

О. П. ПОЛЯКОВА

О ФРАНКЕИТЕ ИЗ ОЛОВЯННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД  
СМИРНОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Для большинства рудных провинций мира сложный сульфостаннат свинца франкеит ( $Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$ ) является очень редким минералом. Только в Боливии, в месторождениях ее серебро-оловянного пояса, франкеит распространен довольно широко. По данным Альфельда (Ahlfeld, 1933; 1938), франкеит известен в четырнадцати месторождениях Боливийской рудной провинции, а в двух из них, в Поопо и в Хуануни, принадлежит к числу главных минералов.

На территории СССР этот редкий минерал был найден только в последние годы. Вначале он был встречен в рудах Смирновского месторождения в Восточном Забайкалье, где был установлен автором статьи в 1951 г., а затем был открыт в рудах одного из месторождений Средней Азии геологом Г. Ф. Шендереем (Мацокина-Воронич, 1954).

В настоящей статье приводится описание франкеита Смирновского месторождения, а также дается краткая характеристика агрегатов разложения этого редкого минерала, которые ни в отечественной, ни в зарубежной литературе, насколько известно автору, никогда ранее не упоминались.

В сложных по минеральному составу оловянно-полиметаллических рудах Смирновского месторождения франкеит принадлежит к числу относительно поздних минеральных образований и находится в теснейшей ассоциации с комплексом различных сульфосолей свинца, а также галенитом, сфалеритом, пиритом, пирротином и жильными минералами — кварцем и карбонатами.

Как правило, франкеит находится здесь в самых теснейших сростаниях со всеми указанными минералами и только изредка наблюдается в виде почти мономинеральных прожилковидных обособлений среди очень сложных по составу минеральных комплексов.

Особенно часто франкеит встречается в тесной ассоциации с другими сульфосолями свинца, которые представлены в Смирновском месторождении буланжеритом, джемсонитом, геокронитом, тиллитом и цилиндритом.

В Смирновском месторождении сравнительно широко развиты крупнотаблитчатые выделения франкеита и агрегаты, сложенные скоплениями тонкозернистых образований, в которых отдельные индивиды незаконномерно прорастают друг друга.

Наиболее крупные таблички франкеита имеют здесь размер до 0,5—1,0 см<sup>2</sup>.

Не безынтересно заметить, что для относительно крупнокристаллических индивидов нередко характерна изогнутость и что эта изогнутость

не является результатом какой-либо поздней наложенной деформации. Изогнутые и скрученные таблички франкеита распространены обычно в минеральных скоплениях, совершенно не несущих признаков динамометаморфизма.

По физическим и оптическим свойствам франкеит из Смирновских руд в общем очень близок к франкеитам других месторождений. Он имеет прекрасно проявленную спайность по (001), серовато-черный цвет, металлический блеск, низкую твердость порядка 1—2 п, несмотря на эту низкую твердость, довольно хрупок: от легкого нажима таблички франкеита быстро растрескиваются.

Полируется минерал различно, в зависимости от сечения. Наилучший эффект полировки достигается в плоскостях перпендикулярных к грани (001).

В отраженном свете цвет франкеита серовато-белый. При вращении столика микроскопа наблюдается слабо проявляющийся эффект двуотражения. Окраска минерала при этом меняется от серовато-белой до желтовато-белой.

В скрещенных николях франкеит резко анизотропен. Окраска в этом случае меняется от желтоватой до зеленовато-голубой. При скрещенных николях наблюдается сложное внутреннее строение, которое, по-видимому, является следствием изгибания пластинок. В округло изогнутых пластинках обычно проявлены клиновидные веерообразно расходящиеся двойники (рис. 1). В пачках пластинчатых кристаллов, слабо изогнутых или смещенных по (001), обычно проявляется значительно более сложное строение, обусловленное развитием двух систем двойников: одной параллельной (001), а другой почти перпендикулярной или косо ориентированной по отношению к этому направлению (рис. 2). Еще более сложное строение наблюдается в том случае, когда системы двойников косо ориентированы по отношению к (001) и при этом имеют в смежных пластинчатых кристаллах различную ориентацию по отношению друг к другу. В этом случае в скрещенных николях агрегат имеет паркетобразное строение.

