

уртитов Хибин может проявляться в технологических процессах, особенно при обогащении руд месторождений, расположенных на флангах ийолит-уртитовой дуги, где заметно повышается содержание стронция в апатитах, а процессы перекристаллизации максимальны.

Московский геологический институт
им. Серго Орджоникидзе

Поступило
10 I 1980

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С.М. Кравченко, Д.А. Минеев, А.Ю. Беляков, XI Съезд ММА, тез. докл. т. 1, 1978.
² С.М. Кравченко, Д.А. Минеев и др., Геохимия, № 7 (1979). ³ Б.П. Романичев, Л.Н. Когарко и др., Тр. Минералогич. музея, в. 24 (1975). ⁴ Е.А. Каменев, Матер. по минералогии Кольского полуострова в. 6, 1968. ⁵ Минералогия Хибинского массива, т. 2, "Недра", 1978.
⁶ Р.Г. Кнубовец, Б.М. Масленников, ДАН, т. 164, № 2 (1965). ⁷ О.Б. Дудкин, В кн.: Типоморфизм минералов и его практическое значение, "Недра", 1972.

УДК 549.74 + 553.068.41 (57)

МИНЕРАЛОГИЯ

Э.М. СПИРИДОНОВ

БАЛЯКИНИТ CuTeO_3 — НОВЫЙ МИНЕРАЛ * ИЗ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ

(Представлено академиком Н.В. Беловым 4 III 1980)

В зоне окисления малосульфидных месторождений Пионерское (Восточные Саяны) и Агинское (Центральная Камчатка), первичные руды которых содержат заметное количество минералов меди (халькопирит, тетраэдрит) и теллура (алтаит и другие), нами установлен теллурид меди CuTeO_3 в ассоциации с теллуридом TeO_2 , двойными теллуридами меди и свинца $\text{CuPb}(\text{TeO}_3)_2$ и $\text{CuPb}(\text{TeO}_3)\text{O}$ (табл. 1), с билибинским (1) и медистым богдановитом (2). Эти минералы слагают прожилки в агрегатах тетраэдрита, халькопирита и теллуридов, а также псевдоморфозы по гипогенным минералам. Теллурид меди, кроме того, выполняет тонкие трещины в жильном кварце.

Природный теллурид меди назван балякинитом (balyakinite) в честь замечательного педагога Т.С. Балякиной, которая воспитала многие поколения геологов в стенах Московского университета.

Выделения балякинита представляют сростки различно ориентированных зерен, изредка наблюдаются мельчайшие короткопризматические кристаллы; размер сростков достигает 0,5 мм. Минерал полупрозрачный, серовато-зеленого или синевато-зеленого цвета, нередко голубоватый или светло-синий, что обусловлено наличием массы тончайших вростков теинейита, замещающего балякинит. Цвет черты бледный голубовато-зеленый. В проходящем свете слабо плеохроирует в зеленоватых тонах, $n_g = 2,22$, $n_p = 2,11$, $n_m = 2,18$, $2V = +80^\circ$, оптическая ориентировка — $Ng = c$, $Nm = b$, $Np = a$. В отраженном свете балякинит серый и голубовато-серый, слабо анизотропный. Твердость по микровдавливанию составляет 80–125, в среднем 105 кгс/мм² (6 измерений, ПМТ-3 тарирован по NaCl, $P = 10$ гс). Спайность не наблюдалась. Плотность 5,6 кг/см³ (20 °С).

* Минерал и его название утверждены КНМ ВМО СССР 7 X 1979 г. и КНМ Международной Минералогической Ассоциации 7 III 1980 г.

Таблица 1

Химический состав баякинита и ассоциирующих минералов зоны окисления Пионерского и Агинского месторождений, мас. %

Компонент	Баякинит CuTeO ₃ (3)	Теллурит TeO ₂ (2)	CuPb(TeO ₃) ₂ (2)	CuPb(TeO ₃)O (2)
Cu	26,7 ± 0,3	Следы	11,58	14,24
Fe	0,06 ± 0,03	Следы	0,08	0,09
Ag	0,24 ± 0,06	Следы	0,27	1,21
Pb	0,58 ± 0,09	2,03	33,7	41,1
Te	54,0 ± 0,9	79,6	39,3	29,2
Se	0,02 ± 0,01	0,02	Не опр.	0,32
S	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,74
Sb	0,94 ± 0,17	0,87	1,07	Не опр.
O	19,5 ± 0,4	20,0	15,0	14,0
Сумма	102,0	102,5	99,9	100,9

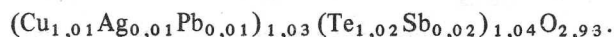
Примечание. Анализы выполнены с помощью электронного микрозонда "Camebax". В скобках -- число анализов, аналитик Э.М. Спиридонов.

