

УДК 549.657.42

## ТЕЛЮШЕНКОИТ $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si},\text{Al},\text{Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ – НОВЫЙ ЦЕЗИЕВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛЕЙФИТА<sup>1</sup>

А.А. Агаханов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, atali@fmm.ru

Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, pla@fmm.ru

Е.В. Соколова

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Ф.К. Хоторн

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Д.И. Белаковский

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, dmz@fmm.ru

На щелочном массиве Дара-и-Пиоз (Таджикистан) найден новый минерал – телюшенкоит. Образует изометричные зерна до 2 см в ридмерджнеритовой породе с микроклином, полилитионитом, шибковитом и пектолитом. Цвет белый, бесцветный. Прозрачный. Блеск стеклянный. Твердость по Моосу – 6. Пл. изм. 2.73 г/см<sup>3</sup>. Оптически односочный, положительный,  $n_o = 1.526(2)$ ,  $n_e = 1.531(2)$ . Сингония тригональная, пр. группа Р3-т1,  $a = 14.3770(8)\text{ }^{\circ}$ ,  $c = 4.8786(3)\text{ }^{\circ}$ ,  $V = 873.2(1)\text{ }^3$ ,  $Z = 1$ . Химический состав (м. з., ВеО – колориметрия):  $\text{SiO}_2 = 64.32$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 7.26$ , ВеО – 3.53,  $\text{ZnO} = 1.71$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 13.53$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 0.47$ ,  $\text{Cs}_2\text{O} = 6.76$ ,  $\text{Rb}_2\text{O} = 6.76$ , F – 2.84,  $\text{O}=\text{F}_2 = 1.20$ , сумма 99.37. Эмпирическая формула минерала  $(\text{Cs}_{0.69}\text{Na}_{0.31}\text{K}_{0.14}\text{Rb}_{0.02})_{1.16}\text{Na}_{6.00}[\text{Be}_{2.04}(\text{Si}_{15.46}\text{Al}_{2.06}\text{Zn}_{0.30})_{17.82}\text{O}_{38.84}\text{F}_{2.16}]$ . Идеальная формула  $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si},\text{Al})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ . Сильные линии порошковограммы: 12.47(7, 010), 6.226(35, 020), 4.709(21, 120), 4.149(50, 030), 3.456(40, 130), 3.387(75, 121), 3.161(100, 031), 2.456(30, 231). Телюшенкоит – Cs-доминантный аналог лейфита  $\text{NaNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si},\text{Al},\text{Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ .

В статье 3 таблицы, 2 рисунка и список литературы из 6 названий.

При изучении образцов из щелочного массива Дара-и-Пиоз был обнаружен новый минерал – цезиевый аналог лейфита с общей формулой  $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si},\text{Al},\text{Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ . Минералу дано название – телюшенкоит (*telyushenkoite*) в честь Тамары Матвеевны Телюшенко (1930–1997), петрографа, внесшей большой вклад в изучение геологии Средней Азии, а также более тридцати лет являвшейся руководителем юношеской геологической школы г. Ашхабада, из стен которой вышло большое количество будущих геологов.

### Место находки и ассоциация

Телюшенкоит встречен в глыбах на морене ледника Дара-и-Пиоз вблизи сая Ледовый (Таджикистан), находящейся в пределах Верхнего Дара-и-Пиозского щелочного массива. Массив расположен в верховьях одноименной реки в 45 км на С-СВ от кишлака Хаит (Гармский район) в районе сочленений Зеравшанского и Алайского хребтов. Минералогии и геологии Верхнего Дара-и-Пиозского массива посвящен ряд публикаций (Дусматов 1970, 1971) и др.

Телюшенкоит найден в породе, на 85–90% состоящей из ридмерджнерита (Дусматов и др. 1967), (Grew *et al.* 1993), размер отдельных зерен которого достигает от долей сантиметра до 5 см в поперечнике. До 10 % объема породы составляют идиоморфные зерна микроклина размером до 5 см и их агрегаты. Около 5 % приходится на пектолит, шибковит, нордит-(Се), лейкофан, гиалотекит, кентбрексит, полилитионит и альбит. Телюшенкоит встречен в виде изометричных до 2 см в поперечнике зерен в ридмерджнерите. Телюшенкоит, как и шибковит, нордит-(Се), лейкофан, гиалотекит и полилитионит, в данной ассоциации более поздние минералы чем ридмерджнерит и микроклин. Поэтому они занимают интерстиции между зернами ридмерджнерита.

