

- Синдеева Н. Д. (1959). Минералогия, типы месторождений и основные черты геохимии селена и теллура. АН СССР.
- Berry L. G., Thompson R. M. (1962). X-ray powder data for ore minerals: the Peacock atlas. Geol. Soc. Amer., v. 85.
- Duncumb P., Shields P. K. (1966). Effect of critical excitation potential on the absorption correction. Electron Microprobe. N. Y.
- Heinrich K. F. I. (1966). X-ray absorption uncertainty. Electron Microprobe. N. Y.
- Himstra S. A. (1956). An easy method to obtain X-ray diffraction patterns of small amounts of material. Amer. Miner., v. 41, N 5—6.
- Markham N. L. (1960). Synthetic and natural phases in the system Au—Ag—Te. Econ. Geol., v. 55, N 6—7.
- Reed S. I. B. (1965). Characteristic fluorescence corrections in electron microanalysis. Brit. J. Appl. Phys., v. 16.
- Stillwell F. L. (1953). Tellurides in Western Australia. In: Publications of the 5th Empire mining and metallurgical congress of Australia and New Zealand. V. 1. Melbourne.

УДК 549.31/32

А. Г. ЛИПОВЕЦКИЙ, Ю. С. БОРОДАЕВ, Е. Н. ЗАВЬЯЛОВ

АЛЕКСИТ $PbBi_2Te_2S_2$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

Алексит (aleksite) — минерал назван по месту находки — обнаружен в рудах Алексеевского рудопроявления (Сутамский р-н, Становой хребет). Относится к группе свинцово-висмутовых сульфотеллуридов. Первоначально описан под условным названием «минерал D» (Липовецкий и др., 1976).

В сульфидно-кварцевых жилах рудопроявления алексит встречается вместе с минералами золото-теллуридной ассоциации поздней рудной стадии: галенитом, золотом (рис. 1), алтаитом, тетрадимитом, тсумаитом (рис. 2), раклиджитом и другими теллуридами. Зерна имеют пластинчатую форму и размер до 1 мм. В отраженном свете алексит светло-серый, несколько темнее тетрадимита. Имеет слабый зеленоватый оттенок, хорошо заметный в сростании с тсумаитом, у которого слабый кремевый оттенок. При скрещенных николях слабо анизотропен, в иммерсии наблюдаются блеклые цветные эффекты анизотропии в коричневато-красных тонах. Алексит имеет следующие значения коэффициента отражения (R_g , %) для различных длин волн,² нм: 460 — 51.4, 480 — 51.8, 500 — 52.7, 520 — 52.8, 540 — 53.2, 560 — 53.1, 580 — 53.4, 600 — 53.9, 620 — 53.9, 640 — 54.2, 660 — 54.5, 680 — 54.4, 700 — 54.9, 720 — 55.1, 740 — 55.6. Сопоставление кривых дисперсии отражения алексита и некоторых сульфотеллуридов висмута (рис. 3) показывает, что кривая алексита располагается ниже, чем кривые тетрадимита и жозеита А, и отличается от них по форме. Кривая дисперсии отражения алексита возрастает во всем измеренном интервале длин волн, но имеет менее крутой наклон, чем кривая жозеита А, и в отличие от кривой тетрадимита она не имеет пологого максимума в желтой области спектра.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов (КНМ) Всесоюзного минералогического общества 6 июля 1977 г. Утверждено КНМ Международной минералогической ассоциации 19 октября 1977 г.

² Спектр отражения алексита измерен Л. Н. Вяльсовым на приборе «ПИОР». Условия измерения: объектив 3в фирмы Лейтц с эффективной апертурой 0.1, направление колебаний поляризатора перпендикулярно плоскости падения, диаметр фотометрируемого участка 10 мкм, опорный эталон — пирит, аттестованный в НФЛ (Англия). Относительная погрешность измерения ± 2 отн.%. Отражение алексита измерено на неориентированном сечении (обр. 111).

