
НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

ИКОРСКИЙ ИТ $\text{KMn}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ ИЗ ХИБИНСКОГО
ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

© 2024 г. д. чл. В. Н. Яковенчук¹, д. чл. Т. Л. Паниковровский^{1, 2, *}, Н. Г. Коноплёва¹,
д. чл. Я. А. Пахомовский¹, Е. Э. Савченко¹, Ю. А. Михайлова¹, В. Н. Бочаров³,
Д. В. Спиридонова¹, д. чл. С. В. Кривовичев^{1, 2}

¹ Кольский научный центр РАН, ул. Ферсмана 14, Апатиты, Мурманская обл., 184200 Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра кристаллографии,
Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034 Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет, ресурсный центр «Геомодель»,
Ульяновская ул., 1, Санкт-Петербург, 198504 Россия

*e-mail: t.panikorovskii@ksc.ru

Поступила в редакцию: 13.12.2023 г.

После доработки: 13.12.2023 г.

Принята к публикации: 27.12.2023 г.

Икорский ИТ $\text{KMn}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал из апатитового пегматита г. Кукисвумчорр (Хибинский массив, Россия). Минерал образует радиально-лучистые светло-коричневые кристаллы, нарастающие на отдельные кристаллы кварца или на романешитовые корки в ассоциации с баритом, доннеитом-У, стронционитом, натролитом, виноградовитом, манганонептуниотом и органическим веществом. Минерал моноклинный, пространственная группа $P2_1/c$. $a = 5.0714(3)$, $b = 8.2731(5)$, $c = 13.3740(11)$ Å, $\beta = 93.730(5)^\circ$, $V = 559.93(5)$ Å³. Восемь наиболее интенсивных линий дифрактограммы (I - $d[\text{Å}]$ - hkl): 55-7.04-011; 41-4.318-110; 100-4.185-11-1; 24-3.956-021; 28-3.339-004; 19-3.095-014; 30-3.014-113; 70-2.939-12-2. Икорский ИТ обладает новым типом кристаллической структуры и относится к группе палыгорскита. Минерал назван в честь известного специалиста в области исследований органического вещества и газов Кольской щелочной провинции Серафима Вениаминовича Икорского (1927–2016).

Ключевые слова: икорский ИТ, новый минерал, Кольский полуостров, Хибинский массив, силикат

DOI: 10.31857/S0869605524010041, **EDN:** GUURPC

ВВЕДЕНИЕ

Хибинский массив — уникальный геологический объект, в котором за время его изучения установлено более 600 минеральных видов, включая более 125 видов, найденных впервые. Кукисвумчоррское месторождение апатита было открыто в 1926 году А.Н. Лабунцовым и предварительно исследовано в 1928 году В.И. Влодавцем (Иванюк и др., 1996). Его промышленное освоение началось в 1929 году вместе с открытием первого рудника за Полярным кругом, получившим название «Апатитовый» и переименованным с 1935 г. в «Кировский» (Пеков, Подлесный, 2004). Минеральное разнообразие Кировского рудника связано с большим распространением

пегматитовых тел, счет которым идет на сотни. На сегодняшний день на Кировском руднике известно 249 минералов, из которых 22 открыты здесь (Yakovenchuk et al., 2005, Pekov et al., 2008, <https://www.mindat.org!>)

Геологическое строение Хибинского массива нашло свое отражение в многочисленных работах (Ramsay, Hackman, 1894; Ферсман и др., 1928; Ферсман, 1930, Бонштедт и др., 1937; Иванова, 1963; Костылёва-Лабунцова, 1978; Арзамасцев и др., 1987; Яковенчук и др., 1999). Около 70% площади массива занимают нефелиновые сиениты (фойяиты), разделенные друг от друга примерно на две равные части зональным комплексом пород Главного кольца, с которым генетически связаны крупные месторождения апатита. Породы Главного кольца имеют в плане дугообразную форму и преимущественно сложены ийолит-уртитам. Апатитовые месторождения центральной группы представляют собой непрерывную пластообразную залежь, осложненную раздувами (линзами) и пережимами (резким уменьшением мощности) между ними. Одна линза объединяет Кукисвумчорское и Юкспорское месторождения, вторая — Апатитовый цирк и плато Расвумчорр (Гурьев, 2017).

В 1985 году при проходке рудного тела в ийолит-уртитовой породе на горизонте +252 м Кировского рудника была вскрыта кварц-кальцитовая линза, содержащая неизвестный игольчатый минерал. В том же году Я.А. Пахомовским были получены сведения об уникальности химического состава новой фазы, однако ввиду малого размера отдельных кристаллов исследование кристаллической структуры оказалось невозможным. Развитие методов рентгеноструктурного анализа и использование современных дифрактометров с высокочувствительными плоскими детекторами рентгеновских лучей позволили нам расшифровать структуру и подготовить заявку в Комиссию по новым минералам, номенклатуре и классификации Международной минералогической ассоциации (КНМНК ММА).

