

снятые с обр. 6 и 9. Они несколько отличаются по качеству ввиду различия размеров использованных препаратов. На порошкограмме, полученной с обр. 9, где препарат имел диаметр лишь 0.2 мм, отсутствуют несколько наиболее слабых линий.

Рентгенограмма паларстанида хорошо проиндцировалась в гексагональной сингонии с параметрами элементарной ячейки $a = 6.784 \pm 0.005 \text{ \AA}$ и $c = 14.80 \pm 0.01 \text{ \AA}$. Отсутствие ограничений в приведенных дифракционных индексах позволяет отнести паларстанид к одной из четырех дифракционных групп: $3P$ -, $3mP$ -1—, $6/mP$ -/—, $6mmm$ P -/— —. В нашем случае по данным порошкограммы определить пространственную группу невозможно.

Судя по взаимоотношениям паларстанида с окружающими минералами, можно предположить его кристаллизацию вслед за минералами ряда $(Pd, Pt)_3Sn$ — $(Pt, Pd)_3Sn$, полярит и золото-серебряные минералы образовались позднее нового минерала.

Образцы с новым минералом переданы на хранение в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР и в минералогический музей МГРИ.

Литература

Бегизов В. Д., Мещанкина В. И., Дубакина Л. С. (1974). Палладоарсенид, Pd_2As — новый природный арсенид палладия из медно-никелевых руд Октябрьского месторождения. ЗВМО, вып. 1.

Генкин А. Д., Евстигнеева Т. Л., Вяльсов Л. Н., Лапутина И. П., Тронева Н. В. (1974). Паоловит — Pd_2Sn — новый минерал из медно-никелевых сульфидных руд. ГРМ, № 1.

Разин Л. В., Бегизов В. Д., Мещанкина В. И. (1973). Материалы к минералогии платиновых металлов Талнахского месторождения. Тр. ЦНИГРИ, вып. 108.

Разин Л. В., Дубакина Л. С. (1974). Первые находки арсеноантимонидов и арсеностаннидов палладия в платиновых месторождениях Советского Союза. ЗВМО, вып. 5.

Desborough G. A., Finney J. J., Leonard V. F. (1973). Merteite a new palladium mineral from Goodnews Bay, Alaska. Amer. Miner., v. 58, N 1—2

Московский геологоразведочный институт.

УДК 549.52.5/523

Д. чл. Н. К. МАРШУКОВА, А. Б. ПАВЛОВСКИЙ, д. чл. Г. А. СИДОРЕНКО,
Н. И. ЧИСТЯКОВА

ВИСМИРНОВИТ $ZnSn(OH)_6$ И НАТАНИТ $FeSn(OH)_6$ — НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ ОЛОВА¹

Висмирновит (vismirnovite) — цинковый гидростаннат — и натанит (natanite) — железистый гидростаннат — обнаружены в рудах оловянных месторождений Средней Азии. Первым из них был обнаружен натанит (Маршукова и др., 1969) в рудах полиформационного вольфрам-оловянного месторождения Трудовое.

Рудные тела месторождения образуют крутопадающие секущие жильные и линейно-штокверковые зоны север-северо-восточного простирания

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 7 ноября 1979 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 9 июня 1980 г.

среди гранитов. Руды месторождения Трудовое формировались в обстановке частых подвижек и неоднократного поступления рудоносных растворов и представляют совокупность раздробленных, брекчированных ранних кварцево-вольфрамито-касситерито-станниновых ассоциаций с це-

