



Электронная версия доступна на сайте
[www.fmm.ru/Новые данные о минералах](http://www.fmm.ru/Новые_данные_о_минералах)

Минералогический музей
имени А.Е. Ферсмана РАН

Новые данные о минералах, том 59, вып. 1 (2025), 5–12

НДМ

Находка тайниолита в карбонатитах массива Дункельдык на Восточном Памире

Паутов Л.А.¹, Шодибеков М.А.², Махмадшариф С.^{3,2}

¹Минералогический музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Москва, pla58@mail.ru

²Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана, Душанбе

³Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва

Тайниолит $\text{KLiMg}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$ обнаружен в богатых стронцием карбонатитах кайнозойского субвулканического калиевого щелочного комплекса Дункельдык ($37^\circ 46' 50''\text{N}$, $74^\circ 59' 37''\text{E}$) на Восточном Памире, Горно-Бадахшанская АО, Таджикистан. Тайниолит представлен пластинчатыми зернами светло-коричневого цвета до 3 мм в поперечнике и до 0.4 мм толщиной в породе, состоящей из кальциевого стронцианита ($\text{Sr}_{0.54}\text{Ca}_{0.46}$) CO_3 , флюорита, Sr-содержащего кальцита, стронцианита, Sr-содержащего фторапатита, барита, амфибола, близкого к фтормагнезиарфведсониту, эгирина, минерала группы канкринита, анкилита-(Ce) и пирита. Тайниолит оптически двуосный, отрицательный. $2V = 5\text{--}10(2)^\circ$. Показатели преломления минерала: $n_g = n_m = 1.547(2)$, $n_p = 1.524(2)$. Тайниолит из Дункельдыкского массива характеризуется содержанием лития, близким к теоретическому, и предельной фтористостью. Химический состав ($n = 7$, м.з., Li – LA-ICP-MS): SiO₂ 58.98, TiO₂ 0.09, Al₂O₃ 0.23, FeO 0.51, MnO 0.12, MgO 19.89, K₂O 11.28, Na₂O 0.38, Li₂O 3.65, F 9.24, H₂O 0.07, сумма 104.44, O = F – 3.88, сумма 100.57. Формула минерала (O = 10): $(\text{K}_{0.97}\text{Na}_{0.05}\text{Li}_{0.02})(\text{Li}_{0.97}\text{Mg}_{0.03})_{1.00}(\text{Mg}_{1.97}\text{Fe}_{0.03}\text{Mn}_{0.01})_{2.01}(\text{Si}_{3.97}\text{Al}_{0.02}\text{Ti}_{0.01})_{4.00}\text{O}_{10}[\text{F}_{1.97}(\text{OH})_{0.03}]_2$. Основные полосы поглощения в ИК-спектре тайниолита (см⁻¹): 1129, 967, 721, 497, 383. В рамановском спектре сильные линии (см⁻¹): 184, 258, 295, 307, 334, 701, 956, 1146. Приведена рентгеновская порошкограмма тайниолита. По-видимому, это первая находка литиевого минерала в карбонатитах Дункельдыка.

Ключевые слова: тайниолит, карбонатиты, литий, Дункельдык, Восточный Памир, Горно-Бадахшанская АО, Таджикистан.

Введение

Тайниолит $\text{KLiMg}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$ – малораспространенная литиевая слюда, впервые описанная Густафом Флинком из месторождения Нарсарсук в Южной Гренландии [Flink, 1901]. Последующие находки тайниолита также связаны прежде всего с щелочными породами: нефелиновыми сиенитами и их дериватами [Fersman, 1926; Семенов, 1959]; фенитами, альбититами и другими щелочными метасоматитами [Miser, Stevens, 1938; Еременко, Вальтер, 1963; Герасимовский, 1965; Конев и др., 1996; Armbruster et al., 2007; и др.]. Описан тайниолит в хром-ванадиевых слюдистых метасомати-

тах Карелии [Румянцева и др., 1984]; в рудах Ермаковского F-Be-месторождения [Дамдинова, Рейф, 2005]. Находки тайниолита в карбонатитах немногочисленны, однако, в последние десятилетия количество их значительно возросло [Герасимовский, 1965; Le Bas et al., 1992; Cooper et al., 1995; Traversa et al., 2001; Сотникова, 2007; Сотникова, Владыкин, 2009; Al-Ani, Sarapää, 2016; Sharygin, 2017; Шарыгин, 2024, и др.].

В Таджикистане тайниолит известен в щелочном массиве Дарай-Пиёз [Владыкин, Дусматов, 1996]. Позднее в породах этого же массива был

открыт цезиевый аналог тайниолита – гармит $\text{CsLiMg}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$ [Паутов и др., 2022].

