

УДК 553.491.8 : 549.1

## МАСЛОВИТ $PtBiTe$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ ОКТЯБРЬСКОГО МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

КОВАЛЕНКЕР В. А., БЕГИЗОВ В. Д., ЕВСТИГНЕЕВА Т. Л.,  
ТРОНЕВА Н. В., РЯБИКИН В. А.

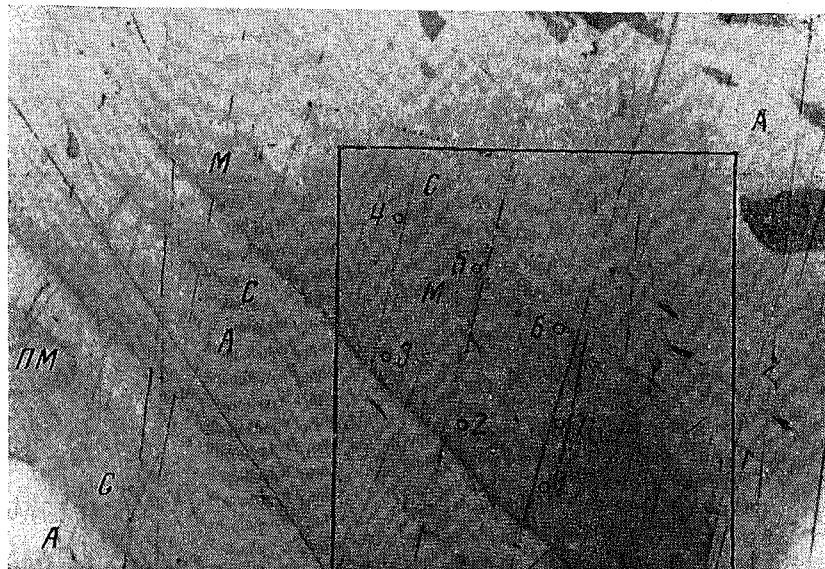
При изучении полированных шлифов из сплошных халькопиритовых и моихукитовых руд Октябрьского месторождения (Норильский район) был встречен ряд минералов, содержащих платину, палладий, висмут, теллур и в качестве примесей — сурьму и свинец. Рентгенографические исследования показали, что они подобно майчнериту  $PdBiTe$ , инсизваниту  $PtBi_2$  и синтетическому соединению  $PtBiTe$  обладают структурой пиритового типа. По составу часть изученных зерен приближается к майчнериту, другая — к соединению  $PtBiTe$ , природный аналог которого до настоящего времени не был известен. Сходство состава и структуры ряда изученных фаз с соединением  $PtBiTe$  позволило выделить их в самостоятельный минеральный вид<sup>1</sup>. Новому минералу дано наименование масловит (maslovite) — в честь известного исследователя геологии Норильского района, одного из первооткрывателей месторождений Талнахского рудного узла Георгия Дмитриевича Маслова (1915—1968 гг.).

**Нахождение.** Масловит встречен в сплошных кубанит-халькопиритовых и моихукитовых рудах Октябрьского месторождения. Он наблюдается в виде удлиненных, иногда округлых зерен (фиг. 1), размером не более 100—120 мкм в поперечнике. Выделения масловита обычно приурочены к центральной части сложных полиминеральных сростаний, в состав которых помимо него входят алтаит, теллуристый соболевскит, мончеит, майчнерит и платинистый майчнерит, гессит, фрудит, сперриллит. Интересно распределение указанных минералов в пределах сростаний. Теллуристый соболевскит, алтаит и гессит образуют агрегат пластинчатых зерен, окаймленный по периферии мелкими округлыми выделениями майчнерита, в составе которого отсутствует платина, а соотношения  $Bi : Te$  близки единице. Иной состав имеет майчнерит, зерна которого располагаются во внутренней части этих агрегатов, в непосредственной близости от масловита. В них установлены значительные содержания платины (вплоть до  $Pd : Pt \approx 1 : 1$ ) и некоторое обогащение висмутом по сравнению с теллуром.

Агрегаты минералов платиновой группы приурочены, как правило, к своеобразным галенитовым скоплениям среди халькопирита и моихукита. Эти скопления тяготеют к прикровельной части залежи сплошных руд или располагаются во вмещающих породах вблизи от контакта. Они часто обладают сфероидной формой и резкими контактами с окружающей халькопиритовой массой (фиг. 2). Внутри скоплений галенит находится в субграфических сростаниях с халькопиритом (или моихукитом), причем размеры зерен галенита и их количество варьируют в широких пределах.

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 15 апреля 1977 г. Утверждено комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 11 марта 1978 г.

