

Д. чл. *Н. С. РУДАШЕВСКИЙ*, *В. Н. МАКАРОВ*, *Э. М. МЕДВЕДЕВА*,
В. В. БАЛЛАХ, *Ю. И. ПЕРМЯКОВ*, д. чл. *Г. А. МИТЕНКОВ*,
 д. чл. *А. М. КАРПЕНКОВ*, *И. А. БУДЬКО* и д. чл. *Н. Н. ШИШКИН*

УРВАНЦЕВИТ $Pd (Bi, Pb)_2$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ В СИСТЕМЕ $Pd-Bi-Pb$ ¹

Плюмбовисмутид палладия, по химическому составу близкий к Pd_2PbBi_3 , не имеющий структурных аналогов среди известных соединений, обнаружен в массивных медно-никелевых сульфидных рудах Талнахского месторождения. Минералу дано название урванцевит (*urvantsevite*) в честь Николая Николаевича Урванцева — профессора, известного полярного исследователя, первооткрывателя Норильского месторождения.

Урванцевит установлен в массивных пентландито-кубанито-халькопиритовых рудах, резко обогащенных минералами свинца (главным образом — галенитом, в меньшей мере — алтаитом и шадлунитом), а также платиноидами. Эти уникальные по минеральному составу руды (участок длиной несколько метров и шириной до 2 м) обнаружены в кровле зональной сульфидной залежи поля рудника «Маяк» на контакте залежи с такситовыми габбро-долеритами. Описание залежи приведено в ряде работ (Ершов, 1964; Суханова, 1964; Додин и др., 1971; Изоитко, Сухов, 1971; Кавардин, Митенков, 1971). Галенит в этих рудах (в отдельных участках до 50% объема) образует субграфические сростания с халькопиритом. Участки, обогащенные галенитом и платиноидами, распределены неравномерно, контакты их с пентландито-кубанито-халькопиритовой рудой, не содержащей галенита, резкие, извилистые. Тонкие прожилки галенита (< 0.1 мм) пересекают зерна кубанита, пентландита, магнетита и халькопирита. Все сульфиды и платиноиды рассекаются многочисленными прожилками (< 0.5 мм) нерудных минералов.

Урванцевит входит в состав сложных полиминеральных сростаний, состоящих из нескольких платиновых минералов, окаймленных обычно галенитом, алтаитом и самородным серебром. Форма таких сростаний неправильная, размер достигает 4 мм. Центральным в скоплениях минералов платиновых металлов обычно является крупное (десятые доли — 2 мм) зерно минерала состава $(Pd, Pt, Cu)_3Sn$. Оно окаймляется последовательно сростаниями фрудита и урванцевита, недостаточно хорошо изученными минералами стехиометрии $PdBi$ (с переменными количествами примесей Te, Pb, Ni, Cu и Sb — соболевскит?), затем паоловитом, самородным серебром и внешней каймой сростающихся алтаита и галенита. Урванцевит образует зерна неправильной, изометрической округлой или вытянутой в одном направлении формы размером от 0.01 до 0.4 мм, сростающиеся с фрудитом или $PdBi$. Иногда урванцевит содержит включения этих минералов (рис. 1).

Физические свойства. Урванцевит полируется хорошо. При плохой полировке зерна минералов покрываются многочисленными царапинами, прерывающимися во фрудите и в $PdBi$. Минерал имеет весьма совершенную спайность в одном направлении, выраженную лучше, чем у фрудита, трещины спайности обычно видны под микроскопом в отраженном свете и особенно отчетливо проявляются при исследовании твердости методом микровдавливания (рис. 1). Урванцевит — очень мягкий минерал, значительно мягче (в несколько раз), чем фрудит (табл. 1; рис. 1). Следует

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 19 февраля 1976 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 14 июля 1976 г.

отметить, что эта константа нашего минерала имеет минимальное значение из всех известных для минералов платиновых металлов. По величине твердости к нему близка лишь недостаточно изученная фаза состава $\text{Pd}_3\text{Pb}_3\text{V}_i$, $H=47-68$ кг/мм² при нагрузке 10 Г (Юшко-Захарова и др., 1970).

Под микроскопом в отраженном свете урванцевит серовато-белый, по сравнению с фрудитом обычно более темный, в сростаниях с PdV_i заметен зеленовато-желтый оттенок. Урванцевит обладает слабым двуотражением: в одном положении угасания он почти неотличим от фрудита, в перпендикулярном — заметно темнее этого минерала. Урванцевит в скрепленных николях, как и фрудит, слабо анизотропен, цветные эффекты анизотропии отсутствуют.

