

УДК 549.5+552.322

**Цезплюмтантит — новый цезий-свинцовый танталат из гранитных пегматитов \***

А. В. Волошин, Я. А. Пахомовский, А. Ю. Бахчисарайцев, Н. Н. Девнина

Обнаружен в образце торолита (обр. № 1547/2 из коллекции Горного музея ЛГИ) из гранитных пегматитов Африки (Заир, Манано). Находится в ассоциации с литиотантитом, касситеритом, микролитом и кальцитантитом. Размеры выделений до 0,3 мм. Бесцветный, прозрачный. Блеск алмазный. Оптически сильно анизотропный, плеохроизм отсутствует. Тетрагональный,  $a=1,3552$ ,  $c=0,6445$  нм,  $Z=2$ . Химический состав (мас. %): 63,85  $Ta_2O_5$ ; 3,24  $Nb_2O_5$ ; 5,37  $Cs_2O$ ; 0,71  $Na_2O$ ; 0,83  $CaO$ ; 20,24  $PbO$ ; 2,88  $Sb_2O_3$ ; 1,49  $SnO$ ; 1,60  $SnO_2$ ; сумма—100,21. Идеальная формула минерала:  $(Cs, Na)_2(Pb, Sb^{3+})_3Ta_8O_{24}$ . Назван по химическому составу.

На основании исследования химического состава многочисленных образцов из различных ассоциаций цезий-сурьмяного танталата — цезстибтантита нами высказано предположение о возможности существования в определенных природных условиях висмутового и свинцового аналогов этого минерального вида [1]. Позднее это предположение подтвердилось открытием в зонах изменения висмутотанталита из гранитных пегматитов Китая натрий-висмутового аналога цезстибтантита — натровистантита [4], а также находкой в пегматитах Кольского полуострова цезий-висмут-свинцового танталата [2], из-за малого количества которого, однако, невозможно провести весь комплекс исследований. Учитывая кристаллохимическое «родство» катионов  $Sb^{3+}$ ,  $Bi^{3+}$ ,  $Pb^{2+}$  и  $Sn^{2+}$ , поиски цезий-свинцового аналога цезстибтантита расширены и направлены нами на изучение зон изменения не только первичных стибитотанталита и висмутотанталита, но и торолита. Изучение участков изменения многих образцов торолита из гранитных пегматитов Восточного Казахстана, Африки (Заир, Манано, из коллекции Горного музея Ленинградского горного института,

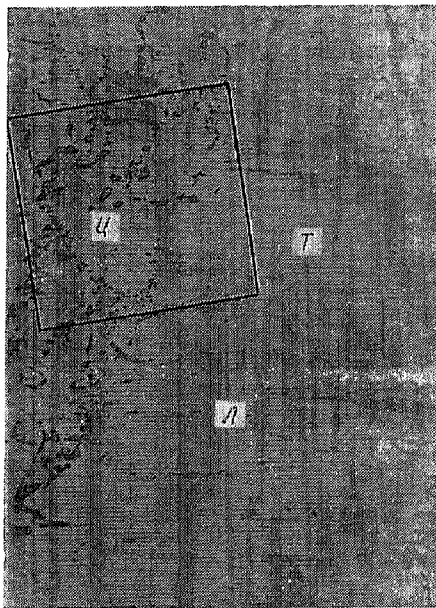


Рис. 1. Прожилки цезплюмтантита (Ц) в торолите (Т) в ассоциации с литиотантитом (Л). Отраженный поляризованный свет, ув. 120.

обр. 447а, 1547/2, 2446/3; из коллекции Национального музея США, Вашингтон, обр. 106780) выявило, что танталаты свинца — характерные вторичные минеральные фазы в краевой зоне торолита, но только в одном образце (1547/2) обнаружен цезий-свинцовый танталат в количестве, достаточном для его полного комплексного изучения. Характерно, что и сам торолит в этом образце содержит в химическом составе свинец в количестве, компенсирующем дефицит  $Sn^{2+}$  в формуле торолита. При исследова-

\* Минерал рассмотрен и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ВМО 16 мая 1985 г. и Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 8 декабря 1985 г.

нии установленной цезий-свинцовой минеральной фазы оказалось, что для нее характерен ряд физических свойств, отличающих ее от цезистибантита и натровистантита.

