

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.32

В. М. КАЧАЛОВСКАЯ, В. С. ОСИПОВ, Н. Г. НАЗАРЕНКО, В. А. КУКОЕВ,  
А. О. МАЗМАНЯН, д. чл. И. Н. ЕГОРОВ, Л. Н. КАПЛУННИК

ЧВИЛЕВАИТ — НОВЫЙ ЩЕЛОЧНОЙ СУЛЬФИД  
СОСТАВА  $\text{Na}(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn})_2\text{S}_2$ <sup>1</sup>

В последние десятилетия в литературе появились сообщения о находках в рудах ряда месторождений редких в природе минералов — сложных сульфидов щелочных металлов. Были установлены сульфиды меди и железа с калием: джерфшерит  $\text{K}_3\text{CuFe}_{12}\text{S}_{14}$  (Генкин и др., 1969), расвумит  $\text{K}_3\text{Fe}_9\text{S}_{14}$  (Соколова и др., 1970), мурунскит  $\text{K}_2\text{Cu}_3\text{FeS}_4$  (Добровольская и др., 1981), бартонит  $\text{K}_6\text{Fe}_{21}\text{S}_{26}$  (S, Cl) (Czamanske e. a., 1981), а также сульфиды с натрием: эрдит  $\text{NaFeS}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Czamanske e. a., 1980), койотеит  $\text{NaFe}_3\text{S}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и орикит  $\text{Na}_x\text{K}_y\text{Cu}_{0.95}\text{Fe}_{1.06}\text{S}_2 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ , где  $x, y < 0.03, z < 0.5$  (Erd e. a., 1983). В 1979 г. нами в образцах сфалерита месторождения Акатуй (Забайкалье), полученных из Минералогического музея АН СССР, был обнаружен новый сульфид натрия состава  $\text{Na}(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zn})_2\text{S}_2$ . Новый минерал назван чвилеваитом (chvilevait) по имени советского минералога Т. Н. Чвилевой, внесшей большой вклад в изучение диагностических констант рудных минералов.

Чвилеваит найден в виде свободных зерен и сростков в дробленых пробах сфалерита, содержащих небольшое количество галенита, пирита, кварца, карбонатов, единичные зерна буланжерита, ковеллина, халькозина и арсенопирита. Новый минерал чаще всего встречается в тесном сростании с ковеллином, в массе которого фиксируются реликты галенита (рис. 1). Ковеллин замещает чвилеваит и галенит нередко с образованием сложных мирмекитовых прорастаний. Ковеллин и галенит, ассоциирующие с чвилеваитом, содержат повышенное количество натрия (%) — до 1.38 и 0.87 соответственно. Чвилеваит наблюдается также в сростании с халькозином, изредка с арсенопиритом, сфалеритом, кварцем и органическим веществом. Мономинеральные зерна нового щелочного сульфида имеют размеры 0.01—0.5 мм, как правило, 0.01—0.05 мм.

Чвилеваит обладает бронзовым цветом, металлическим блеском. Окисленные его зерна покрыты черным сажистым налетом. Минерал хрупкий, спайность совершенная по (0001). В свежем срезе чвилеваит похож на борнит, на воздухе быстро покрывается побежалостью. Минерал хорошо полируется. Относительный рельеф его выше рельефа галенита, ковеллина и ниже рельефа сфалерита, арсенопирита, находящихся с ним в сростаниях. Форма зерен чвилеваяита пластинчатая, призматическая, неправильная и изометричная. Преобладают пластинчатые спайные выколки. Погасание призматических зерен минерала относительно спайности прямое. Изредка отмечаются двойники типа «олеандровых листьев». Внутренние рефлексы не обнаружены.

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 6 апреля 1987 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 22 июня 1987 г.

Отражение чвилевайта умеренное (табл. 1), цвет оранжево-розовый, переходящий при хранении шлифа в розово-пурпурный. Двуотражение отчетливое с изменением цветной тональности: светлое положение — оранжево-розовый (перпендикулярно удлинению), темное положение — сероватый со слабым сиреневым оттенком (параллельно удлинению). Анизотропия минерала сильная: цвета анизотропии варьируют в черно-белых тонах. Эффекты двуотражения и анизотропии усиливаются в неподполированных аншлифах. Следует отметить, что многие зерна чвилевайта слабо анизотропны или изотропны. Изотропные сечения борнитоподобные.