В данной работе приводятся данные по новому минеральному виду икорскииту, $\text{KMn}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, утвержденному КНМНК ММА в 2022 году (номер заявки IMA 2022-035). Минерал назван в честь Серафима Вениаминовича Икорского (25.02.1927 — 29.07.2016), кандидата геолого-минералогических наук, заведующего Лабораторией газов и битумов Геологического института КНЦ РАН (рис. 1). Научные интересы Серафима Яковлевича главным образом были связаны с исследованием газов, органического вещества в щелочных массивах Кольского полуострова (Икорский и др. 1992, Nivin et al., 2005), в том числе содержащихся в пегматитовом теле с икорскиитом.

УСЛОВИЯ НАХОЖДЕНИЯ

Минерал обнаружен в кварц-кальцитовой линзе (2×0.80 м) в породе г. Кукисвумчорр, Хибинский массив, Кольский полуостров, Россия (рис. 2). Линза имеет концентрическую зональность. Краевая зона состоит из таблитчатых кристаллов микролина (до 2 см в диаметре), сцементированных черными игольчатыми сферолитами эгирина с включениями нефелина, эвдиалита, лампрофиллита, манганонептунита и минералом группы лабунцовита.

Ядро линзы образовано пористым агрегатом серых призматических кристаллов кальцита (до 1.5×0.5 см) с включениями псевдоморфоз натролита по канкриниту (до 3×7 см) и псевдоморфоз виноградовита по лучистым агрегатам одного из минералов группы мурманита (до 8 см в диаметре). Также в некоторых местах отмечены псевдоморфозы натролита и виноградовита, покрытые мелкими кристаллами манганонептунита. Полости в агрегате кальцита инкрустированы хорошо выраженными кристаллами кварца (длиной до 0.5 мм), оранжевыми кристаллами сфалерита (диаметром до 3 см), призматическими кристаллами лоренценита (длиной до 1.5 см в длину). Лоренценит частично замещен игольчатым виноградовитом, а также бес-



Рис. 1. С.В. Икорский (фото Ю.Л. Войтеховский, 2016).

Fig. 1. S.V. Ikorskiy (photo Voytekhovsky, 2016).

цветными призматическими кристаллами (до 7 мм в длину) или корками (до 0.5 мм в толщину) барита и корками (до 5 мм в диаметре) романешита. В некоторых местах пустоты заполнены порошками фиолетового флюорита. В данной ассоциации иногда отмечаются мелкие кристаллики доннейита-(Y) и стронцианита. Наиболее поздние выделения минералов в ядре пегматита были покрыты тонкой пленкой органического битуминозного вещества.

Икорскийит образует лучистые агрегаты (до 200 мкм в диаметре) длиннопризматических кристаллов (до $30 \times 3 \times 3$ мкм), растущих на романешите и иногда на кристаллах кварца (рис. 3). На кристаллах можно различить грани пинакоидов {100}, {010} и {001}.

ФИЗИЧЕСКИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Икорскийит имеет светло-коричневый цвет и белую черту. Блеск стеклянный (шелковистый в пучках). Минерал не флюоресцирует. Твердость по шкале Мооса — 4. Хрупкий. Спайность не отмечена, отдельность и излом не наблюдались. Плотность, измеренная в растворе Клеричи, — $2.48(3) \text{ г/см}^3$, рассчитанная по структурным данным и эмпирической формуле — 2.525 г/см^3 .

Икорскийит двусный, оптически положительный. Показатели преломления для света с длиной волны 589 нм составляют: $\alpha = 1.575(5)$, $g = 1.580(5)$. Оптическая ориентировка: $\alpha^{\wedge}Z \sim 10^\circ$. Дисперсии и плеохроизма не наблюдалось.

Константа сходимости, рассчитанная по методу Мандарино (Mandarino, 1981) на основании эмпирической формулы и кристаллографических данных, составляет $1 - (K_p/K_c) = 0.057$ и относится к категории «хорошо» (good).

