

Э. А. ДУНИН-БАРКОВСКАЯ, Г. А. АРАПОВА,
Л. Н. ВЯЛЬСОВ, С. И. ЛЕБЕДЕВА, Ю. В. БОРОДИН

ТЕТРАДИМИТ И УСЛОВИЯ ЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

Тетрадимит относится к редким минералам. В Советском Союзе он описан лишь в нескольких месторождениях (Щербина, 1940; Поваренных, 1952; Минералы ..., 1960). Однако имеются также указания, что тетрадимит в незначительных количествах встречается в некоторых висмутовых, золоторудных, медных и свинцово-цинковых эндогенных месторождениях Средней Азии (Аполлонов, 1964, 1966; Бадалова и др., 1969; Дунин-Барковская, Бородин, 1970; Мясников, 1951; Маркова, Королева, 1966; Нечелюстов и др., 1969; Нечелюстов, 1970; Тимофеева, Андреев, 1966; Дунин-Барковская, 1973, и др.).

В Узбекистане в последнее десятилетие открыто несколько медно-висмутовых рудопроявлений (Узумлек, Новое, Ташкескен, Юрино и др.), в которых тетрадимит является одним из главных рудных минералов и может иметь практическое значение.

Нами получены новые данные об условиях образования тетрадимита, его физических свойствах и химическом составе. Впервые в Советском Союзе найдены свинец- и селенсодержащие разновидности этого минерала.

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ПАРАГЕНЕЗИСЫ

Акцессорный тетрадимит обнаружен в протолочке кварцевых порфиров $P_2 - T_1$ в количестве 0,2 г/т в северо-восточной части Кураминского хребта (устное сообщение Р. Г. Юсупова). В пегматитах Баркрака (Узбекистан) чешуйки тетрадимита встречены нами в выделениях самородного висмута, расположенных между кристаллами кварца, полевых шпатов, различных слюд и редкометальной минерализации. Самородный висмут и тетрадимит образовались в пегматитах на поздних стадиях процесса.

Среди скарных месторождений тетрадимит встречается в шеелитовых месторождениях (Лянгар и Ингичке в Западном Узбекистане), в магнетит-халькопирит-молибденитовом (Южный Янгикан в Кураминском хребте, Таджикистан), в золото-халькопирит-молибденитовых с платиноидами рудах (Курутегерек в Чаткальском хребте, Киргизия), в шеелит-виттихенит-тетрадимитовых (Ташкескен II, Кошмансай II в Чаткальском хребте, Узбекистан), в галенит-сфалеритовом месторождении (Кошмансай, Чаткальский хребет).

В Лянгаре тетрадимит наблюдался (Мясников, 1951) в тесном сростании с висмутом, образовавшемся в результате распада твердого раствора в поздних кварц-кальциевых прожилках с золотом и молибденитом. В Ингичке Н. В. Лиденмайер установила тетрадимит в позднем галените. В Южном Янгикане он встречен (Нечелюстов и др., 1969) в верхних участках место-

рождения в золото-теллуридной ассоциации (жозеит, теллурувисмутит, халькопирит, золото и др.), являющейся одной из поздних, а в Кошмансае — в галените (Аполлонов, 1964). В Курутегереке включения тетрадимита, теллурувисмутита, висмута, золота, порпечита, поликсена и др. находятся в халькопирите (Тимофеева, Андреев, 1966). Образование тетрадимита в скарновых месторождениях произошло в поздние стадии гидротермального процесса.

В гидротермальных месторождениях тетрадимит встречается в более заметных количествах, но также как один из поздних минералов. В кварцевых жилах Тоялмыша (Киргизия) тетрадимит наблюдался (Поваренных, 1952) в виде отдельных чешуек и гнезд. Он замещает кварц, арсенопирит, пирротин, пирит и сфалерит, выполняя интерстиции между зернами, трещинами и содержит эмульсионные выделения халькопирита, висмута и золота, близкие с ним по времени образования. В кварцевых жилах из грейзенов Акбулака (Чаткальский хребет в Киргизии) описан тетрадимит в виде отдельных чешуек, гнезд и прожилков. Он замещает

Рис. 1. Чешуйки тетрадимита (белое) в ассоциации с турмалином (черное) в кварцевой жиле. Рудопроявление Верхняя Куянда, обр. 1642. Natur. вел.



кварц, топаз и пирит, проникает по плоскостям спайности в мусковит, а во флюорите образует пойкилитовые вростки. Включения самородного висмута в тетрадимите рассматриваются как результат распада твердого раствора. Наблюдается антагонизм между висмутином и тетрадимитом (Поваренных, 1952).

