

Fron del C., Biedl A., Ito J. (1966). New ferric tourmaline. Amer. Miner., v. 51, N 9—10.

Peltola E., Vuorelainen Y., Häkli T. A. (1968). A chromian tourmaline from Outokumpu, Finland. Bull. Geol. Soc. Finland, 40.

Всесоюзный научно-исследовательский
геологический институт (ВСЕСГЕИ),
Ленинград.

УДК 549.6

Д. чл. А. П. ХОМЯКОВ, д. чл. Е. И. СЕМЕНОВ, д. чл. А. А. ВОРОНКОВ,
Г. Н. НЕЧЕЛЮСТОВ

ТЕРСКИТ $\text{Na}_4\text{ZrSi}_6\text{O}_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ¹

Описываемый гидросиликат циркония и натрия встречен на Кольском полуострове, в пегматитах Ловозерского щелочного массива. Он назван терскитом (terskite) по юго-восточному побережью полуострова, известному со времени возникновения здесь первых русских поселений как Терский берег.

Присутствие в указанном массиве необычного цирконосиликата, напоминающего терскит по составу и свойствам, впервые отмечено Е. И. Семеновым (1972), причем до этого аналогичный минерал был установлен тем же автором в Ю. Гренландии, в щелочном массиве Илимаусак (Семенов, 1969). В цитированных работах этот минерал условно обозначен как «белый Zr-силикат». Позднее в Ловозерском массиве сотрудники Геологического института Кольского филиала АН СССР (Буссен и др., 1974) описали новую находку подобного минерала, который без достаточных оснований был отождествлен ими с одной из разновидностей ловозерита. В перечисленных случаях объектами исследования являлся скрытокристаллический материал, тонкодисперсный характер которого исключал возможность его всестороннего изучения. По этой причине не были определены, в частности, главные показатели преломления, оптический знак и величина $2V$, оставались неустановленными параметры элементарной ячейки минерала и его точная химическая формула.

Объектом настоящего исследования послужили сравнительно хорошо окристаллизованные зерна цирконосиликата, встреченного в 1980 г. А. П. Хомяковым и М. Ф. Коробицыным в отвале свежевскрытых пегматоидных пород горы Аллуайв (северо-западная часть массива), в которых недавно были описаны новые минералы сидоренкит и настрофит (Хомяков и др., 1979, 1981). Параллельно нами исследована тонкозернистая, фарфоровидная разновидность минерала, развивающаяся по эвдиалиту в пегматитах горы Карнасурт (северная часть массива).

Пегматоидные породы горы Аллуайв залегают в виде жил и шпировидных обособлений в пойкилитовых содалитовых и вишневитовых сиенитах. По особенностям минерального состава эти образования весьма близки к пегматитам ультраагпаитового типа (Хомяков, 1980). Указанные пегматитовые породы в основном состоят из калиевым полевым шпатом, гакманитом, натродавином, арфведсонитом, черным призматическим и зеленым войлоковидным эгирином. Значительно менее широко распространены анальцит, натролит, альбит, уссингит, вуоннемит, ломоносовит-мурманит, серандит, рамзаит, нептунит, лампрофиллит, астрофиллит, беловит,

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 7 июня 1982 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 19 августа 1982 г.

апатит, сфен, ильменит, пирофанит, пирротин, троилит, молибденит, клейофан, виллимит, когаркоит, нейборит, термонатрит, акцессорные лопарит, ловчоррит, стенструпин, эпидидимит, лейфит.

Весьма разнообразен комплекс минералов циркония, представленный эвдиалитом, катаплеитом, гейдоннеитом, илеритом, паракелдышитом, келдышитом и терскитом. Одна из особенностей циркониевой минерализации пегматитов горы Аллуайв состоит в том, что, за исключением катаплеита, часто развивающегося в виде псевдоморфоз по эвдиалиту, реакционные соотношения между остальными из названных цирконосиликатов и эвдиалитом нехарактерны. Это относится и к описываемому минералу.

