

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.3

Д. члены В. И. ПОПОВА, В. О. ПОЛЯКОВ

УЗОНИТ As_4S_5 — НОВЫЙ СУЛЬФИД МЫШЬЯКА С КАМЧАТКИ¹

Новый сульфид мышьяка был обнаружен В. И. Поповой в искусственных шлихах, отобранных в 1980 г. при минералогическом картировании продуктов современных гидротерм на Центральной площадке кальдеры Узон на Камчатке (Попова и др., 1983). Минерал назван узонитом (uzonite, uzonit) по месту находки (Узон).

Узонит встречается в парагенезисе с реальгаром и альфа-сульфидом мышьяка (определены по физическим свойствам, составу и рентгенограммам) и обычно образует с ними сростки, располагаясь в порах и на по-

Таблица 1
Координаты граней кристаллов узонита с Камчатки (обр. У-32⁶)

Символ	Измеренные		Вычисленные		Символ	Измеренные		Вычисленные	
	φ°	ρ°	φ°	ρ°		φ°	ρ°	φ°	ρ°
001*	90.00	10.3	90.00	10.09	011	12	41	11.46	41.87
110*	46.1	90.00	45.95	90.00	021	6	59	5.79	60.48
100	90	90	90.00	90.00	651	-50	81.5	-50.19	81.7
101	-90	35	-90.00	36.13	111			51.03	54.4
012	23	24	22.06	25.36	$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$			-39.72	48.8

Примечание. Грани, отмеченные звездочкой, измерены на ZRG-3, остальные — на столике Федорова.

верхности шлаковых галек в песчано-гравийном и гравийно-галечном слоях туфогенных осадков, обогащенных реальгаром, на глубине 10—40 см от поверхности. Кристаллики узонита достигают размеров 0.2—0.3 мм, редко 0.5 мм, желтого цвета, прозрачны. При полевом определении они вначале были приняты за аурипигмент, но уже первые измерения формы кристаллов с использованием столика Федорова (в качестве гониометра) выявили отличия их от известных ранее сульфидов мышьяка. Из-за малых размеров граней измерение углов между нормальными к граням 5 кристаллов из разных проб проведено на столике Федорова с погрешностью $\pm 1^\circ$, один из кристаллов измерен на оптическом гониометре ZRG-3. Кристаллы призматические по [001], главные формы — m {110}, c {001}, x {101}, второстепенные — a {100}, n {011}, e {021}, z {012}, t {651}. Грани призмы {110} с тонкой диагональной штриховкой [$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$], остальные грани обычно ровные и блестящие. Наиболее типичные кри-

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 1 января 1984 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 27 июля 1984 г.

сталлы показаны на рис. 1. Углы между нормальными к граням (измеренные) следующие:

$$\begin{aligned} (110) \wedge (\bar{1}\bar{1}0) &= 88^\circ & (001) \wedge (012) &= 22^\circ \\ (\bar{1}\bar{1}0) \wedge (\bar{1}01) &= 65^\circ & (001) \wedge (011) &= 40^\circ \\ (\bar{1}\bar{1}0) \wedge (\bar{6}51) &= 10^\circ & (001) \wedge (110) &= 82^\circ \\ (\bar{1}01) \wedge (001) &= 45^\circ & (011) \wedge (021) &= 19^\circ \end{aligned}$$

Координаты граней даны в табл. 1. Геометрические константы узонита: $\beta = 100.3^\circ$; $a : b : c = 0.983 : 1 : 0.855$. Встречаются крестообразные двойники с двойниковой осью $[100]$ и плоскостью срастания, близкой к (011) .

