

Л.К. ЯХОНТОВА, В.П. ПОСТНИКОВА, Е.В. ВЛАСОВА, Н.Е. СЕРГЕЕВА  
**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ПОЗНЯКИТЕ, СЕРПИЕРИТЕ И ВУДВАРДИТЕ**

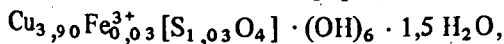
(Представлено академиком Н.В. Беловым 11 VII 1980)

В зоне гипергенеза касситерит-сульфидного месторождения Фестивальное (Вост. Сибирь) обнаружены мало изученные сульфаты меди — познякит, серпиерит и вудвардит.

Познякит впервые описан из Нура-Талдинского месторождения в Центр. Казахстане (1) и по результатам оптического и рентгеновского исследований определен как моноклинная полиморфная модификация лангита  $\text{Cu}_4[\text{SO}_4](\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Позднее обнаружен в Корнуолле (2), но вновь диагностирован лишь по рентгену и оптике. Несмотря на синтез этого сульфата (3) и сделанную на музейном образце структуру (4), видовая самостоятельность познякита без химического изучения природных образцов оставалась под вопросом.

На Фестивальном месторождении познякит обнаружен в виде продукта современного процесса окисления халькопиритовой руды. Минерал, кристаллизуясь из просачивающихся рудничных вод, отлагается в виде натечных корочек, толщиной до 2 мм, на азурите, хризоколле, кварце и гидрогетите. Представлен сростками хрупких темно-голубых шестигранных табличек с твердостью 1,5 — 2. Под микроскопом таблички почти изотропны и характеризуются средним показателем преломления  $n'_m = 1,670$ . На двупреломляющих сечениях определены  $n'_g$  (~ 1,700) и  $n'_p$  (~ 1,620). Оптический знак минерала отрицательный. Измеренные оптические константы характеризуют познякит (1, 3). Дебаеграмма (табл. 1) сходна с таковой для этого минерала.

Впервые выполненный химический анализ познякита (табл. 2) отвечает кристаллохимической "лангитовой" формуле



которая подтверждает существование полиморфных отношений между обоими минералами. Также впервые полученный и.-к. спектр познякита (рис. 1, табл. 3), имея наибольшее сходство с лангитом, проявил некоторую индивидуальность: сильное расщепление полосы  $\nu_3\text{SO}_4$  свидетельствует о значительной деформации сульфатного иона в структуре.

Серпиерит — водный основной сульфат Cu, Zn и Ca не вполне ясного состава с предполагаемой формулой  $(\text{Cu}, \text{Zn}, \text{Ca})_5[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Найден в Лауриум (Греция). Практически имеется один химический анализ серпиерита из греческой находки (табл. 2), отвечающий приведенной формуле с  $\text{Cu}:\text{Zn}:\text{Ca} = 0,77:0,17:0,14$ . Вторая находка минерала в месторождении Акчагыл в Казахстане охарактеризована неполным химическим анализом с суммой 71,5% (7). По специфической рентгенограмме серпиерит отличается от родственных ему по составу девиллита  $\text{CaCu}_4[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и арнимита  $\text{Cu}_5[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

На месторождении Фестивальное серпиерит подобно познякиту обнаружен в виде продукта современного минералообразования. Ему свойственны натечного вида корочки, в которых он представлен бледно-голубыми кристаллами-чешуйками овальной формы с перламутровым блеском. Минерал хрупкий, твердость около 2. Под микроскопом почти бесцветный, двусосный, оптически отрицательный. В плоскости чешуек измерены  $n'_g = 1,655$  и  $n'_m = 1,645 \pm 0,003$ , а в их сечении —  $n'_p$ , близкий

