

ФАЙЗИЕВИТ $K_2Na(Ca_6Na)Ti_4Li_6Si_{24}O_{66}F_2$ – НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

А.А. Агаханов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, atali99@mail.ru

Л.А. Паутов

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва, pla58@mail.ru

Ю.А. Уварова

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Е.В. Соколова

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

Ф. Хавторн

Геологический факультет Университета Манитоба, Виннипег, Канада

В.Ю. Карпенко

Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана, Москва

Ф.Г. Гафуров

Таджикский государственный национальный Университет, Душанбе

Файзиевит — новый природный представитель натрий-калий-кальций-литиевых титаносиликатов — обнаружен в глыбе кварца в ассоциации с пектолитом, баратовитом, эгирином, полилитионитом, лейкоксфенитом, флюоритом и др. на морене ледника Дарай-Пиёз (Таджикистан). Минерал бесцветный, с сильным стекляннным блеском, образует таблитчатые пластинки без признаков огранки размером до 0.3 см. Твердость по Моосу — 4–4.5. $D_{изм.} = 2.83(2) \text{ г/см}^3$, $D_{внч.} = 2.819 \text{ г/см}^3$. Оптически положительный, двуосный, $n_p = 1.651(2)$, $n_m = 1.655(2)$, $n_g = 1.657(2)$, $2V_{изм.} = -72(2)^\circ$, $2V_{внч.} = -70.4^\circ$. Кристаллическая структура решена с $R = 7.5\%$. Сингония триклинная, пр. гр. $P-1$, $a = 9.8156(9)\text{Å}$; $b = 9.8249(9)\text{Å}$; $c = 17.3087(16)\text{Å}$; $\alpha = 99.209(2)^\circ$, $\beta = 94.670(2)^\circ$, $\gamma = 119.839(1)^\circ$, $V = 1403.7(4)\text{Å}^3$, $Z = 1$. Главные линии рентгеновской порошкограммы [d, Å, (I, %), (hkl)]: 5.60 (9) (0 0 3), 4.25 (60) (0 -2 1), 3.35 (100) (0 0 5), 3.14 (20) (1 -3 2), 3.06 (90) (-1 -2 3), 2.885 (55) (-2 1 5), 2.870 (10) (-2 3 2), 1.868 (17) (-1 4 4). ИК-спектр (сильные линии поглощения): 1211, 1178, 1130, 1022, 940, 783, 683, 651, 557, 534, 460 см^{-1} . Химический состав (микрозонд, Li_2O , Rb_2O , BaO , SrO — ИСП OES, масс. %,): SiO_2 — 60.65, CaO — 14.52, TiO_2 — 13.44, Nb_2O_5 — 0.11, SrO — 0.72, BaO — 0.24, K_2O — 3.93, Na_2O — 1.99, Li_2O — 3.76, Rb_2O — 0.13, F — 1.30, $-\text{O}=\text{F}_2$ — -0.55, сумма — 100.24. Эмпирическая формула файзиевита $(K_{1.98}Rb_{0.03})_{2.01}(Na_{0.90}\square_{0.10})_{1.00}(Ca_{6.16}Na_{0.63}Sr_{0.17}Ba_{0.04})_{7.00}(Ti_{4.00}Nb_{0.02})_{4.02}Li_{5.98}Si_{24}O_{66.00}(F_{1.63}O_{0.36})_{1.99}$. Упрощенная формула $K_2Na(Ca_6Na)Ti_4Li_6Si_{24}O_{66}F_2$. Минерал назван в честь профессора, члена-корреспондента Академии наук Республики Таджикистан Абдулхак Ражабовича Файзиева (1938 года рождения) известного минералога, автора многочисленных работ по минералогии и геологии Средней Азии. Образец с файзиевитом хранится в Минералогическом музее им. А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва).

В статье 3 таблицы, 5 рисунков, список литературы из 8 статей.

