вено в касситерите, хромсодержащих включений и минералов титана, а также исключили предположение о возможном загрязнении касситерита техногенным хромом.

Таким образом, наличие минералов Cr и Ti в рудной массе [2], в касситерите и жильном кварце [1], а также содержание до десятых долей процента Cr и Ti в турмалине [6] оловорудных месторождений позволяют еще раз высказать уверенность [7–9] в том, что формирующие их флюиды и растворы поступают с гораздо больших глубин, чем постмагматические растворы, связанные с коровыми гранитоидами.

Дальневосточный геологический институт
Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР, Владивосток

Поступило
22 II 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. *Осипова Г.А., Королев Н.В., Лаврентьев Ю.Г.* – ДАН, 1970, т. 192, № 2, с. 414–416. 2. *Осипова Г.А., Азарова Л.И., Чубаров В.М., Бутенко Л.А.* – ДАН, 1982, т. 266, № 2, с. 439–442. 3. *Королев Н.В., Рюхин В.В., Горбунов С.А.* Эмиссионный спектральный микроанализ. Л.: Машиностроение, 1971, с. 182–192. 4. *Доломанова Е.И., Боярская Р.В., Ракчеев А.Д., Яковлевская Т.А.* В кн.: Типоморфизм минералов. М.: Наука, 1969, с. 128–184. 5. *Осипова Г.А., Азарова Л.И., Бутенко Л.А., Ланкова Т.В.* – Изв. АН СССР. Сер. геол., 1972, № 1, с. 140–146. 6. *Горелинова Н.В., Сверкунова Т.В., Пятков А.Г., Семеняк Б.И.* В кн.: Минералы-индикаторы петрогенеза. Владивосток, 1980, с. 122–143. 7. *Осипова Г.А.* В кн.: Взаимоотношение оруденения и магматизма. М.: Наука, 1970, с. 46–49. 8. *Осипова Г.А.* В кн.: Генезис эндогенной минерализации Дальнего Востока. Владивосток, 1978, с. 74–80. 9. *Игнатова В.Ф., Осипова Г.А.* В кн.: Геохимия вулкано-плутонических ассоциаций и эндогенные месторождения Дальнего Востока. Владивосток, 1977, с. 8.

УДК 549

МИНЕРАЛОГИЯ

Э.М. СПИРИДОНОВ, Л.А. ДЕМИНА, В.А. ДОЛГИХ, Г.М. АНТОНЯН, А.Д. РАКЧЕЕВ, Л.В. БУЛГАК, С.И. ЛЕБЕДЕВА, Т.Н. ЧВИЛЕВА

СМИРНИТ* Bi_2TeO_5 – НОВЫЙ МИНЕРАЛ

(Представлено академиком Ф.В. Чухровым 22 II 1984)

Минерал обнаружен в окисленных рудах в древних горных выработках со следами пожара и остатками обугленной древесины, которые вскрыты карьером Зодского месторождения (Армянская ССР). Смирнит развит в трещинах среди жильного кварца и халцедона с реликтами свинцово-сурьмянистого теллуровисмутита, тетрадимита, волынскита, галенита. Минерал слагает корки на кварце и теллуридах, пластинчатые кристаллы и сростки размером до 2 мм, прозрачные и полупрозрачные, бесцветные, светло-серые и светло-желтые. Иногда в виде агрегатов мелких пластинчатых и таблитчатых зерен смирнит образует псевдоморфозы по теллуровисмутиту и тетрадимиту. В ряде образцов наблюдалось замещение смирнита землистым монтанитом и другими гидратированными теллуратами висмута и лимонитом.

У смирнита развита совершенная спайность по базису и несколько систем

* Минерал назван в честь выдающегося исследователя рудных месторождений академика Владимира Ивановича Смирнова. Минерал и его название утверждены Комиссией по новым минералам Международной минералогической ассоциации 28 февраля и 18 мая 1983 г.

Таблица 1

Химический состав смирнита месторождения Зод, Армянская ССР

Компонент	Мас.%	Ат. кол.ва	Ф. ед.	
Bi	60,9	2914	1,84	2,06
Pb	2,3	110	0,07	
Sb	1,9	156	0,10	
Fe	0,3	53	0,03	
Cu	0,1	15	0,01	
Ag	0,1	9	0,01	
Te	20,7	1622	1,02	
O	12,5	7812	4,92	
Сумма	98,8	12691	8	

отдельности. Минерал хрупкий, характерна сильная анизотропия микротвердости: на разрезе ~(001) $H_{ср}$ = 227 кг/мм^2 (n = 5); на разрезе ~(010) $H_{\parallel\ спайности}$ = = 175 (n = 2), $H_{\perp\ спайности}$ = 213 (n = 2), $H_{ср}$ = 191 (n = 5); на разрезе ~(100) H = 142 (n = 2); в целом H = 142–247, $H_{ср}$ = 198 кг/мм^2, K_H = 1,6 (ПМТ-3, P = = 20–30 г), измерения С.И. Лебедевой. Плотность смирнита 7,78 г/см^3. Минерал плавится без разложения около 900 °С. На солнечном свету смирнит темнеет.