**Оптические свойства.** В отраженном свете масловит светло-серый с сиреневатым оттенком (на фоне розово-кремового соболевскита и зеленовато-белого алтаита). При скрещенных николях изотропен. Изучение дисперсии отражения масловита проводилось Д. Б. Королевым в Лаборатории минераграфии ИГЕМ АН СССР на спектрофотометре «ПИОР» (Вяльсов, 1973). Опорным эталоном служил пирит, аттестованный в НФЛ (Англия). Измерения были проведены на 5 зернах масловита, в которых предварительно был изучен состав. Значения  $R$  в разных зернах



Фиг. 1. Пластинчатое зерно масловита (М) и округлое зерно платинистого майчнерита (ПМ) среди тонких сростаний алтаита (А, белое) и теллуристого соболевскита (С, светло-серое). В правом углу фотографии — гессит (Г, темно-серое). Квадрат — участок сканирования сростания платиновых минералов. Номерами обозначены точки, в которых определялся состав зерна масловита (табл. 3). Полированный шлиф. Увел. 320

при одних и тех же значениях длин волн не отличались более чем на 2—2,5%. Средние значения коэффициентов отражения масловита приведены в табл. 1. Там же для сравнения показаны  $R$  бесплатинового майчнерита, ассоциирующего с масловитом (среднее по 3 зернам), а также платинистого майчнерита (Cabri, Laflamme, 1976), майчнерита (Cabri et al., 1973), сурьмянистого инсизвайта и синтетического соединения  $\alpha$ -PtV<sub>2</sub> (Cabri, Harris, 1972).

Анализ полученных данных и сопоставление их с литературными (табл. 1) показывает, что спектры этих минералов хотя и близки по форме, но имеют и некоторые различия. Для масловита характерен горизонтальный участок в области 440—580 нм. На спектре отражения майчнерита выделяется три участка: уменьшение  $R$  в области 400—500 нм, горизонтальное плато в области 500—600 нм и пологий подъем кривой в области 600—740 нм.

**Твердость** масловита<sup>2</sup> колеблется в значительных пределах (262—388 кг/мм<sup>2</sup>), закономерно уменьшаясь при увеличении в минерале содержания палладия: при Pt:Pd $\approx$ 3:1 она в среднем составляет  $367 \pm \pm 21$  кг/мм<sup>2</sup> (3 замера), а при Pt:Pd $\approx$ 1:1— $303 \pm 41$  кг/мм<sup>2</sup> (9 замеров). Измеренная в тех же условиях твердость не содержащего платину май-

<sup>2</sup> ПМТ-3,  $P=20$  Г. Прибор тарирован по NaCl ( $P=5$  Г,  $H=21$  кг/мм<sup>2</sup>).

Отражение (R, %) масловита,

Минерал	Длина						
	440	460	480	500	520	540	560
Масловит	55,9	55,2	55,0	55,5	56,0	56,1	55,9
Майчнерит	63,7	62,0	59,9 (470 нм)	59,1	58,7	58,7 (546 нм)	58,5
»			58,2			55,2	
Платинистый майчнерит			55,2			53,5	
Сурьмянистый инсизваит			61,1			60,0	
$\alpha$ -PtBi <sub>2</sub>			58,6			59,7	

майчнерита, инсизваита,

Волн, нм	
580	600
55,9	56,1
58,2	58,4
(589 нм)	
54,3	
53,1	
60,0	
61,7	

Состав минералов ряда масловит — майчнерит — инсизваит

№ зерна	Содержания, вес. %						Сумма
	Pt	Pd	Bi	Te	Sb	Pb	
1	28,6	4,5	49,6	16,9	0,8	1,1	101,5
2	28,1	5,0	50,3	16,8	0,6	1,2	102,0
3	26,6	5,6	53,0	15,7	1,6	He обн.	102,5
4	25,7	7,1	52,8	15,8	1,1	»	102,5
5	21,3	10,3	47,8	18,9	1,3	»	99,6
6	21,0	10,5	47,3	19,8	1,5	»	100,1
7	21,0	10,6	49,0	20,1	1,2	»	101,9
8	19,75	10,25	47,77	19,05	0,93	1,02	98,77
9а	20,3	11,1	49,1	19,1	1,4	He обн.	101,3
9б	19,48	10,73	47,56	19,29	0,89	0,50	98,45
10	19,37	10,63	46,03	19,53	0,98	1,62	98,16
11	18,70	10,74	47,01	19,16	0,53	1,76	97,90
12	18,57	10,99	47,21	20,00	0,71	1,11	98,59
13	18,37	10,97	44,57	22,32	He обн.	1,79	98,05
14	17,8	12,2	47,2	22,7	0,7	He обн.	100,6
15	14,18	14,04	44,99	24,03	He обн.	1,80	99,07
16	He обн.	25,1	43,4	28,8	2,1	He обн.	99,4
17	He обн.	25,4	45,2	30,4	1,1	»	101,7

из Октябрьского

Pt	Pd
0,77	0,22
0,75	0,25
0,71	0,27
0,68	0,32
0,55	0,45
0,54	0,46
0,53	0,47
0,516	0,48
0,52	0,51
0,508	0,51
0,506	0,50
0,492	0,51
0,482	0,52
0,475	0,52
0,44	0,50
0,353	0,64
—	1,02
—	1,02

Примечание. Анализы зерен 1—7, 9а, 14, 16, 17 выполнены на микроанализаторе МАР-2 В. Д. Бернштейна из монокситовых руд, остальные — на кубанит-халькопиритовых.

