

Петрофизическая и геохимическая характеристика гидротермальных глин Ходуткинского геотермального месторождения (р. Горячая).

Н.П. Богатко, М.А Назарова.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: npb@kcsnet.ru

В работе дана характеристика микроэлементного, фазового состава, петрофизических свойств гидротермальных глин и гейзеритов, сформированных в приповерхностной зоне района р. Горячей Ходуткинского геотермального месторождения.

Введение

В очагах разгрузки современных гидротермальных систем областей активного вулканизма гидротермальные глины имеют широкое распространение. Изучение изменений химического состава и петрофизических свойств гидротермальных глин (влажности, плотности, пористости, микроагрегатного состава) дает возможность оценить преобразование минерального, химического состава и структуры начальной породы.

Ходуткинское месторождение термальных вод находится на юго-востоке Камчатского полуострова, на левом берегу р. Правая Ходутка, в 4 км к северо-западу от подножия вулканов Приемыш и более молодого Ходутка, составляющих единый вулканический массив. Абсолютная отметка выходов источников 220-230 м. Географические координаты: 50° 06' 20" с. ш. и 157°39'43" в.д.

Месторождение расположено на ровной поверхности левого берега р. Правая Ходутка, менее чем в 1 км от нее. На всем участке водосборной площади р. Горячей нет постоянных поверхностных водотоков, поэтому основное питание реки происходит грунтовыми и горячими глубинными (магматогенными) водами. Вода р. Горячей на 90% состоит из термальной воды [2]. Разгрузка происходит из пемзовых отложений, сцементированных осадками термальных вод. Исток р. Горячей - это небольшое вытянутое озеро шириной до 50 м (фото 1), из которого вытекает термальный водоток - р. Горячая - в виде узкой протоки с медленным течением. Далее, примерно через 800 м, река теряется в болотах р. Правой Ходутки. Река Горячая образована основными двумя высокодебитными пульсирующими грифонами, расположенными на дне реки, у правого берега. Температура у дна в главном грифоне до 87°C [2].

К береговой линии реки приурочены многочисленные малодебитные источники в виде слабогазирующих грифонов, мочажин и высачиваний. Температура их изменяется от почти холодной – 8,4°C до 53,2°C. По химическому составу это слабощелочные (рН 7,6-8,2), низкоминерализованные, гидрокарбонатно-хлоридно-натриевые воды. Измеренный расход р. Горячей в 2016 г. на створе № 1 составил 150 л/сек (рис. 1). На дне и на поверхности воды у берегов широко развиты термофильные водоросли. Берега реки сложены рыхлыми пемзами, травертинами, гидротермальными глинами. В местах современной и древней разгрузки гидротерм пемзы сцементированы кремнистыми и железистыми осадками и образуют плотные прослои и покровы. На дне озера и протоки реки лежит слой тонкого темного ила.

Методы исследований

В период полевых работ в сентябре 2010 г. и августе 2016 г. в районе реки Горячей были исследованы сухие поля гейзеритов (фото 2), участки образования гидротермальных глин (фото 3), выходы термальных и холодных источников вдоль берега р. Горячей, а также измерен расход р. Горячей (рис. 1).



Фото 1. Исток р. Горячей



Рис.1 Схема отбора проб гейзеритов, гидротермальных глин в районе р. Горячей

Петрофизические методы. Для определения петрофизических свойств глин (влажности, пористости, удельного и объемного весов) пробы отбирались с поверхности (0-10 см), ненарушенной структуры, методом ручного вдавливания в стандартные тefлоновые бюксы с герметичными крышками (фото 2). Все пробы были отобраны по обоим берегам истоков р. Горячей: по 7 проб в 2010, 2016 гг. Точки отбора № 1 (купальня) и № 2 были выбраны как контрольные (рис. 1).

Гейзериты с сухих полей отбирались в виде отдельных пластинок в полиэтиленовые мешочки – 3 пробы (фото 3). В петрофизической лаборатории Института Вулканологии и сейсмологии ДВО РАН по ГОСТ-5180-84 определялась естественная влажность, объемный вес, удельный вес, пористость.

