

МИНЕРАЛОГИЯ

Д. О. ОНТОВ, Н. В. ТРОНЕВА, А. И. ЦЕПИН, Л. Н. ВЯЛЬСОВ

ПЕРВАЯ НАХОДКА ТЕЛЛУРИСТОГО КАНФИЛЬДИТА

(Представлено академиком В. И. Смирновым 26 X 1970)

Канфилдит, крайний член изоморфного ряда аргиродит — канфилдит ($\text{Ag}_8\text{GeS}_8 - \text{Ag}_8\text{SnS}_8$), встречается крайне редко в некоторых оловорудных и других месторождениях Боливии, Фрейберга, Тасмании и СССР (1-4). В литературе отсутствуют какие-либо данные о содержании теллура и селена в минералах этого ряда.

Исследованный минерал был обнаружен один из авторов (Д. О. Онтов) в рудах Белухинского вольфрамитового месторождения в Восточном Забайкалье. Он наблюдается в тесной ассоциации с самородным висмутом, селенсодержащим галенитом, виттитом и другими недостаточно диагностированными минералами в сфалерит-вольфрамит-пирротиновых рудах нижних горизонтов месторождения. Кроме того, в этих рудах наблюдается ассоциация халькопирита, станнина и шеелита, замещающая пирротин, сфалерит и вольфрамит. Самородный висмут образует мелкие каплевидные, неправильные линзо- и прожилкообразные выделения среди пирротина и реже сфалерита. Изученный минерал обычно встречается в подобных обособлениях висмута в виде очень мелких изометричных зерен или агрегатов зерен неправильной формы в сростании с селенсодержащим галенитом и висмутом. Размеры зерен минерала колеблются от 3—5 до 20—30 мк в поперечнике.

В отраженном свете минерал имеет серый цвет. Отражательная способность заметно выше таковой сфалерита и ниже пирротина. Двухотражение отсутствует. Эффект анизотропии очень слабый: в воздухе он почти изотропен, в масле отмечается едва заметная анизотропия.

Коэффициент отражения теллуристого канфилдита измерялся на регистрирующей установке «ПИОР». Опорными эталонами служили крем-

Таблица 1

Значения R для теллуристого канфилдита (1), акантита (2) и аргиродита (3) в диапазоне 440—740 мк

	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
1	30,8	30,6	29,8	29,2	29,6	29,2	28,8	28,7	28,8	28,4	28,2	28,1	28,0	28,0	27,9	27,8
2	31,7	32,6	32,6	31,6	31,6	30,6	29,9	29,3	28,9	28,7	28,5	28,3	28,2	28,2	28,2	28,2
3	26,0	25,4	25,7	25,2	25,0	25,0	24,5	24,6	24,6	24,6	24,8	24,9	25,1	25,1	25,2	25,2

ний и карборунд. Условия измерений: спектральная чистота излучения 30 Å, диаметр фотометрируемого участка 10 мк, диаметр светового зонда 20 мк, направление колебаний поляризатора перпендикулярно плоскости падения света; чувствительность регистрирующего устройства в диапазоне 460—700 мк не хуже $\pm 0,15$ абс.%; воспроизводимость в пределах $\pm 0,2-0,3$ абс.%; эффективная апертура объектива 0,08. Значения R минерала приведены в табл. 1; спектр отражения показан на рис. 1. Там

же для сравнения приведены соответствующие данные для аргиродита* и акантита из Фрейберга. Структура аргиродита и канфилдита близка к структуре акантита⁽³⁾. Исходя из этих данных и учитывая, что характер спектров отражения зависит в основном от структуры минералов⁽⁵⁾, следовало ожидать некоторого подобия в спектрах их отражения. Действительно, все три минерала не обнаруживают заметного двуотражения, величина которого не превышает 0,5—1 абс.%. Тип дисперсии R у всех

