

А. М. ПОРТНОВ, Б. П. СОЛНЦЕВ

## О ТАУМАСИТЕ С КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Таумасит, минерал с необычным химическим составом, встречается довольно редко. Большинство находок таумасита сделано в гранат-волластонитовых или диопсидовых скарнах Южной Осетии (Белянкин, Петров, 1941), Кураминского хребта (Протождьяконова, 1955), Турьинских рудников (Коржинский, 1948) и Николае-Максимилиановской копи (Жабин, 1957) на Урале. Этот минерал установлен также в скарново-полиметаллических, скарново-редкометалльных, скарново-баритовых месторождениях Казахстана (Бадалов, 1956; Бадалов, Голованов, 1957; Исмаилов, 1956; Янулова, 1962; Кузнецова, 1963) и в кимберлитах Якутии (Смирнов, Харьков, 1960).

Таумасит всегда образуется как один из наиболее поздних минералов. Он замещает первичные минералы скарнов и ассоциирует с натролитом, пектолитом, апофиллитом, десмином, гейландитом, ломонитом. Большинство исследователей относит его отложение к позднегидротермальному и цеолитному этапам минералообразования; однако высказывалась также мысль о возможном гипергенном происхождении этого минерала (Янулова, 1962).

Таумасит установлен нами в ядрах Кургинского массива, расположенного на о-ве Курга в озере Умбозеро (Кольский п-ов). Интрузив сформирован в несколько этапов. К первой фазе относится внедрение оливинитов, ко второй — пироксенитов, к третьей — трахитоидных микроклиновых сиенитов, слагающих центральную часть массива. Широко развиты пегматоидные сиениты с апатитом, магнетитом, сфеном. Внедрение сиенитов сопровождалось диоксидизацией и флогопитизацией ультраосновных пород.

К контактовым зонам сиенитов с ультрабазитами приурочены процессы цеолитизации. При этом в пустотах сиенитов и сиенит-пегматитов образуются прозрачные кристаллы шабазита размером до 1 см и пластинчатые выделения десмина. С этими цеолитами ассоциируют ромбоздрический прозрачный кальцит и пирит. Наиболее поздними минералами являются натролит, стронциобарит и таумасит. Натролит представлен волосистыми кристаллами длиной до 3—4 см; стронциобарит — мелкими таблитчатыми кристаллами желтовато-белого цвета, образующими розетковидные агрегаты на кристаллах шабазита.

Таумасит выполняет центральные части пустот, обрастая шабазит и кальцит. Этот минерал широко развит также по тончайшим трещинкам в диоксид-флогопитовой породе, замещая пироксен и слюду. Этап «таумаситизации», очевидно, завершает цеолитную стадию минералообразования.

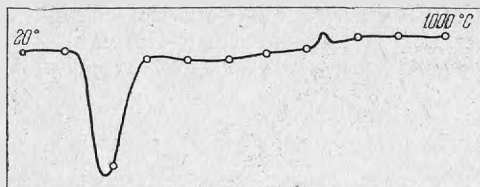


Рис. 1. Кривая нагревания таумасита

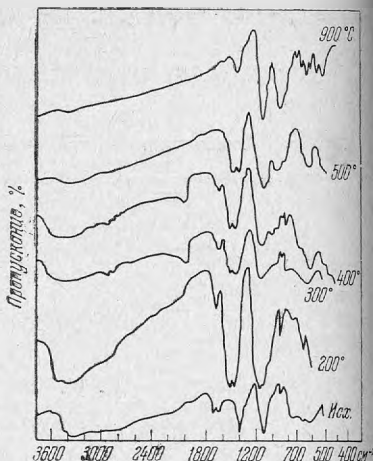
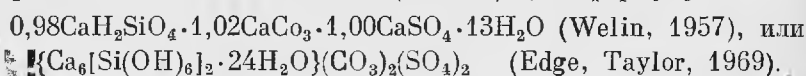


Рис. 2. ИК-спектры таумасита

Таумасит образует спутанноволокнистые, реже — радиальнолучистые агрегаты снежно-белого цвета с матовым блеском. Твердость 2,5–3; в соляной кислоте растворяется с шипением. Под микроскопом характеризуется низким рельефом и высоким двупреломлением. Оптически одноосный, отрицательный; удлинение отрицательное;  $n_o = 1,507$ ;  $n_e = 1,468$ ;  $n_o - n_e = 0,039$ . Дебаеграмма таумасита кургинского массива аналогична эталонной.