гидрохим.; 8, 9б—13,

Таблица 1

майнерита, инсизваита

Длина 560	волн, нм								
	580	600	620	640	660	680	700	720	740
55,9	55,9	56,1	56,3	56,8	57,1	57,5	58,4	58,8	59,4
58,5	58,2 (589 нм)	58,4	59,0	59,7 (650 нм)	60,9	62,0	63,1	63,9	64,8
	54,3			54,7					
	53,1			54,7					
	60,0			61,7					
	61,7			66,3					

Таблица 2

из Октябрьского месторождения

ма	Формульные коэффициенты						Pt+Pd
	Pt	Pd	Bi	Te	Sb	Pb	Bi+Te+Sb+Pb
,5	0,77	0,22	1,25	0,70	0,04	0,03	0,99
,0	0,75	0,25	1,26	0,69	0,02	0,03	2,01
,5	0,71	0,27	1,31	0,64	0,07	—	1,00
,5	0,68	0,34	1,30	0,64	0,05	—	2,00
,6	0,55	0,49	1,16	0,75	0,05	—	0,98
,1	0,54	0,49	1,13	0,78	0,06	—	2,02
,9	0,53	0,49	1,16	0,78	0,05	—	1,02
,77	0,516	0,491	1,166	0,762	0,039	0,025	1,99
,3	0,52	0,51	1,18	0,74	0,06	—	1,007
,45	0,508	0,513	1,159	0,77	0,037	0,012	1,992
,16	0,506	0,509	1,123	0,78	0,041	0,04	1,03
,90	0,492	0,518	1,154	0,77	0,022	0,044	1,98
,59	0,482	0,523	1,144	0,794	0,03	0,027	1,021
,05	0,475	0,520	1,077	0,883	—	0,045	1,978
,6	0,44	0,56	1,10	0,87	0,03	—	1,015
,07	0,353	0,641	1,047	0,915	—	0,042	1,984
,4	—	1,03	0,91	0,99	0,08	—	1,01
,7	—	1,02	0,93	1,01	0,04	—	1,99
							1,005
							1,995
							0,995
							2,005
							1,00
							2,00
							0,994
							2,004
							1,03
							1,98
							1,02
							1,98

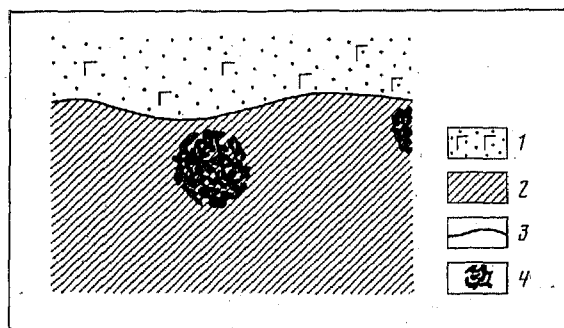
гизовым; 8, 9б—13, 15 — на микроанализаторе MS-46 Н. В. Троновой. Анализы 1 и 2 соответствуют ми-

Распределение элементов в пределах зерна № 10 минерала

№ точки	Содержание, вес. %						Сумма
	Pt	Pd	Bi	Te	Sb	Pb	
1	19,16	10,85	47,15	19,54	1,03	1,85	99,58
2	19,25	10,42	45,05	19,31	1,07	1,67	96,77
3	19,90	10,57	45,63	19,03	1,01	2,04	98,18
4	19,25	10,76	45,70	19,46	0,97	1,51	97,65
5	19,19	10,55	45,79	19,66	0,91	1,51	97,61
6	19,18	10,80	46,29	19,63	0,97	1,35	98,22
7	19,67	10,49	46,22	20,11	0,87	1,39	99,15

Примечание. Анализы выполнены Н. В. Троновой на микросонде MS-46.

чнерита составляет  $250 \pm 32$  кГ/мм<sup>2</sup> (12 замеров). Твердость майчнерита, по данным Л. Кабри и др. (Cabri et al., 1973), варьирует от 304 до 325 кГ/мм<sup>2</sup>, платинистого майчнерита (Cabri, Laflamme, 1976) — от 189 до 327 кГ/мм<sup>2</sup>, сурьмянистого инсизвайта — от 488 до 540 кГ/мм<sup>2</sup> и синте-



Фиг. 2. Схематическая зарисовка забоя горной выработки  
1 — габбро-долериты с интерстициальной сульфидной вкрапленностью; 2 — сплошная кубанит-халькопиритовая руда; 3 — контакт залежи сплошных руд с интрузивом габбро-долеритов; 4 — галенитовое обособление в халькопирите

тического соединения  $\alpha$ -PtBi<sub>2</sub> — от 437 до 459 кГ/мм<sup>2</sup> (Cabri, Harris, 1972).

Приведенные данные свидетельствуют об увеличении твердости в ряду майчнерит — масловит — инсизвайт.

