

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ТЕРМОРЕНТГЕНОГРАФИИ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МИНЕРАЛО-РУДООБРАЗОВАНИЯ НА ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ (гора 1004)

Л.П. Вергасова¹, С.К. Филатов², Т.М. Филофова¹

¹Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: vlp@ksnet.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург,
e-mail: filatov@crystalspb.com

Приводится пример использования данных, полученных при детальном изучении минералообразующих процессов Большого трещинного Толбачинского извержения (БТТИ) [Большое..., 1984] для решения задач палеовулканологии. В частности, для генетических реконструкций минерало-рудообразования эруптивного центра «гора 1004», время формирования которого 1500-2000 л.н. Выявление особенностей современной постэруптивной активности и сохранность ее продуктов – метасоматитов и рудной минерализации, представляют определенный интерес для оценки рудоносной перспективности древних вулканогенных формаций и возможностей использования метода актуализма при их изучении [Набоко, Главатских, 1992].

Фумарольные поля в пределах лавовых потоков и шлаковых конусов БТТИ являются естественными лабораториями, в которых можно изучать характер протекания и вместе с тем видеть непосредственно результаты деятельности минералообразующих процессов. Установлено значительное влияние на физико-химическое состояние минералообразующей системы температуры, что проявилось в наличии вертикальной и горизонтальной зональностях, в разнообразии минералов в продуктах деятельности фумарол БТТИ. Исследование температурного параметра природной среды вулканогенного минерало- и рудообразования в областях тектоно-магматической активности составляет определенную задачу геохимических наблюдений. Полевые наблюдения и литературные данные свидетельствуют о переменном характере температурного режима минералообразования на вулканах, что возможно связано с пульсационным характером поступления газов, вторичным разогревом в сочетании с деформациями местного значения, обуславливающими миграцию центров фумарольной активности, или локальными пульсациями (суточными [Набоко, 1959], сезонными) температуры на вулканах в ходе остывания изверженных пород. Наблюдаемые резкие колебания температуры до 100-150 °С и более, например, часто обуславливаются цементацией новообразованиями шлако-пеплового субстрата и засорением выхода газа. Определение температур производилось в полевых условиях и по данным терморентгеновского эксперимента.

Полевые наблюдения, дополняемые лабораторными опытами в части изучения поведения минералов в широком интервале температур, способствуют более объективному пониманию процесса образования и преобразования минералов в современном вулканическом процессе. Осуществить моделирование твердофазовых превращений фумарольных минералов, образующихся и существующих в переменном температурном режиме, позволяет метод терморентгенографии. Этим методом можно определять пределы температурной устойчивости минералов, выявлять температуры и последовательность их термических фазовых превращений в атмосфере воздуха или иных средах, изучать термические деформации кристаллических фаз в плане решения проблем «структура-свойство» кристаллов и т.п. [Филатов, 1990]. Экспериментальные исследования проводились на природных образцах из отложений фумарол БТТИ. Объектами изучения были минералы, которые являются ведущими ассоциации минералов меди современного вулканогенно-эксталяционного существенно медного рудопроявления в пределах кратерной зоны Второго конуса Северного прорыва (СП) БТТИ [Набоко, Главатских, 1983]. Моделирование проводилось в атмосфере воздуха при нормальном давлении в интервале температур 20-700°С на дифрактометрах ДРОН-1 и ДРОН-3, оснащенных высокотемпературными приставками. Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице, где указаны температуры и продукты фазовых превращений. Так, меланоталлит устойчив до температуры 400°С, долерофанит до 675°С, а федотовит до 625 ± 25 °С, при более высоких температурах минералы распадаются с образованием тенорита [Филатов, Вергасова, 1983; Вергасова и др., 1988; Филатов, 1990]; пономаревит устойчив до