В золоторудных кварцевых жилах Кочбулака и Бургунды, по данным Э. А. Марковой, Н. Н. Королевой и И. М. Голованова, тетрадимит и другие теллуриды висмута и золота приурочены к блеклой руде, являющейся основным концентратом висмута и золота. М. И. Моисеева приводит следующую последовательность выделения минералов висмута: висмутин, галеновисмутит, тетрадимит, жозеит, волинскит, теллурувисмутит и самородный висмут. Общая закономерность последовательности минералотложения в золоторудных месторождениях: сульфиды, сульфосоли, теллуриды, самородные элементы. Э. А. Маркова считает, что тетрадимит образуется после висмутина и жозеита, но до теллурувисмутита, волинскита и самородного висмута. Теллуриды висмута образуются в золоторудных месторождениях раньше теллуридов серебра и золота (Бадалова и др., 1969). В золото-медно-молибденитовом месторождении Дальнее Алмалыкского рудного поля мелкие включения тетрадимита установлены И. М. Головановым в пирите. Образование тетрадимита им предполагается после молибденита и халькопирита, в кварц-золото-полисульфидной ассоциации.

В кварцевой жиле среди гранитоидов сая Верхняя Куянда в Кураминском хребте пластинки тетрадимита размером до 3 мм находятся в ассоциации с турмалином, жильбертитом и халькопиритом, располагаясь в кварце полосчато вдоль трещин (рис. 1). На Ангренском плато по перифе-

рии Суюксуйского рудного поля тетрадимит встречается (размер чешуек — 2 мм) с халькопиритом, пиритом и самородным золотом в малосульфидных жилах среди грейзенизированных гранитов (Юрино) и в кварцевых прожилках среди эффузивов, находясь в ассоциации с халькопиритом, пиритом, иногда с висмутином, самородным золотом и висмутом. В количественном отношении тетрадимит преобладает над остальными минералами. Прожилки с тетрадимитом рекомендованы как поисковый критерий на залегающие ниже кварцевые жилы с висмутином и на еще ниже вкрапленное медно-молибденовое оруденение в прожилках (Дунин-Барковская, Бородин, 1970). Пластинки тетрадимита наблюдались Э. А. Дунин-Барковской в висмутине из кварц-флюоритовых жил среди гранитов Кандаган-сая.

Наиболее крупные скопления тетрадимита (до 2—3 см в поперечнике) встречены В. П. и К. К. Пономаревыми и Э. А. Дунин-Барковской в зонах гидротермальной пропилитизации среди эффузивов (P₁) хребта Майгашкан (Узумлек, Новое) и В. Н. Апполоновым и И. М. Головановым в турмалиновых метасоматитах среди гранодиоритов Чаткальского хребта