Место находки и ассоциация

Файзиевит встречен в образцах пород, собранных на морене ледника Дарай-Пиёз (Таджикистан). Ледник расположен в верховьях одноименной реки и прорезает верхний Дарай-Пиёзский щелочной массив, широко известный своей уникальной минерализацией. Минералогии и геологии щелочного массива посвящено множество публикаций (Дусматов, 1968, 1971, Belakovskiy, 1991 и др.). Для Дарай-Пиёзского массива, как и для многих других щелочных массивов, заметна возрастающая роль элементов-«заместителей» алюминия в минералах, а именно титана, циркония, ниобия, бериллия, бора. Здесь это прояв-

ляется в первую очередь в ярко выраженной борной специализации. Характерной геохимической особенностью массива является так же видовое разнообразие минералов титана. По нашим подсчетам, для одной пятой части всех минеральных видов Дарай-Пиёза титан является видообразующим элементом. Особенный интерес здесь представляют кольцевые титаносиликаты. Наряду с цирконосиликатами, эта группа на Дарай-Пиёзе является собой весьма необычную и уникальную ассоциацию. Многие из этих минералов впервые были открыты на Дарай-Пиёзе, причем практически все они являются эндемиками. А такие минералы как **баратовит**, $KCa_7(Ti, Zr)_2Li_3Si_{12}O_{36}F_2$ и **согдианит** — титансодержа-

¹ Рассмотрен и рекомендован к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов РМО и утвержден Комиссией по новым минералам и названиям минералов ММА 4 декабря 2006 г.

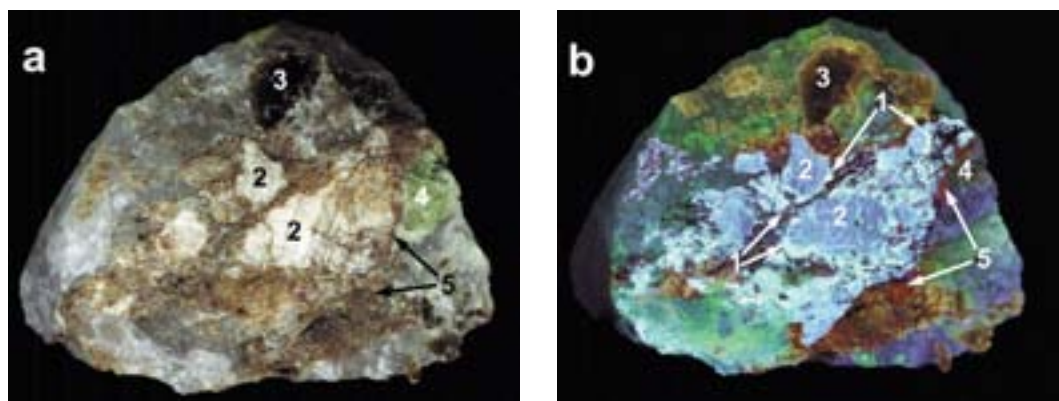


Рис. 1. Общий вид породы в которой обнаружен фэйзиевит в видимом (а) и в коротком ультрафиолетовом свете (b).

1 – фэйзиевит,
2 – баратовит,
3 – полишхионит,
4 – лейкосфенит,
5 – пектолит.