Таблица 1

## Межплоскостные расстояния

Познякит				Серпирит			
Фестивальное		Эталон (( <sup>5</sup> ), 20-364)		Фестивальное		Эталон (( <sup>5</sup> ), 22-148)	
d	I	d	I	d	I	d	I
6,42	100	6,94	100	9,98	100	10,2	100
-	-	5,25	8	6,87*	30	-	-
-	-	4,85	6	-	-	5,61	10
-	-	4,77	4	5,05	65	5,09	80
4,31	1	-	-	-	-	4,74	40
3,46	40	3,47	30	4,15	7	4,37	10
3,32	1	3,33	6	3,60	10	3,53	20
-	-	3,23	4	3,45*	20	-	-
2,70	15	2,700	25	3,38	70	3,39	80
2,61	10	2,614	16	-	-	3,17	40
2,42	20	2,422	25	2,905	5	3,01	10
2,33	10	2,334	12	-	-	2,708	60
2,25	1	2,260	8	2,669	10	2,650	60
2,01	1	2,018	12	2,602*	10	-	-
1,95	1	1,952	6	2,537	40	2,534	40
1,73	2	1,734	2	2,411	25	2,440	60
-	-	1,662	4	2,370	10	2,341	5
1,54	1	1,541	10	2,304	20	2,294	20
				-	-	2,172	60
				2,032	8	2,063	10
				2,006	7	2,019	10
				-	-	1,902	40
				1,731	15	1,734	10

\* Линии познякита.

Таблица 2

## Химические анализы минералов

Компонент	Познякит	Серпирит		Вудвардит
	Фестивальное*	Фестивальное**	Лауриум, (°)	Фестивальное**
CuO	65,53	57,44	43,49	55,50
ZnO	Не обн.	0,51	9,82	0,68
MgO	0,05	0,03	Не обн.	0,02
CaO	0,34	2,41	5,57	Не обн.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Не обн.	0,56	Не обн.	10,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,38	0,57	Не обн.	0,40
SO <sub>3</sub>	17,25	21,99	24,55	11,34
± H <sub>2</sub> O	16,70	16,26	16,57	21,47
Сумма	100,25	99,77	100,00	100,01

\* Аналитик С.П. Пурусова (ВИМС); PbO, MnO и CO<sub>2</sub> не обн., SiO<sub>2</sub> = 0,51%.\*\* Аналитик Р.И. Грицай (ДВГИ АН СССР); в анализе серпирита PbO, CO<sub>2</sub> и SiO<sub>2</sub> не обн.; MnO = 0,01%; в анализе вудвардита CO<sub>2</sub> не обн.; PbO = 0,03, MnO = 0,06, SiO<sub>2</sub> = 0,20 %.

Вудвардит							
Фестивальное		Корнуолл				Уэлс	
		(°)		(1°)		(( <sup>5</sup> ), 17-132)	
d	I	d	I	d	I	d	I
11,57	15	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	10,9	100
9,21	15	-	-	9,1	Оч. сил.	-	-
8,33	30	-	-	-	-	-	-
7,44	85	-	-	-	-	-	-
5,85	100	5,30	Сл.	-	-	5,46	60
5,13	20	-	-	-	-	-	-
3,55	50	3,91	Сл.	-	-	3,66	50
2,66	30	-	-	-	-	-	-
2,52	20	2,61	Сил.	2,58	Ср.	2,613	50
-	-	-	-	-	-	2,454	20
1,99	10	-	-	-	-	-	-
1,86	10	-	-	-	-	-	-
1,73	10	-	-	-	-	-	-
1,542	60	1,525	Ср.	1,50	Ср.	1,535	5
1,306	30	1,297	Сл.	-	-	-	-

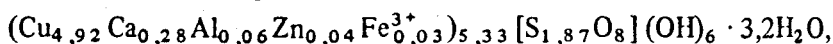
Таблица 3

Отнесение полос поглощения (см<sup>-1</sup>) в и-к. спектрах сульфатов

Познякит	Серпнерит	Вудвардит	Отнесение полос
470	415	440	$\nu_2 \text{SO}_4$
530	520	-	-
600	618	605	$\nu_4 \text{SO}_4$
-	650	-	$\gamma \text{OH}$
800	770	830	$\nu_1 \text{SO}_4, \delta \text{OH}$
880	845	955	-
1065	1100	1060	$\nu_3 \text{SO}_4$
1120	1130	1115	-
1140	-	-	-
1650	1640-1710	-	$\delta \text{H}_2\text{O}$
3200	3200	-	$\nu \text{H}_2\text{O}$
3400	3360	3400	-
3500 - 3600	3540 - 3590	3500 - 3600	$\nu \text{OH}$

к 1,580, что соответствует оптическим константам серпирита. В исследованных пробах обнаруживаются единичные зерна более сильно преломляющего познякита.