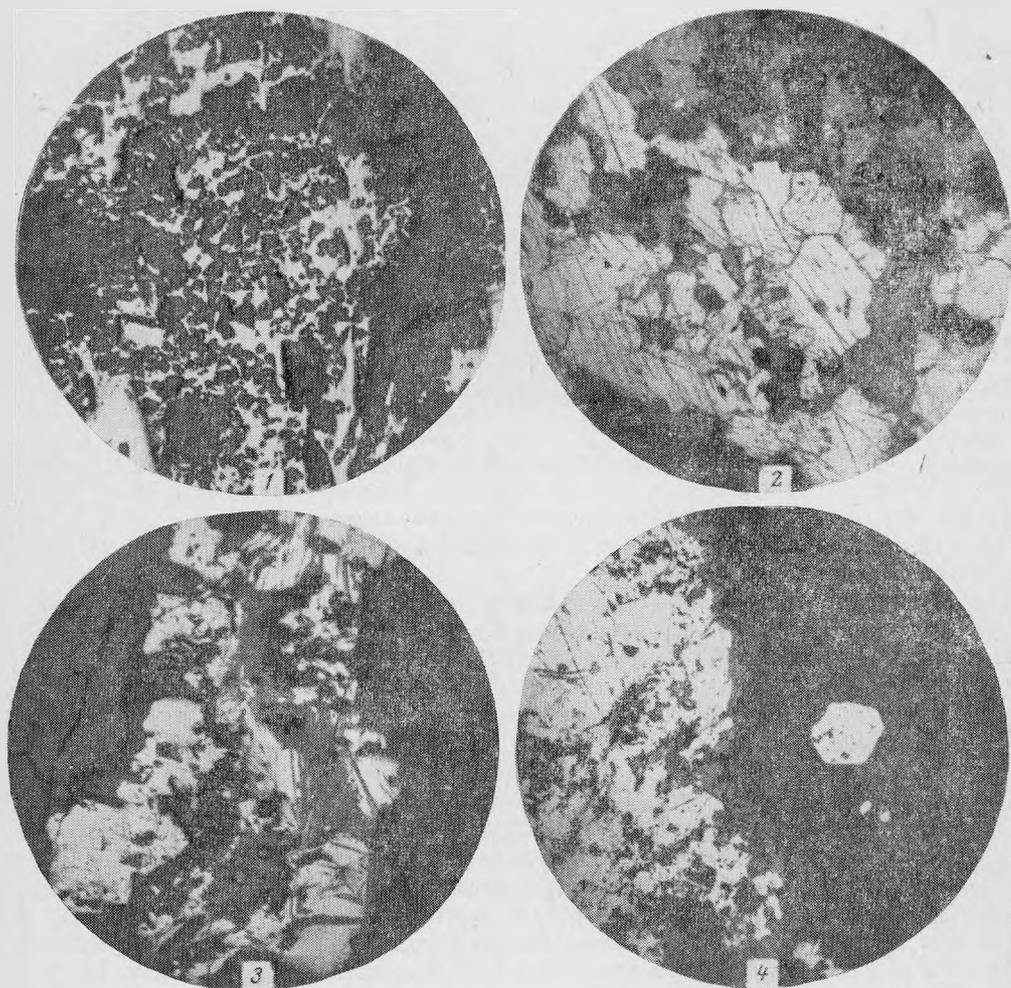


Рис. 2. Тетрадимит (белый) из Майгашканского рудного поля

1 — метасоматическое развитие по кварц-хлоритовой породе; 2 — образование гнезд из крупных чешуек (рудопоявление Новое), 3 — замещение монтанитом (темно-серое), 4 — образование гнезд и монокристаллов в халцедоновидном кварце на месторождении Узумлек. Полир. шлифы

(Ташкескен)¹. На рудопроявлении Новое тетрадимит в ассоциации с халькопиритом и редко с самородным золотом слагает прожилки в кварц-альбит-гематит-хлоритовой породе (рис. 2). На месторождении Узумлек тетрадимит образует гнезда и монокристаллы в буровато-розовом халцедоновидном кварце, корродирует кристаллы пирита и халькопирита и содержит иголки риккардита, по-видимому, близкие с ним по времени выделения. В более поздних калишпат-гематитовых прожилках между зернами калишпата и пластинками гематита рассеяны чешуйки тетрадимита совместно с халькопиритом и изредка — висмутином. На месторождении Ташкескен И. М. Голованов выделяет хлорит-айкинитовую минеральную ассоциацию с тетрадимитом, распространенную в кварц-гематит-калишпат-турмалиновой породе с шеелитом и халькопиритом.

Приведенные данные показывают, что тетрадимит входит в ассоциацию с сульфидами меди (реже свинца или висмута), теллуридами золота, серебра, висмута (иногда меди) и самородными элементами (Ві, Аu, иногда платиноидами), а из нерудных минералов с кварцем, хлоритом, калишпатом, альбитом, турмалином, серицитом, флюоритом и др. Наблюдается следующая закономерность: отложение тетрадимита и других теллуридов висмута, серебра и золота происходит после сульфидов или сульфосолей меди и висмута, халькопирита или блеклой руды, айкинита, витигенита и др. и завершается самородными металлами (Ві, Аu, платиноидами).

МОРФОЛОГИЯ, РАЗМЕР ЗЕРЕН И СПАЙНОСТЬ ТЕТРАДИМИТА

Обычно тетрадимит находится в виде единичных пластинчатых кристаллов или тонких чешуек размером от 0,01 до 2 мм, или их сростков. В прожилках Узумлека встречаются гнезда до 3 см в поперечнике, сложенные мелкозернистым (до 0,5 мм) агрегатом тетрадимита. Чешуйки и кристаллы тетрадимита толще, чем у жозеита, и расщепляются на более грубые пластинки, что является хорошим диагностическим признаком их отличия. Расщепление происходит по спайности (0001) параллельно базисному срезу. Более грубое расщепление у тетрадимита вероятно обусловлено тем, что в его решетке меньше слоев (15), чем у жозеита (21).

М и к р о т в е р д о с т ь. Микротвердость тетрадимита измерена на приборе ПМТ-3 при нагрузке 5—10 г по общепринятой методике (Лебедева, 1963).