Пересчет химического анализа (табл. 1) дает формулу:



Спектральным анализом установлены также следы стронция, бария и цинка.

Кривая нагревания таумасита, полученная Л. И. Рыбаковой (ВИМС), характеризуется эндотермическим пиком в интервале 150–300° С, отвечающим выделению воды, и экзотермическим эффектом при 730° С, отвечающим образованию ларнита и ангидрита (рис. 1), что подтверждает полученные ранее данные (Бадалов, Голованов, 1957; Font-Altoba, 1960).

Исходя из структурных формул, предложенных Велиным (Welin,

Таблица 1

Химический состав таумасита \*

Компоненты	Вес. %	Атом. колич. катионов	Расчет	Компоненты	Вес. %	Атом. колич. катионов	Расчет
SiO <sub>2</sub>	9,67	161	0,98	Na <sub>2</sub> O	0,03	—	—
TiO <sub>2</sub>	0,01	—	—	K <sub>2</sub> O	нет	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10	2	—	SO <sub>3</sub>	12,91	165	1,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	—	—	CO <sub>2</sub>	7,30	170	1,02
CaO	27,72	494	3,00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	—	—
MgO	0,08	2	—	H <sub>2</sub> O	41,81	4645	14,09
				Сумма	99,51	—	—

\* Анализ проводили классическим методом из чисто огороженной навески в 2 г. Аналитик К. А. Дорофеева. На химический анализ ушло 1,3 г; остаток был использован для проведения термического анализа и съемки ИК-спектров.

## Изменение ИК-спектра при прокаливании

Минерал	Положение полос поглощения (в $\text{см}^{-1}$ ), относящихся к колебаниям анионных групп				
	$[\text{CO}_3]^{2-}$	$[\text{SO}_4]^{2-}$	$[\text{H}_2\cdot\text{SiO}_4]^{2-}$	$\text{H}_2\text{O}$	
Исходный	690, 890, 1400, 1520 (сл.)	605, 655, 1100	510, 770	1660, 1710, 3250, 3400, 3475, 3610	
Прокаленный до	200° С	880, 1440, 1500	630, 1150	500, 730, 1030	1660, 3400
	300	880, 1430, 1500	625, 1100, 1160	730, 1000	1660, 1680, 3400
	400	730, 880, 1440, 1500	630, 1100, 1150	1020	1660, 3400
	500	730, 1320?, 1400, 1510?	630, 1660	525, 970	3400
	900	1450	610, 630, 660, 1150	520, 565, 940	3400 (от. сл.)

Примечание. Препарат — эмульсия порошка в бензоле и масле.

1957) и Эджем и Тейлором, следовало ожидать в ИК-спектре этого минерала появления полос поглощения, характерных для группы  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  или  $[\text{Si}(\text{OH})_6]^{2-}$ . Однако на фоне полос поглощения, указывающих на присутствие  $[\text{SO}_4]^{2-}$  и  $[\text{CO}_3]^{2-}$ , полосы поглощения, характерные как для радикала  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , так и для других кремнекислородных радикалов, отсутствовали. Этот факт заставил нас провести термоструктурное изучение таумасита.

ИК-спектры поглощения таумасита получены в области 4000-400  $\text{см}^{-1}$  на спектрофотометре UR-10, Цейсс, ГДР (усиление 5,5; скорость регистрации 150  $\text{см}^{-1}/\text{мин}$ ; постоянная времени 1 мин; ширина пропускаемой частоты — 1). ИК-спектр таумасита представлен на рис. 2; положение и интерпретация его полос поглощения приведены в табл. 2. Полоса 780  $\text{см}^{-1}$  отнесена к валентным колебаниям  $[\text{Si}(\text{OH})_6]^{2-}$ .

При исследовании ИК-спектров таумасита, прокаленного от 200 до 500 и 900° С, обнаружено, что количество и положение полос поглощения в спектре зависят от температуры нагрева образца. Существенные изменения количества и положения полос поглощения, характерных для колебаний всех анионных групп, происходят при нагревании до 200° С. Минерал при этой температуре становится рентгеноаморфным, но в этом тонкодисперсном веществе, очевидно, появляются группы типа  $\text{Si}-\text{O}_m(\text{OH})_n$ .