Сравнительно равномерно распределенные в породе окристаллизованные зерна терскита имеют изометричную или пластинчатую форму и раз-

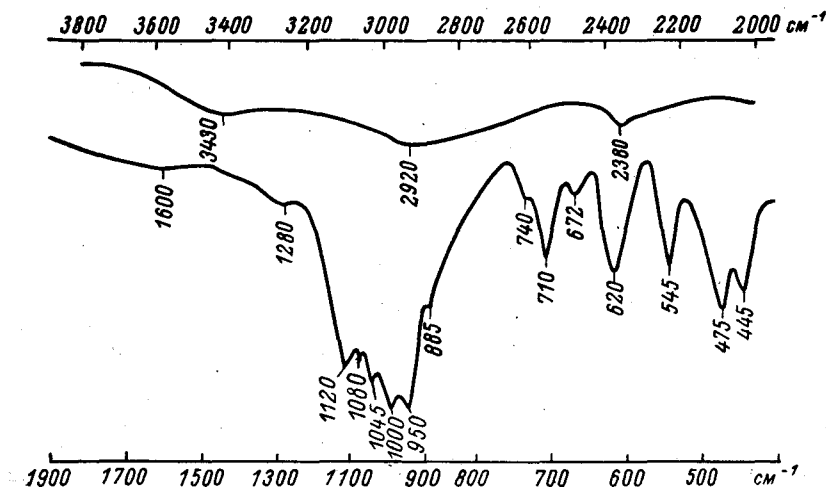


Рис. 1. ИК спектр поглощения терскита (спектрофотометр ИГФМ АН УССР).

меры от 1 до 3—5 мм. На общем серовато-белом фоне породы они выделяются сиреневой окраской. Под микроскопом и в тонких сколах минерал почти бесцветный, прозрачный, в толстых сколах мутноватый. Блеск стеклянный. Спайность не выражена. Минерал устойчив по отношению к растворам 10% HCl и HNO₃. Твердость (кГс/мм²) измерена на микротвердометре ПМТ-3 при нагрузке 50 г в трех разноориентированных зернах: $H=426-519$, $H_{cp}=478$, что примерно соответствует 5 по шкале Мооса. Плотность (г/см³), определенная микрометодом и вычисленная для идеализированной формулы Na₄ZrSi₆O₁₆·2H₂O, равна соответственно 2.71 и 2.74. Минерал оптически двусный, отрицательный. Угол оптических осей измерен на федоровском столике: $2V=-53^\circ$, слабая дисперсия $r > v$. Показатели преломления определены в иммерсии: $n_p=1.576$, $n_m=1.582$, $n_g=1.584 (\pm 0.002)$.

В ультрафиолетовых лучах минерал обнаруживает яркую зеленую фотолуминесценцию при температурах 300 и 77° К. ИК спектр терскита (рис. 1), кроме большого числа сильных полос поглощения, связанных с основными элементами кристаллической структуры, содержит слабые полосы 1600 и 3430 см⁻¹, обусловленные присутствием в минерале воды или гидроксил-ионов.

Изучение минерала под микроскопом показало, что ни одно из его внешне однородных зерен не имеет монокристаллического строения. Каждое из просмотренных зерен оказалось сложным плотным мономинеральным, но весьма тонкозернистым (0.0л мм) агрегатом мозаично погасающих индивидов, среди которых с большим трудом, сменяя один за другим десятки иммерсионных препаратов, удалось отобрать несколько однородных частиц размером около 0.1 мм, пригодных для монокристалль-

Таблица 1

Сравнительная характеристика кристаллохимических аналогов терскита

Название минерала	Формула	Сингония	$a_0, \text{Å}$	$b_0, \text{Å}$	$c_0, \text{Å}$	Z
Терскит	$\text{Na}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Ромб.	14.12	14.69	7.51	4
Дэлиит	$\text{K}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{15}$	Трикл.	7.51 106°	7.73 103.5°	7.00 99.5°	1
Армстронгит	$\text{CaZrSi}_6\text{O}_{15} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Мон.	14.08 90°	14.16 103.5°	7.81 90°	4
Эльпидит	$\text{Na}_2\text{ZrSi}_6\text{O}_{15} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Ромб.	7.4	14.4	7.05	2

ного рентгенографического исследования. По данным исследования, проведенного А. А. Воронковым (методы Лауэ, качания и КФОР), сингония минерала ромбическая, псевдотетрагональная, $a_0 = 14.12 \pm 0.06$, $b_0 = 14.69 \pm 0.06$, $c_0 = 7.51 \pm 0.03 \text{ Å}$, $V_0 = 1557, 75 \text{ Å}^3$. Среди известных минералов близкие к полученным значения параметров элементарной ячейки имеют