Таблица 1

Микротвердость тетрадимита Средней Азии

Месторождение	№ образца	Пределы колебаний H , кг/мм ²	Среднее значение $H_{ср}$, кг/мм ²
Узумлек	2398	46—54	50
Кошмансай II	1154	67—74	70
Верхняя Куянда	1642	34—62	48
Юрино	1749	40—51	45
Справочные данные (Лебедева, 1963)		36 (⊥ удл.) 69 (удл.)	

Все тетрадимиты по твердости оказались близкими. Размеры отпечатков удовлетворяют стандартным требованиям: $d \approx 15—18$ мк. Значения микротвердости (H) находятся в пределах 34—74 кг/мм²; среднее значение $H = 53$ кг/мм² (табл. 1). Тетрадимиты обладают анизотропией твердости I и II рода; коэффициенты анизотропии, рассчитанные на основе статистических замеров микротвердости в различных неориентированных сечениях минерала: $K'_{H_1} = 1,54$; $K'_{H_2} = 1,24$.

¹ Некоторые сведения о геологическом строении месторождений и составе руд приведены нами ранее (Бадалов и др., 1971).

Значения R для тетрадимита из Средней Азии в %

№ образца	R	Длина волны, н.м															
		440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680	700	720	740
1154 _I	Rg	55,1	55,3	56,7	56,8	57,5	58,7	58,9	58,6	58,3	58,0	58,1	57,8	57,7	57,6	57,7	57,7
	Rm	48,0	48,2	49,5	49,8	51,5	52,3	52,3	52,3	52,3	51,9	52,0	51,9	51,8	51,7	51,2	51,4
1154 _{II}	Rg'	54,0	54,8	55,8	56,5	57,2	58,1	58,5	58,4	58,3	57,9	57,5	57,4	57,2	57,0	57,0	57,0
	Rm	47,2	48,4	49,7	50,4	51,8	52,4	52,3	52,3	52,3	52,2	52,2	52,0	51,7	51,4	51,0	50,8
1642	Rg'	53,0	54,0	55,2	55,7	56,5	57,5	57,9	58,0	57,8	57,5	57,2	56,8	56,7	56,4	56,2	56,1
	Rm	47,0	48,5	49,8	50,3	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	51,8	51,7	51,5	51,3	51,0	50,5	50,2
1749	Rg'	52,0	53,2	54,4	55,1	56,2	57,0	57,3	57,4	57,2	57,0	56,5	56,2	55,9	55,3	55,7	55,6
	Rm	46,5	47,2	48,6	49,2	50,0	51,0	51,0	50,9	50,9	50,8	50,8	50,7	50,6	50,4	50,3	49,8
23986	Rg'	51,0	52,3	53,8	54,2	55,7	56,4	56,5	56,5	56,5	56,4	56,0	55,7	55,5	55,5	55,5	55,6
	Rm	47,8	48,0	49,6	49,9	51,4	52,5	52,5	52,4	52,4	52,5	52,4	52,2	52,0	51,7	51,4	51,1

Условия измерений: установка «ПИОР», объектив 36, направление колебаний поляризатора перпендикулярно плоскости падения света, частота излучения — 3А; диаметр освещаемого участка — 20 μ ; фотометрируемый участок 10 μ , опорный эталон — пирит.

Анализируемый материал: Обр. № 1154_I и 1154_{II} из скарнов Кошмансай II; обр. 1642 — из кварцевой жилы Верхней Куянды; обр. 1749 — из кварцевой жилы рудопоявления Юрино; обр. 23986 — из калишпат-гематит-хлоритовой метасоматической породы рудопоявления Новое.

Тетрадимит хорошо полируется в сечениях параллельно плоскости (0001) и хуже — в перпендикулярном направлении.

Оптические свойства. Микроскопически тетрадимит темно-серого цвета с сильным металлическим блеском, непрозрачный.

В полированных шлифах в отраженном свете он желтовато-белый. Двухотражение слабое. Анизотропия отчетливая с цветными эффектами серовато-коричневатых тонов. Спектры отражения тетрадимитов (рис. 3, табл. 2)