### Физические свойства

Телюшенкоит белый, бесцветный, прозрачный со стеклянным блеском. Цвет черты белый. Спайность средняя. Твердость по шкале Мооса 6, твердость микровдавливания VHN 714 кг/мм<sup>2</sup> (среднее значение по 8 замерам, разброс 696–737 кг/мм<sup>2</sup>) при нагрузке 100 г (измерена на приборе ПМТ-3,

<sup>1</sup> Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 3 мая 2001 года.

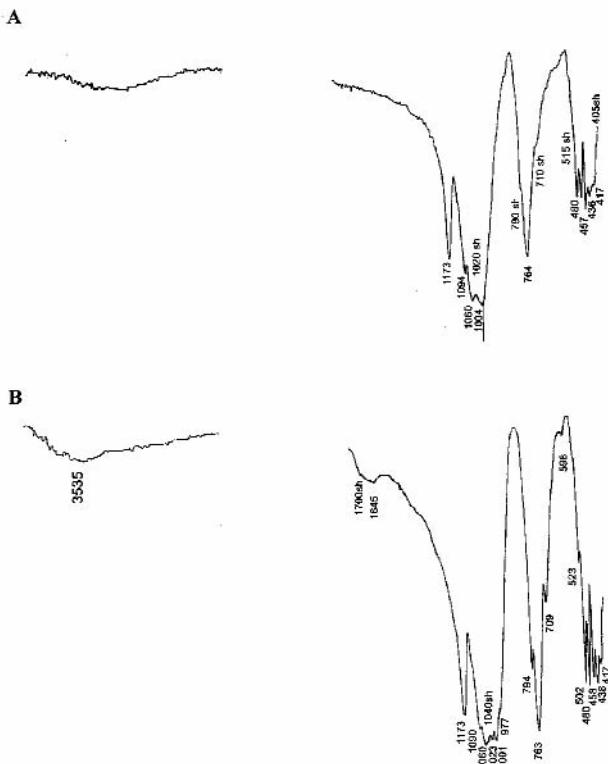


Таблица 1. Химический состав телюшенкоита (мас. %)

Компонент	1	Разброс
SiO <sub>2</sub>	64.32	63.76–65.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.26	7.14–7.48
BeO	3.53	
ZnO	1.71	1.54–1.90
Na <sub>2</sub> O	13.53	12.59–14.32
K <sub>2</sub> O	0.47	0.35–0.53
Cs <sub>2</sub> O	6.76	5.75–7.49
Rb <sub>2</sub> O	0.15	0.11–1.26
F	2.84	2.10–2.84
Сумма	100.57	
-O=F <sub>2</sub>	-1.20	
Сумма	99.37	

Примечание:

1 — среднее значение по

7 микрозондовым анализам, WDS;

\*BeO определено колориметрическим методом с хинализарином.

Аналитики Л.А.Паутов, А.А.Агаханов

РИС. 1. ИК-спектры телюшенкоита (A) и лейфита (B). Спектры сняты на приборе Specord-75IR, запрессовка в таблетку KBr. Аналитик Н.В. Чуканов

тирированном по NaCl). Плотность определена уравновешиванием зерен минерала в растворе жидкости Клеричи, с контролем по показателю преломления жидкости измеренном на рефрактометре. Измеренная плотность телюшенкоита 2.73(1) г/см<sup>3</sup>, вычисленная 2.73 г/см<sup>3</sup>. Минерал optически односный, положительный. Показатели преломления измерены методом врачающейся иглы:  $n_o = 1.526(2)$ ,  $n_e = 1.531(2)$ ,  $n_e - n_o = 0.005$ . Минерал не растворим в воде и в HCl (1:1). Выделения телюшенкоита свободны от вростков других минералов. В коротковолновом и длинноволновом ультрафиолетовом излучении люминесцирует тусклым фиолетовым цветом.

ИК-спектр телюшенкоита получен Н.В. Чукановым на приборе Specord 75 IR и приведен на рис. 1. Он близок к спектру лейфита, но отличается от него отсутствием характерных полос гидроксильных групп νOH 3535 см<sup>-1</sup> и νHOH 1645 см<sup>-1</sup>, что хорошо согласуется со структурным исследованием телюшенкоита и данными по химическому составу. Сильные полосы поглощения в ИК-спектре минерала: 405, 417, 436, 457, 480, 500, 515, 710, 764, 790, 1004, 1020, 1060, 1094, 1173 см<sup>-1</sup>.