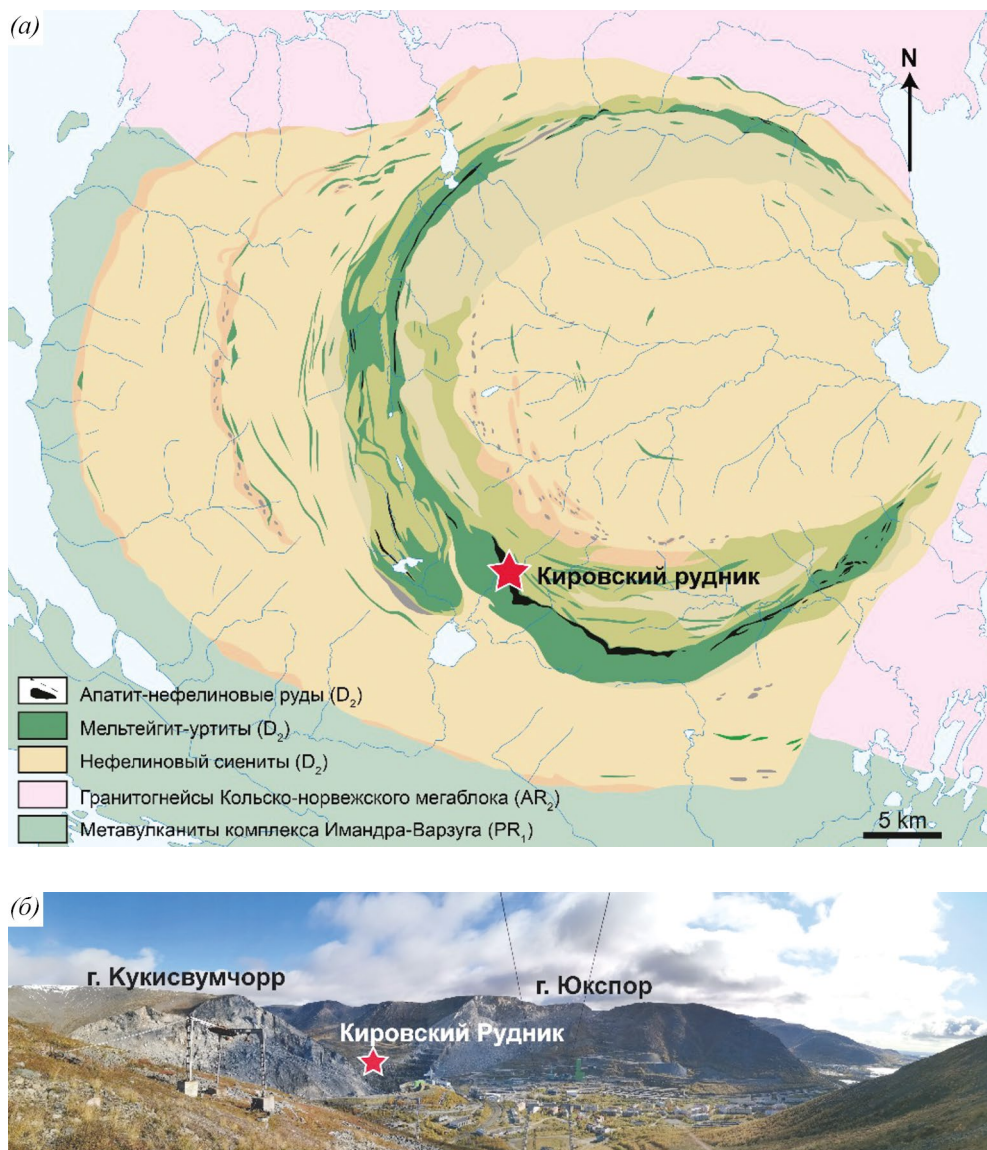


Рис. 2. Геологическая схема Хибинского массива (а) и типовое местонахождение икорскиита, отмеченное звездой (б).

Fig. 2. Geology of the Khibiny massif (a) and type—locality of ikorskyite marked by star (b).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ

Химический анализ икорскиита проводился с помощью электронного микрозонда (режим WDS, 20 кВ, 20–30 нА, диаметр пучка 10 мкм). Средние аналитические результаты по 6 различным кристаллам приведены в табл. 1. При измерении в качестве стандартов использованы: лоренценит (Na), пироп (Al), волластонит (Si, Ca), вадейт (K), синтетический $MnCO_3$ (Mn), гематит (Fe), барит (Ba). Содержание H_2O рассчитано в соответствии с уточнением данных кристаллической структуры. Содержание

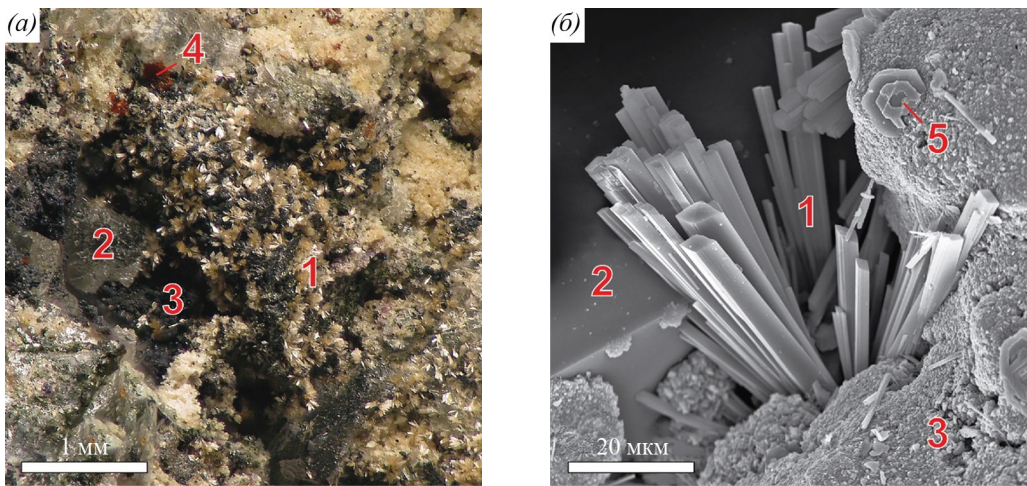


Рис. 3. Лучистые агрегаты кристаллов икорскиита (1), растущих на кристаллах кальцита (2), покрытых романешитом (3), манганонептунитом (4) и стронцианитом (5), из кварц-кальцитовой линзы в ийолит-уртите горы Кукисвумчорр.