Следует заметить, что внутренняя структура отдельных кристаллов и их агрегатов нередко выявляется простой полировкой. Последнее обусловлено резко различным отношением к полировке по-разному ориентированных систем двойников в кристаллах и отдельных кристаллических зерен в сложных агрегатах. Тогда строение агрегатов хорошо видно просто в отраженном свете. Но в некоторых случаях приходится прибегать к травлению шлифа. Из реактивов, обычно применявшихся для диагностического и структурного травления, на франкеит оказывает действие  $\text{HNO}_3$  в концентрации 1 : 1; от воздействия этого реактива франкеит быстро бурет.

При минералогических исследованиях было установлено, что для франкеита характерны теснейшие срастания с другими сульфостаннатами и с пирротинном. Особенно тесно в рудах Смирновского месторождения франкеит ассоциирует с пирротинном. В одних случаях пирротин густо насыщает агрегаты франкеита в виде тончайших пластинчатых выделений, приуроченных к спайности его относительно крупных кристаллов; в других случаях непосредственно кристаллы франкеита насыщены тончайшими изометрическими по форме выделениями пирротина.

С сульфостаннатами франкеит нередко образует срастания с графическими и тонкопластинчатыми структурами.

Включения в франкеите других минералов особенно четко наблюдаются, даже если они и необычайно тонкозернисты, в том случае, когда плоскость шлифа проходит перпендикулярно направлению спайности его кристаллов.

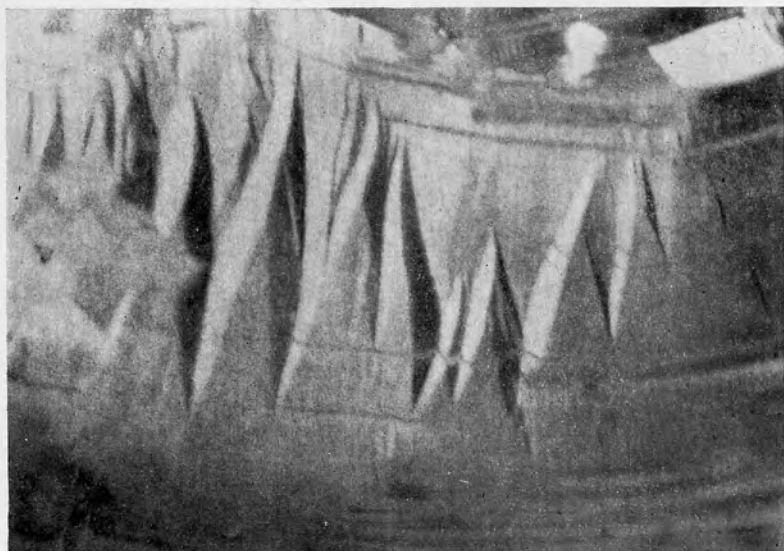


Рис. 1. Клиновидные двойники в изогнутых табличках франкеита. Полир. шлиф. Николи+. Увел. 165.



Рис. 2. Сложное двойникование в интенсивно деформированных кристаллах франкеита. Полир. шлиф. Николи+. Увел. 165.

