

Ив. Ф. ГРИГОРЬЕВ и Е. И. ДОЛОМАНОВА

СТАННИН И ПРОДУКТЫ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ

В пределах СССР станнин обнаружен в Карелии, на Кавказе, в Забайкалье, на северо-востоке Сибири, в Приморском крае — преимущественно в полиметаллических и оловорудных месторождениях и редко в месторождениях другого типа (Бетехтин, 1940). Во всех месторождениях станнин встречается либо в мельчайших вкрапленниках, обнаруживаемых только под микроскопом, либо в виде небольших выделений в тесной ассоциации с другими сульфидами.

Во всех случаях станнин представляет собой гидротермальный минерал и ассоциирует главным образом с такими сульфидами, как халькопирит и сфалерит; реже встречается с галенитом, висмутином, арсенопиритом. Помимо жил, станнин в очень малых количествах присутствует и в околожильных метасоматически измененных глинистых сланцах, алевролитах, песчаниках и других породах. В последнем случае станнин значительно уступает арсенопириту по количеству, тогда как в жилах некоторых месторождений иногда преобладает над всеми другими сульфидами.

Формы выделений станнина обычно неправильные, достигающие нескольких сантиметров в поперечнике. Кристаллы станнина были обнаружены только в пустотах кварца вместе с арсенопиритом, халькопиритом и флюоритом или без них; размер этих кристаллов колеблется от 2 мм до 5 см. Мелкие кристаллы нарастают друг на друга без видимой закономерности. По форме они представляют собой комбинацию двух тетрагональных тетраэдров (111), $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ и пинакоида (001) (рис. 1). На гранях крупных кристаллов станнина заметна ребристость (рис. 2 и 3). Кристаллы станнина — чрезвычайная редкость.

Рентгено-структурный анализ (табл. 1) станнина из разных месторождений (I и II) показал некоторое отличие в их структуре. Наиболее типичен станнин II (табл. 2); наблюдаемые отличия могут быть обусловлены присутствием значительного количества цинка в станнине I.

С поверхности кристаллы станнина покрыты «рубашкой» вторичных минералов, толщиной до 1 мм. Эта каемка ближе к станнину состоит из оливково-зеленого минерала (гидростанита), а дальше от него, снаружи, — из темножелтого (гидроферсианита).

Станнин обычно встречается в парагенезисе с другими сульфидами, характерными для оловорудных месторождений касситерито-кварцевой формации, реже — с кварцем второй генерации в виде прожилок в кварце первой генерации. Станнин заполняет трещинки в амазоните и желтом

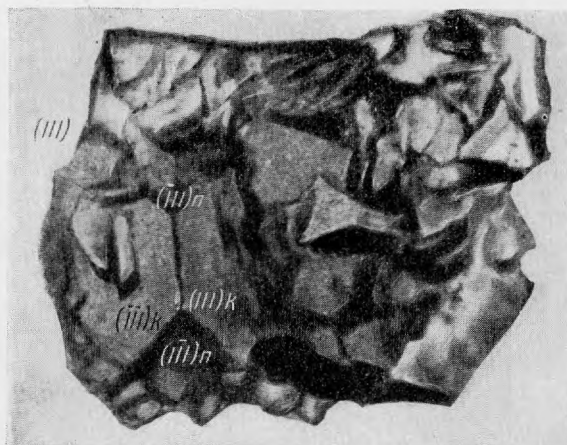
Рис. 1. Друза кристаллов станнина. $\times 30$.