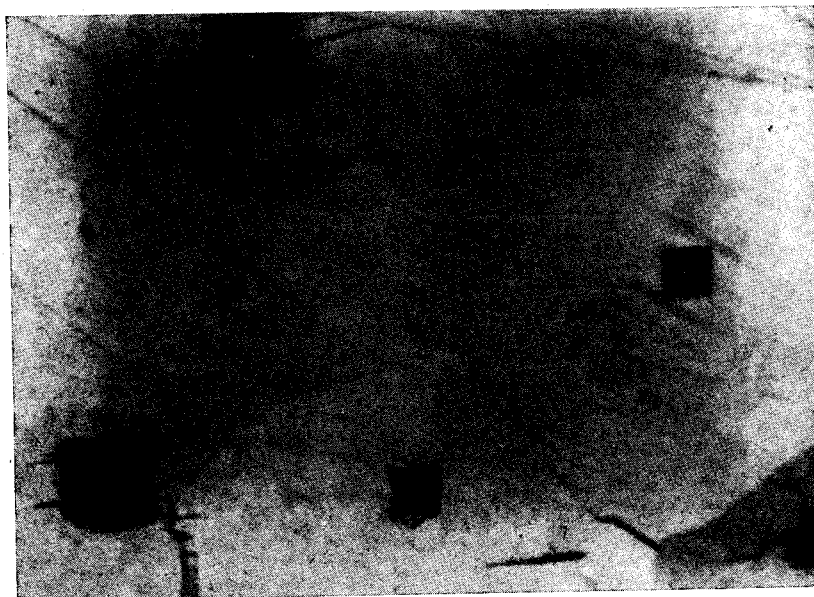


Рис. 1. Сростания урванцевита (серый) и фрудита (светло-серый). Полир. шлиф, увел. 210. Отчетливо видно, что отпечатки алмазной пирамиды, полученные при одной и той же нагрузке, на урванцевите значительно крупнее, чем на фрудите; по краям отпечатков на зернах урванцевита проявлены трещинки, обусловленные весьма совершенной спайностью минерала.

Отражение нового минерала и фрудита, находящихся в сростании друг с другом, изучено на двухлучевом микроскопе-фотометре (ЛОМО). Данные, приведенные в табл. 1, показывают, что для урванцевита характерна перекрещивающаяся дисперсия отражения, один показатель отражения близок к фрудитовому, второй — заметно ниже, что находится в соответствии с оптическими эффектами, наблюдаемыми под микроскопом в сростаниях этих двух минералов.

Д и а г н о с т и ч е с к о е т р а в л е н и е. При воздействии HNO_3 (1 : 1) на урванцевит и фрудит урванцевит приобретает интенсивную темную окраску, фрудит же становится серовато-бурым. Воздействие концентрированной HNO_3 более сильное: урванцевит чернеет, фрудит обнаруживает (при общем темно-сером цвете) паркетовидное, мозаичное строение. От 10% FeCl_3 оба минерала мгновенно чернеют, смесь 10% $\text{KCN} + 5\%$ NaOH на фрудит не действует, урванцевит слегка буреет.

Х и м и ч е с к и й с о с т а в м и н е р а л о в о п р е д е л е н на микрозонде MS-46 (фирмы «Камек»). Концентрационные кривые и картины сканирования в характеристических рентгеновых лучах (рис. 2) фиксируют равномерное распределение минералообразующих элементов (висмута, палладия и свинца) в зернах урванцевита (максимумы свинца), находящегося