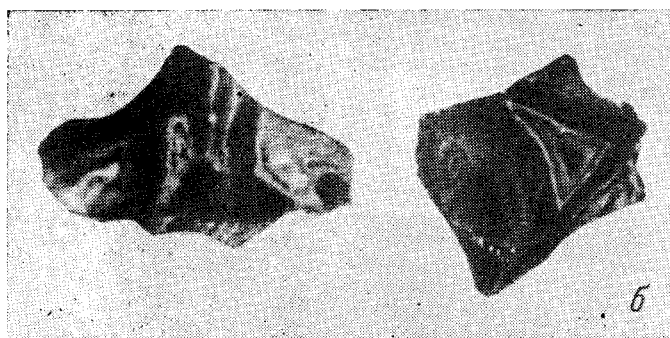
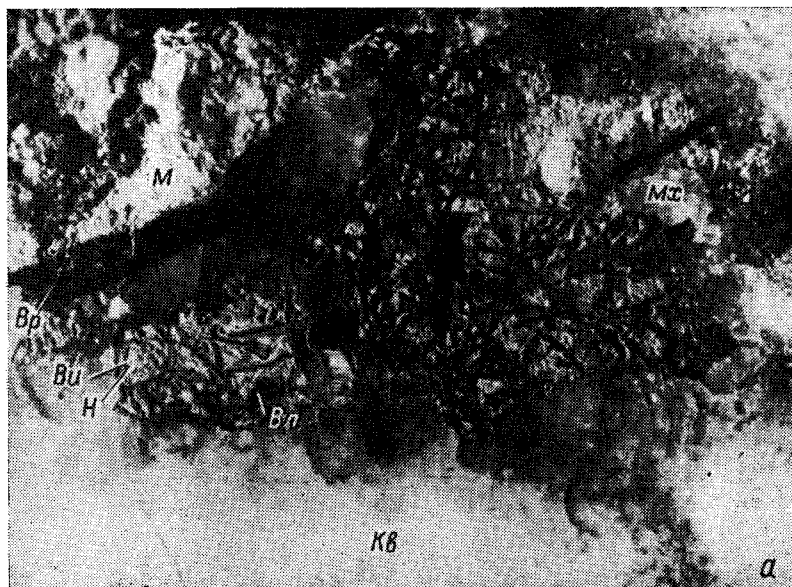


Рис. 1. Агрегатные скопления висмирновита (*Vi*) и натанита (*N*) в массе варламовита (*Vl*) и малахита (*Mx*), развивающихся по станнину в кварцево(*K8*)-мусковито(*M*)-вольфрамито(*Vp*)-гидростаннатоварламовитовой руде.

a — натур. велич., *б* — увел. 10.

ментирующими их более поздними кварцево-турмалино-касситеритовыми образованиями.

По станнину под влиянием гипергенных процессов образуется целая гамма гидратных минеральных форм олова, таких как впервые установленные висмирновит и натанит, находящийся в стадии изучения гидростаннат меди с переменным содержанием цинка и железа и варламовит переменного состава. Кроме того, здесь же образуются брошантит, малахит, азурит, розазит, гетит, штрмейерит и акантит. В последние годы висмирновит и натанит установлены также в рудах месторождения Мушистон, относимого к колчеданно-сульфидному типу оловянной формации

(Павловский, 1974). Рудные тела месторождения образуют крутопадающие секущие жильные и линейно-штоковерковые зоны среди палеозойских пород преимущественно карбонатного состава. Руды месторождения

