

ного. Первооткрывателями тучекита приведен лишь общий спектр отражения минерала в узком интервале длин волн (470–650 нм). Следует отметить хорошее совпадение наших данных с материалами первого описания тучекита на этом интервале спектра отражения минерала. Вожминский тучекит по величине твердости близок к образцу из Западной Австралии (табл. 1).

Данные качественного (рис. 3) и количественного микрозондового анализов (табл. 2) показывают, что зерна изученного минерала однородны по химическому составу. Средний состав его хорошо рассчитывается на типовую формулу тучекита  $(\text{Ni}_{8,21}\text{Co}_{0,079}\text{Fe}_{0,02})_{9,02}\text{Sb}(\text{Sb}_{0,84}\text{As}_{0,24})_{1,08}\text{S}_{8,00}$  или в общем виде  $(\text{Ni}, \text{Co})_9\text{Sb}(\text{Sb}, \text{As})\text{S}_8$ . Особенностью минерала из Вожмы по сравнению с образцами, описанными первооткрывателями тучекита (<sup>1</sup>), является очень малая примесь в его составе Fe и отсутствие Bi, а также значительная примесь Co.

Диагностика тучекита подтверждена рентгенометрически. Все отражения на его дебаеграмме индицируются в тетрагональной сингонии с параметрами, характерными для тучекита (табл. 3).

Анализ особенностей парагенезисов рудных минералов хизлевудитового оруденения Вожминского массива позволяет прийти к выводу о том, что это оруденение сформировалось на поздних стадиях процесса серпентинизации пород массива, причем источником никеля и серы являлись главным образом первичные силикаты этих пород.

Научно-исследовательский институт земной коры,  
Ленинградском государственном университете  
им. А.А. Жданова

Поступило  
23 VI 1979

#### ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> J. Yust, C.E. Feather, Mineral. Mag., v. 42, № 322 (1978). <sup>2</sup> А.И. Кайряк, В.П. Гриб и др., Всесоюз. симп. Петрологические основы формирования медно-никелевых месторождений и критерии их прогноза (тез. докл.), Петрозаводск, 1978.

УДК 549.283(571.66)

МИНЕРАЛОГИЯ

Э.М. СПИРИДОНОВ, Т.Н. ЧВИЛЁВА

### БЕЗСМЕРТНОВИТ $\text{Au}_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

(Представлено академиком В.И. Смирновым 25 V 1979)

В окисленных рудах вулканогенного золото-теллуридного месторождения Дальнего Востока нами установлен ряд новых минералов – интерметаллических соединений Au, Cu, Pb, Te, Ag, Fe (плюмботеллуриды, необычайно богатые металлами): билибинскит  $\text{Au}_5\text{Cu}_3(\text{Te}, \text{Pb})_5$  (<sup>1</sup>), богдановит  $\text{Au}_5(\text{Cu}, \text{Fe})_3(\text{Te}, \text{Pb})_2$  (<sup>2</sup>) и др. Относительно широко развит плюмботеллурид Au и Cu состава  $\text{Au}_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$ , который назван безсмертновитом\* (bessmertnovite) в честь известных исследователей в области минераграфии и рудных месторождений М.С. Безсмертной и В.В. Безсмертного.

\* Минерал и его название утверждены Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной Минералогической Ассоциации 21 апреля 1979 г.