Таблица 1

Результаты рентгено-структурного анализа станнина

I		II*		Эталон, по данным Вальда	
I	d	I	d	I	d
Оч. слабая	4,311				
Оч. слабая	3,912				
Оч. слабая	3,412	Слабая	3,432		
Оч. сильная	3,110	Оч. сильная	3,118	10	3,12
Слабая	2,696	Слабая	2,690	6	2,71
Слабая двойная	{ 2,413 2,375	Слабая	2,423		
Слабая	2,107	Слабая	2,107	2	2,14
Оч. слабая	2,051				
Оч. сильная	1,909	Оч. сильная	1,915	10	1,911
Слабая	1,803	Оч. слабая	1,803		
Оч. сильная	1,632	Сильная двойная {	{ 1,652 1,632	10	1,634
Слабая	1,560	Слабая	1,564	2	1,562
Оч. слабая	1,495				
Оч. слабая	1,451				
Оч. слабая	1,388				
Средняя	1,358	Слабая	1,361	4	1,358
		Слабая	1,348		
Оч. слабая	1,310				
Сильная	1,246	Средняя	1,245	8	1,240
Слабая	1,216				
Оч. слабая	1,152				
Оч. сильная	1,107	Сильная двойная {	{ 1,111 1,105	8	1,107
Сильная	1,045	Средняя	1,045	6	1,043

* Станнин II отличается от станнина I некоторыми сдвоенными линиями сильной интенсивности.



Рис. 2. Кристаллы станнина (*St*) и кварца (*Q*) первой генерации.
Нат. велич. (вид сбоку).

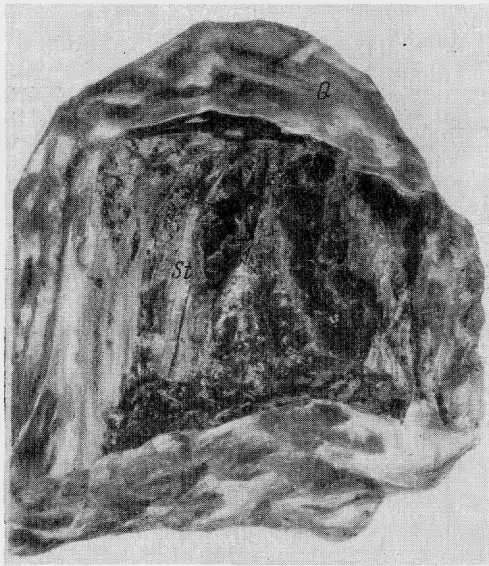


Рис. 3. То же, что и рис. 2 (вид сверху).

микроклине, топазе, циннвальдите и других минералах; цементирует обломки кварца первой генерации.

Из всех сульфидов станнин особенно тесно связан с халькопиритом; часть его образуется в виде реакционной каймы на границе халькопирита и касситерита (рис. 4 и 5). В станнине некоторых месторождений можно наблюдать реликты касситерита (рис. 6).

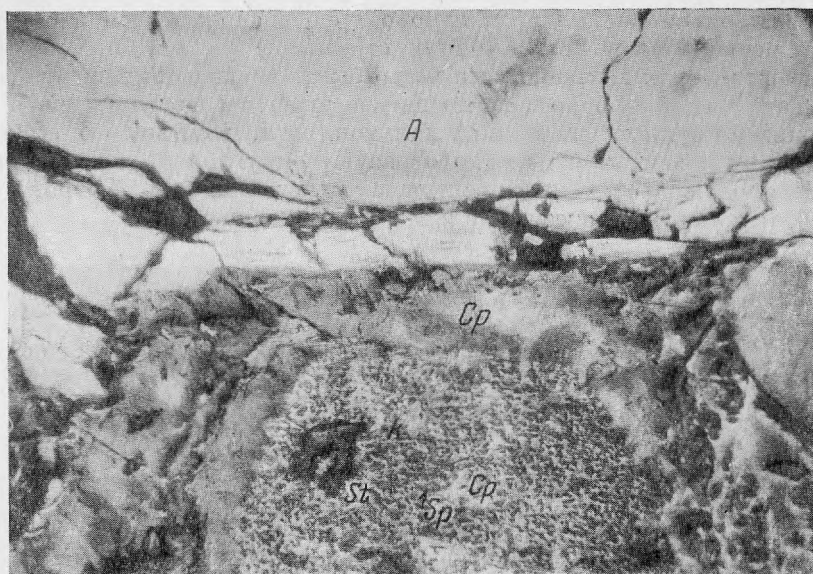


Рис. 4. Структура замещения касситерита (*K*) халькопиритом (*Cp*), сфалеритом (*Sp*) и станнином (*St*); *A* — арсенопирит. $\times 150$. Аншлиф.