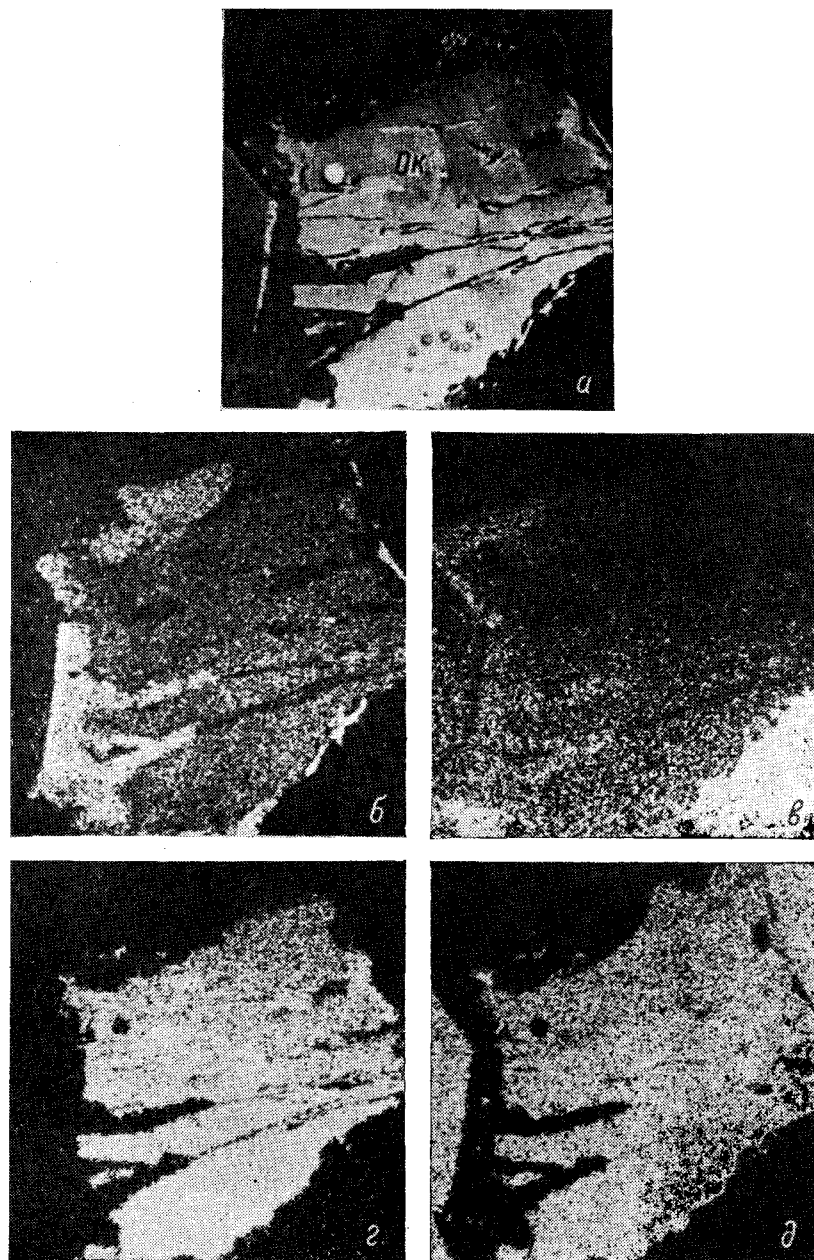


Рис. 2. Натанит (Н), развивающийся по окартиту (Ок). Увел. 400.
 а — во вторичных электронах; б—д — в характеристическом рентгеновском излучении соответственно олова (б), железа (с), серебра (д) и серы (е).

в неокисленной части сложены касситерито-станнино-кварцевой, сульфидно-полиметаллической и кварцево-карбонатной минеральными ассоциациями. Станнин в рудах резко преобладает над касситеритом. Пер-

вичные руды месторождения претерпели существенные изменения в результате гипергенных процессов и в подавляющей части превращены в окисленные кварцево-гидростаннато-варламовитые разновидности, про-