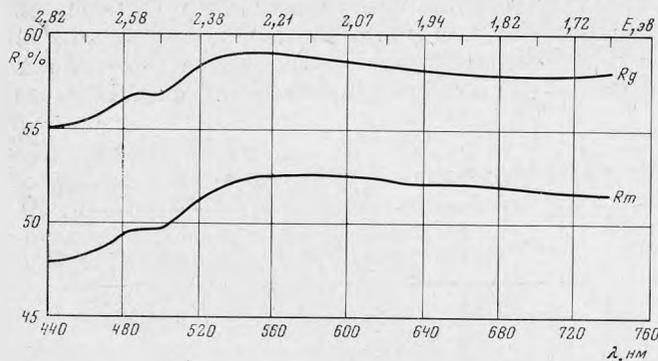


Рис. 3. Спектры отражения тетрадимита из Средней Азии

исследовались на установке «ПИОР». Статистические измерения позволили установить, что тетрадимит оптически одноосный, положительный. Значения Rm для тетрадимитов из разных месторождений довольно близки и лежат в пределах точности измерений (3% отн.). Вариации значений Rg обусловлены исследованием различно ориентированных сечений. Спектры отражения тетрадимита имеют относительно простую структуру. В области 520—600 н.м отмечается широкий гребень, затем значения R монотонно убывают. Кривые Rg и Rm идут параллельно и дисперсия двухотражения практически отсутствует.

Химический состав. Изучен тетрадимит из месторождений разных генетических типов: обр. 1154 из пироксеновых скарнов с шеелитом (Кошмансай II) и обр. 1642 из кварцевой жилы с турмалином (верхняя Куянда). Материалом для химического анализа служили чешуйки тетрадимита, находящиеся в тончайших прорастаниях с кварцем или пироксе-

Рис. 4. Тетрадимит (белое) в скарне, метасоматически развивающийся по пироксену. Рудопроявление Кошмансай-II, обр. 1154. Полир. шлиф, увел. 64

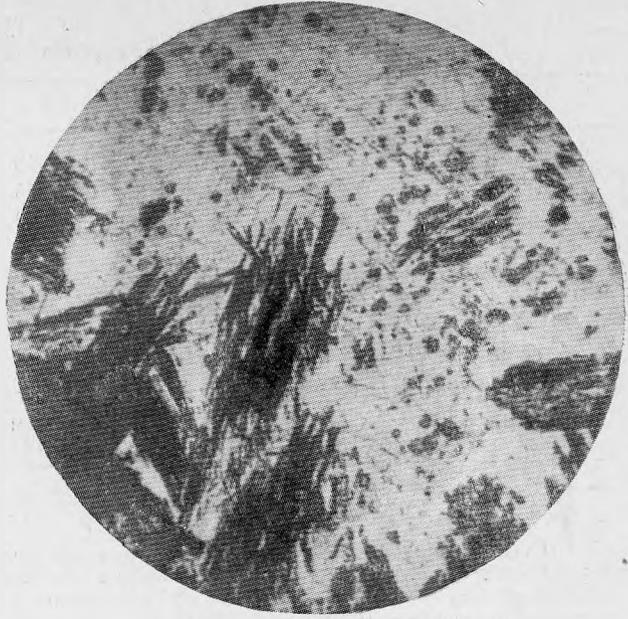
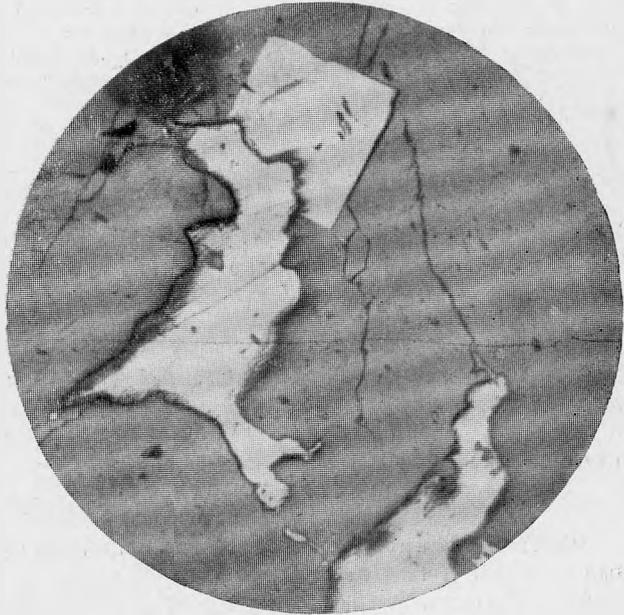


Рис. 5. Тетрадимит (белое), замещающий кристалл пирита и выходящий из интерстиции в кварце. Рудопроявление Верхняя Куянда, обр. 1652. Полир. шлиф, увел. 64



нами, по которым он развивается (рис. 4 и 5). Отделить чистый материал не удалось. После исключения из результатов анализа нерастворимого остатка и пересчета на 100 (табл. 3) получены кристаллохимические формулы, близкие к теоретической тетрадимита. Предполагается изоморфное замещение серы селеном и висмута свинцом, а тетрадимиты из рудопроявлений Кошмансай II и Верхняя Куянда отнесены к свинец- и селенсодержащей разновидности, аналогично свинецсодержащему жозеиту (Дунин-Барковская и др., 1968). Тетрадимит с 3,5% свинца описан из Британской Колумбии Томпсоном, а с 2% селена указывается в справочнике «Минералы» (1960).

