

И. П. ИЛУПИН

МИЛЛЕРИТ В КИМБЕРЛИТАХ ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ

Миллерит в кимберлитах Западной Якутии был впервые обнаружен автором в 1956 г. в трубке «Удачная — западная». Краткие сведения о нем изложены в монографии «Алмазные месторождения Якутии» (1959). Сейчас миллерит найден в нескольких кимберлитовых телах: «Удачная — западная», «Зарница», «Невидимка» (Далдыно-Алаakitский район), «Ленинград», «Надежная» (Средне-Оленекский район), на различных глубинах — от приповерхностных частей трубок до 400 м.

Миллерит в кимберлитах представлен во всех случаях агрегатами тонких игольчатых кристалликов. Расположение кристалликов в агрегатах чаще всего беспорядочное, иногда радиально-лучистое (см. рисунок). Длина иголок обычно не превышает 0,1—0,3 мм, очень редко достигает 1—2 мм («Невидимка», «Ленинград»); толщина — от тысячных долей миллиметра (возможно, даже меньше 0,001 мм) до 0,03 мм. Цвет минерала — латунно-желтый (как у пирита), блеск сильный металлический. Иногда блеск несколько маскируется примазками серпентина и, возможно, вторичных



Иголки миллерита и кальцит в пустотке внутри псевдоморфозы серпентина по оливину. Трубка «Ленинград». Ув. 24

Результаты рентгеновского изучения миллерита

№ п. п.	hkil	hkl	1		2		3	
			I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$	I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$	I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$
1	1120 β	110 β	1	(5,22) 4,75	—	—	1	(5,22) 4,75
2	1120	110	5	4,77	5	4,74	5	4,77
3			—	—	3	3,79	1	(3,844) 3,500
4			—	—	3	3,51	3	3,497
5			2	3,39	—	—	—	—
6			—	—	2	(3,33) 3,02	3ш	(3,30) 3,00
7	0411 β	100 β	1	(3,19) 2,91	10	3,016	9ш	(3,018) 2,75
8	0411	100	4	2,93	—	—	1	2,92
9	3030	211	10	2,755	10	2,75	10	2,77
10	2021	111	6	2,50	2	2,513	5	2,506
11	2240	220	4	2,386	2	2,42	2	2,405
12	3140		2	2,27	1	2,28	3	2,273
13	1231	210	9	2,215	3	2,22	5	2,222
14			3	2,09	1	2,08 (1,883)	2	2,084
15	3141 β	221 β	3	(2,032) 1,851	1	2,01 (1,826)	3	(2,040) 1,858
16	4150 β	321 β	3	(1,987) 1,809	—	—	—	—
17	0441 β	311 β	3	(1,902) 1,732	3	1,906	2	(1,903) 1,733
18	3141	221	10	1,853	9	1,858	10	1,860
19	4150	321	8	1,809	6	1,816	8	1,815
20	2351 β	330 β	2	(1,785) 1,626	—	—	1	(1,792) 1,632
21	3360 β		3	(1,754) 1,597	1	(1,760) 1,594	2	(1,755) 1,600
22	0441	311	9	1,729	6	1,739	7	1,733
23	1012 β	110 β	1	(1,694) 1,542	2	1,681	1	(1,695) 1,543
24	2351	320	6	1,625	2	1,633	4	1,629
25	3360	330	9	1,596	6	1,596	9	1,601
26	1012	110	7	1,541	—	—	3	1,540
27	1342 β	310 β	1	(1,423) 1,296	—	—	—	—
28	2132	121	2	1,404	—	—	—	—
29	6060	222	4	1,382	5	1,385	4	1,385
30	5270	431	4	1,329	—	—	4	1,330
31	4480 β	330	1	(1,317) 1,199	—	—	2	(1,319) 1,201
32	1342	310	5	1,296	4	1,301	4	1,296
33	6171 β	432 β	—	—	—	—	2	(1,291) 1,175
34	4042	222, 430	9	1,252	3	1,255	9	1,254
35			—	—	—	—	2	1,240
36	7180 β	532 β	1	(1,220) 1,099	3	(1,226) 1,111	3	1,220
37	3252	132	2	1,210	—	—	3	1,210
38	4480	330	8	1,199	3	1,200	9	1,200
39	{ 7070; 4152 5380		2	1,189	—	—	3	1,189
40	6171	432	8	1,175	5	1,178	8	1,176
41	0552	141	4	1,141	3	1,144	—	—
42	{ 2462; 5381 0771	420 441	8	1,110	8	1,111	—	—
43	7180	532	4	1,099	4	1,101	—	—
44	5162	233	5	1,082	—	—	—	—
45	{ 6390 0003	111 541	2	1,045	—	—	—	—

