

ВТОРИЧНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ПРОДУКТИВНОЙ ЗОНЕ МУТНОВСКОГО ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ДАЧНЫЙ)

М.Ю. Пузанков, А.В. Кирюхин, И.Б. Словцов, С.В. Москалёва

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Пийна-9, Петропавловск-Камчатский, 683006

This paper contain information on secondary minerals, observed in production zones of Mutnovsky geothermal field (Dachny) penetrated during drilling in 2001-2003.

По данным предыдущих исследований [1] было установлено, что на участке Дачный Мутновского геотермального месторождения типичными минералами продуктивного резервуара с преимущественно однофазовой циркуляцией гидротермальных растворов являются кварц, хлорит, эпидот, пирит; для двухфазной зоны присуще развитие вайракита и кварца; пароконденсатный резервуар характеризуется иллит-хлорит-кальцитовой ассоциацией вторичных гидротермальных минералов. Бурение скважин А2-А4 в 2002-2003 гг. позволило получить дополнительные данные о вторичной гидротермальной минерализации пород продуктивной зоны «Основная» на участке Дачный. В краткой форме результаты изучения нового материала (образцы отобраны и предоставлены в ИВиС ДВО РАН Черневым И.И. и В.Д. Евсеенко) приведены в табл. 1, 2.

Наибольший интерес представляют образцы пород А3, А4-3 из обломков, непосредственно представляющих вскрытую продуктивную зону "Основная". На глубине 894 м скважиной А3 вскрыты пропилитизированные андезибазальты с бластопорфировой, розетковидной структурой. Реликтовые вкрапленники представлены только основным андезином - лабрадором. Характерной особенностью, структурно - текстурного рисунка породы являются реликты ее первичного шлакового сложения – выраженного в присутствии обрывков, фрагментов шлаковых частиц. Оторочки, обогащенные пылевидными частицами первичных рудных минералов, преобразованы в своеобразные лейкоксеновые лимбы вокруг миндалинок, выполненных преимущественно цеолитом и хлоритами. Последние слагают как редкие сферокристаллы, заключённые в цеолите, так и прослойки между цеолитом и стенками миндалинок, часто инкрустированных эвгедральными микрокристалликами кварца. Кроме того гидротермальные изменения выражены в частичном или полном замещении новообразованными минералами порфировых выделений и основной массы андезибазальтов. В целом резко преобладают кварц, хлорит и вайрацит. Кварц встречается в порфиробластах, отмечается в неправильных тонкокристаллических выделениях, с резко ксеноморфной формой, по-видимому, возникших при перекристаллизации других модификаций кремнезема. Хлориты слагают радиально-лучистые розетки, образуют микрокристаллические агрегаты. Вайрацит преимущественно выполняет пустоты в породе, нередко частично замещает вкрапленники, а также образуют гнездово-вкрапленные мелкозернистые скопления полисинтетически сдвойникованных зерен. Другие вторичные минералы присутствуют в резко подчиненном количестве (см. табл.1). Изменения в целом значительные, но неравномерные, незавершенные – наблюдаются как фрагменты с почти сохранившимся первоначальным сложением породы, так и участки с полной ее перекристаллизацией, что выражено в соответствующих структурах основной ткани породы - от апогиалопилитовой до микрогранобластовой.

Мелкие обломки, выброшенные на поверхность из интервала 520-580м сважины А4, сложены: в одном случае равномернозернистым тонкокристаллическим кварцем; в остальных - пропилитизированными пироксеновыми андезитами, а также кварц- хлоритовым и кварц-адуляр-пренит-цеолит-хлоритовыми пропилитами. Субстратом являлись лавы, лавобрекчии пироксеновых андезибазальтов – андезитов с гиалиновой – гиалопилитовой – микролитовой основной массой. В пропилитизированных андезитах пироксеновые

