

УДК 549.1 (571.56)

Д. члены Л. В. РАЗИН, Н. С. РУДАШЕВСКИЙ, Г. А. СИДОРЕНКО

ТОЛОВКИТ IrSbS — НОВЫЙ СУЛЬФОАНТИМОНИД ИРИДИЯ
С СЕВЕРО-ВОСТОКА СССР¹

Новый минерал обнаружен в процессе изучения аллювиальных отложений бассейна речки Толовки на Северо-Востоке СССР. Микроскопические (в несколько десятков микрон) выделения нового минерала встречены в матрице из сростков осмирида с иридоксином (рис. 1, 2). Эти сростки были извлечены из высокообогащенного концентрата самородного золота. По внешнему облику данные сростки были угловатыми и неокатанными зернами величиной в 0.5—1 мм. Серый цвет в отраженном свете, оптическая изотропность, средняя отражательная способность полированной поверхности и высокий относительный рельеф делали новый минерал похожим на лаурит, с которым он ассоциирует в одном из сростков (рис. 2). Электронное зондирование выявило своеобразие состава нового минерала: главенствующую роль в нем иридия, сурьмы и серы с атомными соотношениями $\text{Ir} : \text{Sb} : \text{S} = 1 : 1 : 1$ и формулой соответственно IrSbS (табл. 1). Расчет дебаеграммы показал, что минерал кубической сингонии, с примитивной кристаллической решеткой (табл. 3).²

Т а б л и ц а 1

Химический состав толовкита

Элементы	Обр. 19/37		Обр. 26/22		Среднее	
	мас.%	ат.%	мас.%	ат.%	мас.%	ат.%
Ir	55.60	33.3	55.00	33.0	55.30	33.1
Pt	0.25	0.2	0.69	0.4	0.47	0.3
Os	0.12	0.1	0.49	0.3	0.31	0.2
Ni	0.06	0.2	0.06	0.2	0.06	0.2
Sb	35.00	33.1	34.70	32.9	34.85	33.1
S	9.22	33.1	9.20	33.2	9.21	33.1
Сумма	100.25	100.0	100.14	100.0	100.20	100.0

Кристаллохимическая формула

Обр. 19/37 — $(\text{Ir}_{0.999}\text{Pt}_{0.006}\text{Ni}_{0.006}\text{Os}_{0.003})_{1.014}\text{Sb}_{0.993}\text{S}_{0.993}$ Обр. 26/22 — $(\text{Ir}_{0.990}\text{Pt}_{0.012}\text{Os}_{0.009}\text{Ni}_{0.006})_{1.017}\text{Sb}_{0.987}\text{S}_{0.996}$ Среднее — $(\text{Ir}_{0.993}\text{Pt}_{0.009}\text{Os}_{0.006}\text{Ni}_{0.006})_{1.014}\text{Sb}_{0.993}\text{S}_{0.993}$

Примечание. Здесь и в табл. 2 условия анализов: микроанализатор MS-46 «Камера» (микровзвешивательная лаборатория ВСЕГЕИ), ускоряющее напряжение 20 кВ, ток образца 20—40 нА, экспозиция 40—50 с, диаметр вонда 2—3 мкм, эталоны — чистые металлы и на серу — троилит; аналитические линии для Fe, Ni, Co, Cu и S — K_{α} , для Pd — L_{β} , для Ir, Pt, Os, Ru, Rh и Sb — L_{α} ; при определении Cu вводилась поправка на наложение излучения Ir, Rh — излучения Ru (по эталонам). Концентрация элементов рассчитывалась на ЭВМ М-222 с введением поправок на поглощение, атомный номер и флуоресценцию методом последовательных приближений по оригинальной программе типа ZAF с массовыми коэффициентами ослабления по К. Ф. Хейнриху.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 20 мая 1980 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 24 сентября 1980 г.

² Упоминание о находке неназванной минеральной фазы IrSbS в Pt-Au россыпях р. Туламин (Британская Колумбия, Канада) имеется в работе Д. Райчевича и Л. Кабри (Raicevic, Sabri, 1976). Однако никаких сведений об этой фазе, кроме формулы, не приводится.

