

## ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасова А.Н., Бородаев Ю.С. Первая находка селеносодержащего канфилдита // Докл. АН СССР. 1972. Т. 203, № 4. С. 907–910.
2. Онтоев Д.О., Тронева Н.В., Цепин А.И., Вяльцев Л.Н. Первая находка теллуристого канфилдита // Докл. АН СССР. 1971. Т. 201, № 3. С. 693–696.
3. Подольский А.М., Рябова Е.Г., Юркина К.В. и др. Первая находка чистого канфилдита в СССР // Докл. АН СССР. 1977. Т. 235, № 5. С. 1174–1177.
4. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Мир, 1962. 1132 с.
5. Терноф Ф. Сравнительная характеристика главных рудных месторождений Центральной Боливии // Проблемы эндогенных месторождений. М.: Мир, 1964. С. 197–233.
6. Harris D.C., Owens D.R. A tellurium-bearing canfieldite, from Revelstoke // Canad. Miner. 1971. Vol. 10, pt 5. P. 895–898.
7. Turneaure F.S. The Bolivian tin-silver province // Econ. Geol. 1971. Vol. 66. P. 215–225.

УДК 553.491.4.553.48

А.И. ПОНОМАРЕНКО, В.А. КОВАЛЕНКЕР, Н.В. ТРОНЕВА

### СОСТАВ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЬ-СОДЕРЖАЩЕГО ПАРКЕРИТА

В зоне верхнего эндоконтакта сплошных сульфидных руд на одном из участков развития симплектитовых сростков галенита с мойхукитом, пирротиниом и пентландитом обнаружена новая разновидность минерала из ряда паркерит ( $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{S}_2$ ) – шандит ( $\text{Ni}_3\text{Pb}_2\text{S}_2$ ) – Pb-содержащий паркерит.

Ранее на этом же месторождении был обнаружен и изучен обычный паркерит без заметных содержаний свинца и сурьмы – не более первых десятых долей процента [2].

Сульфидные руды на данном участке представлены в основном мойхукитом, пирротиниом и пентландитом с подчиненным значением галенита и магнетита.

Преимущественно среди мойхукита находятся каплевидные выделения сложного зонального строения размером от 0,2–0,3 до 6–8 мм, которые представлены самородными элементами и нитерметаллидами и с которыми связано образование Рb-содержащего паркерита. В строении каплевидных выделений установлена определенная закономерность. Так, выделения размером 0,1–0,3 мм имеют более простое строение, т.е. их центральные участки обычно представлены золотом, а периферия – сплошной каймой из кристаллов паркерита, ориентированных по нормали к поверхности ядра обособления.

В строении более крупных выделений, кроме золота, в их центре расположены такие минералы палладия, как соболевскит ( $\text{PdBi}$ ) и фрудит ( $\text{PdBi}_2$ ). Характер внешней оторочки остается прежним, т.е. сложен паркеритом. В более крупных (до 3 мм) выделениях мощность паркеритовой оторочки достигает 0,4–0,7 мм, ее строение мозаичное, размер отдельных кристаллов – до 0,05–0,65 мм, ориентировка их произвольная. В поляризованном свете Рb-содержащий паркерит обнаруживает полисинтетическое двойниковое строение. В крупных обособлениях (до 8 мм) проявляется классическая зональность, в центре (до 1 мм) образовано изометрическое зерно паоловита ( $\text{PdSn}$ ) с тончайшими просечками фрудита и минерала, обладающего сильным двуотражением и сильной анизотропией в черно-белых тонах. Паоловит окружен каймой (0,7–1,1 мм) кабриита ( $\text{Pd}_2\text{SnCu}$ ), состоящей из агрегата ксеноморфных кристаллов размером от 0,02–0,05 до 0,08–0,12 мм, при этом крупность зерен увеличивается от центра к периферии, для большинства из них характерно полисинтетическое двойниковое строение. Среди зерен кабриита распространены включения фрудита и золота (0,01–0,03 мм), при этом количество включений золота заметно увеличивается к внешней зоне кабриита. Далее от центра зона кабриита окружена сплошной пленкой золота (0,01–0,2 мм). И наконец, после золота расположена внешняя оторочка (0,01–