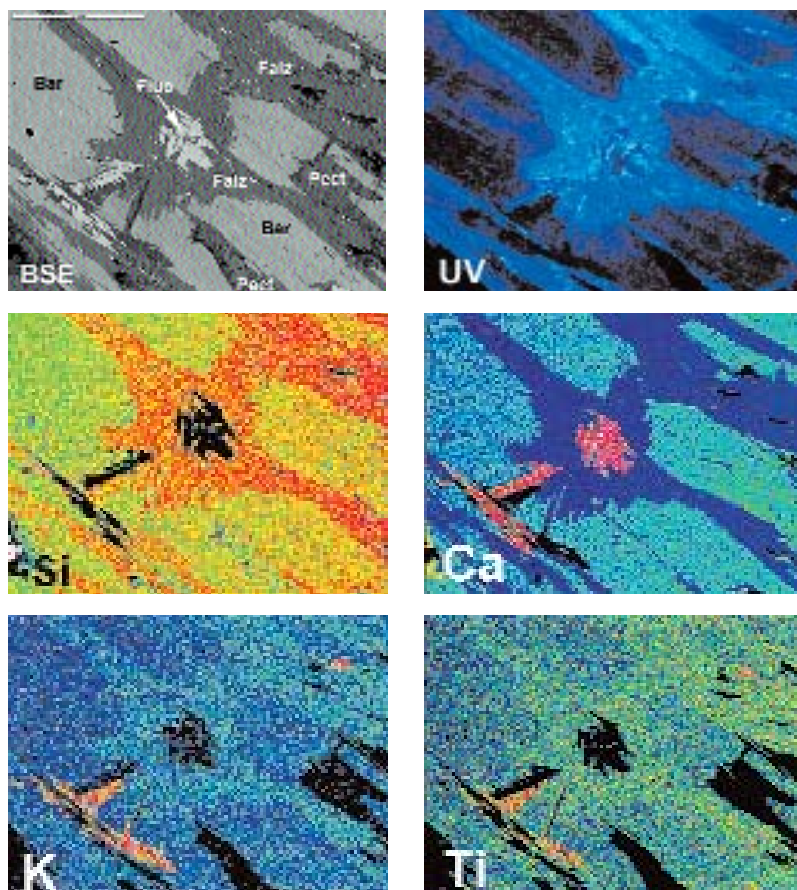


Рис. 2. Срастание фэйзиевита (Faiz) с баратовитом (Bar), флюоритом (Fluo), пектолитом (Pect). Изображение в режиме BSE, в коротковолновом ультрафиолетовом свете (UV) и в характеристическом рентгеновском излучении указанных элементов. Размер маркера равен 200 μm.

ший цирконосиликат $K(\square, Na)_2(Zr, Ti, Fe^{3+})_2Li_3Si_{12}O_{30}$ очень часто являются порообразующими минералами. Из кольцевых титаносиликатов следует отметить так же баотит, **березанскит**, **тяньшанит**, титантарамеллит, и так же **фэйзиевит** структура которого, как будет показано ниже, является производной от структур баратовита и березанскита (жир-

ным шрифтом выделены минералы, впервые открытые на Дараи-Пиёзе).

Сам щелочной массив Дараи-Пиёз трудно доступен из-за сложного горного рельефа, выражающегося в отвесных стенах ледниковой троговой долины. Моренные отложения представлены как материалом разрушения массива, так и породами рамы. Часть глыб в

морене довольно уверенно отождествляется с породами, которые наблюдаются в коренных выходах, небольшая часть обломков пород может быть привязана к коренным выходам предположительно, а для части найденных в морене пород до сих пор происхождение не может быть установлено сколь-нибудь достоверно. Именно к последней группе относятся обломки существенно кварцевых пород с богатой редкоземельной и редкометальной минерализации, в которых был обнаружен файзиевит. Эта порода состоит в основном из гранулированного и средне-крупнозернистого кварца льдистого облика, в которой вкраплены крупные пластины полилитиионита (до 20 см), кристаллы микроклина (до 3 см), гнезда (до 12 см) ридмерджнерита, идиоморфные кристаллы эгирина (до 5 см), редкие красно-коричневые, хорошо образованные чечевицеобразные кристаллы стиллуэллита-(Се) (до 2 см), травяно-зеленые кристаллы лейкофенита (до 3 см), фиолетово-розовые пластины согдианита и сугилита (до 20 см), темно-зеленые длиннопризматические кристаллы высокоуранового гидратированного туркестанита (до 2 см), гнезда полиминерального агрегата, сложенного в основном пектолитом (до 20 см). Реже в этой породе отмечаются баратовит, галенит, кальцит, капицаит-(Y), нептунит, пироклор, минералы группы эвдиалита, гиалотекит, таджикит, висмут, сфалерит, флюорит, фторапатит и фторапофиллит, соколоваит, пековит, сенкевичит. Данные породы встречаются на морене в виде глыб разной степени окатанности, размерами от 0.2 до 2 м в поперечнике. Эта порода не встречена в коренном залегании и, к сожалению, ни разу не встречено контактов ее с какой-либо породой. Как уже было сказано ранее, генезис этих образований до сих пор не нашел удов-

летворительного объяснения. Поэтому, чтобы в название породы не вносить генетическую нагрузку, мы называем их условно «кварцевыми глыбами».

Файзиевит встречается в кварцевых глыбах (рис. 1) в виде пластинчатых зерен без признаков огранки, размером до 3 мм в наибольшем измерении и толщиной до 0.2 мм, в тесном сростании с баратовитом, флюоритом в кварц-пектолитовом агрегате (Рис. 2). Чаще всего файзиевит обрастает баратовитом, образуя тонкую кайму между кварцем и баратовитом.