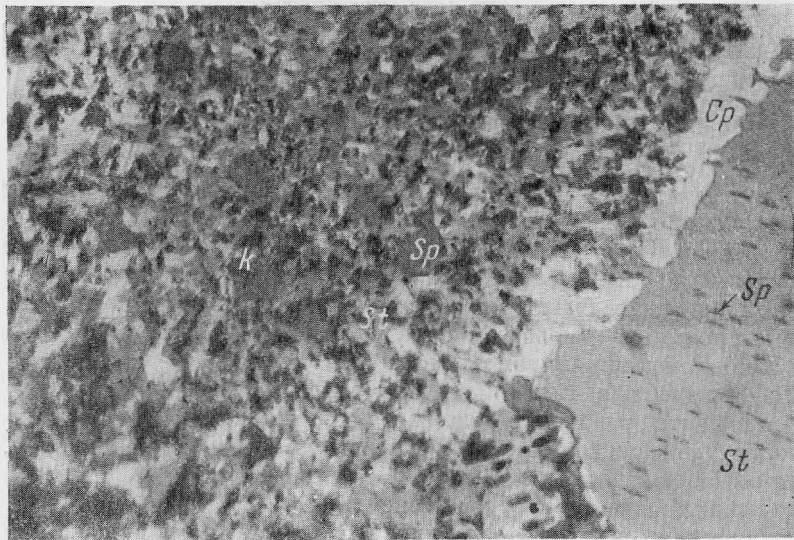


Рис. 5. Деталь рис. 4. $\times 325$.

Несколько реже станнин наблюдается на границе сфалерита и касситерита. Сфалерит и халькопирит закономерно располагаются в станнине, образуя решетчатую и эмульсионную структуры распада, причем эмульсионные выделения халькопирита часто бывают более тонкие, чем сфалерита. Такие закономерно срастающиеся агрегаты встречаются в виде включений в крупных выделениях халькопирита. Помимо того, сфалерит, халькопирит и висмутин нередко образуют округлой формы включения в станнине размером не более десятых и сотых долей миллиметра. В свою очередь, и станнин присутствует в виде включений в них.



Рис. 6. Реликты касситерита (*K*) в станнине (*St*); *Mu* — мусковит, *Q* — кварц. $\times 20$, без анализатора.

Станнин просечен тонкими прожилками халькопирита и окаймлен ими. Значительно реже висмутин окаймляет и сечет станнин или станнин образует в нем эмульсионную вкрапленность. Очень редко можно наблюдать пересечение станнина мелкокристаллическим пиритом и галенитом. Выделения станнина бывают покрыты тончайшими пленками вторичных по нему минералов — ковеллина и гейландита. Трещинки в станнине иногда заполнены кальцитом и гейландитом.

После выщелачивания окисленных выделений станнина в кварце остаются пустоты, имеющие местами негативную форму тетраэдра.

В пострудных тектонических нарушениях станнин раздроблен, перетерт и превращен в черную сажистую массу. В этих местах процессы окисления станнина идут быстрее и интенсивнее.

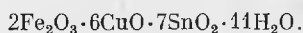
Из литературы известны только два исследования продуктов окисления станнина:

1. В 1893 г. Хиден (Headen, 1893) исследовал кусок руды из месторождения Пирлесс-Майн, заключающей в центральной части неизменный станнин, к поверхности постепенно изменяющийся и в конце концов дающий, по описанию автора, желто-бурую двуокись олова. Промежуточная часть занята зеленым веществом, однородным, по впечатлению автора, представляющим собой землистую двуокись олова. Это зеленое

вещество растворимо в соляной кислоте. Анализ его показал следующий состав (в % к высушенной при 100° пробе):