Fig. 3. Radiated aggregates of ikorskyite crystals (1) growing on calcite crystals (2) covered with romanèchite (3), manganoneptunite (4) and strontianite (5), from a quartz-calcite lens in ijolite-urtite of Mt. Kukisvumchorr.

Таблица 1. Химический состав икорскиита (мас. %)

Table 1. Chemical composition of ikorskyite (wt %)

	Среднее	Ст. откл.	Min	Max
H ₂ O*	12.94			
Na ₂ O	0.31	0.14	0.05	0.42
Al ₂ O ₃	0.28	0.29	0.09	0.98
SiO ₂	57.07	3.48	51.31	58.43
K ₂ O	7.75	0.65	6.68	8.75
CaO	1.12	0.30	0.76	1.69
Mn ₂ O ₃	19.65	1.79	17.27	22.98
Fe ₂ O ₃	0.26	0.06	0.15	0.36
BaO	0.26	0.17	0.00	0.34
Сумма	99.64			

Примечание. * Рассчитано по рентгеноструктурным данным.

CO₂ не анализировалось ввиду отсутствия колебаний C-O на спектре комбинационного рассеяния света.

Химический состав минерала, рассчитанный на Si + Al = 4 в программе MINAL (Dolivo-Dobrovolsky, 2016), соответствует следующей эмпирической формуле: $(\text{K}_{0.69}\text{Ca}_{0.08}\text{Na}_{0.04}\text{Ba}_{0.01})_{\Sigma 0.82}(\text{Mn}^{3+}_{1.04}\text{Fe}^{3+}_{0.01})_{\Sigma 1.05}(\text{Si}_{3.98}\text{Al}_{0.02})_{\Sigma 4.00}\text{O}_{10.02}\cdot 3.01\text{H}_2\text{O}$.

Таблица 2. Полосы КР-спектра икорскиита и их интерпретация
Table 2. Basic shifts on the Raman spectrum of ikorskyite and their interpretation

Полоса, см ⁻¹	Группа	Тип колебаний
3230 пл, 3230с, 3499, 3604	O–H	ν_1
956с	SiO ₄	ν_1
1075	SiO ₄	ν_3
443, 594	SiO ₄	ν_4
352, 392	SiO ₄	ν_2
273, 299, 311	MnO ₆	ν_3, ν_4
216, 238	MnO ₆	ν_1, ν_2
78, 91, 104, 121, 129, 137, 186		Колебания решетки

СПЕКТРОСКОПИЯ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА

Спектр комбинационного рассеяния (КР) света (рамановский спектр) икорскиита был получен с отдельного зерна без покрытия на спектрометре Horiba Jobin-Yvon LabRAM HR800, оснащенный микроскопом Olympus BX-41. Спектры комбинационного рассеяния возбуждались твердотельным лазером (532 нм) с фактической мощностью 2 мВт под объективом 50× (NA 0.75). Спектры были получены в диапазоне 70–3800 см⁻¹ с разрешением 2 см⁻¹ при комнатной температуре. Для улучшения соотношения сигнал/шум число сканирований устанавливалось равным 15. Обработка спектров проводилась по алгоритмам, реализованным в программных пакетах Labspec и OriginPro 8.1. Поскольку структурно икорскиит занимает промежуточное положение между слюдами и минералами группы палыгорскита, а последние в спектроскопическом плане изучены слабо, интерпретация наблюдаемых полос приведена в табл. 2 в соответствии с работами по слюдам (Tlili et al., 1989; McKeown et al., 1999; Qu et al., 2020).

КР-спектр икорскиита приведен на рис. 4. Полосы 3230 пл (плечо), 3330 с (сильная), 3499, 3604 см⁻¹ отнесены к валентным колебаниям O–H связей в H₂O молекулах. Интенсивные полосы при 1075 и 956 см⁻¹ относятся к симметричным и асимметричным модам валентных колебаний связей в тетраэдрах SiO₄ (Паниковровский и др., 2017; Galuskin et al., 2012). Интенсивные полосы при 534 и 443 см⁻¹ соответствуют различным модам деформационных колебаний в тетраэдрах SiO₄ (Яковенчук и др., 2022). Слабые полосы при 392, 352 см⁻¹ могут быть отнесены как к трансляционным модам O–Mn–O связей (McKeown et al., 1999), так и к симметричным модам деформационных колебаний Si–O связей (Tlili et al., 1989). Полоса при 299 с плечом 311, а также слабая полоса при 273 см⁻¹ могут быть интерпретированы как соответствующие валентным модам колебаний Mn–O и Mn–OH в MnO₆ октаэдрах (McKeown et al., 1999; Tlili et al., 1989). Триплет полос при 238, 216 и 186 см⁻¹ наиболее вероятно соответствует смешанным модам валентных колебаний Mn–O связей (Qu et al., 2020), а также деформационным колебаниям OH–Mn–OH связей (McKeown et al., 1999). Полосы в низкочастотной области спектра (< 200 см⁻¹) отнесены к колебаниям решетки.

ПОРОШКОВАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ

Порошковая рентгенограмма икорскиита (табл. 2, рис. 5) получена на дифрактометре Rigaku R-AXIS RAPID II (CoK α -излучение, λ = 1.7892 Å), оснащенный полуцилиндрической рентгеночувствительной пластиной с оптической памятью (геометрия

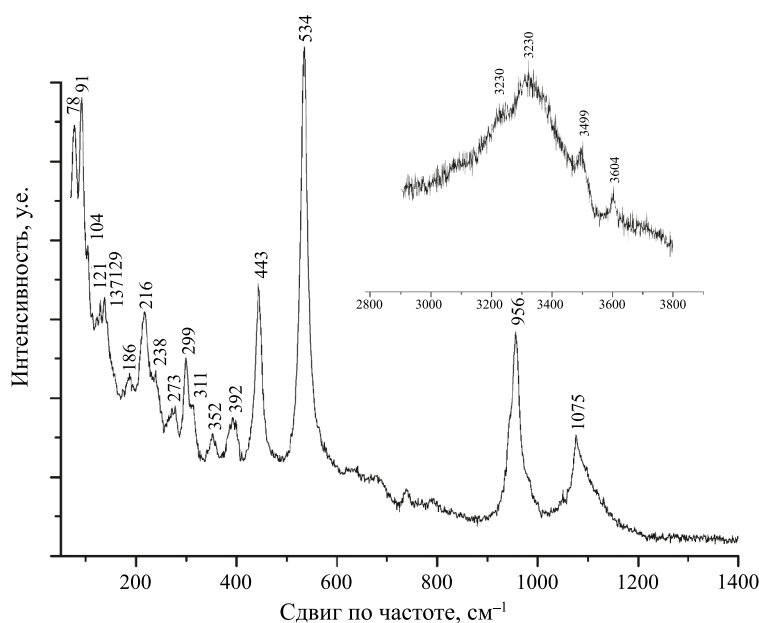


Рис. 4. Спектр комбинационного рассеяния для икорскиита.

Fig. 4. The Raman spectrum of ikorskiyite.

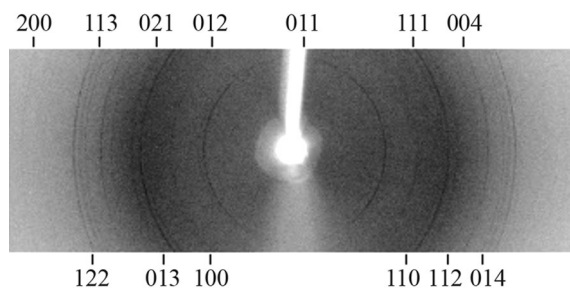


Рис. 5. Порошковая дифракционная картина икорскиита (наиболее сильные линии).

Fig. 5. Powder X-Ray diffraction patterns of ikorskiyite (the strongest lines).

Дебая-Шеррера, диаметр 127.4 мм). Экспериментальные данные обработаны с использованием программы *osc2xrd* (Бритвин и др., 2017). По данным рентгеноструктурного анализа (РСА), минерал моноклинный, пространственная группа $P2_1/c$, $a = 5.0339(4)$, $b = 8.2329(7)$, $c = 13.3484(10)$ Å, $\beta = 93.953(7)^\circ$, $V = 551.89(8)$ Å³, $Z = 2$. Параметры элементарной ячейки, уточненные по порошковым данным: $a = 5.0714(3)$, $b = 8.2731(5)$, $c = 13.3740(11)$ Å, $\beta = 93.730(5)^\circ$, $V = 559.93(5)$ Å³. Восемь наиболее интенсивных линий дифрактограммы (I - $d[\text{Å}]$ - hkl): 55-7.04-011; 41-4.318-110; 100-4.185-11-1; 24-3.956-021; 28-3.339-004; 19-3.095-014; 30-3.014-113; 70-2.939-12-2. Подробное описание кристаллической структуры будет дано в отдельной публикации.