Физические свойства

Файзиевит – бесцветный прозрачный минерал с сильным стеклянным блеском. В коротковолновом ультрафиолетовом свете люминесцирует ярким белым светом, в длинноволновом ультрафиолетовом свете не люминесцирует. Твердость по шкале Мооса – 4–4.5. Твердость микровдавливания 445 кгс/мм^2 (среднее значение по 20 измерениям при разбросе единичных замеров от 424 до 474 кгс/мм^2). Микротвердость измерена на приборе ПМТ-3 при нагрузке 50 г, градуированном по NaCl. Минерал хрупкий. Плотность минерала определялась уравниванием зерен в растворе Клеричи. Измеренная плотность минерала – $2.83(2) \text{ г/см}^3$, вычисленная – 2.819 г/см^3 . Файзиевит – оптически положительный, двуосный минерал. По результатам измерений на федоровском столике угол $2V = -72(2)^\circ$. Вычисленный угол $2V = -70.4^\circ$. Показатели преломления минерала измерены иммерсионным методом (при 589 nm): $n_p = 1.651(2)$, $n_m = 1.655(2)$, $n_g = 1.657(2)$. Дисперсия средняя, $r < v$. Минерал не растворим в воде и в HCl (1:1). Инфракрасный спектр файзиевита полученный на ИК-фурье спектрометре Avatar (Thermo Nicolet), характеризуется полосами поглощения: $1211, 1178, 1130, 1022, 940, 783, 683, 651, 557, 534, 460 \text{ см}^{-1}$. ИК-спектр файзиевита индивидуален и не соответствует ИК-спектрам известных минералов (рис. 3).

Химический состав

Химический состав файзиевита изучался на электронном микрозонде JCXA-50A фирмы JEOL и методом ISP OES (табл. 1). Анализы на электронном микроанализаторе проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 2 нА при анализе на энергодисперсионном спектрометре и ускоряющем напряжением 15 кВ и токе зонда 25 нА при анализе

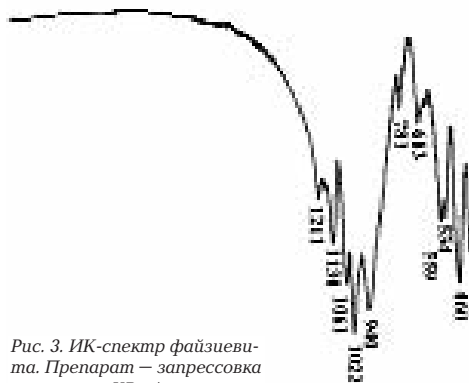


Рис. 3. ИК-спектр файзиевита. Препарат – запрессовка минерала в KBr. Аналитик А.А. Агаханов

Таблица 1. Химический состав файзиевита (мас. %)

Компоненты	Содержание из 20 точек в 6 зернах	
	Среднее	Пределы вариаций
SiO ₂	60.65	58.77–62.15
CaO	14.52	13.58–15.39
TiO ₂	13.44	12.94–13.84
Nb ₂ O ₅	0.11	0.00–0.34
SrO*	0.72	
BaO*	0.24	
K ₂ O	3.93	3.68–3.97
Na ₂ O	1.99	1.81–2.07
Li ₂ O*	3.76	
Rb ₂ O*	0.13	
F	1.30	1.20–1.39
-O=F ₂	-0.55	
Сумма	100.24	

Примечание: * данные получены методом ICP OES. Аналитики А.А. Агаханов, Л.А. Паутов.