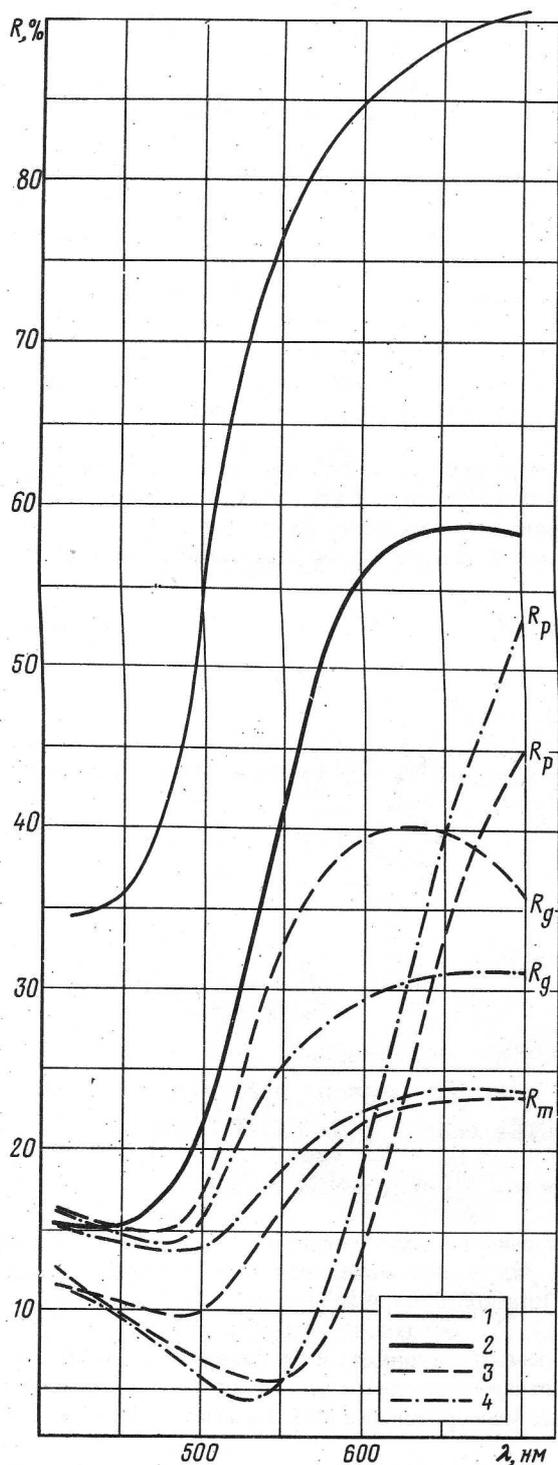


Рис. 1. Спектры отражения в интервале видимой области высокопробного золота (1), безмертновита (2), богдановита (3) и билибинскита (4)

Безмертновит наблюдается исключительно в рудной зоне цементации в тесной ассоциации с билибинскитом и теллуритами Cu-Pb и Cu-Fe-Pb, реже с гипергенным медистым золотом или в виде кайм вокруг зерен гипогенного самородного золота. Выделения безмертновита чаще удлиненные, уплощенно-пластинчатой формы, реже это неправильные ксеноморфные зерна, размером до  $0,2 \times 0,05$  мм.

В отраженном свете безмертновит несколько похож на золото и легко обнаруживается среди риккардитоподобных минералов — билибинскита и других: он самый светлый по общему уровню отражения (рис. 1), имеет насыщенный желтый, оранжево-желтый (апельсиновый) цвет; по тональности безмертновит близок к золоту, от которого отличается более высокой чистотой цвета  $p$ : у золота  $p = 48\%$  ( $\lambda = 577$  нм), у безмертновита  $p = 62\%$  (!) ( $\lambda = 582$  нм). По чрезвычайно высокой насыщенности цвета безмертновит резко выделяется среди всех известных рудных минералов (3). Двуотражения не наблюдалось. В скрещенных николях слабо анизотропен в нейтральных, серых тонах. Кривая дисперсии  $R$  безмертновита по профилю похожа на спектральную кривую золота, но абсолютные значения  $R$  в диапазоне видимого спектра значительно (на 20–40%) ниже (рис. 1). Величины отражения безмертновита (обр. 6, К-1)  $R$  (%): 15,1 (420 нм); 15,1 (440); 15,7 (460); 17,5 (480); 21,2 (500); 29,0 (520); 37,5 (540); 45,6 (560); 52,4 (580); 55,7 (600); 57,4 (620); 58,3 (640); 58,7 (660); 58,6 (680); 58,2 (700 нм) (измерено

Таблица 1

Химический состав безсмертновита (вес.%)

