

А. Д. ГЕНКИН и О. Е. ЗВЯГИНЦЕВ

ВЫСОЦКИТ — НОВЫЙ СУЛЬФИД ПАЛЛАДИЯ И НИКЕЛЯ

В Норильском месторождении, наряду с наиболее распространенными вкрапленными и жильными рудами, сложенными обычной для медно-никелевых месторождений ассоциацией пирротина, халькопирита, пентландита и магнетита, встречаются менее распространенные, но весьма характерные вкрапленные халькопирит-миллеритовые руды. Миллерит в этих рудах нередко образует тонкие сростания с никелистым пиритом и халькопиритом. При детальном изучении этих своеобразных сростаний А. Д. Генкиным еще в 1949 г. (Генкин, 1951) были обнаружены мельчайшие (до 0.07 мм) выделения минерала, который по своим оптическим свойствам, поведению при травлении и рентгенометрическим данным оказался весьма близким брэггиту (Pt, Pd, Ni)S. Однако спектральный анализ показал, что, в отличие от брэггита, главным слагающим его металлом является палладий, а платина находится лишь в подчиненном количестве. На основании этих данных и ввиду отсутствия достаточного количества материала для химического анализа минерал был предварительным образом описан как сульфид палладия. Под этим обозначением он уже неоднократно упоминался в литературе (Бетехтин, 1952; Годлевский, 1959, и др.).

В статье А. Д. Генкина (1959), посвященной рассмотрению условий нахождения платиновых минералов в норильских рудах и обсуждению результатов локального рентгеноспектрального исследования некоторых из них, этот минерал обозначен как минерал № 8. Под этим номером он приводится также М. Флейшером (Fleischer, 1961) в обзоре новых минералов.

Дополнительные исследования минерала и особенно его химический анализ, произведенный в лаборатории О. Е. Звягинцева в Институте неорганической химии АН СССР, позволили выяснить, что он является новым сульфидом палладия и никеля — (Pd, Ni)S. В честь известного советского геолога Н. К. Высоцкого, исследовавшего уральские россыпные месторождения платины и впервые обнаружившего наличие платиновых металлов в рудах Норильского месторождения, новый минерал назван *высоцкитом* (Vyssotskite).

Описание высокоцита. Высоцкит в рудах встречается в основном в сростаниях с миллеритом, никелистым пиритом и халькопиритом. Представлен он обычно мельчайшими выделениями неправильной формы (рис. 1). Среди халькопирит-миллеритовых сростаний нередко наблюдаются и хорошо образованные кристаллики высокоцита (рис. 2), размер которых обычно не превышает 0.07 мм. Извлечение кристалликов из окружающих их сульфидов путем растворения последних позволило установить, что они обладают весьма разнообразными формами (рис. 3 и 4), обусловленными всевозможными сростаниями кристалликов призматического и тонкоиглочатого габитусов. Отдельные кристаллики большей частью представляют собой удлиненные тетрагональные призмы. Кристаллики обладают серебристым цветом и довольно сильным металлическим блеском.

В отраженном свете высокоцит — серовато-белый с голубоватым оттенком. Отражательная способность его — около 44—45%, немного ниже, чем у халькопирита. Низкое значение отражательной способности отличает его от других платиновых минералов, в том числе и от брэггита,

для которого П. Рамдор (Ramdohr, 1960) указывает очень высокую отражательную способность, примерно между самородными металлами и никелином, т. е. более 54%. Лишь у куперита, местами ассоциирующего с высокоцкитом, отражательная способность немного ниже. Двухотражение выявляется только при наблюдении с иммерсией. Цвет изменяется от серовато-голубоватого до серовато-сиреневатого. В скрещенных николях — анизотропный. Цветной эффект анизотропии — от синеватого до коричневатого.

Твердость довольно высокая, но стальной иглой чертится. Полируется хорошо. Относительный рельеф выше, чем у халькопирита и миллерита.

Обычными реактивами диагностического травления, концентрированными кислотами и царской водкой высокоцкит не травится.