Таблица 1 (окончание)

№ п.п.	hkl	hkl	1		2		3	
			I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$	I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$	I	$\frac{d/n}{\alpha \quad \beta}$
46	4372	143	7	1,030	6	1,032		
47	0223; 4591	540	5	1,006	4	1,009		
48	{ 1672	533	4	0,985				
	{ 8081	521						
49	3033	221	4	0,979				
50	7291	542	1	0,965				
51	3582	053	3	0,948				
52	{ 6282	234	4	0,929				
	{ 1891	263						
53	9090	336	1	0,922				
54	6.4.10.1	155	3	0,912				
55	8.2.10.0	236	3	0,906				
56	3.7.10.1	164	3	0,897				
57	7.4.11.0	156	5	0,862				
58	2792	163	1	0,852				
59	5.6.11.1	065	5	0,840				
60	8192	345	1	0,828				
61	{ 7.3.10.2	255	1	0,802				
	{ 0.10.10.1	373						
62	10.1.11.0 α_1	347 α_1	5	0,789				
63	10.1.11.0 α_2	347 α_2	1	0,787				

Параметры элементарной ячейки:

$$a_h = 9,583 \pm 0,006 \text{ кХ}$$

$$c_h = 3,140 \pm 0,002 \text{ кХ}$$

$$9,598 \pm 0,005 \text{ кХ}$$

$$3,134 \pm 0,002 \text{ кХ}$$

Примечания. Рентгенометрическое изучение, индифференцирование и расчет параметров элементарной ячейки выполнены П. П. Левшовым в Центральной аналитической лаборатории Амакинской экспедиции Якутского геологического управления.

Условия съемки:

Для обр. 1 $\text{Cu}_{k\alpha\beta}$, $V = 30 \text{ кВ}$, $I = 80 \text{ мА/час}$, $d = 0,5 \text{ мм}$, $D = 57,3 \text{ мм}$

Для обр. 2 $\text{Cr}_{k\alpha\beta}$, $V = 27 \text{ кВ}$, $I = 120 \text{ мА/час}$, $d = 0,3 \text{ мм}$, $D = 57,3 \text{ мм}$

Для обр. 3 $\text{Fe}_{k\alpha\beta}$, $V = 30 \text{ кВ}$, $I = 150 \text{ мА/час}$, $d = 0,3 \text{ мм}$, $D = 57,3 \text{ мм}$

Обр. 1 — миллерит из Германии (Rheinland, Saarbrücken), из коллекции Минералогического музея АН СССР (№ 30127).

Обр. 2 и 3 — миллерит (с примазками кальцита и серпентина) из кимберлитовой трубки «Удачная — западная» (Западная Якутия, Далдыно-Алакитский алмазодобывающий район).

ш — широкая линия.

никелевых минералов; тонкие корочки бледно-зеленого серпентиноподобного минерала обнаружены на иголочках миллерита из трубки «Ленинград». Наиболее тонкие иголочки обнаруживают гибкость и упругость.

Присутствие никеля в минерале было установлено микрохимическим испытанием с диметилглиоксимом. Набрать достаточное количество материала для полуквантитативного спектрального анализа не удалось; качественно были установлены, помимо никеля, магний, кремний, кальций и железо (в связи с примазками серпентина, кальцита и, возможно, магнетита),

причем линии никеля на спектрограмме весьма отчетливы (аналитик — Н. И. Дякова, Амакинская экспедиция). Изготовить анплиф не удалось, однако комплекс внешних признаков и присутствие никеля позволили предположить, что минерал является миллеритом.

Правильность диагностики подтверждена данными рентгеновского изучения (табл. 1). В качестве эталона изучен образец миллерита из Германии. Дебаеграмма образца 2 получилась недостаточно четкой из-за слишком малого количества исходного материала, параметры элементарной ячейки для него не рассчитывались. Миллерит из кимберлитов в чистом виде отобразить не удалось, поэтому на рентгенограммах присутствуют линии примесей — в первую очередь кальцита (линия 3,018 образца 3, сливающаяся со слабой линией миллерита). Полученные данные хорошо согласуются с данными справочников (Михеев, 1957).