В проходящем свете смирнит напоминает титанит. Минерал сильно анизотропен, оптически двуосный, положительный, с положительным удлинением и прямым погасанием; n_g = 2,46, n_m = 2,36, n_p = 2,35 (λ = 579 нм), измерены А.Д. Ракчеевым с помощью оптического эллипсометра; $n_g - n_p$ = 0,11; $N_g = a$, $Nm = b$, $Np = c$; $2V_{Ng}$ = 35–40°. В отраженном свете смирнит светло-серый и серый (сфалеритоподобный), анизотропный, с бесцветными внутренними рефлексами. Величина отражения R_g и R_p (%) в воздухе: 20,7 и 19,1 (400 нм), 20,5 и 18,8 (420), 20,0 и 18,1 (440), 19,7 и 17,8 (460), 19,4 и 17,5 (480), 19,3 и 17,5 (500), 19,3 и 17,4 (520), 19,2 и 17,4 (540), 19,1 и 17,3 (560), 19,0 и 17,2 (580), 18,8 и 17,0 (600), 18,7 и 16,8 (620), 18,5 и 16,7 (640), 18,3 и 16,5 (660), 18,2 и 16,3 (680), 18,0 и 16,3 (700), 18,0 и 16,2 (720нм), измерены Т.Н. Чвилевой на микроспектрорефлектометре "Блеск".

Химический состав смирнита определен Э.М. Спиридоновым с помощью электронного микрозонда "Camebax" при ускоряющем напряжении 25 кВ; в качестве эталонов использованы синтетические Bi_2TeO_5, Pb_3O_4, Sb_2O_3, Fe_2O_3, Cu_2O, Ag_2Te. Химический состав смирнита (среднее по 4 зернам из двух образцов) (табл. 1) рассчитан методом последовательных приближений по программе "Карат". Химический состав близок к Bi_2TeO_5. Эмпирическая формула минерала, рассчитанная на 8 атомов, $(Bi_{1,84}Pb_{0,07}Sb_{0,10}Fe_{0,03}Cu_{0,01}Ag_{0,01})_{2,06}Te_{1,02}O_{4,92}$. Спектральным анализом в смирните обнаружены следы Ca, Mn, Ni, Co, Ti, Zn, Cd, Hg.

Рентгенограммы порошка смирнита идентичны синтетической фазе Bi_2TeO_5 [4, 7, 10], ромбической $Cm2a$, a_0 = 16,443 Å, b_0 = 5,522, c_0 = 11,615, Z = 8. Сильнейшие отражения рентгенограммы: 3,23 Å (10) (312) – 2,89 (6) (004) – 2,75 (2) (020) – 2,74 (2) (600) – 1,996 (3) (024) – 1,992 (3) (604) – 1,944 (2) (620) – 1,668 (2) (332) – 1,662 (2) (912); параметры элементарной ячейки смирнита a_0 = 16,447 ± 0,019 Å, b_0 = 5,513 ± 0,003, c_0 = 11,579 ± 0,015, Z = 8 (табл. 2). Рентгенограммы Bi_2TeO_5 родственны δ-Bi_2O_3 и β-Bi_2O_3, структуры которых можно рассматривать как производные от структурного типа флюорита; атомы висмута в окислах расположены по местам плотнейшей кубической упаковки, а атомы кислорода занимают позиции, близкие к положениям части тетраэдрических пустот [8, 9]. Большое количество

Таблица 2

Рентгенограммы смирнита и синтетической фазы Bi_2TeO_5 [4]

