

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549.752.32 : 552.322.2

© 1992 г.

Д. чл. И. С. ПЕРЕТЯЖКО, д. чл. В. Е. ЗАГОРСКИЙ, д. чл. А. Н. САПОЖНИКОВ,  
Ю. Д. БОБРОВ, д. чл. А. Д. РАКЧЕЕВ**ВИСМУТОКОЛУМБИТ  $\text{Bi}(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4$  — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ  
МИАРОЛОВЫХ ПЕГМАТИТОВ<sup>1</sup>**

Одной из характерных особенностей миароловых пегматитов Малханского поля (Центральное Забайкалье) — крупнейшего в нашей стране источника коллекционного и ювелирного турмалина — является обогащенность их висмутом, что выражается в развитии разнообразной висмутовой минерализации в пегматитах и образовании широких первичных ореолов рассеяния висмута во вмещающих породах (Загорский, Перетяжко, 1991). В поздних около-миароловых турмалино-лепидолито-альбитовых комплексах содержится до 300 г/т  $\text{Bi}$ , а в эльбаитовых турмалинах из миарол его содержания достигают 0.5 мас. % (Перетяжко и др., 1989). В пегматитах встречаются самородный висмут, бисмутит, висмутин, а также присутствуют редкие висмутовые разновидности танталониобатов — висмутотанталит, висмутомикролит и другие. К числу этих минералов относится и ранее неизвестный в природе висмутоколумбит, обнаруженный авторами в жиле Данбуритовой.

Жила длиной 50 м имеет линзообразную форму с максимальной мощностью в раздуве 4 м. Непосредственно на контакте с вмещающими метагабброидами в ней развита прерывистая мелко-среднезернистая кварцево-олигоклазовая оторочка мощностью 1—3 см. За ней следует зона кварцево-олигоклазового грубографического, участками мелкопегматоидного пегматита мощностью до 1 м, а центральная зона представлена кварцево-калишпатовым пегматитом графической, неяснографической, реже мелкоблоковой структуры.

В центре последней зоны вскрыты три небольшие щелевидные миаролы с кристаллами полевых шпатов, дымчатого кварца, мориона и полихромного турмалина на стенках. Миаролы почти нацело заполнены рыхлым материалом с многочисленными обломками кварца, калишпата, клевеландита, кристаллами и обломками кристаллов полихромного турмалина и бесцветного, иногда с бледно-зеленоватым оттенком данбурита. Из рудных минералов присутствуют касситерит и богатый висмутом микролит.

В материале заполнения одной из миарол обнаружены вытянутые призматические кристаллы и обломки кристаллов черного цвета с хорошо развитой ромбической призмой  $\{h0l\}$  и грубой перпендикулярной удлинению штриховкой на ее гранях. Некоторые кристаллы двухголовчатые с развитыми гра-

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 2 октября 1990 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 26 апреля 1991 г.

нями  $\{hko\}$ . Размер кристаллов достигает 1—2 мм по удлинению и 0.5—1 мм в поперечном сечении. Иногда этот минерал образует сростки с мелкими кристаллами эльбанита и данбурита. Твердость минерала по шкале Мооса около 5.5. Спайность совершенная по (001), излом раковистый, блеск полуметаллический, черта бурая. Просвечивает в сколах меньше 0.03 мм. Цвет в проходящем свете бурый, до светло-коричневого.

Результаты рентгенометрического и микронзондовых анализов показали, что минерал является ортониобо-танталатом висмута (стибиоколумбитовый структурный тип; Горжевская и др., 1974) и описывается общей структурной формулой  $ABO_4$ , где А — Bi, Sb, В — Ta, Nb.

Из висмутовых разновидностей в этом структурном типе в природе был известен лишь висмутотанталит. Висмутотанталит является редким минералом. Он встречается в пегматитах Уганды (Wayland, Spencer, 1929), в олововольфрамовых россыпях Бразилии (Frenzel, 1955), в пегматитах Муяне, Мозамбик (Neves e. a., 1974) и в пегматитах Кёктогая, Китай (Волошин и др., 1983). Авторами зерна висмута-танталита неправильной формы светло-серого цвета обнаружены также и в миароловых пегматитах Малханского поля, что является первой находкой этого минерала в России. Он имеет следующий состав (мас. %):  $Ta_2O_5$  43.62,  $Nb_2O_5$  4.20,  $SnO_2$  0.33,  $PbO$  0.14,  $TiO_2$  0.14,  $Bi_2O_3$  50.67,  $Sb_2O_3$  1.27. Сумма 100.37 (Загорский, Перетяжко, 1991).