на волновых спектрометрах. На энергодисперсионном спектрометре анализировались Si, K, Na, Ca, Ti, Nb; на волновом спектрометре измерялся фтор. В качестве стандартов использовались микроклин USNM143966 (Si, K), омфациит USNM 110607 (Na), анортит USNM 137041 (Ca), ильменит USMN 96189 (Ti), синтетический LiNbO₃ (Nb), MgF₂ (F). Зерна нового минерала гомогенны и свободны от вростков других минералов. Расчет концентраций проводился по программе ZAF-коррекции. Концентрации Li, Ba, Sr, Ва в минерале были получены методом ICP OES. Проба минерала разлагалась в полипропиленовом флаконе в концентрированной HF с добавлением HNO₃ и упаривалась до влажных солей. Далее к пробе добавлялась HNO₃ и упаривалась до сухого остатка для полного удаления всех фторидов. Полученный сухой остаток разводился в 2% HNO₃ и полученный раствор анализировалась на приборе VISTA Pro фирмы Varian. Усредненный состав проанализированных зерен (табл. 1) пересчитывается при Si = 24 на эмпирическую формулу (K_{1.98}Rb_{0.03})_{2.01}(Na_{0.90}□_{0.10})_{1.00}(Ca_{6.16}Na_{0.63}Sr_{0.17}Ba_{0.04})_{7.00}(Ti_{4.00}Nb_{0.02})_{4.02}Li_{5.98}Si₂₄O_{66.00}(F_{1.63}O_{0.36})_{1.99}. Упрощенная формула файзиевита K₂Na(Ca₆Na)Ti₄Li₆Si₂₄O₆₆F₂. Индекс сходности свойств (1-K_p/K_c) = 0.005, что соответствует его высшей степени.

Рентгеновские данные

Рентгеновская порошковая диаграмма файзиевита (табл. 2) была получена на приборе ДРОН-2. Для устранения возможного тексту-

Таблица 2. Результаты расчета рентгенограммы файзиевита

Дебайе-грамма	Дифрактограмма	теоретическая		hkl
		I	D	
		6	8.47	4 8.488 -1 1 0
				8 8.390 0 0 2
		9	5.60	10 5.594 0 0 3
7	4.27	60	4.25	50 4.261 0 -2 1
				42 4.249 -2 2 0
				50 4.244 0 0 4
		4	4.16	13 4.181 2 0 0
				22 4.162 -1 -1 3
1	4.06	5	4.08	29 4.080 2 -1 2
			3.98	34 3.998 1 -2 3
		5	3.72	1 3.718 -2 2 2
				3 3.699 -2 0 3
		3	3.59	13 3.614 -1 -1 4
		4	3.46	14 3.460 2 -2 3
10	3.36	100	3.35	100 3.356 0 0 5
5h	3.14	20	3.14	12 3.164 1 -3 2
				13 3.157 -1 3 0
				15 3.136 2 1 0
				14 3.131 3 -2 1
				36 3.123 -1 -1 5
9	3.08	90	3.06	48 3.066 -1 -2 3
				51 3.064 -2 3 1
				52 3.063 3 -1 1
				43 3.061 2 -1 4
2	3.01	9	3.00	23 2.999 -1 3 1
				42 2.996 1 -2 5
8h	2.886	55	2.885	35 2.881 -2 1 5
		10	2.870	39 2.865 -2 3 2
				39 2.865 -1 -2 4
		9	2.803	41 2.864 3 -1 2
1	2.722	8	2.721	17 2.716 -1 -1 6
				10 2.708 -3 1 4
		5	2.400	13 2.398 3 -1 4
		1	2.298	2 2.297 -3 3 4
		2	2.178	8 2.179 3 -1 5
				7 2.177 -1 -2 7
		1	2.120	2 2.119 1 -4 5
				3 2.119 -1 4 2
		1	2.062	6 2.062 -4 1 5
		1	2.014	1 2.015 4 -4 3
		2	1.983	7 1.983 3 1 3
				5 1.983 -1 -2 8
				4 1.983 3 -1 6
		17	1.868	5 1.868 -1 4 4

Примечание: Фотометод – РКУ 114М, Fe – анод, Мп-фильтр, УРС-50ИМ. Дифрактометр ДРОН-2, Fe – анод, графитовый монохроматор, скорость счетчика 1 град/мин., внутренний стандарт – кварц. Аналитик А.А. Агаханов