SnO ₂	— 46,01	} 84,65% (растворимые в HCl)
CuO	— 18,02	
Fe ₂ O ₃	— 11,85	
ZnO, CdO	— 0,57	
SO ₃	— следы	
Sb ₂ O ₃	— следы	} 14,82 (нерастворимые в HCl)
Потери при прок.	— 8,20	
SnO ₂ (со сл. Fe)	— 12,96	} 14,82 (нерастворимые в HCl)
Пустые породы	— 1,86	
Сумма	99,47	

Приводя растворимую часть к 100 и пересчитав на молекулярные отношения, автор получает формулу:



На основании анализа другого образца из месторождения Этта-Майн получена формула:



Последний анализ валовой и отнесен к невысушенной пробе, поэтому содержание SnO₂ и воды будет иное, а отношение Fe : Cu одинаковое. Хиден считает, что исследованный материал представляет собой гидратные соединения олова типа станнатов.

2. Ю. Н. Книпович (1946) исследовала пробу, доставленную ей Р. Д. Квятковским, и охарактеризовала ее как лимонитовый материал с редкими обломками жильного кварца. Касситерит повидимому, в коллоидной форме.

Таким образом, исследованная проба содержала, помимо вторичных минералов по станнину, и другие минералы. Среди них были сульфиды и вторичные по ним минералы. Ю. Н. Книпович поставила себе цель выяснить, в какой форме находится олово. В результате она пришла к выводу, что высокая растворимость олова в разбавленных кислотах, в особенности же его взаимодействие с серной кислотой, не только исключает возможность нахождения олова в виде касситерита, хотя бы и в тонкодисперсной форме, но и указывает на присутствие значительной части олова не в виде безводной двуокиси и даже не в виде метаоловянной кислоты, а в виде гидратов.

Нам удалось отобрать в чистом виде и проанализировать три вторичных минерала по станнину. Исходя из их химического состава, мы предлагаем для них следующие названия: для оливково-зеленого — гидростаннит, для темножелтого — гидроферситанит, для светложелтого — гидрoferалсит (табл. 2)¹.

¹ На основании химического состава, дебаграмм и минералогического описания следует считать, что все три вторичных минерала образуют коллоидные смеси — стадийные продукты разрушения и окисления станнина. Выделение их в минеральные виды с введением самостоятельных названий нельзя признать целесообразным (прим. ред.).

Результаты химического анализа стания

	№ образца			
	I		II	
	Станнин			
	вес. %	молекулярное количество	вес. %	молекулярное количество
Sn	28,48	0,240	25,35	0,213
Cu	26,32	0,414	28,27	0,444
Fe	7,30	0,130	11,83	0,211
S	27,84	0,868	29,91	0,933
Zn	7,22	0,110	4,22	0,64
Cd	0,17	0,001	—	—
Mn	0,06	—	—	—
Co	Следы	—	—	—
SiO ₂	0,14	0,002	0,29	0,004
TiO ₂	0,05	—	—	—
MgO	0,03	0,0007	Не обн.	—
CaO	Не обн.	—	0,05	0,0009
Al ₂ O ₃	Не обн.	—	Не обн.	—
Сумма	97,61	—	99,92	—
Уд. вес	4,58	—	4,53	—
Нерастворимый остаток; содержание SnO ₂ в нем около 3%	5,4—5,8	—	—	—
Аналитик Ю. Н. Книпович			М. Степан	