В 2024 году при полевых работах на Восточном Памире нами был обнаружен тайниолит в карбонатите Дункельдыкского массива. В доступной литературе нам не удалось найти сведений о тайниолите с Памира, и, возможно, описываемая находка этой литиевой слюды является первой для Памира.

Место находки тайниолита

Тайниолит обнаружен в свалах карбонатитов кайнозойского субвулканического калиевого щелочного комплекса Дункельдык (рис. 1) в верховьях одноименной реки ($37^{\circ}46'50''\text{N}$, $74^{\circ}59'37''\text{E}$), около коренных выходов флюорит-апатитовых пород с редкоземельной минерализацией, известных как «тело Бандаренко». Интрузивные породы, включая карбонатиты, Верхнедункельдыкского массива (выделяемого в контурах Дун-

кельдыкского комплекса) обнажаются на высотах 4800–5100 м. Описанию калиевых щелочных пород Восточного Памира посвящена монография Э.А. Дмитриева (1976). С геологией, минералогией, геохимией Дункельдыкского комплекса можно познакомиться по многочисленным публикациям [Дмитриев, Могаровский, 1976; Гафуров, 1997; Файзиев и др., 2000; Соловова и др., 2006, 2009; Solovova, Giris, 2012; Файзиев, 2016; Hong et al., 2019; Stepanov et al., 2024], из которых наиболее детальная – монография А.Р. Файзиева, Ф.Ш. Искандарова и Ф.Г. Гафурова (2000).

Описание тайниолита из Дункельдыкского массива

Тайниолит диагностирован в породе, состоящей более чем на 80 об.% из карбонатов. В сложении породы участвуют два контрастных по облику и минералогическому составу агрегата (рис. 2–4). Один из них белый с очень слабым зеленоватым оттенком тонкозернистый агрегат кальциевого



а



б

Рис. 1. Дункельдыкский субвулканический щелочной комплекс, Восточный Памир. а – схематическая карта Таджикистана с отмеченным расположением Дункельдыкского щелочного комплекса (красная точка); б – вид верховьев реки Дункельдык – района находки тайниолита в карбонатите. Фото 2024 г.

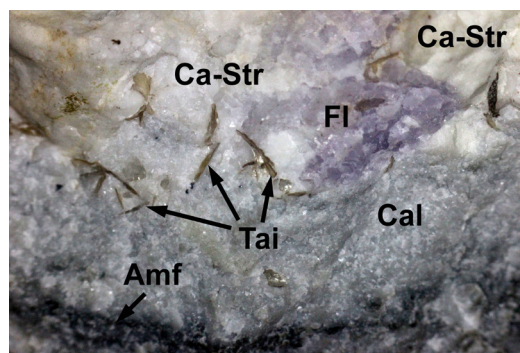
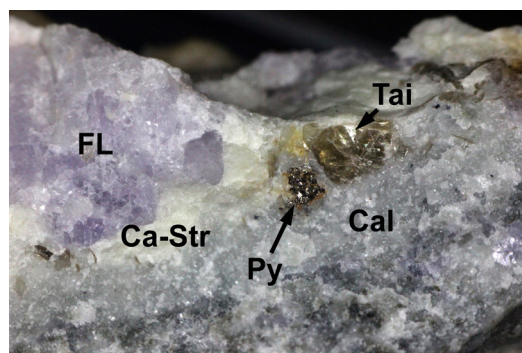


Рис. 2. Вид образца карбонатита с тайниолитом, Дункельдыкский массив, Восточный Памир. Ширина полей зрения 15 мм. Обозначения минералов (здесь и далее): Tai – тайниолит, Ca-Str – кальциевый стронцианит, Str – стронцианит, Fl – флюорит, Cal – Sr-содержащий кальцит, Amf – амфибол, по составу отвечающий фтормагнезиоарфведсониту, Py – пирит, Ar – фторапатит, Brt – барит, Kfs – калиевый полевой шпат, CCn – минерал группы канкринита.

