

Новые данные о формировании щелочной минерализации в основании толщи глин Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка)

С.Н. Рычагов¹, Е.И. Сандиминова¹, М.С. Чернов², А.В. Сергеева¹

¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский; 683006; e-mail: rychn@kscnet.ru*

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

Продолжение бурения скважин на двух участках термального поля и комплексное минералогическое геохимическое изучение образцов измененных пород и гидротермальных зон основания толщи глин позволило диагностировать состав вторичных минералов и получить новые данные о влиянии глубинных щелочных растворов на область разгрузки термальных вод.

Введение

Авторский коллектив продолжает изучать состав и условия формирования щелочной минерализации в современных гидротермальных системах. Это направление исследований является актуальным, прежде всего, в связи с большим интересом ученых к поведению редких и многих других металлов при метаморфизме и в гидротермальных условиях [1, 2, 5, 7]. Разгрузка щелочных растворов и, как следствие, образование широкого ряда минералов в зоне аргиллизации горных пород, вероятно, служат индикаторами влияния глубинного металлоносного флюида на верхние горизонты гидротермальных систем [3].

Формирующаяся в зоне разгрузки парогидротерм толща гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля (ВПП) служит модельным объектом в исследованиях, дополнительные результаты которых приведены в настоящей работе. В летний полевой сезон 2018 г. пройдено 3 скважины колонкового бурения на двух участках термального поля – восточной границе и Рудном. Литологическое строение разрезов обсуждается в другой работе, представленной на настоящей конференции. Поэтому остановимся непосредственно на характеристике изменения минерального состава пород основания толщи гидротермальных глин.

Минерализация пород основания толщи глин Восточного участка

Изучение состава реликтов первичных пород (метасоматических брекчий по андезитам) и гидротермально-метасоматических образований выполнено с помощью общего минералогического анализа, ИК-спектроскопии, дифрактометрии и электронно-микроскопических исследований. Породы почти полностью изменены и представлены цеолит-карбонат-хлорит-кремнисто-алюмосиликатным агрегатом, как в основной массе (в цементе и во фрагментах «обломков» брекчий), так и в трещинно-поровом пространстве (рис. 1). Из первичных минералов встречаются: плагиоклазы (An_{30-70}), титансодержащий авгит, амфиболы (роговые обманки), магнетит и титаномagnetит (TiO_2 – 1.9-17 мас. %), марганецсодержащий ильменит (MnO – 2.6-20.9 мас. %), хромсодержащая шпинель (MgO – 3-6; Al_2O_3 – 8-18; Cr_2O_3 – 1-23.4 мас. %), единичные гипидиоморфные зерна кварца размером до 1 мм с мелкими включениями калиевого полевого шпата (КПШ). Ильменит образует сростки с титаномagnetитом, цирконом и апатитом. В процессе гидротермально-метасоматических изменений пород на месте первичных титансодержащих минералов образуются титан-кальций-кремнистые смеси, сфен и рутил, а на месте выщелоченных фрагментов отлагается цеолит (рис. 2а-б). Шпинелиды частично замещаются пиритом и нередко обрастают пиритовой каймой. Вероятно, к наиболее ранним гидротермально-метасоматическим преобразованиям пород можно отнести широкое развитие $Mg-Fe$ хлорита, КПШ, кварца, кальцита и цеолитов. Среди более поздних гидротермальных образований преобладают следующие минералы и минеральные фазы: кальциевые и натрий-кальциевые цеолиты,