В составе тетрадимита из Кошмансайского района полуколичественным спектральным анализом установлено, кроме Bi и Te, более 3% Pb, от 1 до

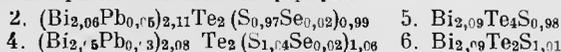
Таблица 3

Химический состав тетрадимита Средней Азии

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8
Bi	41,38	59,20	41,85	59,15	60,21	59,32	85,56	59,27
Pb	0,92	1,33	0,64	0,85	—	—	—	—
Te	24,64	35,04	24,95	35,20	35,18	34,66	13,30	36,18
S	3,05	4,25	3,25	4,62	4,36	4,42	1,44	4,55
Se	0,14	0,18	0,14	0,18	—	—	—	—
Cu	—	—	—	—	0,08	—	—	—
Au	—	—	—	—	Следы	—	—	—
Нерастворимый остаток	30,57	—	29,97	—	—	—	—	—
Сумма	100,68	100,00	100,78	100,00	99,83	98,40	100,30	100,00
Уд. вес	—	7,19	—	7,56	7,22	7,14	—	7,21

1 — тетрадимит в тонких сростках с кварцем и пироксеном, рудопоявление Кошмансай-II (обр. 1154), материал Э. А. Дунин-Барковской, аналитики Ю. С. Нестерова, Г. А. Арапова (ИГЕМ АН СССР); 2 — то же, после пересчета на 100% тетрадимита; 3 — тетрадимит в тонких сростках с кварцем, рудопоявление Верхняя Куянда (обр. 1642), материал Ю. В. Бородина и Э. А. Дунин-Барковской, аналитики Ю. С. Нестерова, Г. А. Арапова; 4 — то же, после пересчета на 100% тетрадимита; 5 — рудопоявление Тоялмыш (Поваренных, 1952), аналитик Н. И. Гребнева (Механобр); 6 — рудопоявление Акбулак (Поваренных, 1952), аналитик А. С. Поваренных; 7 — месторождение Лянгар, смесь: тетрадимит 39%, самородный висмут 61% (Мясников, 1951), аналитик Т. Л. Покровская (ИГЕМ АН СССР); 8 — теоретический состав (Минералы . . . , 1960).

Пересчет анализов * на кристаллохимические формулы



* Расчет произведен методом, при котором делитель равен $\frac{1}{2}$ атомного количества Te.

3% Cu, 0,3—0,6% Sb, Mo, Ag, 0,01—0,03 — Sn, 0,006—0,01 — Cd, 0,003—0,006 — Au (Аполлонов, 1966), в тетрадимите из Лянгара — примесь Pb, Sb, Fe, Mn, Ag и Cu 0,00 n — 0,0 n % (Мясников, 1951), а из рудопоявления Приозерное, по данным Л. Г. Луниной, — Sb — 0,06, Sn — 0,001, Pb — 0,1, Cu — 0,002, Ag — 0,006%. В тетрадимите из Верхней Куянды (обр. 1642), кроме элементов, определенных химическим анализом, спектрально установлено (в %): Sb ~ 0,1; Sn ~ 0,001; Cu — 0,0 n; Ag — 0, n; Zn — 0,00 n; Cd — 0,001, Ni — 0,000 n; Mo — 0,001; Co — 0,000 n, а в обр. 1154 — примесь Cu, Ag, Zn.

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рентгенограммы тетрадимита из нескольких месторождений, выполненные методом Дебая из столбика порошка (табл. 4), соответствуют эталону (Berry, Thompson, 1962), но отличаются от данных Харкера (Harker, 1934). Поскольку в литературе приводятся две неоднозначные рентгенограммы тетрадимита, наш материал позволяет сделать вывод, что тетрадимиту с формулой $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$ соответствуют межплоскостные расстояния, установленные Берри и Томпсоном (Berry, Thompson, 1962) и Харкоурта (Harcourt, 1942).

ВЫВОДЫ

1. Тетрадимит рудопоявлений Кошмансай II и Верхняя Куянда отнесен к очень редкой свинец- и селенсодержащей разновидности, не известной ранее в Советском Союзе.