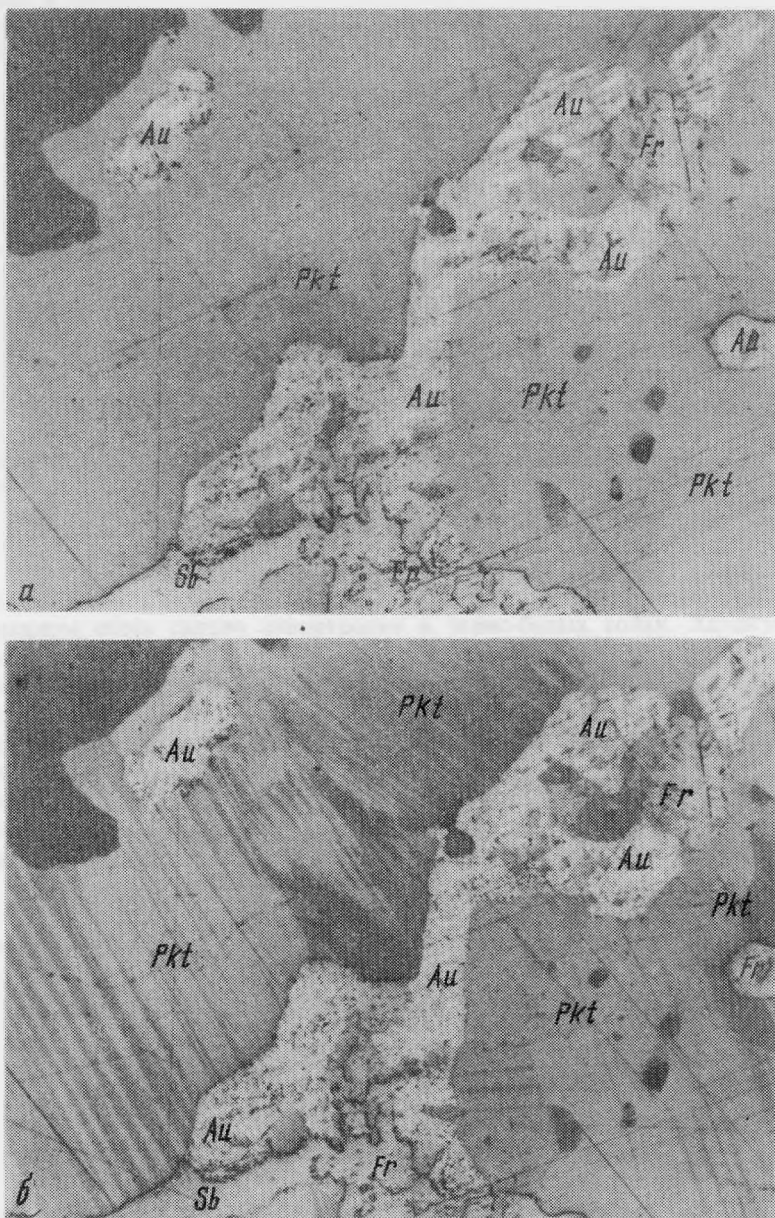


Рис. 1. Характер выделений и строение зерен Рb-содержащего паркерита (*Pkt*) и его взаимоотношения с золотом (*Au*), фрудитом (*Fr*) и соболеvскимитом (*Sb*). Увел. 260  
*a* — отраженный свет; *б* — отраженный поляризованный свет

0,08 мм), состоящая из ксеноморфных sdвойникованных кристаллов Рb-содержащего паркерита (0,02–0,04 мм).

Из приведенного выше видно, что в подавляющем большинстве Рb-содержащий паркерит в тесной парогенетической ассоциации связан с интерметаллидами палладия — соболеvскимитом, фрудитом, паоловитом и кабриитом. В процессе изучения этим минералам также уделялось определенное внимание.