По месту находки (речка Толовка) новый минерал назван толовкитом (tolovkite).

Условия нахождения. Толовкит встречается в единичных сростках платиновометалльных минералов, которые происходят из четвертичных отложений — аллювия долинного типа. Эти отложения залегают на слабо метаморфизованных прибрежно-морских древних (олигоцен-миоценовых) конгломератах с обломками серпентинитов и расположены в непосредственном соседстве с коренными выходами дунитов, гарцбургитов, лерцолитов, серпентинитов Усть-Бельского (альпийского среднепалеозойского) гипербазит-габбрового массива. Сам массив является элементом одного из офиолитовых поясов Анадырско-Корякской складчатой системы во внутренней зоне азиатского сегмента Тихоокеанского мобильного пояса.

Выделения толовкита представлены аллотриоморфными образованиями размером 18×27 мкм и агрегатами скелетных изометричных кристаллических зерен с прямолинейными угловатыми, иногда прямоугольными, очертаниями. Общие размеры агрегата зерен толовкита достигают 50×72 мкм. Отдельные зерна агрегата имеют в поперечнике от 8—9 до 12—14 мкм. С поверхности зерна корродированы (кавернозные).

Аллотриоморфные микровыделения толовкита наблюдались по краю двухфазного сростка осмирида с иридоосмином (рис. 1; табл. 2, ан. 8 и 7). Эти выделения находятся в сростании с обоими данными минералами группы осмистого иридия. По границе толовкита с осмиридом располагается тончайшая (в единицы микрон) реакционная каемка из сноповидного агрегата удлиненно-пластинчатых микрокристаллов иридоосмина II (рис. 1; табл. 2, ан. 9).

Агрегат кристаллических микрозерен толовкита обнаружен в миаролитовой микропустотке, заключенной в матрице из осмиридия, сростающегося с иридоосмином I (рис. 2; табл. 2, ан. 1 и 2). Микрозерна толовкита сосредоточены в осмириде. На участке, прилегающем к иридоосмину I,

Таблица 2

Химический состав (мас.%) минералов, находящихся в сростках с толовкитом

Анализ	Ir	Os	Pt	Ru	Rh	Pd	Ni	Fe	Cu	Co	S	Сумма
1	69.40	28.90	0.23	0.73	0.16	0.21	0.16	0.58	Не обн.	Не обн.	Не обн.	100.07
2	41.50	56.30	0.12	1.27	0.04	0.15	0.06	0.50	»	»	»	99.94
3	45.30	49.90	Не обн.	0.73	Не обн.	0.26	0.15	1.31	»	»	»	97.65
4	5.62	14.60	»	45.00	»	0.20	0.03	0.05	»	»	34.70	100.20
5	1.95	0.50	»	0.52	0.22	Не обн.	41.70	20.30	0.19	0.30	31.40	98.78
6	0.34	Не обн.	0.20	Не обн.	Не обн.	0.05	70.50	0.08	0.27	0.01	25.70	97.15
7	41.00	54.30	0.62	2.26	0.04	0.11	0.02	0.35	Не обн.	Не обн.	Не обн.	98.70
8	64.50	31.60	2.68	0.37	0.30	0.28	0.22	0.11	»	»	»	100.06
9	38.40	62.10	0.69	0.11	Не обн.	Не обн.	Не обн.	0.06	»	»	»	100.36

Примечание. Ни в одной из фаз не установлена сурьма. Ан. 1—6 — обр. 19/37, ан. 7—9 — обр. 26/22.

пустотка заполнена силикатом. Весь агрегат толовкита обрамлен реакционной каймой иридомина II в виде игловидных зубчатых агрегатов тонких удлиненных кристалликов и тонкой ленточной каймы (табл. 2, ан. 3). Для состава этого реакционного образования, как и в первом описанном случае, показательно сходство уровня накопления примесного рутения с содержанием данного платиноида, типоморфного для группы осмистого иридия, в матричном осмириде (ср. в табл. 2 ан. 1 и 3 с ан. 8 и 9).