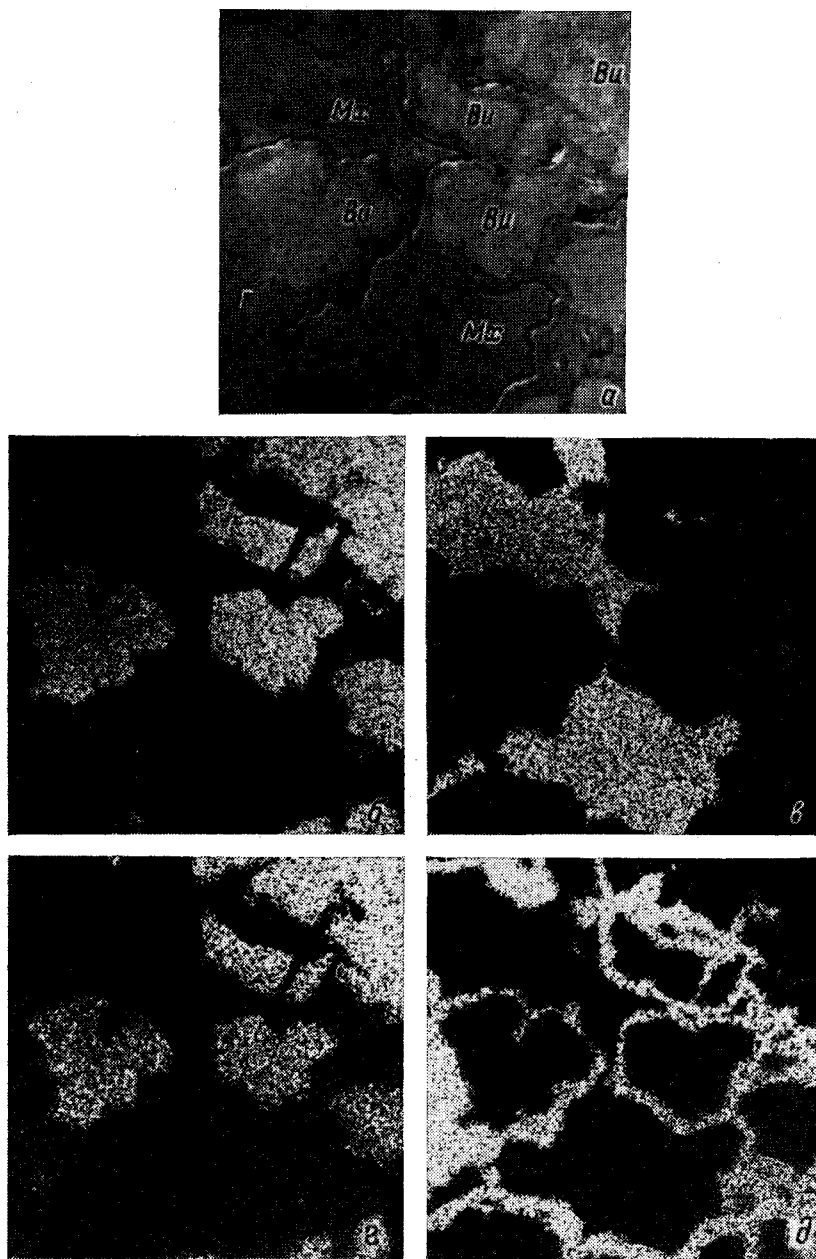


Рис. 3. Висмирновит (*Vu*) в массе малахита (*Mx*) и гётита (*G*). Увел. 400.
a — во вторичных электронах; *б—д* — в характеристическом рентгеновском излучении соответственно олова (*б*), меди (*в*), цинка (*г*) и железа (*д*).

слеживаемые до глубины 400—600 м. На месторождении Мушистон на долю олова, заключенного в гидростаннате меди, висмирновите и натавите, приходится до 80% от общего баланса олова в рудах при среднем

его содержании 0.6%. Разработка рентабельных схем обогащения гидростаннатов позволила выделить кварцево-гидростаннато-варламовитовые руды в качестве нового промышленного типа оловянных руд, способствующего расширению сырьевой базы олова (Павловский и др., 1978). Натанит, кроме того, обнаружен среди продуктов окисления окартита в рудах месторождения Чат-Карагай оловянной формации, залегающей среди доломитизированных известняков среднего палеозоя.

Висмирновит назван по имени советского ученого, одного из первых исследователей оловянно-полиметаллических месторождений Средней

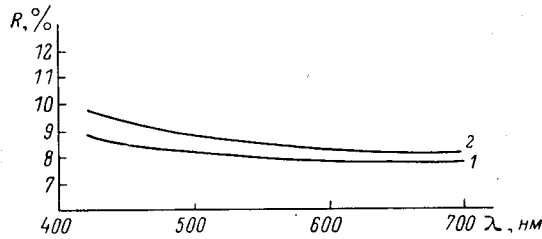


Рис. 4. Спектры отражения натанита (1) и висмирновита (2).

Получены на приборе ФМЭП-1, эталон СТФ-2, объектив 21×, полевая и апертурная диафрагмы прикрыты, рефлектор призматический, точность измерения 0.5 отн. %.

Азии, академика Владимира Ивановича Смирнова. Натанит назван по имени профессора Натана Ильича Гинзбурга, оказавшего большое содействие при изучении минералогии зоны окисления оловорудных месторождений.

Висмирновит и натанит в массе вторичных минералов меди, цинка и железа, развивающихся по станнину, образуют агрегатные скопления, концентрически-зонально перемежающиеся между собой (рис. 1, а, б), и самостоятельные обособления. Мощность зон агрегатных скоплений как висмирновита, так и натанита на отдельных участках достигает 1.5 мм, чаще мощность зон не превышает 0.1 мм. Самостоятельные обособления натанита и висмирновита имеют неправильную лапчатую форму (рис. 2, 3). Размер их колеблется в пределах десятых долей микрона. Отдельные выделения достигают 1—2 мкм в поперечнике.