Компо- нент	К-1				К-3		К-4	Сред- ний сос- тав
	1	1а	6	7	4	4/1	5к	
Au	73,4	73,3	72,6	72,7	71,2	75,0	68,0	72,3
Ag	4,18	4,17	4,05	4,06	3,34	3,36	3,21	3,77
Cu	6,06	6,05	6,28	6,29	6,81	4,58	7,82	6,27
Fe	0,93	0,92	0,92	0,92	0,55	0,56	0,27	0,72
Pb	7,61	7,60	9,54	7,53	9,44	9,35	11,6	8,95
Te	7,48	7,04	7,15	7,16	6,93	6,96	7,41	7,16
Сумма	99,6	99,1	100,5	98,7	98,3	99,8	100,4	99,2
Формульные единицы в расчете на 11 атомов								
Au	6,62	6,66	6,51	6,60	6,53	7,06	6,23	6,59
Ag	0,68	0,69	0,66	0,67	0,56	0,58	0,53	0,62
Cu	1,70	1,70	1,74	1,78	1,93	1,33	2,15	1,77
Fe	0,30	0,30	0,29	0,29	0,18	0,18	0,08	0,23
Pb	0,66	0,66	0,81	0,65	0,82	0,84	0,98	0,78
Te	1,04	0,99	0,99	1,01	0,98	1,01	1,03	1,01
Формульные единицы в расчете на 6 атомов								
Au	3,61	3,63	3,55	3,60	3,56	3,84	3,41	3,59
Ag	0,37	0,38	0,36	0,37	0,31	0,32	0,29	0,34
Cu	0,93	0,93	0,95	0,97	1,05	0,73	1,17	0,97
Fe	0,16	0,16	0,16	0,15	0,10	0,10	0,04	0,12
Te	0,57	0,54	0,54	0,55	0,53	0,55	0,56	0,55
Pb	0,36	0,36	0,44	0,36	0,45	0,46	0,53	0,43

Примечание. Анализы выполнены с помощью электронного микрозонда JXA-5; анализ Э.М. Спиридонов.

Т.Н. Чвилёвой на микроспектрорефлектометре "Блеск", эталон — металлический кремний).

Химический состав безсмертновита определен с помощью рентгеноспектрального микроанализатора JXA-5 при ускоряющем напряжении 25 кВ. Минерал устойчив под электронным пучком. Эталонами при анализаторе служили чистые золото и серебро, химически анализированные халькопирит и алтаит, использовались аналитические линии  $AuL_{\alpha}$ ,  $AgL_{\alpha}$ ,  $CuK_{\alpha}$ ,  $FeK_{\alpha}$ ,  $PbL_{\alpha}$ ,  $TeL_{\alpha}$ . Количество измерений на одном образце 7–9 для каждого элемента. Состав рассчитан с учетом массовых коэффициентов поглощения Хейнриха, с введением поправок на поглощение, атомный номер, флуоресценцию. Расчет выполнен методом последовательных приближений (3–5 итераций) по программе "Карат" Вычислительного центра СО АН СССР (\*). Изучение на микрозонде показало, что состав безсмертновита (табл. 1) довольно устойчив: средние значения коэффициентов вариации (%) измеренных интенсивностей на образцах минерала: Au 1,2; Ag 2,9; Cu 3,0; Fe 2,5; Pb 2,4; Te 2,7. Кроме того, однородность зерен по составу установлена по растровым изображениям (при увеличении 1200) распределения Au, Cu, Pb, Te и по концентрационным профилям те же элементов.

Средний химический состав безсмертновита из 7 образцов приведен в табл. 1. Отношение атомных количеств  $(Au + Ag + Cu + Fe + Pb):Te = 9,92$ , отношение атомных количеств  $(Au + Ag + Cu + Fe):(Te + Pb) = 5,12$ , т.е. состав безсмертновита отвечает  $Me_{10}Te$  или  $Me_5(Te, Pb)$ . Результаты пересчета анализов приведены в

Т а б л и ц а 2  
Рентгенограмма безсмертновита, обр. № 6, К-1 ( $\alpha$ -Fe)