Таблица 2

и вторичных минералов по нему

Окислы	№ образца						Формулы
	II		I		II		
	гидростанит		гидроферриси- станит		гидроферрал- сит		
	вес. %	молеку- лярное количе- ство	вес. %	молеку- лярное количе- ство	вес. %	молеку- лярное количе- ство	
SnO ₂	35,53	0,235	40,92	0,271	Не обн.	—	Станнин I: Cu ₂ (Fe, Zn) Sn S ₄ Станнин II: Cu ₂ FeSnS ₄
CuO	8,59	0,107	0,04	0,0005	Нет	—	
Fe ₂ O ₃	15,89	0,100	16,75	0,104	13,43	0,084	Гидростанит: Fe ₂ O ₃ ·CuO·2SnO ₂ ·0,71 SiO ₂ ·0,27Al ₂ O ₃ ·nH ₂ O
SO ₃	8,11	0,101	—	—	Не обн.	—	
S	—	—	0,25	0,007	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
Mn	0,00	—	0,02	—	0,00	—	
—	—	—	—	—	—	—	Гидроферрисистанит: Fe ₂ O ₃ ·2,6SnO ₂ ·2,8SiO ₂ · ·0,63Al ₂ O ₃ ·5H ₂ O
SiO ₂	4,28	0,071	17,65	0,293	29,64	0,493	
TiO ₂	0,00	—	0,01	—	0,00	—	
MgO	0,00	—	0,99	0,025	0,00	—	
CaO	0,65	0,011	1,05	0,019	0,38	0,007	
Al ₂ O ₃	2,75	0,027	6,62	0,065	29,45	0,288	Гидроферралсит: 0,15Fe ₂ O ₃ ·1,7SiO ₂ · ·Al ₂ O ₃ ·2,8H ₂ O
As ₂ O ₅	3,56	0,015	—	—	9,78	0,042	
P ₂ O ₅	0,35	0,002	—	—	0,00	—	
+ H ₂ O	20,52	—	9,82	0,545	15,40	0,855	Гидроферралсит: 0,15Fe ₂ O ₃ ·1,7SiO ₂ · ·Al ₂ O ₃ ·2,8H ₂ O
— H ₂ O			5,83	—	0,63	—	
Потери при прок.	—	—	—	—	2,18	—	(остальное Fe идет на скородит)
Сумма	100,23	—	99,95	—	100,89	—	
Уд. вес	3,75- Л. Куз- нецова	—	3,29 Ю. Н. Книпо- вич	—	4,25 н. Куз- Л ецова	—	

Описание этих минералов дается ниже. Последний минерал по своему составу близко напоминает ферригаллуазит, но отличается от него рентгено-структурными данными.

Процесс окисления станнина происходит следующим образом. Сначала поверхность станнина становится матовой, затем покрывается темной, тонкой, иногда призрающей пленкой, которая по мере разрушения станнина утолщается, становится рыхлой и мажет руки, т. е. происходит механическое разрушение станнина с поверхности. Постепенно эта порошокватая масса светлеет, превращается в серую, а затем оливково-зеленую тонкую пленку. Этот мягкий минерал, названный нами гидростанитом, обладает жирным восковым или матовым блеском.

Под микроскопом гидростанит представляет собой слабо поляризующий тонкозернистый агрегат с едва заметным двупреломлением, окрашенный в желтовато-зеленый или грязно-зеленый цвет. Показатель преломления 1,674. При образовании этого минерала из станнина частично выносятся медь и сера, происходит обогащение оловом и железом. Привносятся силиций, алюминий, кальций и вода (табл. 2 и 3). Дальнейший процесс окисления приводит к образованию темножелтого минерала — гидроферрестанита, который в достаточном для анализа количестве был встречен только на одном месторождении. Он порошокватый или плотный, мягкий, имеет матовый блеск. Изредка встречаются зональные агрегаты его, причем отдельные зоны отличаются интенсивностью желтой окраски. В таких агрегатах сохраняются участки гидростанита. Показатель преломления гидроферрестанита колеблется от 1,752 (у изотропного) до 1,774 (у слабо анизотропного).

При образовании гидроферрестанита еще больше увеличивается относительное содержание олова. Немного увеличивается содержание железа по сравнению с гидростанитом, резко понижается количество меди и серы. По мере окисления силиций, алюминий и вода начинают играть все большую роль в составе вторичных минералов по станнину. Содержание же кальция и магния колеблется и, очевидно, не играет большой роли в составе вторичных минералов. Изучение большого количества разнообразных минералов из месторождений, залегающих в различных породах, показало, что содержание кальция и магния в минералах находится в тесной связи с составом вмещающих пород, из которых эти элементы заимствуются как в гипогенную, так и в гипергенную стадии минералообразования.