Расчет рентгенограмм

Аллуайв		Карнасурт		$d_{\text{вмч}}$	hkl	Аллуайв		Карнасурт		$d_{\text{вмч}}$	hkl
I	d	I	d			I	d	I	d		
40	7.20	15	7.37	7.35	020	100	3.31	100	3.324	3.343	022
		40	7.11	7.06	200			100	3.299	3.315	202
36	6.61	35	6.67	6.69	011	28	3.23	100	3.257	3.258	041
				6.63	101			100	3.257	3.258	240
—	—	25	6.44	6.52	120	28	3.13	80	3.186	3.182	420
				6.36	210			60	3.126	3.122	411
—	—	10	6.03	6.04	111	—	—	10	2.998	3.022	222
32	5.10	25	5.09	5.14	201			—	—	10	2.998
				5.09	220	68	2.716	5	2.866	2.864	430
64	4.84	35	4.88	4.92	121			30	2.718	2.718	2.713
				4.90	030	76	2.610	70	2.615	2.626	042
—	—	20	4.21	4.21	221			70	2.615	2.615	2.602
52	4.07	60	4.09	4.10	031	76	2.554	60	2.565	2.572	402
44	3.95	25	3.94	3.94	131			60	2.565	2.565	2.551
—	—	5	3.86	3.85	311	60	2.545	60	2.545	2.545	440
—	—	15	3.73	3.76	002			12	2.419	—	—
				3.67	040	12	2.284	—	—	2.412	160
—	—	20	3.67	3.64	012			12	2.284	—	—
				3.63	102	12	2.214	—	—	2.211	261
—	—	35	3.53	3.53	400			12	2.214	—	—
				3.52	112	12	2.158	5 ш.	2.152	2.157	451
52	3.49	50	3.506	3.505	321			12	2.158	5 ш.	2.152
		20	3.441	3.432	410	64	2.102	30	2.103	2.107	442
				3.393	330			64	2.102	30	2.103
						24	2.003	10	2.009	2.012	460
								24	2.003	10	2.009

Примечание. Условия съемки: Аллуайв — камера РКУ-114.6 мм, CuK_α излучение, Ni фильтр-УРС-50И, FeK_α излучение, Mn фильтр, внутренний стандарт Si, интенсивности оценивались по высо-

дэлит, армстронгит и эльпидит (табл. 1). Рентгенограммы порошка двух образцов терскита представлены в табл. 2.

Химический состав минерала (табл. 3) определен Г. Н. Нечелюстовым на рентгеновском микроанализаторе «Камебакс». Анализ проводился в режиме стабилизации тока электронного зонда при следующих параметрах: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток 20 нА, диаметр зонда 5 мкм. Так как минерал неустойчив под зондом, измерение аналитических линий каждого элемента ($Na_{K\alpha}$, $Mn_{K\alpha}$, $Si_{K\alpha}$, $Zr_{L\alpha}$) проводилось при непрерывном перемещении препарата. Продолжительность счета импульсов 20 с. Интенсивность измерялась не менее чем в 5—7 точках каждого из трех проанализированных зерен и для расчета концентраций использовались их усредненные значения. Вариации значений интенсивностей находились в пределах 1—2 отн.%. В качестве стандартов использовались синтетический хибинскит $K_2ZrSi_2O_7$ (Zr, Si) и минералы известного состава — паракелдышит $Na_2ZrSi_2O_7$ (Na, Zr, Si), альбит (Na) и родонит (Mn). Пересчет относительных интенсивностей в концентрации выполнен на ЭВМ ЕС-1033 с учетом поправок на поглощение (Philibert, 1963), атомный номер