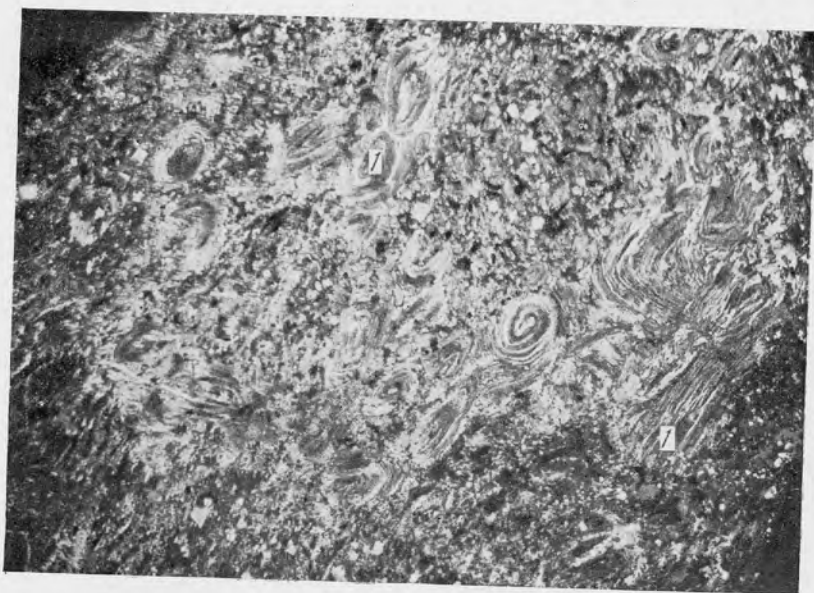


Рис. 3. Сложная по минеральному составу сульфидно-касситеритовая руда Смирновского месторождения, содержащая многочисленные агрегаты разложившегося франкеита (1). Полир. шлиф. Увел. 4.

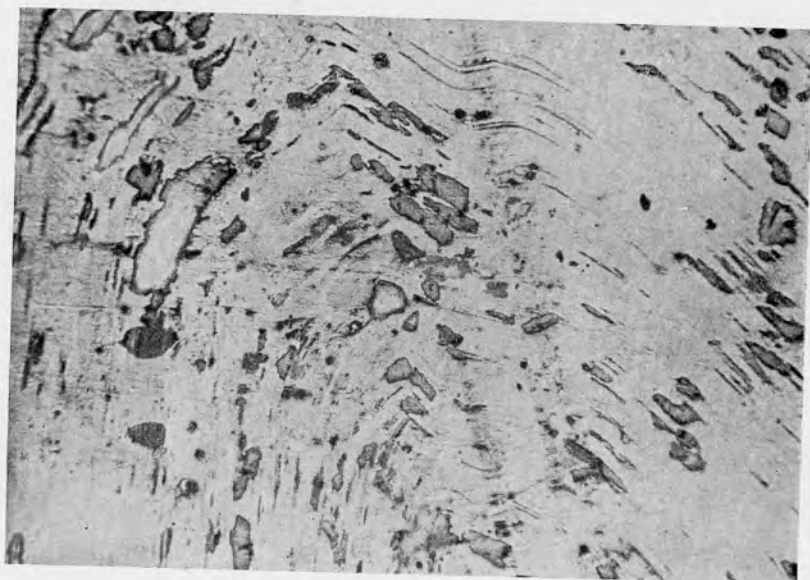


Рис. 4. Мягкие пластинчатые кристаллы франкеита с включениями пирротина (серые рельефные зерна). Полир. шлиф. Увел. 86.

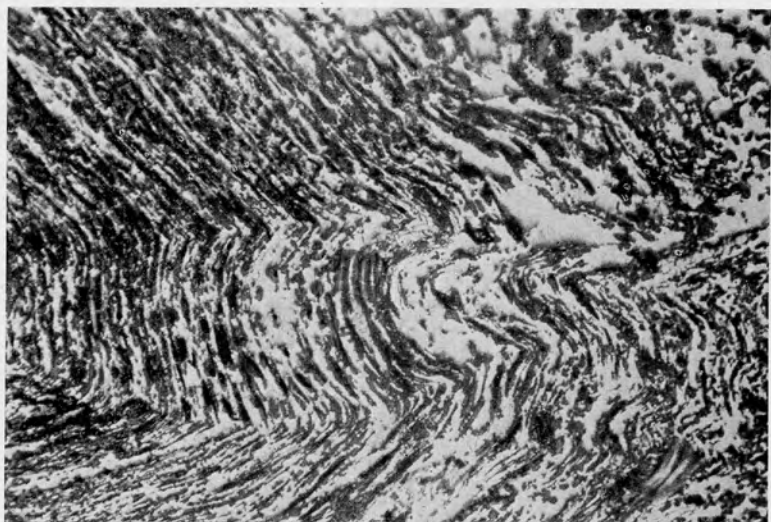


Рис. 5. Агрегат разложения франкеита. Полир. шлиф. Увел. 165.

