восточно-Паужетского т/п, в отличие от многих других т/п района [2], гидротермальные глины сформировались за счет перерождения коренных горных пород. Смена каолинита на смектит сопровождается резким повышением температуры и изменением физико-химических параметров толщи (см. рис. 1). Начиная с отметки 200 см, увеличивается и растет с глубиной содержание Ca, Mg, Na, K и P. Тенденция нарушается в горизонте темно-серых «сухих» глин, где падает концентрация щелочных элементов, возрастает - Al₂O₃ (до 30 % против средних по толще 15-22 %), содержание фосфора колеблется в широких пределах. Это обусловлено образованием специфических минералов в данном горизонте (см. ниже). Поровые растворы принципиально схожи с поверхностными термальными водами: кислые сульфатные с широким катионным составом, но средняя минерализация значительно выше (2.0 – 3.5 г/л). В отличие от поверхностных, поровые воды содержат высокие концентрации Cl (20 – 50, до 100 – 160 мг/л), обогащены редкими щелочами (до 3 мг/л), Ti (0.1 – 1.0 мг/л), металлами группы железа, цветными (Zn – до 20 мг/л), редкими и редкоземельными элементами (в частности,



Рис. 2. Фосфатно-алюмосиликатно-сульфидные глобулы.

частицы размером 1.0 – 2.5 мм (рис. 2). Содержание глобулей в горизонте составляет 1 – 2 об. %. Химический состав включает: P_2O_5 (24 – 27 %), Al_2O_3 (23 – 24 %), SiO_2 (20 – 23 %); присутствуют K, Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Sc, Cu, Ti, V, Zn, Cr; характерны высокие концентрации F (0.16 об.%). По данным рентгеновской дифрактометрии и ИК-спектроскопии глобулы состоят преимущественно из варисцита ($AlPO_4 \cdot 2H_2O$, пр. гр. *Pbna*) и метаварисцита (моноклинная модификация $AlPO_4 \cdot 2H_2O$). Кроме этого, в глобулах присутствуют каолинит, смектит, пирит, α -кварц, опал, отмечаются следы марказита. Сопутствующие фосфаты, идентифицирующиеся с меньшей надежностью: паравоксит и флюеллит. Глобулы могут иметь зональное строение: плотную тонкую оболочку и рыхлое ядро. Структура частиц неоднородна: выделяются относительно массивные участки (их состав в большей степени отвечает фосфатам и минералам кремнезема + сульфиды) и фрагменты с листовато-чешуйчатой структурой (представленные, в основном, алюмосиликатами + сульфиды). Но чаще всего распределение и соотношение минеральных фаз сложное.

Кремнисто-карбонатно-сульфидные образования жильной зоны (интервал 300 – 325 см) включают близкие по составу субстрата глобулы. Частицы белые и светло-серые, средним размером 2 – 10 мм, массивные, часто уплощенные. Преобладают не отдельные формы, а сложные агрегаты размером до 25 – 30 мм (рис. 3). Пирит образует крупные (до 1.5 – 2.5 мм) неравномерно распределенные по массе частиц вкрапленники или прожилки, секущие глобулы. В химическом составе преобладают CaO (33 %) и SiO_2 (20 %). Состав твердой фазы отличается повышенными концентрациями Sr (280 мг/кг). По данным РФА и ИК образцы представляют собой магниезиальный кальцит. Внутри глобулей выделяются разуплотненные, брекчиевидные участки, сложенные смектитом (по данным ИК-спектроскопии). Для кристаллов пирита, приуроченных к таким участкам, характерно дробление их краевых зон, наличие микротрещин и пустот внутри зерен. Пирит содержит мелкие включения сфалерита.

Заключение

Таким образом, на Восточно-Паужетском т/п вскрыт разрез коренных горных пород (лав андезитов), полностью перерожденных в гидротермальные глины под воздействием высокотемпературного газо-гидротермального флюида. Наиболее вероятным источником флюида является близповерхностный магматический очаг Камбального вулканического хребта (резургентного тектоно-магматического поднятия четвертичного возраста), в зоне влияния которого образовалось т/п [4]. Эволюция поля (в течение голоцена ?) привела к формированию

Sc – до 50 – 300 мкг/л). В основании толщи (300 – 400 см) преобладают нейтральные (до щелочных) сульфатно-гидрокарбонатные поровые воды, существенно возрастает содержание щелочных компонентов (в сумме до 0.8 г/л), растворенной ортокремниевой кислоты (0.5 – 1.1 г/л) и микроэлементов.

Состав и структура глобулей

Горизонт темно-серых «сухих» глин (интервал 245 – 285 см) включает глобулы зеленовато-серого цвета размером от < 0.1 мм до 5 – 7 мм. Они имеют почковидную структуру поверхности, образуют агрегаты сложной формы, но преобладают отдельные круглые

мощной толщи гидротермальных глин, обладающих свойствами верхнего водоупора и теплоизолирующего горизонта. Это послужило дополнительным фактором образования разуплотненных, проницаемых для гидротермальных растворов, зон в подошве толщи и отложение в этих зонах специфических минеральных ассоциаций: фосфатно-алюмосиликатно-сульфидной и кремнисто-карбонатно-сульфидной. Породы основания толщи интенсивно окварцованы и карбонатизированы, содержат повышенные концентрации многих металлов и находятся в области разгрузки щелочных хлоридно-гидрокарбонатных термальных вод, типичных для нижнего водоносного горизонта современной Паужетской гидротермальной системы. На влияние глубинного флюида указывают высокие содержания многих металлов (Li, Rb, Cs, Cu, Zn, Au, Sc, Th, U, др.) в основной массе гидротермальных глин, поровых растворах и глобулях. Источником фосфора могут служить вулканогенно-осадочные породы Верхне-Паужетской подсветы, подстилающие лавы андезитов. Но наиболее вероятно его магматическое происхождение. В составе флюида содержатся соединения F и Cl, по-видимому, активно участвующие в транспорте ряда металлов (в т.ч. Al, Fe, Cu, Sc) в зоне гипергенеза современной гидротермальной системы.



Рис. 3. Кремнисто-карбонатно-сульфидные глобули.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 13-05-00262, 14-05-31263, 14-05-00708).

Список литературы

1. Ероцев-Шак В.А. Гидротермальный субповерхностный литогенез Курило-Камчатского региона. М.: Наука, 1992. 131 с.
2. Рычагов С.Н., Соколов В.Н., Чернов М.С. Гидротермальные глины геотермальных полей Южной Камчатки: новый подход и результаты исследований // Геохимия. 2012. № 4. С. 378-392.
3. Сергеева А.В., Рычагов С.Н., Чернов М.С. Фосфаты гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка): характеристика и путь образования // Материалы ежегодной конференции «Вулканизм и связанные с ним процессы», 2014. С. 306-310.
4. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.