О составе высокоцкита. Отбор материала для химического анализа высокоцкита был сопряжен с очень большими трудностями из-за ничтожно малого размера его зерен, изредка встречающихся среди сульфидов. Для того, чтобы отобрать минерал на анализ, мы воспользовались его устойчивостью по отношению к концентрированным кислотам. Образцы руд, содержащих среди сростаний халькопирита и миллерита мельчайшие кристаллики высокоцкита, подвергались дроблению и затем растворению в кипящей концентрированной азотной кислоте. В остатке от растворения при этом среди основной массы силикатов можно было различить кристаллики высокоцкита и куперита. Последние затем извлекались с помощью отмывки йодистым метиленом и растворением силикатов в плавиковой кислоте. Отбор под бинокулярной лупой благодаря четким внешним различиям позволил отделить кристаллики высокоцкита от обломков более крупных кристаллов куперита. Таким путем удалось отобрать около 30 мг высокоцкита.¹

Химический анализ отобранного материала проводился в двух параллельных навесках.² Результаты химического анализа высокоцкита приведены в табл. 1. Сера при анализе не определялась, и приводимые

Таблица 1

Результаты химического анализа высокоцкита

Навеска	Pd		Pt		Ni		S	
	%	атомн. коли-чства	%	атомн. коли-чства	%	атомн. коли-чства	%	атомн. коли-чства
1-я	61.9	0.580	4.13	0.021	14.18	0.241	19.79	0.618
2-я	57.1	0.535	5.50	0.027	14.18	0.241	23.22	0.725
Среднее из 2 навесок . .	59.5	0.557	4.81	0.024	14.18	0.241	21.51	0.673

содержания ее получены по разности. Анализ высокоцкита проводился следующим образом. Навески прокаливались в печи в течение 6 час. для удаления серы, затем они обрабатывались царской водкой. После растворения в последней раствор разбавлялся водой, а очень незначительный нерастворимый остаток отфильтровывался и спекался с перекисью бария (BaO_2). Спеки растворялись в 2 н. HCl . Из раствора после выпаривания и обезвоживания отфильтровывалась кремнекислота, затем осаждался и отфильтровывался BaSO_4 . Фильтрат присоединялся

¹ При отборе высокоцкита на анализ авторы пользовались консультацией и помощью Н. Н. Батыревой, которой выражают большую благодарность.

² Аналитик Т. П. Соловых.

к основному фильтрату. Таким образом, навески были полностью переведены в раствор.

Из солянокислых растворов 1%-м водным раствором диметилглиоксима вначале выделялся палладий путем двукратного осаждения. Палладий растворялся в царской водке, переводился в хлорид, осаждался каломелью, отфильтровывался, прокаливался, восстанавливался и определялся весовым методом. После отделения палладия фильтрат обрабатывался HNO_3 для разрушения органического вещества, переводился в хлориды, и в нем с помощью ионнообменной колонки производилось отделение никеля от платины. В растворе, пропущенном через колонку, платина определялась колориметрически с HBr . Осажденный на колонке никель растворялся HCl и определялся из раствора весовым методом.

Химический анализ высокоцита показывает, что он является палладиевым минералом, содержащим значительные количества никеля и лишь очень немного платины. Следует отметить, что определенное анализом содержание палладия весьма близко к содержанию палладия (58%), установленному при предварительном исследовании минерала с помощью локального рентгеноспектрального анализа (Боровский и др., 1959). О том, что высокоцит является палладиевым минералом, свидетельствуют также химические анализы халькопирит-миллеритовых руд, согласно которым отношение $\text{Pd} : \text{Pt}$ в этих рудах обычно составляет до 10 : 1. Причем, помимо высокоцита, в рудах почти не встречается других минералов платиновой группы, не считая небольших количеств куперита.

Состав высокоцита сильно отличается от состава брэггита ($\text{Pt}, \text{Pd}, \text{Ni}$)S—минерала, впервые обнаруженного Ф. Бэннистером (Bannister, 1932) в Бушвелде (Трансвааль) во время рентгеновского исследования остатка от растворения концентрата платиноносных норитов в царской водке.