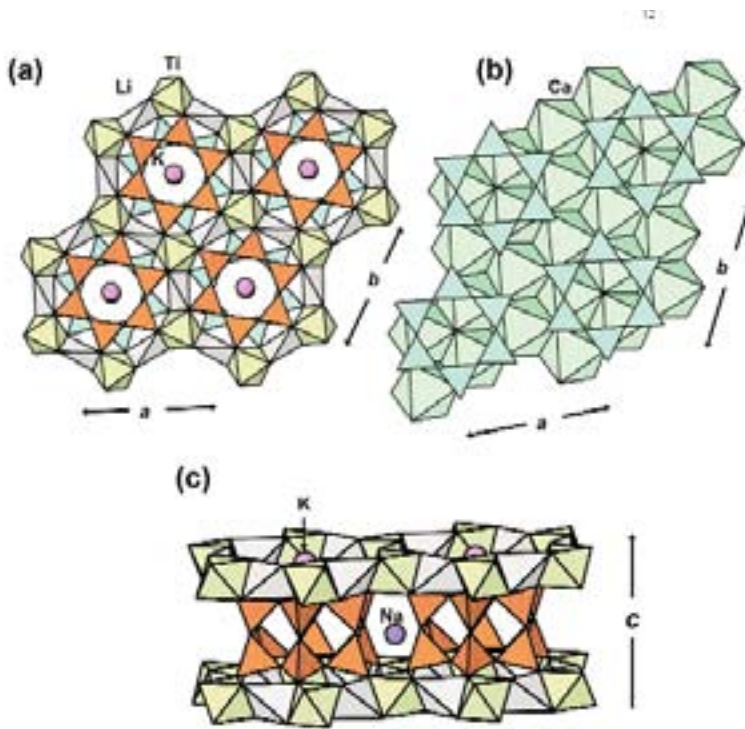


Рис. 4. Кристаллическая структура файзиевита: (а) фрагмент структуры, на котором показаны сдвоенные миларитовые кольца $[Si_{12}O_{30}]$, одиночные кольца $[Si_6O_{18}]$, тетраэдры $[LiO_4]$ и октаэдры $[TiO_6]$ – вид вдоль $[001]$; (б) одиночные кольца $[Si_6O_{18}]$, связанные с Ca-доминантными октаэдрами $M(1,2,3,4)$ – вид вдоль $[001]$; (в) связанные между собой кольца $[Si_{12}O_{30}]$ и октаэдры $[LiO_4]$ и $[TiO_6]$ – вид вдоль $[100]$. $[SiO_4]$ – тетраэдры, выполняющие миларитовые и берилловые кольца, соответственно оранжевые и голубые, $[LiO_4]$ -тетраэдры – серые, $[TiO_6]$ -октаэдры – могово-жёлтые; $M(1,2,3,4)$ -октаэдры – зелёные, позиции атомов $A(1)$ ($=Na$) и $A(2)$ ($=K$) окрашены фиолетовым и розовым, соответственно.

рирования препарата файзиевита при съёмке на дифрактометре была снята дебаграмма в камере РКУ 114М. Порошковая диаграмма файзиевита индивидуальна и не совпадает ни с одним известным минералом или синтетическим соединением. В качестве внутреннего стандарта применялся кварц.

Кристаллическая структура файзиевита с идеализированной формулой, $K_2Na(Ca_6Na)Ti_4Li_6Si_{24}O_{66}F_2$ (триклинной сингонией, $a = 9.8156(9)$, $b = 9.8249(9)$, $c = 17.3087(16)$ Å, $\alpha = 99.209(2)$, $\beta = 94.670(2)$, $\gamma = 119.839(1)$, $V = 1403.7(4)$ Å³, пр.гр. $P-1$, $Z = 1$), была уточнена с R фактором = 7.5% по 5044 $[F_o > 4\sigma|F|]$ независимым рефлексам, на дифрактометре Bruker P4, снабжённым Smart 4K CCD-детектором, MoK α – излучение (Uvarova *et al.*, 2008). Параметры ячейки были уточнены по порошковой диаграмме: $a = 9.8129(4)$ Å; $b = 9.8220(4)$ Å; $c = 17.3205(9)$ Å; $\alpha = 99.220(1)^\circ$, $\beta = 94.698(1)^\circ$, $\gamma = 119.795(1)^\circ$, $V = 1404.34(4)$ Å³.

