

Е. И. ДОЛОМАНОВА, Ю. С. НЕСТЕРОВА, Г. А. АРАПОВА

БЕДАНТИТ Тl- и Sn-СОДЕРЖАЩИЙ ИЗ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОПКИ БОЛЬШОЙ ШЕРЛОВОЙ ГОРЫ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Площадь месторождения сопки Большой сложена кварцевыми порфирами, фельзитами, туфовидными кварцевыми порфирами и туфами, сцементированными и интенсивно замещенными рудоносным кварц-турмалиновым агрегатом. Перечисленные породы слагают жерло вулкана, располагавшегося на пересечении двух крупных тектонических нарушений — северо-восточного древнего разлома и меридионального сброса. Кварцевые порфиры, по данным П. Т. Белова и В. А. Гуццина, образуются в виде усеченного конуса, обращенного широкой стороной к поверхности. На глубине их сменяют порфириты. Кварцевые порфиры прорывают порфириты, которые располагаются также к северу, западу и югу от них. С восточной стороны кварцевые порфиры контактируют с плагногранитами и также прорывают их. Порфириты и плагнограниты относятся к герцинскому тектоно-магматическому циклу, а кварцевые порфиры — к мезозойскому. Единого мнения о возрасте кварцевых порфиров нет, но большинство геологов считает их верхнеюрскими образованиями.

Рудный штокверк приурочен к месту пересечения упомянутых выше тектонических нарушений и сопровождающих их многочисленных, различных по масштабу, трещин оперения.

Зона окисления в пределах рудного штокверка сопки Большой достигает глубины 60 м. В этой зоне все сульфиды и отчасти турмалин окислены и превращены в ряд вторичных минералов, а полевые шпаты, топаз и слюды интенсивно каолинизированы. Многие минералы частично выщелочены. В результате всех этих процессов образовалась сильно пористая порода. Истинная пористость достигает 10% и более и превышает более чем в три раза пористость неизмененного кварцевого порфира. К пустотам, порам и трещинам разнообразного размера и формы приурочена главная масса минералов зоны окисления.

По данным Ф. В. Чухрова и Н. Н. Смольяниновой, зона окисления сложена лимонитом, гидрогематитом, бедантитом, азуритом, малахитом, фармакосидеритом, ярозитом, оливенитом, монгеймитом, псиломелан-вадом, скородитом, кальцитом, каолинитом, галлуазитом, халцедоном, опалом. А. Г. Теремецкой установлены еще самородная медь, ковеллин, базовисмутит. Н. В. Иониным — церуссит, халькантит, англезит. Нами — халькозин, аннабергит, гринокит, миметезит, самородное серебро, монтмориллонит, иллит.

Бедантит имеет широкое распространение на месторождении. Ф. В. Чухров и Н. Н. Смольянинова выделяют две разновидности бедантита: 1) сплошной рыхлый или плотный, землистый, образует тонкие смеси с

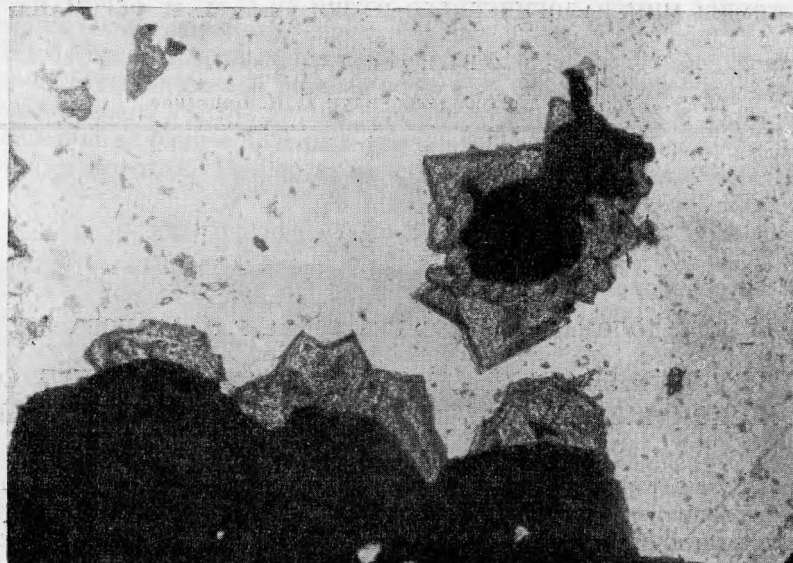


Рис. 1. Бедантит (серое) нарастает на гидроокислы железа (черное). Шлиф 1288, ув. 90, без анализатора