Таблица 2

Состав высокоцита, брэггита и PdS

Минералы	Pd		Pt		Ni		S	
	%	атомн. количества	%	атомн. количества	%	атомн. количества	%	атомн. количества
Высоцит	59.5	0.557	4.81	0.024	14.18	0.241	(21.51) ¹	0.673
Брэггит ² (Bannister, 1932) .	18.1	0.170	(58.2)	0.298	4.7	0.080	19.0	0.593
Синтетический PdS (Bannister, 1932)	80.2	0.751	—	—	—	—	19.8	0.618
Теоретический состав PdS . .	76.8	0.719	—	—	—	—	23.2	0.719

Для сравнения в табл. 2 приведен состав высокоцита, брэггита и синтетического сульфида палладия (Bannister, 1932).

Как это хорошо видно из табл. 2, брэггит является в основном платиновым минералом; отношение $\text{Pt} : \text{Pd} : \text{Ni}$ в нем примерно составляет 4.5 : 2.5 : 1, в то время как в высокоците оно 1 : 27 : 12.

Некоторое превышение суммарного атомного количества металлов в высокоците по сравнению с атомным количеством серы, по-видимому, объясняется неточностью анализа. Как это видно из табл. 2, такое же превышение наблюдается, однако, и в химическом анализе синтетического PdS.

¹ Цифры в скобках определены по разности.

² Определен из Потгитерсраст (Трансвааль) из навески 10.28 мг.

Таким образом, на основании химического анализа формула высокоцкита может быть представлена как $(\text{Pd}_{0.68}, \text{Ni}_{0.29}, \text{Pt}_{0.03})\text{S}$ или в упрощенном виде $(\text{Pd}, \text{Ni})\text{S}$.

Удельный вес высокоцкита, определявшийся¹ из навески 30 мг в пробирках по методу Руденко—Василевского (Руденко, Василевский, 1957), оказался равным 8.4 (± 0.1).

Следует отметить значительное расхождение измеренного удельного веса высокоцкита (8.4) и вычисленного по рентгенометрическим данным (6.4). Для брэггита эти удельные веса были соответственно равны 10.0 и 8.9, т. е. расхождение было значительно меньшим.

В связи с невозможностью отбора материала для дополнительного измерения удельного веса и химического анализа мы попытались определить состав нескольких кристалликов высокоцкита, чистота которых предварительно была проверена рентгенометрически с помощью количественного микроспектрального анализа. С этой целью, согласно методике, описанной А. Д. Генкиным и Н. В. Королевым (Генкин, Королев, 1961), шарик из резинового клея с вмонтированным в него высокоцитом после рентгеновского анализа (табл. 4) наносился на медную пластинку и сжигался на микроспектральной установке. На медных пластинках сжигались также осадки после выпаривания капель эталонного раствора, содержащего по 2.5 γ Pt, Pd, Ni и S. Результаты количественного микроспектрального анализа² приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты количественного микроспектрального анализа кристалликов высокоцкита и эталонных растворов

Объект анализа	Pt 3064 Å			Pd 3404 Å			Ni 3032.5 Å			S 3497 Å			Составляющие высокоцкита (в мг)			
	S _{л.}	S _{ф.}	P	S _{л.}	S _{ф.}	P	S _{л.}	S _{ф.}	P	S _{л.}	S _{ф.}	P	Pt	Pd	Ni	S
Высоцкит	0.51	0.44	0.11	2.05	0.80	3.74	0.76	0.47	0.59	1.26	0.82	0.64	0.27	3.5	1.01	1.3
Эталонный раствор То же	1.23	0.86	0.78	2.20	1.16	2.65	1.42	0.84	1.53	1.85	1.23	1.01				
	1.18	0.69	1.14	2.20	1.16	2.65	1.21	0.67	1.37	1.90	1.12	1.41				
Среднее			0.96			2.65			1.45			1.21				

Примечание. S_{л.} — плотность почернения линии; S_{ф.} — плотность почернения фона; P = I_{л.}/I_{ф.}; I_{л.} — интенсивность линии; I_{ф.} — интенсивность фона. (Генкин, Королев, 1961).