По данным расчета дифрактограмм, сингония висмирновита и натанита кубическая, пространственная группа $Pn\bar{3}m$, a_0 натанита $7.69 \pm 0.01 \text{ \AA}$,

Таблица 1

Результаты расчета
дифрактограммы висмирновита

I	$d_{\text{эксп}}$	$d_{\text{расч}}$	hkl
2	4.440	4.450	111
10	3.840	3.860	200
3	2.728	2.730	220
2	2.439	2.441	310
2	2.309	2.328	311
7	2.217	2.228	222
1	1.774	1.771	331
9	1.728	1.726	420
8	1.570	1.576	422
2	1.372	1.365	440
4	1.287	1.286	600
1	1.227	1.221	620
4	1.155	1.164	622
5	1.117	1.114	444
6	1.031	1.031	642

Примечание. Здесь и в табл. 2 условия съемки: рентгеновский дифрактометр ДРОН-2, FeK_α излучение, Mn фильтр, 35 кВ, 10 мА.

Таблица 2

Результаты расчета
дифрактограммы натанита

I	$d_{\text{эксп}}$	$d_{\text{расч}}$	hkl
2—3	4.370	4.440	411
9	3.729	3.840	200
7	2.709	2.721	220
2	2.439	2.433	310
2	2.277	2.320	311
5	2.221	2.221	222
3	1.920	1.923	400
2	1.760	1.765	331
10	1.710	1.720	420
7—8	1.563	1.571	422
1	1.389	1.360	440
2	1.295	1.300	531
3	1.281	1.285	600
1	1.214	1.216	620
1—2	1.159	1.160	622
3	1.112	1.110	444
2—3	1.066	1.067	640
4	1.031	1.028	642

$Z=4$, $\rho_{\text{рентг}}=4.035$; a_0 висмирновита $7.72 \pm 0.02 \text{ \AA}$, $Z=4$, $\rho_{\text{рентг}}=4.073$. Некоторое расхождение значений межплоскостных расстояний $d_{\text{эксп}}$ и $d_{\text{расч}}$ (табл. 1, 2) связано с диффузностью линий, что обусловлено высокодисперсным состоянием вещества новых минералов. Висмирновит и натанит изоструктурны с викманитом (Moore, Smith, 1968), синтетическими гексагидростаннатами Fe, Mn, Co, Mg и Ca (Strunz, Contag, 1960) и Zn (XRDS, 1960), для которых решена кристаллическая структура, представляющая трехмерную вязь псевдооктаэдров $(\text{OH})_6$.

В структуре по направлению (100) идет чередование октаэдров, заселенных оловом и двухвалентными катионами Zn, Fe, Mg, Mn, Co и Ca. Размер кубической элементарной ячейки (a_0) гексагидростаннатов находится в прямой зависимости от величины ионного радиуса двухвалентного катиона.

Цвет зерен висмирновита палевый, натанита зеленовато-коричневый. Под микроскопом в отраженном свете цвет висмирновита и натанита темно-серый, в шлифах почти бесцветный. Спектры отражения приведены на рис. 4. Блеск минералов стеклянный, черта висмирновита светло-желтая, натанита серо-коричневая, спайность отсутствует.

Твердость микровдавливании висмирновита 173 кгс/мм^2 , $H_0=3.9$; натанита 315 кгс/мм^2 , $H_0=4.7$ (измерена в оптической лаборатории ВИМСа Е. Г. Рябевой на приборе ПМТ-3, нагрузка 50 гс; экспозиция 15 с). Плотность, рассчитанная для среднего химического состава висмирновита, 4.13 г/см^3 , натанита 4.04 г/см^3 . Висмирновит и натанит оптически изотропны, показатель преломления висмирновита 1.737, натанита 1.755. Минералы хорошо растворяются в разбавленной HCl и совершенно не реагируют на концентрированный раствор соды (Na_2CO_3), а также на кипячение в 25%-ном растворе щавелевой кислоты; в воде также нерастворимы.

ИК спектры поглощения висмирновита и натанита (UR-20, аналитик Л. С. Солнцева) получены в естественном состоянии и специальной нагревательной ювенте конструкции Б. П. Солнцева, что позволило определить содержание сорбированной и гидроксильной воды.

Термический анализ («Термофлекс», аналитик А. М. Урманова) показал, что при нагревании до 300° висмирновит и натанит полностью аморфизуются. При нагревании висмирновита и натанита до $750\text{--}800^\circ$ кристаллизуются соответственно цинкооловянная шпинель + касситерит и гематит + касситерит.