250 °С, выше – разлагается с образованием тенорита и сильвина, разложение заканчивается при 375±25°С [Филатов, 1990]; ключевскит устойчив до температуры 625°С, выше – разлагается с образованием тенорита, а при последующем охлаждении также троилита FeS [Вергасова и др., 1989]. Пийпит при 500 °С, а камчаткит при 450°С сначала превращаются в промежуточные фазы, а затем образуется тенорит [Вергасова и др., 1988; Филатов, 1990]. Промежуточные продукты ступенчатых реакций минералообразования, например, фазы термического разложения пийпита при 500-550°С и камчаткита при 450°С, относятся к высокотемпературным новым фазам, обнаруженным в опытах по терморентгенографии пийпита и камчаткита. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что тенорит является конечным продуктом многих минералов меди БТТИ. Это позволяет предположить образование, наряду с первичным, тенорита по фумарольным минералам меди на фоне переменного температурного режима, характерного для постэруптивного периода деятельности вулканов. В регионах с тектоно-магматической активностью логично ожидать связь интенсивности протекания постэруптивных процессов с сейсмическим и тектоническим режимами региона. Это дает объяснение широкой распространенности тенорита среди минералов эксгальций БТТИ.

Таблица. Результаты терморентгеновского исследования пределов температурной устойчивости и продуктов термического разложения в среде воздуха некоторых минералов вулканических эксгальций БТТИ.

Минерал	Температура превращения, °С	Фазовые превращения и их продукты
Пономаревит $K_4Cu_4OCl_{10}$	250	Начало разложения.
	375	Тенорит CuO; сильвин KCl
Меланоталлит Cu_2OCl_2	400	Тенорит CuO
Пийпит $K_4Cu_4O_2(SO_4)_4 \cdot MeCl$	500	Фаза X
	590-625	Тенорит CuO
Ключевскит $K_3Cu_3Fe^{+3}O_2(SO_4)_4$	625	Тенорит CuO
	20 (охл)	Троилит FeS
Федотовит $K_2Cu_3O(SO_4)_3$	625	Тенорит CuO
Камчаткит $KCu_3OCl(SO_4)_2$	450	Фаза X
	650	Тенорит CuO
	20(охл)	
Долерофанит Cu_2OSO_4	675	Тенорит CuO

В истории вулканизма Толбачинского дола БТТИ явилось лишь звеном событий в этом вулканическом районе. В период от 2000 лет тому назад и поныне периодическое возникновение эруптивных центров с формированием шлаковых конусов и лавовых потоков приурочивалось к зоне шириной до 3 км и протяженностью от подножия на юг вулкана Плоский Толбачик на 45 км. Поступление магмы контролировалось зоной глубинного разлома субмеридионального направления. Лавы различных петрохимических типов извергались разобщенно в пространстве (Северный и Южный прорывы) или совмещенно (гора 1004, Алаид). Общность геологических позиций, сходство извергавшихся базальтов позволили высказать представление о связи всех конусов Толбачинского дола с единым глубинным разломом [Большое..., 1984]. О том, что система живет постоянно, свидетельствуют также факты обнаружения реликтов фумарольной деятельности на старых конусах Толбачинского дола. Хорошая сохранность реликтов наблюдается в пределах кратерных зон горы 1004 [Набоко, Главатских, 1992; Серафимова и др., 1994; Серафимова и др., 1995]. Реликты в основном представлены отложениями рудных минералов – теноритом и гематитом. Обращает также на себя внимание скопление здесь рудных минералов в значительном количестве, вплоть до рудопроявления. Гора 1004 представляет собой комплекс сложного строения, образованный в две фазы извержения, лавы различных петрохимических типов которых изливались, наследуя подводящие каналы предыдущей фазы [Большое..., 1984]. Продукты постэруптивной деятельности первой фазы извержения, подобной СП, возможно полностью соответствовали сульфатно-оксосульфатно-хлоридно-оксохлоридно-оксидному существенно медному составу, аналогичному составу эксгальций СП БТТИ [Вергасова, Филатов, 2003], которые в результате последующей второй фазы извержения были частично уничтожены. Другая часть под влиянием высоких температур наиболее вероятно могла быть преобразована в оксидную фазу, в част-

ности, в тенорит. Устойчивость тенорита к воздействию атмосферных агентов способствовала сохранности значительной части продуктов постэруптивной деятельности горы 1004.