Таблица 1

Отражение и твердость урванцевита и фрудита

Минерал	R	Отражение (в %) для различных длин волн (в нм)														Средние значения твердости (в кг/мм ²) при различных значениях P (в Г)							
		440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	5	10	30				
Урванцевит	R'g	48.7	53.2	54.6	54.1	54.8	55.2	56.2	56.7	57.6	58.3	59.2	60.1	60.9	61.3	—	—	—	—	53 ± 4 (14)	50 ± 2 (5)	38 ± 3 (4)	
Фрудит	R'p	50.5	54.9	53.8	53.3	53.7	54.0	54.9	55.2	56.1	56.8	57.8	58.6	59.6	59.6	—	—	—	—	—	—	—	—
Наши данные	R'g	57.4	61.4	60.5	60.3	61.5	62.1	63.1	63.9	64.4	64.9	65.7	66.4	66.7	67.0	—	—	—	—	—	—	—	—
Данные А. Д. Генкина и соавторов (1972)	R'p	—	56.7	56.3	56.9	57.9	58.2	59.2	59.9	60.6	60.9	61.5	62.1	62.1	62.8	—	—	—	—	—	—	—	—
	R	56.0	—	58.4	—	61.0	—	—	64.3	—	63.6	—	—	63.9	—	63.0	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Условия измерения отражения минералов: объект 21*, апертура 0.4, размер фотографируемого участка 5 мм, спектральная чистота монохроматического света 12 нм, эталон — металлический кремний. Твердость определена на приборе ПМТ-3, выдержка для всех нагрузок 10 сек., доверительные интервалы приведены для 5%-го уровня значимости. В скобках — число измерений.

в сростаниях с фрудитом (максимумы висмута) и PdBi (максимумы палладия и минимумы свинца).

Условия количественного анализа: ускоряющее напряжение 20 кв, ток образца 20—50 на, диаметр зонда 1—2 мкм, эталоны — чистые металлы (Pd, Bi), а также стехиометрические соединения PbS и PbSe. Аналитические линии Pd_{Lα}, Bi_{Mα} и Pb_{Lα}. Pt, Sb, Sn, Ag, Au, Ni, Cu, Te и As в урванцевите не обнаружены. Относительные интенсивности пересчитывались на весовые концентрации методом «гипотетического состава» путем введения поправок на атомный номер (Duncumb, Reed, 1968) и поглощение (Colby, 1965, 1966) с использованием массовых коэффициентов по Р. Д. Девею (Devey, 1969). Химический состав урванцевита оказался довольно постоянным, результаты анализов различных зерен одного из образцов приведены в табл. 2.

Средний химический состав урванцевита хорошо рассчитывается на формулу со стехиометрией фрудита, где значительная часть (около 1/4) висмута замещена свинцом — Pd_{1.006}(Pb_{0.386}Bi_{1.614})_{2.00}. Следует отметить относительно постоянный химический состав урванцевита, атомные соотношения Pd : Pb : Bi близки к 2 : 1 : 3, т. е. состав минерала близок к эмпирической формуле Pd₂PbBi₃ (табл. 2). Интересно, что находящийся в сростаниях с урванцевитом фрудит содержит изоморфную примесь свинца (до 1.7 вес.%) в отличие от известных составов этого минерала (Hawley, Berry, 1958; Генкин и др., 1972).

Рентгенометрическое изучение. Малые размеры зерен урванцевита не позволили получить препарат для монокристаллической съемки. В связи с этим исследования проводились методом порошка в камере РКД диаметром 57.3 мм. Минерал закатывался в резиновый шарик диаметром 0.2—0.3 мм. Были сняты три рентгенограммы (эталон NaCl), которые оказались идентичными друг другу и по количеству, и по относи-

тельной интенсивности рентгенодифракционных линий. Этот факт свидетельствует об отсутствии в дифракционной картине линий, обусловленных механическими примесями. В то же время эти рентгенограммы зна-

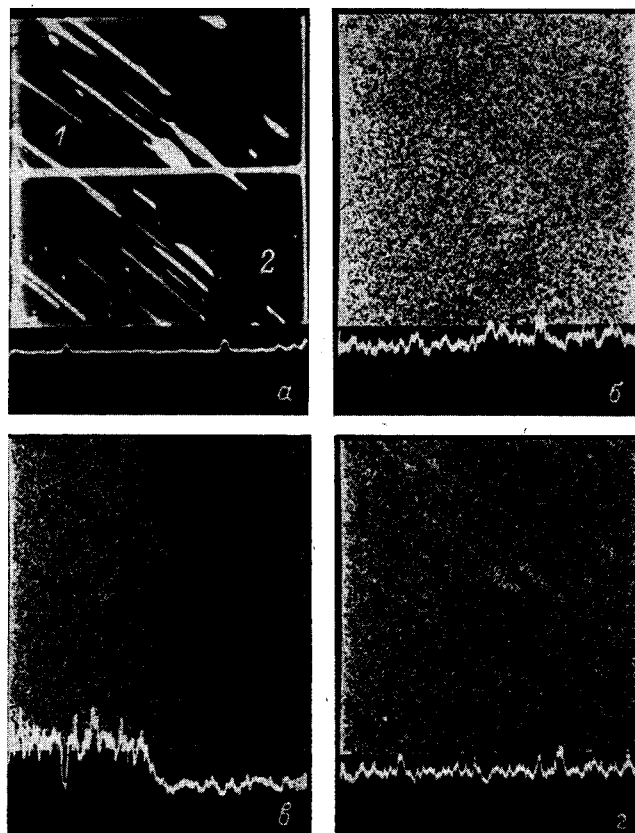


Рис. 2. Растровые картины и концентрационные кривые распределения минералообразующих элементов в уранцевите (1) и во фрудите (2).