Минерал находится в краевой зоне изменения торолита в постоянной ассоциации с литиотантитом, касситеритом и кальцитантитом, а также микролитом. Образует прожилки (рис. 1, 2) и обособления вытянутой и изометричной формы. Размеры выде-

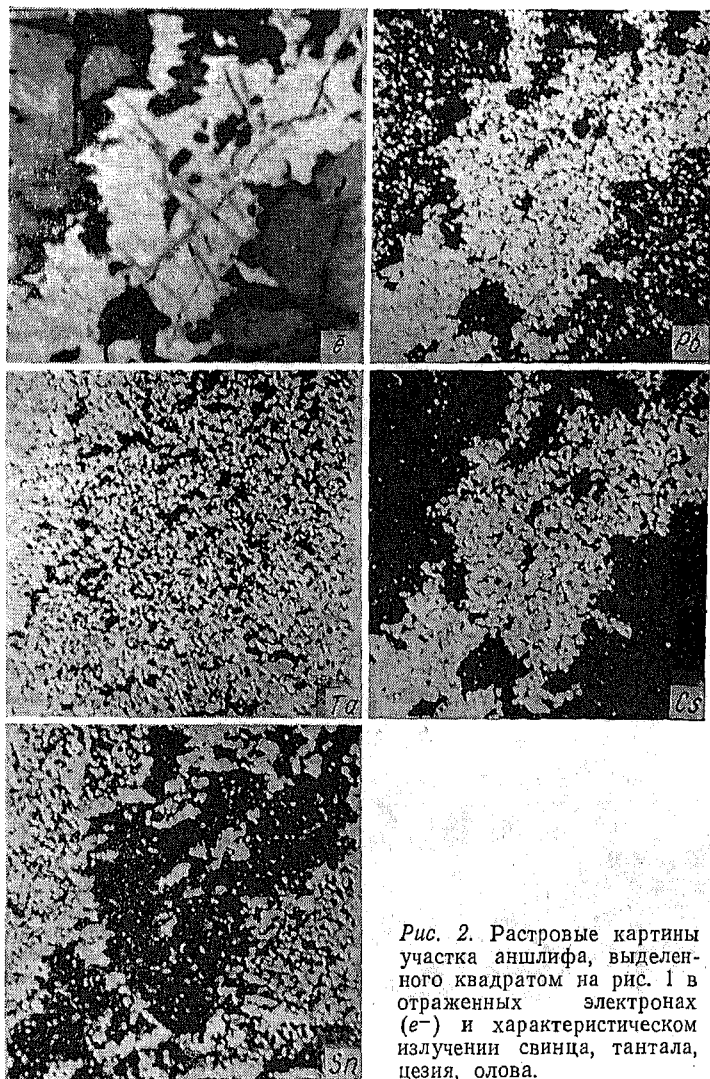
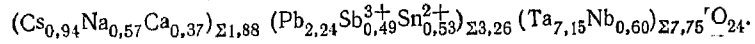


Рис. 2. Растровые картины участка шлифа, выделенного квадратом на рис. 1 в отраженных электронах ( $e^-$ ) и характеристическом излучении свинца, тантала, цезия, олова.

лений до 0,3 мм. Минерал бесцветный, прозрачный. Черта белая. Блеск алмазный. Твердость при нагрузке 40 г — 1240 кГ/мм<sup>2</sup> (колебания значений — 1203—1270 кГ/мм<sup>2</sup>). Рассчитанная на эмпирическую формулу плотность — 6,87(5) Г/см<sup>3</sup>. В отраженном свете — серый, внутренние рефлексы не наблюдаются, двуотражение слабое. Плеохроизма нет. Сильно анизотропный. Коэффициенты отражения для разных длин волн (стандарт — металлический кремний, плоскость (111), измерения выполнены на воздухе): 18,2, 17,1 (476 нм); 17,3, 16,5 (553 нм); 17,1, 16,5 (589 нм); 15,6, 15,3 % (656 нм). Для выделений минерала характерно сложное полисинтетическое двойникование, выявляемое в поляризованном свете с анализатором (рис. 3).