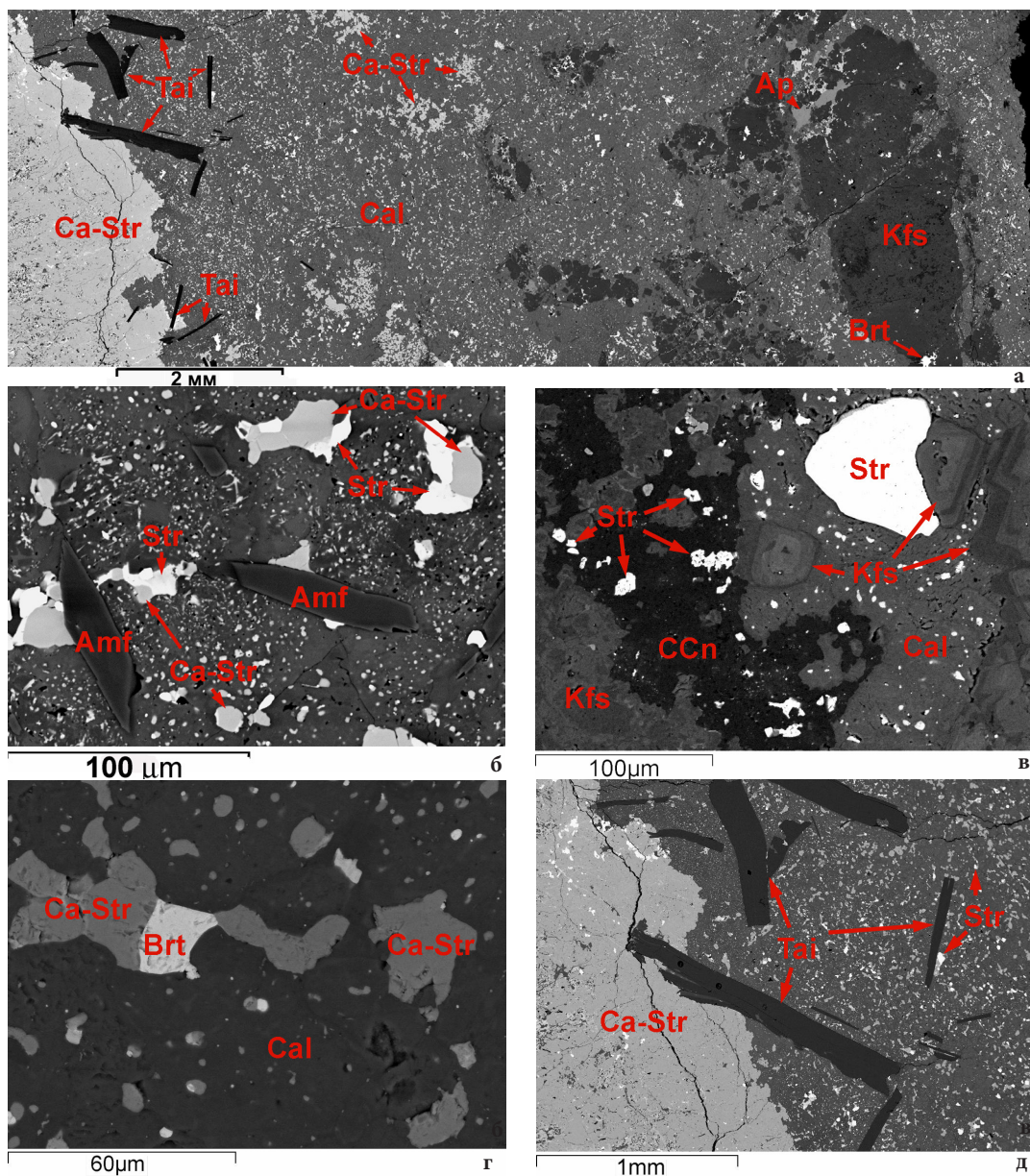


Рис. 3. Вид полированного шлифа из карбонатной породы с тайниолитом, показанной на рис. 2, в отраженных электронах.

а – пластинчатые зерна тайниолита приурочены к границе между двумя агрегатами минералов: в левой части снимка виден тонкозернистый практически мономинеральный агрегат кальцевого стронцианита (светло-серый), вправо от него – полиминеральный агрегат, основную ткань которого слагает Sr-содержащий кальцит (серый) с многочисленными мелкими округлыми выделениями кальцевого стронцианита, реже стронцианита, барита и относительно крупными (до 10 мм) с изрезанными контурами зернами калиевого полевого шпата;

б – участок породы, обогащенный амфиболом (соответствует на рис. 2 более меланократовой части образца, нижние участки снимков); в – участок, обогащенный калиевым полевым шпатом и минералом из группы канкринита. Видны зональные кристаллы калиевого полевого шпата, более светлые центральные участки которых обогащены барием (BaO до 6.7 мас.%). В кальцитовом агрегате – многочисленные разноразмерные выделения стронцианита;

г – мелкие каплевидные округлые и более крупные с изрезанными контурами агрегаты из кальцевого стронцианита и барита в матрице кальцита;

д – сечения пластинчатых зерен тайниолита на границе агрегата кальцевого стронцианита и Sr-содержащего кальцита с многочисленными мелкими округлыми выделениями кальцевого стронцианита, стронцианита и барита. Черные округлые пятна на тайниолите – следы лазерной абляции.

