

А. Д. ГЕНКИН, Г. В. БАСОВА

О ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ ФЕРРОПЛАТИНЕ  
ИЗ НОРИЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Самородная платина наряду с другими элементами постоянно содержит в виде изоморфной примеси железо. В наиболее распространенном минерале платиновой группы — поликсене количество железа составляет от 5 до 11%. Разновидности самородной платины с более высокими содержаниями железа, достигающими 16—21%, получили название ферроплатины (Высоцкий, 1925; Бетехтин, 1935, 1950). А. Г. Бетехтин (1950) указывает, что до сих пор ферроплатина была установлена только в россыпях Уральских месторождений (Нижне-Тагильского района). Отношение Pt : Fe в уральской ферроплатине близко 1:1. Она, как и поликсен, обладает центрогранной кубической структурой. Под микроскопом в полированных шлифах она не изучалась.

А. Куссман и Г. Риттберг (Kussmann, Rittberg, 1950) при исследовании системы Fe—Pt установили, что сплавы в области FePt при низких температурах образуют упорядоченную фазу со структурой типа AuCu, относящуюся к тетрагональной сингонии с  $a = 3,87 \text{ \AA}$  и отношением осей  $c/a = 0,973$ .

При рентгенометрическом исследовании шлиховой платины из Норильского месторождения В. И. Михеев, А. И. Калинин, Э. П. Сальдау (1961) в дебаеграммах электромагнитной и магнитной фракций, представленных смесью различных минералов, обнаружили линии, характерные для ферроплатины. Оптическое и химическое изучение минералов, к сожалению, не производились.

Для сопоставления с норильской ферроплатиной В. И. Михеев и другие провели рентгеновское исследование образца уральской железистой платины, хранящейся в Горном музее Ленинградского горного института под № 11/28, и установили, что она так же, как сплав FePt (Kussmann, Rittberg, 1950), представляет собой упорядоченную фазу с тетрагональной структурой.

В халькопиритовых жилах Норильского месторождения нами был встречен минерал, рентгенограмма которого оказалась близкой самородной платине, хотя и отличалась от нее. И. В. Михеева обратила наше внимание на большое сходство норильского минерала с уральской тетрагональной ферроплатиной (Михеев и др., 1961).

**Условия нахождения и свойства ферроплатины.** Ферроплатина была обнаружена в полированных шлифах из халькопиритовой жилы, залегающей в песчаниках (рудник Таймырский, горизонт 203 м). Главными рудными минералами жилы являются халькопирит и пентландит, образующий

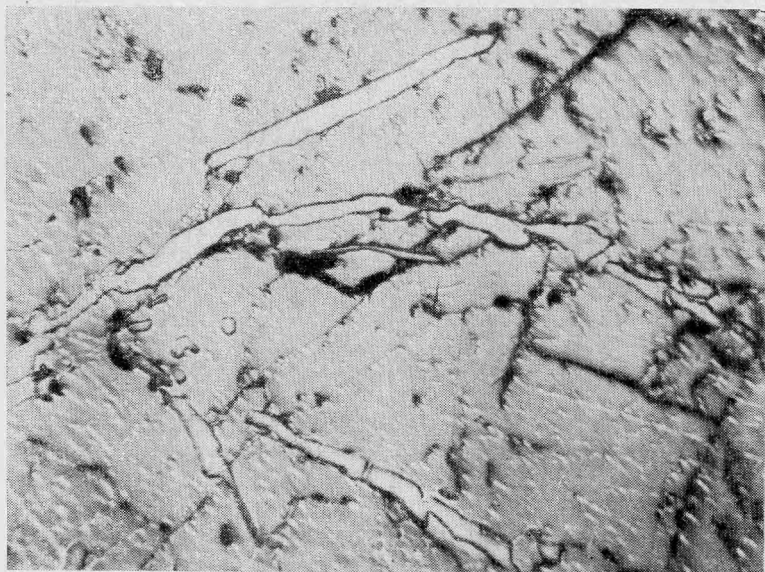


Рис. 1. Пржилки ферроплатины (ярко-белое) в халькопирите (серое).  
Полированный шлиф,  $\times 40$