Большой интерес представляет изучение условий нахождения миллерита в кимберлитах. В подавляющем большинстве случаев миллерит приурочен к серпентиновым псевдоморфозам по оливину I генерации. Эти псевдоморфозы в кимберлитах Западной Якутии часто имеют ячеистое строение (независимо от присутствия миллерита): стенки ячеек сложены полупрозрачным желтовато-зеленым серпентином, а ячейки заполнены белым матовым серпентином, нередко совместно с кальцитом; часто наблюдаются пустотки — результат частичного выщелачивания кальцита и белого матового серпентина. В этих пустотках и располагаются агрегаты иголок миллерита. Иногда на стенках пустот нарастают мелкие кристаллики кальцита, значительно реже пустотка целиком заполнена бесцветным прозрачным кальцитом, а иголки миллерита находятся внутри кальцита. Наконец, в одном случае миллерит встречен в виде сети иголок в кальците, выполняющем совместно с серпентином пустотку в кимберлите, около 2 см в поперечнике (трубка «Удачная — западная»).

В связи с преимущественной приуроченностью миллерита к серпентиновым псевдоморфозам по оливину мы обратили внимание на содержание никеля в оливинах из кимберлитов и в кимберлитах в целом (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Средние содержания NiO в кимберлитах и в оливинах из кимберлитов Западной Якутии (вес. %)

	Кимберлиты		Оливины	
	число анализов	среднее арифметическое	число анализов	среднее арифметическое
Все районы	304	0,14	35	0,24
в том числе:				
Трубка «Удачная — восточная»	19	0,13	6	0,24
Верхне-Мунский район	25	0,16	12	0,24

При составлении таблиц использованы данные Амакинской экспедиции Якутского геологического управления Главгеологии РСФСР, Якутского филиала Сибирского отделения АН СССР, Научно-исследовательского института геологии Арктики Всесоюзного аэрогеологического треста. Учтены результаты анализа не только для оливина из отдельных фенокристаллов в кимберлите, но и для оливина из включений родственных кимбер-

литу пород, поскольку, как установлено А. А. Панкратовым и Г. И. Смирновым (1960), эти оливины по физическим свойствам и химическому составу практически не различаются.

Таблица 3

Частота встречаемости различных содержаний NiO в кимберлитах и в оливинах из кимберлитов Западной Якутии

Содержания, вес. %	Кимберлиты		Оливины	
	число анализов	%	число анализов	%
0—0,1	129	42,5	7	20,0
Свыше 0,1 до 0,2	122	40,1	5	14,3
» 0,2 » 0,3	42	13,8	11	31,5
» 0,3 » 0,4	8	2,6	8	22,8
» 0,4 » 0,5	2	0,67	4	11,4
» 0,5	1	0,33	—	—
Сумма	304	100,00	35	100,0

Учитывая, что содержание неизмененного оливина в наиболее свежих кимберлитах (некоторые трубки Нижне-Оленекского района) достигает 20—25% весовых, причем даже в этих случаях оливин частично серпентинизирован, нетрудно подсчитать, что значительная часть никеля в кимберлитах сосредоточена в оливине.

Химическим анализом установлено, что при серпентинизации оливина элементы-примеси (в частности, никель) остаются в основном на месте — в серпентиновых псевдоморфозах. Химические анализы серпентинитов, образовавшихся за счет существенно оливиновых пород, приведены в монографии «Алмазные месторождения Якутии» как анализы «включений серпентина в кимберлите» (стр. 344, табл. 92, № п.п. 4—7); содержание NiO в них — от 0,30 до 0,68%, среднее из четырех — 0,48%.

Однако приуроченность выделений миллерита к псевдоморфозам серпентина по оливину связана не только с тем, что в этих псевдоморфозах сконцентрирован никель; немаловажную роль играет то, что серпентин псевдоморфоз (в первую очередь, белый матовый серпентин) легко поддается выщелачиванию и замещению. Замещение его, например, кальцитом и магнетитом — явления широко распространенные; нередко мы наблюдали, как тонкая магнетитовая жилка резко расширяется, пересекая серпентиновую псевдоморфозу по оливину.

Незначительный (в пределах первых десятков сантиметров) перенос никеля при образовании миллерита несомненно имел место — скопления миллерита внутри отдельных псевдоморфоз настолько значительны, что для их образования не хватило бы никеля, содержавшегося в данном зерне оливина.