Отношение Pt : Pd : Ni, по данным микроспектрального анализа, составляет 1 : 23 : 12, т. е. весьма близко отношению, полученному по данным химического анализа — 1 : 27 : 12. Отношение Me : S (5 : 4) также близко отношению Me : S в химическом анализе. Таким образом, результаты микроспектрального анализа нескольких чистых кристалликов высокоцкита подтверждают формулу минерала, установленную химическим анализом, и позволяют объяснить расхождение в измеренном и вычисленном удельных весах частично ошибкой измерения, частично примесью куперита, удельный вес которого составляет 9.5.

Рентгенометрическое изучение высокоцкита проводилось путем съемки порошкограмм.³ Исследовать высокоцкит монокристалльным методом не уда-

¹ Измерение проведено В. Амелиной.

² Микроспектральный анализ проведен И. В. Муравьевой в Минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР.

³ Рентгенограммы снимались в Минераграфической лаборатории ИГЕМ АН СССР Г. В. Басовой. Излучение FeK_α, диаметр камеры 57.3 мм.

лось в связи с тем, что более крупные кристаллики его не давали достаточно четких лауэграмм, так как неизменно оказывались сростками нескольких кристаллов. Размер же хорошо образованных призматических кристалликов его не превышает сотых долей миллиметра. Сопоставление дебаеграммы висоцкита с дебаеграммами брэггита и синтетического сульфида палладия (табл. 4) показывает их очень большое сходство как по величине межплоскостных расстояний, так и по интенсивности соответствующих отражений. Вместе с тем при сопоставлении выявляется определенное уменьшение межплоскостных расстояний висоцкита по сравнению с данными для брэггита и сульфида палладия. Некоторые линии на рентгенограмме висоцкита отсутствуют у брэггита, но наблюдаются у сульфида палладия, другие же линии висоцкита присутствуют лишь у брэггита.

Дебаеграмма висоцкита хорошо индицируется, исходя из параметров, полученных по отражениям $h00$, $hk0$ и $00l$, путем сопоставления соответствующих линий с индицированной дебаеграммой сульфида палладия (Grønvold, Røst, 1956). Размеры элементарной ячейки висоцкита, вычисленные по его дебаеграмме: $a=6.371 \pm 0.004 \text{ \AA}$, $c=6.540 \pm 0.007 \text{ \AA}$. Как

Таблица 4

Рентгенограммы висоцкита, брэггита и сульфида палладия

Высоцкит				Брэггит (XRDC, 1944)		Сульфид палладия (Grønvold, Røst, 1956)			Сульфид палладия (XRDC, 1944)	
I	$d_{\text{эксп.}}$	$d_{\text{теор.}}$	hkl	I	d	I	d	hkl	I	d
4	3.74	3.718	111	5	3.74	2	3.74	111		
5	(3.22)									
5	3.16	3.194	200	4	3.21	2	3.20	200		
2	(2.93)									
10	2.91	2.915	102	10	2.92	8	2.93	102		
							2.88	201		
10	2.86	2.851, 2.865	210, 201			8	2.87	210	10	2.83
7	2.64	2.647	112			6	2.65	112		
8	2.61	2.617	211	8	2.63	10	2.63	211	8	2.57
2	(2.39)									
6	2.15	2.148	212	5	2.16	4	2.16	212		
3	(2.06)									
3	2.02	2.021, 2.018	301, 310	5	2.03					
7	1.859	1.855	222	7	1.87	6	1.868	222	7	1.84
4	1.801	1.801	203	7	1.82	4	1.812	203		
3	1.781	1.782	302	7	1.78	4	1.792	302		
3	1.766	1.768	320			4	1.777	320		
6	1.732	1.731	213	8	1.75	8	1.742	213		
8	1.717	1.716	312	8	1.72	8	1.728	312	8	1.72
						4	1.718	321	8	1.70
5	1.636	1.635	004	6	1.65	4	1.648			
4	1.594	1.594	400	6	1.60	6	1.602	400		
3	1.543	1.546	410	4	1.553	2	1.555	410		
2	1.509	1.505	303, 411	2	1.511					
2	1.463	1.466	331	2	1.466					
						2	1.440	402		
						2	1.433	420		
6	1.419	1.418	214	8	1.437	4	1.427	214	8	1.422
6	1.396	1.397	412	8	1.401	4	1.405	412	8	1.387
						2	1.400	421		
1	1.374	1.373	323	4	1.377	4	1.381	323		
						2	1.373	332		
3	1.273	1.275	500	4	1.279					
2	1.260	1.261	413	4	1.266					
2	1.252	1.252, 1.252	501, 431	4	1.257	2	1.260	501, 431		

