

## **Диккит Верхне-Кошелевской термоаномалии (Южная Камчатка)**

**А. В. Сергеева**

*Институт Вулканологии и Сейсмологии, Петропавловск-Камчатский, 683006, б-р  
Пуйна 9, e-mail: [valraf2009@yandex.ru](mailto:valraf2009@yandex.ru)*

В работе исследованы образцы диккита Верхне-Кошелевской термоаномалии. Образцы диккита в ассоциации с каолинитом найдены в парогазовых струях с температурой 140 °С, а так же в составе глин прогретых грунтов. Вероятно, образование диккита произошло за счет трансформации каолинита при температуре не ниже 120 – 150 °С, либо при кристаллизации из раствора каолинитового состава при тех же температурах.

**Ключевые слова:** термоаномалия, диккит.

### **Введение**

На современных термоаномалиях, расположенных в областях современного вулканизма, происходит разгрузка термальных растворов на дневную поверхность, в результате чего формируются толщи гидротермальных глин. Как правило, основными компонентами глин являются каолинит, монтмориллонит, иллит, опал и кварц. В некоторых случаях, при сочетании ряда условий, происходит образование полиморфных модификаций каолинита, в частности, диккита, политипа 2M<sub>1</sub>. Вне современных термальных полей диккит часто встречается в ассоциации с алунином, ярозитом, каолинитом, пирофиллитом и бемитом. Диккит образуется при температуре выше 120 – 150 °С при трансформации каолинита или при кристаллизации в высокотемпературных гидротермальных растворах [1, 3, 5].

Кошелевский вулканический массив, на термоаномалиях которого сделаны находки, расположен на юге Камчатского полуострова. Массив состоит из пяти сросшихся вулканов, расположен в зоне сочленения вулканических поясов Камчатки. Современная активность связана с геотермальными аномалиями, самые крупные из которых Верхне-Кошелевские паровые струи и Нижне-Кошелевское термальное поле [2].

Целью настоящей работы является характеристика диккита, сформировавшегося на Верхне-Кошелевской термоаномалии (Южная Камчатка).

### **Методика эксперимента**

Образцы были отобраны в полевой сезон 2017 г., с поверхности прогретых грунтов и из устья высокотемпературной парогазовой струи. Температура потока пара на устье парогазовой струи составляла около 140 °С, в то время как участок прогретого грунта имел температуру 55 °С, и был покрыт налетом легкорастворимых солей.

Инфракрасные спектры были записаны на ИК спектрофотометре IR Shimadzu с преобразованием Фурье, в диапазоне волновых чисел 400 – 4000 см<sup>-1</sup>, с разрешением 4 см<sup>-1</sup>. Образцы для исследования были растерты в агатовой ступке с КВг и спрессованы в таблетки. Дифрактограммы были записаны на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD 7000, в диапазоне 6 – 60 град. 2θ, с шагом 0.05 град. 2θ, скорость сканирования составляла 0.5 град/мин, что эквивалентно выдержке в точке 6 с.

### **Обсуждение результатов**

На рис. 1 показана дифрактограмма образца, содержащего диккит. Помимо основного минерала, в ассоциации находятся каолинит, кварц, пирит, алунит (пики около 15.6 и 18.2 град. 2θ). Параметры элементарной ячейки каолинита и диккита представлены в таблице.

На рис. 2 представлены инфракрасные спектры диккита. Основное отличие спектра диккита от спектра каолинита заключается в положении и относительной интенсивности полос поглощения в области  $3600 - 3700 \text{ см}^{-1}$ . У диккита здесь расположены три сопоставимые по интенсивности, узких, хорошо разрешенных пика с максимумами  $3623, 3652, 3694 \text{ см}^{-1}$ . Есть отличия в профиле полос поглощения в области  $900 - 950 \text{ см}^{-1}$ , где расположены деформационные колебания водородносвязанных фрагментов  $\delta(\text{Al}-\text{O}(\text{H})-\text{Al})$ . У диккита полоса около  $940 \text{ см}^{-1}$  выражена более четко, чем на спектре каолинита, в последнем случае полоса представляет собой плечо. Так же несколько отличается положение полос поглощения [4].