Рис. 1. Толовкит (1) в сростке с осмиридом (2) и иридомином I (3). Цементный полированный шлиф 26/22, запрессовано в стирокриле (черное). Увел. 108.

Сноповидные агрегаты удлиненных пластинчатых микрокристаллов иридомина II (3a) в реакционной кайме по контакту толовкита с осмиридом.

В ассоциации с агрегатом зерен толовкита, но не в прямом срастании с ним, находятся также включения осмиевого лаурита, никелевого пентландита и хизлевудита (табл. 2, ан. 4—6).

Из описанных соотношений следует, что толовкит является пневматолитовым образованием в матрице из осмирида. За счет осмирида, вероятно, происходит иридий в новом минерале. Его сера с сурьмой, по всей видимости, извлечены из летучих соединений, концентрировавшихся в миаролитовых пустотках.

Физические свойства. Частицы толовкита, извлеченные с помощью ПМТ-3 из цементных полированных шлифов и наблюдавшиеся

под бинокулярной лупой, непрозрачны, имеют стально-серый цвет и металлический блеск, с раковистым изломом, немагнитные.

Твердость толовкита высокая, больше, чем у сперрилита и ирарсита, но ниже в сравнении с лауритом. Измерениями на ПМТ-3, тарированном по

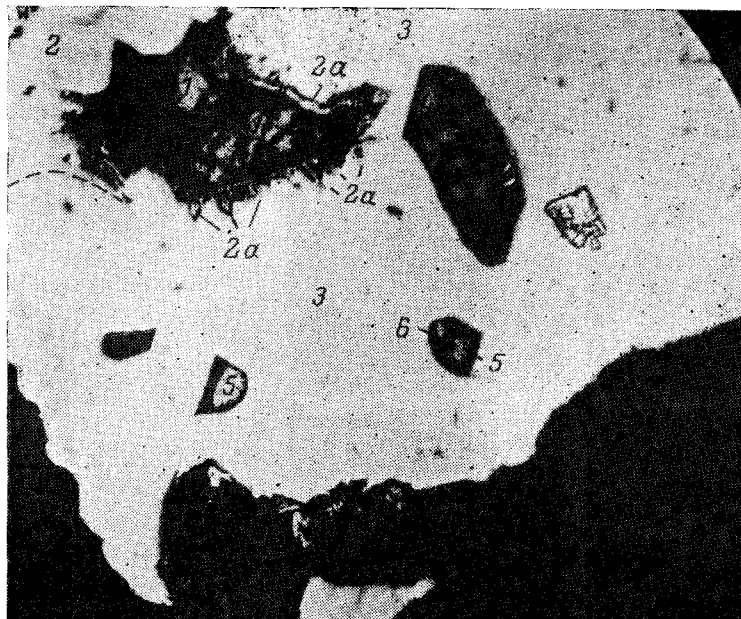


Рис. 2. Агрегат кристаллических микрочастиц толовкита (1) с реакционной каймой иридосмина II (2^a) находится в миаролитовой пустотке, которая заключена в осмириде (3), срастающемся с иридосмином I (2). Цементный полированный шлиф 19/37, запрессовано в стирокриле (черное). Увел. 250.

В осмириде также заключены агрегат зерен осмиевого лаурита (4) и никелевый пентландит (5) в виде мономинеральных выделений и в сростании с хизлеудитом (6). Миаролитовая пустотка в осмириде заполнена силикатом (черное).

NaCl при $P=5$ гс $H=21$ кгс/мм², установлена твердость микровдавливания толовкита $H=1431-1703$ кгс/мм². $H_{ср}=1522$ кгс/мм² получена по 5 отпечаткам на 3 зернах обр. 19/37 с нагрузкой 10 гс. То есть это — минерал очень твердый. В пересчете на 15-балльную шкалу М. М. Хрущева по формуле $H_0=0.675^3 H$ твердость толовкита варьирует от 7.6 до 8.1 при

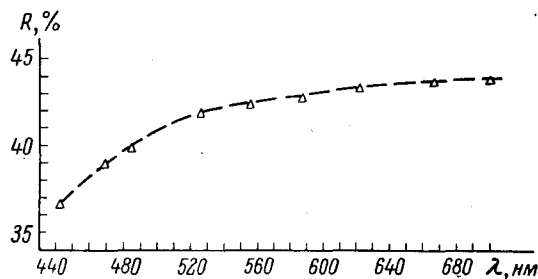


Рис. 3. Спектр отражения толовкита.