Таблица 3. Эталонная порошковая диаграмма икорскиита

Table 3. X-ray powder diffraction data for ikorskiyite

I_{meas}	$d_{\text{meas}}, \text{\AA}$	$d_{\text{calc}}, \text{\AA}$	hkl	I_{meas}	$d_{\text{meas}}, \text{\AA}$	$d_{\text{calc}}, \text{\AA}$	hkl
55	7.04	7.03	011	17	2.527	2.530	200
14	6.70	6.67	002	6	2.254	2.254	132
15	5.20	5.20	012	7	2.216	2.216	115
15	5.07	5.07	100	7	2.183	2.183	21-3
41	4.318	4.317	110	7	2.155	2.155	13-3
100	4.185	4.175	11-1	5	2.091	2.093	12-5
24	3.956	3.951	021	6	1.9006	1.9017	14-1
10	3.913	3.918	013	8	1.8617	1.8632	12-6
18	3.535	3.536	112	5	1.8347	1.8345	231
28	3.339	3.336	004	7	1.7931	1.7927	126
19	3.095	3.094	014	3	1.7506	1.7497	23-3
30	3.014	3.015	113	3	1.7082	1.7093	117
70	2.939	2.935	12-2	9	1.5735	1.5742	14-5
8	2.705	2.705	104	5	1.5480	1.5471	028
9	2.597	2.597	024				

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Икорскиит не имеет структурных аналогов среди минералов и неорганических соединений и, согласно классификации Штрунца (Strunz, Nickel, 2001), принадлежит к группе, содержащей одиночные тетраэдрические сетки 6-членных колец, соединенных октаэдрическими слоями или лентами. Наиболее близкий как по условиям образования, так и со структурной точки зрения среди минералов Кольской щелочной провинции к икорскииту — раит, $\text{Na}_4\text{Mn}^{2+}_3\text{Ti}_{0.25}\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, найден в пегматитовой залежи Юбилейная и его образование относится к наиболее поздней стадии ее формирования (Мерьков и др., 1973).

Большинство минералов в пегматитовом теле с икорскиитом, обнаруженном на горизонте +252 м Кировского рудника (табл. 4), имеют четкие возрастные взаимоотношения друг с другом. Наиболее ранними можно считать минералы краевой зоны, в которую входят крупные таблитчатые кристаллы микроклина (1) и радиально-лучистые агрегаты эгирина (2). Эвдиалит (3) нарастает на кристаллы микроклина и сферолиты эгирина, между которыми наблюдаются включения нефелина (4), а также лампрофиллита (5), реликты лабунцовита (6) и манганонептунита (7). Образование последних двух минералов можно условно отнести к переходу от пегматитовой (раствор-расплав) к гидротермальной стадии эволюции системы, с которой связано образование минералов, слагающих ядро пегматита.

Ядро сложено массивными рыхлыми агрегатами кальцита (10), который содержит реликты более ранних и измененных титаносиликатов и цеолитов: мурманита (8), лоернценита (9), канкринита (11). По всей видимости, гидротермальные изменения

Таблица 4. Последовательность минералообразования в кварц-кальцитовой линзе +252 м горизонта Кировского рудника, г. Кукисвумчорр

	Состав	Краевая зона	Промежуточная зона	Ядро
1	Эгирин			
2	Микроклин			
3	Эвдиалит			
4	Нефелин			
5	Лампрофиллит			
6	Лабунцовит			
7	Манганонептунит			
8	Мурманит			
9	Лоренценит			
10	Кальцит			
11	Канкринит			
12	Натролит			
13	Виноградовит			
14	Кварц			
15	Сфалерит			
16	Битумы			
17	Флюорит			
18	Барит			
19	Романешит			
20	Икорский ит			
21	Доннейит-(Y)			
22	Стронционит			

привели к образованию хорошо ограненных кристаллов натролита (12), манганонептунита (7) и виноградовита (13).

На последней стадии формирования пегматита происходила кристаллизация кварца (14), сфалерита (15), что сопровождалось выделениями твердых углеводородов (16). Для наиболее поздних минералов — флюорита (17), корок барита (18) и романешита (19) — последовательность кристаллизации можно проследить на рис. 6. Следует отметить, что икорский ит (20) является наиболее поздним силикатом в системе, после чего происходит кристаллизация карбонатов: доннейита-(Y) (21) и стронцианита (22). Процесс формирования данного пегматита завершается образованием пленок и шариков твердых углеводородов (16), покрывающих все вышеперечисленные минералы в пустотах.

Образование икорского ита можно уверенно отнести к наиболее низкотемпературной стадии гидротермального этапа формирования пегматита. Процесс образования