вкрапленники и микролиты полностью замещены хлоритом, эпидотом; по плагиоклазам развивается хлорит, альбит, пренит, реже адуляр; большая часть апомикрוליтовой, апогиалопилитовой основной массы замещена хлоритом, альбитом, кварцем, лейкоксеном; присутствуют мелкие порфиробласты пирита. До трети объёма породы занято зональными миндалинками, псевдоминдалинками, выполненными преимущественно разностями хлоритов, а также содержащими относительно крупные призматические гипидиобласты пренита, эвгедральные микрокристаллы кварца и эпидота. Пропилиты имеют пятнистую, микропрожилковую, реликтовую миндалекаменную и/или псевдоминдалекаменную, реликтовую обломочную микротекстуры, характеризуются также псевдоморфной, коррозионной, гетеробластовой, теневой или реликтовой порфировой структурами. Степень гидротермальной переработки первичного субстрата различна – от замещения только части порфириновых выделений до присутствия только полных псевдоморфоз, и, соответственно, от ясно различимой начальной структуры до почти полностью стертой, от апогиалопилитовой – апомикрוליтовой основной массы до полностью перекристаллизованной гетеробластовой ткани породы. Ассоциирующие новообразованные минералы в целом представлены преимущественно хлоритами, превалирующие над кварцем, цеолитом и пренитом, которым, в свою очередь, заметно количественно уступают адуляр, альбит, эпидот, лейкоксен, пирит, кальцит. Преобладающие хлориты наблюдаются в розетковидных, радиально-лучистых или микрокристаллических агрегатах, участвуют в заполнении пустот в породе, замещают плагиоклазы, слагают основную ткань породы. Вайрацит выполняет миндалинки, микропрожилки, образует гнездово-вкрапленные мелкозернистые агрегаты, в которых часто наблюдаются характерные пластинчатые полисинтетические двойники. Среднезернистые, лучистые агрегаты пренита совместно с хлоритом, цеолитом, кварцем, иногда кальцитом часто слагают миндалины; редкие микрзерна пренита рассыпаны в основной ткани породы. Адуляр замещает плагиоклазовые вкрапленники, совместно с кварцем и цеолитом слагает микропрожилки. Перечисленные выше второстепенные новообразованные минералы, наряду с кварцем и пренитом, участвуют в сложении гетеробластовой основной ткани породы; кроме того альбит, совместно с адуляром и хлоритом замещает плагиоклазы, эпидот – пироксен, сфен (лейкоксен) – магнетит, титаномагнетит. Новобразованиями заполнены все полости в породе. Округлые, изометричные, вытянутые неправильные миндалинки, псевдоминдалинки иногда целиком выполнены разностями хлоритов, но чаще встречаются зональные образования, в которых хлорит и кварц слагают тонкие оторочки, а пренит, цеолит, иногда вместе с кальцитом срединные их части. В некоторых случаях, на стенках можно видеть микродрузы эвгедральных кристалликов кварца. Характерны секущие основную ткань породы микропрожилки, сложенные адуляром, кварцем и цеолитом. Структурно–текстурные взаимоотношения указывают на завершение гидротермальных изменений образованием адуляр±пренит+ кварц+вайрацитового парагенезиса, наложение которого сопровождалось локальным дроблением породы.

В обобщенном виде, на основании имеющихся на данный момент неполных и фрагментарных данных, можно сделать предварительный вывод о том, двухфазные продуктивные зоны трассируются парагенезисом, включающим в себя в подчиненном количестве пренит, хлорит, адуляр, наряду с преобладающими кварцем и вайрацитом. Для подтверждения этого вывода требуется продолжение работ по теме, которое предполагает постановку следующих задач дальнейших исследований: а) всесторонне обоснованное установление стадийности вторичного минералообразования в продуктивной зоне; б) расчет температур и других физико-химических условий в продуктивной зоне на основе новых микрзондовых данных о составе сосуществующих минералов с переменными Fe/Mg, Fe/Al, K/Na; в) установление температурного профиля продуктивной зоны, для чего необходимы сведения о распределении вторичных минералов в ее разрезе.

Дополнительные данные об ассоциациях вторичных минералов использовались для уточнения модели вторичного минералообразования в продуктивной зоне "Основная" Мутновского геотермального месторождения [2]. Авторы выражают признательность

сотрудникам АО «Геотерм», ГУП «Камчатскбургеотермия» И.И. Черневу и В.Д. Евсеенко за предоставление образцов горных пород. Работа выполнялась при поддержке РФФИ по проекту 03-05-65373 и при поддержке ДВО РАН по проекту 05-ППА-08-053.

Литература

1. Slovtsov I. B. Rock alteration in the Mutnovsky Hydrothermal System, Kamchatka, Russia// Proceed. Of Water-Rock Interaction X, 10-15 July 2001, Villasimius, Italy (R. Cidu ed.), Balkema Swets & Zeitlinger, Lisse, 2001, p. 915-918
2. А.В. Кирюхин, М.Ю. Пузанков, И.Б. Словцов и др. Термогидродинамическое – химическое моделирование процессов вторичного минералообразования в продуктивных зонах геотермальных месторождений // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 1-15.