ярозитом и скородитом. Окраска варьирует от зеленовато-желтой до светло-зеленой; 2) мелкочешуйчатый бедантит, образующий тонкие корочки. Окраска меняется от зеленовато-желтой до желтой. Никаких других сведений о бедантите нет.

По нашим данным, на месторождении четко проявлены три разновидности бедантита: 1) ромбовидные кристаллы, то сильно вытянутые, то укороченные, близкие по форме к кубу, образующие тонкие (0,1 мм) корочки в пустотах и трещинах пород; 2) длиннопризматические и игольчатые кристаллы, обычно собранные в сферолиты, инкрустирующие обломки пород, нарастающие на стенки пустот и трещин; 3) землистые плотные и рыхлые массы, иногда имеющие тонкоскорлуповатое колломорфное строение. Обе разновидности бедантита, выделенные Ф. В. Чухровым и Н. Н. Смольяниновой, можно отнести к этой группе.

Ромбовидные кристаллы окрашены в ярко-зеленый, желтовато-зеленый, зеленовато-желтый и золотисто-желтый цвета. Блеск алмазный и стеклянный. Размер кристаллов не превышает 0,5 мм. Эти кристаллы бедантита в виде «щеток» нарастают на стенки трещин в туфобрекчии кварцевого порфира, кристаллизуются в пустотах и порах темно-бурых и темно-коричневых гидроокислов железа, имеющих колломорфное строение. В пустотах кристаллы бедантита нарастают на стенки и один на другой, образуя небольшие друзы и скопления (рис. 1).

Сферолиты бедантита (рис. 2) распространены более широко, чем ромбовидные кристаллы. Они окрашены в желтовато-зеленый и яблочно-зеленый цвета и очень тесно ассоциируют с бурыми гидроокислами железа колломорфного строения. Сферолиты заполняют поры и пустоты в гидроокислах железа и нарастают на них или, чередуясь с ними и каолинитом, слагают полосы, корочки и скопления различной величины и формы (рис. 3). Толщина корочек не превышает 2—3 мм. В крупных пустотах сферолиты, последовательно нарастая один на другой, образуют столбчатые агрегаты в виде «сталактитов» и «сталагмитов» до 1,5 см длиной и до