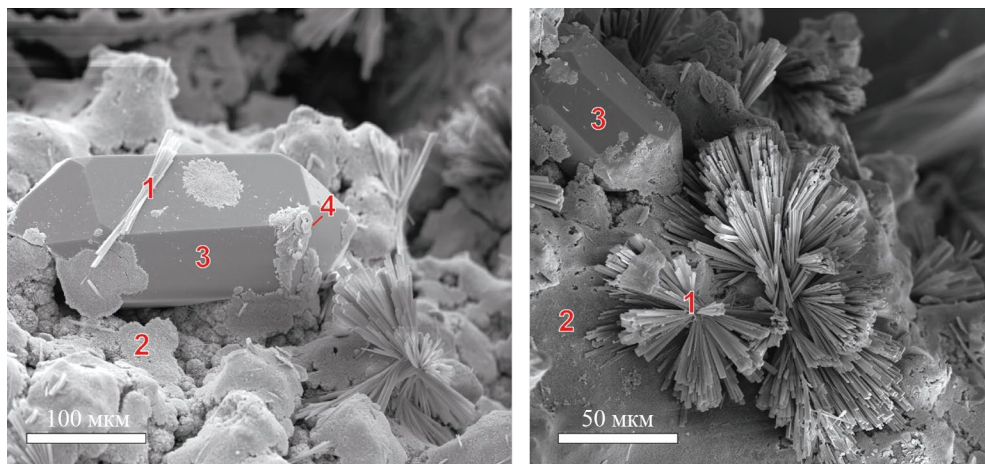
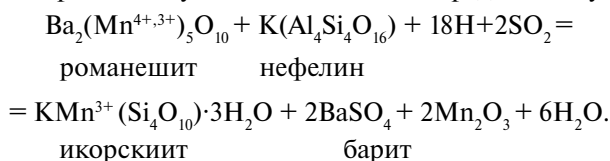


Рис. 6. Поздняя пегматитовая минерализация кальцитовый линзы +252 м горизонта Кировского рудника: 1 — икорскиит, 2 — романешит, 3 — кварц, 4 — стронцианит.

Fig. 6. Late pegmatite mineralization of calcite lens +252 m horizon of the Kirov mine: 1 — ikorskyite, 2 — romanèchite, 3 — quartz, 4 — strontianite.

икорскиита в рассматриваемых условиях может быть представлен условной реакцией



В результате минералогической эволюции пегматитового тела, содержащего икорскиит, ярко проявилась стадийность пегматито-гидротермального минералообразования, обусловленная последовательным уменьшением со временем (и падением температуры) роли алюмосиликатов в пользу сначала титаносиликатов, затем оксидов, сульфидов и сульфатов, фторидов, и, наконец, карбонатов и углеводородных соединений.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проекты 21-77-10103. Рентгеновское изучение минерала осуществлено на оборудовании ресурсного центра «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Арзамасцев А.А., Иванова Т.Н., Коробейников А.Н. Петрология ийолит-уртитов Хибин и закономерности размещения в них залежей апатита. Л.: Наука, **1987**. 110 с.
- Бонштедт Э., Гуткова Н., Костылева Е., Куплетский Б., Лабунцов А. Описание месторождений Хибинских и Ловозерских Тундр. В сб.: Хибинские и Ловозерские Тундры. М.: Изд. Научнотехнического управления ВСНХ, **1928**. С. 203–380.
- Бонштедт Э., БорнеманСтарынкевич И., Влодавец Н., Воробьева О., Герасимовский В., Гуткова Н., Каган Б., Костылева Е., Куплетский Б., Лабунцов А., Ферсман А., Чирвинский П. Минералы Хибинских и Ловозерских тундр. М.; Л.: Изд. АН СССР, **1937**. 563 с.
- Бритвин С.Н., Доливо-Добровольский Д.В., Кржижановская М.Г. Программный пакет для обработки рентгеновских порошковых данных, полученных с цилиндрического детектора дифрактометра Rigaku Raxis Rapid II // ЗРМО. **2017**. Т. 146. № 3. С. 104–107.

- Войтеховский Ю.Л. Икорский Серафим Вениаминович // Тиетта. 2016. Т. 3 (37). С. 49.
- Гурьев А.А. Устойчивое развитие рудно-сырьевой базы и обогащительных мощностей АО «Апатит» на основе лучших инженерных решений // Записки Горного института. 2017. Т. 228. С. 662–673.
- Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н., Горяинов П.М. Основные черты карбонатообразования в гидротермальных жилах Кукисвумчоррского месторождения // ЗРМО. 1996. Т. 125. № 3. С. 9–23.
- Икорский С.В., Нивин В.А., Припачкин В.А. Геохимия газов эндогенных образований СПб.: Наука, 1992. 179 с.
- Костылева-Лабунцова Е.Е., Боруцкий Б.Е., Соколова М.Н., Шлюкова З.В., Дорфман М.Д., Дудкин О.Б., Козырева Л.В., Икорский С.В. Минералогия Хибинского массива. Т. 1. Магматизм и постмагматические преобразования. М.: Наука, 1978. 227 с.
- Мерков А.Н., Буссен И.В., Гойко Е.А., Кульчицкая Е.А., Меньшиков Ю.П., Недорезова А.П. Раит и зорит — новые минералы из Ловозерских тундр // ЗВМО. 1973. Т. 102. № 1. С. 54–62.
- Паниковровский Т.Л., Калашникова Г.О., Житова Е.С., Пахомовский Я.А., Бочаров В.Н., Яковенчук В.Н., Золотарёв А.А.-мл., Кривовичев С.В. Кристаллохимия высоконапряжённого чильманита-(Ce) (Хибинский массив, Кольский полуостров) // ЗРМО. 2017. Т. 146. № 2. С. 113–124.
- Пеков И.В., Подлесный А.С. Минералогия Кукисвумчоррского месторождения (щелочные пегматиты и гидротермалиты) // Минералогический Альманах. 2004. № 7. 176 с.
- Ферсман А.Е. Геохимические дуги Хибинских тундр // Доклады АН СССР. 1931. Сер. А. № 14. С. 367–376.
- Яковенчук В.Н., Иванюк Г.Ю., Пахомовский Я.А., Меньшиков Ю.П. Минералы Хибинского массива. М.: Земля, 1999. 326 с.
- Яковенчук В.Н., Пахомовский Я.А., Коноплёва Н.Г., Паниковровский Т.Л., Базай А.В., Михайлова Ю.А., Бочаров В.Н., Кривовичев С.В. Сергейсмирновит $\text{MgZn}_2(\text{PO}_4)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ — новый минерал из месторождения Кестёр (Саха-Якутия, Россия) // Доклады РАН. Науки о земле. 2022. 505 (2). С. 165–169.