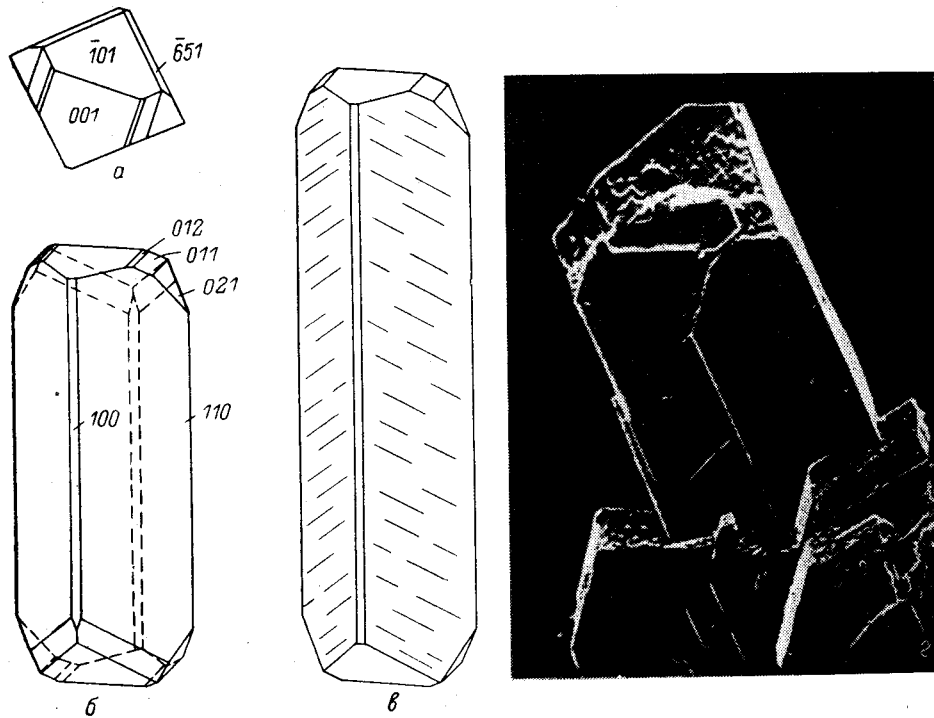


Рис. 1. Кристаллы узонита с Камчатки.

а, б — обр. У-32^б, в, г — обр. К-10, а — вид сверху в ортогональной проекции, б, в — аксонометрические проекции, г — внешний вид (стереоскан JSEM-200, увел. 250).

В разных пробах кристаллы узонита несколько различаются по огранке; в одной из проб удлинено-призматические кристаллы узонита (рис. 1, в) отмечены в сростках с призматическими кристаллами реальгара (рис. 2, а) и субизометричными, несколько уплощенными по $[100]$ кристаллами альфа-сульфида мышьяка (рис. 2, б) с индукционными поверхностями совместного одновременного роста между собой. Такой парагенезис минералов отмечается впервые, причем сростки реальгара с альфа-сульфидом мышьяка особенно интересны, поскольку противоречат представлениям об альфа-сульфиде мышьяка как высокотемпературной модификации реальгара (Clark, 1970; Shu-Cheng, Tibor, 1972).

В сколе блеск узонита перламутровый, чуть жирный, спайность ясная по $\{001\}$, твердость около 1.5 по шкале Мооса, твердость микровдавливания $66-71$ кгс/мм² (определена при нагрузке $P=8$ Г на приборе ПМТ-3, ДВИМС). Плотность, определенная уравниванием кристалликов в водном растворе Клеричи с контролем показателя преломления на рефрактометре ИРФ-22, составила 3.37 ± 0.02 г/см³. В УФ лучах не люминесцирует. Температура плавления 310 ± 5 °С (определена на нагревательном столике с хромель-алюмелевой термопарой).

В закрытой трубке минерал дает возгон с переходом от белого цвета к желтоватому по мере удаления от пробы (испытание с микроколичеством вещества). HCl и HNO₃ не действуют; в 5-молярном растворе КОН становится бурым, распадается в темно-бурый порошок и при кипячении растворяется без остатка.

В проходящем свете светло-желтый, двуосный, положительный, $N'g=2.68$ (1), $N'p=2.38$ (1), $\Delta \approx 0.30$ (в иммерсионных сплавах, белый свет). Расчетные $R'g=20.8\%$, $R'p=16.6\%$ (для белого света). В полированных шлифах в отраженном свете серовато-белый со светло-желтыми

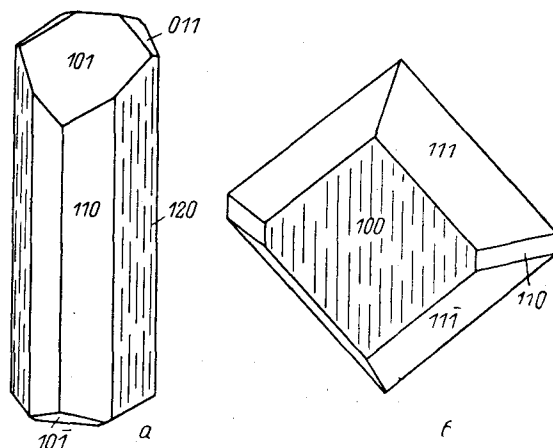


Рис. 2. Кристаллы реалгара (а) и альфа-сульфида мышьяка (б) из сростков с узонитом, изображенным на рис. 1, в.

внутренними рефлексамии. Спектры отражения узонита исследованы В. Е. Клейнбоком на микроскопе-спектрофотометре МСФП-2 (ЛОМО) при непрерывной записи спектра в автоматическом режиме в диапазоне $\lambda=400-700$ нм и фотометрируемой площади $d=30$ мкм (эталон — металлический кремний). Для $\lambda=550$ нм $R'_1=20.0\%$, $R'_2=19.4\%$. Дисперсия отражения узонита приведена в табл. 2 и на рис. 3.