Алексит имеет совершенную спайность в одном направлении по (0001), как и другие слоистые сульфотеллуриды висмута. Твердость 51 ± 8 кгс/мм² (ПМТ-3, нагрузка 20 гс, 6 замеров). Анизотропия твердости незначительна —

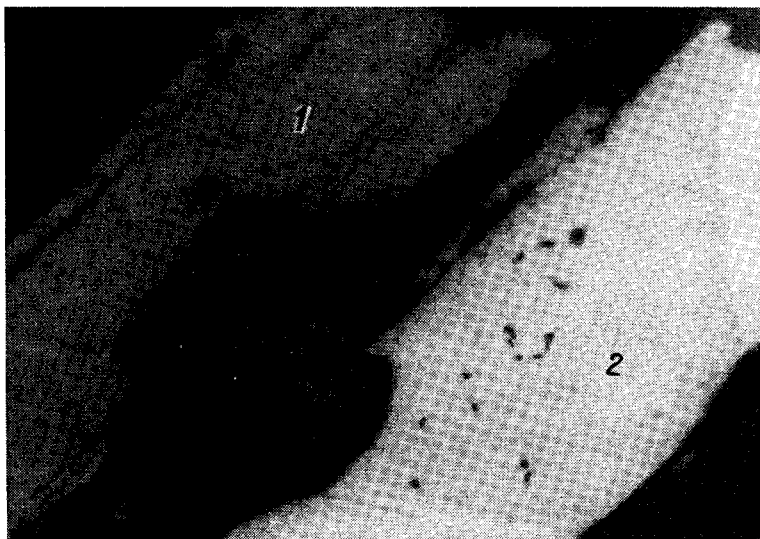


Рис. 1. Срастание алексита — зерно со спайностью (1) — и самородного золота (2). Черное — пластмасса. Полир. шлиф. Увел. 60.

K_H не превышает 1.1. Рельеф низкий, близок к рельефу тетрадимита. Полируется плохо, из-за низкой твердости трудно избавиться от царапин.

Химический состав алексита определен методом микрорентгеноспектрального анализа (табл. 1). Сканирование электронным зондом показало,

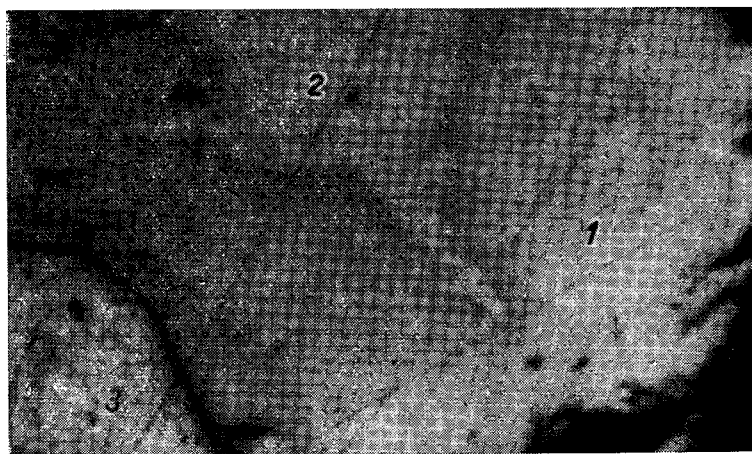


Рис. 2. Алексит (1) в срастании с тсуманитом (2) и самородным золотом (3). Полир. шлиф. Увел. 60.

что исследованные зерна однородны по составу. Химический состав двух образцов практически идентичен. Формула алексита близка к $PbBi_2Te_2S_2$, но содержание висмута и теллура несколько выше, а свинца и серы несколько ниже, чем в стехиометричном соединении этого состава. Для

сравнения в этой таблице приведен также состав тетрадимита из Алексеевского рудопоявления, содержащего незначительное количество свинца.