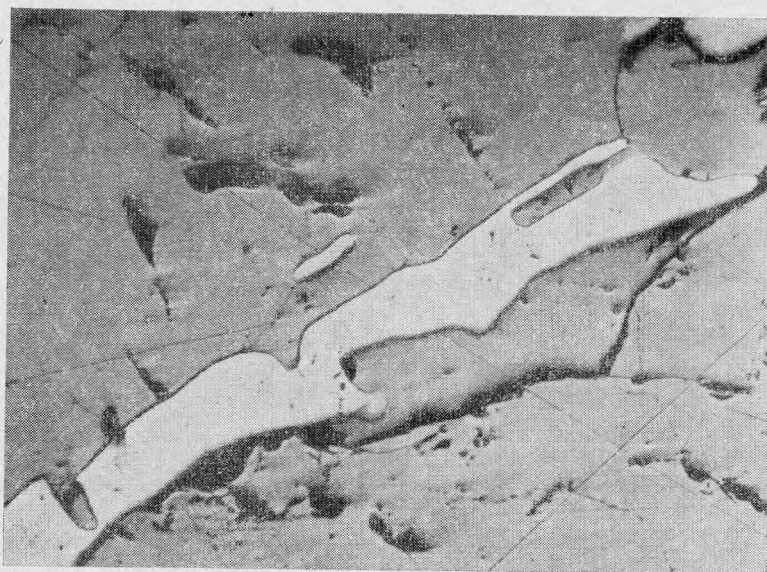


Рис. 2. Неправильные формы прожилка ферроплатины (белое)  
в халькопирите (серое). Полированный шлиф,  $\times 165$

в халькопирите крупные ( $> 1$  см) порфировидные выделения. Как и в некоторых других жилах наблюдается закономерная приуроченность ферроплатины и других платиновых минералов к висячему боку жилы и их расположение вдоль ее зальбанда (Генкин, 1959).

Ферроплатина встречается среди халькопирита в виде своеобразных прожилков (рис. 1) толщиной до 0,1—0,15 мм. Пржилки характеризу-

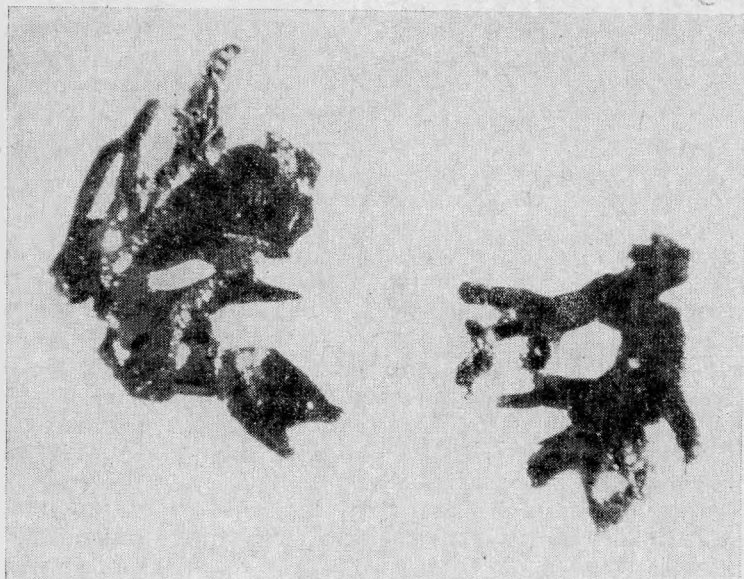


Рис. 3. Форма выделения ферроплатины, полученная путем растворения в концентрированной  $\text{HNO}_3$  окружающего халькопирита  $\times 80$

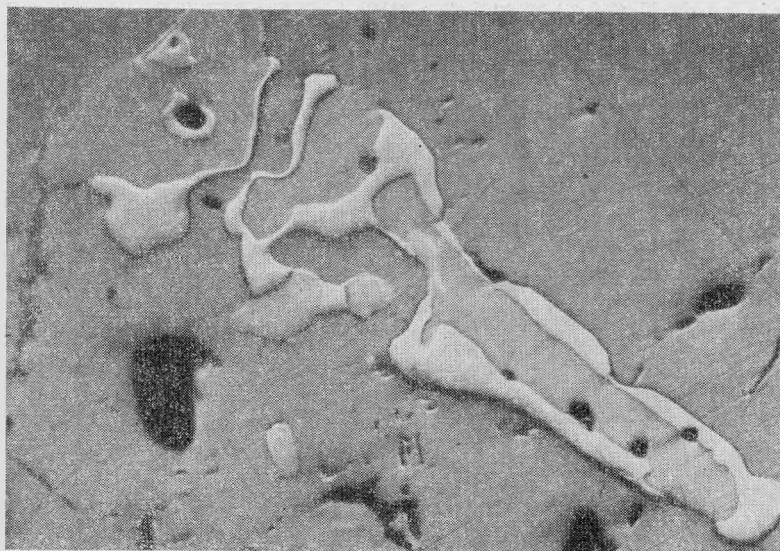


Рис. 4. Ферроплатина (ярко-белое) в виде каймы окружает выделения станнопалладинита (серое) в халькопирите (темно-серое). Полированный шлиф,  $\times 165$

ются неправильными ограничениями, резкими уменьшениями мощности и утолщениями (рис. 2). Форма прожилков особенно отчетливо выявляется при их препарировании в халькопирите вдоль плоскости. Они оказываются то достаточно протяженными, то состоящими из разобценных пластинок весьма причудливой формы (рис. 3).