среднем 7.8. Отпечаток от микровдавливания на полированной поверхности толовкита получается квадратной формы. Первые трещины вокруг такого отпечатка отмечены при $P=10$ гс, что характеризует толовкит как весьма хрупкий минерал. Эти трещины вертикальные (глубокие), идущие от вершины отпечатка. Полируемость толовкита средняя.

Оптические свойства. Под микроскопом в отраженном свете на воздухе цвет толовкита серый. Рядом с лауритом заметно, что он

чуть светлее дисульфида рутения, но в отличие от лаурита с очень слабым светло-коричневатым оттенком. Двухотражение у толовкита отсутствует. По оптическим свойствам он изотропен. Замерами Н. И. Зенкиной (ВИМС) на обр. 19/37 с использованием фотометрической насадки ФМП-1 подтверждается оптическая изотропность толовкита. Отражательная способность у него средняя ($R, \%$): 36.7, 39.0, 39.9, 42.0, 42.5, 42.9, 43.5, 43.8 и 44.0 соответственно при длинах волн (нм) 442, 468, 484, 525, 554, 586, 624, 666 и 699. Характер изменения дисперсии отражательной способности то-

ловкита аномальный (рис. 3), т. е. противоположный свойственному лауриту.

Х и м и ч е с к и й с о с т а в. Сканированием в характеристических рентгеновских лучах установлена гомогенность толовкита по Sb, S и Ir (рис. 4). Приведенные в табл. 1 результаты являются среднеарифметиче-

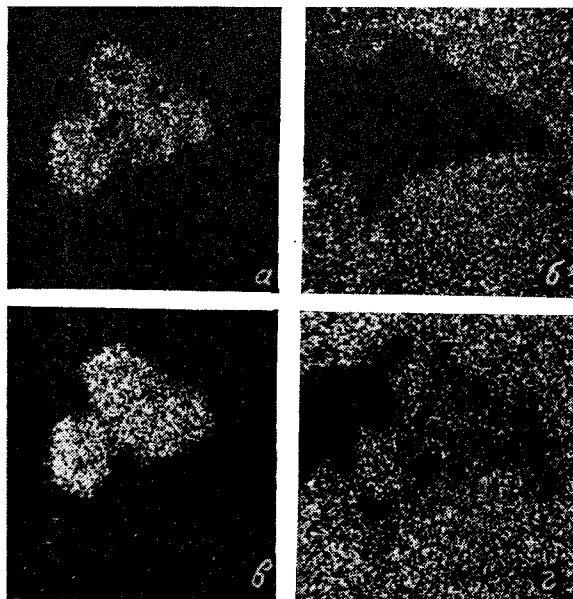


Рис. 4. Картины сканирования в характеристических рентгеновских лучах сурьмы (а), осмия (б), серы (в) и иридия (г) по агрегату кристаллических микрозерен толовкита, заключенных в матрице из осмирида. 140×140 мкм. Обр. 19/37.

скими по четырем анализам 4 зерен агрегата в обр. 19/37 и по двум анализам 2 участков аллотриоморфного выделения толовкита в обр. 26/22. В обоих случаях итоговые данные по минералообразующим элементам (Ir, Sb, S) весьма близки, несколько варьируют лишь концентрации примесных элементов платины и осмия.