Химический состав минерала определялся на рентгеновских микроанализаторах MAP-2 и MS-46 «Самеса». В качестве эталонов три количественных определения на MAP-2 платины и сурьмы использовались чистые металлические Pt и Sb, при анализе на палладий, висмут, теллур и свинец — гомогенные синтетические соединения PdBi, Pd(Bi<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>), Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, PbTe и PbS. Количественным определениям предшествовало качественное изучение элементного состава исследуемых зерен.

Анализ проводился при следующих условиях. MAP-2 — ускоряющее напряжение 35 кВ, ток зонда — 50—100 нА, кристаллы-анализаторы

ряда масло

Pt
0,494
0,510
0,521
0,505
0,504
0,500
0,509

кварц 10Г  
Sb, Pb, Bi  
нии L<sub>α</sub>. В  
ей в кажд  
сивностей  
Te — от 0  
3,1. Фон и  
счете отнс  
поправки  
ме Г. Шпр  
При кс  
были L<sub>α</sub>-л  
сталл-ана.  
галенит Р  
тролирова  
следних л  
этих элеме  
27 кв на ]  
Предва  
зи с выявл  
выполнен  
дельных ф  
Расчет  
«Хьюлетт-  
Н. В. Тро  
На мид  
ла (96), с  
поставлен  
личия в сс  
ности анал  
Резуль  
дает пе  
ются соде  
Изменяетс  
в некотор  
элемента,

ряда масловит — майчнерит — инсизваит

Формульные коэффициенты						$\frac{Pt+Pd}{Bi+Te+Sb+Pb}$
Pt	Pd	Bi	Te	Sb	Pb	
0,494	0,513	1,135	0,770	0,043	0,045	1,007
						1,993
0,510	0,506	1,114	0,782	0,045	0,042	1,016
						1,983
0,521	0,508	1,116	0,762	0,042	0,050	1,029
						1,970
0,505	0,518	1,119	0,780	0,041	0,037	1,023
						1,977
0,504	0,508	1,123	0,790	0,038	0,037	1,012
						1,988
0,500	0,516	1,127	0,783	1,041	0,033	1,016
						1,984
0,509	0,498	1,127	0,796	0,036	0,034	1,007
						1,993

кварц 1010 и 1340, измерение относительных интенсивностей Pt, Pd, Te, Sb, Pb, Bi на образцах и эталонах осуществлялось по аналитической линии  $L_{\alpha}$ . В каждом образце состав определялся в 3—4 точках с экспозицией в каждой точке 100 сек. Коэффициенты вариации измеренных интенсивностей колеблются (%): для Pd — от 1,1 до 1,6; Pt — от 0,2 до 1,1; Te — от 0,96 до 2,1; Bi — от 0,8 до 1,9; Sb — от 2,4 до 3,3; Pb — от 2,2 до 3,1. Фон измерялся путем смещения с аналитической линии. При пересчете относительных интенсивностей в весовые концентрации вводились поправки на поглощение и атомный номер, использованные в программе Г. Шпрингера (Springer, 1967).

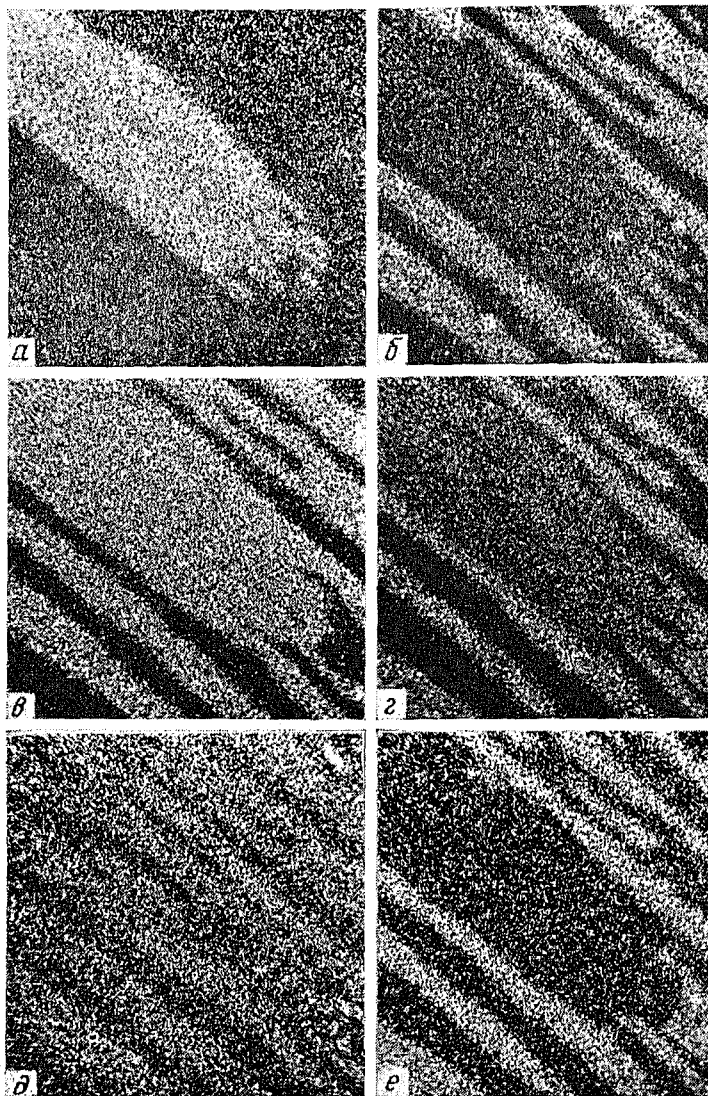
При количественном анализе на MS-46 аналитическими линиями были  $L_{\alpha}$ -линии Pd, Sb, Te (кристалл-анализатор PET) и Pt, Pb, Bi (кристалл-анализатор LiF). Эталонами служили чистые Pt, Pd, Sb, Te, Bi и галенит PbS (стехиометрический). Перед анализом по линии  $ZrK_{\alpha}$  контролировались калибровка киловольтметра и влияние наложения последних линий спектров Pb и Sb и линий высоких порядков отражения этих элементов. Рабочее напряжение — 18 кВ на основные компоненты и 27 кВ на Pb и Sb. Ток поглощенных электронов на эталоне Pt—30 нА.