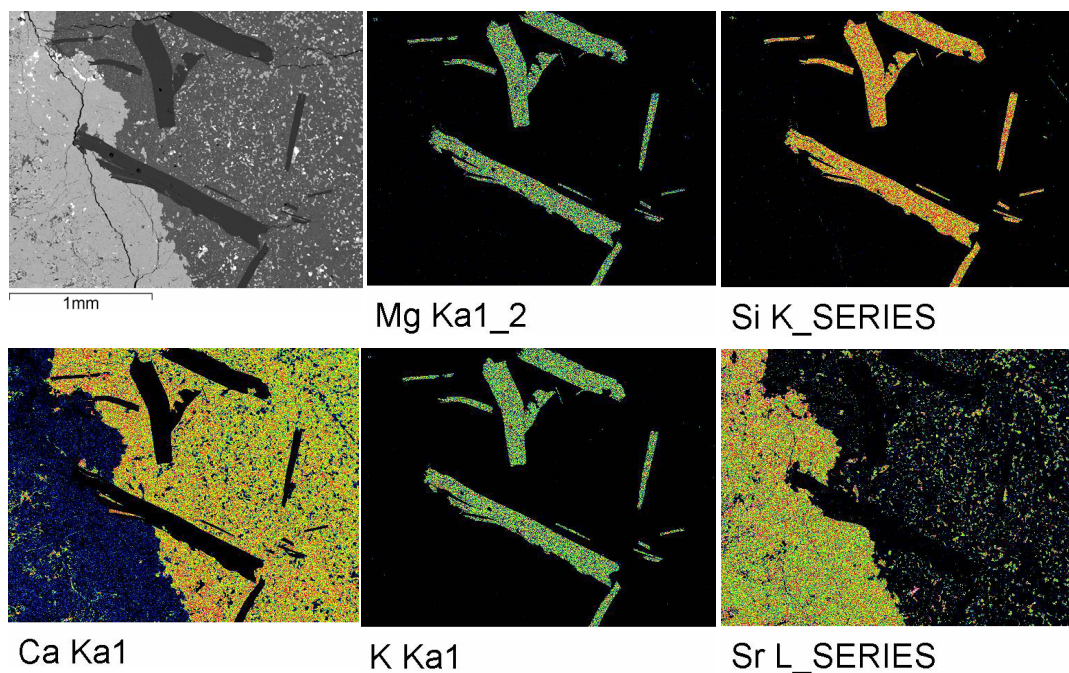


Рис. 4. Рентгеновские карты распределения элементов (символы элементов и рентгеновские линии указаны под картами) в участке шлифа карбонатной породы с тайниолитом, показанном на рис. 3д. Карты распределения кремния и стронция построены с учетом наложения $SrL\alpha$ на $SiK\alpha$.

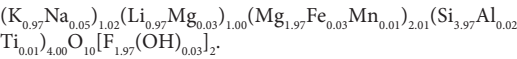
стронцианита¹ ($Sr_{0.54}Ca_{0.46}$)CO₃ с отдельными крупными (до 15 мм в поперечнике) зернами бледно-фиолетового флюорита и редкими отдельными мелкими зернами пирита. Второй тип агрегата – серая мелкозернистая полиминеральная порода, основную ткань которой слагает Sr-содержащий кальцит с многочисленными мелкими (от 1 до 100 мкм) выделениями кальциевого стронцианита, стронцианита, реже – барита, флюорита, Sr-содержащего фторрапатита, амфибола, близкого к фтормагнезиарфведсониту, эгирина, минерала группы канкринита, анкилита-(Ce) и пирита.

Тайниолит представлен пластинчатыми зернами до 3 мм в поперечнике и до 0.4 мм толщиной, в основном приуроченными к границе между двумя описанными разностями породы (рис. 2–4). Цвет минерала светлый золотисто-коричневый. Блеск сильный стеклянный. Минерал прозрачный. Спайность совершенная по (001), как и у других слюд. Отщепленные от кристаллов тайниолита листочки гибкие. В коротковолновом и длинноволновом ультрафиолетовом свете минерал не