В парагенетической ассоциации с ферроплатиной находятся еще недостаточно изученный станнопалладинит (Масленицкий, 1949; Генкин, Королев, 1961), большей частью представленный в халькопирите зернами округлой и овальной формы, и самородное золото. Иногда ферроплатина в виде каймы окружает выделения станнопалладинита (рис. 4).

Интересно, что в призальбандных участках жилы, в которых встречается ферроплатина, в халькопирите нередко наблюдаются небольшие, хорошо образованные кристаллики апатита.

Извлеченные из полированного шлифа зерна ферроплатины от серебряно-белого до стально-серого цвета и с сильным металлическим блеском.

В отраженном свете минерал ярко-белый, изотропный. Отражательная способность в желтом свете ( $\lambda = 558$  мкм) 66%.

Твердость довольно высокая, но стальной иглой чертится. Относительный рельеф значительно выше, чем у халькопирита.

Обычными реактивами диагностического травления и концентрированными кислотами не травится. Затравливается лишь царской водкой. Характерной особенностью минерала является его сильная магнитность.

**О составе ферроплатины.** Для отбора минерала на химический анализ была использована его магнитность и устойчивость по отношению к концентрированной азотной кислоте. Было отобрано около 30 мг пластинчатых выделений ферроплатины.

Анализ<sup>1</sup> проводился в двух параллельных навесках весом 15 и 13 мг, в которых определялись платина, железо и палладий. Навески разлагались в царской водке до полного растворения. Раствор разбавлялся водой и фильтровался. Фильтрат выпаривался, переводился в хлориды, разбавлялся водой и из объема 100 мл высаживались платина и палладий. В фильтрате определялось железо в виде  $Fe_2O_3$  путем осаждения аммиаком. Осадок платины и палладия обрабатывался царской водкой, переводился в хлориды, и палладий отделялся от платины путем осаждения палладия 1%-ным раствором диметилглиоксима. В фильтрате определялась платина осаждением каломелью, прокаливанием и взвешиванием. Результаты анализа ферроплатины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа ферроплатины

Навеска	Pt		Fe		Pd	
	вс. %	атомное количество	вс. %	атомное количество	вс. %	атомное количество
1-я	59,8		26,6		10,0	
2-я	62,1		26,6		9,23	
Среднее	60,9	0,310	26,6	0,476	9,61	0,090
Пересчет на 100%	62,65	0,321	27,36	0,489	9,89	0,093

Химический анализ ферроплатины выявляет весьма интересные особенности ее состава. Прежде всего бросается в глаза очень высокое содержание железа, превышающее все известные до настоящего времени

<sup>1</sup> Анализ произведен в лаборатории ИОНХ АН СССР аналитиком Т. П. Соловых.

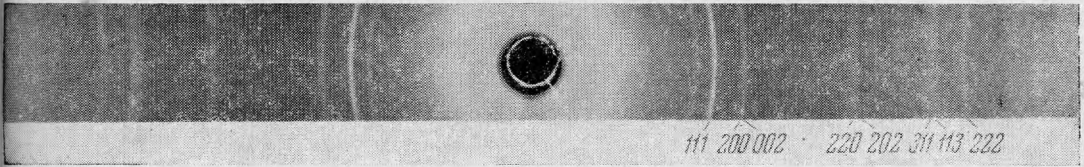


Рис. 5. Рентгенограмма ферроплатины

значения. В связи с этим соотношение между платиной и железом в описываемом минерале не 1 : 1, как это имеет место для максимальных содержаний железа в приводимых в литературе анализах ферроплатины, а 2 : 3. Обращает на себя внимание также значительное содержание в минерале палладия. Часть палладия, возможно, обусловлена примесью станнопалладинита.