Рентгенограмма описываемого минерала (табл. 1) отвечает серпириту из Лауриум, но содержит три наиболее сильные линии познякита, что говорит о примеси этого сульфата в пробе серпирита, несмотря на тщательность ее подготовки. Полный химический анализ серпирита (табл. 2) соответствует формуле



в соответствии с которой минерал может быть отнесен к медистому члену в серпиритовом ряду предполагаемого изоморфного замещения  $\text{Cu} - \text{Zn} - \text{Ca}$ . В то же время он обнаружил химическое сродство с арнимитом, от которого отличается по дебаграмме и оптическим свойствам. И.-к. спектр серпирита (рис. 1, табл. 3) аналогичен спектру эталона-образца из Лауриум, хотя ему присущ некоторый сдвиг полос поглощения  $\nu_1\text{SO}_4$  в сторону меньших частот, объясняемый, очевидно, сложному характеру взаимоотношений между катионами.

В удвардита известен с середины XIX в. из месторождений Корнуолла, Уэльса, Южного Тироля и Италии как водный сульфат  $\text{Cu}$  и  $\text{Al}$  вероятного состава  $\text{Cu}_4\text{Al}_2[\text{SO}_4](\text{OH})_{12} \cdot (2-4)\text{H}_2\text{O}$ . Имеющиеся химические анализы показывают весьма переменный состав вудвардита и существование широкого предела колебаний отношения  $\text{Cu} : \text{Al}$  — от 0,6 до 2,0 (6, 9). Известны крайние члены в этом переменном ряду — это материал из Уэльса, в котором указанное отношение близко к 0,6 — 0,8, а в формуле катионы составляют  $\text{Cu}_{2,5}\text{Al}_{3,5}$ , и образцы из Корнуолла с отношением, равным 2, и с формулой, показанной выше. Эти данные свидетельствуют в пользу возможного существования в природе изоморфного вудвардитового ряда с замещениями  $(\text{Cu}, \text{Al})_6$  и  $(\text{OH}, \text{O})_{12}$ , и, видимо, с переменным содержанием молекул  $\text{H}_2\text{O}$ .

Оптические константы вудвардита переменны ( $n'_g = 1,565 - 1,576$  и  $n'_r = 1,552 - 1,571$ ); постоянным сохраняется лишь весьма низкое двупреломление сульфата. Дебаграммы обычно ослабленные, диффузного характера (табл. 1). Сиг-

нония неизвестна. В недавней работе (10) проведена ревизия имеющихся для вудвардита рентгеновских данных. Автор, получив дебаграмму музейного образца из Корнуолла, сопоставил ее с уже имевшимся рентгенограммами корнуоллского материала (9) и образца из Уэльса. Последняя считается стандартной для вудвардита (5). Давно хранящиеся музейные образцы повторно не анализировались, а выполненные для них и.-к. спектры показали высокую карбоатность образцов и неразрешенность  $\text{SO}_4$ -колебаний, т.е. практически не пригодны для толкования рентгеновских результатов. Тем не менее автор, отмечая необычно низкое