В структуре файзиевита имеется пятнадцать позиций Т тетраэдрической координации, двенадцать из которых заселены исключительно Si (расстояние $\langle Si-O \rangle = 1.613$ Å), остальные же три тетраэдрические позиции заселены одним Li (расстояние $\langle Li-O \rangle = 1.928$). Так же имеется шесть позиций с октаэдрической координацией, из которых две заняты Ti и четыре – Ca с небольшой долей

Na и Sr. Заселенность этих позиций и межслоевые расстояния следующие: $D(1) = Ti_{2.00}$ ($\langle D(1)-O \rangle = 1.937$ Å), $D(2) = Ti_{2.00}$ ($\langle D(2)-O \rangle = 1.934$ Å), $M(1) = Ca_{2.00}$ ($\langle M(1)-O \rangle = 2.441$ Å), $M(2) = (Ca_{1.87} Sr_{0.13})$ ($\langle M(2)-O \rangle = 2.424$ Å), $M(3) = (Ca_{1.55} Na_{0.37} Sr_{0.04} Ba_{0.04})$ ($\langle M(3)-O \rangle = 2.415$ Å), $M(4) = (Ca_{0.74} Na_{0.26})$ ($\langle M(4)-O \rangle = 2.418$ Å). В структуре минерала имеются две межслоевые позиции A: $A(1) = (K_{1.98} Rb_{0.03})$ с [12]-координацией ($\langle A(1)-O \rangle = 3.092$ Å) и $A(2) = (Na_{0.90} \square_{0.10})$ с [9]-координацией ($\langle A(2)-O \rangle = 2.718$ Å).

В структуре файзиевита Si-тетраэдры объединены общими вершинами в [6]-членные кольца, из которых часть является однарными, $[Si_6O_{18}]$, а часть – сдвоенными, $[Si_{12}O_{30}]$. Оба типа [6]-членных колец соединены общими вершинами слагающих их тетраэдров с вершинами $[LiO_4]$ -тетраэдров и $[TiO_6]$ -октаэдров (рис.4а), образуя при этом гетерополиэдрические слои перпендикулярно оси с. Октаэдры $M(1,2,3,4)$ объединены общими вершинами и образуют октаэдрические слои перпендикулярно оси с (рис.4б). Гетерополиэдрические слои, состоящие из тетраэдров $[SiO_4]$, $[LiO_4]$ и октаэдров $[TiO_6]$ чередуются с октаэдрическими слоями, сложенных октаэдрами $M(1,2,3,4)$ (рис. 5). Интерстиции между слоями заполняют [6]-членные сдвоенные и одиночные

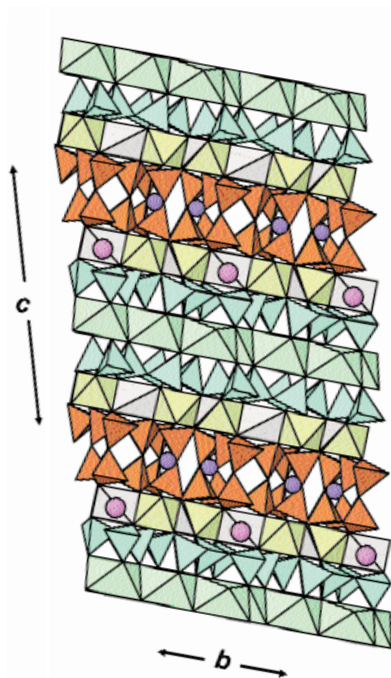


Рис. 5. Проекция структуры фэйзиевита на (011). $[SiO_4]$ – тетраэдры, выполняющие миларитовые и берилловые кольца, соответственно оранжевые и голубые, $[LiO_4]$ – тетраэдры – серые, $[TiO_6]$ – октаэдры – медово-жёлтые; $M(1,2,3,4)$ – октаэдры – зелёные, позиции атомов $A(1)$ ($=Na$) и $A(2)$ ($=K$) окрашены фиолетовым и розовым, соответственно