## Химический состав

Химический состав телюшенкоита определен электронно-зондовым методом на приборе JXA-50A, оснащенном тремя волновыми спектрометрами (табл. 1). Анализ проводился на 5 зернах минерала при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 20 нА. Все изученные зерна минерала по данным сканирования в характеристическом излучении основных элементов гомогенны (рис. 2). В качестве стандартов использовались микроклин USNM143966 (Al, K), ганит USNM 145883 (Zn), CsHo[PO<sub>4</sub>]<sub>4</sub> (Cs), RbSc(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (Rb), чкаловит (Si, Na), синтетический фторфлогопит (F). Расчет концентраций проведен по программе PAP. Определение бериллия проводилось из микронавески колориметрическим методом с хинализарином. Усредненный состав проанализированных зерен перечисляется при O + F = 41 на эмпирическую формулу Cs<sub>0.69</sub>Na<sub>0.31</sub>K<sub>0.14</sub>Rb<sub>0.02</sub>)<sub>1.16</sub>Na<sub>6.00</sub>[Be<sub>2.04</sub>(Si<sub>15.46</sub>Al<sub>2.06</sub>Zn<sub>0.30</sub>)<sub>17.82</sub>O<sub>38.84</sub>F<sub>2.16</sub>]. Идеальная формула минерала CsNa<sub>6</sub>[Be<sub>2</sub>(Si, Al)<sub>18</sub>O<sub>39</sub>F<sub>2</sub>]. Индекс сходимости (Mandarino, 1981) данных определения химического состава, оптических свойств и плотности телюшенкоита ( $1-K_p/K_c$ ) равен – 0.004, что соответствует superior.

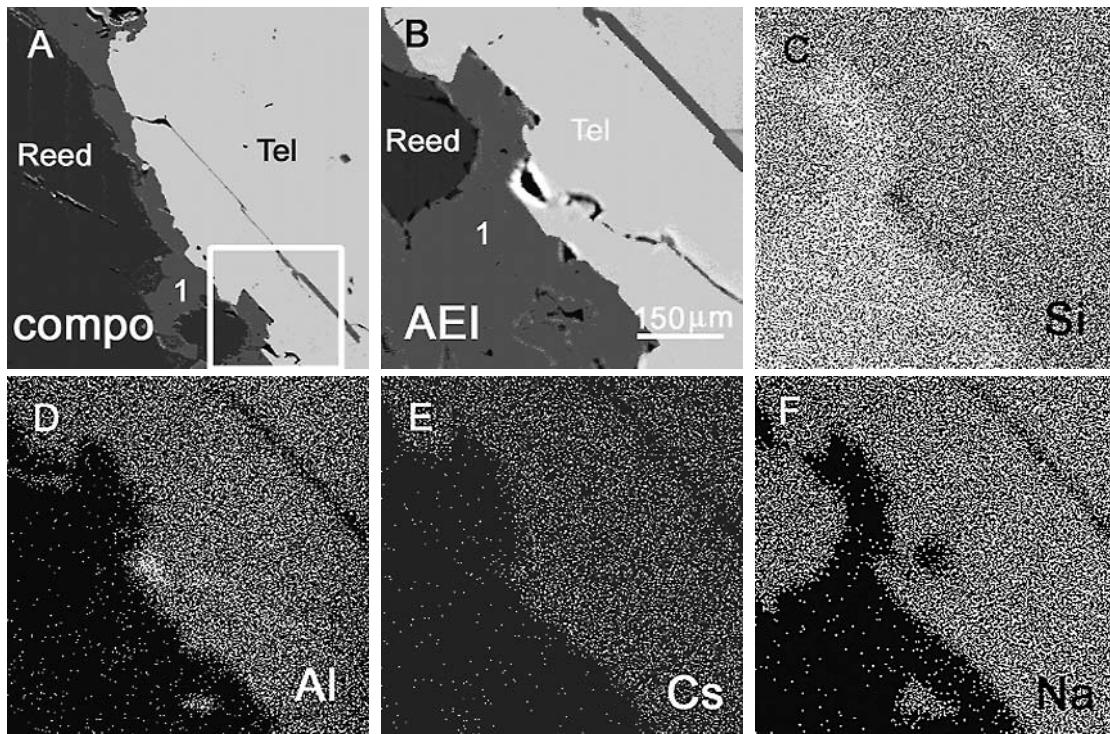


РИС. 2. Срастание телошенноита (*Tel*) с ридмержнеритом (*Reed*) и фазой (1), отвечающей по составу  $\text{SiO}_2$ . А – изображение в режиме контраста по среднему атомному номеру (COMPO). В – фрагмент предыдущего снимка. Изображение в поглощении токе (AEI)<None>. D, E, F – изображения в рентгеновском характеристическом излучении указанных элементов