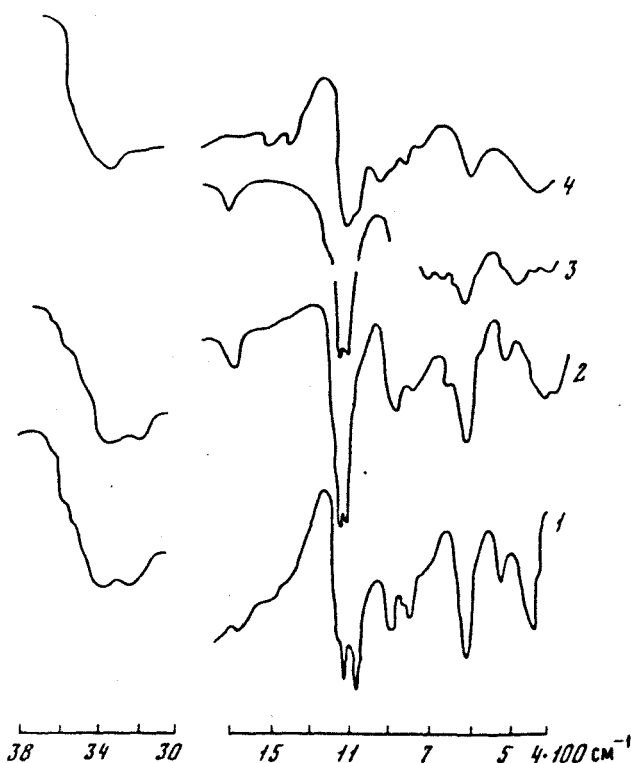


Рис. 1. И.-к. спектры познякита (1), исследованного серпирита (2), серпирита-эталона (3), по (8), и вудвардита (4)

отношение  $\text{Cu} : \text{Al}$  в образце из Уэлса и несколько иное поведение рентгеновского отражения 10,9 при нагревании пробы, высказал мысль, что лишь образцы из Корнуолла состава  $\text{Cu}_4\text{Al}_2[\text{SO}_4](\text{OH})_{12} \cdot (2-4)\text{H}_2\text{O}$  могут считаться эталоном вудвардита.

На Фестивальном месторождении вудвардит обнаружен в виде современных ватечных образований. Корки минерала толщиной до 15 см имеют нежный голубой цвет. После их высушивания при комнатных условиях они превращаются в мягкий голубой порошок. Под микроскопом минерал бесцветный, почти изотропный, с одним показателем преломления около 1,540 – 1,545. Частицы неправильной или шестигульной формы, таблитчатые, имеющие некоторое сходство с познякитом.

И.к. спектр минерала (рис. 1, табл. 3), содержащий все аналитические полосы иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , OH-групп и молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , позволяет надежно отнести его к водным основным сульфатам. Однако по дифрактограмме (табл. 1) образец трудно назвать вудвардитом, тем более что имеющиеся рентгенограммы этого минерала плохо сбиваются друг с другом. Сравнивать, по существу, не с чем. Безрезультатным оказался также поиск каких-либо рентгеновских аналогов среди известных медных, медно-алюминиевых и алюминиевых сульфатов.

Химическому анализу изученного образца (табл. 2) соответствует кристаллохимическая формула  $(\text{Cu}_{4,75}\text{Zn}_{0,05}\text{Al}_{1,42}\text{Fe}_{0,02}^{3+})_{6,24}[\text{SO}_4](\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  вудвардита с неизвестным до сих пор высоким  $\text{Cu} - \text{Al}$ -отношением.

Вопрос о вудвардите, очевидно, может быть разрешен на основании исследования новых его находок. Не исключено, что этот минерал является полиморфной модификацией ромбического цианотрихита  $\text{Cu}_4\text{Al}_2[\text{SO}_4](\text{OH})_{12} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова

Поступило  
17 VII 1980

#### ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup>Л.И. Комков, Е.И. Нефедов, Зап. Всесоюзн. мин. общ-ва, т. 96, в. 1 (1967). <sup>2</sup>I. Knight, R. Barstow, Min. Mag., v. 37, № 290 (1970). <sup>3</sup>Г.О. Нечипоренко, Зап. Всесоюзн. мин. общ-ва, т. 100, в. 6 (1971). <sup>4</sup>M. Mellini, S. Merlino, Zs. Kristallogr., B. 149, № 3-4 (1979). <sup>5</sup>ASTM-USA Committee on Powder Diffr. Standards, № 20 - 364, 22 - 148, 17 - 132 (1975). <sup>6</sup>Дж. Д. Дэна, З.С. Дэна и др., Система минералогии, т. 2, п/т 1, М., ИЛ, 1953. <sup>7</sup>Ф.В. Чухров, Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана, Изд-во АН СССР, 1950. <sup>8</sup>H. Moenke, Mineralpektren, Berlin, 1966. <sup>9</sup>H. Meixner, Zbl. Mineral., Abt. A, № 11 (1970). <sup>10</sup>E.H. Nickel, Mineral. Mag., v. 40, № 314 (1976).