Предварительно изучался характер распределения элементов, и в связи с выявленной неоднородностью некоторых зерен часть анализов была выполнена по скоррелированным кривым распределения, а часть — в отдельных фиксированных точках зерен минерала.

Расчет поправок выполнен по программе А. И. Цепина для ЭКВМ «Хьюлетт-Паккард», основанной на алгоритме, описанном в работе Н. В. Троневой и др. (1975).

На микрозонде MS-46 было проанализировано также зерно минерала (9б), состав которого ранее определялся на MAP-2 (9а, табл. 2). Сопоставление полученных результатов показывает, что наблюдаемые различия в содержаниях элементов несущественны и лежат в пределах точности анализа на микрозонде.

Результаты анализа минерала (табл. 2) свидетельствуют, что он обладает переменным составом. Наибольшей изменчивостью характеризуются содержания платины и палладия, меньшей — теллура и висмута. Изменяется также содержание элементов-примесей — сурьмы и свинца: в некоторых зернах как масловита, так и майчнерита присутствуют оба элемента, в других — только сурьма или свинец. Даже в пределах одного



Фиг. 3. Фотография участка сканирования зерна масловита, представленного на фиг. 1 ( $100 \times 100$  мкм) в характеристическом рентгеновском излучении: а —  $PtL_{\alpha}$ ; б —  $PdL_{\alpha}$ ; в —  $BiL_{\alpha}$ ; г —  $TeL_{\alpha}$ ; д —  $SbL_{\alpha}$ ; е —  $PbL_{\beta}$

зерна наблюдаются значительные вариации их содержаний. Это видно и на сканинге (фиг. 3), и по результатам определения состава в отдельных точках того же зерна (табл. 3). В нем наблюдается также изменчивость концентраций висмута и теллура. Неоднородное распределение элементов, вероятно, вообще свойственно минералам этой группы. Оно выявлено Л. Кабри и Дж. Лафламмом (Cabri, Laflamme, 1976) в отдельных зернах платинистого майчнерита и теллуристого инсизвайта, причем колебания содержаний платины, палладия, висмута и теллура достигают первых процентов.

Характер распределения элементов в масловите и майчнерите свидетельствует о взаимных замещениях между платиной и палладием, теллуrom и висмутом. Значения же отношения  $(Pt+Pd) : (Bi+Te+Sb+Pb)$  во всех анализах весьма близки стехиометрическим (табл. 2, 3).

Рентгенометрическое изучение минералов проводилось методом порошка. Зерна извлекались с поверхности полированного шлифа с помощью тонкой стальной иглы. Образец для съемки готовился в виде шарика из резинового клея ( $d \approx 0,1-0,2$  мм) с закатанным в него порошком минерала. Съемка рентгенограмм осуществлялась в камере РКД-57,3 на

Таблица 4

Межплоскостные расстояния масловита и других кубических соединений типа  $AX_2$  и  $AXU$