Химический состав натанита и висмирновита изучен на рентгеновском микроанализаторе «Самебах». Аналитические линии — $\text{Cu}_{K\alpha}$, $\text{Fe}_{K\alpha}$, $\text{Zn}_{K\alpha}$, $\text{Sn}_{L\alpha_1}$ и $\text{O}_{K\alpha_1}$. Стандарты — химически проанализированные минералы касситерит и халькопирит, а также синтезированные соединения SnS и ZnS. Ускоряющее напряжение 30 кВ (при измерении концентрации Fe, Cu и Zn), 20 кВ (Sn) и 10 кВ (O) при токе зонда примерно 10 нА, а при определении кислорода 100 нА. Измерения интенсивности проводились в 10—15 точках каждого зерна и для расчета концентраций использовались их усредненные значения. Расчет содержания элементов проводился по методу гипотетического состава с введением поправок на атомный номер и поглощение (Рыдник, Боровский, 1967) с использованием массовых коэффициентов поглощения К. Ф. Хейнриха (Heinrich, 1966).

При токах более 50 нА исследуемые минералы под зондом неустойчивы. В связи с этим измерение интенсивности аналитической линии кислорода проводилось при перемещении образца под зондом или при расфокусированном зонде диаметром 5—7 мкм. Содержание кислорода рассчитывалось по разработанной в ВИМСе методике (Авдонин и др., 1978). При этом учитывалось наложение линии $\text{O}_{K\alpha_1}$ и $\text{Zn}_{L\alpha_3}$ во втором порядке отражения.

Качественный микрондовый анализ показал, что основными минералообразующими элементами висмирновита являются цинк и олово, а натанита — железо и олово (рис. 2, 3). Распределение элементов в висмир-

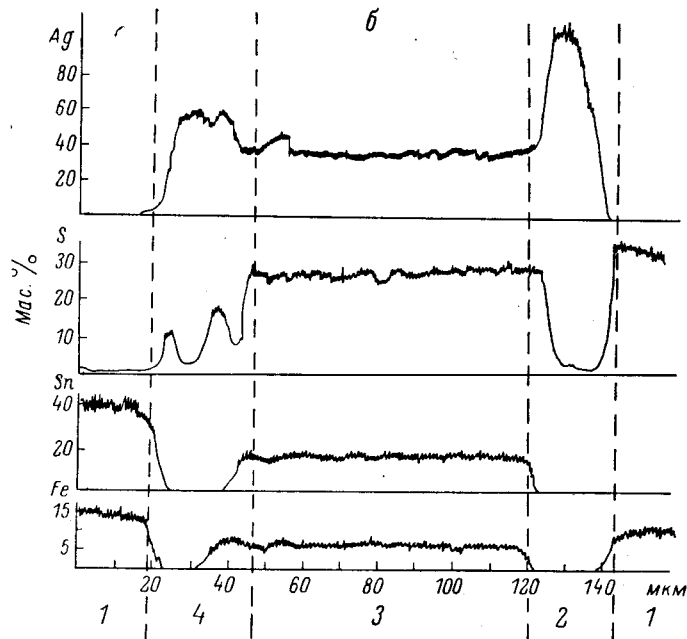
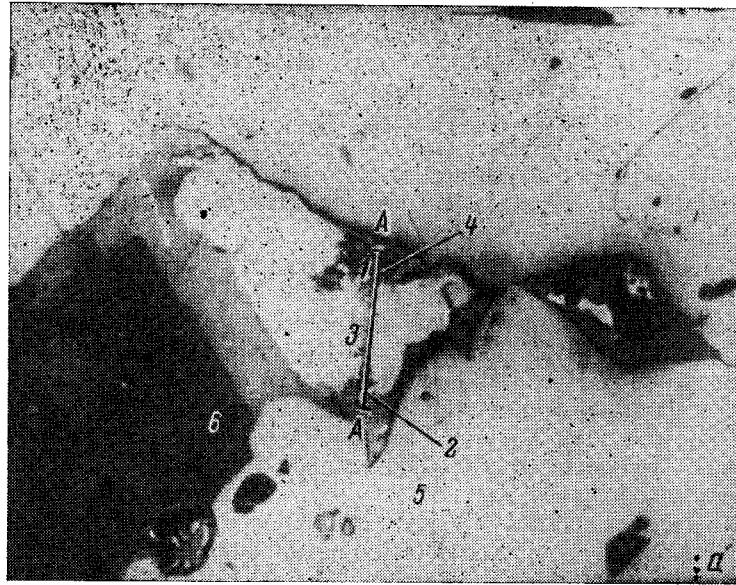


Рис. 5. Характер распределения основных элементов по линии сканирования (AA) в агрегате натанита (1) и сопровождающих его минералов.