люминесцирует. Тайниолит оптически двуосный, отрицательный с углом $2V\ 5-10(2)^\circ$. Дисперсия не наблюдается. Показатели преломления минерала измерены теодолитно-иммерсионным методом на приборе ППМ-1 конструкции В.Г. Фекличева и составили: $n_g = n_m = 1.547(2)$, $n_p = 1.524(2)$. Отметим, что измеренные показатели преломления тайниолита из Дункельдыкского массива выше показателей преломления синтетического тайниолита ($n_g = n_m = 1.540$, $n_p = 1.513$) и близки к данным для тайниолита из метасоматитов Карелии ($n_g = 1.546$) [Румянцева и др., 1984]. Вероятно, более высокие показатели преломления природного тайниолита связаны с изоморфным вхождением в состав минерала некоторых количеств железа, марганца и титана (например, тайниолит с 5% FeO из Ловозерского массива имеет показатель преломления $n_g = 1.58$ [Семенов, 1959]). Однако простой зависимости роста показателей преломления с ростом содержаний Fe, Mn, Ti не наблюдается, так как увеличение фтористости тайниолита действует в противоположном направлении.

Химический состав тайниолита из Дункельдыкского массива (табл. 1) изучался методами электронно-зондового анализа и LA-ICP-MS в лаборатории Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН. Расчет на 10 атомов кислорода приводит к формуле:

¹ Рентгеновская порошковая диаграмма и элементный состав практически полностью соответствуют данным карточки № 44–1421 кальциевого стронцианита ($Sr_{0.53}Ca_{0.47}$)CO₃ в базе PDF. Данные в базе из персонального сообщения Е. Васильева и Б. Чеснокова.



Тайниолит из карбонатита Дункельдыкского массива характеризуется содержанием лития, близким к теоретическому, и предельной фтористостью. Вычисленная по балансу зарядов концентрация OH⁻-групп и соответственно расчетное содержание воды в анализе минерала невелико и находится в пределах аналитических ошибок. Как будет показано ниже, в ИК- и КР-спектрах памирского тайниолита вода не обнаружена. Высокая фтористость минерала хорошо согласуется с крайне высокой ролью фтора в карбонатитах Дункельдыка. В Верхнедункельдыкском массиве известны карбонаты с различной ролью флюорита, вплоть до практически мономинеральных магматических флюоритов [Файзиев и др., 2000; Соловова и др., 2006; Stepanov et al., 2024].

Инфракрасный спектр тайниолита из Дункельдыкского массива (рис. 5) характеризуется хорошим разрешением. Сравнение положения полос поглощения нашего тайниолита и тайниолита из Ловозерского массива приведено в табл. 2.

Рамановский спектр тайниолита из Дункельдыкского массива на Восточном Памире весьма

близок к КР-спектру тайниолита из Ловозерского массива на Колском полуострове (рис. 6).

Рентгеновская дифрактограмма тайниолита (табл. 3) близка к порошкограмме тайниолита из Арканзаса, США (JCPDS 15-0256).

Обсуждение

В богатых стронцием карбонатитах Дункельдыкского массива на Восточном Памире диагностирована малораспространенная триоктаэдрическая литий-магниева слюда – тайниолит. По-видимому, это первая находка литиевого минерала на Дункельдыке. По составу минерал является предельно фтористым и содержит почти максимальное количество лития, какое отмечалось в природном тайниолите.

Только дальнейшее минералогическое и геохимическое изучение Дункельдыкского массива сможет дать ответ, является ли литий характерным элементом карбонатитов этого массива или наша находка литиевой слюды останется единичной.

Полированный образец карбонатита с тайниолитом в шашке из эпоксидной смолы передан в Минералогический музей им. А.Е. Ферсман РАН.

Таблица 1. Химический состав (мас.%) тайниолита из карбонатитов щелочного комплекса Дункельдык, Восточный Памир, ГБАО, Таджикистан

	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	Теор. состав
SiO ₂	59.11	59.21	59.13	58.73	58.29	58.79	59.57	58.98	59.35
TiO ₂	0.05	нпо	0.06	0.10	0.14	0.21	0.07	0.09	
Al ₂ O ₃	0.16	0.34	0.24	0.25	0.13	0.34	0.18	0.23	
FeO	0.60	0.58	0.53	0.48	0.38	0.58	0.44	0.51	
MnO	0.19	0.15	0.11	0.06	0.16	0.08	0.12	0.12	
MgO	19.98	19.6	19.92	20.11	19.81	19.88	19.93	19.89	19.90
K ₂ O	11.31	11.24	11.11	11.32	11.27	11.45	11.28	11.28	11.63
Na ₂ O	0.39	0.40	0.37	0.53	0.32	0.26	0.38	0.38	
Li ₂ O								3.65	3.69
F	9.05	9.04	9.40	9.08	9.43	8.66	9.99	9.24	9.38
H ₂ O*								0.07	
Сумма	100.84	100.56	100.87	100.66	99.93	100.25	101.96	104.44	103.94
O = F	3.80	3.80	3.95	3.81	3.96	3.62	4.20	3.88	3.94
Сумма	97.04	96.76	96.92	96.85	95.97	96.63	97.76	100.57	100.00