Геохимические методы. Определение содержания ряда микроэлементов и породообразующих минералов проведено методом рентгенофлуоресценции ("S4 Pioneer") в Аналитическом центре Института Вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

Для изучения образцов также были использованы физико-химические методы исследования: дифрактометрия и инфракрасная спектроскопия. Оборудование Аналитического центра ИВиС ДВО РАН.

Результаты исследований

Гидротермальные глины, отобранные по берегам истока р. Горячей - это бурые, желто-бурые, серые глины различных оттенков, иногда со следами ожелезнения и омарганцевания; по консистенции – от мягкопластичных до тугопластичных, тонкодисперсные, часто с включениями кристаллов кварца. На поверхности образцов присутствует тонкий черный налет ила.



Фото 2. Отбор гидротермальных глин.

Фото 3. Отбор проб гейзеритов на сухом поле.

По результатам петрофизических исследований установлено, что естественная максимальная влажность гидротермальных глин уменьшилась с 98% (2010 г.) до 77,21% (2016 г.); значения объемного веса также изменились в сторону уменьшения с 1,09 г/см³ до 0,52 г/см³ (2016 г.); значения пористости изменились незначительно, но также в сторону уменьшения. Все это свидетельствует о том, что исследуемые образцы глин находятся в начальной стадии диагенеза, т.е. происходит процесс их медленного уплотнения.

Минералогический состав глинистых образцов изменяется от монтмориллонита до галлуазита. В образцах преобладают полевые шпаты (альбит-анортит), а также значительное содержание α -кварца и опала. Слоистые силикаты представлены галлуазитом, бейделлитом, монтмориллонитом в большей или меньшей степени.

По результатам рентгенофлуоресцентной спектрометрии в образцах гидротермальных глин установлен состав породообразующих минералов: SiO₂ (50,9-58,7%) и Al₂O₃ (18,8-23,8%), также присутствуют незначительные количества Fe₂O₃ (3,59-6,83%), CaO (2,84-3,67%), Na₂O (2,99-3,05%), MgO (1,06-1,18%).

В микроэлементном составе гидротермальных глин преобладает мышьяк и барий. Максимальные содержания мышьяка (803 г/т) и бария (678 г/т) установлены в пробе №1 (купальня); во всех других образцах проб наблюдаются также повышенные содержания Sr, Zr, Zn, V (табл., рис. 2).

Таблица. Результаты анализов гидротермальных глин методом рентгенофлуоресцентной спектрометрии «S4 PIONER» (г/т). 2016 г.

р. Горячая	Sc	V	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Ba	La	Ce	Pb	Установленные фазы
№ 2	45	87	39	130	419	205	221	438	16	34	15	анортит, опал, галлуазит, кварц
№ 3	34	62	42	108	104	211	207	512	27	40	1	анортит, опал, галлуазит, кварц
№ 4	34	116	54	119	196	215	189	534	17	47	10	анортит, опал, галлуазит, кварц
Купальня №1	36	127	44	108	803	203	137	678	21	41	0	анортит, опал, галлуазит, кварц

Исполнители – Курносова Н.Ю., Рагулина В.М.

Источником поступления микроэлементов в гидротермальные глины является термальная вода р. Горячей. В термальной воде в небольших количествах присутствуют бром (0,6 мг/л), литий (0,4 мг/л) и мышьяк в виде мышьяковистой кислоты (0,8 мг/л) [2].

Исследования на электронно-зондовом микроскопе подтвердили присутствие бария в образцах гидротермальных глин в виде пластинок барита (BaSO₄). Мышьяк в минеральной форме не обнаружен. Возможно, мышьяк находится в форме сублимата

мышьяковистой серы ($As_{2-x}S_5$), которая осаждается из газа с низкими концентрациями As на глубине 0-5 см при температуре $> 50^{\circ}C$ [3].

