

**Спектральная характеристика ломонтита Восточно-Паужетского термального поля****А.В. Сергеева***Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: valraf2009@yandex.ru*

В работе исследованы образцы ломонтита  $\text{CaSi}_4\text{Al}_2\text{O}_{12}\cdot x\text{H}_2\text{O}$ , обнаруженные при прохождении скважин колонкового бурения на термальном поле Паужетского гидротермального месторождения (Южная Камчатка). Ломонтит, наряду с другими цеолитами, используется как индикатор циркуляции нагретых щелочных (содовых) вод. Охарактеризованы частоты инфракрасного спектра, определены параметры элементарной ячейки.

**Введение**

Области современного вулканизма характеризуются наличием многочисленных термоаномалий, где термальные растворы разгружаются на дневную поверхность. В результате действия горячих растворов на вмещающие породы формируются протяженные толщи гидротермальных глин, которые имеют сложную структуру, отражающую уникальную историю формирования каждого термопроявления [1-3]. Минеральный состав глин разнообразен, ближе к поверхности глинистая фракция представлена каолинитом и смектитом, в более глубоких горизонтах встречаются хлориты, цеолиты, как высококремнистые (морденит, гейландит), так и низкокремнистые, например ломонтит. Помимо силикатных минералов, встречаются фосфаты (апатит, варисцит, метаварисцит), сульфаты (гипс, барит), карбонаты (кальцит, магнезиальный кальцит) и другие. Реконструкция физико-химических условий термопроявлений и гидротермальных систем возможна при условии точной информации о минеральном (фазовом) составе ассоциаций.

Многие минералы могут играть роль индикаторов, указывающих на условия их образования, поэтому актуальными задачами становятся идентификация и детальная характеристика совокупного минерального (фазового) состава. Решение этих задач предполагает наличие информации о точной спектральной и структурной характеристике каждого минерала ассоциаций. В настоящей работе внимание сосредоточено на инфракрасном спектре ломонтита, низкокремниевом цеолите с идеализированной формулой  $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}\cdot x\text{H}_2\text{O}$  (количество воды в структуре переменное). Ломонтит играет большую роль в реконструкции физико-химической истории термопроявлений, его формирование связывают с взаимодействием пород среднего (или основного) состава и среднещелочных растворов при температуре выше  $100\text{ }^\circ\text{C}$  ( $170 - 275\text{ }^\circ\text{C}$ ). Щелочная среда растворов может быть обусловлена наличием в растворе карбонат-ионов.

Известны находки ломонтита на Больше-Банном термальном месторождении [4]. В работе [5] показано, что находки ломонтита в осадочных отложениях (на примере Иркутского, Печорского, Ленского угольных бассейнов, в районе Пенжинской губы, на о. Сахалин) связаны со щелочными (содовыми) водами, имеющими pH до 10, при этом процессы образования ломонтита были сходны с гидротермальными процессами в областях современного вулканизма.

В настоящей работе исследуется ломонтит, найденный в керновом материале, в процессе проходки скважин клонкового бурения в полевые сезоны 2013 – 2018 гг. на Восточно-Паужетском термальном поле (Паужетское гидротемальное месторождение, южная Камчатка), на глубине ниже 4,50 м. Горизонт, в котором обнаруживается ломонтит, состоит из гидротермальных глин с большим количеством обломков. Помимо ломонтита, присутствовали смектит и пирит, но каолинит, опал и кварц в заметных количествах не найдены. Ломонтит обнаруживается в виде белых

поликристаллов с линейными размерами до нескольких миллиметров, расположенных в трещинно-пустотном пространстве.

### Методика эксперимента

Образцы были исследованы на ИК спектрофотометре, IR Affinity, с преобразованием Фурье, в диапазоне  $400 - 4000 \text{ см}^{-1}$ , с разрешением  $2 - 4 \text{ см}^{-1}$ , число сканов 100. Образцы для записи спектров растирали в агатовой ступке с бромидом калия и прессовали в таблетки. Дифрактограммы были записаны с помощью рентгеновского дифрактометра XRD 7000 (Shimadzu) в диапазоне  $6 - 60$  град.  $2\theta$ , с шагом  $0,05$  град  $2\theta$ , скорость сканирования  $0,5$  град/мин, что эквивалентно выдержке в точке  $6$  с.