Таблица 2

порошка терскита

Аллуайв		Карнасурт		$d_{вч}$	hkl	Аллуайв		Карнасурт		$d_{вч}$	hkl	Аллуайв	
I	d	I	d			I	d	I	d			I	d
32	1.969	10	1.963	1.967	423	24	1.690	3	1.698	1.701	234	32	1.4547
				1.965	551					1.699	263		
20	1.922	10	1.923	1.924	622	24	1.690	3	1.698	1.697	324	20	1.3669
				1.923	542					1.697	660		
32	1.870	15	1.880	1.885	433	—	—	5	1.674	1.677	453	32 ш.	1.3068
				1.883	721					1.673	821		
32	1.870	20	1.864	1.880	362	24	1.667	5	1.664	1.672	044	24	1.2569
				1.878	004					1.663	750		
40	1.831	30	1.833	1.865	730	56	1.621	20 ш.	1.618	1.621	190	12	1.2202
				1.862	014					1.621	831		
40	1.831	30	1.833	1.861	104	48	1.600	15	1.601	1.618	633	20	1.1870
				1.837	650					1.617	424		
—	—	3	1.805	1.836	080	52	1.557	15	1.559	1.600	742	28	1.1600
				1.832	072					1.598	173		
40	1.765	30	1.768	1.810	731	40	1.488	7	1.489	1.561	822	16	1.1081
				1.804	124					1.560	910		
44	1.747	25	1.750	1.804	470	40	1.527	—	—	1.557	760	20	1.0784
				1.801	214					1.527	911		
40	1.765	30	1.768	1.770	181	40	1.503	7	1.504	1.527	911	16	1.0184
				1.769	740					1.503	921		
44	1.747	25	1.750	1.766	353	40	1.488	7	1.489	1.502	005	16	0.9853
				1.765	800					1.489	064		
44	1.747	25	1.750	1.753	034	40	1.488	7	1.489	1.490	064	16	0.9231
				1.752	642					1.489	192		
44	1.747	25	1.750	1.750	063	40	1.488	7	1.489	1.488	563	16	0.9033
				1.750	533					1.488	563		

тр, внутренний стандарт NaCl, интенсивности оценивались визуально; Карнасурт — дифрактометр пиков; ш. — широкая линия.

Таблица 3

Химический состав терскита (мас.%)

Компоненты	Зерно 1	Зерно 2	Зерно 3	Среднее	Атомное количество	Si + Zr = 7
Na ₂ O	19.4	18.8	18.8	19.0	0.6131	3.97
MnO	0.4	0.4	0.5	0.4	0.0056	0.04
ZrO ₂	18.0	17.6	17.8	17.8	0.1445	0.94
SiO ₂	56.4	56.1	56.3	56.3	0.9371	6.06
П. п. п. (H ₂ O)	—	—	—	6.37	0.7070	4.58
Сумма	—	—	—	99.87		

Таблица 4

Химический состав аналогов терскита (мас.%)

Компоненты	Ловозеро, Карнасурт				Илимаусак	
	1	2	3	4	5	6
Na ₂ O	17.10	16.44	4.36	5.38	5.97	—
K ₂ O	0.44	0.58	—	—	0.93	—
CaO	3.34	0.71	2.77	—	—	1.74
MgO	0.16	—	0.65	—	—	0.36
MnO	0.15	0.56	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	1.11	0.24	2.65	—	0.59	1.76
Al ₂ O ₃	0.47	3.22	0.82	—	—	—
ZrO ₂	15.46	16.89	21.20	21.65	23.83	25.64
TiO ₂	2.87	1.12	1.43	—	0.09	0.48
Nb ₂ O ₅	—	0.56	1.00	—	1.63	0.45
SiO ₂	49.86	49.82	50.00	52.00	54.65	48.98
H ₂ O	8.17	8.40	15.07	12.33	11.21	12.62
Прочие	1.30*	1.89**	—	—	1.30***	2.27****
Сумма	100.44	100.43	99.95	—	100.20	—
Аналитик (автор)	Г. Е. Черепивская (данные наст. работы)	Е. А. Кульчицкая (Буссен и др., 1974)	А. В. Быкова (Семенов, 1972)	Г. Е. Черепивская	М. Е. Казакова (Семенов, 1969)	З. Т. Катаева

* F 2.24, —O = F, 0.94.