Р е н т г е н о м е т р и ч е с к о е и с с л е д о в а н и е. Дебаеграммы толовкита получены в лаборатории кристаллохимии ВИМСа методом резинового шарика. В этот шарик М. Г. Сокова закатывала порошок нового минерала после прицельного их извлечения с помощью ПМТ-3 из гомогенных мономинеральных выделений, заключенных в цементных полированных шлифах. В результате съемки получены четкие дебаеграммы высокого качества с ясно разрешимыми рефлексами. Порошкограммы толовкита по дифракционному рисунку имеют сходство с дебаеграммами ирарсита, холлингвортита, платарсита, ульманита, но особенно они близки с рентгенограммами сперрилита (табл. 3).

Дебаеграмма толовкита индицируется в кубической сингонии. Обращает на себя внимание тот факт, что часть слабых отражений этой дебаеграммы (310, 410, 411) имеет аналогов только на рентгенограмме ульманита (табл. 3). Параметр элементарной ячейки толовкита рассчитан по трем самым четким и интенсивным отражениям на больших углах θ с индексами 600, 531 и 440, $a_0 = 6.027 \pm 0.003 \text{ \AA}$, $V_0 = 218.92 \text{ \AA}^3$. С учетом отмеченного структурного сходства со сперрилитом и другими структурными аналогами можно утверждать, что толовкит обладает структурой типа пирита (C2). Однако отмеченные выше слабые рефлексы позволяют считать его структурным аналогом ульманита, а пространственную группу $T^4 - P2_13$, число формульных единиц на элементарную ячейку $Z=4$, $\rho_{\text{теор}} = 10.50 \text{ г/см}^3$.

Т а б л и ц а 3

Сравнение результатов рентгенограмм толовкита, сперрилита и ульманита

Толовкит			Сперрилит		Ульманит		hkl
I	$d_{изм}$	$d_{расч}$	I	d	I	d	
					5	4.15	110
6	3.49	3.48	6	3.38	1	3.40	111
9	2.99	3.01	8	2.94	5	2.94	200
6	2.69	2.69	6	2.64	10	2.64	210
6	2.47	2.46	6	2.41	8	2.41	211
8	2.126	2.131	8	2.10	3	2.08	220
3	1.998	2.009	—	—	3	1.98	221
1	1.909	1.905	—	—	3	1.87	310
10	1.813	1.817	10	1.788	8	1.78	311
2	1.732	1.740	4	1.720	1	1.701	222
3	1.664	1.671	4	1.650	5	1.640	320
3	1.613	1.610	6	1.590	3	1.580	321
					1	1.475	400
1	1.448	1.462	—	—	2	1.430	410, 322
1	1.420	1.420	—	—	2	1.390	411, 330
4	1.380	1.383	6	1.370			331
6	1.349	1.348	8	1.330	1	1.315	420
2	1.318	1.315	4	1.300	3	1.290	421
3	1.283	1.284	3	1.272	2	1.260	332
7	1.233	1.230	9	1.220			422
					2	1.159	430
2	1.182	1.182					440
9	1.146	1.160	10	1.144	2	1.135	511, 333
6	1.118	1.119	6	1.105	3	1.098	520, 432
			6	1.088	2	1.080	521
9	1.065	1.065	9	1.050	3	1.045	440
					1	1.015	530, 433
6	1.019	1.019	7	1.005	—	—	531
8	1.005	1.005	3	0.990	1	0.988	600, 442

П а р а м е т р э л е м е н т а р н о й я ч е й к и (a_0 , Å)

6.027±0.003

5.950±0.003

5.920±0.003

Примечание. Данные для сперрилита и ульманита приведены по Дж. Харкорту (Harcourt, 1942) с индексированием В. И. Михеева (1957). Условия съемки для толовкита: РКД-57.3, $FeK_{\alpha, \beta}$ излучение, 35 кВ, 10 мА, аналитик Н. И. Чернова (ВИМС).