Обычно в висмутотанталитах присутствует незначительное количество Nb (до 5—8 мас. %  $Nb_2O_5$ ). В работе Е. Дж. Вэйланда и Л. Дж. Спенсера (Wayland, Spencer, 1929) приводится состав висмутотанталита с максимальным из имеющихся в литературе содержанием  $Nb_2O_5$  14.75 мас. %, что составляет 30 ат. % в позиции В. Однако сами авторы отмечают, что в изученном ими образце содержалось большое количество примесей других минералов.

По данным микронзондовых анализов нового минерала, содержание  $Nb_2O_5$  в нем варьирует от 24 до 29 мас. % (табл. 1), что составляет 73—84 ат. % Nb в позиции В. Таким образом, минерал приближается по составу к конечному члену  $BiNbO_4$  и по аналогии с минералами ряда стибиотанталит—стибиоколумбит при доле Nb в позиции В более 50 ат. % должен называться в и с м у т о к о л у м б и т о м.

Т а б л и ц а 1

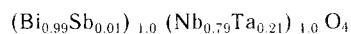
**Химический состав и кристаллохимические коэффициенты висмутоколумбита**

Chemical composition and crystallochemical coefficients bismutocolumbite

Компонент	Среднее содержание	Стандартное отклонение	Минимальное содержание	Максимальное содержание	Коэффициент асимметрии	Коэффициент эксцесса
$Ta_2O_5$	11.67	1.64	9.18	15.22	0.74	—0.40
$Nb_2O_5$	27.03	1.26	24.29	29.11	—0.58	—0.62
$SnO_2$	0.08	0.06	0.0	0.20	0.36	—0.64
$TiO_2$	0.06	0.04	0.0	0.12	—0.35	—0.83
$PbO$	0.13	0.08	0.0	0.27	—0.08	—0.56
$Bi_2O_3$	59.85	0.53	58.37	60.69	—0.74	0.66
$Sb_2O_3$	0.28	0.09	0.14	0.58	1.33	2.93

С у м м а 99.10

Кристаллохимическая формула  $O=4$



П р и м е ч а н и е. Средний химический состав висмутоколумбита рассчитан по 24 анализам (12 зерен). Условия микронзондового анализа: микроанализатор ICXA-733, ускоряющее напряжение 30 кВ, ток зонда 20 нА, диаметр зонда 10 мкм; аналитические линии: для Ta, Nb, Bi, Sb, Rb —  $L_{\alpha_1}$ , для Ti —  $K_{\alpha_1}$ ; эталоны: для Ta, Nb — металлы, Bi — висмутин, Sb — антимонит, Pb — галенит, Ti — рутил. Пересчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен на мини-ЭВМ PDP-11/04 по оригинальной программе (Бобров, Пискунова, 1986). Ошибка определения для всех элементов 2—4 отн. %.

Таблица 2

Результаты расчета рентгенограмм висмутоколумбита и синтетических соединений  
BiNbO<sub>4</sub>, BiTaO<sub>4</sub>

Calculation data for X-ray testing of bismutocolumbite and synthetic compounds  
BiNbO<sub>4</sub>, BiTaO<sub>4</sub>