Таблица 2

Дисперсия отражения (%) узонита

λ , нм	Обр. К-10		λ , нм	Обр. К-10	
	R'_1	R'_2		R'_1	R'_2
400	20.1	18.8	575	19.9	19.4
425	20.0	18.8	600	19.7	19.3
450	19.9	18.7	625	19.4	19.2
475	19.7	18.3	650	19.3	19.1
500	19.2	18.1	675	19.2	19.0
525	19.8	19.0	700	19.0	18.8
550	20.0	19.4			

Химический состав узонита изучен на микронзонде MS-46 фирмы «Самеса» ($U=20$ кВ, $J=40$ нА, диаметр зонда 10 мкм, аналитические линии $S_{K\alpha}$ и $As_{L\alpha}$, эталон — реалгар, аналитик С. Е. Борисовский, ИГЕМ АН СССР). Из-за летучести S и As образцы в процессе анализа перемещались по площади около 100 мкм² при размере зерен до 200×200 мкм². В разных зернах обр. К-10 определены (мас.%, среднее из 5 определений):

	As	S	Сумма
	64.95	33.63	98.58
	64.71	33.99	98.70
	64.30	34.66	98.96
Среднее	64.65	34.09	98.74

В Уралмеханобре также на MS-46 «Самеса» в этой пробе определено 63.00 мас.% As (аналитик Б. Ф. Рыбалко, эталон — арсенипирит).

Пересчеты выполнены по программе типа ZAF с учетом поправок на атомный номер, поглощение и флуоресценцию и массовыми коэффициентами ослабления К. Хейнриха. Лазерным микроанализом примеси не обнару-

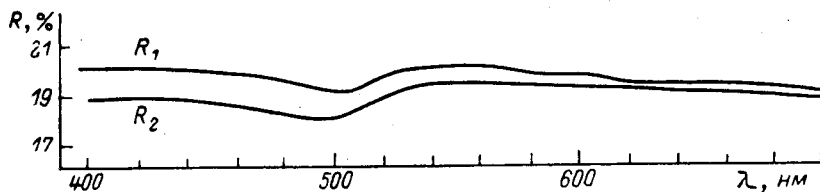


Рис. 3. Кривые дисперсии отражения узонита.

жены (ЛМА-1, аналитик В. О. Поляков, Ильменский заповедник). Эмпирическая формула, рассчитанная на $As+S=9$, $As_{4.03}S_{4.97}$. Идеальная формула As_4S_5 . Теоретический состав $As\ 65.15, S\ 34.85$.

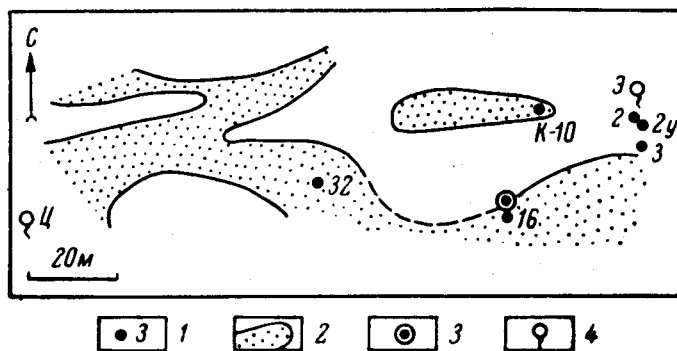


Рис. 4. Схема расположения точек отбора (1) изученных образцов узонита. 2 — контуры площадного развития реальгара, 3 — скважина, 4 — термальные источники (Ц — Центральный, Э — экспериментальный). Цифры — номера образцов.

Рентгенометрически изучены 6 образцов узонита, точки отбора которых показаны на рис. 4. Кристалл обр. У-32^б с внешней симметрией $2/m$ был отъюстирован на оптическом гониометре ZRG-3 по наиболее развитой зоне граней призмы. Ось вращения кристалла, параллельная направлению его удлинения, выбрана за $[001]$. В камере РКВ-86 с отъюстированного кристалла получена рентгенограмма вращения и определен период идентичности по направлению $[001]$, равный $7.10\ \text{\AA}$. Затем в камере КФОР-4 сняты развертки 0, 1, 2-й слоев линий. Пространственная группа

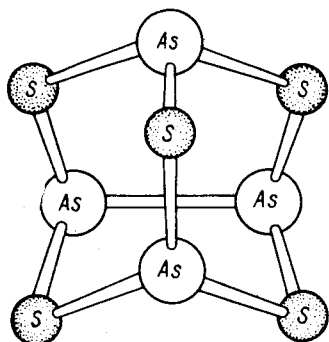


Рис. 5. Схема строения молекулы As_4S_6 (Structure Reports for 1973, fig. 2).