Крайней степенью изменения является светложелтый минерал — гидрофералсит, порошокватый, с матовым блеском, мягкий. Из него вынесены медь, олово, сера (табл. 2), и он представляет собой водный алюмосиликат железа; по своему составу ближе подходит к ферригаллуазиту, но отличается от последнего рентгено-структурными данными. Под микроскопом он тонковолокнистый, слабо анизотропный, показатель преломления 1,765.

Обнаруженный химическим анализом мышьяк относится к скородиту, от которого не удалось избавиться при отборе, поскольку он образует механическую тонкодисперсную смесь с гидрофералситом.

По внешнему виду оба последних минерала напоминают некоторые разновидности гидроокислов железа. Рентгено-структурное изучение гидростанита показало едва намечающиеся размытые потемнения на дебаграмме. В гидроферрестаните и гидрофералсите в том же месте намечаются две очень слабые и сильно размытые линии, расположенные на одних и тех же местах у обоих минералов. Указанные линии соответствуют межплоскостным расстояниям: $d = 2,579 \text{ \AA}$ и $d = 1,755 \text{ \AA}$.

При окислении станнина разлагаются и включенные в него другие сульфиды (сфалерит, висмутин, галенит, арсенопирит и др.), и, как это видно из табл. 2 и 3, также постепенно выносятся слагающие их элементы и примеси в них.

Указанное в литературе (Смирнов, 1936; Бетехтин, 1940; Ahlfeld, 1930) замещение станнина касситеритом в зоне окисления нами не наблюдалось, так же как и образование касситерита или деревянистого олова за счет разложения станнина.

Для более полного освещения состояния вопроса о процессе окисления станнина в зоне выветривания и продуктах, при этом образующихся, мы считаем необходимым привести следующие данные, опубликованные в литературе.

В природных условиях в зоне окисления, судя по нашим данным и материалам других исследователей, станнин довольно быстро окисляется. По данным Альфельда (Ahlfeld, 1930, 1937), в боливийских месторождениях станнин окисляется значительно быстрее, нежели пирит, и медленнее, чем цирротин. По наблюдениям С. С. Смирнова, станнин по скорости окисления может быть поставлен в одном ряду с халькопиритом.

Наши наблюдения вполне согласуются с данными указанных авторов. Станнин по степени окисляемости принадлежит к так называемой «средней группе минералов», окисляясь примерно с такой же скоростью, как халькопирит.

Опубликованные довольно скудные материалы о вторичных продуктах, которые возникают при разложении станнина в зоне окисления, оказались довольно противоречивыми и во многом гипотетическими, а в некоторых случаях неверными.

Так, Альфельд в 1930—1937 гг. (там же) следующим образом сформулировал свои соображения относительно хода разложения станнина в зоне окисления: в результате окисления станнина возникают черный ковеллин и касситерит. Ковеллин в дальнейшем дает начало сульфату меди и выщелачивается. На месте же станнина остается пористый порошокватый касситерит (недеревянистое олово). Нисходящих оловосодержащих растворов при этом не образуется. Все олово станнина фиксируется на месте в виде супергенного касситерита,

Этому выводу противоречат данные Грина (Green, 1926), который в трех анализах рудничных вод Ллаллагуа (Боливия) обнаружил значительные содержания олова: 180,9; 145,8 и 19,4 мг/л. Эти данные свидетельствуют о том, что часть олова при разложении станнина уносится рудничными водами из зоны окисления в нижние горизонты месторождения.

Если принять во внимание еще и то, что касситерит практически не растворим в зоне окисления, то надо считать, что олово, обнаруженное в водах Ллаллагуа, относится к сернистым соединениям олова.

Наши исследования не подтверждают и наличия супергенного касситерита в конечных продуктах окисления станнина.

