

НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ И ПЕРВЫЕ НАХОДКИ В СССР

УДК 549.1 : 553.4

Д. чл. Л. В. РАЗИН, Л. С. ДУБАКИНА, В. И. МЕЩАНКИНА
и В. Д. БЕГИЗОВ

БОРИШАНСКИИТ — НОВЫЙ ПЛЮМБОАРСЕНИД ПАЛЛАДИЯ ИЗ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ СУЛЬФИДНЫХ РУД ТАЛНАХСКОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ИНТРУЗИВА¹

В Талнахском и Октябрьском месторождениях медно-никелевых сульфидных руд, генетически связанных с Талнахским дифференцированным интрузивом (Норильский рудный район), обнаружен новый минерал, принадлежащий к классу интерметаллических соединений, — плюмбоарсенид палладия с формулой $Pd_{1+x}(As, Pb)_2$. В честь выдающегося советского минерографа, одного из первых исследователей минералов платиновых элементов Норильских месторождений Серафимы Самойловны Боришанской, новый минерал назван боришанскиитом (borishanskiite).

Условия нахождения. Боришанскиит встречается в сплошных и вкрапленных медно-никелевых сульфидных рудах, обогащенных палладием, платиной, золотом и серебром. Линзовидные залежи массивных и пластообразные тела вкрапленных руд находятся в донной части и в экзоконтактной зоне Талнахского материнского интрузива габбро-долеритов.

На Талнахском месторождении, приуроченном к приподнятой юго-западной части материнского интрузива, боришанскиит встречается в пентландито-халькопиритовых рудах сплошных залежей, в эпигенетически измененных рудах: пентландито-кубанитовых вкрапленных в троктолитовых габбро-долеритах, пентландито-халькопиритовых и магнетито-халькопиритовых вкрапленных, а также в халькопирито-борнитовых прожилково-вкрапленных в такситовых габбро-долеритах, в пентландито-халькопиритовых вкрапленных и борнито-халькопиритовых прожилково-вкрапленных в контактовых габбро-долеритах, в пентландито-халькопиритовых вкрапленных рудах экзоконтактных роговиков. На Октябрьском месторождении, приуроченном к относительно погруженной северной части Талнахского интрузива, новый минерал обнаружен в пирротино-халькопиритовых рудах, вкрапленных в контактовых габбро-долеритах и слагающих сплошные залежи.

Очень редкие единичные зерна боришанскиита размером 6—150 мкм (средним размером в 20—30 мкм) имеют изометричную с округлыми заливчатыми очертаниями форму. Встречен также несовершенный удлиненный кристалл с шестиугольным сечением (размером 6×10 мкм).

Боришанскиит обычно наблюдается в сростках с арсенидами палладия и никеля, кюстелитом, палладиевым купроауридом и минералами палладия Pd_3Pb и $(Pd, Pt)_3Sn$, встречаются также и мономинеральные обособления нового минерала. Те и другие заключены в халькопирите, магнетите и пирротине и находятся в сростании с нерудными минералами.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссиями по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 6 августа 1973 г. и Международной минералогической ассоциации 28 марта 1974 г.

Сростки минералов благородных металлов с участием боришанскиита выполняют межзерновые промежутки позднего сегрегационного магнетита III, корродируют халькопирит III, в виде метакристаллических зерен отмечены в пирротине II. В сростках боришанскиит резорбируется минералами палладия $(Pd, Pt)_3Sn$ и Pd_3Pb . В то же время в новом минерале наблюдаются метакристаллические зерна арсенидов никеля и палладия. Боришанскиит замещается кюстелитом, содержащим реликты палладиевого купроаурида (см. рисунок). Такие возрастные соотношения свидетельствуют о том, что новый минерал сформировался после магнетита III, на заключительных стадиях гипогенного рудообразования. Кристаллизация боришанскиита происходила в конце процесса платиновометального минералообразования, перед формированием арсенидов никеля и палладия и до кюстелита.