Рис. 5. Схема строения молекулы As_4S_6 (Structure Reports for 1973, fig. 2).

узонита $P2_1/m$ установлена с учетом симметричных погасаний рефлексов и гониометрических данных. Величины межплоскостных расстояний рефлексов, проиндцированных на кфорограммах, определены по рентгенограмме вращения; по этим данным получены $a_0=7.94\ (2)$, $b_0=8.08\ (2)$, $c_0=7.10\ (2)\ \text{\AA}$, $\beta=100.1\ (1)^\circ$. С учетом интенсивности отражений, наблюдаемых на кфорограммах и рентгенограмме вращения, проиндцирована порошкограмма минерала; ряд индексов рассчитан (табл. 3). Параметры элементарной ячейки, уточненные по отражениям (040) и

($\bar{4}22$) порошкограммы: $a_0=7.98$ (1), $b_0=8.10$ (1), $c_0=7.09$ (1) Å, $\beta=100.14$ (3)° $a_0 : b_0 : c_0=0.9852 : 1 : 0.8753$, $V=451.13$ Å³, $Z=2$, $\rho_{\text{расч}}=3.385$ г/см³.

Отметим, что геометрические константы близки рентгенометрическим.

Синтетический As₄S₅ (Structure Reports, 1973) также моноклинный $P2_1/m$, $a_0=7.98$, $b_0=8.10$, $c_0=7.14$ Å, $\beta=101.0^\circ$, $Z=2$, $\rho_{\text{расч}}=3.37$ г/см³.

Т а б л и ц а 3

Результаты расчета дебаеграммы (обр. К-10)

<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}	<i>d</i> _{расч.}	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> _{изм.}	<i>d</i> _{расч.}	<i>hkl</i>
2	6.99	6.98	001*	2	2.954		
3	6.42			8	2.905	2.872	$\bar{2}02^*$
10	5.81	5.745	$\bar{1}01^*$	6	2.820	2.820	220*
2	5.69	5.640	110*	5	2.745	2.737	221*
6	5.31	5.290	011*	4	2.619	2.607	301*
1	4.82	4.814	101*	2	2.499	2.506	221
2	3.96	4.050	020*	2	2.412	2.410	122
2	3.75	3.714	$\bar{2}01^*$	1	2.344	2.345	103
8	3.602	3.601	120*	2	2.203	2.198	320
2	3.521	3.503	021	4	2.128	2.131	103
2	3.233			5	2.026	2.026	040*
4	3.207	3.206	012*	2	1.8818	1.863	203
4	3.181	3.152	$\bar{1}12^*$	2	1.7554	1.7510	042
6	3.100	3.100	121*	5	1.6879	1.6879	$\bar{4}22^*$
4	3.000	3.000	102*	2	1.6331		

Примечание. Условия съемки: УРГ-2.0 РКУ-114 мм. $U=25$ кВ, $J=14$ мА, $t=6$ ч, FeK_α, β излучение, шарик $d=0,25$ мм, внутренний экран — германий; аналитики А. Ф. Бушмакин (Свердловский горный институт), В. О. Подъяков и В. И. Попова (Ильменский заповедник). Отражения, отмеченные звездочкой, наблюдались на рентгенограммах монокристалла.

Строение молекулы искусственного As₄S₅, рассчитанное по рентгенограммам вращения (метод Вайссенберга), следующее (Structure Reports for 1973): расстояния As—As 2.55 Å, As—S 2.24 Å, угловые величины As—S—As 111°, S—As—S 102°, As—As—S 101° (рис. 5).

Узонит отличается от внешне похожих на него по цвету аурипигмента и парареальгара, кристаллографически (формой кристаллов, пространственной группой, углом β, параметрами элементарной ячейки), а также составом и меньшей плотностью. Природные аналоги узонита пока неизвестны.

Эталонные образцы узонита хранятся в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана АН СССР (Москва) и в лаборатории минералогии Ильменского заповедника (г. Миасс).

Литература

- Попова В. И., Попов В. А., Карпов Г. А. Распределение сульфидов мышьяка, сурьмы и железа на Центральной площадке кальдеры Узон. — В сб.: Минералогическое картирование рудных полей и месторождений: Тез. докл. III Всесоюз. минерал. семинара. Свердловск — Миасс, 1983, с. 94—95.
- Clark A. H. Alpha-arsenic sulfide from Mina Alacran, Pampa Larga, Chile. — Amer. miner., 1970, vol. 55, N 7—8, p. 1338—1344.
- Shu-Cheng Ju., Tibor Zoltai. Crystallography of a high-temperature phase of realgar. — Amer. miner., 1972, vol. 57, N 11—12, p. 1873—1876.
- Structure Reports for 1973, vol. 39A, p. 18—19.

Ильменский заповедник УНЦ АН СССР.