Рентгенометрическое изучение ферроплатины. Для получения хорошей рентгенограммы ферроплатины, которая обычно из-за ковкости минерала характеризуется прерывистыми и размытыми линиями, нами был

Таблица 2

## Рентгенограммы норильской и уральской ферроплатины

Ферроплатина из халькопиритовой жилы, Норильское месторождение		Уральская ферроплатина, Михеев и др. (1961)		<i>hkl</i>	Ферроплатина из плинхов, Норильское месторождение, Михеев и др. (1961)		<i>hkl</i>
<i>I</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>d</i>		<i>I</i>	<i>d</i>	
2	3,73			001			
2	2,71	1	2,732	110			
5	(2,406)	1	(2,427)	111 β	2	2,45	111 β
10	2,182	8	2,198	111	6	2,23	111
2	2,09			200 β	1	2,12	200 β
1	2,01						
5	1,919	5	1,930	200	7	1,929	200
5	1,888	2	1,864	002			
1	1,817						
1	1,707	1	1,712	201	1	1,727	210
		1	1,598	211			
3	1,515						
3 ш	(1,474)	2	1,473	202 β			
5	1,343	4	1,365	220	6	1,365	220
2	1,330	4	1,338	202			
3	(1,278)	3	1,282	311 β			
3	1,264						
1	1,219	1	1,224	310			
1	(1,206)				1	1,226	222 β
6	1,154	10	1,163	311	7	1,162	311
7	1,142	2	1,133	113			
4	1,114	1	1,122				
8 ш	1,093	5	1,098	222	5	1,113	222
		1	1,079	320			
3	1,032			203			
5	1,015			312			

использован маркировочный объектив, прилагаемый к микроскопу МИМ-8. С помощью алмазной пирамидки этого объектива, вставляемого на место обычного объектива в микроскопе для отраженного света, из выделения ферроплатины в полированном шлифе были высверлены мельчайшие частицы. Последние были закатаны в шарик из резинового клея диаметром 0,5 мм, сьемка которого на установке УРС-55, в камере РКД  $D=57,3$  с излучением  $FeK(\alpha)$  позволила получить рентгенограмму с четкими, достаточно интенсивными линиями (рис. 5). Результаты расчета рентгенограммы норильской ферроплатины из халькопиритовой жилы и рентгенограммы уральской ферроплатины и ферроплатины из шлихов Норильского месторождения (Михеев и др., 1961) приведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видна большая близость рентгенограмм исследуемой и уральской ферроплатины и их отличие от рентгенограммы норильской ферроплатины из шлихов. Как и на снимке уральской ферроплатины, линии 200, 220 и 311 оказываются расщепленными на две, в то время как отражения 111 и 222 остаются нерасщепленными (рис. 5). В. И. Михеев (Михеев и др., 1961), исходя из теории гомологии (Михеев, 1961), объясняет явление расщепления линий на рентгенограмме уральской ферроплатины тетрагонализацией кубической ячейки, обусловленной упорядочиванием атомов железа и платины в центрогранной структуре. Используя принцип гомологии, он произвел индцирование рентгенограммы на основе тетрагональной структуры по параметрам  $a = 3,867 \text{ \AA}$  и  $c = 3,735 \text{ \AA}$ , определяемым непосредственно из отражений 200 и 002. В. И. Михеев отмечает также, что явление упорядоченности сказывается не только в расщеплении линий, но и в появлении сверхструктурных линий со смешанными индексами, такими как 110, 201, 310 и 320.

Большинство линий рентгенограммы описываемой ферроплатины хорошо индцируются аналогично линиям уральской ферроплатины, исходя из параметров  $a = 3,84 \text{ \AA}$ ,  $c = 3,78 \text{ \AA}$ , определяемых по отражениям 200 и 002. Отношение осей  $c/a = 0,980$  близко величине, приводимой А. Кусманом и Г. Ритберг (Kusmann, Rittberg, 1950) для ферроплатины состава  $FePt - c/a = 0,973$ . Несколько не поддающихся индцированию линий обусловлено, по-видимому, присутствием примесей.

Таким образом, рентгенометрические данные позволяют считать, что описываемый минерал представляет собой упорядоченную тетрагональную ферроплатину.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность И. В. Михеевой за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Бетехтин А. Г. Платина. Изд-во АН СССР, 1935.  
 Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, 1950.  
 Высоккий Н. К. Платина и районы ее добычи. Естеств. произв. силы СССР, ч. 4, «Полезные ископаемые», 1925.  
 Генкин А. Д. Условия нахождения и особенности состава минералов платиновой группы в рудах Норильского месторождения. — Геология рудных месторождений, 1959, № 6.  
 Генкин А. Д., Королев Н. В. К методике определения небольших зерен минералов в рудах. — Геология рудных месторождений, 1961, № 5.  
 Масленицкий И. Н. Новые платиновые минералы в сульфидных медно-никелевых рудах. — Зап. Ленингр. горного ин-та, 1948, т. 22, ч. 2.  
 Михеев В. И. Гомология кристаллов Л., Госолтехиздат, 1961.  
 Михеев В. И., Калинин А. И., Сальдау Э. П. Рентгенометрическое исследование платины Норильского месторождения. — Зап. Ленинград. горного ин-та, 1961, т. 38, вып. 2.  
 Kusmann A., Rittberg G. G. Zeitschr. Metallkunde, 1950, N 41.