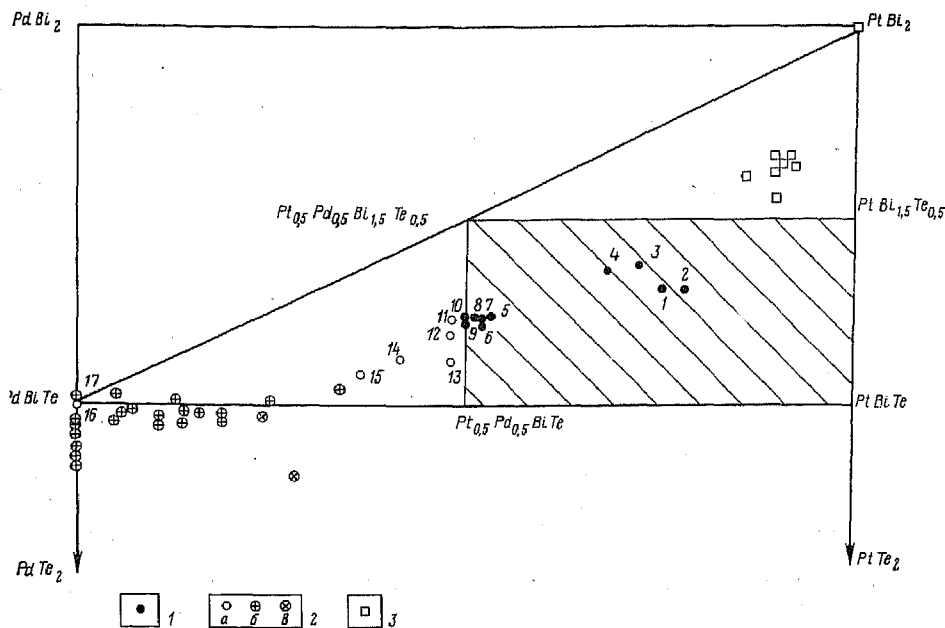
№ п/п	Масловит (анализ 3)		Масловит (анализ 7)		Платнистый майчнерит (анализ 14)		Синтетический PdBiTe (Cabri et al., 1973)		Синтетический $\alpha$ -PtBi <sub>2</sub> (Cabri, Harris, 1972)		hkl
	I	$d_{\alpha}$	I	$d_{\alpha}$	I	$d_{\alpha}$	I	$d_{\alpha}$	I	$d_{\alpha}$	
1	1	3,69							3	3,856	111
2	1	3,33	1	3,36			1	3,321	5	3,343	002
3	10	3,01	10	2,98	10	2,98	10	2,974	10	2,996	012
4	8	2,71	9	2,71	6	2,71	8	2,715	8	2,732	112
5	2	2,36	2	2,35	2	2,35	4	2,350	5	2,365	022
6	6	2,02	6	2,01	5	2,01	9	2,000	9	2,017	311
7	1	1,928					2	1,914	3	1,932	222
8	2	1,852			1	1,854	5	1,843	4	1,854	023
9	3	1,788	5	1,783	3	1,781	8	1,773	6	1,788	123
10					1	1,680	4	1,661	3	1,672	004
11							1	1,612			223, 410
12							1	1,567			114, 330
13	1	1,494	1	1,491	1	1,488	4	1,485	4	1,494	024
14	1	1,459	2	1,465	3	1,455	7	1,451	5	1,459	124
15					1	1,423	5	1,417	4	1,426	233
16			2	1,370	1	1,366	2	1,356	3	1,366	224
17							1	1,303			134, 510
18	2	1,286	3	1,287	2	1,282	6	1,279	5	1,288	115
19	1	1,245	3	1,242	2	1,239	7	1,234	4	1,242	025
20	1	1,220	2	1,221	1	1,216	5	1,213	3	1,221	125
21	2	1,182	4	1,174	4	1,178	6	1,174	4	1,182	044
22							0,5	1,157			144
23							0,5	1,123			351
24					1	1,116	2	1,108	2	1,114	244, 600
25					1	1,098	3	1,093	0,5	1,099	016
26			2	1,085	3	1,080	5	1,078	3	1,086	116
27							0,5	1,052	1	1,058	620
28							0,5	1,037			450
29			1	1,018	2	1,016	3	1,014	4	1,020	533
30							2	1,002	1	1,008	622
31			3	0,995			5	0,9916	4	0,997	630
34							+20 линий до $d=0,7737$				
		$a=6,689 \pm 0,007$ Å		$a=6,671 \pm 0,007$ Å		$a=6,665 \pm 0,007$ Å		$a=6,651 \pm 0,005$ Å		$a=6,691 \pm 0,002$ Å	

FeK $\alpha$ -излучении (без фильтра). Время съемки выбиралось в зависимости от количества материала (в среднем 8—10 час)<sup>3</sup>.

Рентгенограммы всех снятых минералов (зерна № 3, 5—7, 14; табл. 2) оказались весьма близкими между собой. Они также имеют большое сходство с порошкограммами майчнерита (Cabri et al., 1973), инсизвайта (Cabri, Harris, 1972), синтетических соединений — PtBi<sub>2</sub>, PdBiTe, PtBiTe, кристаллизующихся в структурном типе пирита. Исходя из этого подобия, дебаграммы исследуемых фаз были проиндцированы (табл. 4).

<sup>3</sup> Извлечение материала и съемка образцов выполнены Г. В. Басовой в Лаборатории минералогии ИГЕМ АН СССР.





Фиг. 4. Диаграмма составов минералов в системе  $PtBi_2$ — $PtBiTe$ — $PdBiTe$   
 1 — масловит (заштрихованный прямоугольник — поле возможных составов масловита); 2 — майчнерит (а — наши данные; б — Cabri, Laflamme, 1976; в — Генкин и др., 1963); 3 — инсизваит (Cabri, Laflamme, 1976)

Синтетический аналог масловита —  $PtBiTe$  — является упорядоченным соединением  $(P2,3)$  (Hulliger, 1963). Даже небольшое нарушение стехиометрии приводит к пространственной группе  $Pa3$  — разупорядоченной структуре. Это наблюдается на дебаграммах масловита (табл. 4) с нестехиометрическими соотношениями  $Bi : Te$ , на которых не отмечаются отражения, запрещенные пространственной группой  $Pa3$ . Только на дебаграмме одного зерна (табл. 2, анализ 5) имеется слабый рефлекс с  $d_a = 2,09 \text{ \AA}$  (310), свидетельствующий об упорядочении структуры.