Химический состав минерала, а также ассоциирующих с ним литиотантита и первичного торолита, приведенный в табл. 1, не может быть рассчитан на основе типовой формулы минералов ряда цезистибантита  $M^+M^{3+}Ta_4O_{12}$  [1], так как сумма валентностей катионов групп  $M^+$  и  $M^{3+}$  в случае  $Cs^+$  и  $Rb^{2+}$  не обуславливает электронейтраль-

ность формулы. Таковая может быть обеспечена только при замене двух катионов  $M^{3+}$  на три катиона  $M^{2+}$ . Тогда при значении коэффициентов катионов, выраженном целыми числами, за типовую формулу можно принять  $M_2+M_3^{2+}Ta_8O_{24}$ . Расчет формулы минерала на 24 атома кислорода приводит к виду



В этой эмпирической формуле в группе  $M^{2+}$ , как видно, наблюдается небольшой избыток, а в группе тантала — дефицит близкого порядка, что позволяет нам предположить как более вероятное нахождение части олова в форме  $Sn^{4+}$  в октаэдрических

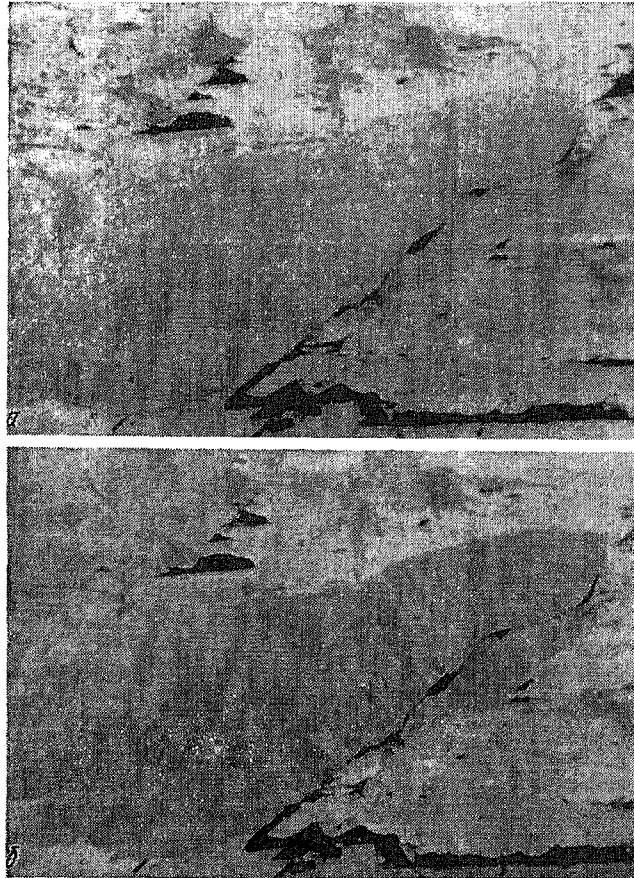
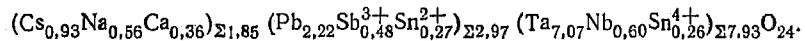


Рис. 3. Обособление цезплютантита со сложным полисинтетическим двойникованием в торолите: а — без анализатора; б — с анализатором, ув. 190.

позициях каркаса танталата, как это свойственно всем представителям этих сложных оксидов. Пересчет химического состава приводит к изменению суммы анализа от 100,03 до 100,21 мас. % и эмпирическая формула приобретает вид



Идеальная формула минерала:  $(Cs, Na)_2(Pb, Sb^{3+})_3Ta_8O_{24}$ ,  $Cs > Na$ ,  $Pb > Sb$ .

Рентгенограмма порошка минерала (табл. 2) не индицируется полностью в кубической сингонии с параметрами ячейки, эквивалентными таковым для цезистибтантита. Порошок вещества для рентгенограммы взят из аншлифа с помощью алмазного микроиндикатора, что обеспечивает необходимую чистоту материала. С другой стороны, линии, не индицируемые в кубической сингонии, не принадлежат ни одной из ассоциирующих с цезплютантитом фаз. Таким образом, рентгенограмма порошка полностью соответствует описываемому цезий-свинцовому танталату. Отчетливо выраженная анизотропия минерала также свидетельствует не в пользу выбора для него кубической ячейки. Согласно данным работ [8—12], с одной стороны, по установленному полиморфизму  $PbNb_2O_6PbTa_2O_6$ , а с другой — по роли и характеру полиморфных переходов

Таблица 1.