### Структура минерала и рентгеновские данные

Изучение кристаллической структуры телошенноита выполнено Е.В. Соколовой с соавторами (2002) на монокристалле на дифрактометре Siemens *P4* с R-фактором 2,5%. Сингония тригональная. Пространственная группа  $\text{P}3\text{-}m1$ . Параметры элементарной ячейки:  $a = 14.3770(8)$ ,  $c = 4.8786(3)$ ,  $V = 873.2(1)^3$ ,  $Z = 1$ . Кристаллохимическая формула минерала по данным структурного исследования  $(\text{Cs}_{0.72}\text{K}_{0.15}\text{Na}_{0.11}\text{Rb}_{0.02})_{1.00}\text{Na}_{6.00}[\text{Be}_{2.00}\text{Si}_{6.00}(\text{Si}_{4.89}\text{Al}_{1.11})_{6.00}(\text{Si}_{4.50}\text{Al}_{1.20}\text{Zn}_{0.30})_{6.00}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ .

Основным элементом структуры телошенноита являются вытянутые вдоль оси *c* колонны, составленные из шестичленных колец, образованных тетраэдрами  $T(1) = (\text{Si}, \text{Al}, \text{Zn})$ . Эти колонны в свою очередь соединены четырехчленными кольцами тетраэдров  $T(2)\text{-}T(3) = \text{Si}$ . В плоскости проекции, перпендикулярной оси [001] четырехчленные кольца объединяются еще и тетраэдрами  $T(4) = \text{Be}$  (где Be окружен тремя атомами O и одним атомом F). В итоге образуется кластер, состоящий из семичленных колец, каждое из которых состоит из всех четырех

типов тетраэдров. В пределах каждой из колонн шестичленные кольца так же соединены четверьими кольцами тетраэдров  $T(2) – T(3)$ . В каналах, образованных кольцевыми элементами структуры и вытянутых вдоль оси *c*, локализованы: октаэдры  $A = (\text{Cs}, \text{Na}-)$ , вакансии  $B$  и полизэдры  $\text{Na} = (\text{Na})$ . Позиции *A*, *B* располагаются в пределах каналов, образованных шестичленниками, полизэдры же *Na* находятся в «трубах» семичленных комбинированных колец. Каждый тетраэдр  $T4$  объединяет три ближайших полизэдра *Na* в кластеры, вершины которых направлены вдоль оси *c*.

Основным отличием телошенноита от лейфита является заселение октаэдрической позиции *A* в телошенноите крупным катионом Cs, координированным шестью атомами кислорода, в то время как в лейфите эта позиция занята Na и окружена шестью атомами кислорода и двумя молекулами воды. Позиция *B* в телошенноите не заселена, тогда как в лейфите она частично занята молекулами воды.

Рентгенограмма телошенноита получена на дифрактометре ДРОН-2 (Fe K $\alpha$  – излучение, этalon – кварц) индивидуальна и хорошо индицируется в пространственной группе  $\text{P}3\text{-}m1$

**Таблица 2. Результаты расчета порошковограммы телюшенкоита**

I	d <sub>изм</sub>	d <sub>рас</sub>	h k l
7	12.46	12.451	0 1 0
35	6.226	6.225	0 2 0
21	4.706	4.706	1 2 0
50	4.149	4.150	0 3 0
10	3.840	3.840	0 2 1
7	3.598	3.594	2 2 0
40	3.456	3.453	1 3 0
75	3.382	3.387	1 2 1
100	3.162	3.161	0 3 1
36	3.113	3.113	0 4 0
8	2.717	2.717	1 4 0
30	2.465	2.465	2 3 1
25	2.396	2.396	3 3 0
4	2.375	2.374	1 4 1
2	2.309	2.310	1 1 2
15	2.218	2.218	0 5 1
6	2.151	2.151	3 3 1
5	2.217	2.119	2 4 1
4	2.104	2.103	0 3 2
8	1.910	1.910	0 6 1
2	1.899	1.899	1 6 0
2	1.816	1.815	1 4 2
4	1.796	1.797	4 4 0
3	1.771	1.770	1 6 1
7	1.744	1.743	0 5 2
4	1.708	1.709	3 3 2
4	1.695	1.694	2 4 2
5	1.629	1.628	2 6 1
5	1.627	1.626	0 0 3
3	1.581	1.581	0 6 2
2	1.568	1.569	3 6 0
5	1.493	1.493	3 6 1

