

УДК 549.657.42

ТЕЛЮШЕНКОИТ $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$ – НОВЫЙ ЦЕЗИЕВЫЙ МИНЕРАЛ ГРУППЫ ЛЕЙФИТА¹

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/см³. Оптически одноосный, положительный, $n_o = 1.526(2)$, $n_e = 1.531(2)$. Сингония тригональная, пр. группа $R3-m1$, $a = 14.3770(8)^-$, $c = 4.8786(3)^-$, $V = 873.2(1)^{-3}$, $Z = 1$. Химический состав (м. з., BeO – колориметрия): SiO₂ – 64.32, Al₂O₃ – 7.26, BeO – 3.53, ZnO – 1.71, Na₂O – 13.53, K₂O – 0.47, Cs₂O – 6.76, Rb₂O – 6.76, F – 2.84, -O=F₂ – 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 $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$. Сильные линии порошкограммы: 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 $\text{NaNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$.

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 $\text{CsNa}_6[\text{Be}_2(\text{Si,Al,Zn})_{18}\text{O}_{39}\text{F}_2]$. 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 встречается 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 сочленения 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, кентбруксит, полилитионит и альбит. Телюшенкоит встречается 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/мм² (среднее значение по 8 замерам, разброс 696 – 737 кг/мм²) при нагрузке 100 г (измерена на приборе ПМТ-3,

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

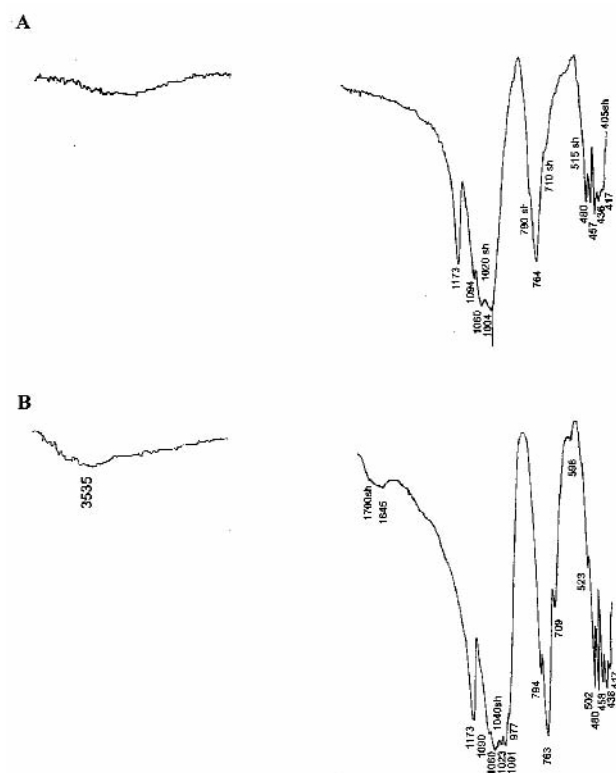


Таблица 1. Химический состав телюшенкоита (мас. %)

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

Примечание:

1 — среднее значение по

7 микрозондовым анализам, WDS;

*BeO определено колориметрическим методом с хиализарином.

Аналитики Л.А.Паутов, А.А.Агаханов

РИС. 1. ИК-спектры телюшенкоита (А) и лейфита (В). Спектры сняты на приборе Spesord-75IR, запресовка в таблетку KBr. Аналитик Н.В. Чуканов

тарированном 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/см³, вычисленная 2.73 г/см³. Минерал оптически одноосный, положительный. Показатели преломления измерены методом вращающейся 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 Spesord 75 IR и приведен на рис. 1. Он близок к спектру лейфита, но отличается от него отсутствием характерных полос гидроксильных групп ν_{OH} 3535 см⁻¹ и $\nu_{ОН}$ 1645 см⁻¹, 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⁻¹.

Химический состав

Химический состав телюшенкоита определен электронно-зондовым методом на приборе JXA-50А, оснащенный 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[PO₃]₄ (Cs), RbSc(WO₄)₂ (Rb), чкаловит (Si, Na), синтетический фторфлогопит (F). Расчет концентраций проведен по программе PAP. Определение бериллия проводилось из микронавески колориметрическим методом с хиализарином. Усредненный состав проанализированных зерен перечисляется при O + F = 41 на эмпирическую формулу Cs_{0.69}Na_{0.31}K_{0.14}Rb_{0.02}1.16Na_{6.00} [Be_{2.04}(Si_{15.46}Al_{2.06}Zn_{0.30})_{17.82}O_{38.84}F_{2.16}]. Идеальная формула минерала CsNa₆[Be₂(Si,Al)₁₈O₃₉F₂]. Индекс сходимости (Mandarino, 1981) данных определения химического состава, оптических свойств и плотности телюшенкоита (1-Кр/Кс) равен – 0.004, что соответствует superior.