Компоненты

- Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>
- Cs<sub>2</sub>O
- Na<sub>2</sub>O
- CaO
- PbO
- Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- SnO
- SnO<sub>2</sub>

Сумма

Примечки в торолитовых участках: значения м. в. в катионной единице, включая Cs, в нескольких эталонах и металлов и сплавов [7].

Таблица 2.

I	d <sub>v</sub>
5	0,61
2ш	0,37
2ш	0,36
2р	0,34
5	0,33
10	0,30
2р	0,29
5	0,28
1р	0,27
1р	0,26
1р	0,25
1р	0,24
1р	0,23
1р	0,22
1р	0,21
7	0,19
2р	0,18
2ш	0,17
2ш	0,16
2р	0,15
7	0,14

Примечание: стандарт цезплютантита в кубической сингонии

Минерал

Таблица 1. Химический состав цезплумтангита, торолита и литиотангита, мас. %

Компоненты	1	2	3	4			5	6
				мас. %	АК <sub>к</sub>	К <sub>в</sub>		
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	66,98	87,92	61,23	63,85	0,2889	7,15	61,53	66,53
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,83	8,99	4,38	3,24	0,0243	0,60	1,73	3,43
Cs <sub>2</sub> O	0,00	0,00	7,41	5,37	0,0380	0,94	4,93	0,00
Na <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,13	0,71	0,0229	0,57	0,29	0,00
CaO	0,07	0,00	0,29	0,83	0,0149	0,37	0,58	0,00
PbO	4,80	0,00	18,38	20,24	0,0906	2,24	24,30	26,93
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,73	2,88	0,0197	0,49	0,77	0,00
SnO	20,78	0,67	6,95	1,49	0,0109	0,27	5,56	0,00
SnO <sub>2</sub>	—	—	—	1,60	0,0105	0,26	—	—
Сумма	99,46	97,58	99,55	100,21			99,69	97,08*

Примечание. 1 — торолит, 2 — литиотангит, 3—5 — цезплумтангит (3 — прожилки в торолите; 4 — отдельные обособления в торолите, обр. 1547/2; 5 — реликты в участках замещения торолита симпсонитом, обр. 2446/3), 6 — танталат свинца с включениями микролита и оксидов железа в торолите, обр. 447а. АК<sub>к</sub> — атомные количества катионов, К<sub>к</sub> — коэффициенты атомов, рассчитанные на 24 атома кислорода, \* — включая 0,19 % FeO. Минералы проанализированы на микроанализаторе MS-46 Сатеса в нескольких зернах, не менее, чем в десяти точках (время одного измерения 10 с) на каждом зерне. Ускоряющее напряжение 25 кВ, ток зонда 15—30 нА. В качестве эталонов использованы синтетические PbSe и CsFeS<sub>2</sub>, лоренценит, диоксид, гематит и металлические тантал, ниобий, сурьма, стронций. Пересчет относительных интенсивностей на концентрации выполнен на ЭВМ «Наири-2» по оригинальной программе [7].