Как известно из литературных источников, Рb-содержащая разновидность паркерита очень редка, обычно в его составе не более 1–2% свинца. Кроме того, известен пар-

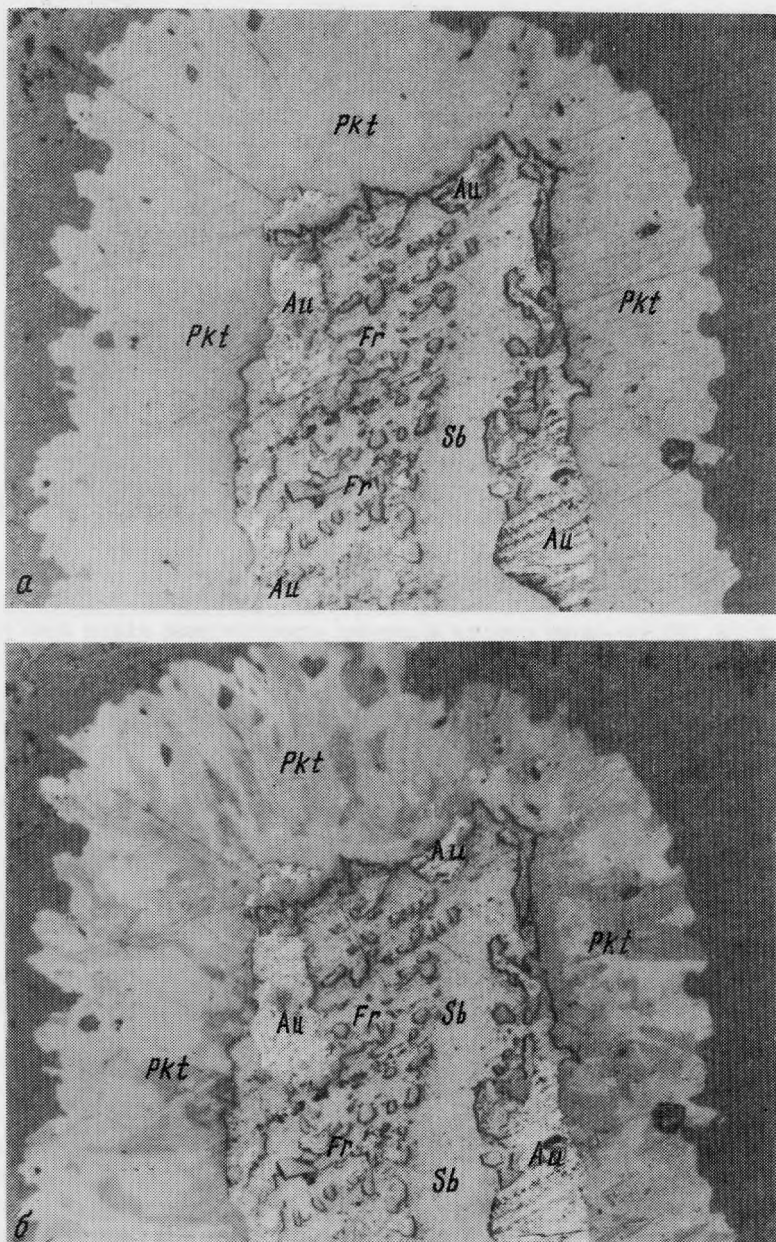


Рис. 2. Оторочка из кристаллов Pb-содержащего паркерита (*Pkt*), образованная вокруг фрудита (*Fr*), собольевскита (*Sb*) и самородного золота (*Au*). Увел. 260

*a* – отраженный свет; *б* – отраженный поляризованный свет

керит с малыми (до 2 мас.%) примесями сурьмы –  $Ni_3(Bi, Sb)_2S_2$  [5]. В данном случае мы исследовали паркерит с довольно высокими и переменными содержаниями свинца (8–12 мас.%). Также предполагалась возможность изменения структурных особенностей паркерита с высоким содержанием свинца, так как паркерит ( $Ni_3Bi_2S_2$ ) – ромбический, а шандит ( $Ni_3Pb_2S_2$ ) – тригональный.