Физические свойства. В порошке (получен с помощью при-

Боришанскиит (1) в сростке минералов благородных металлов (2—5) с халькопиритом III (6) приурочен к межзерновому промежутку кристаллических зерен магнетита III (7). Залежь сплошных пентландито-халькопиритовых руд. Талнах. Полир. шлиф., увел. 100.

2 — минерал $\beta-(Ni, Pd)_{2+x}As$, 3 — минерал $(Pd, Ni)_{2+x}As$, 4 — палладиевый купроаурид, 5 — кюстелит. Черное — каверны выкрашивания.

бора ПМТ-3) частицы боришанскиита имеют темно-стально-серый цвет, металлический блеск, немагнитные, хрупкие (определения под биноклем).

Твердость боришанскиита средняя (измерена на ПМТ-3, гарированном по NaCl; при нагрузке $5Г H = 21.0 \pm 0.7$ кг/мм²; экспозиция 15 сек.): $H_{20Г} = 182-292$ кг/мм². Выявилось, что разные сечения этого минерала (на плоскостях полирования аншлифов) отличаются по механическим свойствам: либо изотропны по твердости (отпечаток квадратной формы), либо анизотропны (отпечаток деформирован в ромб). Для изотропных по твердости (в кг/мм²) сечений $H_{20Г} = 228-250$ (5 замеров) при среднеарифметическом $H_{ср.} = 241$ и $H_{50Г} = 242$ (2 замера); для анизотропных $H_{20Г} = 182-292$ при $H_{ср.} = 188$ и $H_{ср.2} = 256$ с коэффициентом анизотропии твердости в пределах одного среза $K_H = \frac{H_{\min}}{H_{\max}} = 1.36$.

Боришанскиит — минерал со спайностью. Спайность проявляется при измерении твердости в виде системы параллельных трещинок. У сечений зерен, изотропных по твердости, проявляется спайность в одном направлении (трещинки параллельны граням квадрата отпечатка). В анизотропных сечениях видна спайность в двух и трех направлениях, пересекающих грани ромбовидных отпечатков от алмазной пирамидки.

Новый минерал хрупкий: трещинки вокруг отпечатков ПМТ-3 на его полированной поверхности появляются при нагрузке 20Г. В то же время он упругий: грани его отпечатков бывают выпуклыми. Полируется боришанскиит довольно быстро и хорошо.

Оптические свойства. В отраженном свете на воздухе боришанскиит серовато-белый, двуотражение не заметно; на фоне кюстелита цвет нового минерала светло-серый, рядом с халькопиритом — светло-серовато-белый. Боришанскиит обладает анизотропией от едва заметной до умеренной с цветными эффектами в желтовато-серых тонах. По цвету и анизотропии новый минерал сходен с поляритом. Измерениями на приборе ПООС-1 (объектив $21\times$, апертура 0.40, эталон пирит) умеренно анизотропного боришанскиита установлены следующие значения соответственно R'_g и R'_p (в %) для различных длин волн (в нм): 430 — 53.2 и 51.6, 460 — 54.6 и 54.1, 490 — 56.2 и 55.8, 520 — 56.4 и 56.0, 550 — 57.0 и 56.6, 580 — 57.8 и 57.3, 610 — 58.7 и 58.3, 640 — 59.8 и 59.3, 670 — 60.6 и 60.1, 700 — 61.7 и 61.2.

Диагностическое травление. Боришанскиит среди минералов палладия выделяется относительно пониженной химической стойкостью: затравливается в капле FeCl_3 (20%) и концентрированной HNO_3 , слабо травится в капле HgCl_2 . Стандартные реагенты диагностического травления — KOH , KCN , концентрированная и разбавленная 1 : 1 соляная кислота, а также разбавленная (1 : 1) азотная кислота — на него не действуют, как и пары разбавленных 1 : 1 HCl и HNO_3 , концентрированных HCl и H_2SO_4 .