Таблица 2. Межплоскостные расстояния цезплумтангита, нм

I	1			2			1			2	
	d <sub>изм</sub>	d <sub>расч</sub>	hkl	I	d	I	d <sub>изм</sub>	d <sub>расч</sub>	hkl	I	d
5	0,611	0,6061	210	6	0,606	3p	0,1495*	0,1497	910		
2ш	0,375	0,3759	320					0,1490	742		
2ш	0,368*	0,3699	301			2p	0,1481	0,1481	324		
2p	0,347*	0,3569	311							8	0,1474
		0,3388	400							1	0,1461
5	0,319	0,3194	330	9	0,317	3	0,1376	0,1376	940	9	0,1370
10	0,3054	0,3054	112	10	0,304					1p	0,1358
2p	0,2855*	0,2862	331			2p	0,1322	0,1324	743	6	0,1317
5	0,2645	0,2658	510	7	0,2631					1p	0,1305
1p	0,2501*	0,2498	431			1ш	0,1294	0,1298	10.3.0	3	0,1287
1p	0,2439*	0,2446	322					0,1290	951		
				3	0,2415	1ш	0,1246	0,1245	225		
1p	0,2301*	0,2301	412			1ш	0,1218	0,1218	724	7	0,1216
1p	0,2236	0,2246	441			5ш	0,1211	0,1212	10.5.0	5	0,1208
		0,2228	610					0,1210	11.01		
1p	0,2155	0,2148	003							1p	0,1197
1p	0,2102*	0,2106	611			5	0,1181	0,1181	654	6	0,1177
5p	0,2037	0,2033	621	8	0,2024	1ш	0,1160	0,1160	515	6	0,1156
7	0,1869	0,1865	323	10	0,1860	2ш	0,1107	0,1109	981	7	0,1103
				1	0,1846			0,1105	11.5.1		
2p	0,1788	0,1788	622	5	0,1779	3ш	0,1078	0,1080	12.3.1	8	0,1074
2ш	0,1676	0,1675	651					0,1074	006		
2ш	0,1664	0,1660	702	1	0,1662					1	0,1064
2p	0,1612	0,1612	722							6	0,1057
		0,1611	004							1p	0,1046
				5	0,1605					1p	0,1026
7	0,1593	0,1592	821	10	0,1587	2ш	0,1018	0,1018	336	9	0,1017
				4	0,1574	3ш	0,1014	0,1014	825	10	0,1012
				3	0,1520						

Примечание. Условия съемки: камера РКУ 114,6 мм, Си-излучение с фильтром, стандарт — металлический германий, ш — широкая линия, р — размытая линия. 1 — цезплумтангит, 2 — цезстибтангит [1], \* — линии рентгенограммы, не индицируемые в кубической сингонии.

при изменении качественного состава катионов соответствующих танталатов и ниобатов нами предполагается для цезплумтангита тетрагональная сингония. Необходимость четного количества катионов в тетрагональной ячейке предполагает для описываемого минерала минимальное значение  $Z=2$ , т. е. в элементарной ячейке 16 атомов тантала в октаэдрической координации кислорода формирует каркас и объем ячейки составляет  $1,0-1,2 \text{ нм}^3$ . Такой объем примерно в 18 раз превышает объем тетрагональ-

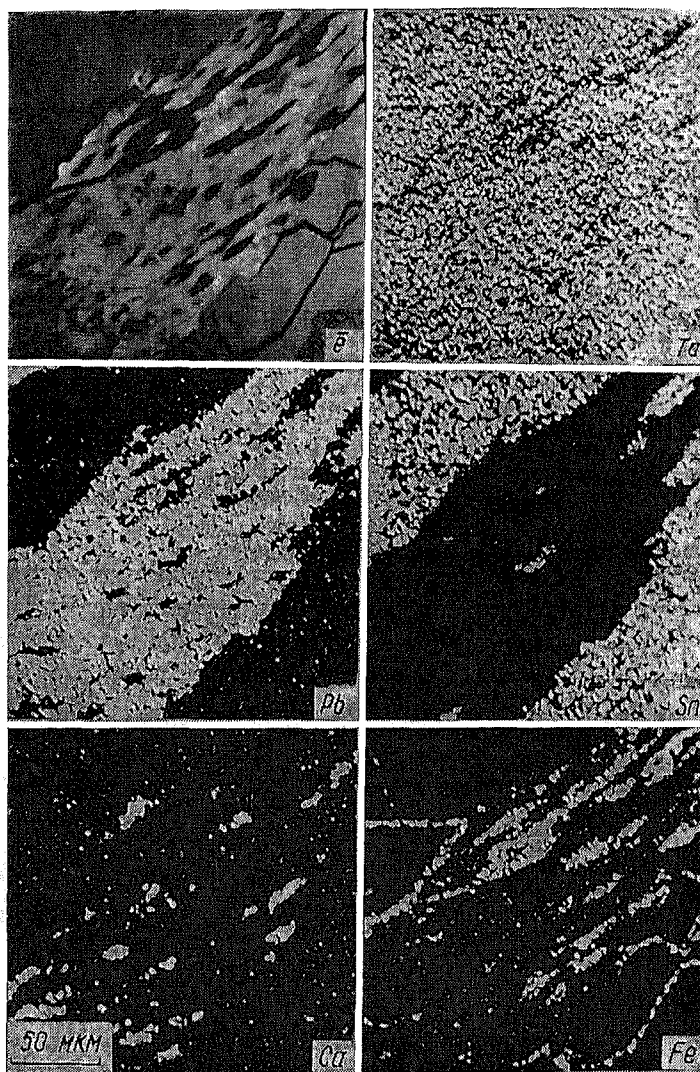


Рис. 4. Выделение тангалата свинца в участках изменения торолита. Растровые картины участка шлифа в отраженных электронах ( $e^-$ ) и характеристическом излучении тантала, свинца, олова, кальция, железа.