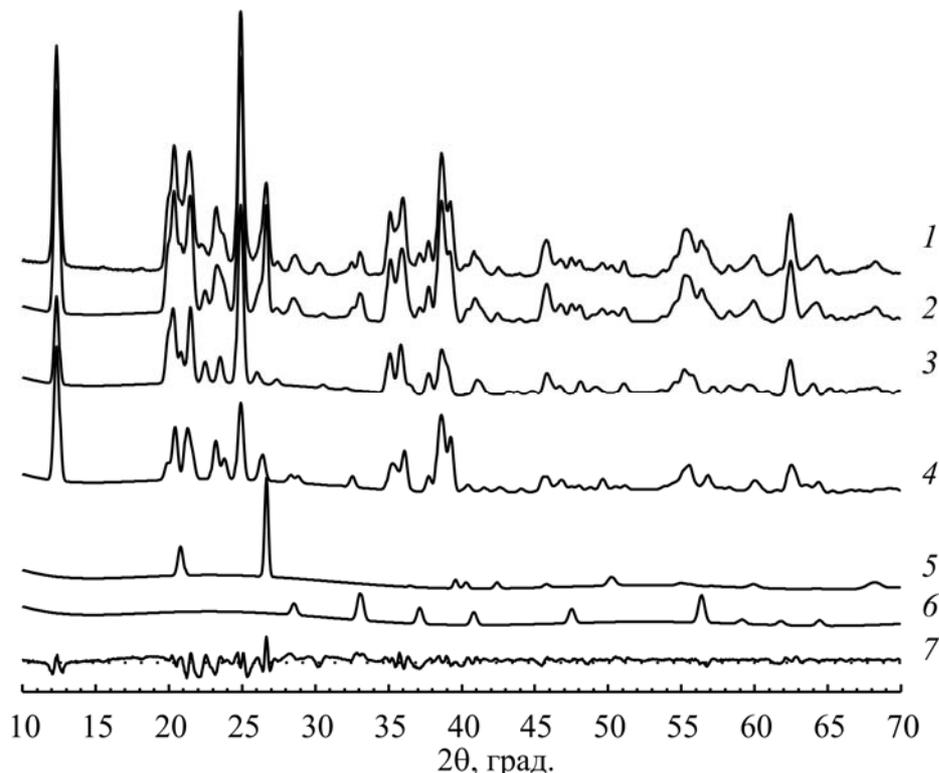


Рис. 1. Экспериментальная дифрактограмма смеси (1), теоретическая дифрактограмма (2), рассчитанная как сумма дифрактограмм диккита (3), каолинита (4), кварца (5), пирита (6), разница теоретической и экспериментальной дифрактограмм (7)

**Таблица. Параметры элементарных ячеек каолинита и диккита**

Диккит, пр.гр. $Cc$					
$a, \text{Å}$	$b, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
5,15(1)	8,90(1)	14,36(1)	90	96,35	90
Каолинит, пр.гр. $C1$					
$a, \text{Å}$	$b, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
5,13(1)	8,90(1)	7,38(1)	91,7	104,81	89,48

Обнаруженный диккит может быть как результатом фазового превращения каолинита, которое протекает при температуре около  $120 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$  или выше, так и результатом кристаллизации из термальных растворов. В последнем случае состав раствора должен быть таким же, как и при кристаллизации каолинита, а температура процесса не ниже  $120 - 150 \text{ }^\circ\text{C}$  [1, 3, 5].