**Таблица 3. Сравнительная характеристика телюшенкоита и лейфита**

	телюшенкоит	лейфит
Химическая формула	CsNa <sub>6</sub> [Be <sub>2</sub> (Si,Al,Zn) <sub>18</sub> O <sub>39</sub> F <sub>2</sub> ]	NaNa <sub>6</sub> [Be <sub>2</sub> (Si,Al,Zn) <sub>18</sub> O <sub>39</sub> F <sub>2</sub> ](H <sub>2</sub> O)
Пространственная группа	P-3m1	P-3m1
a, -	14.3770	14.352
c, -	4.8786	4.852
Z	1	1
Наиболее сильные линии порошковограммы	12.47(7) 6.226(35) 4.709(21)	12.429(25) 6.215(10) 4.698(40) 4.520(25)
D <sub>изм</sub> (l)		
Цвет	белый, бесцветный	белый, бесцветный
Блеск	стеклянный	стеклянный
Плотность (изм), г/см <sup>3</sup>	2.73	2.58
Твердость (Мосс)	6	6
Осноть, оптический знак	одноосный (+)	одноосный (+)
n <sub>o</sub>	1.526	1.511 – 1.518
n <sub>e</sub>	1.531	1.519 – 1.522

**Примечание:** Условия съемки – ДРОН-2,  
графитовый монохроматор,  
внутренний стандарт – кварц.  
Аналитики А.А.Агаханов, Л.А.Паутов

с параметрами элементарной ячейки, полученными структурным анализом (таб. 2).

Телюшенкоит по свойствам близок к лейфиту. Сравнительная характеристика их приведена в таблице 3. Возможно, существует изоморфный ряд между этими минералами. В пользу этого говорит находка цезий-содержащего лейфита в Гренландии (Petersen *et al.* 1994). В анализах приведенных в данной работе содержание Cs<sub>2</sub>O колеблется в пределах от 0.23 до 1.38 %. Также возможно существование калиевого представителя этого семейства минералов. Так, в Гренландском лейфите содержание K<sub>2</sub>O составляет 1.52 – 2.55 %. Причем в трех анализах из четырех количество калия оказывается больше 0.5 формульной единицы (Petersen *et al.* 1994). Если предположить, что калий занимает одну и ту же позицию что и Cs в телюшенкоите, то это приводит к гипотетически новому минералу с общей формулой KNa<sub>6</sub>[Be<sub>2</sub>(Si,Al)<sub>18</sub>O<sub>39</sub>F<sub>2</sub>] (Sokolova *et al.* 2002).

Эталонный образец телюшенкоита хранится в систематической коллекции Минералогического музея им. А.Е.Ферсмана под № 90435.

Авторы благодарят Н.В.Чуканова за получение ИК-спектра и его интерпретацию.

## Список литературы

- Дусматов В.Д., Попова Н.А., Кабанова Л.К. О первой находке ридмерджнерита в СССР. //Доклады АН Таджикской ССР. 1967. Т. 10. № 10. С. 51 – 53.
- Дусматов В.Д. Минералого-геохимические особенности щелочных и гранитоидных пород верховья р. Дара-и-Пиоз (Южный склон Алайского хребта). //В сборнике: Вопросы геологии Таджикистана. Душанбе. 1970. С. 27 – 28.
- Дусматов В.Д. Минералогия щелочного массива Дара-и-Пиоз (Южный Тянь-Шань). //Автореферат диссертации. М. 1971. 18 с.
- Grew E.S., Belakovskii D.I., Fleet M.E., Yates M.G., Mc Gee J.J., Marquez N. Reedmergerite and associated minerals from peralkaline pegmatite, Dara-i-Pioz, southern Tien-Shan, Tajikistan. //Eur. J. Mineral. 1993. 5. P. 971 – 984.
- Petersen O.V., Ronsbo J.G., Leonardsen E.S., Johnsen O., Bollingberg H. and Rose-Hansen J. Leifite from the Ilimaussaq alkaline complex, South Greenland. //N. Jb. Miner. Mh. 1994. H. 2. 83 – 90.
- Sokolova E.V., Huminicki D.M.C., Agakhanov A.A., Pautov L.A., Grew E.S. The crystal chemistry of telyushenkoite and leifite, A Na<sub>6</sub>[Be<sub>2</sub>(Si,Al,Zn)<sub>18</sub>O<sub>39</sub>F<sub>2</sub>], A = Cs, Na. //Can. Miner. 2002. Vol. 40. P. 183 – 192.