ной ячейки соединений, представляющих собой твердый раствор системы  $(100-x)2\text{NaNbO}_3 \cdot x\text{PbNb}_2\text{O}_6$  с параметрами  $a^* = 0,392$ ,  $c^* = 0,695 \text{ нм}$  [9]. Принимая во внимание изложенное выше рассуждение об объеме элементарной ячейки, в качестве исходной для цезплумтангита выбрана тетрагональная ячейка с параметрами  $a \approx 3a^* \approx 1,2$ ,  $c \approx c^* \approx 0,7 \text{ нм}$ , при которых рентгенограмма порошка удовлетворительно проиндексирована. Уточнение параметров ячейки, выполненное по рентгенограмме порошка, привело к значениям  $a = 1,3552(8)$ ,  $c = 0,6445(5) \text{ нм}$ ,  $V = 1,1837(5) \text{ нм}^3$ ,  $Z = 2$ .

Цезплумтангит образовался в процессе изменения торолита и высвобождения из последнего свинца, в то время как щелочные элементы поступали с гидротермальными

раствор  
лочно  
это на  
В тан  
мелки  
В отл  
геногр  
харак  
соста  
Pb/(T  
детел  
малы  
причи  
крист

Одним  
матри  
спект  
[3],  
ных

рлуп  
ного

рики  
в кри  
роли  
до 0  
танн  
Силь  
мета  
17,1  
двой

0,71  
Эмп  
 $\times (E$   
 $\times (E$   
 $Z =$   
0,31  
0,15  
сост

SU  
gra  
the  
zoni  
calc  
less  
6.87  
Ref.  
the  
A  
(mi  
0.8  
rica

растворами. Вероятно, наряду с цезплумтантитом в условиях низкой активности щелочных металлов кристаллизовались танталаты свинца несколько другого типа, как это наблюдалось нами в участках изменения торолита (обр. 447а, рис. 4, ан 6, табл. 1). В танталате по плоскостям спайности, унаследованной от торолита, располагаются мелкие включения микролита (рис. 4, д) и по трещинам оксиды железа (рис. 4, е). В отличие от цезплумтантита этот танталат оптически изотропен и по рентгенограмме порошка имеет пироклоровый тип структуры. Для рассматриваемой фазы характерен небольшой дефицит анализа. При расчете на сумму  $Ta+Nb=8$  химический состав соответствует формуле  $Pb_{2,95}Fe_{0,06}Ta_{7,37}Nb_{0,63}O_{23,04}$ , где соотношение  $Pb/(Ta+Nb)=3/8$ . Такое же соотношение характерно и для цезплумтантита, что свидетельствует об определенном родстве рассматриваемых минеральных фаз. К сожалению, малые размеры выделений и насыщенность их включениями не позволяют выяснить причину дефицита суммы в танталате свинца и провести в настоящее время его монокристалльное изучение.

Изучение зон изменения торолита из разных районов показало, что он является одним из ранних минералов тантала и ниобия в дифференцированных гранитных пегматитах. Поздние гидротермальные процессы приводят к кристаллизации широкого спектра танталатов в краевых зонах изменения торолита, где наряду с литиотантитом [3], иртышитом [6], ранкамаитом [5], симпсонитом и рядом недостаточно исследованных минеральных фаз присутствует и цезплумтантит.

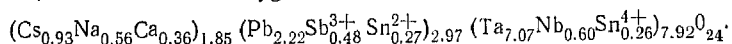
Минерал назван по химическому составу: цез-(Cs)-плюм-(Pb)-тант-(Ta)-ит (cesplumtante).

Эталонные образцы с минералом находятся в горном музее Ленинградского горного института.