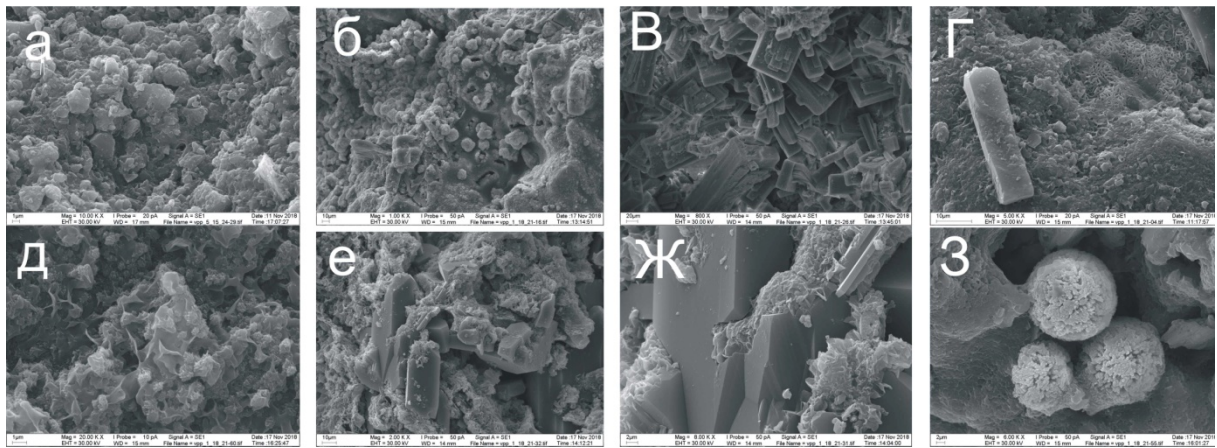


Рис. 1. Микроморфология гидротермально-метасоматических образований в метасоматических брекчиях основания толщи глин восточной границы ВПП – по данным исследований на РЭМ LEO 1450VP, оснащенный ЭДС INCA 300 (Геологический факультет МГУ): а – Са и Na-Са-цеолиты; б – кремнисто-магнезиальная матрица с округлыми (комковатыми) стяжениями того же состава; в – Са и Са-Mg-цеолиты; г – цеолиты, развивающиеся по кремнистой и кремнисто-магнезиальной матрице; д – кремнисто-железистые ячеистые структуры с образованием алюмосиликатных фрагментов комковатой формы на сочленениях ячеек; е – Са-цеолиты в массе сложного алюмосиликатного состава с повышенным содержанием Mg; ж – «разъедание» кристаллов цеолитов и образование агрегатов сложного алюмосиликатного состава; з – кремнистые (опаловые ?) шарики в порах среди кремнисто-цеолитовой массы.

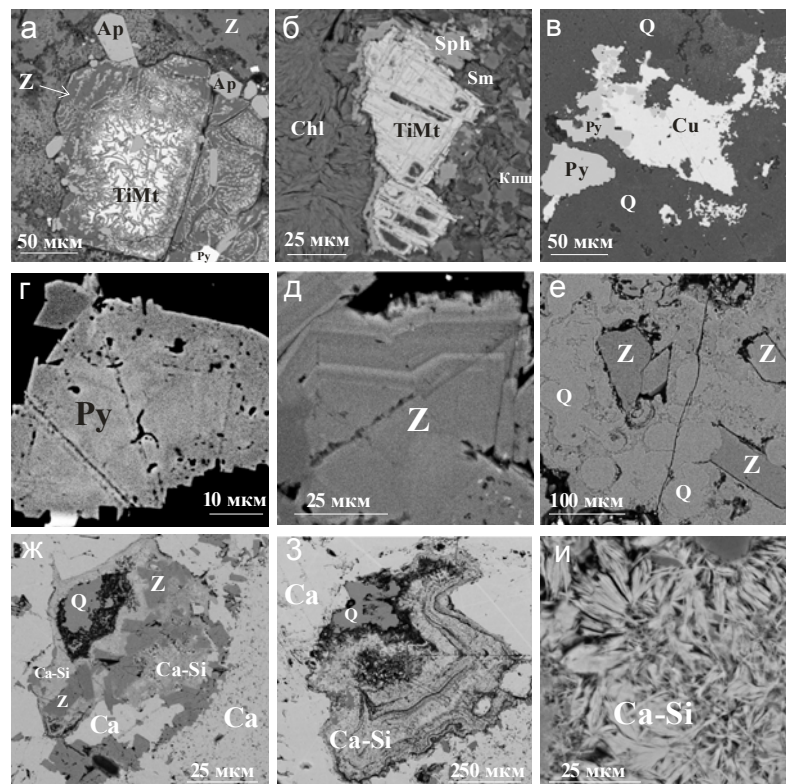


Рис. 2. Изменение и образование минералов в основании толщи глин на восточной границе ВПП – по данным исследований на РЭМ VEGA 3, оснащенный ЭДС X-MAX 80 с фирменным программным обеспечением Aztec (ИВиС ДВО РАН): а – измененный ильменит в сростании с F-апатитом (Ap), в центре зерна - остатки титаномagnetита (TiMt), по краям - дендриты ильменита и цеолит (Z); б – титаномagnetит с оторочкой из сфена (Sph), по основной массе – хлорит (Chl), калиевый полевои шпат (Кпш) и смектит (Sm); в – сростание халькопирита (Cu) с пиритом (Py); г – неоднородное распределение мышьяка в зональном пирите; д – зональный цеолит; е – кристаллы цеолита в кварц-халцедоновом (Q) агрегате; ж-и – гидросиликат кальция (Ca-Si) в ассоциации с цеолитом, халцедоном и карбонатом (Ca).