Таблица 4 (продолжение)

Высоцкит			Брэггит (XRDC, 1944)		Сульфид палладия (Grønvold, Røst, 1956)			Сульфид палладия (XRDC, 1944)		
I	d _{эксп.}	d _{теор.}	hkl	I	d	I	d	hkl	I	d
2	1.237	1.237	333	2	1.243	2	1.246	333		
2	1.227	1.228	511	2	1.233					
3	1.209	1.209	205	2	1.220	2	1.220	205		
4	1.198	1.200	324	5	1.208	8	1.209	324		
						6	1.200	423		
						6	1.198	215		
8	1.185	1.187, 1.187	502, 432	6	1.196	8	1.195	502, 432		
						2	1.191	520		
3	1.165	1.167	512	6	1.172	6	1.175	512		
7	1.138	1.141	404	6	1.150	6	1.173	521		
6	1.121	1.123	414			10	1.150	404	7	1.145
2	1.111	1.113, 1.113	305, 522							
2	1.098	1.100	503							
3	1.088	1.089	006							
3	1.080	1.084	513							
6	1.071	1.074, 1.074	106, 424						7	1.077
3	1.058	1.059	116							
3	1.047	1.049	601							
3	1.044	1.048	610							
9	1.031	1.034	611						7	1.040
2	1.015	1.017	216							
4	1.006	1.008	620							
2	1.001	1.005	504							
5	0.993	0.990, 0.996	540, 621							

это видно из табл. 5, размеры элементарной ячейки высокоцита немного меньше размеров ячейки брэггита и синтетического сульфида палладия.

Сходство дебаеграмм и размеров элементарной ячейки высокоцита, брэггита и сульфида палладия позволяет предполагать и близость их кристаллических структур. Брэггит и сульфид палладия, согласно данным Бэннистера (Bannister, 1932), Гаскела (Gaskell, 1937), Грёнвольда и Рёста (Grønvold, Røst, 1956), содержат 8(Pt, Pd, Ni)S или 8PdS в элементарной ячейке и относятся к пространственной группе $P4_{2/m}$ или $P4_2$.

Таблица 5

Размеры элементарной ячейки сульфида палладия, брэггита и высокоцита

Соединение	a Å	c Å	c/a	Автор
PdS	6.44	6.60	1.024	Bannister, 1937.
PdS	6.44	6.64	1.031	Gaskell, 1937.
PdS	6.428	6.608	1.028	Grønvold, Røst, 1956.
Брэггит	6.38	6.59	1.033	Bannister, 1932.
Высоцкит	6.371	6.540	1.026	Наши данные.

Бэннистер (Bannister, 1932) высказывает предположение об изоморфизме брэггита и синтетического сульфида палладия и о возможности значительного замещения палладия платиной и никелем без нарушения структуры.

Условия нахождения высокоцита. Ассоциация халькопирита, миллерита и никелистого пирита, в которой был встречен высокоцит, слагает

вкрапленные руды в эффузиях андезиновых диабазов, подстилающих интрузив дифференцированных габбро-диабазов. Руды эти развиты в северной части месторождения приблизительно под теми участками, где известно жильное оруденение. Вкрапленные выделения сульфидов имеют нередко правильную округлую или овальную форму, обусловленную выполнением сульфидами миндалин в пузыристых эффузиях. Главным никелевым минералом в этих рудах является не пентландит, а миллерит, не встречающийся в других месторождениях медно-никелевых сульфидных руд или отмечающийся в них лишь как редкий или второстепенный минерал.