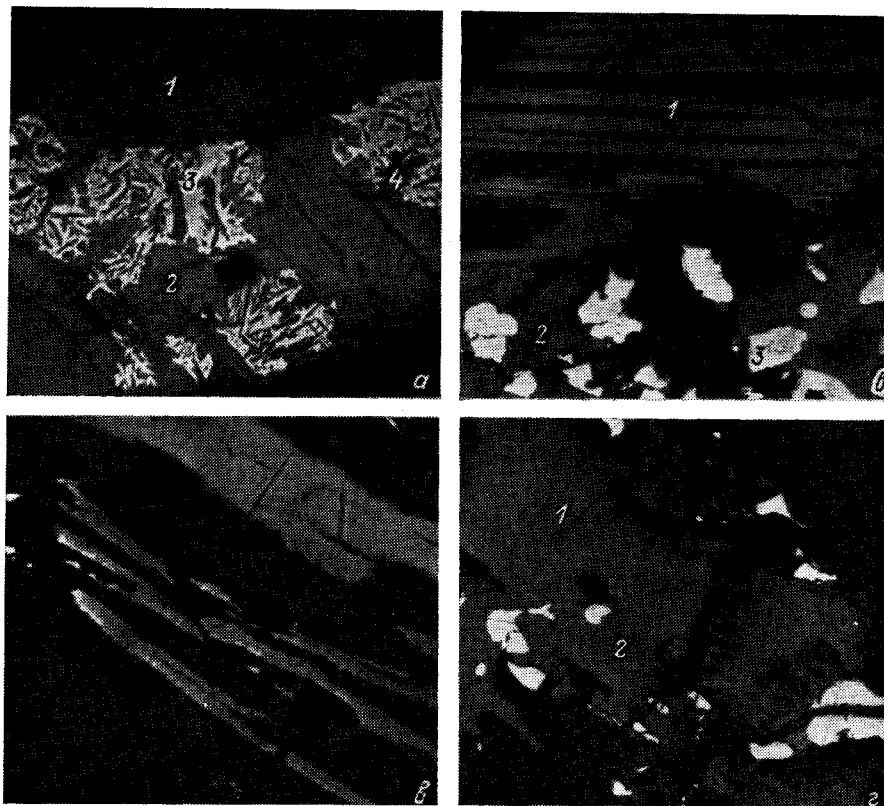


Рис. 1. Форма выделений чвилевайта. Полир. шлиф. Увел. 260.

*а* — чвилевайт (1) в сростании с халькозитом (2), галенитом (3), ковеллином (4); *б* — тонкопластинчатые выделения чвилевайта (1) в ассоциации с ковеллином (2) и галенитом (3); *в* — мономинеральные пластинчатые выделения чвилевайта; *г* — замещение чвилевайта (1) ковеллином (2), содержащим реликты галенита (3).

Спектры коэффициентов отражения аномального типа (рис. 2): кривая  $R_0$  резко поднимается к длинноволновой области спектра, кривая  $R_e$  имеет незначительный подъем. Сила двуотражения достигает максимума в красной области спектра. При  $\lambda=420$  нм кривые дисперсии отражения сходятся, что может свидетельствовать об изменении оптического знака минерала в коротковолновой области спектра. Минерал одноосный, отрицательный.

Твердость чвилевайта ( $P=20$  гс) в сечениях, близких к изотропным, 110—153 кгс/мм<sup>2</sup>, среднее ( $n=20$ ) 135 кгс/мм<sup>2</sup>. Отпечатки квадратные со слегка вогнутой стороной с веерообразными выколами и трещинками разрыва.

Химический состав чвилевайта изучен на микросонде Ms-46 Cameca. Условия анализа: 20 кВ, 30 нА (при анализе на Na и S — 10 кВ и 10 нА),

## Характеристика цвета чвилеванта

Длина волны, $\lambda$ , нм	Отражение, %		Цветовая характеристика относительно источников света			
	$R_o$	$R_e$	A		C	
			$R_o$	$R_e$	$R_o$	$R_e$
420	17.9	17.9	$\bar{x}=13.10$	$\bar{x}=9.88$	$\bar{x}=11.15$	$\bar{x}=8.77$
440	18.0	17.7	$\bar{y}=11.42$	$\bar{y}=9.86$	$\bar{y}=11.15$	$\bar{y}=8.85$
460	18.4	17.5	$z=3.29$	$z=3.09$	$z=10.49$	$z=10.30$
480	19.0	17.4				
500	19.7	17.3				
520	20.7	17.4	$m=27.81$	$m=22.83$	$m=32.79$	$m=27.92$
540	21.6	17.5	$x=0.471$	$x=0.433$	$x=0.340$	$x=0.314$
560	22.5	17.7	$y=0.411$	$y=0.432$	$y=0.340$	$y=0.317$
580	23.3	17.8	$z=0.118$	$z=0.135$	$z=0.320$	$z=0.369$
600	24.0	18.0		$\lambda d$ (нм)		
620	24.8	18.2	589	543	581	600
640	25.6	18.5		$P_e$ (%)		
660	26.2	18.8	18	13	20	2
680	26.8	19.1				
700	27.4	19.4				