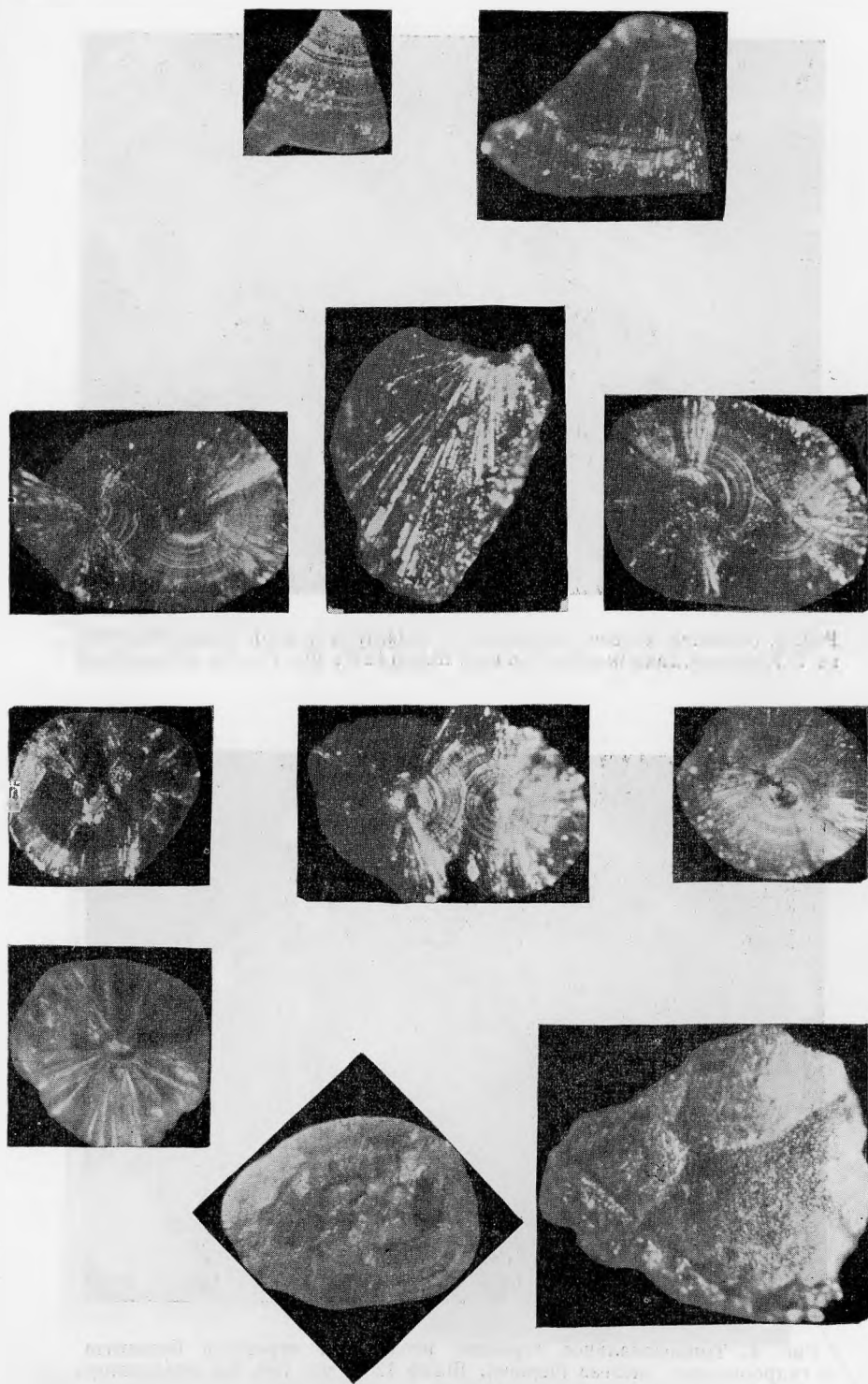


Рис. 2. Сферолиты бедангита. Ув. 35

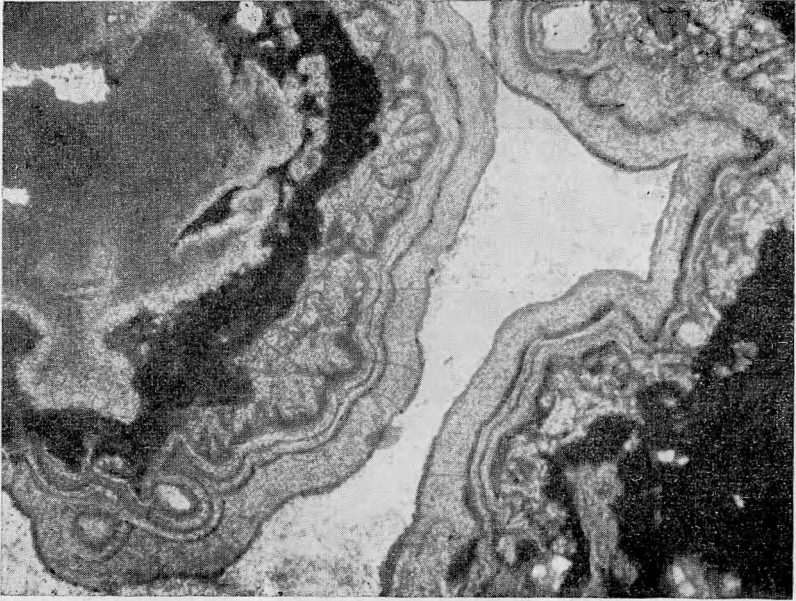


Рис. 3. Строение корочек игольчатого бедантита (серое), перемежающихся с гидроксидами железа (черное). Шлиф 1291, ув. 75, без анализатора