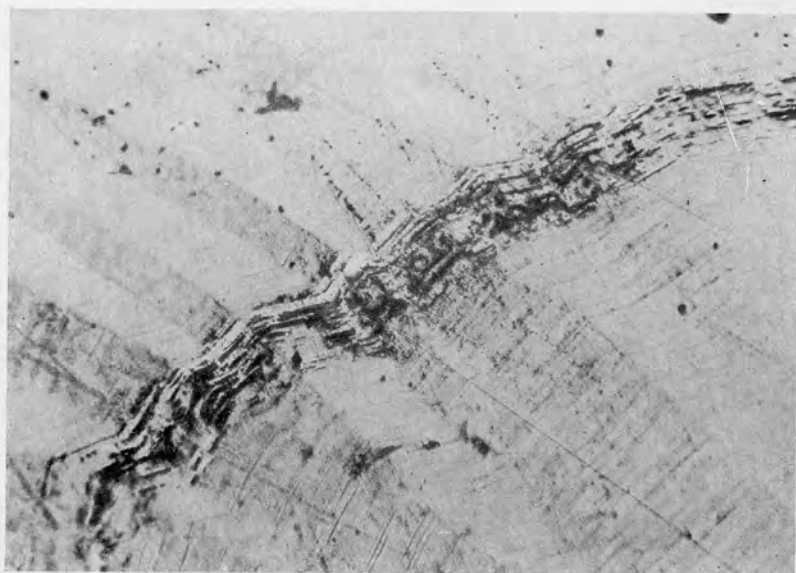


Рис. 6. Деформированные кристаллы франкеита, частично разложенные по направлению спайности. Полир. шлиф. Увел. 165.



Наличие на месторождении значительных скоплений франкеита дало возможность провести отбор мономинеральных проб на химический, рентгеноструктурный и спектральный анализы.

В табл. 1 приведены результаты химического анализа франкеита Смирновского месторождения. Для сравнения в этой же таблице помещены анализы франкеитов оловорудных месторождений Боливии и указан теоретический состав франкеита, соответствующий формуле  $Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$ .

Таблица 1

## Химический состав франкеитов

Элементы	1	2	3	4	5
Pb . . . . .	49,78	49,25	46,20	46,23	46,11
Cu . . . . .	—	—	0,90	—	—
Fe . . . . .	—	3,42	—	2,69	2,55
Zn . . . . .	—	—	—	0,57	0,79
Ag . . . . .	—	—	—	0,97	0,88
Sn . . . . .	17,10	15,88	23,75	17,05	16,08
Sb . . . . .	11,63	10,62	9,45	11,56	10,98
S . . . . .	21,47	20,90	19,16	21,12	21,14
Сумма . . .	100,00	100,21	99,26	100,19	99,25
Уд. вес . .	—	Не опр.	Не опр.	5,88	—

1 — теоретический состав ( $Pb_5Sn_3Sb_2S_{14}$ ).

2 — Смирновское месторождение, СССР; аналитик Ю. С. Нестерова. Примесь пирротина. Содержит 0,14% Jn.

3 — Средняя Азия, СССР; аналитик Е. Ф. Касьянова (Мацкина-Воронич, 1954).

4 — Тринакрия около Поопо, Боливия; аналитик Прайор. С примесью пирита и сфалерита. Содержит приблизительно 0,1% Ge (Stelzner, 1893).

5 — рудник Порвенир, Уануни, Боливия; аналитик Брендлер. С примесью пирита и сфалерита. Жильная порода — 0,72% (Stelzner, 1893).

Сравнивая приведенные анализы, можно заметить, что франкеит Смирновского месторождения по количественному содержанию большей части основных компонентов — Sn, Sb и S — очень близок к образцу с рудника Порвенир в Боливии, но содержит значительную примесь железа.

В табл. 2 приведены результаты рентгеноструктурного анализа франкеита, выполненного в рентгеновской лаборатории Института геологических наук АН СССР И. Н. Слудской. Для сравнения в этой же таблице приведены данные рентгеноструктурного анализа франкеита одного из месторождений Боливии.