Таблица 1. Результаты минералого-петрографического и рентгеноструктурного анализа образцов горных пород из скважин А2 –А4 Мутновского геотермального месторождения

Скважина	Глубина, м	Ассоциирующие вторичные гидротермальные минералы. Краткая характеристика изменений	Примечание
А2	1106	$\pm\text{Zeo}\pm\text{Cal}\pm\text{Prh}+\text{Lx}+\text{Ep}+\text{Ad}+\text{Ab}+\text{Qtz}+(\text{Chl}^*)$ Постепенные изменения с образованием преимущественно Chl завершались локальным дроблением породы; секущие микропрожилки сложены агрегатами Ad+Ab+Qtz и мелкими зернами Zeo, Cal, Prh и Ep	Керн из скважины, андезибазальт
А3	894	$\pm\text{Hem}+\text{Lx}+\text{Ep}\pm\text{Prh}\pm\text{Ad}+\text{Ab}^*+\text{Qtz}^*+(\text{Wai}^*)+(\text{Chl}^*)$ Порода в значительной степени перекристаллизована. Резко преобладают хлориты и вайрацит.	Образец поперечником ~15см, выброшен на поверхность из продуктивной зоны, шлак андезибазальта
А4-1, 2	115-125	$\text{Py}+\text{Ep}+\text{Cal}+\text{Zeo}+\text{Chl}-\text{Sm}+\text{Ab}+\text{Qtz}^*+\text{Chl}^*$ Изменения неравномерные. Главными минералами являются Chl и Qtz. Zeo и Cal слагают тонкие, прерывистые микропрожилки.	Образец поперечником ~10 см, андезитовый туф
А4-3	520-580	$\pm\text{Cal}+\text{Sf}+\text{Py}+\text{Ep}+\text{Ab}+\text{Qtz}^*+\text{Ad}\pm\text{Prh}+(\text{Wai}^*)+(\text{Chl}^*)$ Преобладает хлорит. Гидротермальные изменения завершались образованием вкраплений и микропрожилков, сложенных Wai, Prh, Ad и Qtz.	Обломки поперечником до 1-2 см, выброшены на поверхность из продуктивной зоны, андезит

Примечание. Py - пирит; Lx - лейкоксен; Ep – эпидот; Cal – кальцит; Sf – сульфид; Prh – пренит; Ad – адуляр; Ab – альбит; Qtz – кварц; Chl – хлорит; Wai – вайрацит; Zeo – неустановленный цеолит; Chl-Sm – смешаннослойный хлорит-смектит; Hem - гематит. Звездочкой помечены символы минералов, диагностированных рентгено-структурным методом, для заключенных в скобки – определялся состав на микроанализаторе «Самебах» ИВиС ДВО РАН (см. также табл. 2), присутствие остальных подтверждено только оптическим методом. По образцам из каждого интервала глубин просмотрено не менее 8 шлифов; ± - означает присутствие данного минерала не во всех шлифах, обломках. Цеолит, слагающий микропрожилки в андезитовых туфах из выбросов с интервала глубин 115-125 м скважина А4, по оптическим свойствам предварительно определен как клиноптилолит(?). Минералогопетрографическое изучение шлифов осуществлялось с использованием микроскопа AxioLab (М.Ю. Пузанков), рентгеновского диффрактометра ДРОН-3 (М.Е. Зеленский), микрозондового анализатора "САМЕВАХ" (С.В. Москалева, В.М. Чубаров)

Таблица 2. Представительные составы (мас.%) вторичных гидротермальных минералов горных пород из скважин А2 –А4 Мутновского геотермального месторождения

Окислы	Chl	Chl	Chl	Chl	Chl	Wai	Wai	Wai	Wai	Wai	Wai
	24/А2	19/А3	20/А3	4/А4	7/А4	4/А3	17/А3	22/А3	10/А4	14/А4	45/А4
SiO ₂	31.89	28.54	28.07	27.78	27.74	59.50	57.12	55.90	57.05	54.68	54.68
TiO ₂	0	0.04	0.09	0.02	0.01	0	0	0	0	0	0.04
Al ₂ O ₃	17.11	19.14	19.78	19.91	20.13	19.80	22.15	21.67	21.26	22.28	22.43
FeO	17.35	25.37	24.77	24.61	25.4	0.22	0.31	0.25	1.01	0.87	0.45
MgO	21.03	14.23	14.06	14.91	14.37	0.02	0	0.03	0.30	0.06	0.19
CaO	0.17	0.11	0.22	0.12	0.06	10.74	10.66	10.86	10.43	11.43	11.71
Na ₂ O	0.20	0	0	0	0.01	1.72	1.61	1.78	0.61	0.63	0.62
K ₂ O	0.10	0.06	0.04	0.01	0.03	0.05	0.04	0.03	0.23	0.41	0.23
MnO	0.29	1.56	1.55	1.35	1.10	0	0	0	0	0	0
H ₂ O**	12.03	11.55	11.51	11.54	11.53	8.36	8.32	8.18	8.23	8.12	8.14
Сумма	100.17	100.60	100.09	100.25	100.38	100.41	100.21	98.70	99.12	98.48	98.49

Примечание. Состав минералов определялся на микроанализаторе «Самебах» ИВиС ДВО РАН; значения для H₂O** - расчетные. Расшифровку символов минералов см. в табл. 1. 24/А2 – 45/А4 – номера анализов.