Химический состав. Боришанскиит определен в ВИМСе на японском микроанализаторе JXA-3A. Условия количественного анализа: $V=20$ кв, $J=2-4\cdot 10^{-8}$ а, диаметр зонда 1—3 мкм; эталоны — чистые Pd и Ag, галенит (на Pb) и арсенопирит (на As); аналитические линии — $\text{Pd}_{L\alpha}$ (слюда), $\text{Pb}_{M\alpha}$ (слюда), $\text{As}_{K\alpha}$ (LiF) и $\text{Ag}_{L\beta}$ (кварц). В каждом из образцов минерал анализировался в 5 точках. Пересчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен методом гипотетического состава введением поправок на атомный номер и на поглощение. Точность анализа ± 3 отн.%. Пересчет результатов анализа двух типичных образцов боришанскиита приводится в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав боришанскиита

Элементы	Обр. 3/1		Обр. 1/1	
	вес. %	атомные количества	вес. %	атомные количества
Pd	29.8	0.2754	31.4	0.2876
Ag	Не обн.	—	1.1	0.0102
Pb	50.4	0.2394	50.2	0.2365
As	21.4	0.2817	19.8	0.2577
Сумма . . .	101.6	0.7965	102.5	0.7920

Полные формулы минерала

Обр. 3/1 — $\text{Pd}_{1.057}(\text{As}_{1.081}\text{Pb}_{0.919})_{2.000}$
 Обр. 1/1 — $(\text{Pd}_{1.162}\text{Ag}_{0.041})_{1.203}(\text{As}_{1.043}\text{Pb}_{0.957})_{2.000}$

Идеализированная формула боришанскиита — $\text{Pd}_{1+x}(\text{As}, \text{Pb})_2$, где x до 0.2.

Сканированием в рентгеновых лучах палладия, свинца, мышьяка и серебра установлено равномерное распределение этих элементов в зернах боришанскиита.

Рентгенометрическое исследование. Дебаеграммы боришанскиита получены методом резинового шарика (порошок извлечен прицельным выщелачиванием на ПМТ-3). Полученные дебаеграммы боришанскиита по дифракционному рисунку и величинам меж-

плоскостных расстояний оказались сходными с рентгенограммами полярита и низкотемпературной модификации синтетического интерметаллида α -PdBi, и подобно им, проиндифицировались в ромбической системе (табл. 2).

Таблица 2
Результаты расчета рентгенограммы боришанскита и его палладиевых структурных аналогов

	Боришанскит			Синтетический α -PdBi (Вугг, Реасок, 1942)		Полярит (Гевкин и др., 1969)	
	I	$d_{\text{экспер.}}$	$d_{\text{расч.}}$	I	$\frac{d}{n}$	I	$\frac{d}{n}$
022	4	3.35	3.35	3	3.36	2	3.33
122	3	3.02	3.04				
004	10	2.65	2.66	10	2.65	10	2.65
104*	6	2.50	2.50	2	2.50	3	2.50
300*	4	2.38	2.39	0.5	2.37	1	2.38
311	6	2.25	2.25	4	2.25	5	2.25
040	9	2.16	2.16	8	2.16	9	2.16
304*	3	1.785	1.781	0.5	1.786	2	1.783
150, 044	6	1.677	1.676	6	1.680		
333	5	1.633	1.632	4	1.638	5	1.638
422	2	1.581	1.582	0.5	1.583	2	1.585
414*	2	1.475	1.467	1	1.478	1	1.472
062	6	1.385	1.387	5	1.395	3	1.400
217*	—	—B	1.384	—	—	1	1.383
155	1	1.320	1.318	3	1.329	2	1.326
118	—	—	—	—	—	2	1.300
406	1	1.259	1.263	5	1.269		
263	—	—	1.249	—	—	2	1.257
170	1	1.216	1.214	1	1.221	3	1.220
600	1	1.199	1.197	0.5	1.210	1	1.197
602	6	1.169	1.168	5	1.174	3	1.169
029	—	—	—	—	—	1	1.145
460	—	—	—	0.5	1.131	1	1.127
516	1	1.088	1.092	—	—	1	1.110
080	1	1.076	1.077				
081, 372			1.071	1	1.084	1	1.082
428	—	—	—	2	1.039	1	1.040
149*	1	1.027	1.027	—	—	1	1.030
a_0 , (в Å)		7.18 ± 0.02			7.20		7.19
b_0 (в Å)		8.62 ± 0.02			8.71		8.69
c_0 (в Å)		10.66 ± 0.02			10.66		10.68