В отраженном свете Pb-содержащий паркерит обладает высокой отражательной способностью – более 50%, почти белый со слабым кремовым нацветом. Характерно дву-

Таблица 1

Химический состав Рb-содержащего паркерита.  
Обр. 82913

Элементы	5-1	4-1	4-1	2-1	3-4	Элементы	5-1	4-1	4-1	2-1	3-4
	Мас. %						Атом. %				
Bi	54,66	55,20	55,18	52,32	53,53	Bi	0,2615	0,2641	0,2640	0,2503	0,2561
Pd	0,04	0,12	0,12	0,02	0,16	Pd	0,0004	0,0011	0,0011	0,0002	0,0015
Cu	0,14	0,36	0,36	0,22	0,18	Cu	0,0022	0,0056	0,0056	0,0034	0,0028
Sn	0,02	0,03	0,03	0,02	0,07	Sn	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006
Ni	25,52	25,57	25,54	25,44	25,25	Ni	0,4347	0,4355	0,4350	0,4333	0,4301
S	9,22	8,92	8,92	9,17	9,20	S	0,2875	0,2782	0,2782	0,2860	0,2870
Au	0,56	0,68	0,72	0,69	0,58	Au	0,0028	0,0034	0,0036	0,0035	0,0029
As	0,07	0,07	0,06	0,09	0,25	As	0,0099	0,0009	0,0008	0,0012	0,0033
Sb	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	Sb	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
Pb	8,16	9,31	9,31	10,92	12,41	Pb	0,0393	0,0449	0,0449	0,0527	0,0598
Сумма	98,41	100,26	100,24	98,89	101,66	Сумма	1,0297	1,0339	0,9885	1,0308	1,0442

отражение на границе зерен и особенно в крупных полисинтетических двойниках. В поляризованном свете сильно анизотропен в черно-белых тонах. Характерно полисинтетическое двойниковое строение (рис. 1, 2). Твердость вдавливания при нагрузке 50 Г колеблется от 57 до 61 Кг/мм<sup>2</sup>.

Состав Рb-содержащего паркерита и наиболее распространенных сопутствующих минералов определен на рентгеновском микроанализаторе MS-46 фирмы "Сатеса" по точкам (5–10 точек для каждого анализируемого зерна). Ускоряющее напряжение 20 кВ и ток поглощенных электронов 20 кА одинаковые для всех определяемых элементов. Аналитические линии  $K_{\alpha}$ Fe, Ni, Cu, S;  $L_{\alpha}$ As, Pd, Sn, Sb, Pt, Bi;  $M_{\alpha}$ As (наличие Рb в анализируемых фазах препятствует использованию  $K_{\alpha}$ As в качестве аналитической

Таблица 2

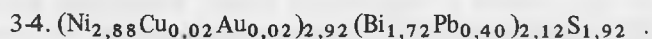
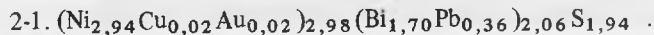
Результаты расчета рентгенограммы Рb-содержащего паркерита. Обр. 82913

№ п/п	I	$d_{изм}$	$d_{выч}$	hkl	№ п/п	I	$d_{изм}$	$d_{выч}$	hkl
1		5,780	5,704	0 0 1	16	4	1,658	1,647	2 0 2
2		3,990	4,035	1 0 0	17	2	1,619	1,609	1 3 1
3	9	3,980	3,976	0 1 1	18		1,430	1,426	0 0 4
4		3,300	3,293	1 0 1	19		1,382	1,381	0 1 4
5		2,850	2,852	0 0 2	20		1,382	1,384	2 0 3
6		2,850	2,830	1 1 1	21		1,347	1,344	1 0 4
7		2,530	2,535	0 1 2	22		1,347	1,342	2 1 3
8		2,340	2,329	1 0 2	23	3	1,318	1,324	0 3 3
9		2,300	2,382	1 2 0	24	1	1,216	1,216	3 0 2
10		2,130	2,147	1 1 2	25	1	1,216	1,209	1 2 4
11		2,030	2,017	2 0 0	26	3	1,188	1,188	3 1 2
12		1,998	1,986	0 2 2	27	1	1,133	1,139	2 1 4
13		1,808	1,798	0 1 3	28	2	1,117	1,117	0 1 5
14		1,795	1,782	1 2 2	29	2	1,079	1,077	1 1 5
15	4	1,658	1,642	1 1 3					