### Результаты

На рис. 1 приведена типичная дифрактограмма паужетского ломонтита, параметры элементарной ячейки, уточненные методом Ритвельда, приведены в табл. 1. Минерал кристаллизуется в моноклинной ячейке, пространственная группа  $C12/m1$ , фактор-группа  $C_{2h}$ . На рис. 2 приведен типичный спектр минерала. На спектре обнаруживаются четкие, хорошо разрешенные пики в областях  $400 - 700 \text{ см}^{-1}$ ,  $900 - 1200 \text{ см}^{-1}$ ,  $3100 - 3700 \text{ см}^{-1}$ . Пики и их отнесение указаны в табл. 2.

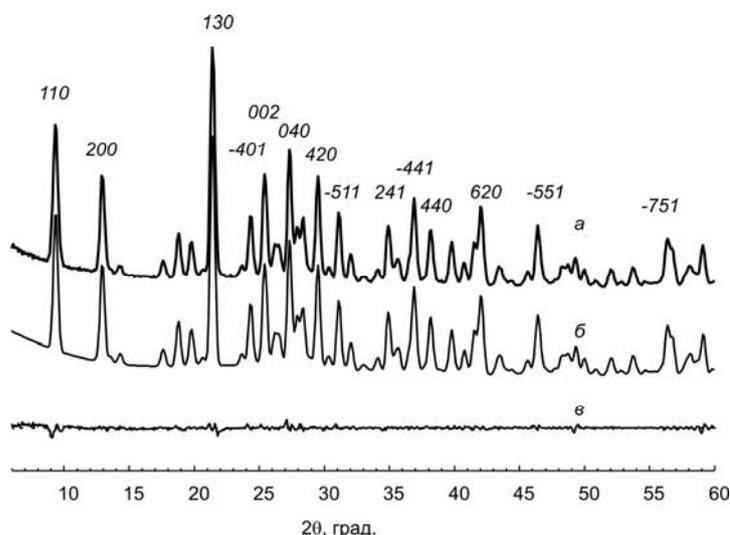


Рис. 1. Экспериментальная (а) и теоретическая (б) дифрактограмма ломонтита, разница экспериментальной и теоретической кривой (в)

Таблица 1. Параметры ячейки ломонтита

Ломонтит, пространственная группа $C12/m1$ , $C_{2h}^3$ , $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot x\text{H}_2\text{O}$			
$a$ , Å	$b$ , Å	$c$ , Å	$\beta$ , град.
14,7087	13,0318	7,5366	111,98

Спектр ломонтита характеризуется четкими и узкими полосами поглощения, которые обусловлены колебаниями  $[\text{SiO}_4]$  и  $[\text{AlO}_4]$ . Можно выделить полосы колебаний  $[\text{AlO}_4]$ , что является отличительной чертой спектров низкокремниевых цеолитов (натролит, сколецит, мезолит, эдингтонит и пр.) [6].