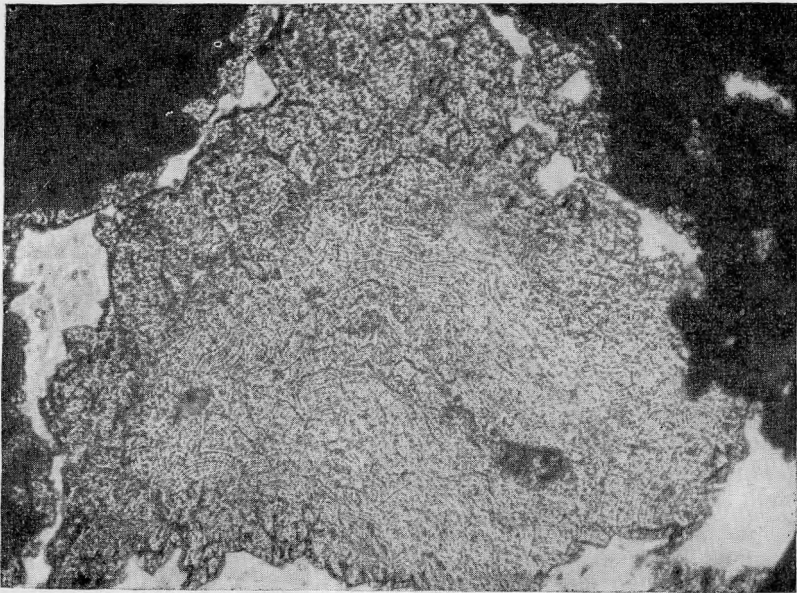


Рис. 4. Тонкозональное строение игольчатых агрегатов бедантита в гидроксидах железа (черное). Шлиф 1288, ув. 150, без анализатора

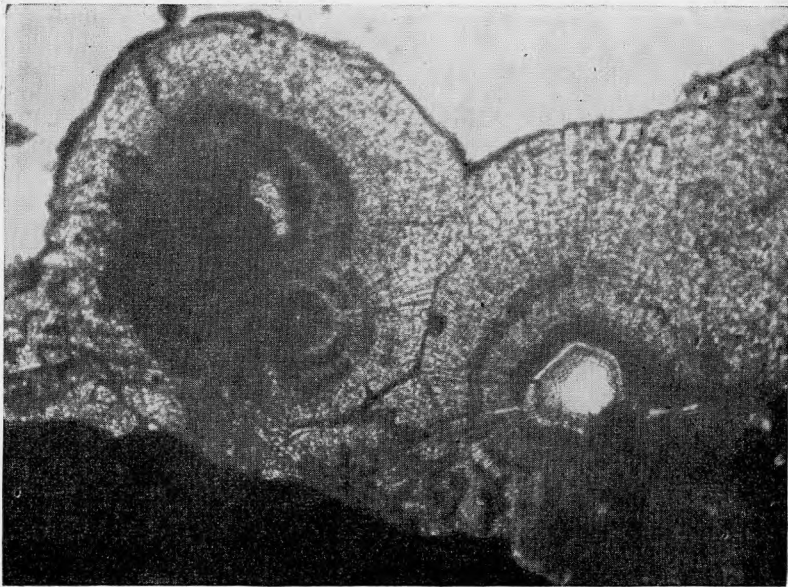


Рис. 5. Зоны криптоигольчатого бедаггита (серое) в сферолитах чередуются с зонами тонкодисперсного (темно-серое) бедаггита и гидроокислами железа (черное). Шлиф 1291, ув. 150, без анализатора



Рис. 6. Сферолиты бедаггита имеют несколько ядер, заключенных в одну общую оболочку. Они нарастают на гидроокислы железа (черное), а на них кристаллизуется тонкоигльчатый бедаггит в виде сплошной корочки. Шлиф 1291, ув. 150, без анализатора