Примечание. Исследования выполнены на приборе «Блеск», объектив 20  $\times$ ,  $A=0.40$ , эталон — кремний.

аналитические линии  $K_{\alpha}$ , эталоны — близкие к стехиометрическим составам  $FeS_2$ ,  $ZnS$ ,  $CuS$  и  $NaAlSi_3O_8$ , синтетические  $GaAs$  и  $CaF_2$ ; пересчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен на ЭВМ «Минск-32» по методу ZAF. Исследование на микрозонде шести зерен минерала в трех образцах показало, что чвилевант представляет собой натрийсодержащий сульфид меди, железа и цинка. Состав минерала изменяется в достаточно узких пределах (мас. %, в скобках среднее): Na 10.48—11.58 (10.93), Cu 38.14—39.34 (38.63), Fe 11.10—12.42 (11.64), Zn 6.12—7.37 (6.72), S 30.36—31.19 (30.83), As 0.00—0.96 (0.55), Ca 0.20—0.36 (0.26), Mn 0.00—0.19 (0.06). Кристаллохимическая формула минерала, рассчитанная по усредненным значениям (сумма анализа 99.62 %) в пересчете на 5 структурных единиц (на основании расшифровки структуры

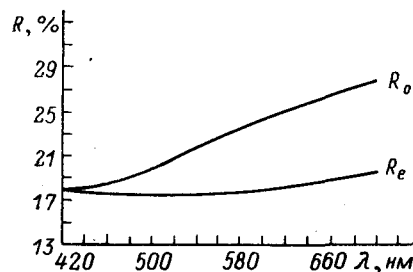


Рис. 2. Спектры отражения чвилеванта.

Таблица 2

## Результаты расчета и индцирования рентгенограммы чвилеванта

$I$	$d_{изм}$	$d_{расч}$	$hkl$	$I$	$d_{изм}$	$d_{расч}$	$hkl$
6	6.85	6.84	001	4	1.356	1.352	203
9	3.40	3.42	002	4	1.269	1.267	105
10	3.02	3.02	101	2	1.249	1.251	121
10	2.40	2.40	102	5	1.190	1.193	122
2	2.29	2.28	003	4	1.119	1.120	030
10	1.945	1.944	110			1.119	115
9	1.870	1.870	111	5	1.109	1.105	301
1	1.684	1.690	112	4	1.079	1.079	106
		1.680	200	3	1.060	1.064	302
3	1.630	1.631	201			1.060	205
3	1.508	1.508	202	2	1.003	1.005	303
5	1.476	1.480	113				

Примечание. Условия анализа: УРС-70, РКД-57.3. Fe-излучение, без фильтра, 30 кВ, 50 мА.

Структурные характеристики чвилеваита, мурунскита, талкусита и буковита

Минерал	<i>a</i> (Å)	<i>c</i> (Å)	Пространственная группа	<i>z</i>	<i>V</i> (Å <sup>3</sup> )	ρ <sub>рентг</sub> (г/см <sup>3</sup> )	Источник
Чвилеваит Na(Cu, Fe, Zn) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	3.873 (1)	6.848 (4)	<i>D</i> <sub>3d</sub> <sup>3</sup> — <i>P3m</i>	1	88.956	3.94	
Мурунскит K <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> FeS <sub>4</sub>	3.88	13.10	<i>D</i> <sub>2d</sub> <sup>3</sup> — <i>J4m2</i>	1	197.21	3.83	Добровольская и др., 1981 Коваленкер и др., 1976 Johan e. a., 1971
Талкусит Tl <sub>2</sub> Cu <sub>3-x</sub> Fe <sub>1+x</sub> S <sub>4</sub>	3.88	13.25	<i>D</i> <sub>2d</sub> <sup>11</sup> — <i>J42m</i>	1	199.47	6.54	
Буковит Tl <sub>2</sub> Cu <sub>3+x</sub> FeSe <sub>4-x</sub>	3.97	13.70	<i>C</i> <sub>4v</sub> <sup>2</sup> — <i>J4mm</i>	1	215.92	7.40	
			<i>D</i> <sub>4</sub> <sup>9</sup> — <i>J422</i>	1			
			<i>D</i> <sub>4h</sub> <sup>17</sup> — <i>J4mmm</i>	1			