Висмутоколумбит				BiNbO <sub>4</sub> (ASTM, 16-295)			BiTaO <sub>4</sub> (ASTM, 16-909)		
<i>l</i>	<i>d</i> <sub>эксп</sub> (Å)	<i>d</i> <sub>расч</sub> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>	<i>l</i>	<i>d</i> (Å)	<i>hkl</i>
15	5.91	5.86	020	12	5.84	0.20	<1	5.88	020
10	4.60	4.59	110	8	4.58	110	4	4.56	110
35	3.751	3.749	101	20	3.74	101	4	3.72	101
35	3.576	3.571	111	16	3.56	111	25	3.54	111
100	3.164	3.159	121	100	3.15	121	100	3.14	121
10	3.083	3.078	130	8	3.07	130	4	3.07	130
—	—	—	—	—	—	—	2	3.01	202
90	2.934	2.933	040	40	2.924	040	35	2.938	040
45	2.842	2.838	002	25	2.838	0.02	12	2.814	002
15	2.761	2.759	012	8	2.758	012	12	2.738	012
10	2.709	2.706	131	4	2.700	131	10	2.698	131
25	2.556	2.555	022	20	2.553	022	10	2.540	022
45	2.495	2.496	200	20	2.490	200	20	2.477	200
—	—	—	—	2	2.412	112	<1	2.398	112
35	2.308	2.310	141	20	2.305	141	4	2.306	141
—	—	—	—	8	2.294	032	6	2.287	032, 220
—	—	—	—	10	2.292	220	—	—	—
10	2.278	2.274	122	4	2.272	122	2	2.261	122
15	2.242	2.243	211	6	2.238	211	2	2.227	211
—	—	—	—	2	2.123	221	—	—	—
3	2.085	2.087	132	4	2.085	132	2	2.076	132
35	2.040	2.040	042	25	2.037	042	14	2.034	042
5	1.990	1.989	151	4	1.985	151	6	1.989	151
5	1.971	1.973	231	6	1.969	231	4	1.963	231
5	1.955	1.955	060	2	1.949	060	2	1.960	060
40	1.899	1.901	240	25	1.897	240	25	1.895	240
40	1.871	{ 1.874	202	18	1.872	202	10	1.861	202
—	—	{ 1.868	013	—	—	—	—	—	—
25	1.849	{ 1.851	212	8	1.849	212	12	1.837	212
—	—	{ 1.849	061	—	—	—	—	—	—
5	1.804	1.802	241	4	1.807	052	6	1.805	052
40	1.784	1.785	222	14	1.780	222	8	1.774	222
45	1.769	1.769	103	14	1.769	103	14	1.756	103
20	1.749	1.750	113	4	1.749	113	—	—	—
80	1.734	1.734	161	35	1.730	161	30	1.734	161
—	—	—	—	4	1.697	152	2	1.696	152
30	1.693	1.694	123	16	1.693	123	10	1.681	232, 123
35	1.688	1.690	232	10	1.688	232	—	—	—
5	1.644	1.647	310	4	1.643	310	2	1.636	310
5	1.635	1.637	251	4	1.634	251	2	1.633	251
15	1.611	{ 1.612	133	6	1.611	133	4	1.609	062
—	—	{ 1.610	062	8	1.608	062	6	1.603	133
35	1.578	1.579	242	—	—	—	10	1.572	242
40	1.538	1.539	260	—	—	—	20	1.531	321
25	1.514	1.515	143	—	—	—	12	1.508	143
3	1.495	1.496	213	—	—	—	—	—	—
20	1.467	1.466	080	—	—	—	—	—	—

Параметры элементарной ячейки

$$a=4.992(3)$$

$$b=11.731(5)$$

$$c=5.677(3)$$

$$a=4.980$$

$$b=11.709$$

$$c=5.675$$

$$a=4.957$$

$$b=11.763$$

$$c=5.633$$

Примечание. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-3, Си-излучение, Ni-фильтр, внутренний стандарт — CaF<sub>2</sub>.

Таблица 3

Оптические константы висмутоколумбита по данным эллипсометрии ( $\lambda=579$  нм)  
 Optical constants of bismutocolumbite according to ellipsometry data ( $\lambda=579$  nm)

Оптическая ориентировка	$\bar{\varphi}$	$2\bar{\Psi}$	$n$	$\kappa$	$k$	$R, \%$
$Ng$ (8)	$68^{\circ}00'$	$3^{\circ}48'$	2.47	0.06	0.14	18.1
$Nm$ (4)	$67^{\circ}34'$	$4^{\circ}18'$	2.42	0.07	0.16	17.4
$Np$ (6)	$67^{\circ}10'$	$3^{\circ}28'$	2.38	0.05	0.12	16.7

Примечание. Оптическая ориентировка:  $Np=a$ ,  $Nm=c$ ,  $Ng=b$ .  $\varphi$  — главный угол падения,  $\Psi$  — главный азимут восстановленной линейной поляризации,  $n$  — показатель преломления,  $\kappa$  — показатель поглощения,  $k$  — коэффициент экстинкции (затухания),  $R$  — отражение. В скобках — число определений констант. Ошибка определения показателей преломления  $\pm 0.02$ . Источник света — монохроматор ЗМР-2.