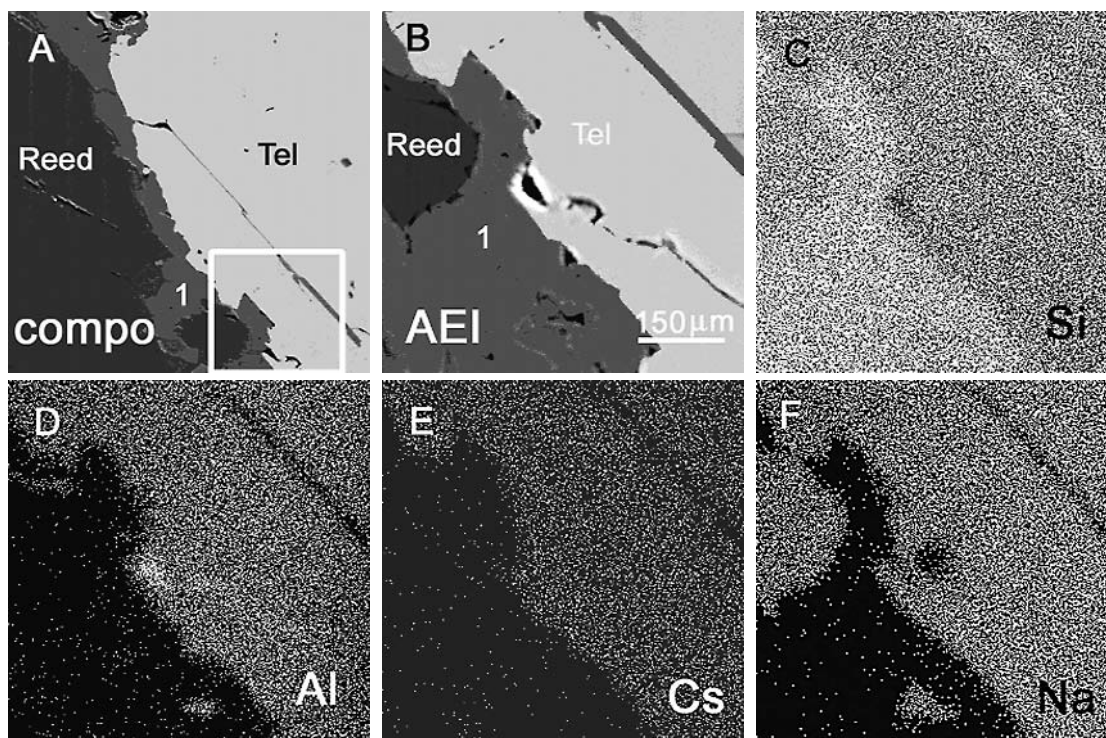


РИС. 2. Срастание телюшенковита (Tel) с ридмерджеритом (Reed) и фазой (1), отвечающей по составу SiO_2 . А — изображение в режиме контраста по среднему атомному номеру (СОМРО). В — фрагмент предыдущего снимка. Изображение в поглощенном токе (AEI) <None>. D, C, E, F — изображения в рентгеновском характеристическом излучении указанных элементов

Структура минерала и рентгеновские данные

Изучение кристаллической структуры телюшенковита выполнено Е.В.Соколовой с соавторами (2002) на монокристалле на дифрактометре Siemens P4 с R-фактором 2,5%. Сингония тригональная. Пространственная группа $R\bar{3}m1$. 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 телюшенковита 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 $T(2)-T(3) = \text{Si}$. 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 четверными 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 полиэдры $Na = (\text{Na})$. Позиции A, B располагаются в пределах каналов, образованных шестичленниками, полиэдры же Na находятся в «трубах» семичленных комбинированных колец. Каждый тетраэдр $T4$ объединяет три ближайших полиэдра Na в кластеры, вершины которых направлены вдоль оси c .

Основным отличием телюшенковита от лейфита является заселение октаэдрической позиции A в телюшенковите крупным катионом Cs, координированым 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 телюшенковите не заселена, тогда как в лейфите она частично занята молекулами воды.

Рентгенограмма телюшенковита получена на дифрактометре ДРОН-2 (Fe K α — излучение, эталон — кварц) индивидуальна и хорошо индицируется в пространственной группе $R\bar{3}m1$

Таблица 2. Результаты расчета порошкограммы телюшенкоита

I	d _{изм}	d _{рас}	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

Химическая формула	телюшенкоит	лейфит
	CsNa ₆ [Be ₂ (Si,Al,Zn) ₁₈ O ₃₉ F ₂]	NaNa ₆ [Be ₂ (Si,Al,Zn) ₁₈ O ₃₉ F ₂](H ₂ O)
Пространственная группа	P-3m1	P-3m1
a, Å	14.3770	14.352
c, Å	4.8786	4.852
Z	1	1
Наиболее сильные линии порошкограммы	12.47(7) 6.226(35)	12.429(25) 6.215(10)
D _{изм} (I)	4.709(21)	4.698(40)
	4.149(50)	4.520(25)
	3.456(40)	4.143(17)
	3.387(75)	3.588(17)
	3.161(100)	3.375(70)
	2.456(30)	3.151(100)
		2.458(25)
Цвет	белый, бесцветный	белый, бесцветный
Блеск	стеклянный	стеклянный
Плотность (изм), г/см ³	2.73	2.58
Твердость (Моос)	6	6
Осность, оптический знак	одноосный (+)	одноосный (+)
n _o	1.526	1.511–1.518
n _e	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 Cs₂O колеблется в пределах от 0.23 до 1.38 %. Также возможно существование калиевого представителя этого семейства минералов. Так, в Гренландском лейфите содержание K₂O 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 KNa₆[Be₂(Si,Al)₁₈O₃₉F₂] (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 получения ИК-спектра и его интерпретацию.

Список литературы

- Дусматов В.Д., Попова Н.А., Кабанова Л.К. О первой находке ридмерджерита 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 Na₆[Be₂(Si,Al,Zn)₁₈O₃₉F₂], A = Cs, Na. // Can. Miner. **2002**. Vol. 40. P. 183–192.