Примечание. Камера РКД-57, 3 мм. Диаметр 0,2 мм. Fe – без фильтра.  $a_0 = 4,03$ ,  $b_0 = 5,53$ ,  $c_0 = 5,70$  Å. Орторомбическая сингония.

линии, а отсутствие Sb позволяет использовать для определения As линию  $L_{\alpha}$  [3]. Пересчет измеренных интенсивностей в определяемые содержания выполнен по программе ИГЕМ в варианте ПУМА [2]. Относительное стандартное отклонение методики при доверительной вероятности 0,95 составляет 1–3% от суммы (в области содержания более 10 мас.%, предел обнаружения Cu, Pd, Sn, Sb – 0,05 мас.%, As, Pt, Pb, Bi – 0,2 мас.%).

Результаты определения химического состава отдельных зерен Pb-содержащего паркерита из четырех каплевидных обособлений приводится в табл. 1, из которой видно, что основными элементами в составе паркерита являются никель, висмут, свинец и сера. Характерно стабильное содержание никеля – 25,25–25,57 мас.%, т.е. отклонение не более 0,5%, в отношении висмута и свинца отмечается обратная зависимость. Кроме основных элементов, заметная роль в составе этого минерала принадлежит меди (0,14–0,36 мас.%) и золоту (0,56–0,72 мас.%), в двух случаях повышен палладий (ан. 4-1 и 3-4) – 0,12–0,16 мас.%. Другие проанализированные элементы – олово, мышьяк и сурьма – присутствуют в очень малых количествах, особенно сурьма, которая либо отсутствует, либо присутствует на грани разрешающей способности аппаратуры. Химические анализы позволили сделать пересчет на кристаллохимические формулы:



Особая тщательность была проявлена при подготовке материала для рентгеноструктурного анализа. Для отбора материала для анализа был выбран участок паркерита размером более 1 мм. Это полностью исключило загрязнение другими минералами. При экспонировании получена довольно четкая рентгенограмма. В табл. 2 приводятся результаты расчета рентгенограммы Pb-содержащего паркерита и параметры элементарной ячейки:

1. Изучаемый минерал:  $a_0 = 4,03$ ,  $b_0 = 5,53$ ,  $c_0 = 5,70$  Å .

2. Паркерит из Канады:  $a_0 = 4,03$ ,  $b_0 = 5,53$ ,  $c_0 = 5,73$  Å .

3. Сурьмянистый паркерит [5]:  $a_0 = 4,02$ ,  $b_0 = 5,60$ ,  $c_0 = 5,68$  Å .

Сравнение исследуемого минерала с паркеритом из Канады по приведенным параметрам показывает почти полную их идентичность, за исключением параметра  $c_0$ , который на 0,03 Å меньше, чем у паркерита из Канады, однако Sb-паркерит заметно отличается по  $b_0 - 0,07$  Å и  $c_0 -$  на 0,02 Å.

Несмотря на удовлетворительные результаты рентгеноструктурного анализа, необходимо провести более тщательное изучение Pb-паркерита на камере РКУ-140.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в природе существует минерал со структурой паркерита, содержащий до 8–12 мас.% свинца, присутствие которого в таких количествах мало или почти не влияет на детали структуры паркерита.