Минерал обнаружен в музейном образце торолита из гранитных пегматитов Африки (Заир, Манono, обр. 1547/2 из коллекции горного музея ЛГИ). Находится в краевой зоне изменения торолита в ассоциации с литиотантитом, касситеритом, микролитом и кальцитантитом. Образует прожилки и вытянутые обособления размером до 0,3 мм. Бесцветный, прозрачный. Блеск алмазный.  $VHN_{40}=1240$  кг/мм<sup>2</sup>. Рассчитанная плотность — 6,87(5) г/см<sup>3</sup>. В отраженном свете серый, двуотражение слабое. Сильно анизотропный. Коэффициенты отражения для разных длин волн (эталон — металлический кремний, измерения на воздухе): 18,2, 17,1 (476 нм); 17,3, 16,5 (553 нм); 17,1, 16,5 (589 нм); 15,6, 15,3 % (656 нм). Характерно сложное полисинтетическое двойникование.

Химический состав (микронзондовый анализ): 63,85 мас. %  $Ta_2O_5$ , 3,24  $Nb_2O_5$ , 5,37  $Cs_2O$ , 0,71  $Na_2O$ , 0,83  $CaO$ , 20,24  $PbO$ , 2,88  $Sb_2O_3$ , 1,49  $SnO$ , 1,60  $SnO_2$ , сумма — 100,21 мас. %. Эмпирическая формула, рассчитанная на 24 атома кислорода:  $(Cs_{0,93}Na_{0,56}Ca_{0,36})_{1,85} \times (Pb_{2,22}Sb_{0,48}^{3+}Sn_{0,27}^{2+})_{2,97}(Ta_{7,07}Nb_{0,60}Sn_{0,26}^{4+})_{7,92}O_{24}$ . Идеальная формула минерала:  $(Cs, Na)_2 \times (Pb, Sb^{3+})_3 Ta_8O_{24}$ . Тетрагональный,  $a = 1,3552(8)$ ,  $c = 0,6445(5)$  нм,  $V = 1,1837(5)$  нм<sup>3</sup>,  $Z = 2$ . Наиболее интенсивные линии рентгенограммы порошка (нм): 0,611(5) (210), 0,319(5) (330), 0,3054(10) (112), 0,2645(5) (510), 0,2037(5) (621), 0,1869(7) (323), 0,1593(7) (821), 0,1211(5) (10,5,0; 11,0,1), 0,1181(5) (654). Минерал назван по химическому составу цезплумтантитом (cesplumtante).

**SUMMARY.** Cesplumtante is found in the museum specimen of thoreaulite from granite pegmatites of Africa (Zair, Monono, specimen 1547/2 from the collection of the museum of Mines at the Leningrad State University). The mineral is in the marginal zone of the thoreaulite variation in association with lithiotantite, cassiterite, microlite and calciotantite. It forms veinlets and elongated concretions measuring to 0.3 mm. Colourless, transparent, adamantine lustre.  $VHN_{40}=1240$  kg/mm<sup>2</sup>. The calculated density — 6.87(5) gg/cm<sup>3</sup>. Grey in the reflected light, weak double reflection. Strongly anisotropic. Reflectances for different wave-lengths (standard — metallic silica, measurements in the air): 18.2, 17.1 (476 nm); 17.3, 16.5 (553 nm); 17.1, 16.5 (589 nm); 15.6, 15.3 % (656 nm). A complex polysynthetic twinning is typical of the mineral. Chemical composition (microprobe analysis): 63.85 weight %  $Ta_2O_5$ , 3.24  $Nb_2O_5$ , 5.37  $Cs_2O$ , 0.71  $Na_2O$ , 0.83  $CaO$ , 20.24  $PbO$ , 2.88  $Sb_2O_3$ , 1.49  $SnO$ , 1.60  $SnO_2$ , sum — 100.21 weight %. Empirical formula, calculated for 24 oxygen atoms:



Ideal formula of the mineral:  $(Cs, Na)_2(Pb, Sb^{3+})_3Ta_2O_{24}$ . Tetragonal,  $a=1.3552(8)$ ,  $c=0.6445(5)$  nm,  $V=1.1837(5)$  nm<sup>3</sup>,  $Z=2$ . The most intensive lines of the powder X-ray pattern(nm): 0.611 (5) (210), 0.319 (5) (330), 0.3054 (10) (112), 0.2645 (5) (510), 0.2037 (5) (621), 0.1869 (7) (323), 0.1593 (7) (821), 0.1211 (5) (10.5.0; 11.0.1), 0.1181 (5) (654). The mineral name — cesplumtantite — originates from the chemical composition.