Примечание. Условия съемки: $\text{CuK}_{\alpha, \beta}$, РКД, $D = 57.3$, закладна пленки асимметричным способом. Индексы отражений, отмеченные звездочкой, не соответствуют пространственной группе $C_{2m}2_1$.

Расчетный объем элементарной ячейки боришанскита 659.8 \AA^3 . По аналогии с синтетическим α -PdBi, изученным Д. М. Хейкером и соавторами (1953), у боришанскита пространственная группа $C_{2m}^{12} - C_{2m}2_1$ и структура типа TIJ (искаженная). На основе подобия α -PdBi можно предположить, что в структуре боришанскита палладий находится в функции квазикатиона, свинец и мышьяк — квазианионы, а новый минерал представляет бертоллидное интерметаллическое соединение палладия со свинцом и мышьяком. Та же аналогия позволяет заключить, что координационное число квазикатионов палладия в структуре боришанскита по его квазианионам равно 7. Иначе говоря, атомы палладия, как и в его структурном аналоге — синтетическом α -PdBi, — находятся в семивершинных полиэдрах из квазианионов. Полиэдры, по Д. М. Хейкеру и соавторам (1953), являются комбинацией полуктаэдров и триго-

нальной призмы и образуют слой, перпендикулярный оси Z . В этом слое полиэдры обращены вершинами пирамид в разные стороны, соприкасаясь внутри слоя гранями призм. Семивершинники разных слоев соприкасаются ребрами пирамид и разделены слоем пустых тетраэдров, расположенных в плоскости спайности (001). Слой семивершинников пронизан цепочками атомов палладия. В элементарную ячейку объединяется по 16 атомов квазикатионов и квазианионов, т. е. число формульных единиц в элементарной ячейке равно 32.

Расчетная рентгеновская плотность нового минерала 10.2 Г/см^3 .

Близкое подобие рентгенограмм боришанскиита, полярита и синтетического $\alpha\text{-PdBi}$ (табл. 2) позволяет говорить об изоморфизме атомов мышьяка и свинца в структуре боришанскиита и объединять эти элементы в идеализированной формуле нового минерала $\text{Pd}_{1+x}(\text{As}, \text{Pb})_2$. Однако довольно существенные различия между металлоидной природой мышьяка и относительно более высокой «металличностью» свинца заставляют не исключать возможность идеализированной формулы боришанскиита PdPbAs , подобной стибноарсенидам, атомы сурьмы в которых в известной мере по «металличности» близки свинцу боришанскиита.

Некоторые индексы отражений боришанскиита являются сверхструктурными для пространственной группы $Ccm2_1$. Вероятно, такое положение является следствием недостаточной изученности исходной структуры $\alpha\text{-PdBi}$.

Полированный шлиф с эталоном боришанскиита передан в Минералогический музей АН СССР в Москве.

Литература

- Генкин А. Д., Т. Л. Евстигнеева, Н. В. Тронова, Л. Н. Вяльсов. (1969). Полярит $\text{Pd}(\text{Pb}, \text{Bi})$ — новый минерал из медно-никелевых сульфидных руд. Зап. Всесоюз. минер. общ., ч. 98, вып. 6.
- Хейкер Д. М., Г. С. Жданов, Н. Н. Журавлев. (1953). Структура сверхпроводников. V. Рентгенографическое исследование структуры BiPd . Ж. эксперим. и теор. физ., т. 25, № 5.
- Burg S. V., M. A. Peacock. (1942). A preliminary study of the alloys of palladium and bismuth. Toronto Univ. Studies, v. 47.

Центральный научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов
(ЦНИГРИ),
Москва.

Поступила в редакцию
12 июля 1974 г.