Анализ состава некоторых фаз сульфотеллуридов Pb и Bi, известных в настоящее время (табл. 2), показывает значительную вероятность существования области с изоморфным замещением компонентов в этом поле фазовой диаграммы. В этом случае формула алексита может быть представлена в виде $(Pb, Bi)_3 (Te, S)_4$, где атомное отношение Pb : Bi близко к 1 : 2, а Te : S к 1 : 1.

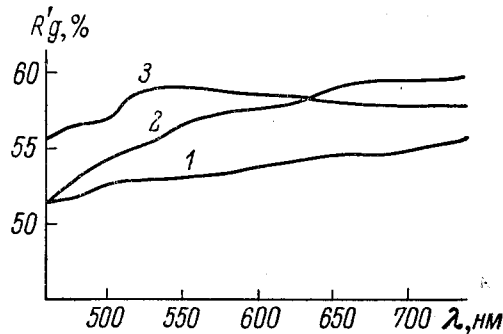


Рис. 3. Кривая отражения алексита (1) $R'g$ в сравнении с кривыми $R'g$ жозеита А (2) и тетрадимита (3) по данным Л. Н. Вальсова (1973).

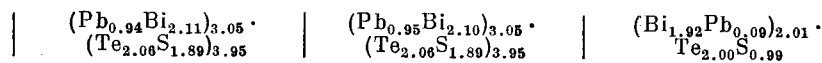
Рентгеновские данные алексита получены методом Дебая—Шеррера. Пробы для рентгеновского изучения были приготовлены из двух образцов методом С. Химстра (Hiemstra, 1956) из исследованных на микроанализаторе участков. С препаратов снято по несколько дебаеграмм, каждая из которых рассчитана. Дифракционная картина на дебаеграммах алексита

Т а б л и ц а 1

Химический состав алексита и тетрадимита

Элемент	Алексит						Тетрадимит		
	обр. 111			обр. 122			вес. %	атомные количества	атомные отношения
	вес. %	атомные количества	атомные отношения	вес. %	атомные количества	атомные отношения			
Pb	20.3	0.0980	0.942	20.5	0.0989	0.952	2.7	0.0130	0.092
Bi	46.0	0.2201	2.115	45.5	0.2177	2.096	55.6	0.2661	1.917
Te	27.3	0.2139	2.055	27.3	0.2139	2.060	35.5	0.2782	2.003
S	6.3	0.1965	1.888	6.3	0.1965	1.892	4.4	0.1372	0.988
С у м м а	99.9		7.000	99.6		7.000	98.2		5.000

Ф о р м у л а



Пр и м е ч а н и е. Анализ выполнен на рентгеновском микроанализаторе JXA-5. Ускоряющее напряжение 25 кВ. Аналитические линии: $S_{K\alpha}$, $Te_{L\alpha}$, $Pb_{M\alpha}$, $Bi_{M\alpha}$. В качестве эталонов для Bi и Te использовали чистые элементы, для Pb и S — галенит. При расчете содержаний компонентов вводили поправки на атомный номер и поглощение (Springer, 1967). Массовые коэффициенты поглощения взяты из работы К. Хайнриха (Heinrich, 1966). При расчете концентраций использован метод гипотетического состава и последовательных приближений. Ag, Sb и Se не обнаружены.

существенно отличается от таковой тетрадимита, но по сильным и средним линиям близка к дифракционной картине жозеита А (табл. 3). На рентгенограммах алексита отсутствуют только две линии жозеита А, одна из которых достаточно интенсивна — 1.899 (2), и присутствует 31 дополнительная линия.