$I$	$d_{\alpha \text{ изм.}}, \text{ \AA}$	$hkl$	$d_{\text{расч.}}, \text{ \AA}$	$I$	$d_{\alpha \text{ изм.}}, \text{ \AA}$	$hkl$	$d_{\text{расч.}}, \text{ \AA}$
7	3,30	312	3,292	1-2	1,307	14.8.1	1,309
		411	3,284			18.0.3, 11.0.10	1,307
						332, 431, 12.2.5, 17.0.5	1,306
1	3,03	511	3,043	1-2	1,286	10.2.7	1,288
		800	3,032			333. 7.1.11	1,296
8	2,61	710	2,626	2	1,220	6.1.12	1,222
10	2,33 <sub>5</sub>	614	2,333			13.2.6	1,221
						733, 18.1.4	1,219
0,5-1	2,02	215	2,332	2-3	1,203	15.0.9, 15.2.4, 17.1.6	1,204
		12.0.0	2,021			10.1.11, 19.1.2	1,203
		806	2,018			036, 7.1.12, 929	1,202
8-9	1,744	11.1.4	1,746	4	1,144	535, 930	1,201
		720	1,741			15.0, 10	1,145
1	1,658	11.1.5	1,661			9.2.10	1,144
0,5-1	1,572	13.1.2, 723	1,657	2-3	1,055	6.1.13, 11.3.1, 15.2.5, 21.0.2	1,143
		625	1,575			12.1.11, 14.2.7	1,142
		11.1.6	1,573			11.0.13	1,086
1	1,480	14.1.4	1,481	3	1,085	4.1.14	1,085
		11.2.1	1,480				
		6.1.10	1,479				
3	1,427	14.1.5	1,429	4	1,073	6.1.14	1,074
		17.0.0	1,427			16.2.7	1,073
		128, 12.2.0	1,426			639	1,072
4	1,405	826, 12.1.7	1,425	2-3	1,055	17.0.10	1,071
		628, 15.1.4	1,407			4.0.15	1,055 <sub>5</sub>
		12.2.2, 17.0.2	1,405			23.0.0	1,054 <sub>5</sub>
		919	1,404				

Примечание. Условия съемки РКД-57,3 мм, Fe-анткатод, 35 кВ, 16 мА, образец "резинный шарик"  $d \sim 0,2$  мм; съемка выполнена Т.Л. Евстигнеевой. Аналитик Э.М. Спиридонов.

табл. 1. В расчете на 11 атомов ( $\text{Me}_{10}\text{Te}$ ) средний состав минерала отвечает формуле  $(\text{Au}_{6,59}\text{Ag}_{0,62})_{7,21}(\text{Cu}_{1,77}\text{Fe}_{0,23})_{2,00}\text{Pb}_{0,78}\text{Te}_{1,01}$  или  $\text{Au}_7\text{Cu}_2\text{PbTe}$ , в расчете на 6 атомов ( $\text{Me}_5(\text{Te}, \text{Pb})$ ) —  $(\text{Au}_{3,59}\text{Ag}_{0,34})_{3,93}(\text{Cu}_{0,97}\text{Fe}_{0,12})_{1,09}(\text{Te}_{0,55}\text{Pb}_{0,43})$  или  $\text{Au}_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$ . Для многих интерметаллических соединений характерен изоморфизм Te и Pb, поэтому второй вариант формулы безсмертновита предпочтительнее, что согласуется и с рентгенометрическими данными. Таким образом, безсмертновит является плюмботеллуридом золота и меди.

Безсмертновит по составу ( $\text{Au}:(\text{Te}, \text{Pb}) = 4; \text{Au}:\text{Cu} = 4$ ) отличается от описанных ранее в сходной ассоциации билибинскита ( $\text{Au}:(\text{Te}, \text{Pb}) = 1; \text{Au}:\text{Cu} = 5:3$ ) и богдановита ( $\text{Au}:(\text{Te}, \text{Pb}) = 5:2; \text{Au}:\text{Cu} = 5:3$ ).