Как отмечалось выше, кроме паркерита, изучался состав некоторых сопутствующих минералов, таких, как фрудит и кабриит. Фрудит присутствует в большинстве каплевидных выделений совместно с другими минералами палладия, часто образует изометричные зерна размером 0,05–0,3 см, иногда – просечки размером менее 0,01 мм. Отражательная способность высокая, цвет бледно-зеленоватый, слабо анизотропен. Химический состав фрудита из двух обособлений приводится в табл. 3. Из таблицы видно, что фрудит из разных обособлений мало меняется, существенными примесями

Таблица 3

Химический состав фрудита. Обр. 82913

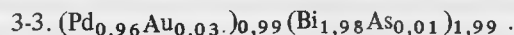
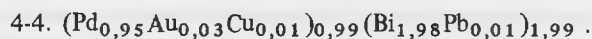
Элементы	4-4	4-5	3-3	Элементы	4-4	4-5	3-3
	Мас. %				Атом. %		
Bi	78,33	79,10	79,77	Bi	0,3748	0,3785	0,3817
Pd	19,08	18,92	19,78	Pd	0,1793	0,1778	0,1859
Cu	0,10	0,30	0,06	Cu	0,0016	0,0048	0,0009
Sn	0,04	0,02	0,02	Sn	0,0003	0,0002	0,0002
Ni	0,05	0,19	0,07	Ni	0,0008	0,0032	0,0012
S	0,14	0,29	0,09	Au	0,0060	0,0059	0,0058
Au	1,18	1,16	1,14	As	0,0016	0,0010	0,0021
As	0,12	0,08	0,16	Sb	0,0002	0,0004	0,0002
Sb	0,02	0,05	0,02	Pb	0,0020	0,0013	0,0009
Pb	0,42	0,27	0,19	Сумма	0,5666	0,5731	0,5789
Сумма	99,48	100,38	101,30				

Таблица 4

Химический состав кабриита. Обр. 82913

Элементы	4-2	3-2	2-2	Элементы	4-2	3-2	2-2
	Мас. %				Атом. %		
Bi	1,17	0,86	1,29	Bi	0,0056	0,0041	0,0062
Pd	50,93	51,60	52,53	Pd	0,4787	0,4849	0,4937
Cu	15,97	15,19	15,06	Cu	0,2513	0,2390	0,2370
Sn	30,75	30,70	31,72	Sn	0,2590	0,2586	0,2672
Ni	0,08	0,06	0,17	Ni	0,0013	0,0010	0,0030
S	0,52	0,15	0,15	Au	0,0220	0,0149	0,0155
Au	4,34	2,94	3,06	As	0,0006	0,0010	0,0002
As	0,05	0,08	0,02	Sb	0,0000	0,0006	0,0022
Sb	0,00	0,08	0,27	Pb	0,0010	0,0005	0,0006
Pb	0,22	0,11	0,13	Сумма	1,0195	1,0046	1,0256
Сумма	104,03	101,72	104,40				

являются Au — более 1% и Pb — 0,19–0,42 мас.%. Содержание серы 0,9–0,29% мы объясняем тем, что изученные минералы находятся в окружении мойхукита, который, разрушаясь, выделяет сульфиды меди (халькозин?), в виде тонкой пленки, кристаллизующиеся на поверхности окружающих минералов. Поэтому при расчете на формулу сера исключалась. Химические анализы хорошо рассчитываются на формулу и практически соответствуют почти стехеометрическому составу фрудита:

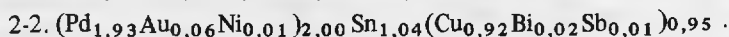
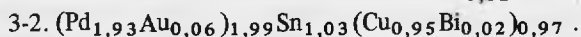