Рис. 7. Сферолиты тонкоигольчатого (слева) и длиннопризматического (справа) бедантита (серое) в гидроокислах железа (черное). Шлиф 1287, ув. 75, николи полускрещены

2 мм в диаметре. Снаружи такие образования бывают покрыты темно-коричневатой или бурой тонкой пленкой гидроокислов железа или розовато-коричневатой корочкой каолинита, легко отделяющихся от сферолитов. По строению и размерам сферолиты очень разнообразны. Диаметр наиболее крупных из них не превышает 1—2 мм. Длина отдельных кристаллов не более 0,1—0,2 мм.

Различается несколько типов сферолитов: 1) сферолиты, сложенные криптоигольчатым бедантитом, имеющим аномальное двупреломление в ярко-зеленых, синих и реже розовато-красных тонах (рис. 4); 2) сферолиты, у которых тонкоигольчатое и зональное строение обнаруживается лишь при скрещенных николях. В проходящем же свете они кажутся однородной зеленовато-желтой, желтовато-зеленой или желтой массой; 3) сферолиты, состоящие из чередующихся узких (0,0п — 0,00п мм) зон криптоигольчатого зеленовато-желтого бедантита и тонкодисперсного почти не поляризующего агрегата, зеленовато-бурого и коричневатого-бурого цвета (рис. 5). Число зон колеблется от 2 до 8. Центральная часть — ядро — всегда сложена тонкодисперсным бедантитом. Количество ядер также непостоянно — одно, два и более. Они заключены в одну общую оболочку бедантита (рис. 6); 4) нередки сферолиты, в которых чередуются зоны игольчатого зеленовато-желтого бедантита с тончайшими зонами бурых гидроокислов железа; 5) встречаются сферолиты, отдельные зоны которых состоят из хорошо раскристаллизованного тонкоигольчатого бедантита (рис. 7). Зоны отличаются разным аномальным двупреломлением — синим, зеленым, красным, оранжево-красным, желто-зеленым, сине-лиловым. Спайность отчетливо проявляется лишь у наиболее крупных кристаллов. Угасание относительно спайности прямое, удлинение отрицательное. Кристаллы двусосные отрицательные; 6) наиболее крупные сферолиты состоят из длиннопризматических кристаллов бедантита, сильно суженных к основанию