Таблица 2

Рентгенограммы баякинита и синтетического CuTeO₃ (*) (λ Cu)

Баякинит		Синтетический CuTeO ₃			Баякинит		Синтетический CuTeO ₃				
<i>I</i>	<i>d</i> , нм ⁻¹	<i>I</i>	<i>d</i> _{эксп.} , нм ⁻¹	<i>hkl</i>	<i>d</i> _{расч.} , нм ⁻¹	<i>I</i>	<i>d</i> , нм ⁻¹	<i>I</i>	<i>d</i> _{эксп.} , нм ⁻¹	<i>hkl</i>	<i>d</i> _{расч.} , нм ⁻¹
—	—	1	6,34	002	6,35	—	—	1	2,18 _s	312	2,183
—	—	1	5,30	011	5,30	—	—	1	2,14 _s	024	2,149
—	—	1	4,87	102	4,88	0,5-1	2,04	1	2,04	313	2,038
4	4,34	4	4,35	111	4,35	—	—	1	1,990	016	1,9906
—	—	1	4,29	012	4,30	1	1,987	1	1,985	215	1,9865
—	—	1	3,80 _s	200	3,80 ₂	0,5-1	1,925	1	1,926	116	1,9257
—	—	1	3,73 _s	112	3,74 ₂	—	—	1	1,916	025	1,9165
—	—	1	3,63 _s	201	3,64 ₂	1	1,902	1	1,901	400	1,9009
3	3,43	3	3,42 _s	013	3,42 _s	—	—	1	1,890	321	1,8923
—	—	1	3,26	202	3,26 ₂	—	—	1	1,883	130	1,8849
4	3,18	4	3,17 _s	004	3,17 _s	—	—	1	1,875	314	1,8760
—	—	1	3,12 _s	113	3,12 _s	—	—	1	1,859	125	1,8583
5	3,09	6	3,09	211	3,09 ₀	—	—	1	1,850	206	1,8500
3	2,93	3	2,93	104	2,931	—	—	1	1,831 _s	322	1,8323
—	—	1	2,91 _s	020	2,919	—	—	1	1,805 _s	132	1,8071
10	2,85	10	2,84 _s	212	2,848	—	—	1	1,789	411	1,7894
8	2,84	8	2,84	021	2,844	—	—	1	1,766 _s	107	1,7655
—	—	1	2,78 _s	014	2,790	1	1,762	1	1,763 _s	216	1,7635
—	—	1	2,66	121	2,664	—	—	1	1,741 _s	323	1,7439
0,5-1	2,64	1	2,65	022	2,652	—	—	1	1,738 _s	412	1,7385
—	—	1	2,62	114	2,619	0,5-1	1,735	1	1,732 _s	017	1,7335
—	—	1	2,54 _s	213	2,546	—	—	1	1,720	133	1,7220
1	2,52	1	2,50 _s	122	2,504	3-4	1,716	4	1,716	231	1,7161
0,5-1	2,42	1	2,43 _s	204	2,438	5	1,711	6	1,711 _s	225	1,7113
—	—	1	2,40	023	2,403	0,5-1	1,690	1	1,690 _s	117	1,6899
—	—	1	2,35 _s	302	2,354	—	—	1	1,670	232	1,6710
—	—	1	2,33	015	2,330	—	—	1	1,662 _s	413	1,6624
3-4	2,28	3	2,28	221	2,278	1	1,630	1	1,631	404	1,6311
1	2,21	1	2,22 _s	115	2,228	—	—	1	1,624 _s	306	1,6250
—	—	—	—	—	—	1-2	1,588	—	—	008	—