Порошковая дифрактограмма висмутоколумбита близка рентгенограммам синтетических соединений  $\text{BiTaO}_4$  и  $\text{BiNbO}_4$  (табл. 2). Монокристалльное изучение его не проводилось. Дифрактограмма проиндицирована по аналогии с рентгеновскими данными для висмутотанталита в установке  $a < c < b$ . Индексы линий дифрактограммы не противоречат пространственной группе  $Pcnn$ . Параметры ромбической элементарной ячейки (Å):  $a=4.992(3)$ ,  $b=11.731(5)$ ,  $c=5.677(3)$  рассчитаны по отражениям 161, 242, 143 и уточнены МНК по дифрактограмме; отношение  $a:b:c=0.4255:1:0.4839$ ,  $V=332.45(6)$  Å,  $Z=4$ .

Плотность нового минерала, определенная из навески 230 мг пикнометрическим методом [ $7.17(3)$  г/см<sup>3</sup>], оказалась заниженной относительно рассчитанного значения рентгеновской плотности —  $7.66(6)$  г/см<sup>3</sup>. Вероятнее всего, это связано с микровключениями силикатов в зернах висмутоколумбита, отобранного для измерения его плотности. Контрольное определение плотности, выполненное американским минералогом Ю. Фурдом (Геологическая служба США, г. Денвер) из навески 4.1 мг на микровесах Бермана, показало  $7.56$  г/см<sup>3</sup>.

Для определения оптических характеристик минерала использован метод эллипсометрии (Ракчеев, 1989). Данный метод позволил определить оптические константы висмутоколумбита непосредственно в зернах минерала, предварительно проанализированных на микрозонде (табл. 3). Для этой цели готовились полированные препараты с ориентированными относительно главных сечений кристаллами висмутоколумбита. Из-за относительно слабой прозрачности минерала провести контроль оптических констант на поляризационном микроскопе не удалось. Минерал двусный положительный, двупреломление для  $\lambda=579$  нм 0.09, рассчитанный угол  $2V=85^{\circ}$ .

Сходимость оптических констант и плотности минерала, рассчитанная на основе формулы Гладстона—Дейла ( $1 - K\rho/Kc$ ), составляет 0.001, т. е. является превосходной (Mandarino, 1979).

Образец висмутоколумбита передан на хранение в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН.

Авторы признательны доктору Ю. Фурду за контрольное определение плотности висмутоколумбита и полезные замечания по статье.

#### Список литературы

- Бобров Ю. Д., Пискунова Л. Ф. Универсальная программа ZEBRA для автоматизированного электронно-зондового микроанализатора Суперпроб-733 // Методы рентгеноспектрального анализа. Новосибирск: Наука, 1986. С. 140—144.  
 Волошин А. В., Пахомовский Я. А., Степанов В. И. и др. Натровистанит (Na, Cs)Bi(Ta, Nb, Sb)<sub>4</sub>O<sub>12</sub> — новый минерал из гранитных пегматитов // Минер. журн. 1983. Т. 5. № 2. С. 82—86.

**Горжевская С. А., Сидоренко Г. А., Гинзбург А. И.** Титано-тантало-ниобаты (свойства, особенности состава и условия образования). М.: Недра, 1974. 344 с.

**Загорский В. Е., Перетяжко И. С.** Пегматиты с самоцветами Центрального Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1991. 224 с.

**Перетяжко И. С., Загорский В. Е., Бобров Ю. Д.** Первая находка богатых висмутом и свинцом турмалинов // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307. № 6. С. 1461—1465.

**Ракчеев А. Д.** Новые физико-химические методы изучения минералов, горных пород и руд (справочник). М.: Недра, 1989. 230 с.

**Frenzel G.** Zur Kenntniss von bismutotantalite // Neues Jahrb. Miner. Monatsh. 1955. Vol. 11. P. 241—251.

**Mandarino J. A.** The Gladstone-Dale relationship. Part III: some general applications // Canad. Miner. 1979. Vol. 17. P. 71—76.

**Neves C. J. M.** e. a. Bismuth and antimony minerals in granite pegmatites of northern Mozambique // Rev. Ciênc. Geológicas, Lourenço Marques. 1974. Vol. 7. Ser. A. P. 1—37.

**Wayland E. J., Spencer L. J.** Bismutotantalite, a new mineral from Uganda // Miner. Mag. 1929. Vol. 22. P. 185—192.

Институт геохимии СО РАН  
Иркутск

Поступила в редакцию  
31 января 1992 г.