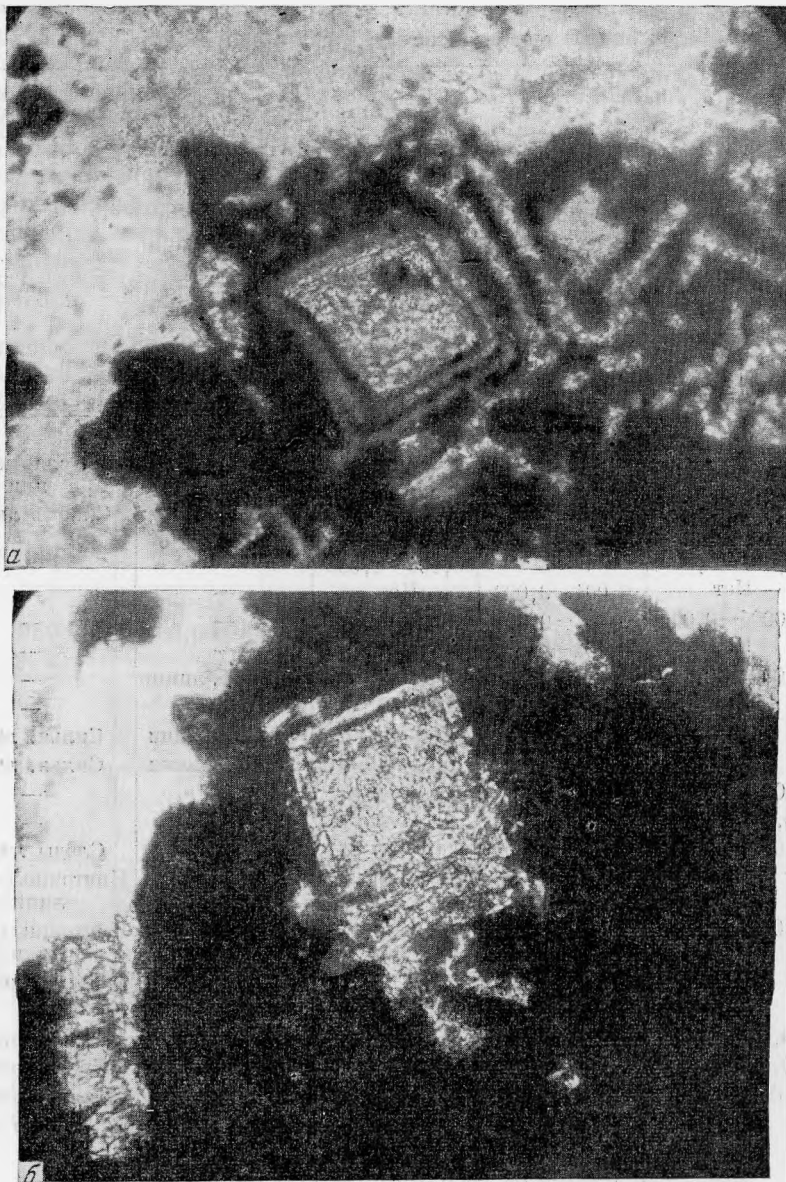


Рис. 8, а, б. В сечении кристаллы бедантита (серое) имеют форму ромба (а, шлиф 1291, ув. 150, без анализатора), иногда близкого к квадрату (б, шлиф 1288, ув. 90, без анализатора)

и плотно срастающихся один с другим. Не всегда концы кристаллов достигают центра сферолитов. Часто внутри остается шлое пространство шестигранной или округлой формы. Вершины кристаллов выступают из общего тела сферолитов, придавая им зубчатые очертания (рис. 7). В сечении кристаллы имеют форму ромба (рис. 8, а), иногда очень близкого к квадрату (рис. 8, б). Кроме дисперсии двупреломления, в некоторых кристаллах бедантита заметна дисперсия острой биссектрисы. Плеохроизм по Ng —

Таблица 1

Данные спектрального анализа бедантитов

Шерловая гора, сопка Большая					Минералогический музей АН СССР
№ образца	163	1283	153	746	
Кристаллическая форма	Ромбоэдрические кристаллы	Сферолиты игловатых и призматических кристаллов	Коллоидный, тонкодисперсный	Коллоидные агрегаты	Инв. № 57904. Место рождения Гульшад, Казахстан
Окраска и другие свойства	Ярко-зеленая Блеск алмазный	Желтовато-зеленая. Блеск стеклянный	Желто-зеленая. Блеск матовый	Зеленовато-желтая. Блеск перламутровый	
Cu	n%	n%	n%	Средн. линии	Оч. слабые линии
Zn	0,007—0,009	0,1—0,3	0,04—0,06	Оч. слабые линии	Слабые линии
Ga	0,007—0,009	Нет	0,001—0,003	—	—
Ge	Нет	0,001—0,003	Нет	—	—
Ag	0,0004—0,0006	0,001—0,003	0,001—0,003	—	—
In	Нет	0,001—0,003	Нет	—	—
Sn	,0001—0,0003	0,7—0,9	Нет	Оч. слаб. линии	—
Tl	Нет	0,4—0,6	Нет	—	—
Pb	n	n	n	Сильн. линии	Сильн. линии
As	n	n	n	Сильн. линии	Сильн. линии
Sb	0,0007—0,0009	Нет	0,1—0,3	—	—
Bi	0,007—0,009	0,01—0,03	Нет	—	—
Ti	0,0004—0,0006	0,004—0,006	0,001—0,003	Следы линий	Следы линий
V	Нет	Нет	0,0001—0,0003	Ничтожные следы линий	Ничтожные следы линий
Mn	0,0001—0,0003	Нет	0,001—0,003	Ничтожные следы линий	Ничтожные следы линий
Fe	n	n	0,7—0,9	Сильн. линии	Сильн. линии
Be	Нет	Нет	0,001—0,003	—	—
Mg	0,001—0,003	0,01—0,03	0,04—0,06	Следы линий	Сильн. линии
Al	0,007—0,009	0,1—0,3	0,7—0,9	Средн. линии	Средн. линии
Si	0,01—0,03	0,01—0,03	0,7—0,9	Средн. линии	Сильн. линии
Ca	Нет	0,001—0,003	0,1—0,3	Следы линий	Оч. слабые линии
Sr	Нет	Нет	0,01—0,03	—	—
Ba	Нет	0,01—0,03	0,04—0,06	Оч. слабые линии	—