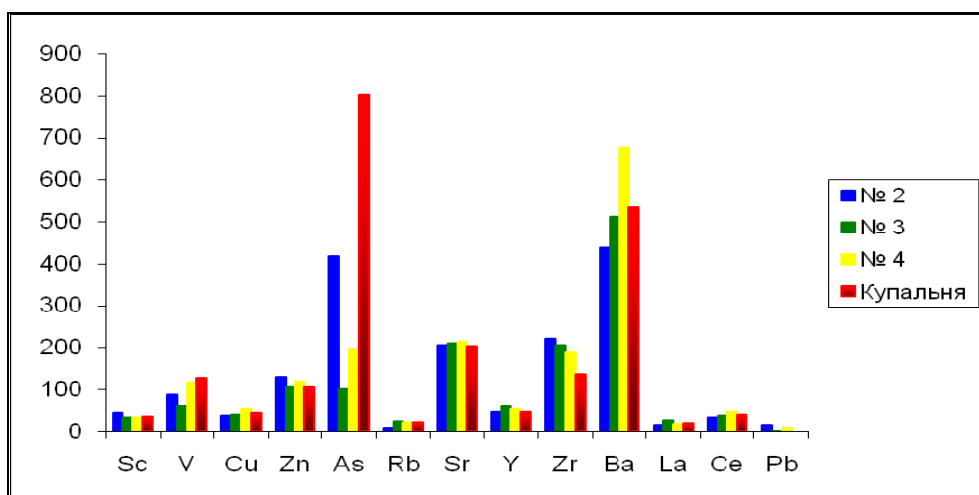


Рис. 2 Содержания микроэлементов в точках отбора.

Минералогические исследования, проведенные Р.Л. Дуниным – Барковским, показали, что гейзериты на 85% состоят из SiO_2 , частично с Al_2O_3 , что совпадает с данными других исследователей [4]. В пробах гейзеритов обнаружены корочки прозрачного и полупрозрачного гиалита и гиалофана, очень редкие кристаллы полевого шпата, возможно цельзиана ($BaAl_2Si_2O$), обломки кристаллов пироксена, вероятно диопсида зеленовато-бурого цвета, и очень редкие кристаллы магнетита и оливина.

Выводы

В процессе полевых работ установлено, что по обоим берегам истока р. Горячей гидротермальные глины встречаются только небольшими участками.

Петрофизические исследования показали, что все образцы, отобранные в 2010, 2016 гг. – это неуплотненные или слабо уплотненные, хорошо проницаемые глины, находящиеся в начальной стадии диагенеза. Исследованные образцы глин характеризуются высокой естественной влажностью и пористостью, небольшими удельным и объемным весами, что свидетельствует о процессе их медленного структурного преобразования в сторону уплотнения и как следствия уменьшения проницаемости. Основные вмещающие породы – пемзовые туфы еще незначительно преобразованы термальными водами р. Горячей.

Минеральный состав всех образцов глин однотипен и представлен анортитом, опалом, кварцем, галлаузитом.

Повышенное содержание мышьяка и бария в исследуемых образцах глин объясняется хорошими сорбционными свойствами гидротермальных глин и их постепенным накоплением из термальной воды р. Горячей.

Список литературы

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. Изд. М. ун-та, 2008. 735с.
2. Вакин Е.А. Ходуткинские термальные источники // Вестник КРАУНЦ 2003. №2. С. 56-69.
3. Зеленский М.Е. Транспорт элементов и условия минералообразования в зонах разгрузки высокотемпературных фумарол на вулкане Мутновский, Камчатка. Автореферат канд. дис. Новосибирск, 2003. 22 с.
4. Кирсанова Т.П., Мелекесцев И.В. О происхождении и возрасте Ходуткинских термальных источников. // Вулканология и сейсмология. 1984. № 5. С.49-59.
5. Плюснина И.И. Инфракрасные спектры минералов. Изд.: М. ун-та, 1976. 175с.