2 — самородное серебро, 3 — оксидит, 4 — сульфид серебра, 5 — сфалерит, 6 — флюорит.
а — микрофото, увел. 340, б — концентрационные кривые.

новите и натаните, как показало линейное сканирование (рис. 5, 6), равномерное. В висмирновите в незначительном количестве определены также медь и железо. Они находятся в висмирновите в виде включений

собственных минералов, диагностировать которые из-за малых размеров их выделений не удалось.

Результаты микрозондового анализа висмирновита и натанита и пересчет их на кристаллохимическую формулу приведены в табл. 3 (ан. 1—6) и 4 (ан. 1—3). Для сопоставления приведены также химические

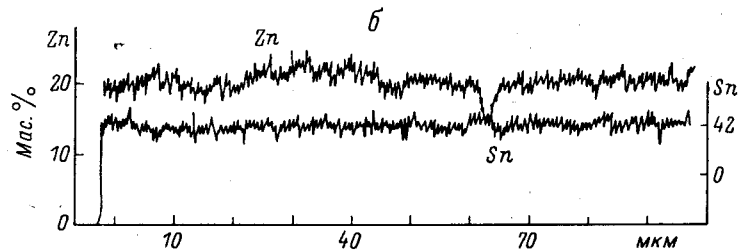
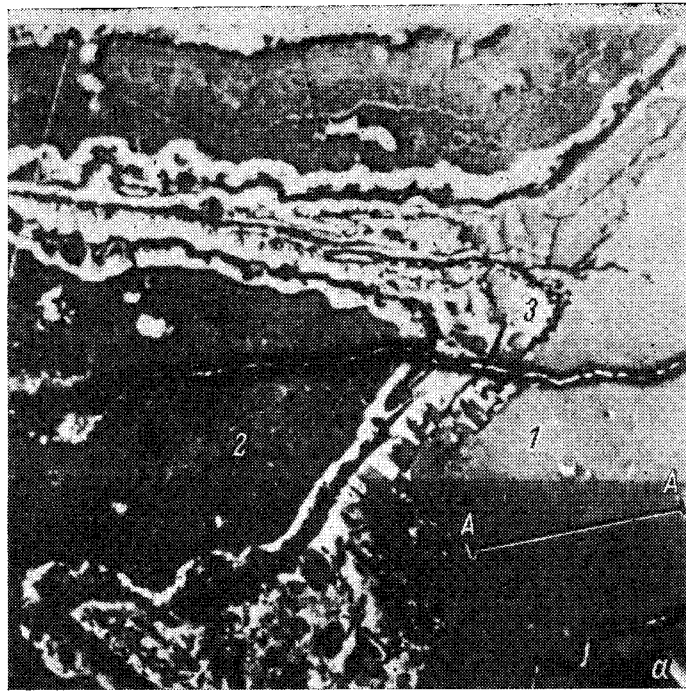


Рис. 6. Характер распределения основных элементов по линии сканирования (AA) в агрегате висмирновита (1), находящегося в сростании с варламовитом (2) и малахитом (3).

а — микрофото, увел. 450, б — концентрационные кривые.