По данным экспериментов, а также на основании идентичности минералогеохимических особенностей минерализации БТТИ и горы 1004 предполагается, что по истечении некоторого времени конечный продукт современных минералообразующих процессов на Новых Толбачинских вулканах, образовавшихся в ходе Толбачинского извержения 1975-1976 гг., будет соответствовать конечному продукту постэруптивного этапа деятельности древнего эруптивного центра «гора 1004», в той части, которая представлена в виде реликтов фумарольной деятельности.

Список литературы

Андреев В.И., Вергасова Л.П., Горбач В.А., Дрознин В.А., Дубровская И.К., Сениюков С.Л., Мирошников В.М. Особенности термальных проявлений на лавовых потоках Северного прорыва Большого трещинного Толбачинского извержения // Материалы ежегодной конференции, посвященной Дню вулканолога. 30-31 марта 2004. г. Петропавловск-Камчатский. С. 29-37.

Большое трещинное Толбачинское извержение (1975-1976 гг., Камчатка) / Под ред. С.А. Федотова. М.: Наука, 1984. 637 с.

Вергасова Л.П., Филатов С.К., Серафимова Е.К., Старова Г.Л. Федотовит $K_2Cu_3O(SO_4)_3$ – новый минерал из вулканических возгонов // Докл. АН СССР, 1988₁. Т. 299. № 4. С. 961-964.

Вергасова Л.П., Филатов С.К., Серафимова Е.К., Варакина Т.В. Камчаткит $KCu_3OCl(SO_4)_2$ – новый минерал из вулканических возгонов // ЗВМО. 1988₂. № 4. С. 459-461.

Вергасова Л.П., Филатов С.К., Горская М.Г., Ананьев В.В., Шаров А.С. Ключевскит $K_3Cu_3Fe^{3+}O_2(SO_4)_4$ – новый минерал из вулканических возгонов // ЗВМО. 1989. № 1. С. 70-73.

Вергасова Л.П., Филатов С.К. Новые минералы фумарол и их кристаллохимические особенности // Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы юбилейной сессии КНЦ ДВО РАН, посвященной 40-летию Института вулканологии. 2003. Петропавловск-Камчатский, С. 83-86.

Вергасова Л.П., Дрознин В.А., Дубровская И.К. О температурном режиме на одном из Новых Толбачинских вулканов // Современный вулканизм и связанные с ним процессы. С. 86-88.

Набоко С.И. Вулканические эксгаляции и продукты их реакций // Тр. Лаб. вулканол. Вып. 16. 1959. М.: Наука. 300 с.

Набоко С.И., Главатских С.Ф. Постэруптивный метасоматоз и рудообразование. М.: Наука. 1983. 165 с.

Набоко С.И., Главатских С.Ф. Реликты постэруптивной активности на старых конусах Толбачинского дола, Камчатка // Вулканология и сейсмология, 1992. № 5-6. С. 66-86.

Серафимова Е.К., Карпов Г.А., Вергасова Л.П. О первой находке линарита на шлаковых конусах Толбачинского дола (Камчатка) // ЗВМО. 1995. № 2. С. 117-118.

Серафимова Е.К., Семенова Т.Ф., Сулимова Н.В. Минералы меди и свинца древних фумарольных полей г. 1004 (Камчатка) // Вулканология и сейсмология, 1994. № 3. С. 35-49.

Филатов С.К., Вергасова Л.П. Фазовые превращения и термические деформации меланоталлита Cu_2OCl_2 в интервале температур 190-400 С // Минералогический журнал, 1983. № 3. С. 84-89.

Филатов С.К. Высокотемпературная кристаллохимия. Л.: Недра, 1990. 288 с.