** TR₂O₃ 1.78, Ta₂O₅ 0.11.*** SnO₂.**** TR₂O₃.

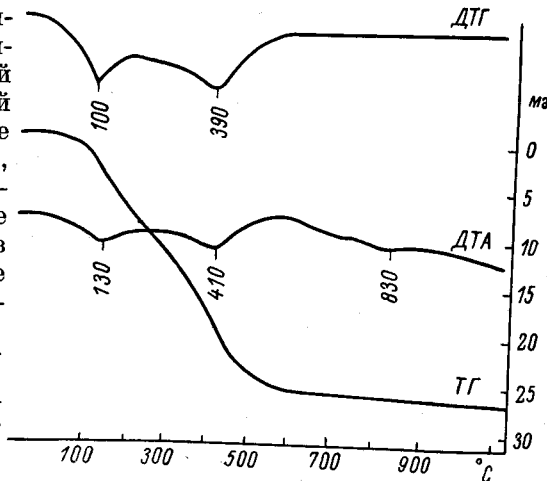
(Love и др., 1978) и флуоресценцию (Рид, 1979), с использованием массовых коэффициентов поглощения по Хейнриху (Heinrich, 1966).

Результаты анализа каждого из трех зерен минерала на содержание окислов Na, Mn, Zr и Si усреднены и дополнены величиной потери массы, составившей 6.37% при прокаливании образца до 900 °С. В соответствии с данными ИК спектроскопии (см. выше) величина П. п. п. принята за содержание воды в минерале. Как следует из данных таблицы, отношение атомных количеств Na : Zr : Si в минерале близко к целочисленному 4 : 1 : 6. Пересчет полученных результатов на Zr + Si = 7 приводит к эмпирической формуле (Na_{3.97}Mn_{0.04})Zr_{0.94}Si_{6.06}O_{16.02} · 2.29H₂O. Идеализированная формула может быть представлена в виде Na₄ZrSi₆O₁₆ · 2H₂O или, по аналогии с дэлитом, армстронгитом и эльпидитом, для которых характерен радикал [Si₆O₁₅] (табл. 1), в виде Na₄ZrSi₆O₁₅(OH)₂ · nH₂O, где n ≈ 1.

В табл. 4 сведены данные о химическом составе аналогов терскита, развивающихся в виде скрытокристаллических масс по кристаллам и зер-

нам эвдиалита. В большинстве случаев эти внешне однородные псевдоморфозы, имеющие белую, розовую или сиреневую окраску, наряду с преобладающим терскитом содержат тонкодисперсные примеси других минералов, и их детальное изучение с применением электронно-микроскопических и других высокоразрешающих локальных методов может представить самостоятельный интерес. Наиболее свободными от посторонних примесей являются два образца скрытокристаллического терскита из жилы Юбилейной на горе Карнасурт Ловозерского массива (№ 1, 2 в табл. 4). От эталона терскита (табл. 3) этот аналог отличается повышенной гидратированностью и по составу примерно соответствует формуле $\text{Na}_4\text{ZrSi}_6\text{O}_{15}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Наличие в нем двух типов воды, существенно различающихся характером связи с кристаллической структурой, подтверждается термограммой (рис. 2), на кривой ДТА которой имеются два четких эндотермических эффекта — 130 и 410 °С — сопряженных с соответствующими максимумами потери веса на кривой ДТГ. Слабый дополнительный эндотермический эффект 830 °С, не сопровождаемый потерей веса, вероятно, обусловлен плавлением минерала. Остальные аналоги терскита (№ 3—6 в табл. 4) характеризуются не только более высокой гидра-

Рис. 2. Дериватограмма скрытокристаллического аналога терскита. Соответствует № 1 в табл. 4. Навеска 246.5 мг, потеря веса 27 мг (10.9%).



тированностью, но и резко пониженным содержанием натрия. Состав этих глубоко декатионированных аналогов может быть представлен примерной формулой $\text{H}_3\text{NaZrSi}_6\text{O}_{16} \cdot n\text{H}_2\text{O}$, где, как это характерно для изоморфизма в цирконосиликатах, Na частично замещен на K и Ca, а Zr — на Ti, Sn, Fe, Nb и Ta.