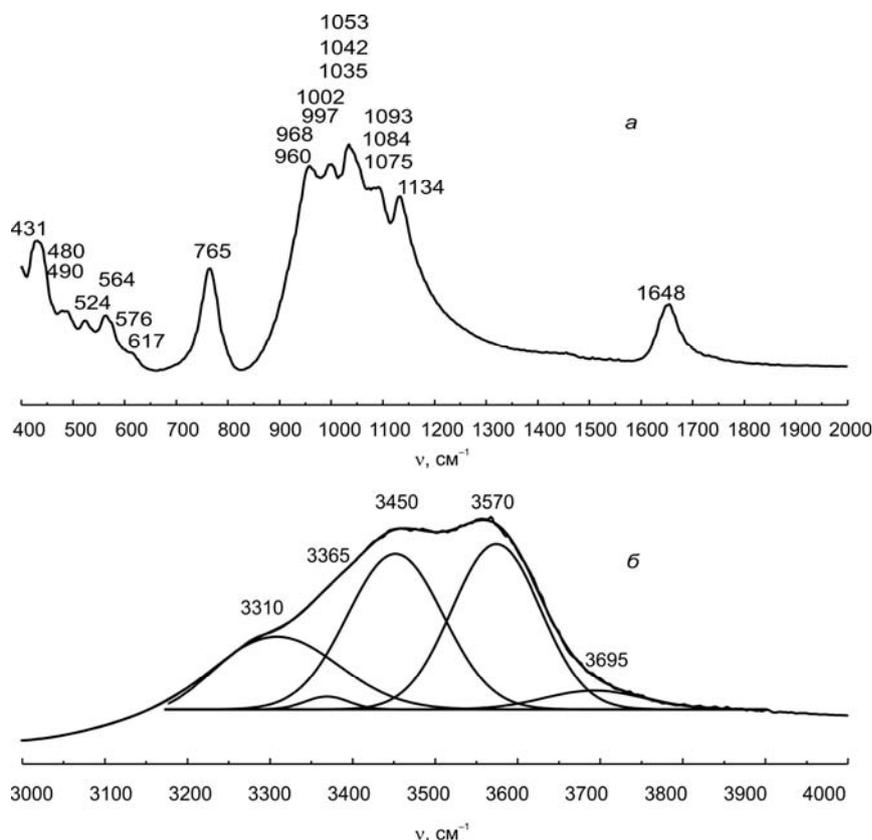


Рис. 2. ИК спектр ломонтита в диапазоне 400 – 2000  $\text{cm}^{-1}$  (а), 3000 – 4000  $\text{cm}^{-1}$  (б)

Таблица 2. Полосы поглощения ломонтита (ИК спектр)

Положение полосы, $\text{cm}^{-1}$	Отнесение
431	$\nu_2[\text{SiO}_4]$
480, 490	$\delta(\text{SiOSi})$
524	$\delta(\text{SiOAl})$
564, 576	$\nu_4[\text{SiO}_4]$
765	$\nu_1[\text{AlO}_4]$
960, 968	$\nu_3[\text{AlO}_4]$
997, 1002	$\nu_1[\text{SiO}_4]$
1035, 1042, 1053, 1075, 1084, 1093, 1134	$\nu_3[\text{SiO}_4]$
1648	$\delta[\text{H}_2\text{O}]$
3310	$\nu_3(\text{H}_2\text{O}) (I_{1h})$
3365	$\nu_1(\text{H}_2\text{O}) (I_{1h})$
3450	$\nu_1(\text{H}_2\text{O}) (L)$
3570	$\nu_3(\text{H}_2\text{O}) (L)$

В высокочастотной области спектра выделяется два спектроскопически различных состояния молекул воды. Часть молекул  $[\text{H}_2\text{O}]$  координирована в пустотах алюмосиликатного каркаса подобно воде в структуре льда  $I_{1h}$ . Другая часть молекул  $[\text{H}_2\text{O}]$  в спектроскопическом отношении подобна жидкой воде ( $L$ ), и, видимо, сравнительно легко покидает решетку.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 19-05-00102.

#### Список литературы

1. Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В. Гидротермальные глины и пирит геотермальных полей: значение в геохимии современных эндогенных процессов (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 2. С. 39-55.
2. Петрова В. В. Низкотемпературные вторичные минералы и их роль в литогенезе: силикаты, алюмосиликаты, гидроксиды. М.: ГЕОС. 2005. 247 с.
3. Рычагов С.Н., Жатнуев Н.С. Коробов А.Д. и др. Структура гидротермальной системы. М.: Наука. 1993. 308 с.
4. Дементьева Т. Трещинный ломонтит Больше-Банного месторождения термальных вод // Минералогия гидротермальных систем Камчатки и Курильских островов. М.: Наука, 1970. 198 с.
5. Kaporulin V.I. Formation of laumontite in sedimentary rocks: A case study of sedimentary sequences in Russia // Lithology and Mineral Resources. 2013. Vol. 48. No. 2. P. 122-137.
6. Chukanov N.V. Infrared spectra of mineral species: extended library / Springer Science & Business Media. 2013.