При дальнейшем прокаливании образца изменения претерпевают лишь полосы поглощения, относящиеся к группам  $\text{SiO}_m(\text{OH})_n$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Полосы поглощения воды постепенно исчезают при прокаливании образца до 500° С; при этом интенсивность полос поглощения в области 525 и 970  $\text{см}^{-1}$ , относящихся к группам  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , постепенно увеличивается. После прокалывания образца до 900° С в его ИК-спектре появляются полосы, характерные для ангидрита ( $\text{CaSO}_4$ ) и ларнита ( $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ); интенсивность поглощения  $[\text{CO}_3]^{2-}$  сильно уменьшается, что связано с диссоциацией  $\text{CaCO}_3$ .

Полученные данные могут быть интерпретированы следующим образом. В исходном таумасите вода содержится в двух различных положениях: 1) кристаллизационная, координирующая по аналогии с кристаллогидратами катион кальция, выделяется до 200° С (ее удаление сопровождается изменением и разрушением структуры минерала, вероятно, с образованием нового соединения и, соответственно, изменением полос поглощения, характеризующих все анионные группы); 2) иной характер имеет вода, удаляющаяся постепенно при более высокой температуре. Следы этой воды исчезают лишь при 500° С. Ее выделение сопровождается постепенным смещением и увеличением интенсивности полос поглощения аниона

$[\text{SiO}_4]^{-4}$  при неизменности полос поглощения других анионов. Разрушение комплекса  $[\text{Si}(\text{OH})_6]^{2-}$  за счет удаления воды приводит к образованию фаз ортосиликата, сульфата и карбоната кальция.

В заключение следует отметить, что нахождение таумасита в зонах цеолитизации ультраосновных — щелочных массивов дополняет данные по их минералогии, поскольку ранее таумасит в подобных интрузивах не отмечался.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бадалов С. Т. Новые данные о таумаситах из Средней Азии. — Труды СГУ, 1956, 32, вып. 1, кн. 7.
- Бадалов С. Т., Голованов И. М. Бирунит — новый материал из группы таумасита. — Докл. АН Узб. ССР, 1957, № 12.
- Белякин Д. С., Петров В. П. О гибсите и плазолите. — Докл. АН СССР, 1941, 30, № 5.
- Жабин А. Г. Таумасит из района Николае-Максимилиановской копи на Южном Урале. — Труды МГРИ, 1957, 31.
- Исмаилов М. И. О таумасите из Среднего Тянь-Шаня. — Труды СГУ, 1956, вып. 32.
- Коржинский Д. С. Петрология Турьинских месторождений меди. — Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1948, вып. 68.
- Кузнецова Е. И. Таумасит из скарновых месторождений Центрального Казахстана. — Труды Ин-та геол. наук АН Каз. ССР, 1963, 7.
- Протодьяконова З. М. О таумасите из Окур Тау. — Докл. АН Узб. ССР, 1955, № 2.
- Смирнов Г. И., Харьков А. Д. Таумасит в кимберлитах Якутии. — Геол. и геофиз., 1960, № 12.
- Янулова М. К. Минералогия скарново-барито-полиметаллического месторождения Карагайлы. Алма-Ата, 1962.
- Welin E. The crystal structure of taumasite  $\text{Ca}_3\text{H}_2\text{CO}_3/\text{SO}_4 \cdot \text{SiO}_4 - 13\text{H}_2\text{O}$ . — Arkiv. mineral. of geol., 1957, N 1—2.
- Font-Altoia M. A thermal study of taumasite. — Min. Mag., 1960, 32.
- Moenke H. Ein weiteres mineral mit silizium in Ger-koordination Thaumasit. — Naturwiss., 1964, 51, № 10.
- Kirov L., Poulijeff C. On the infra-red spectrum and thermal decomposition products of thaumasite  $\text{Ca}_3\text{H}_2(\text{CO}_3/\text{SO}_4)\text{SiO}_4 \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$ . — Mem. Mag., 1968, 36, № 283.
- Edge R. A., Taylor H. F. W. Crystal structure of Taumasite a mineral containing  $[\text{Si}(\text{OH})_2]^{2-}$  groups. — Nature, 1969, 204.
- Laggaille A., Protas J. Nouvelles donnees sur la structure de la thaumasite. Comptes Rendus hebdomadai res. des Seances de L'Academie des sciences, 1970, 270, «D», N 18.