2. Анализ распространенности тетрадимита и описанных выше парагенезисов в Средней Азии показывает более частую встречаемость его, чем это предполагалось раньше.

Рентгенограммы тетрадимита

Кошмансай II				Район Кошман- сай I		Узумлек, обр. № 1046-6		Эталон	
№ 1154		№ 1153							
I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n	I	d/n
4	4,83	6	4,87	2	4,87	3	4,91	1	4,96
4	3,80	5	3,71	1	3,64	1	3,79	1/2	3,65
1	3,24	2	3,28	1	3,26	—	—	1/2	3,24
10	3,14	10	3,12	10	3,10	8	3,12	10	3,11
1	2,73	3	2,75	—	—	—	—	1	2,75
2	2,60	3	2,59	1	2,59	1	2,59	2	2,60
3	2,46	3	2,46	3	2,44	4	2,45	2	2,46
10	2,29	10	2,29	9	2,29	9	2,297	4	2,29
5	2,15	4	2,16	2	2,15	4	2,160	2	2,17
5	2,10	5	2,12	8	2,10	4	2,108	3	2,11
5	1,959	4	1,969	3	1,958	5	1,964	3	1,969
7	1,923	5	1,928	7	1,922	5	1,922	3	1,922
3	1,820	2	1,829	—	—	2	1,810	1/2	1,824
—	—	1	1,787	—	—	—	—	1/2	1,771
3	1,757	5	1,754	6	1,743	2	1,747	3	1,752
8	1,637	4	1,647	7	1,635	9	1,641	4	1,645
3	1,607	4	1,605	1	1,599	2	1,599	1	1,605
5	1,564	5	1,563	4	1,553	2	1,557	1	1,556
—	—	1	1,518	—	—	—	—	1/2	1,510
5	1,442	3	1,456	—	—	4	1,442	2	1,446
—	—	3	1,432	4	1,437	4	1,426	—	—
5	1,428	—	—	3	1,423	—	—	1	1,427
3	1,353	6	1,353	7	1,345	4	1,345	2	1,351
10	1,297	7	1,301	9	1,294	9	1,296	4	1,296
8	1,260	5	1,262	3ш	1,254	4ш	1,256	2	1,258
—	—	4	1,229	—	—	—	—	1/2	1,220
10	1,212	7	1,217	8	1,208	10	1,210	4	1,211
4	1,187	5	1,189	—	—	1—2	1,183	1/2	1,185
5	1,085	—	—	3	1,083	4	1,082	1/2	1,083
7	1,053	—	—	—	—	5	1,050	1	1,054
5	1,039	—	—	—	—	4—5	1,037	3	1,055
10	1,015	—	—	4	1,013	7	1,013	3	1,015
9	0,982	—	—	—	—	—	—	1	0,982

Примечание. Кошмансай II: материал Э. А. Дунина-Барковской. Fe-излучение, $D = 57,3$ мм, $d = 0,3$. Аналитик Л. И. Скачкова (ИГиГ АН УзССР). Район Кошмансай I (Аполлонов, 1966); Узумлек: материал К. К. Пономаревой. $D = 57,3$ мм, $d = 0,4$, Cu-излучение. Аналитик Л. А. Соколова (МГ УзССР). Эталон (Berry, Thompson, 1962).

а) В интрузивных породах тетрадимит отсутствует. Только в поздних продуктах кислого магматизма — кварцевых порфирах (P_2 — T_1) и в пегматитах появляется исключительно редко в аксессуарном виде. Для пегматитов характерен тетрадимит-висмутовый парагенезис и количественное преобладание самородного висмута над тетрадимитом.

б) Тетрадимит в небольших количествах образуется в висмутсодержащих месторождениях различных металлов: вольфрама, молибдена, свинца, цинка, меди и золота скарнового, грейзенового и гидротермального генетических типов. Он кристаллизуется одним из поздних минералов совместно с самородным висмутом, золотом и другими теллуридами висмута, после шеелита и главных сульфидов (халькопирита, блеклой руды, галенита и др.), что дает основание для выделения золото-висмут-тетрадимитовой парагенетической минеральной ас-

с о ц и а ц и и. Ее образование в высоко- и среднетемпературных месторождениях связано с более поздними низкотемпературными стадиями гидротермального процесса. Это подтверждает вывод В. В. Щербины об устойчивом парагенезисе $Te - Bi - Au$ (тетрадимит и самородное золото или калаверит), объясняемый с позиции максимальной диамагнитности этих элементов.