а — в поглощенных электронах, *диагональные светлые полосы* — включения минерала PdBi (позитив), *поперечная линия* — профиль сканирования, *под снимком* — ток образца; *б-г* — в рентгеновых лучах: *б* — $Bi_{M\alpha}$, *в* — $Pb_{L\alpha}$, *г* — $Pd_{L\alpha}$.

чительно отличаются от рентгенограммы фрудита (табл. 3). Фрудит имеет больше дифракционных линий, и ряд интенсивных линий уранцевита не имеет аналогов в рентгенограмме фрудита. Попытка проиндцировать порошкограмму уранцевита исходя из положения об аналогии элемен-

Таблица 2

Химический состав уранцевита

Анализ	Компоненты (в вес. %)				Анализ	Компоненты (в вес. %)			
	Pd	Bi	Pb	Сумма		Pd	Bi	Pb	Сумма
1	20.1	65.0	15.1	100.2	5	20.9	64.8	15.7	101.4
2	20.2	64.1	15.1	99.4	6	20.8	65.3	15.2	101.3
3	20.5	64.2	15.1	99.8	7	20.0	64.4	15.7	100.1
4	20.8	64.7	15.4	100.9	Среднее	20.5	64.6	15.3	100.4

Т а б л и ц а 3

Сопоставление порошковых урванцевита и фрудита

Урванцевит				Фрудит (Hawley, Berry, 1958)		
I	$d_{измер.}$	$d_{расч.}$	hkl	I	d	hkl
1	6.4	6.53	0001	2	6.24	200
2	3.257	3.250	0002	3	3.14	111, 400
				7	2.97	310
				2	2.81	311
2	2.747	2.747	3250	10	2.77	002, 202
10	2.643	2.648	2132	7	2.48	401, 311
1	2.400	2.394	5050	4	2.35	402, 112, 202
8	2.372	2.373	2242	7	2.21	312, 112
2	2.148	2.150	5150	5	2.14	510, 511, 020
5	2.043	2.042	5161	5	2.09	601
4	1.914	1.917	5270	1	1.881	511, 203, 312, 512
5	1.685	1.685	4372	4	1.689	022, 222, 313
1	1.619	1.617	1014	6	1.637	710, 113
				2	1.590	801, 222, 422
				8	1.556	603, 712, 512, 800
4	1.495	1.497	8080	4	1.497	621, 711, 620
				1	1.453	313, 403
7	1.420	1.426	7182	1	1.419	130, 801, 223
5	1.335	1.335	7292	1/2	1.337	
4	1.298	1.300	5164	1/2	1.293	
				2	1.281	
				1	1.261	
				1	1.244	
				1/2	1.199	
1	1.188	1.187	4482	4	1.185	
6	1.166	1.167	5.5.10.3			
7	1.111	1.110	9.2.11.2	3	1.118	

Примечание. В рентгенограмме фрудита опущены 12 линий, отвечающих большому углу θ .

тарных ячеек этих двух минералов не увенчалась успехом — линиям $d=2.40$ и $d=2.372$ Å урванцевита приписывается один и тот же индекс, плохо индицируются (с большой разницей между расчетными и измеренными величинами d) линии 3.257 (6) 2.643 Å (10) и др.

В связи с изложенным индицирование дебаеграмм проводилось следующим образом: графическим методом (по графикам Бьёрстрема — Миркин, 1961) индицировались первые 8—10 линий порошковой диаграммы. Затем по определенным таким образом индексам на ЭВМ «Найри-2» рассчитывались параметры элементарной ячейки, производились полное индицирование и последующее уточнение всех шести (a , b , c , α , β и γ) параметров до минимального расхождения измеренного и расчетного θ . С учетом условий съемки максимальная погрешность измерения θ не должна превышать 0.1° . При отклонениях $\theta_{расч.}$ от $\theta_{измер.}$ на большую величину линия считалась неиндицирующейся, а в случае неудовлетворительного индицирования ряда линий (отклонения расчетных величин d от измеренных значительно превышают величину, обусловленную ошибкой измерения угла 2θ) вариант исключался.