Химический состав баякинита и ассоциирующих минералов определен с помощью электронного микроанализатора "Camebax" при ускоряющем напряжении 20 кВ. Эталонами при анализе служили химически анализированные куприт (для Cu и O), валентинит (для Sb), клаусталит (для Se), ангидрит (для S), синтетические TeO₂ (для Te и O), серебро; использовались аналитические линии Cu_{Kα}, Fe_{Kα}, Ag_{Lα}, Pb_{Mα}, Te_{Lα}, Se_{Lα}, S_{Kα}, Sb_{Lα}, O_{Kα}. Исследованные минералы устойчивы под электронным пучком. Химический состав минералов рассчитан методом последовательных приближений (4–6 итераций) по программе "Карат" (3) с введением поправок на поглощение, атомный номер и на флюоресценцию. Результаты анализов приведены в табл. 1. Изучение на микрозонде показало, что состав баякинита устойчив, заметно варьируют лишь концентрации элементов-примесей Fe, Ag, Pb. Химический состав минерала близок к теоретическому CuTeO₃: Cu 26,57, Te 53,36, O 20,07%. Эмпирическая формула баякинита, рассчитанная на основе пяти атомов,



Рентгенограмма баякинита (табл. 2) идентична рентгенограмме синтетического CuTeO₃ (4), ромбического *Ptсп* (4,5) с параметрами элементарной ячейки: $a = 7,604 \pm 0,006 \text{ нм}^{-1}$, $b = 5,837 \pm 0,004$, $c = 12,705 \pm 0,006$, $Z = 8$. Рентгенограмма порошка баякинита снята в камере РКД 57,3 мм, Cu-антикатод, Ni-фильтр, образец "резиновый шарик", d около 0,2 мм, рентгенограмма исправлена по особому снимку с NaCl, интенсивности оценены визуально по 10-балльной шкале. Наиболее сильные отражения в рентгенограмме: $4,34 \text{ нм}^{-1}$ (4) (111) – $3,43$ (3) (013) – $3,18$ (4) (004) – $3,09$ (5) (211) – $2,93$ (3) (104) – $2,85$ (10) (212) – $2,84$ (8) (021) – $2,28$ (3–4) (221) – $1,716$ (3–4) (231) – $1,711$ (5) (225). Параметры элементарной ячейки баякинита, рассчитанные методом наименьших квадратов, $a = 7,60_2$, $b = 5,83_9$, $c = 12,69_7 \text{ нм}^{-1}$, $Z = 8$, рентгеновская плотность равна $5,64 \text{ гс/см}^3$. Кристаллическая структура теллурида меди, по данным О. Линдквиста (5), Е. Филиппа и М. Морина (6), построена из пирамид CuO₅ и групп Te₂O₆, образующих трехмерный каркас. Расстояния Cu–O для четырех атомов кислорода составляют $1,94$ – $1,98 \text{ нм}^{-1}$, для пятого $2,38 \text{ нм}^{-1}$. Каждый из двух атомов теллура окружен тремя атомами кислорода (уплощенная тригональная призма с атомом теллура в вершине), расстояния Te–O равны $1,86$ – $1,96 \text{ нм}^{-1}$; возле одного из двух структурно не эквивалентных атомов теллура находится еще один атом кислорода на расстоянии $2,32 \text{ нм}^{-1}$; группы TeO₃ и TeO₄ соединены через общий атом кислорода, образуя структурную единицу Te₂O₆.

Баякинит устойчив в нижней части зоны окисления, где развиты безводные теллуриды, теллурит TeO₂ и гипергенные теллуриды – плюмботеллуриды (1,2). В верхней части зоны окисления баякинит замещается тейнейитом Cu(Te, S)O₃ · 2H₂O; тейнейит диагностирован оптически и рентгенометрически.

Образцы баякинита находятся в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана АН СССР.

Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

Поступило
17 IV 1980

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Э.М. Спиридонов, М.С. Безмертная и др. Зап. Всесоюз. мин. общ-ва, в. 3–4 (1978).
² Э.М. Спиридонов, Т.Н. Чвилева, Вестн. МГУ, сер. геол., № 1 (1979). ³ Г.В. Бердичевский, Л.И. Чернявский, Ю.Г. Лаврентьев, Геол. и геофиз., № 3 (1977). ⁴ I. Moret, E. Philippot, M. Maurin, C.R., v. 269, Ser. C (1969). ⁵ O. Lindqvist, Acta chem. scand., v. 26, № 4 (1972). ⁶ E. Philippot, M. Maurin, Rev. chim. mineral., v. 13, № 2 (1976).