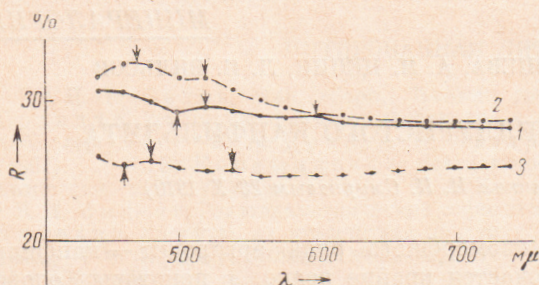


Рис. 1. Спектры отражения теллуристого канфилдита (1), акантита (2) и аргиродита (3)

минералов нормальный. Структура спектров отражения обнаруживает два максимума, более четко выраженных для акантита. В области 600—740 мк значения R акантита и теллуристого канфилдита практически совпадают. Однако при переходе в коротковолновую часть спектра, т. е. в область более высоких энергий, наблюдаются различия в характере дисперсии R и смещение максимумов отражения, особенно для теллуристого канфилдита, что связано со сложным химическим его составом. Изоморфное вхождение теллура в решетку исследуемого минерала заметно повышает значение R по сравнению с аргиродитом.

Относительный рельеф минерала — I группы: ниже такового галенита и выше — висмута.

Диагностическое травление: от HNO_3 слабо бурет; от KCN быстро темнеет; HgCl_2 вызывает бурое пятно; остальные реактивы не действуют.

Химический состав минерала исследован методом локального рентгеноспектрального анализа на приборе MS-46 фирмы «Самеса». Режим работы 20 кв, 6 па, размер зонда 1—2 м; угол выхода рентгеновского излучения 18° . Аналитическими линиями выбраны AgL_α , TeL_α , SnL_α , BiL_α , SeK_α , SK_α ; эталонами — Ag, Te, Sn 100%, PbBi и FeS_2 .

Регистрация излучения производилась пропорциональными счетчиками в режиме селекции с шириной окна 60% от величины порога дискриминации. Шлиф исследуемого образца помещался в гнездо держателя в специальной кювете. Точность установки шлифа в кювете контролировалась при помощи светового отражательного микроскопа и составляла 1—3%, поэтому измерения производились при 2—4-кратных установках каждого шлифа. Время набора числа импульсов на образце, эталоне и фоне (τ) подбиралось таким, чтобы суммарная статистическая ошибка воспроизводимости отсчета не превышала 1%⁽⁶⁾.

Одновременное измерение интенсивности на двух спектрометрах позволило (с применением корреляционного и дисперсионного анализа результатов измерения двух различных компонентов минерала в 30—40 точках) показать, что корреляция содержаний, например Ag и Te, обусловлена только небольшими дефектами поверхности шлифа, вносящими рассеяние 2—3%. Таким образом, неоднородность распределения основных компонентов по содержанию в пределах указанной локальности зонда и качества поверхности шлифа не обнаружено.

Пересчет измеренных интенсивностей в истинные концентрации с учетом разницы состава образца и эталонов производился методом итерации по программе⁽⁷⁾ на БЭСМ-6. Доверительные интервалы ($2Sc/c\sqrt{n}$, (%)) — см. (8)) для концентраций и атомных количеств Ag, Te, Sn и S составляют

* К сожалению, в распоряжении авторов не было образцов с надежно диагностированными выделениями канфилдита.

3; 30; 5 и 1,5 отн. % соответственно. Результаты количественного анализа состава зерен минерала приведены в табл. 2. Химический состав исследованного минерала, рассчитанный по данным количественного анализа из различных зерен, представляется в следующем виде: $\text{Ag}_{7,87}(\text{Bi}_{0,04}\text{Sn}_{0,96})_{1,0}\text{Te}_{1,99}(\text{Se}_{0,007} \cdot \text{S}_{3,80})_{3,87}$. Полученная формула минерала очень близка к теоретическому составу теллуристого канфилдита $\text{AgSnTe}_2\text{S}_4$, в котором одна треть ионов серы замещена на ионы теллура.