hkl	Смирнит*			Синтетический Bi_2TeO_5		
	I	$d_{изм}$	$d_{расч}$	*I*	$d_{изм}$	$d_{расч}$
001	7	11,54	11,58	5	11,66	11,62
200	3	8,26	8,22	5	8,27	8,22
201	3	6,63	6,70	2	6,68	6,71
112	3	3,880	3,880	2	3,887	3,888
003	4	3,862	3,860		–	3,872
312	100	3,226	3,227	100	3,232	3,232
004	60	2,890	2,894	50	2,901	2,903
020	23	2,750	2,756	80	2,755	2,760
600	24	2,743	2,741	80	2,743	2,741
314	4	2,320	2,322	8	2,334	2,327
421	1	2,242	2,246	5	2,251	2,248
422	1	2,133	2,129	2	2,130	2,132
024	30	1,996	1,996	50	2,002	2,001
604	28	1,992	1,990	50	1,993	1,993
620	16	1,944	1,944	80	1,943	1,945
316	27	1,727	1,729	10	1,731	1,733
332	20	1,668	1,668	50	1,670	1,671
912	19	1,662	1,662	50	1,662	1,662
624	13	1,613	1,614	10	1,617	1,616
008	9	1,449	1,447		–	1,452
040	2	1,379	1,378	5	1,380	1,380
626	3	1,370	1,369	5	1,372	1,372
042	1	1,339	1,340	5	1,344	1,343
916	10	1,290	1,290	5	1,292	1,292
932	5	1,264	1,265	10	1,265	1,265
044	3	1,2455	1,2455	5	1,246	1,246
	a_0, Å	16,447 ± 0,019		16,443 ± 0,016		
	b_0, Å	5,513 ± 0,003		5,521 ± 0,003		
	c_0, Å	11,579 ± 0,015		11,615 ± 0,012		
	V, Å^3	1049,8		1054,3		
	$d_{рентг}$, г/см^3	7,72		7,82		
	$d_{изм}$, г/см^3	7,78		7,85		

*Условия съемки: дифрактометр ДРОН-1,5; Co-антикатод; 1° θ = 4 см на диаграмме; внутренний стандарт – германий; параметры элементарной ячейки рассчитаны методом наименьших квадратов по всей совокупности отражений. Аналитик Э.М. Спиридонов.

свободных кислородных вакансий и их упорядочение в Bi_2TeO_5 приводят к искажению и усложнению идеальной ГЦК-решетки, атомы теллура упорядоченно занимают 1/3 положений в металлической "висмутовой" подрешетке [4]. Структура Bi_2TeO_5 в направлении оси *c* состоит из чередования слоев $[Bi_2O_2]^{2+}$ и слоев искаженных тетраэдров $[TeO_4]$, где один из атомов кислорода расположен на гораздо большем расстоянии, чем три других. Такая координация теллура характерна для большинства нормальных теллуритов и подтверждается наличием в ИК-спектре Bi_2TeO_5 полос поглощения в той же области (600–800 см$^{-1}$), что и для теллуритов Na_2TeO_3, $ZnTeO_3$, $CuTeO_3$. Ромбическая ячейка Bi_2TeO_5 – результат деформации гранецентрированной кубической решетки вдоль трех четверных осей L_4 [3]. Рентгеновская плотность смирнита несколько ниже, чем у Bi_2TeO_5 (7,81 и 7,89 г/см^3 соответственно).

Помимо зоны окисления месторождения Зод, первичные руды которого богаты теллуридами висмута [1], смирнит диагностирован рентгенометрически среди желтых охр — продуктов окисления тетрадимита и теллуровисмутита, которыми богаты кварцевые жилы месторождения Северное Аксу в Северном Казахстане [6], а также среди прозрачных корочек и натеков — продуктов окисления верлита из рудопроявлений Закарпатья [5].

Типичный образец находится в Минералогическом музее АН СССР им. А.Е. Ферсмана, Москва.

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Зодская геологоразведочная экспедиция

Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана
Академии наук СССР

Институт минералогии, геохимии и
кристаллохимии редких элементов
Москва

Поступило
24 II 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. *Амирян Ш.О., Фарамазян А.С.* Минералогия, геохимия и условия образования рудных месторождений Армянской ССР (Зод, Каджаран). Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1974, 253 с. 2. *Демина Л.А., Долгих В.А., Поповкин Б.А., Новоселова А.В.* — ДАН, 1979, т. 224, с. 94–97. 3. *Демина Л.А. и др.* Тез.докл. XX Всес. сов. по сегнетоэлектричеству. Ростов-на-Дону, 1979, ч. 2, с. 152. 4. *Демина Л.А.* Физико-химическое исследование некоторых фаз разрезов тройных систем Me–Te–O (Me = Sb, Bi), Канд. дис., МГУ, 1980. 5. *Лазаренко Е.К. и др.* Минералогия Закарпатья. Львов: Изд-во Львовск. ун-та, 1963. 614 с. 6. *Спиридонов Э.М. и др.* Тр. Мин. музея АН СССР, 1978, вып. 26, с. 120–139. 7. *Frit B., Jaymes M.* — Rev. chim. minérale, 1972, vol. 9, p. 837–844. 8. *Gattow G., Schroder H.* — Z. anorg. u. allgem. Chem., 1962, Bd. 318, S. 176–189. 9. *Gattow G., Schutze D.* — Ibid., 1964, Bd. 328, S. 44–68. 10. *Perez G., Hagenmuller P.* — Rev. chim. minérale, 1971, vol. 8, p. 453–461.