кальцит и магнийсодержащий карбонат, Fe-Mg хлорит, смектиты (монтмориллонит), хлорит-смектиты, алюмосиликатные образования сложного состава, кремнисто-алюмосиликатные и цеолит-халцедоновые стяжения в виде фрагментов неправильной формы. Впервые при изучении пород основания толщи глин ВПП отмечено образование относительно крупных (до 0.1-0.2 мм) выделений халькопирита (рис. 2в) и высокое содержание As (до 5 мас. %) в пирите (рис. 2з). Также впервые установлен гидросиликат Ca (предположительно окенит), довольно редкий гидротермальный минерал (рис. 2ж-и). В ассоциации с кварцем, кальцитом и цеолитами он выполняет поры и трещины. По-видимому, образование гидросиликата Ca отражает самую последнюю стадию гидротермального изменения пород разреза на данном участке.

Минерализация пород основания толщи глин Рудного участка

Участок расположен в области перехода от наиболее горячей к остывающей части ВПП. Свое название он получил в связи с образованием здесь под горизонтом пластичных глин зон с фосфатно-алюмосиликатно-сульфидной и кремнисто-карбонатно-сульфидной минерализацией [4, 6]. Скважиной ВПП-1/18 вскрыт разрез толщи гидротермальных глин, в целом, типичный для данного термального поля. Исходные породы представлены лавами андезитов, интенсивно измененных и трещиноватых. Характерно наличие гидротермальных зон (составляющих более 50% от мощности нижней части разреза), полностью выполненных вторичными минералами. Состав измененных пород и гидротермальных зон, в основном, аналогичен Восточному участку и представлен цеолитами, кальцитом и магнийсодержащим кальцитом, хлоритами, опалом, F-Cl-апатитом (рис. 3). Первичные рудные фазы практически не