Рентгенограмма порошка безсмертновита, исправленная по особому снимку с NaCl, приведена в табл. 2. Интенсивности оценивались визуально по 10-балльной шкале. Рентгенограмма содержит около 20 отражений, сильнейшие из них: 3,30 Å (7) — 2,61 (8) — 2,33<sub>5</sub> (10) — 1,744 (8-9). Рентгеновская картина безсмертновита индивидуальна, имеет лишь небольшое сходство с рентгенограммой золота. Особенностью рентгенограммы является наличие целого ряда двойных отражений:

1,427–1,405; 1,220–1,203 Å и др. По характеру рентгенограммы безсмертновит  $Au_4Cu(Te, Pb)$  близок к сплаву  $Au_4Zn$  <sup>(5)</sup>, у которого аналогичное (4:1) соотношение атомов металлов различного типа. Индексирование рентгенограммы минерала проведено по аналогии с  $Au_4Zn$  (табл. 2). На основании этих данных полагаем, что безсмертновит представляет сверхструктуру внедрения [Te, Pb] на основе ромбически искаженной г.д.к. псевдоячейки, где  $a = 6a_0$ ,  $b = b_0$ ,  $c = 4c_0$  <sup>(5)</sup>. Очевидно, этим объясняется некоторое сходство рентгенограмм безсмертновита и золота. Параметры (Å) ромбической ячейки безсмертновита:  $a = 24,21_5$  ( $a_0 = 4,036$ ),  $b = b_0 = 4,025$ ,  $c = 16,24_5$  ( $c_0 = 4,061$ ). Рентгеновская плотность минерала  $16,3 \text{ гс/см}^3$ .

Микротвердость безсмертновита варьирует от 310 до 374, в среднем  $353 \text{ кгс/мм}^2$  (9 замеров) при нагрузке 10 гс; от 343 до 370, в среднем  $360 \text{ кгс/мм}^2$  (6 замеров) при нагрузке 20 гс (измерено Н.Ф. Соколовой на ПМТ-3, прибор тарирован по NaCl,  $H_{NaCl} = 21 \text{ кгс/мм}^2$  при  $P = 5 \text{ гс}$ ). Твердость безсмертновита заметно выше, чем богдановита ( $257\text{--}321 \text{ кгс/мм}^2$ ) <sup>(2)</sup> и ниже, чем билибинскита ( $381 \text{ кгс/мм}^2$ ) <sup>(1)</sup>. На некоторых сечениях безсмертновита обнаружена анизотропия микротвердости  $K = 1,15$ . Относительный рельеф безсмертновита заметно выше, чем у золота. Спайность отсутствует. В отличие от золота безсмертновит полируется хорошо, без царапин.

Полированные шлифы с безсмертновитом находятся в Минералогическом музее АН СССР и кабинете минераграфии Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов.

Авторы признательны за помощь в проведении исследований Т.Л. Евстигневой и Н.Ф. Соколовой.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов, Москва

Поступило  
30 V 1979

#### ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Э.М. Спиридонов, М.С. Безсмертная и др., Зап. Всесоюз. мин. общ-ва, в. 3–4 (1978).  
<sup>2</sup> Э.М. Спиридонов, Т.Н. Чвилёва, Вестн. МГУ, сер. геол., № 1 (1979). <sup>3</sup> Т.Н. Чвилёва, В.Е. Клейнбок, М.С. Безсмертная, Цвет рудных минералов в отраженном свете, М., "Недра", 1977. <sup>4</sup> Г.В. Бердичевский, Ю.Г. Лагунтьев, Л.И. Чернявский, Геол. и геофиз., № 3 (1977).  
<sup>5</sup> H. Jwasaki, J.Phys.Soc.Japan., v. 17 (1962).

УДК 549.651.1 (470.5)

МИНЕРАЛОГИЯ

Т.И. ШИРОБОКОВА, Г.В. ПАЛЬГУЕВА, Н.Н. ДУРНЕВА, Л.И. ИЛЬСОВА

#### О НАХОДКЕ КИМРИТА НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

(Представлено академиком Д.С. Коржинским 21 VI 1979)

Кимрит найден на Полярном Урале при изучении Саурейского полиметаллического месторождения, залегающего в осадочных породах ордовика и обладающего чертами месторождений стратиформного типа <sup>(1, 2)</sup>. Он обнаружен в пределах зоны развития сульфидной минерализации и встречается главным образом в составе полосчатых разновидностей руд. Рудная минерализация в этих разновидностях образует тонкие полоски из сульфидов, которые чередуются с безрудной кварцито-