Примечательно структурное родство толовкита с кубическими $PtSb_2$ и $PdSb_2$ (Хансен, Андерко, 1962), а не с $IrSb_2$, обладающим моноклинной структурой типа арсенипирита (Вол, Каган, 1976), и изоструктурность с ульманитом $NiSbS$. Ульманит хотя и имеет структуру пирита, но обладает пониженной симметрией (T^4-P2_13) благодаря смещению катиона из позиций Fe в структуре пирита как следствие замещения одного из двояных атомов серы в структуре пирита на сурьму и асимметрии Sb-S-гантели (Брэгг, Кларингбулл, 1967). Исходя из этого формула толовкита подобно ульманиту — $IrSbS$. Продолжая эту аналогию, можно полагать, что черты сходства толовкита и ульманита, обнаруживаемые на их рассчитанных дебаеграммах (табл. 3), также отражают некоторое снижение симметрии в структуре толовкита по сравнению со структурным типом пирита. Иридий в этой структуре, очевидно, занимает положение никеля ульманита или железа пирита, т. е., как и ульманит, новый минерал является сульфоантимонидом.

Сравнительно уменьшенный параметр элементарной ячейки толовкита ($a_0=6.027$ Å) против параметров его структурных аналогов $PtSb_2$ ($a_0=6.441$) и $PdSb_2$ ($a_0=6.451$) можно объяснить замещением части более круп-

ных атомов сурьмы ($r=1.44$) меньшими по размеру атомами серы ($r=1.04$), при условии близости атомных радиусов иридия ($r=1.35$), платины ($r=1.38$) и палладия ($r=1.37$).

Авторы весьма признательны А. А. Смыслову и В. В. Павшукову за содействие в проведении электронно-зондовых исследований во ВСЕГЕИ и Н. И. Зенкиной, Н. И. Черновой и М. Г. Соковой за помощь в изучении физических свойств толовкита в ВИМСе.

Полированный шлиф 19/37 с толовкитом передан в Горный музей Ленинградского горного института.

Литература

- Б р э г г У., К л а р и н г б у л л Г. (1967). Кристаллическая структура минералов. «Мир».
- В о л А. Е., К а г а н И. К. (1976). Строение и свойства двойных металлических систем. Т. III. «Наука».
- М и х е е в В. И. (1957). Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат.
- Х а н с е н М., А н д е р к о К. (1962). Структуры двойных сплавов. Т. II. Металлургиядат.
- Н а г с о u r t G. A. (1942). Tables for the identification of ore-minerals by X-ray powder patterns. Amer. Miner., v. 27, N 2.
- R a i s e v i c D., S a b r i L. J. (1976). Mineralogy and concentration of Au- and Pt-bearing placers from the Tulameen river area in British Columbia. Canad. Miner. and Metal. Bull., v. 69, N 770.

Северо-Восточный комплексный
научно-исследовательский институт (СВКНИИ)
Дальневосточного научного центра АН СССР,
г. Магадан.

УДК 549.35

Д. чл. Ю. С. БОРОДАЕВ, д. чл. Н. Н. МОЗГОВА, Н. А. ОЗЕРОВА,
д. чл. Н. С. БОРТНИКОВ, П. ОЙВАНЕН, В. ИЛЕТУЙНЕН

ПЯККЕНЕНИТ — Sb_2AsS_2 — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ РУДНОГО РАЙОНА СЕЙНЯЙОКИ В ФИНЛЯНДИИ¹

В сурьмяных рудах месторождения Каллиосало (рудный район Сейняйоки в Финляндии) открыт новый минерал, состав которого выражается формулой Sb_2AsS_2 . Минерал назван пяккёненитом (pääkköneniite) в память о недавно умершем финском геологе Вейкко Пяккёнене, внесшем большой вклад в изучение месторождений этого района. Ранее соединение такого состава было установлено при экспериментальном исследовании систем $Sb-As-S$ (Craig и др., 1974) и $Cu-Sb-As-S$ (Luce и др., 1977).

Х а р а к т е р в ы д е л е н и й, а с с о ц и а ц и я и ф и з и ч е с к и е с в о й с т в а. Пяккёненит в рудах Сейняйоки представлен мелкими пластинчатыми (рис. 1, а), округлыми изометричными и неправильной формы (рис. 1, б) зёрнами размером до 0.4 мм, заключёнными в выделениях самородной сурьмы. Здесь же в непосредственном контакте с пяккёненитом нередко отмечаются более мелкие идиоморфные кристаллы

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 14 июля 1980 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 29 октября 1980 г.