В 1936 г. С. С. Смирнов (1936) изображал процесс окисления станнина в виде следующей схемы, правда, оговаривая, что он это делает на основании гипотетических представлений:



При этом С. С. Смирнов предполагал, что образующаяся при окислении метаоловянная кислота дает коллоидный раствор, быстро коагулирующийся электролитами, и что гель H_2SnO_3 при последующей дегидратации дает супергенный касситерит. Этот автор предполагал также, что в результате окисления станнина возникают те или иные кислородные соединения меди

Результаты спектрального анализа стан
(анализы произведены в лаборатории Института геологических

Название материала	№ 06	
	II	I
	станнин	
Оч. сильные линии	Fe, Sn, Cu	Sn, Cu
Сильные линии	Zn	Fe, Zn, Si
Линии выше среднего	Ag	Cd, Mn
Средние линии	Si, As, Pb, Bi, Mn	Ag, Co, Nb, Ti
Слабые линии	—	Pb, Sc, Al
Оч. слабые линии	Mg	—
Следы линий	Ca	Mn
Ничт. следы линий	—	—

и железа, частью фиксирующиеся на месте, частью выщелачиваемые. В работах С. С. Смирнова и Альфельда не было никаких указаний на возможность образования других вторичных продуктов, кроме супергенного касситерита.

В дальнейшем С. С. Смирнов, после ознакомления с данными Хидена (Headen 1893) и Ю. Н. Книпович (1946), высказывал иную точку зрения по вопросу окисления станнина и считал результаты этих авторов более вероятными. С. С. Смирнов проявлял большой интерес к нашим более полным материалам, поскольку последние могут внести, по его словам, серьезные коррективы в те гипотетические предположения о процессе окисления станнина, которые лежали в основе выводов его и других авторов.

Исследования Хидена (Headen, 1893) еще в 1893 г., как мы видели выше, показали, что станнин из Пирлесс-Майн и Этта-Майн вначале переходит в медно-зеленый до зеленовато-черного цвета продукт, затем в продукт грязно-зеленого до коричнево-желтого цвета, и все это рассекается серией многочисленных тончайших просечек, внутренние части которых сложены землистым веществом белого цвета, представляющим, по Хидену, слегка загрязненную двуокись олова.

Из этого описания можно делать вывод, что в месторождениях Пирлесс-Майн и Этта-Майн станнин, вероятно, в первую очередь замещался агрегатом минералов зеленого цвета, которые в свою очередь, замещались порошковатым «супергенным» касситеритом.

Полученные Хиденом результаты анализов (приведены выше) хотя и относились к смеси вторичных минералов, но все же дают возможность сравнивать эти данные с нашими. Ценность данных Хидена заключается в том, что они вскрывают иной характер вторичных продуктов по станнину, а именно: эти продукты являются смесью станнатов (?) железа и меди. По своему составу они близки к нашему оливково-зеленому минералу — гидростаниту. Но вторичные минералы в чистом виде Хиденом не были выявлены, а также не были исследованы их оптические и физические свойства.

Исследования Ю. Н. Книпович (1946) окисленных руд полиметаллических месторождений показали, что олово в пробе заключается главным

Таблица 3

нина и вторичных минералов по нему

наук СССР проф. С. А. Боровиком и Л. Н. Индюченко)

р а з д а					
II		I		I	
оливково-зеленый гидростанит				темножелтый гидроферристанит	
				светложелтый гидрофералсит	
Cu, Fe As, Sn, Si Ca Ag, Al Pb, Bi, Mg Zn, Mn — —	Fe Sn, Cu As, Ag, Ca, Si — Bi, Al, Mg — —	Sn Fe, Si Cu As Pb, Mg, Mn Zn, Ca, Al Ti Ag	Sn, Fe, Si Ca, Al, Mg — Cu As, Pb, Zn, Ni, Mn Ag Ti Zr	Fe Ca, Al, Si — As Cu — Mg Sn, Mn	Fe Sn, Cu, Si As, Pb, Ca, Al Ag Mg, Mn — — Bi

образом в соединениях типа гидратов. Станнин в этих месторождениях не был установлен, и наличие его предполагается только на основании гипотетических соображений.