Высоцкит наблюдается также в так называемых брекчиевых рудах, в которых сульфидная масса, представленная халькопиритом и миллеритом, выполняет промежутки между обломками андезинового диабазов. Характерной особенностью минерального состава этих руд, помимо нахождения в них высокоцита, является присутствие граната (типа андрадита), располагающегося в виде реакционных кайм по границе с обломками породы, и многочисленных псевдоморфоз по кристаллам апатита (Генкин, Васильева, Яковлевская, 1961), сложенных пренитом, кальцитом и хлоритом и распределенных среди сульфидов.

В халькопирит-миллеритовых рудах высокоцит неизменно встречается среди расположенных в халькопиритовой массе закономерных сростаний миллерита и халькопирита (рис. 2), миллерита, никелистого пирита и халькопирита (рис. 1), миллерита, никелистого пирита, линнеита и халькопирита. Как было показано ранее (Бетехтин, Генкин, 1951; Бетехтин, Генкин, Филимонова, Шадлун, 1958), сростания перечисленных минералов возникают на месте пентландита при его разложении. Об этом свидетельствуют прежде всего изредка наблюдаемые остатки пентландита, форма сростаний и правильное расположение в них трещин (рис. 5), напоминающее строение агрегатов пентландита, химический состав и закономерное расположение минералов, слагающих сростания. Следует отметить также тот факт, что, как показывает структурное травление, халькопирит в пределах сростаний всегда мелкозернистый, в отличие от крупнозернистого халькопирита, окружающего сростания.

Большой интерес представляет присутствие местами, в ассоциации с высокоцитом, линнеита. Последний обладает типичным розовым цветом, изотропный. Дебаеграмма небольшого зерна его, извлеченного совместно с окружающим халькопиритом, показывает, наряду с линиями халькопирита, все основные характерные для линнеита линии [d_x — 3.34(5), 2.85(6), 2.37(5), 1.931(2), 1.835(4), 1.673(6), 1.423(2), 1.360(2), 1.239(3), 1.187(3), 1.092(3), 1.038(2), 0.991(2)].

Линнеит, как и миллерит, нередко образует в псевдоморфозах по пентландиту пластинчатые выделения, расположенные в двух взаимноперпендикулярных направлениях (рис. 6). Некоторые пластинчатые выделения сложены миллеритом и линнеитом. В тех участках, где миллерит и никелистый пирит представлены более крупными выделениями, линнеит встречается иногда в миллерите в виде параллельно ориентированных удлиненных образований (рис. 7). В некоторых зернах линнеита наблюдаются закономерно ориентированные пластинки миллерита, напоминающие продукты распада твердого раствора (рис. 8).

Высоцкит нарастает на пластинчатые выделения линнеита и миллерита или выполняет промежутки между пластинками (рис. 6), что свидетельствует, по-видимому, о его несколько более позднем возникновении.

Образование линнеита при разложении пентландита за счет присутствующей в нем изоморфной примеси кобальта — это довольно редкий случай возникновения минералов в природе.

Неизменное нахождение высокоцита среди продуктов разложения пентландита позволяет предположить, что он также возникает за счет изоморфной примеси палладия в пентландите. Следует, однако, отметить,



Рис. 1. Неправильной формы выделения высокоцита (1) среди сростаний халькопирита (темно-серый фон), миллерита (белое) и никелистого пирита (2; мелкие рельефные выделения). (Полированный шлиф; увел. 150).



Рис. 2. Кристаллики высокоцита (1; светло-серое) в сростании с халькопиритом (темно-серое) и миллеритом (белое). (Полированный шлиф; увел. 90).