Спектроскопическими исследованиями в составе франкеита, кроме обычных элементов — свинца, олова и сурьмы (все три элемента дают очень сильные линии), установлено присутствие железа (сильные линии), индия (слабые линии), меди и серебра (оба элемента — очень слабые линии). Кроме того, по данным спектрального анализа в незначительных количествах присутствуют кальций, магний и кремний. Последние три элемента обусловлены наличием мелких включений кварца и карбонатов. В окисленных и полуокисленных выделениях франкеита кристаллы его полностью

Таблица 2

## Результаты рентгеновского исследования образцов франкеита

№ линий	Франкеит Смирновского месторождения, обр. 365		№ линий	Эталон франкеита из определителя Хагкурта	
	$I_1$	$d_i$		$I_2$	$d_i$
1	2	4,27	—	—	—
2	2	3,81	—	—	—
3	6	3,47	1	3	3,43
4	2	3,16	2	0,3	3,15
5	10 дв.	{ 2,97 2,89	3	5	2,88
6	1	2,27	4	0,5	2,22
7	4	2,09	5	2,0	2,06
8	2	1,92	—	—	—
9	2	1,83	6	1,0	1,82
10	4	1,44	7	0,3	1,44

Примечание. Съемка производилась в камере диаметром 57,9 мм; экспозиция 49 мАч; Fe-излучение. Диаметр образца 0,6 мм.  $I_1$  — интенсивность линий, определенная визуально по десятибалльной шкале;  $I_2$  — интенсивность линий, определенная визуально по пятибалльной шкале;  $d_i$  — межплоскостные расстояния, в Å.

или частично замещены агрегатами тончайших зерен касситерита и сплошными тонкозернистыми массами церуссита и окислов сурьмы, причем во вторичных образованиях касситерит обычно равномерно рассеян в массе остальных минералов.

В рудных телах Смирновского месторождения франкеит в значительной степени разложен с образованием своеобразных тонкозернистых агрегатов, состоящих из взаимно прорастающих друг друга неправильных по форме зерен галенита, буланжерита и касситерита. Во всех случаях эти агрегаты идеально сохраняют формы бывших таблитчатых и изогнутых таблитчатых кристаллов франкеита (рис. 3, 4 и 5) и, как правило, характеризуются выдержанным соотношением составляющих их минералов — касситерита, галенита и буланжерита.

Размер зерен касситерита в агрегатах разложения не превышает сотых долей миллиметра, а размер зерен галенита и буланжерита — тысячных долей миллиметра.

В кристаллических выделениях франкеита, слабо затронутых разложением, сложные тонкозернистые образования указанных трех минералов развиваются лишь по плоскостям спайности кристаллов (рис. 6).

В агрегатах разложения, подверженных окислению, галенит и буланжерит с различной интенсивностью на разных участках замещены англезитом, церусситом и окислами сурьмы.

Судя по тому, что агрегаты, представляющие продукты разложения франкеита, широко развиты в рудах, а остальные минералы, их составляющие, не несут признаков окисления (даже такие чувствительные минералы к действию супергенных агентов, как галенит и сфалерит), можно полагать, что разложение сульфостанната в данном случае произошло еще в процессе рудообразования. Следовательно, франкеит можно относить к числу ми-

нералов неустойчивых в условиях изменения парциального давления кислорода в рудообразующих растворах в сторону его повышения. Он, как и другие сульфостаннаты (Бетехтин, 1951; Радкевич, 1948), разлагается с образованием  $\text{SnO}_2$  и сульфидов Pb и Sb и дает в дальнейшем соединения, устойчивые в новых физико-химических условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бетехтин А. Г. Явления разложения рудных минералов под влиянием изменения режима серы или кислорода в растворах. В кн. «Кристаллография». Тр. Федоровской научн. сесс. 1949 г. Изд. по черн. и цветн. мет., 1951.
- Дэна Дж. Д. и др. Система минералогии, т. I, полутом 1. Изд. иностр. лит., 1951.
- Мацокина-Воронич Т. М. О находке франкеита. Зап. Узбек. отд. Всес. минер. общ., вып. 6, 1954.
- Радкевич Е. А. Метаморфизм руд Синанчи. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1948.
- Ahlfeld F. u. Moritz N. Beitrag zur Kenntnis der Sulfostannate Boliviens. Neues Jahrb. f. Miner., B.-B. 66, Abt. A. 1933.
- Ahlfeld F. u. Mnoz J. Reyes. Mineralogie von Bolivien, Berlin, 1938.
- Stelzner A. Über Frankeit, ein neues Erz aus Bolivien. Neues Jahrb. f. Miner., Bd. 2, 1893.