составы их синтетических аналогов (табл. 3, ан. 7 и табл. 4, ан. 4). Содержание водорода в новых минералах рассчитано по кислороду, связанному только с гидроксилем. Расчет формул проводился исходя из общего количества атомов в элементарной ячейке гидростаннатов, равного 8. Пересчет анализов привел к формулам $ZnSn(OH)_6$ для висмирновита и $FeSn(OH)_6$ для натанита. Следует отметить, что в природном висмирновите по сравнению с его теоретическим составом устанавливаются некоторый дефицит катионов группы Zn и незначительный избыток гидроксила, что, возможно, обусловлено аналитическими погрешностями в определении

Т а б л и ц а 3

Химический состав висмирновита, мас.%

Анализ	Sn	Fe	Cu	Zn	ОН	Сумма	Кристаллохимическая формула
1	42.1	0.6	0.3	20.4	35.9	99.3	$(\text{Zn}_{0.90}\text{Fe}_{0.03}\text{Cu}_{0.01})_{0.94}\text{Sn}_{1.01}(\text{OH})_{6.05}$
2	41.6	0.9	0.3	21.0	35.7	99.5	$(\text{Zn}_{0.92}\text{Fe}_{0.05}\text{Cu}_{0.01})_{0.98}\text{Sn}_{1.00}(\text{OH})_{6.02}$
3	41.0	0.9	0.2	21.4	36.6	100.1	$(\text{Zn}_{0.92}\text{Fe}_{0.05}\text{Cu}_{0.01})_{0.98}\text{Sn}_{0.97}(\text{OH})_{6.05}$
4	42.2	0.7	0.1	20.6	36.0	99.6	$(\text{Zn}_{0.90}\text{Fe}_{0.04}\text{Cu}_{0.01})_{0.95}\text{Sn}_{1.01}(\text{OH})_{6.04}$
5	41.8	1.1	0.5	19.7	35.9	99.0	$(\text{Zn}_{0.86}\text{Fe}_{0.06}\text{Cu}_{0.02})_{0.94}\text{Sn}_{1.01}(\text{OH})_{6.05}$
6	42.0	1.4	0.3	19.6	36.1	99.4	$(\text{Zn}_{0.86}\text{Fe}_{0.07}\text{Cu}_{0.01})_{0.94}\text{Sn}_{1.01}(\text{OH})_{6.05}$
7	41.5	—	—	22.9	35.6	100.0	$\text{Zn}_{1.00}\text{Sn}_{1.00}(\text{OH})_{6.00}$

Т а б л и ц а 4

Химический состав натанита, мас.%

Анализ	Sn	Fe	ОН	Сумма	Кристаллохимическая формула
1	44.8	18.7	36.6	100.1	$\text{Fe}_{0.94}\text{Sn}_{1.05}(\text{OH})_{6.01}$
2	43.1	20.5	36.0	99.6	$\text{Fe}_{1.03}\text{Sn}_{1.02}(\text{OH})_{5.95}$
3	42.9	20.3	36.4	99.6	$\text{Fe}_{1.01}\text{Sn}_{1.01}(\text{OH})_{5.98}$
4	42.9	20.2	36.9	100.0	$\text{Fe}_{1.00}\text{Sn}_{1.00}(\text{OH})_{6.00}$

кислорода. Химический состав природного натанита близок его теоретическому составу.

Эталонные образцы висмирновита и натанита переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР.

Литература

- Авдонин А. С., Чистякова Н. И., Соловьев В. С. (1978). К методике количественного анализа кислорода в некоторых группах минералов рентгено-спектральным локальным методом. Тез. докл., т. 2. Новосибирск.
- Маршукова Н. К., Павловский А. Б., Сидоренко Г. А. (1969). Станция и продукты его изменения в зоне окисления оловорудных месторождений Восточной Киргизии. Геохимия, № 9.
- Павловский А. Б. (1974). Генетические типы и основные закономерности размещения оловорудных месторождений Тянь-Шаня. Сов. геол., № 8.
- Павловский А. Б., Маршукова Н. К., Крючков А. С. (1978). Нестандартные типы оловянной минерализации Тянь-Шаня. ГРМ, № 3.
- Рыдник В. И., Боровский И. Б. (1967). К методике количественного рентгеноспектрального анализа. Заводская лаборатория, № 8.
- Heinrich K. F. J. (1966). Ray absorption uncertainty. The electron microprobe, N 4.
- Moore P. B., Smith J. V. (1968). Wickmanite, $\text{Mn}^{2+}\text{Sn}^{4+}(\text{OH})_6$, a new mineral from longban. Ark miner. Geol., v. 4, N 5.
- Struns H., Contag B. (1960). Hexahydrostannate Fe, Mn, Mg, Ca, Sn(OH)₆, und deren kristallstruktur. Acta Crystallogr., v. 13, N 8.
- XRDC. (1960). N 20-1455.

Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС),
Москва.