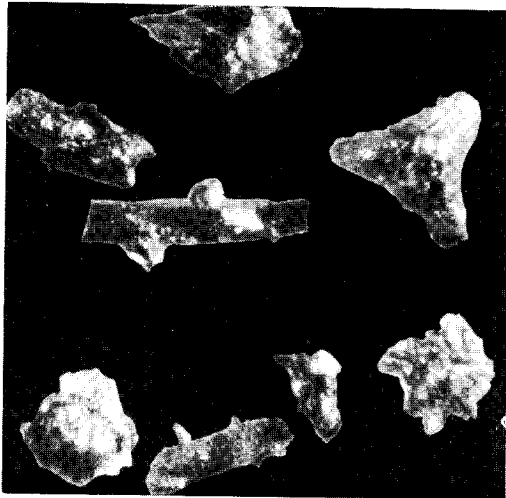


Рис. 3. Кристаллики высокоцита. (Увел. 100).



Рис. 4. Сросток кристаллов высокоцита. (Увел. 100).

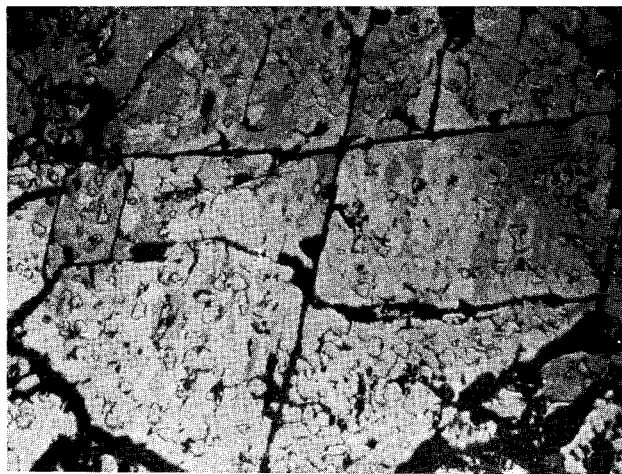


Рис. 5. Сростание миллерита (белое) и никелистого пирита (мелкие рельефные зерна), возникшее за счет разложения пентландита. Видны реликтовые трещины спайности. Окружающий фон — халькопирит. (Полированный шлиф; увел. 130).

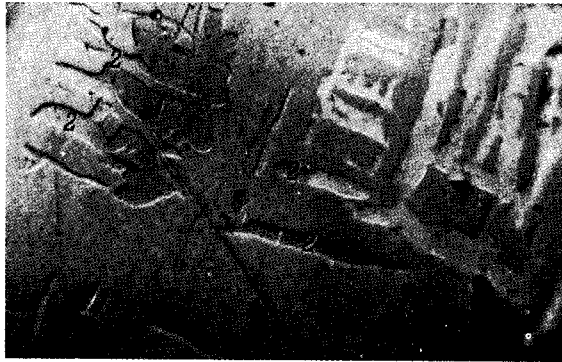


Рис. 6. Срастание высококита, линнеита, миллерита и халькопирита. Линнеит (светло-серый и серый) и миллерит (белый) образуют пластинчатые выделения. Высоцит (1; наиболее темный) выполняет промежутки между пластинчатыми выделениями линнеита (2). Основная серая масса — халькопирит. (Полированный шлиф, снято с иммерсией; увел. 380).

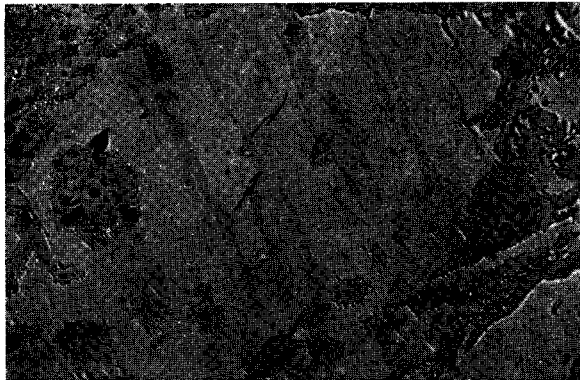


Рис. 7. Параллельно ориентированные пластинчатые выделения линнеита (серое) среди миллерита (белое). Серые рельефные пористые выделения по краям снимка — никелистый пирит. (Полированный шлиф, снято с иммерсией; увел. 170).



Рис. 8. Выделение линнеита (серое в центре снимка) в миллерите (белое) содержит пластинки миллерита. Рельефные выделения справа и сверху снимка — никелистый пирит. (Полированный шлиф, снято с иммерсией; увел. 380).