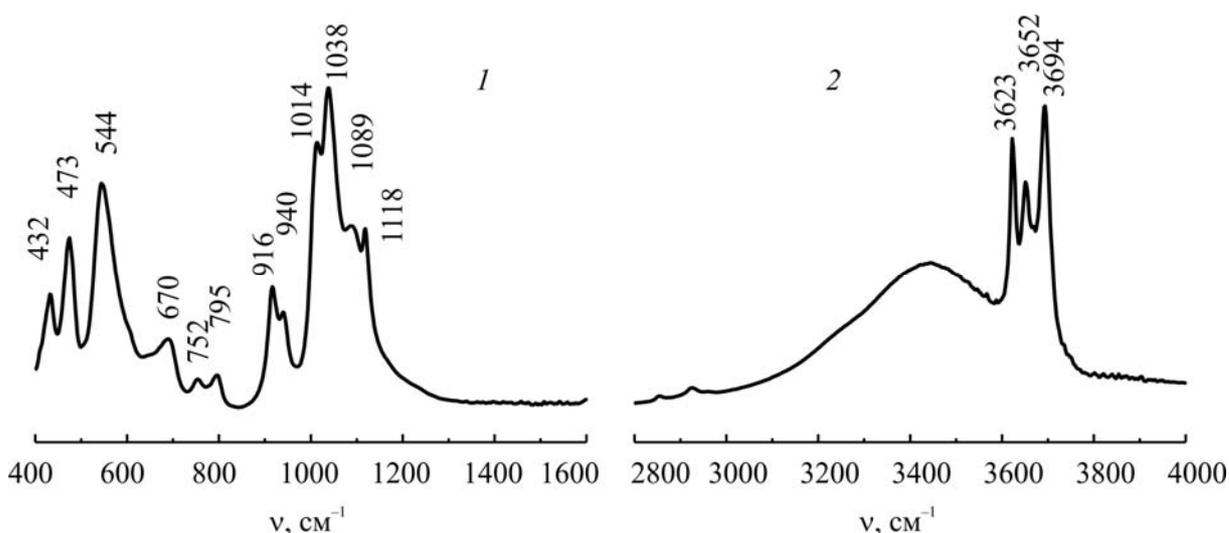


Рис. 2. Инфракрасный спектр диккитового образца в диапазонах 400 – 1600  $\text{cm}^{-1}$  (1) и 2800 – 4000  $\text{cm}^{-1}$  (2)

На термальных полях каолинит чаще всего трансформируется в монтмориллонит, чему способствует ряд условий: температура около 100 °С, термальный раствор с растворенными солями натрия, кальция, магния, железа, алюминия, и средой, близкой к нейтральной. Для формирования диккита представляется оптимальным наличие среднекислого, нагретого до 120 – 150 °С или выше, раствора (флюида). Наличие диккита в парогазовой струе с температурой около 140 °С подтверждает возможность трансформации каолинита в диккит при прогреве до необходимой температуры. Поэтому одним из вариантов натурной реализации условий, подходящих для образования диккита, могут быть, высокотемпературные парогазовые струи. Обратная трансформация диккита в каолинит может не произойти по кинетическим причинам, например, в случае высыхания ассоциации твердофазные процессы в ней замедляются на порядки. В последнем случае диккит сохраняется при обычных температурах как метастабильная относительно каолинита фаза и может быть использован для реконструкции условий на термальных полях.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16–05–00007.

### Список литературы

1. Киселева И. А., Огородова Л. П., Крупская В. В., и др. Термодинамика минералов каолинитовой группы // *Геохимия*. 2011. № 8. С. 839–848.
2. Рычагов С.Н. Геотермальные аномалии Кошелевского вулканического массива (Южная Камчатка): современный этап развития длительноживущей рудообразующей гидротермально-магматической системы // *Материалы XII Всероссийского петрографического совещания «Петрография магматических и метаморфических горных пород»*. С. 531 – 533.
3. Минералы. Справочник. Т. IV. Вып. 1. Силикаты со структурой, переходной от цепочечной к слоистой. Слоистые силикаты. // Под ред. Чухрова Ф.В. М.: Наука, 1992. - 599с.
4. Balan E., Delattre S., Guillaumet M., et al. Low-temperature infrared spectroscopic study of OH-stretching modes in kaolinite and dickite // *American Mineralogist*. 2010. V. 95. P. 1257–1266.
5. Ruiz Cruz M.D., Andreo B. Genesis And Transformation Of Dickite In Permo-Triassic Sediments (Betic Cordilleras, Spain) // *Clay Minerals*. 1996. V. 31. P. 133-152.