1. Волошин А. В., Меньшиков Ю. П., Пахомовский Я. А., Полежаева Л. И. Цезстибтантит — новый минерал из гранитных пегматитов // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва.— 1981.—110, вып. 3.— С. 345—351.
2. Волошин А. В., Пахомовский Я. А. Исследование химического состава и неоднородность микролита // Минералы и минеральные парагенезисы горных пород Кольского полуострова.— Апатиты.— 1981.— С. 3—9.— (Труды / АН СССР: Кол. фил.)
3. Волошин А. В., Пахомовский Я. А., Степанов В. И., Тюшева Ф. Н. Литиотантит  $Li(Ta, Nb)_3O_8$  — новый минерал из гранитных пегматитов Восточного Казахстана // Минерал. журн.— 1983.—5, № 1.— С. 91—95.
4. Волошин А. В., Пахомовский Я. А., Степанов В. И., Тюшева Ф. Н. Натровистантит — новый минерал из гранитных пегматитов // Минерал. журн.— 1983.—5, № 2.— С. 82—86.
5. Волошин А. В., Пахомовский Я. А. Минеральные фазы системы алюминий — тантал в редкометальных пегматитах // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва.— 1983.—112, вып. 1.— С. 67—76.
6. Волошин А. В., Пахомовский Я. А., Булгак Л. В., Перлина Г. А. Иртышит — новый минерал из гранитных пегматитов // Минерал. журн.— 1985.—7, № 3.— С. 83—87.
7. Кравченко-Бережной Р. А., Медведева Э. М., Пахомовский Я. А. и др. Использование ЭВМ в количественно рентгеновском микроанализаторе // Заводск. лаб.— 1976.— № 9.— С. 1081—1082.
8. Francombe M. H. Polymorphism in lead metaniobate // Acta Crystallogr.— 1956.—9, pt. 8.— P. 683—684.
9. Francombe M. H., Lewis B. Structure and phase transitions of ferroelectric sodium-lead niobates and other sodium niobate type ceramics // J. Electronics.— 1957.—2, N 1.— P. 387—403.
10. Francombe M. H. Relation between structure and ferroelectricity in lead and barium strontium niobates // Acta Crystallogr.— 1960.—13.— P. 131—140.
11. Subbarao E. C., Shirane G. Structure and non-stoichiometry of ferroelectric  $PbNb_2O_6$ -type compounds // Acta Crystallogr.— 1960.—13, pt. 12.— P. 1072.
12. Subbarao E. C., Shirane G., Jona F. X-ray, dielectric and optical study of ferroelectric lead metatantalate and related compounds // Acta Crystallogr.— 1960.—13, pt. 3.— P. 226—231.

Геол. ин-т Кол. фил. АН СССР, Апатиты  
Горн. музей Ленингр. горн. ин-та

Поступила 17.02.86

## Наши авторы

Агомор Адольф  
 Андреев Петр И  
 ресурсов  
 Бахчисарайцев  
 ла АН СССР ( )  
 Брик Александр  
 зики минералов  
 Бублей Роман  
 институт  
 Вальтер Антон  
 Волошин Анато  
 Вохменцев Ана  
 Геншафт Юрий  
 СССР  
 Гордиенко Вла  
 коры при Лени  
 Девнина Натал  
 Дерский Леони  
 Жабин Аркади  
 геохимии и кри  
 [Заича Богдан  
 институт нефти  
 Илупин Иосиф  
 тельский инсти  
 Калязин Евген  
 Князева Натал  
 Красильщикова  
 Куковский Ев  
 ИГФМ  
 Куприянова И  
 следовательски  
 Лазаренков В  
 ЛГИ  
 Матяш Иван I  
 Моршкин Ва  
 Нестерович Ли  
 Нечелюстов Ге  
 Пахомовский  
 Пожарицкая J  
 Решетняк Ни  
 довательский  
 Руднев Алекс  
 Таращан Арк  
 Третьякова Ли  
 Швец Дмитри  
 АН УССР  
 Яхонтова Лия