Таблица 3. Сравнительная характеристика фэйзиевита, баратовита и березанскита

	фэйзиевит	баратовит	березанскит
Химическая формула	$K_2Na(Ca_6Na)Ti_4Li_6Si_{24}O_{66}F_2$	$KCa_7(Ti,Zr)_2Li_3Si_{12}O_{36}F_2$	$KLi_3Ti_2Si_{12}O_{30}$
Сингония	Триклинная	Моноклиная	Гексагональная
Пространственная группа	$P-1$	$C2/c$ или Cc	$R\bar{6}/mcs$
$a, \text{Å}$	9.8156(9)	16.941(3)	9.903 (1)
$b, \text{Å}$	9.8249(9)	9.746(2)	14.276(2)
$c, \text{Å}$	17.3087(16)	20.907(3)	
$\alpha, ^\circ$	99.209(2)		
$\beta, ^\circ$	94.670(2)	112.5(1)	
$\gamma, ^\circ$	119.839(1)		
$V, \text{Å}^3$	1403.7(4)	3189.1	1212.4(4)
Z	1	4	2
Сильные линии рентгеновской порошковой дифракции: $d_{\text{изм.}}(\text{Å})$			
	5.60 (9)	4.18(3)	7.15(40)
	4.25 (60)	3.54(4)	5.81(12)
	3.35 (100)	3.22(100)	4.29(50)
	3.14(20)	3.02(5)	4.07(85)
	3.06(90)	2.41(20)	3.57(80)
	2.885(55)	1.92(17)	3.16(100)
	2.870(10)	1.83(3)	2.952(50)
	1.868(17)		2.895(95)
			2.742(30)
Плотность, g/cm^3 (изм)	2.83	2.89	2.66
	двуосный (+)	двуосный (+)	одноосный (-)
n_p	1.651	1.672	1.630
n_m	1.655	1.672	
n_g	1.657	1.673	1.635
Угол $2V, ^\circ$	-72	+60	

кольца. В этих интерстициях находятся атомы К (рис. 4а,с). Атомы Na расположены между sdвоенными [6]-членными кольцами (рис. 4с).

Структура фэйзиевита (Uvarova *et al.*, 2008) включает в себя чередование структурных слоев баратовита $KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}](OH,F)$ (Сандомирский и др. 1976, Menchetti, Sabelli 1979) и березанскита $KLi_3Ti_2[Si_{12}O_{30}]$. Примечательно то, что все три минерала – фэйзиевит, баратовит (Дусматов и др. 1975), березанскит (Паутов, Агаханов 1997) – впервые были описаны с щелочного массива Дарай-Пиёз. Сравнительная характеристика этих минералов приведена в таблице (табл. 3).

Образец с фэйзиевитом хранится в Минералогическом музее имени А.Е. Ферсмана РАН (г. Москва).

Благодарности

Авторы благодарят Р.У. Сабирову за помощь в проведении полевых работ на массиве Дарай-Пиёз и И.В. Пекова, Д.И. Белаковского за ценные советы и помощь в написании данной работы

Литература

- Дусматов В.Д. К минералогии одного из массивов щелочных пород // В сб.: Щелочные породы Киргизии и Казахстана. Фрунзе. 1968. С. 134–135.
- Дусматов В.Д. Минералогия щелочного массива Дарай-Пиёз (Южный Тянь-Шань). Автореферат диссертации. М. 1971. 18 с.
- Дусматов В.Д., Семенов Е.И., Хомяков А.П., Быкова А.В., Джафаров Н.Х. Баратовит – новый минерал //ЗВМО, 1975. вып. 5. С. 580–582.
- Паутов Л.А., Агаханов А.А. Березанскит $KLi_3Ti_2Si_{12}O_{30}$ – новый минерал //ЗВМО, 1997. №4, С. 75-80.
- Сандомирский П.А., Симонов М.А., Белов Н.В. Кристаллическая структура баратовита, $KLi_3Ca_7Ti_2[Si_6O_{18}]_2F_2$, Докл. АН СССР. 1976. Т. 231. С. 615–618.
- Belakovskiy D.I. Die seltene Mineralien von Dara-i-Pioz im Hochgebirge Tadshikistans // Lapis. 1991. Jg. 16. 12. P. 42–48.
- Menchetti S., Sabelli C. The crystal structure of baratovite //Am.Miner. 1979. v. 64. №3-4. 383–389.
- Uvarova Y.A., Sokolova E.V., Hawthorne F.C., Agakhanov A. A., Leonid A. Pautov L. A. The crystal structure of faizievite $K_2Na(Ca_6Na)Ti_4Li_6Si_{24}O_{66}F_2$, a novel structure based on intercalated blocks of the baratovite and