Подобные явления свойственны и другим минералам, обладающим пиритовой структурой: в литературе описаны герсдорфиты ( $NiAsS$ ) как с упорядоченным  $(P2,3)$ , так и неупорядоченным  $(Pa3)$  размещением атомов мышьяка и серы (Bayliss, Stephenson, 1967).

Переход порядок — беспорядок при нарушении стехиометрических соотношений компонентов проявляется и у майчнерита: синтетический  $PdBiTe$  является упорядоченным  $(P2,3)$  (Cabri et al., 1973), а дебаграмма фазы —  $PdBi_{0,96}Te_{1,04}$  (Юшко-Захарова, 1975) не содержит отражений, запрещающих пространственную группу  $Pa3$ . Майчнерит, описанный А. Д. Генкиным и др. (1963), также является неупорядоченным.

Вычисленная рентгеновская плотность ( $\rho_x$ ) масловита варьирует в пределах  $11,51$ — $11,74 \text{ г/см}^3$ , что близко величине этого параметра у соединения  $PtBiTe$  и теллуристого инсизваита (табл. 5).

О номенклатуре минералов системы  $PtBi_2$ — $PtBiTe$ — $PdBiTe$ . Эта система — часть системы  $PtBi_2$ — $PtTe_2$ — $PdBi_2$ — $PdTe_2$  и включает только кубические минералы с пиритовой структурой (инсизваит, майчнерит, масловит и их разновидности). Она показана на диаграмме (фиг. 4), на которую нанесены точки состава изученных нами минералов (анализы 1—17, табл. 2; сурьма и свинец суммировались с висмутом), а также инсизваита (Cabri, Harris, 1972), теллуристого инсизваита (Cabri, Laflamme, 1976), майчнерита и платинистого майчнерита (Генкин и др., 1963; Cabri, Laflamme, 1976). На диаграмме хорошо видно, что между соедине-

ниями  
 пере  
 удивит  
 ность  
 возмо  
 рами  
 $PtBiTe$   
 ров па  
 твердо  
 них эл  
 При  
 соедин

Масловит  
 Масловит  
 Платинист  
 Платинист  
 Майчнерит  
 Теллурист  
 Синтетич

\* Cabri

звания  
 зваит P  
 рядов 1  
 $(Pt > Pd)$   
 висмути  
 $: Te > 3$   
 ладиев  
 маслови  
 согласно  
 видност  
 Cabri, I

Авто  
 терес и  
 Мы вы  
 нogram  
 В. А С  
 шлифое

Вяльсов  
 ИГЕ  
 Генкин А  
 ралы  
 Тронева  
 сион  
 микро  
 Ташк

ниями PdBiTe, PtBiTe и PtBi<sub>2</sub> располагается множество фаз, имеющих переменные соотношения платины, палладия, висмута и теллура. Это не удивительно, учитывая их интерметаллический характер и принадлежность к одному структурному типу. В таких соединениях, как известно, возможности изоморфных замещений лимитируются в основном размерами атомов. Существование рядов твердых растворов в системе PtBi<sub>2</sub>—PtBiTe—PdBiTe подтверждается закономерными изменениями размеров параметра элементарной ячейки и  $\rho_x$  (табл. 5), оптических свойств и твердости минералов в зависимости от соотношений присутствующих в них элементов.

Приведенные данные позволяют предложить номенклатуру природных соединений рядов PtBi<sub>2</sub>—PtBiTe, PdBi<sub>2</sub>—PdBiTe, PtBiTe—PdBiTe. На-

Таблица 5

Параметры элементарной ячейки и рентгеновская плотность масловита и близких ему соединений

Минерал	Эмпирическая формула	a, Å	$\rho_x$ г/см <sup>3</sup> Z=4
Масловит	(Pt <sub>0,71</sub> Pd <sub>0,27</sub> ) <sub>0,98</sub> (Bi <sub>1,31</sub> Te <sub>0,84</sub> Sb <sub>0,07</sub> ) <sub>2,02</sub>	6,689	11,74
Масловит	(Pt <sub>0,58</sub> Pd <sub>0,42</sub> ) <sub>1,02</sub> (Bi <sub>1,16</sub> Te <sub>0,78</sub> Sb <sub>0,06</sub> ) <sub>1,98</sub>	6,671	11,51
Платинистый майчнерит	(Pd <sub>0,56</sub> Pt <sub>0,44</sub> ) <sub>1,00</sub> (Bi <sub>1,10</sub> Te <sub>0,87</sub> Sb <sub>0,03</sub> ) <sub>2,00</sub>	6,665	11,06
Платинистый майчнерит *	(Pd <sub>0,88</sub> Pt <sub>0,12</sub> Ni <sub>0,008</sub> ) <sub>1,00</sub> Bi <sub>1,00</sub> Te <sub>1,03</sub>	6,646	11,43
Майчнерит **	(Pd <sub>1,00</sub> (Bi <sub>0,88</sub> Sb <sub>0,11</sub> ) <sub>0,96</sub> Te <sub>1,00</sub>	6,642	9,84
Теллуристый инсизваит *	(Pt <sub>0,90</sub> Pd <sub>0,10</sub> ) <sub>1,00</sub> (Bi <sub>1,47</sub> Te <sub>0,45</sub> Sb <sub>0,09</sub> Sn <sub>0,02</sub> ) <sub>2,03</sub>	6,632	12,18
Синтетический PtBiTe ***	PtBiTe	6,59	12,4