Примечания.

Не обнаружены: Cd, Te, Cr, Co, Ni, Sc, Y, Zr, Nb, Mo, La, Ce, Ta, W, Li, P.

Щелочи не определялись.

Аналитик А. С. Дудыкина.

зеленовато-желтый, по Np — светло-желтый или бесцветный. Угасание прямое, удлинение отрицательное. Показатели преломления, измеренные в фосфорных жидкостях, равны: $\text{Ng} = 1,916 \pm 0,004$, $\text{Np} = 1,909$.

Данные спектральных анализов различных видов бедантита приведены в табл. 1.

Они позволили установить, что длиннопризматические кристаллы бедантита из сферолитов отличаются от всех прочих разновидностей

повышенным содержанием олова и таллия. Кроме того, в них присутствуют индий и германий, не обнаруженные в других типах бедантита, и отсутствуют галлий, сурьма, марганец.

Химический анализ сферолитов бедантита, сложенных длиннопризматическими кристаллами (табл. 2), показал, что кроме олова и таллия в бедантите в заметных количествах содержатся медь, алюминий, сера и фосфор. Количество воды больше, чем в бедантите теоретического состава. Поэтому пришлось допустить, что часть железа изоморфно замещается медью, алюминием, оловом, таллием, а часть мышьяка — серой, алюминием, фосфором; кислород — группой гидроксила. Таким образом, формула длиннопризматического бедантита несколько отличается от теоретической (табл. 2).

Рентгенограммы трех разновидностей бедантита (табл. 3) имеют большое сходство, но все же длиннопризматические кристаллы из сферолитов (обр. 1283) отличаются несколько увеличенными размерами элементарной

Таблица 2

Химический анализ бедантита (обр. 1283)

Компоненты	Вес. %	Атомные количества	Элементы	Радиусы ионов
PbO	30,69	1375	Pb ^{IV}	0,84 (0,76)
			Pb ^{II}	1,20 (1,26)
CuO	1,41	177	Cu ^{II}	0,72
			Cu ^I	0,96 (0,98)
Tl	0,23	11	Tl ^{III}	0,95
			Tl ^I	1,47
Sn	0,72	61	Sn ^{IV}	0,71 (0,67)
			Sn ^{II}	0,93 (1,02)
Fe ₂ O ₃	29,57	3704	Fe ^{III}	0,69 (0,67)
			Fe ^{II}	0,74 (0,80)
Al ₂ O ₃	2,81	552	Al ^{III}	0,51 (0,57)
As ₂ O ₅	20,78	1808	As ^V	0,46 (0,47)
SO ₃	3,98	497	S ^{VI}	0,30 (0,29)
P ₂ O ₅	0,15	21	P ^V	0,35
ZnO	0,02	2	Zn ^{II}	0,74 (0,83)
± H ₂ O	10,27	5706		
Сумма	100,63			
Уд. вес	4,238			

Аналитики: Ю. С. Нестерова и Г. А. Арапова

Формула бедантита:

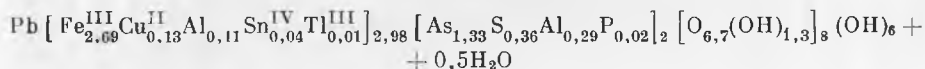


Таблица 3

Рентгенограммы бедантита

№ обр.	1283		163		153		Эталоны			
							Лаборатория ИГЕМ		Инв. № 57904. Минералогический музей АН СССР	
Место взятия	2R = 57,3; Fe-излуч.						Образец Ф. В. Чухрова		Казахстан, месторождение Гульшад	
	d = 0,6			d = 0,3						
Характеристика минерала	Карьер сопки Большой. Главный рудный штокерк в туфобрекчии кварцевого порфира								Кристаллы черного и коричневатожелтого цвета	
	Длиннопризматические кристаллы из сфалеритов яблочно-зеленого цвета со стеклян-ным блеском		Ромбоэдрические кристаллы ярко-зеленого цвета с алмазным блеском		Коллоидные агрегаты желто-зеленого цвета с матовым блеском					
№ п. п.	I	d _α	I	d _α	I	d _α	I	d _α	I	d _α
1										
2										
3	3	6,57			3	6,31			5	6,14
4	5	5,92			7	5,70	4	5,86	9	5,76
5	—	—			—	—	—	—	1	5,18
6	—	—			—	—	—	—	—	—
7	—	—			—	—	—	—	—	—
8	3	4,05			2	4,11	—	—	4	4,07
9	—	—			1	3,75	—	—	1	3,80
10	7	3,65	7	3,63	—	—	6	3,64	7	3,66
11	1	3,54	—	—	8	3,54	2	3,53	3	3,52
12	4	3,40	3	3,37	—	—	1	3,35	6	3,38
13	—	—	—	—	5	3,30	—	—	2	3,32
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	10	3,08	10	3,05	10	3,01	10	3,05	10	3,08
16	4	2,99	3	2,95	—	—	2	2,97	4	2,97
17	4	2,85	4	2,82	3	2,84	7	2,81	6	2,85
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2,63
20	6	2,55	4	2,53	—	—	6	2,53	7	2,54
21	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2,51
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	3	2,38	2	2,36	—	—	1	2,36	3	2,38
24	2	2,33	—	—	4	2,31	1	2,30	—	—
25	6	2,27	2	2,25	7	2,26	3	2,25	9 дв.	2,27
26	2	2,26	—	—	—	—	—	—	—	—
27	3	2,20	5	2,17	3	2,22	1	2,17	2	2,18
28	3	2,10	—	—	2	2,12	1	2,08	2	2,09
29	2	2,03	—	—	4	2,04	—	—	1	2,02
30	9	1,985	7	1,967	—	—	9	1,976	9	1,985
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	—	7	1,926	—	—	—	—
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	1	1,848	—	—
35	9	1,830	7	1,822	—	—	9	1,827	7	1,835
36	—	—	—	—	6	1,783	—	—	—	—
37	1	1,750	—	—	—	—	3	1,747	1 дв.	1,761

ячейки и некоторой разницей в интенсивности рефлексов. И то, и другое может быть объяснено разницей химического состава разных типов бедантита.

В заключение авторы статьи считают своим долгом поблагодарить академика Н. В. Белова и доктора геолого-минералогических наук И. Д. Борнеман-Старынкевич за консультации при обсуждении данных химического анализа бедантита и вывода его формулы.

ВЫВОДЫ

1. На месторождении Шерловая гора впервые обнаружен таллий и оловосодержащий бедантит.

2. Химическая формула его несколько отличается от формулы, выражающей теоретический состав минерала.

3. Данные рентгеноскопических измерений показали, что игольчатый бедантит отличается несколько большими размерами элементарной ячейки и небольшой разницей в интенсивности рефлексов сравнительно с обычным бедантитом.

4. Гипогенные руды месторождения сопки Большой состоят из разнообразных сульфидов и касситерита. Из сульфидов, содержащих элементы, входящие в состав бедантита, установлены станнин, халькопирит, галенит, галеновисмутит, пирит, арсенопирит, пирротин и другие менее распространенные минералы.

При разрушении их в зоне окисления освобождаются олово, медь, свинец, железо, таллий, мышьяк, сера, которые при определенных физико-химических условиях образуют бедантит. Таллий обнаружен спектральными анализами в виде примеси в галеновисмутите. Из минералов зоны окисления таллий содержится еще в вернадите.