Состав другого минерала, сопутствующего Pb-содержащему паркериту, — кабриита определен в трех обособлениях. Состав и оптические свойства минерала с формулой  $\text{Pd}_2\text{SnCu}$  известны давно [1], однако детально изучены и опубликованы только в 1983 г. [4]. В данной ассоциации кабриит практически связан с такими минералами, как паоловит, соболевскит и фрудит. В одних обособлениях это редкие изометричные выделения 0,02–0,5 мм, в других — сплошные каймы изометричных зерен, где мощность каймы может достигать более 1 мм. Цвет минерала розовый, но несколько темнее, чем у паоловита ( $\text{PdSn}$ ). Этот эффект можно уловить лишь на границе зерен обоих



минералов. В скрещенных николях сильно анизотропен с цветным эффектом — от желто-серого до темного индиго-синего. Для большинства зерен характерно полисинтетическое двойниковое строение. Химический состав кабриита из трех обособлений приведен в табл. 4. Кроме основных элементов минерала (Pd, Sn, Cu), в его составе существенная роль принадлежит золоту (Au = 2,94—4,34 мас.%) и висмуту (Bi = 0,86—1,29 мас.%), в меньшей мере — свинцу и сурьме, мышьяк составляет сотые доли процента.

Кристаллохимические формулы соответствуют почти стехеометрическому составу:



#### ЛИТЕРАТУРА

1. Генкин А.Д., Гладышев Г.Д., Дистлер Р.В. и др. Авторефераты сотрудников ИГЕМ АН СССР. М., 1971.
2. Коваленкер В.А., Евстигнеева Т.Л., Безухов В.Д. Мартиит-II — палладиевый минерал экзоконтактных медно-никелевых руд Октябрьского месторождения // Геология руд месторождений. 1978. № 2. С. 111—115.
3. Тронева Н.В., Лопутина И.П., Ценин А.И., Игамбердиев Ш.Х. Программа дисперсионного и расчета поправок при количественном рентгеноспектральном микроанализе для ЭВМ БЭСМ-6 на языке АЛГОЛ-60 // Алгоритмы и программы. Ташкент, 1975. Вып. 23. С. 49.
4. Evstigneeva T.L., Genkin A.D. Cabriite Pd, SnCu, a new species in the mineral group of palladium, tin and copper compounds // Canad. Miner. Vol. 21, N 3. P. 1983.
5. Paar W.H., Chen T.T. Gersdorffit (in zwei Strukturvarietäten) und Sb-Haltiger Parkerit, Ni<sub>2</sub>(Bi, Sb)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>, von der Zinkwand, Schladminder Tauern, Osterreich // Tschermaks miner und petrogr. Mitt. 1979. Bd. 26. S. 59—67.

УДК 553.22

О.Л. СВЕШНИКОВА, Л.И. ШАБЫНИН

### О НОВОЙ ЭКСПОЗИЦИИ "МИНЕРАЛЫ СКАРНОВ" В МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМ МУЗЕЕ ИМ. А.Е. ФЕРСМАНА АН СССР

Необходимость коренных изменений в экспозиции "Минералы скарнов" продиктована стремлением отразить в ней то новое, что появилось в отечественной науке в области исследования скарнов за последние десятилетия.

Основные положения учения о скарнах, которыми мы руководствовались при разработке музейной экспозиции, изложены в ряде известных работ [1—4, 8—10, 13]. Здесь мы остановимся лишь на тех моментах, которые необходимы для характеристики особенностей этой экспозиции.

Скарновые породы являются высокотемпературными метасоматическими образованиями. Современные представления о процессах скарнообразования сводятся к тому, что признается возможность возникновения скарнов как в условиях подъема геозотерм (магматический этап), так и в постмагматическом этапе. Флюиды, участвующие в образовании скарнов первой группы (трансмагматические растворы — по Д.С. Коржинскому), слабощелочные; в условиях снижения температуры в постмагматическом этапе они сначала достигают нейтральности, а затем испытывают инверсию и приобретают кислотный характер. Степень кислотности флюидов зависит от ряда условий, в частности от химических особенностей магмы, генерирующей флюиды, исходных физико-химических параметров флюидов, состава пород, через которые они просачиваются, и температурных и иных условий контакта.

Соответственно указанной эволюции постмагматических флюидов выделяются три