в) Тетрадимит образует наибольшие скопления в связи с гидротермальными среднетемпературными процессами пропилитизации, турмалинизации; калишпатизации и гематизации вулканогенных и интрузивных пород. Продуктивным является парагенезис тетрадимита с сульфидами меди: халькопиритом, айкинитом или блеклой рудой, а из жильных минералов с калишпатом, кварцем, хлоритом. Калишпат-халькопирит-тетрадимитовая ассоциация является индикаторной на более богатую кварц-халькопирит-тетрадимитовую и кварц-висмутиновую.

г) В обобщенном виде типичную последовательность минералоотложения для тетрадимита Средней Азии можно представить так: сульфиды меди (халькопирит или блеклая руда, айкинит, виттихенит) \rightarrow теллуриды (Bi, Au, Ag) \rightarrow самородные металлы (Au, Bi).

З. Тетрадимит, вследствие частой ассоциации с золотом, может служить поисковым критерием на золотоносность руд, а также представлять самостоятельный интерес на висмут и теллур.

Литература

- Аполлонов В. Н. К геохимии редких и рассеянных элементов Кошмансайского рудопроявления (Чаткальский хребет). — *Узбекский геол. ж.*, 1964, № 6.
- Аполлонов В. Н. Риккардит и другие минералы Чаткальского хребта. — В сб. «Геология и рудоносность Приташкентского района». Ташкент, «Наука», 1966.
- Бадалов С. Т., Голованов И. М., Дунин-Барковская Э. А. Геохимические особенности рудообразующих элементов Чаткало-Кураминских гор. «Фан», 1971.
- Бадалова Р. П., Маркова Э. А., Моисеева М. И. Сравнительная минералого-геохимическая характеристика месторождений и рудопроявлений эндогенных формаций золота в Узбекистане. — В кн. «Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана». Ташкент, «Наука», 1969.
- Дунин-Барковская Э. А., Лидер В. В., Рожанский В. Н. Свинцовсодержащий жозеит из Устарасая. — *Записки Всес. мин. об-ва*, 1968, ч. 97, в. 3.
- Дунин-Барковская Э. А., Бородин Ю. В. Пропилитизированные гранитоиды висмуто-молибдено-медного рудопроявления Суюксу в Кураминском хребте. — *Узбекский геол. ж.*, 1970.
- Дунин-Барковская Э. А. Минеральный состав висмутовых месторождений Чаткало-Кураминских гор. — *Записки Узбекск. отд. Всес. мин. об-ва*, в. 26, 1973.
- Лебедева С. И. Определение микротвердости минералов. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Маркова Э. А., Королева Н. Н. Распределение золота в сульфидах некоторых золото-сульфидных месторождений Средней Азии. — *Записки Узбекск. отд. Всес. мин. об-ва*, 1966, вып. 19.
- Минералы, справочник. Т. I. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Мясников В. С. Минералы скарнов Лянгарского месторождения в Средней Азии. М., Изд-во АН СССР, 1951.
- Нечелюстов Г. Н. О проявлении висмутовой минерализации в скарново-шеелитовом месторождении Угат (Западный Узбекистан). — В сб. «Геохимия и геология некоторых рудных месторождений». М., «Наука», 1970.
- Нечелюстов Н. В., Зеленко Б. Ф., Губанов А. М., Есимова Б. О. Некоторые закономерности распределения концентраций висмута в скарново рудных месторождениях Карамазара. — В сб. «Форма нахождения и особенности распределения висмута в гидротермальных месторождениях». М., «Наука», 1969.
- Поваренных А. С. К нахождению тетрадимита в Чаткальском районе. — *Записки Всес. мин. об-ва*, 1952, ч. 81, в. 3.
- Тимофеева Т. С., Андреев В. А. Некоторые данные о геологическом строении и минералого-геохимической характеристике одного из скарново-гидротермальных рудопроявлений Средней Азии. — В сб. «Геология и рудоносность Приташкентского рудного района». Ташкент, «Наука», 1966.
- Щербина В. В. Минералы СССР. Т. 2. М. — Л., Изд-во АН СССР, 1940.
- Berry L. G., Thompson R. M. X-ray powder data for ore Minerals. N. Y., The Peacock atlas, 1962.
- Harker D. The crystal structure of the mineral tetradimite Bi_2Te_2S . — *Zeitschr. f. Kristall.*, 1934, 89.
- Harcourt G. A. Tables for the identification of ore minerals by X-ray powder patterns. — *Am. Mineral.*, 1942, 27, № 2.