что изоморфное вхождение металлов платиновой группы в сульфиды достоверно пока не установлено. Об изоморфной примеси палладия к пентландиту упоминается в работе П. Вагнера (1932) по платиновым месторождениям Южной Африки. Косвенным подтверждением наличия изоморфного палладия в сульфидах является обнаружение его в растворе при растворении сульфидов в концентрированной азотной кислоте. Платина же при растворении почти полностью переходит в остаток от растворения. Интересно, что куперит, местами встречающийся в халькопирит-миллеритовых рудах в ассоциации с высокоцитом, в отличие от последнего, никогда не наблюдается среди продуктов разложения пентландита.

Приведенные выше данные об условиях нахождения высокоцита в рудах показывают, что он возникает в поздние моменты в процессе гидротермального метаморфизма халькопирит-пентландитовых руд, приводящего к их превращению в халькопирит-миллеритовые руды. Позднее образование минералов платиновой группы по отношению к основным слагающим руды сульфидам вообще характерно для руд Норильского месторождения (Генкин, 1959).

Полированные шлифы, содержащие зерна высокоцита и отдельные кристаллики его, переданы в Минералогический музей Академии наук СССР.

Литература

- Бетехтин А. Г. (1952). Об основном законе геохимии. Изв. АН СССР сер. геолог., № 3.
- Бетехтин А. Г., А. Д. Генкин. (1951). Парагенетические ассоциации минералов в системах Fe—Ni—S и Fe—Ni—S—O. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 2.
- Бетехтин А. Г., А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлуна. (1958). Текстуры и структуры руд. Госгеолтехиздат.
- Боровский И. Б., А. Н. Деев, И. Д. Марчукова. (1959). Применение метода локального рентгеноспектрального анализа к исследованию минералов платиновой группы. Геолог. рудн. месторожд., № 6.
- Вагнер П. А. (1932). Месторождения платины и рудники Южной Африки. Перев. с англ. Цветметиздат.
- Генкин А. Д. (1951). Минеральный состав медно-никелевых сульфидных руд Норильского месторождения. Канд. дисс., ИГЕМ АН СССР.
- Генкин А. Д. (1959). Условия нахождения и особенности состава минералов платиновой группы в рудах Норильского месторождения. Геолог. рудн. месторожд., № 6.
- Генкин А. Д., З. В. Васильева, Т. А. Яковлевская. (1961). Условия нахождения апатита в медно-никелевых сульфидных рудах Норильского месторождения. Геолог. рудн. месторожд., № 2.
- Генкин А. Д., Н. В. Королев (1961). К методике определения небольших зерен минералов в рудах. Геолог. рудн. месторожд., № 5.
- Годлевский М. Н. (1959). Траппы и рудоносные интрузии. Госгеолтехиздат.
- Руденко Н. И., М. М. Василевский. (1957). Упрощенный способ определения удельных весов минералов. Зап. Всесоюзн. минер. общ., ч. 86, вып. 1.
- Bannister F. A. (1932). Determination of minerals in platinum concentrates from the Transvaal by x-ray methods. Miner. Mag., v. 23, № 138, стр. 188.
- Bannister F. A. (1937). The discovery of braggite. Zeitschr. Kristallogr., Bd. 96, H. 2/3, стр. 201.
- Fleischer M. (1961). New mineral names. Unnamed Pt and Pd minerals. Amer. Miner., v. 46, № 3—4, стр. 464.
- Gaskell T. F. (1937). The structure of braggite and palladium sulfide. Zeitschr. Kristallogr., Bd. 96, H. 2/3, стр. 203.
- Gronvold F. a. E. Røst. (1956). On the sulfides, selenides and tellurides of palladium. Acta Chem. Scand., v. 10, № 10.
- Ramdohr P. (1960). Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin, Akademie-Verlag.
- XRDC. (1944). X-ray diffraction patterns. Amer. Soc. Test. Mat., Philadelphia.

ИГЕМ АН СССР, ИОНХ АН СССР,
Москва.