Весьма характерно соотношение магнетита и пирита в кимберлитах — в тех участках, где встречен миллерит: в большинстве случаев магнетит резко преобладает над пиритом (табл. 4).

Обратная зависимость — появление миллерита при резком преобладании магнетита над пиритом — устанавливается в кимберлитах далеко не всегда (табл. 5). В плотном, практически лишенном пор кимберлите трубки «Чомур» (Средне-Оленекский район) нередки участки, где пирит присутствует в ничтожных количествах при обилии магнетита, однако милле-

Таблица 4

Содержания магнетита и пирита в кимберлитах (по данным протокольных проб) в местах, где встречен миллерит

№ пробы	180	191	416	603	609	610	621	62-40
Магнетит	0,10	0,13	0,09	1,01	0,75	0,43	0,01	1,73
Пирит	0,26	0,02	рз	рз	зн	0,008	рз	0,003

Примечания. рз — (редкие знаки) — порядка 0,0001%; зн — (знаки) — порядка 0,001%; проба № 191 — трубка «Невидимка»; № 416 — дайка «Надежная»; № 603 — трубка «Зарница»; остальное — «Удачная — западная» (табл. 5).

Таблица 5

Содержание минералов в одной из скважин (трубка «Удачная — западная»)

№ пробы	160	161	162	147	163
Глубина, м	1	20	40	51	60
Магнетит	3,01	0,68	1,34	0,03	—
Пирит	—	—	0,04	0,73	1,76
Миллерит	—	—	+	—	—
NiO	0,11	0,08	0,13	0,12	0,12
S _{общ}	0,09	0,22	0,27	1,40	1,50
Магнитная восприимчивость $\times 10^{-6}$ CGSM	6180	1350	2040	38	45

Примечания. 1. Содержания магнетита и пирита определены путем изучения дробленых проб.

2. Определение NiO и S_{общ} проведено в Центральной аналитической лаборатории Амакинской экспедиции; аналитик — Л. С. Коробкова.

3. Магнитная восприимчивость измерена для дробленого материала на астатическом магнитометре Долгинова в Геофизической лаборатории Амакинской экспедиции Г. Г. Камышевой. Даны средние значения χ , полученные при измерениях на трех объемах породы для каждой пробы.

рит в этой трубке нам обнаружить не удалось. Несомненно, необходимым условием для образования сульфида никеля является пористость (кавернозность) кимберлита; только в этом случае сероносные растворы могут беспрепятственно просачиваться и заимствовать никель из разбросанных в основной массе породы псевдоморфоз серпентина по оливину. Не случайно в тех местах, где развит миллерит, пористость кимберлита обычно настолько значительна, что легко обнаруживается невооруженным глазом.

Из вышеизложенного следует, что миллерит в кимберлитах образовался в условиях незначительного привноса серы (и при достаточной пористости самого кимберлита), когда большая часть железа в породе находится в виде окисла, а не в виде сульфида (не говоря об изоморфной примеси Fe в силикатах). Никель, обладающий более высоким, чем у железа, сродством к сере (Ферсман, 1959; Бетехтин, 1950; 1955), образует при этом самостоятельный сульфид. В случаях более обильного поступления серы, когда магнетит исчезает и появляется в значительных количествах пирит, никель

входит в кристаллическую решетку последнего в виде изоморфной примеси.

Кристаллики миллерита отлагаются главным образом в псевдоморфозах серпентина по оливину, поскольку серпентин этих псевдоморфоз относительно обогащен никелем и легко выщелачивается под действием гидротермальных растворов.

Источником серы являются, по нашему мнению, битуминозные карбонатные породы нижнего палеозоя, прорываемые кимберлитовыми телами.

ЛИТЕРАТУРА

- алмазные месторождения Якутии. Госгеолтехиздат, 1959.
Бетехтин А. Г. Минералогия. Госгеолиздат, 1950
Бетехтин А. Г. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. Изд-во АН СССР, 1955.
Михеев В. И. Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат, 1957.
Панкратов А. А., Смирнов Г. И. Об оливине из кимберлитовых трубок Якутии.— Материалы по геол. и полезн. ископаемым Якутской АССР. Вып. 4, Якутск, 1960.
Ферсман А. Е. Избранные труды, т. V. Изд-во АН СССР, 1959.
-