Для сравнения в табл. 2 приведен имеющийся в литературе единственный анализ бестеллуристого канфилдита из месторождения Ауллагас, Боливия, в составе которого часть олова замещена германием и железом:

$\text{Ag}_{7,82}(\text{Fe}_{0,04}\text{Ge}_{0,29}\text{Sn}_{0,67})_{1,0}\text{S}_{5,77}$.
Вследствие чрезвычайно мелких размеров зерен минерала не представлялось возможным получить дебаеграмму теллуристого канфилдита. Однако, судя по оптическим свойствам (почти изотропный характер или крайне слабая анизотропия) и широко проявленному замещению серы на теллур, дебаеграмма исследованного минерала должна существенно отличаться от таковой аргиродита*.

Находка данного минерала в тесном парагенезисе с самородным висмутом, пирротинном, селенсодержащим галенимом и другими селен- и теллуросодержащими минералами указывает на то, что образование этой ассоциации на нижних горизонтах вольфрамитового месторождения происходило в восстановительной среде в условиях низкой активности серы в растворах, когда недостаток ионов серы компенсировался вхождением в решетки минералов ионов теллура и частично селена. Между тем на верхних горизонтах того же месторождения преимущественно разви-

* Дебаеграммы канфилдита в литературе нет.

Таблица 2

Химический состав теллуристого канфилдита по данным рентгеноспектрального анализа

Эле- менты	1			2			3			Среднее для 1—3			4			
	%	погр. коэф.	привед. к 100 %	%	погр. коэф.	привед. к 100 %	%	погр. коэф.	привед. к 100 %	%	ат. колич.	формульн. коэф.	привед. к 100 %	ат. колич.	формульн. коэф.	
Ag	63,3	1,151	60,9	59,7	1,068	63,9	60,9	1,080	63,9	62,9	0,583	7,87	74,20	74,66	0,888	7,82
Bi	2,0	1,149	1,9	—	—	—	—	—	—	—	0,003	0,04	—	—	—	—
Fe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ge	9,1	1,591	8,80	7,70	1,488	8,3	7,8	1,508	8,2	8,40	0,071	0,96	—	—	—	—
Sn	19,7	1,680	19,0	17,2	1,581	18,4	17,5	1,602	18,4	18,60	0,146	1,99	—	—	—	—
Te	0,20	0,960	0,20	0,5	0,958	0,5	0,5	0,959	0,5	0,40	0,005	0,07	—	—	—	—
Se	9,6	1,127	9,20	8,3	1,054	8,9	8,6	1,067	9,0	9,0	0,281	3,80	16,22	16,30	0,508	5,77
Σ	103,9	—	100,0	93,5	—	100,0	95,3	—	100,0	—	—	—	99,29	100,0	—	—

Примечание. 1 — обр. № 252/58; точка 1; 2 — обр. № 254/56; точка 2; 3 — обр. № 254/56; точка 1; 4 — канфилдит из месторождения Ауллагас, Боливия (?).

та ассоциация пирит — висмутин, указывающая на более окислительную обстановку рудоотложения.

Вместе с тем парагенезисы минералов, содержащие минералы изоморфного ряда аргиродит — канфилдит, образуются в условиях высокой концентрации серы в растворах, в более окислительной среде. Таким образом, наличие в рудах теллуристого канфилдита в ассоциации с другими мало- или бессернистыми минералами является показателем восстановительной среды минералообразования.

Заметная концентрация в висмут-сфалерит-пирротиновых рудах теллуристого канфилдита и других теллур- и селенсодержащих минералов позволяет рассматривать подобные руды как важное комплексное сырье для получения ряда элементов.

Поступило
21 X 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ P. Ramdor, Die Eramineralien und ihre Verwachsungen, Berlin, 1955. ² Н. Strunz, Mineralogische Tabellen, Leipzig, 1966. ³ Минералы, 1, М., 1960. ⁴ Б. В. Бродин, Зап. Всесоюзн. мин. общ., 88, № 2, 144 (1959). ⁵ Дж. Филиппс, Оптические спектры твердых тел, М., 1968. ⁶ O. Thomas, Ziebold, Anal. Chem., 39, 8, 858 (1967). ⁷ G. Springer, Forsch. d. Mineral., 45, H. 1, 103 (1967). ⁸ К. Дорфель, Статистика в аналитической химии, М., 1969.