Изложенным и исчерпываются немногочисленные данные об исследованиях процессов окисления станнина и вторичных продуктов, образующихся при его окислении.

В настоящее время, когда нам удалось обнаружить на некоторых оловорудных месторождениях вторичные минералы, образующиеся при окислении станнина и представляющие собой последовательно сменяющиеся стадии изменения этого минерала, можно внести серьезные изменения в прежние представления о процессе окисления станнина.

Мы уже указывали на то, что вначале по станнину развивается гидростанит (минерал оливково-зеленого цвета), затем по гидростаниту развивается гидроферристанит (минерал темножелтого цвета), и наконец, крайней степенью изменения станнина является гидрофералсит (минерал светложелтого цвета). Никаких нерастворимых остатков, например в виде супергенного касситерита, не обнаружено.

Мы произвели два анализа станнина, за счет которого образуются вторичные минералы. С этими анализами мы и решили сопоставить результаты анализов вторичных минералов, приведенные в табл. 2.

Из этого сопоставления видно, что вся сера станнина выносится, повидимому, в форме сульфатов и серной кислоты. Место ее занимает полностью кислород. Все олово остается на месте только в двух минералах — в гидростаните и гидроферристаните, входя в их состав, но в гидрофералсите олова нет совсем. Железо в основном остается во всех трех минералах почти без изменения, но зато цинк (изоморфно замещающий железо в станнине) удаляется полностью. Одна треть меди остается только в гидростаните, а затем полностью выносится. Происходит большой принос кислорода, воды, кремнезема и глинозема.

Такова картина окисления станнина, укладываемая в схему: станнин — гидростанит (гидроокисел железа, меди, олова, кремния и алюминия) — гидроферристанит (гидроокисел железа, олова, кремния и алюминия без меди) — гидрофералсит (водный гидроокисел железа,

кремния и алюминия без олова и меди). Эта схема отличается от схемы Хидена, у которого последним, крайним членом изменения является супергенный касситерит.

В качестве общего заключения можно сделать следующий вывод. При окислении станнина некоторые металлы (медь, олово, цинк) выщелачиваются вплоть до полного выноса, и только железо остается на месте. Степень выноса этих металлов, а равным образом и характер минералов, при этом возникающих, зависят, вероятно, от физико-химических условий среды и других чисто местных условий. В одном случае, как это показал Хиден, образующиеся гидроокислы железа, меди и олова сравнительно неустойчивы и дают в конечном итоге начало супергенному касситериту. В других случаях (в условиях Забайкалья) олово в основной своей части в конце процесса легко извлекается из гидроокислов и уносится полностью, причем в условиях зоны окисления кварцево-полевошпатовых жил во вторичных минералах по станнину большое участие принимают такие элементы, как кремний и алюминий, являющиеся продуктами разрушения полевого шпата и других силикатов, т. е. элементы той среды, в условиях которой они формируются.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Бетехтин А. Г. Станнин. Минералы СССР. Т. II, Изд-во АН СССР, 1940.
Книлович Ю. Н. О растворимости олова в природных условиях. Зап. Всеросс. минер. общ., ч. LXXV, вып. 2, сер. 2, 1946.
Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. ОНТИ НКТП СССР, 1936.
Ahlfeld F. Supergene cassiterite in tin veins. *Econom. Geol.*, 15, № 5, 1930.
Ahlfeld F. Die Erzlagerstätten der tertiären Magmaprovinz der Bolivianischen Centralanden. *N. Jb. Min. A. B. V.* 65, H. 2 и 3, 1937.
Greene G. U. Solubility of tin minerals. *Eng. a Ming. Tourn. Press.* 122, № 1, 1926.
Headen W. P. Stannite and some of its alternation products from Black Hills. *S. D. Amer. Journ. Sci.*, 15, 1893.