Примечание. Анализы выполнены на электронном микрозонде JCXA-733 JEOL с помощью Si(Li)-детектора с ультратонким окном ATW-2 и системой анализа INCA Energy 350 фирмы Oxford Instruments, 20 кВ, 1 нА; расчет концентраций выполнен методом ХРР; Li₂O измерен методом LA-ICP-MS, масс-спектрометр с индуктивно связанной плазмой HP 4500 и системой лазерной абляции New Wave Research UP-213. Частота повторения импульсов лазера 20 Нз, диаметр пятна абляции 30 мкм, несущий газ в ячейке абляции Ar (скорость потока 0.4 л/мин). Образец сравнения – изученный независимыми методами (АА, ICP-OES) полилитиионит из Дараи-Пиёзского массива, Таджикистан. H₂O* – расчетное содержание (по балансу зарядов).

Таблица 2. Волновые числа (см⁻¹) полос поглощения в ИК-спектрах тайниолита

Дункельдыкский массив, В. Памир, ГБАО (наши данные)	Ловозерский массив, Россия [Pekov et. al., 2003]	Интерпретация полос поглощения [Pekov et. al., 2003]
1129	1130	ν (Si-O-Si)
1084 sh	1100 sh	
967	966	ν (Si-O)
721*	716	δ (O-Si-O)
522 sh	525 sh	δ (Si-O-Si)
497	500	
469	470	ν (M-O)
383		

Примечание. * Возможно наложение слабой полосы вазелинового масла.
ν – валентные колебания, δ – деформационные колебания.

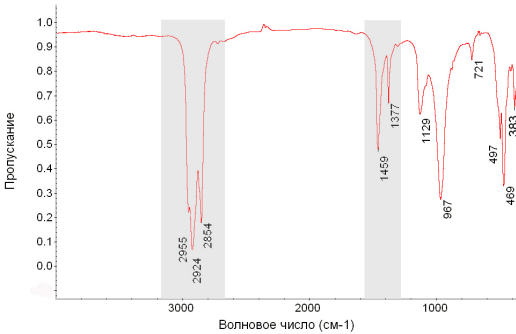


Рис. 5. ИК-спектр тайниолита из пород Дункельдыкского массива, Восточный Памир.
Условия получения спектров: инфракрасный фурье-спектрометр ФСМ 2201 (Россия), препарат – суспензия минерала на вазелиновом масле, подложка – КВг. Области поглощения вазелинового масла закрашены на спектре серым цветом.

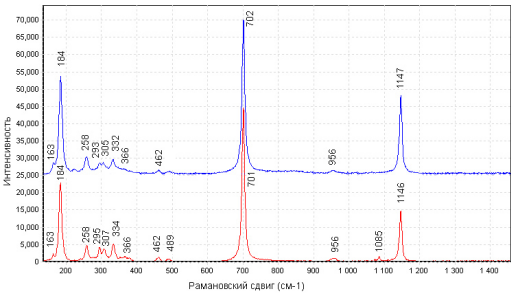


Рис. 6. Рамановские спектры тайниолита с полированных срезов, перпендикулярных спайности: верхний (синий) спектр – тайниолит из пегматита № 45, гора Лепхе-Нельм, Ловозерский массив, образец из Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана FMM_1_83876; нижний (красный) спектр – тайниолит из Дункельдыкского массива, Восточный Памир, ГБАО, Таджикистан. Спектры получены с помощью раман-спектрометра ИнСпектр R532 (Россия), установленного на поляризационном микроскопе Olympus BN. Длина волны лазерного излучения 532 нм, выходная мощность 7.5–15 мВт, голографическая решетка 1800 штр./мм, спектральное разрешение 6 см⁻¹. Спектры получены с объективом 50х.