минерала), может быть представлена в виде (Na<sub>1.01</sub>Ca<sub>0.01</sub>)<sub>1.02</sub> (Cu<sub>1.28</sub>Fe<sub>0.44</sub>·Zn<sub>0.22</sub>As<sub>0.01</sub>)<sub>1.95</sub>S<sub>2.03</sub>. Идеализированная формула чвилеваита Na (Cu, Fe, Zn)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>.

Рентгенометрическое исследование чвилеваита выполнено на автоматическом дифрактометре Syntex P1, аналитическом просвечивающем микроскопе JEM-100С и установке УРС-70 (табл. 2). Монокристаллическая съемка показала, что минерал относится к гексагональной сингонии, пространственная группа *P3m*, параметры элементарной ячейки: *a* = 3.873 (1), *c* = 6.848 (4) Å, *c/a* = 1.7681. При *V* = 88.956 Å<sup>3</sup> и *Z* = 1 рентгенометрическая плотность чвилеваита 3.94 г/см<sup>3</sup>.

По химическому составу, физическим свойствам и оптическим характеристикам чвилеваит весьма близок к калийсодержащему сульфиду меди и железа мурунскиту K<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>FeS<sub>4</sub>, изоструктурному с талкуситом Tl<sub>2</sub>Cu<sub>3-x</sub>Fe<sub>1+x</sub>S<sub>4</sub> (Коваленкер и др., 1976) и буковитом Tl<sub>2</sub>Cu<sub>3+x</sub>FeSe<sub>4-x</sub> (Johan e. a., 1971). Однако следует отметить отчетливые различия в структуре этих минералов (табл. 3).

Авторы выражают искреннюю признательность Т. Л. Евстигнеевой, И. В. Петровой, Ю. Г. Коссовцу за помощь в работе.

Шлифы с чвилеваитом переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва).

#### Литература

- Генкин А. Д., Тронева Н. В., Журавлев Н. Н. Первая находка в рудах сульфида калия, железа и меди — джерфшерита. — ГРМ, 1969, № 5, т. 11, с. 57—64.
- Добровольская М. Г., Целин А. И., Евстигнеева Т. Л., Вяльсов Л. Н., Заозерина О. Н. Мурунскит K<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>FeS<sub>4</sub> — новый сульфид калия, меди, железа. — ЗВМО, 1981, вып. 4, с. 468—473.
- Коваленкер В. А., Лапутина И. П., Евстигнеева Т. Л., Изонто В. М. Талкусит Cu<sub>3-x</sub>Tl<sub>2</sub>Fe<sub>1+x</sub>S<sub>4</sub> — новый сульфид таллия из медно-никелевых руд Талнахского месторождения. — ЗВМО, 1976, вып. 2, с. 202—206.
- Соколова М. Н., Добровольская М. Г., Органова Н. И., Казакова М. Е., Дмитрик А. Л. Сульфид калия и железа — новый минерал расвумит. — ЗВМО, 1970, вып. 6, с. 712—720.
- Czarnanske G. K., Leonard V. F., Clark I. R. Erdite, a new hydrated sodium iron sulfide mineral. — Amer. Miner., 1980, vol. 65, N 5—6, p. 509.
- Czarnanske G. K., Erd R. C., Leonard V. F., Clark I. R. Bartonite, a new potassium iron sulfide mineral. — Amer. Miner., 1981, vol. 66, N 3—4, p. 369—375.
- Erd R. C., Czarnanske G. K. Orickite and coyoteite, two new sulfide minerals from Coyote Peak, Humboldt County, California. — Amer. Miner., 1983, vol. 68, N 1—2, p. 245—254.
- Johan Z., Kvacěk M. La bukovite, Cu<sub>3+x</sub>Tl<sub>2</sub>FeSe<sub>4-x</sub>, une nouvelle espèce minérale. — Bull. Soc. Franc. miner. et cristallogr., 1971 (1972), t. 94, № 5—6, p. 529—533.

Всесоюзный научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ), Москва.

Государственный институт цветных металлов (ГИНЦветмет), Москва.

Поступила в редакцию  
1 сентября 1987 г.