Условия нахождения терскита и его аналогов в Ловозерском и Илмаусакском массивах свидетельствуют о закономерной связи этого минерала с высокоагпаитовыми дериватами нефелиновых сиенитов. Значение этого минерала как индикатора физико-химических условий определяется тем, что в ряду щелочности цирконосиликатов он занимает промежуточное положение между эвдиалитом, типоморфным для широкого ряда минеральных ассоциаций агпаитового типа, и цирсиналитом, типоморфным для специфической группы минеральных ассоциаций ультраагпаитового типа:

	Содержание Na (% от суммы катионов)
Эвдиалит $\text{Na}_4\text{Ca}_2\text{FeZrSi}_8(\text{O}, \text{OH}, \text{Cl})_{24}$	25
Терскит $\text{Na}_4\text{ZrSi}_6\text{O}_{16} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	36
Цирсиналит $\text{Na}_6\text{CaZrSi}_6\text{O}_{18}$	43

Специального внимания с точки зрения типоморфизма цирконосиликатов заслуживает тот факт, что при определенных условиях, отвечающих наиболее высокому уровню щелочности среды, при которой эвдиалит еще способен оставаться стабильной фазой, терскит находится с ним в равновесных соотношениях, как это имеет место в пегматитах горы Аллуайв.

Однако дальнейшее нарастание щелочности среды приводит к нарушению указанных соотношений и замещению эвдиалита терскитом, широко проявленному в пегматитах горы Карнасург. Можно предположить, что минералогическое своеобразие пегматитов каждого из этих двух районов Ловозерского массива в значительной мере определялось отмеченным различием в щелочности пегматитообразующих расплавов—растворов.

Настоящая работа выполнена при содействии А. С. Поваренных (ИГФМ АН УССР), Г. О. Пилояна (ИГЕМ АН СССР), В. Ф. Недобой, Н. Г. Шумяцкой и Г. Е. Черепивской (ИМГРЭ), которым авторы выражают глубокую благодарность.

Эталонные образцы терскита переданы в Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана АН СССР и музей Геологического института Кольского филиала АН СССР, Апатиты.

Литература

- Буссен И. В., Кульчицкая Е. А., Латышева Л. Г., Меньшиков Ю. П. (1974). Крупнопластинчатый эльидит и белый ловозерит из Ловозерского массива. В кн.: Материалы по минералогии Кольского полуострова, вып. 10. «Наука».
- Рид С. (1979). Электронно-зондовый анализ. «Мир».
- Семенов Е. И. (1969). Минералогия щелочного массива Илимаусак. «Наука».
- Семенов Е. И. (1972). Минералогия Ловозерского щелочного массива. «Наука».
- Хомяков А. П. (1980). Типоморфизм минералов ультраагпаитовых пегматитов. В кн.: Научные основы и практическое использование типоморфизма минералов. Материалы XI съезда ММА. «Наука».
- Хомяков А. П., Казакова М. Е., Попова Г. Н., Малиновский Ю. А. (1981). Настрофит $\text{Na}(\text{Sr}, \text{Ba})\text{PO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал. ЗВМО, вып. 5.
- Хомяков А. П., Семенов Е. И., Казакова М. Е., Шумяцкая Н. Г. (1979). Сидоренкит $\text{Na}_2\text{MnPO}_4\text{CO}_3$ — новый минерал. ЗВМО, вып. 1.
- Heinrich K. F. Y. (1966). X-ray absorption uncertainty. The electron microprobe. N. Y.
- Love G., Cox M. G., Scott V. D. (1978). A versatile atomic number correction for electron probe microanalysis. J. Phys. D: Appl. Phys., v. 11, N 1.
- Philibert J. A. (1963). A method for calculating the absorption correction in electron probe microanalysis. In: X-ray optics and X-ray microanalysis. N. Y., Acad. Press.

Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ),
Всесоюзный научно-исследовательский институт
минерального сырья (ВИМС), Москва.

УДК 549.755.3

Д. чл. А. В. ВОЛОШИН, д. чл. Я. А. ПАХОМОВСКИЙ, Ф. Н. ТЮШЕВА

ЛУНЬОКИТ — НОВЫЙ ФОСФАТ, МАРГАНЦЕВЫЙ АНАЛОГ ОВЕРИТА ИЗ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА¹

Минерал обнаружен в гранитных пегматитах Кольского полуострова в ассоциации с митридатитом, эсфоритом, лауэитом и кингсмаунтитом. Назван минерал луньокитом (lun'okite) по реке Луньок на Кольском полуострове в районе расположения гранитных пегматитов.

¹ Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всесоюзного минералогического общества 20 июля 1982 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 7 сентября 1982 г.