Таблица 3. Рентгеновская порошковаяграмма тайниолита

Дункельдык		JCPDS 15-0256		
d	I	d	I	hkl
10.01	66	10.00	75	001
5.00	36	5.010	45	T01
4.485	1	4.480	8	110
3.878	1	3.870	8	111
3.604	1	3.600	18	T12
3.335	100	3.340	100	102
3.116	4	3.120	25	112
3.037	3*			
2.884	3	2.880	25	031
2.685	2	2.860	12	122
2.601	1	2.600	12	T31
2.573	2	2.575	14	200
2.500	5	2.500	10	210
2.393	1	2.398	18	Z12
2.262	1	2.250	10	210
		2.230	2	041
2.145	1	2.145	12	T24
2.000	43	1.999	35	T05
		1.977	4	230
1.660	3	1.655	18	016
1.524	1	1.521	8	Z31
1.508	1	1.507	6	T45
1.487	1	1.491	4	Z50
1.429	3	1.423	4	Z12

Примечание. Рентгеновская дифрактограмма получена на дифрактометре ДРОН-3 на Си-излучении, Ni-фильтр, под управлением аппаратно-программного комплекса DIFWIN. Внутренний стандарт – кремний.
* Отражение, возможно, принадлежит примеси кальция.

Благодарности

Авторы благодарят за всестороннюю помощь и консультации Ф.Ш. Искандарова, М.А. Миракова и Я.Н. Нуруллоева, за помощь при инструментальных исследованиях минералов – П.Ю. Плечова,

А.О. Карпова и В.Ю. Карпенко. Особую благодарность авторы выражают водителю Я.Т. Ашимову, высочайший профессионализм и мастерство которого в значительной мере способствовали успешному проведению полевых работ в высокогорных условиях Восточного Памира.

Список литературы:

- Владыкин Н.В., Дусматов В.Д. Химический состав слюд массива Дарай-Пиоз (Таджикистан) // Зап. ВМО. 1996. № 3. С. 84–94.
- Гафуров Ф. Г. Минералогия и термобарогеохимические условия становления редкоземельно-флюоритового месторождения Дункельдык (Восточный Памир). Автореферат дисс. к. г.-м.-н. Ташкент. 1997. 20 с.
- Герасимовский В.В. О тайниолите из карбонатных образований и альбититов // Новые данные о минералах СССР. 1965. Вып. 16. С. 215–218.
- Дамдинова Л.Б., Рейф Ф.Г. Тайниолит в рудах Ермаковского F-Be-месторождения: закономерности распространения, условия формирования // Геология рудных месторождений. 2005. Т. 47. №. 2. С. 164–173.
- Дмитриев Э.А. Кайнозойские калиевые щелочные породы Восточного Памира. Душанбе: Дониш, 1976. 170 с.
- Дмитриев Э.А., Могаровский В.В. Редкие элементы в щелочных породах Памира новой щелочной провинции // Геохимия. 1976. №. 3. С. 366–372.
- Еременко Г.К., Вальтер А.Л. Об акцессорном тайниолите из щелочных метасоматитов Приазовья // Записки ВМО. 1963. Вып. 5. С. 599 – 601.
- Конев А.А., Воробьев Е.И., Лазебник К.А. Минералогия Мурунского щелочного массива. Новосибирск: изд-во НИЦ ОИГГМ, 1996. 221 с.
- Паутов Л.А., Агаханов А.А., Пеков И.В., Карпенко В.Ю., Сийдра О.И., Соколова Е.В., Хоторн Ф.К., Файзиев А.Р. Гармит $\text{CsLiMg}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$ – новый минерал группы слюд из “кварцевых глыб” Дарай-Пиёзского щелочного массива, Таджикистан // Записки РМО. 2022, № 4. С. 18–32.
- Румянцева Е.В., Мищенко К.С., Калиничева Л.И. Тайниолит и хромо-ванадиевые слюды в метасоматитах Карелии // Записки ВМО, 1984. № 1. С. 68–75.
- Семенов Е.И. Литиевые и другие слюды и гидрослюды в щелочных пегматитах Колыского полуострова // Труды Минер. музея АН СССР. 1959. Вып. 9. С. 107–137.
- Соловова И.П., Гирнис А.В., Рябчиков И.Д., Кононкова Н.Н. Механизмы образования высокобариевого флогопита и высокостронциевого апатита на заключительных стадиях эволюции щелочных магм // Геохимия. 2009. Т. 6. С. 613–627.
- Соловова И.П., Гирнис А.В., Рябчиков И.Д., Симакин С.Г. Высокотемпературный карбонатитовый расплав и его взаимоотношения с щелочными магмами Дункельдыкского комплекса, Юго-Восточный Памир // Доклады Академии наук. 2006. Т. 410. №. 4. С. 519–522.
- Сотникова И.А. Особенности состава редких разновидностей слюд из карбонатитов Акитского массива // Современные проблемы геохимии. Материалы конференции молодых ученых. 2007. С. 57–59.
- Сотникова И.А., Владыкин Н.В. Петрогеохимические и минералогические особенности редкометалльных щелочных массивов Северного Прибайкалья // Науки о Земле и недропользование. 2009. Т. 35. №. 2. С. 62–68.
- Файзиев А.Р. Сравнительная минералогическая характеристика щелочных массивов Дункельдык и Дарай-Пиёз (Таджикистан) // Записки РМО. 2016. Т. 145. №. 2. С. 20–29.
- Файзиев А.Р., Искандаров Ф.Ш., Гафуров Ф.Г. Минералогия, термобарогеохимические условия становления и генезис редкоземельно-флюоритового месторождения Дункельдык (Восточный Памир). Душанбе. 2000. 133 с.
- Шарыгин В.В. Высококатровые карбонаты и карбонат-фосфаты в породах щелочно-карбонатитовых массивов Чуктуков и Средняя Зима: по данным изучения включений в пирите // Геосферные исследования. 2024. № 3. С. 87–100.
- Armbruster T., Richards R.P., Gnos E., Pettke T., Herwegh M. Unusual fibrous sodian tainiolite epitactic on phlogopite from marble xenoliths of Mont Saint-Hilaire, Quebec, Canada // Canadian Mineralogist. 2007. Vol. 45. No. 3. P. 541–549.
- Cooper A.F., Paterson L.A., Reid D.L. Lithium in carbonatites—consequence of an enriched mantle source? // Mineralogical Magazine. 1995. Vol. 59. No. 396. P. 401–408.
- Doroshkevich A.G., Chebotarev D.A., Sharygin V.V., Prokopyev I.R., Nikolenko A.M. Petrology of alkaline silicate rocks and carbonatites of the Chuktukon massif, Chadobets upland, Russia: Sources, evolution and relation to the Triassic Siberian LIP // Lithos. 2019. 332. P. 245–260.
- Fersman A.E. Minerals of the Kola peninsula // American Mineralogist. 1926. Vol. 11. No. 11. P. 289–299.
- Flink G. On the minerals from Narsarsuk on the Firth of Tunugdliarfik in Southern Greenland. 25. Tainiolite. Meddelelser om Grønland 24, Kjøbenhavn. 1901. P. 115–120.
- Hong J., Ji W., Yang X., Khan T., Wang R., Li W., Zhang H. Origin of a Miocene alkaline–carbonatite complex in the Dunkeldik area of Pamir, Tajikistan: Petrology, geochemistry, LA–ICP–MS zircon U–Pb dating, and Hf isotope analysis // Ore Geology Reviews. 2019. Vol. 107. P. 820–836.
- Le Bas M.J., Kellere J., Kejie T., Wall F., William C.T., Peishan Z. Carbonatite dykes at bayan Obo, inner Mongolia, China // Mineralogy and Petrology. 1992. Vol. 46. No. 3. P. 195–228.
- Miser H.D., Stevens R.E. Taeniolite from Magnet Cove, Arkansas // American Mineralogist. 1938. Vol. 23. No. 2. P. 104–110.
- Pekov I.V., Chukanov N.V., Ferraris G., Ivaldi G., Pushcharovsky D.Y., Zadov A.E. Shirokshinite, $\text{K}(\text{NaMg}_2)\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$, a new mica with octahedral Na from Khibiny massif, Kola Peninsula: descriptive data and structural disorder // Eur. J. Mineral. 2003. Vol. 15. P. 447–454.
- Sharygin V.V. Tainiolite from Chuktukon Carbonatite

Massif, Chadobets Upland, Russia // Proceedings of the Abstract Volume of XXXIV International Conference “Magmatism of the Earth and Related Strategic Metal Deposits”, Miass, Russia. 2017. C. 4-9.

Solovova I.P., Girnis A.V. Silicate-carbonate liquid immiscibility and crystallization of carbonate and K-rich basaltic magma: insights from melt and fluid inclusions // Mineralogical Magazine. 2012. Vol. 76. No. 2. P. 411-439.

Stepanov A.S., Aminov J., Odinaev S., Iskandarov F.S., Jiang S.Y., Karmanov N.S. Fluoritites Produced by Crystallization of Carbonate-Fluoride Magma // Journal of Petrology. 2024. Vol. 65. No. 4. P. 1–8. ega033.

Traversa G., Gomes C.B., Brotzu P., Buraglini N., Morbidelli L., Principato M.S., Ruberti E. Petrography and mineral chemistry of carbonatites and mica-rich rocks from the Araxá complex (Alto Paranaíba Province, Brazil) // Anais da Academia Brasileira de Ciências. 2001. Vol. 73. P. 71-98.