Удовлетворительная сходимость расчетных и измеренных величин d/n была достигнута при индицировании порошковой диаграммы исходя из предположения о гексагональной элементарной ячейке минерала с параметрами $a=13.82 \pm 0.01$ и $c=6.53 \pm 0.01$ Å (табл. 3).

Тесная ассоциация урванцевита и других платиновых минералов с галенитом, прожилки которого пересекают первичные сульфиды, свидетельствует о том, что платиновые минералы появляются позже главных сульфидов. Вероятно, следует признать вслед за А. Д. Генкиным (1968), что отложение платиновых минералов и галенита происходило из остаточных флюидов, обогащенных элементами платиновой группы, концентрирующихся в наиболее поздно кристаллизующемся халькопиритовом расплаве.

Изоморфизм свинца и висмута в минералах системы Pd—Bi—Pb — полярит, плумбопалладините и звягинцевите — обычен и имеет место в широких пределах, однако не является непрерывным и полным (Юшко-Захарова, 1974). В изученном нами фрудите часть висмута также замещена на свинец. Однако этот изоморфизм является ограниченным, о чем свидетельствуют резкие границы между фрудитом и урванцевитом (рис. 1), а также скачкообразное уменьшение твердости нового минерала по сравнению с фрудитом (рис. 1; табл. 1). По данным Юшко-Захаровой (1974), в системе Pd—Bi—Pb различные минеральные виды — полярит, плумбопалладинит и звягинцевит — четко отличаются друг от друга по твердости, но в пределах одного минерального вида ощутимой зависимости этой константы от соотношений свинца и висмута не наблюдается.

Таким образом, изученный минерал отличается от фрудита не только физическими свойствами и по химическому составу, но и обладает иной кристаллической структурой. Дебаграмма его не имеет аналогов среди известных соединений. Следовательно, урванцевит является новым минералом в тройной системе Pd—Bi—Pb.

Полированный шлиф с урванцевитом передан в Горный музей Ленинградского горного института.

Литература

- Генкин А. Д. (1968). Минералы платиновых металлов и их ассоциации в медно-никелевых рудах Норильского месторождения. Изд. «Наука».
- Генкин А. Д., Т. Л. Евстигнеева, И. П. Лапутина, Ю. Э. Угасте. (1972). Первая находка фрудита (PdBi₂) в СССР. ДАН СССР, т. 203, № 5.
- Додин Д. А., Б. Н. Батуев, Г. А. Митенков, В. М. Изойтко. (1971). Атлас пород и руд норильских медно-никелевых месторождений. Изд. «Недра».
- Ершов В. В. (1964). Минералогическо-генетические типы руд Талнахского месторождения (Норильский район). Тр. ЦНИГРИ, вып. 62.
- Изойтко В. М., Л. Г. Сухов. (1971). Минеральный состав и строение сульфидных залежей на юге Талнахского месторождения. В сб.: Геология и полезные ископаемые Норильского района. Л.
- Кавардиц Г. И., Г. А. Митенков. (1971). Медно-никелевые руды Талнахского месторождения. Тр. НИИГА, т. 167.
- Миркин Л. И. (1961). Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. Физматгиз.
- Суханова Е. Н. (1964). Особенности строения залежей сплошных сульфидов в медно-никелевом месторождении. Разв. и охрана недр, № 4.
- Юшко-Захарова О. Е. (1974). Геохимия и минералогия элементов платиновой группы в эндогенных месторождениях. Автореф. докт. дис. М.
- Юшко-Захарова О. Е., В. В. Иванов, И. С. Разина, Л. А. Черняев. (1970). Геохимия, минералогия и методы определения элементов группы платины. Изд. «Недра».
- Colby I. W. (1965). Absorption correction tables for microprobe analysis: effect of critical excitation potential. NBS, Spec. Publ., № 944.
- Colby I. W. (1966). The applicability of theoretically calculated intensity corrections in microprobe analysis Electron microprobe. N. Y.
- Devey R. D. (1969). Handbook of X-ray and Microprobe data. London.
- Duncumb P., S. I. B. Reed. (1968). The calculation of stopping power and backscatter effects in electron probe microanalysis. Quantitative electron probe microanalysis. NBS, Spec. Publ., № 298.
- Hawley I. E., L. G. Berry. (1958). Michenerite and froofite palladium bis-muthide minerals. Canad. Miner., v. 6, p. 2.