Индексирование межплоскостных расстояний алексита и определение параметров элементарной ячейки проведены на основании общих закономерностей, известных для слоистых структур теллуридов и сульфотеллу-

Таблица 2

Химический состав, вес.%, свинцово-висмутовых сульфотеллуридов
(по литературным данным)

Элемент	1	2	3	4
Pb	13.39	10.7	18.3	40.7
Bi	53.65	52.2	46.0	36.2
Ag	—	—	0.53	—
Sb	0.07	—	0.14	—
As	0.08	—	—	—
S	7.24	5.5	4.6	6.0
Se	0.41	—	8.1	—
Te	24.47	30.9	21.4	18.0
Сумма	99.56	99.3	99.07	100.9

Формулы

- 1 — $(\text{Pb}_{0.60}\text{Bi}_{2.40}\text{Sb}_{0.01}\text{As}_{0.01})_{3.02}(\text{Te}_{1.82}\text{S}_{2.11}\text{Se}_{0.05})_{3.98}$
 2 — $(\text{Pb}_{0.51}\text{Bi}_{2.44})_{2.95}(\text{Te}_{2.37}\text{S}_{1.68})_{4.05}$
 3 — $(\text{Pb}_{0.85}\text{Bi}_{2.11}\text{Ag}_{0.05}\text{Sb}_{0.01})_{3.02}(\text{Te}_{1.61}\text{S}_{1.38}\text{Se}_{0.99})_{3.98}$
 4 — $(\text{Pb}_{1.13}\text{Bi}_{0.99})_{2.12}(\text{Te}_{0.81}\text{S}_{1.07})_{1.88}$

Примечание. 1 — «свинцовый тетрадимит — чикловант» (Plimer, 1974); 2 — «минерал С» (Липовецкий и др., 1976); 3 — «высоко-Te фаза» (Czarnanske, Hall, 1975); 4 — фаза без названия (Guha, Darling, 1972). Формулы рассчитаны нами.

ридов висмута (Strunz, 1963; Стасова, Карпинский, 1967; Завьялов и др., 1976). Рентгенограммы этих соединений сходны по набору наиболее интенсивных отражений, что обусловлено гомотипией их структур, но по средним и слабым сверхструктурным рефлексам они различаются. Каждый вид сверхструктуры характеризуется определенным количеством слоев в элементарной ячейке, а следовательно, и определенным параметром c_0 . Количество слоев в элементарной ячейке зависит от положения атомов металла и халькогена, их количественного соотношения и суммы атомов в химической формуле. По-видимому, именно одинаковая сумма атомов в химической формуле, равная семи у алексита и жозеита А, определяет сходство рентгенограмм этих сульфотеллуридов. Рентгеновские линии на дебаеграммах алексита проиндексировались в тригональной сингонии. Параметры элементарной ячейки, вычисленные при помощи ЭВМ методом наименьших квадратов: $a_0 = 4.238 \pm 0.001$, $c_0 = 79.76 \pm 0.02$ Å. Отсюда количество слоев в элементарной ячейке равно 42, $Z=6$, $V_0 = 1242$ Å³, $\rho_{\text{вычисл.}} = 7.80$ г/см³. Причиной удвоения c_0 и Z алексита по сравнению со значениями этих величин жозеита А ($c_0 = 39.77$ Å, $Z=3$) явилось то, что семь слабых сверхструктурных рентгеновских линий алексита, отмеченных в табл. 3, не индексировались в параметре c_0 , близком к параметру жозеита А. Это связано, по-видимому, с присутствием свинца и особенностями его распределения в структуре. Индексы некоторых рентгеновских линий, отмеченные в табл. 3, не удовлетворяют закону погасания пространственной группы $R\bar{3}m$, к которой принадлежит жозеит А. По-видимому, структура алексита характеризуется не ромбоэдрической, а примитивной элементарной ячейкой.

Химический состав алексита может быть сопоставлен с составом описанных в литературе четырех минеральных фаз сульфотеллуридов висмута, содержащих значительное количество свинца (табл. 2), но недостаточно изученных и не охарактеризованных рентгеновскими данными из-за крайне малых размеров зерен. Для них всех известны только химический