\* Cabri, Laflamme, 1976. \*\* Childs, Hall, 1973. \*\*\* Hulliger, 1963.

звания минеральных видов следует присвоить конечным членам: инсизваит PtBi<sub>2</sub>, майчнерит PdBiTe, масловит PtBiTe. Промежуточные члены рядов называть с добавлением определения: палладистый масловит (Pt>Pd, Pd>1 ат.%) и платинистый майчнерит (Pd>Pt, Pt>1 ат.%), висмутистый масловит (Bi:Te<3:1) и теллуристый инсизваит (Bi:Te>3:1) и т. д. Иногда нужно использовать двойное определение: палладиево-висмутистый масловит (к нему относятся изученные нами зерна масловита, анализы 1—10). С предложенной номенклатурой полностью согласуются граничные условия для майчнерита, инсизваита и их разновидностей, установленные Л. Кабри и Дж. Лафламмом (Cabri, 1976; Cabri, Laflamme, 1976) с учетом последних данных об этих минералах.

Авторы благодарны А. Д. Генкину и Т. Н. Шадлун за постоянный интерес и ценные советы, сделанные в период проведения исследований. Мы выражаем также признательность Г. В. Басовой за съемку рентгенограмм, Д. Б. Королеву за измерения коэффициентов отражения и В. А. Соловьеву за приготовление высококачественных полированных шлифов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Вяльсов Л. Н. Спектры отражения рудных минералов (научно-методическое пособие). ИГЕМ АН СССР, М., 1973.
- Генкин А. Д., Журавлев Н. Н., Смирнова В. М. Мончеит и когульскит — новые минералы и состав майчнерита. Зап. Всес. минерал. о-ва, ч. 92, вып. 1, 1963.
- Тронева Н. В., Лапугина И. П., Цепин А. И., Игамбердиев Ш. Х. Программа дисперсионного анализа и расчет поправок при количественном рентгеноспектральном микроанализе для ЭВМ. Алгоритмы и программы, вып. 26. Изд-во АН УзССР, Ташкент, 1975.

- Юшко-Захарова О. Е. Платиноносность рудных месторождений. «Недра», М., 1975.  
Bayliss P., Stephenson N. C. The crystal structure of gersdorffite. Mineral. Mag., v. 36, № 227, 1967.  
Cabri L. J. Glossary of platinum-group minerals. Econ. Geol., v. 71, № 7, 1976.  
Cabri L. J., Harris D. C. The new mineral insizwaite and new data on niggliite. Mineral. Mag., v. 38, № 299, 1972.  
Cabri L. J., Harris D. C., Gait R. I. Michenerite redefined and froodite confirmed from the Sudbury area. Canad. Mineralogist., v. 11, № 5, 1973.  
Cabri L. J., Laflamme J. H. The mineralogy of the platinum-group elements from some copper-nickel deposits of the Sudbury area, Ontario. Econ. Geol., v. 71, № 7, 1976.  
Childs J. D., Hall S. R. The crystal structure of michenerite. Canad. Mineralogist, v. 12, № 1, 1973.  
Hulliger F. New compounds with cobaltite structure. Nature, v. 198, № 382, 1963.  
Springer G. Die Berechnung von Korrekturen für die quantitative Elektronen-strahl-Mikroanalyse. Forsch. Miner., B. 45, № 1, 1967.

ИГЕМ АН СССР  
МГРИ  
Москва  
Норильский горно-металлургический  
комбинат

Поступила  
16.V.1978

Г Е  
№ 3

70 лет  
в разделе  
самородной  
ная, чем  
ность так  
дением е  
Виттихен  
не содерж  
Эти сл  
нительны  
происхож  
зера, на  
делу», из  
Оказал  
«Взгляд  
леса» (В  
недалеко  
ники мед  
пред сим  
В друг  
деленных  
пород, на  
вейлере, д  
изводят е  
3 пуд.) сер  
Учитыв  
товку рук  
«Горном ж  
быче сере  
отношения  
(№ 12, 18  
литератур  
стве Баден  
лится мно  
из них, ос  
лет. Но за  
нит ежегод  
Другие се  
Кульденов,  
стях Фрей  
Хотя э  
пересказы  
авности С  
за основн  
ники имею