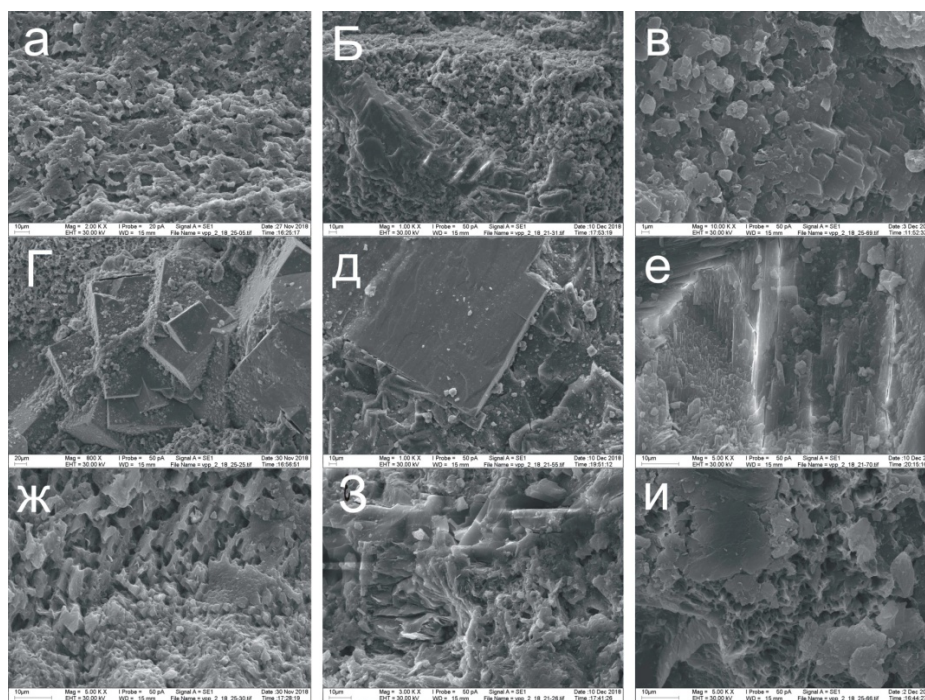


Рис. 3. Микроморфология гидротермально-метасоматических образований в андезитах основания толщи глин Рудного участка ВПП – по данным исследований на РЭМ LEO 1450VP, оснащенный ЭДС INCA 300 (Геологический факультет МГУ): а – карбонатная основа прожилка; б – кремнисто-карбонатная основа с образованием крупных кристаллов кальцита; в – карбонатная основа с образованием отдельных зерен Ca-K-Na-цеолита; г – агрегаты кристаллов пирита в карбонатной и силикатно-карбонатной матрице прожилка; д – кристаллы пирита в карбонатной и кремнисто-карбонатной массе прожилков; е – образование и изменение крупного кристалла цеолита; ж – кальцит, составляющий основу прожилка; з – Fe-Mg-хлорит, замещающий (?) Са- и К-Са – цеолиты (крупные пластинчатые кристаллы в верхней части снимка); и – алюмосиликатная основа с образованием отдельных «листочков» слюды (?).

сохранились: по ним развиваются сфен, хлориты, пирит и др. Пирит часто содержит As (до 3-5 мас. %): мышьяк входит в состав полос, локализующихся вдоль зон роста кристаллов пирита, или образует пятна-участки в его структуре. В то же время, вторичная минерализация в данном разрезе имеет и существенные отличия. Состав цеолитов более разнообразен: на фоне преобладания Са-цеолитов образуются калий-кальциевые и кальций-калий-натриевые. Среди алюмосиликатов изредка присутствуют смектиты и доминируют Fe-Mg-хлориты, иногда более сложного состава – по-видимому, отражающего переход к хлорит-иллитам и гидрослюдам. Также особенностью этого разреза является наличие в гидротермальных зонах кремнисто-железистых «стяжений» в форме жил, линз, дробленных фрагментов, полос-оторочек вокруг обломков андезитов. Количество этого материала резко возрастает к основанию вскрытого разреза и составляет до 50% от объема зон гидротермальных изменений. Кремнисто-железистые «стяжения» образуются на первом этапе гидротермально-метасоматических преобразований пород основания толщи глин Рудного участка, что отчетливо видно в керне, приполировках, аншлифах, микрофрагментах полированных шлифов.

Заключение

Характеристика минерального состава измененных пород и гидротермальных зон основания толщи глин Восточно-Паужетского термального поля свидетельствует о глубоком перерождении исходных пород, увеличении температуры и щелочности среды к основанию вскрытого разреза. Намечается минералого-геохимическая зональность (сверху – вниз): каолинит-смектиты → смектиты → смектит-хлориты → цеолит-карбонат-хлориты → цеолит-иллит-гидрослюда. Образование нижних зон связано с привнесением щелочных элементов (прежде всего, К) и некоторых рудных (As). Вероятно, формирование зональности отражает влияние щелочного или высокощелочного флюида на зону аргиллизации ВПП.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 19-05-00102) и ДВО РАН (18-2-003). Исследования проведены с использованием оборудования, полученного в рамках реализации Программы развития МГУ имени М.В. Ломоносова.

Список литературы

1. Карпов Г.А., Шредер П.Э., Николаева А.Г. Геохимия редкоземельных элементов (La, Ce) в гидротермах и породах Узон-Гейзерной гидротермальной системы (Камчатка) // Геология и Геофизика. 2018. Т. 59. № 8. С. 1152-1163.
2. Пеков И.В. Генетическая минералогия и кристаллохимия редких элементов в высокощелочных постмагматических системах // Автореф. дисс. ... докт. геол.-мин. наук. М.: МГУ, 2005. 50 с.
3. 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. Том 36. № 6. С. 90-106.
4. Феофилактов С.О., Рычагов С.Н., Букатов Ю.Ю. и др. Новые данные о строении зоны разгрузки гидротерм в районе Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2017. № 5. С. 36-50.
5. Чудаев О.В., Челноков Г.А., Брагин И.В. и др. Геохимические особенности поведения основных и редкоземельных элементов в Паратунской и Большебанной гидротермальных системах Камчатки // Тихоокеанская геология. 2016. Т. 35. № 6. С. 102-119.
6. Rychagov S.N., Sergeeva A.V., Chernov M.S. Mineral Ore formation in argillized rocks of Pauzhetka hydrothermal system of South Kamchatka // Proceedings of XXXIV International Conference "Magmatism of the Earth and related strategic metal deposits". Miass, 4-9 August 2017. Moscow: GEOKHI RAS, 2017. P. 213-215.
7. Wood S.A. The geochemistry of rare earth elements and yttrium in geothermal waters // Volcanic, geothermal and ore-forming fluids: rules and witnesses of processes within the Earth. Society of Econom. Geologists. 2003. V. 10. P. 133-158.