Ikorskyite $\text{KMn}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{10})\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ — New Mineral from the Khibiny Alkaline Massif (Kola Peninsula, Russia)

V. N. Yakovenchuk¹, T. L. Panikorovskii^{1,2}, N. G. Konoplyova¹, Y. A. Pakhomovsky¹,
E. E. Savchenko¹, J. A. Mikhailova¹, V. N. Bocharov³, D. V. Spiridonova²,
S. V. Krivovichev^{1,2}

¹ Kola Science Centre RAS, Apatity, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

³ Saint Petersburg State University, «Geomodel» Center, Saint Petersburg, Russia

Ikorskyite $\text{KMn}^{3+}(\text{Si}_4\text{O}_{10})\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ is new mineral from agpaite pegmatite of the Kukisvumchorr Mt. (Khibiny Massif, Russia). The mineral forms radial aggregates of light-brown crystals growing on separate quartz crystals or on romanèchite crusts in association with barite, donneite-Y, strontionite, natrolite, vinogradovite, manganoneptunite and organic matter. The mineral is monoclinic, space group $P2_1/c$. $a = 5.0714(3)$, $b = 8.2731(5)$, $c = 13.3740(11)$ Å, $\beta = 93.730(5)^\circ$, $V = 559.93(5)$ Å³. The eight most intense lines of the diffractogram are: (I - $d[\text{Å}]$ - hkl): 55-7.04-011; 41-4.318-110; 100-4.185-11-1; 24-3.956-021; 28-3.339-004; 19-3.095-014; 30-3.014-113; 70-2.939-12-2. The crystal structure of ikorskyite belongs to a new structure type of minerals and inorganic compounds and belongs to the palygorskite group. The mineral is named in honor of Serafim Veniaminovich Ikorsky (1927–2016), a well-known specialist in the field of organic matter and gases research of the Kola alkaline province.

Keywords: ikorskyite, new mineral, Kola Peninsula, Khibiny massif, silicate

REFERENCES

- Arzamastsev A.A., Ivanova T.N., Korobeinikov A.N. Petrology of Khibiny ijolite-urtites and laws of apatite deposits location in them. Leningrad: Nauka, 1987. 110 p. (in Russian).

Bonstedt E., Gutkova N., Kostyleva E., Kupletsky B., Labuntsov A. Description of deposits in the Khibiny and Lovozero Tundras. Moscow: Scientific and Technical Administration of the Supreme Board National Economy. **1928**. P. 203–380 (in Russian).

Bonstedt E., Borneman-Starynkevich I., Vlodavets N., Vorobyeva O., Gerasimovsky V., Gutkova N., Kagan B., Kostyleva E., Kupletsky B., Labuntsov A., Fersman A., Chirvinsky P. Minerals of the Khibiny and Lovozero Tundras. Moscow, Leningrad: USSR Acad. Sci. **1937**. 563 p. (in Russian).

Britvin S.N., Dolivo-Dobrovolsky D.V., Krzhizhanovskaya M.G. Software package for processing of X-ray powder data obtained from the cylindrical detector of the Rigaku Raxis Rapid II diffractometer. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2017**. Vol. 146. N 3. P. 104–107 (in Russian).

Dolivo-Dobrovolsky D.D. MINAL, free software. <http://www.dimadd.ru>. Accessed 15 May **2016**.

Galuskin, E.V., Lazic B., Armbruster T., Galuskina, I.O., Pertsev N.N., Gazeev V.M., Włodyka R., Dulski M., Dzierżanowski P., Zadov A.E., Dubrovinsky L.S. Edgrewite $\text{Ca}_9(\text{SiO}_4)_4\text{F}_2$ -hydroxyl edgrewite $\text{Ca}_9(\text{SiO}_4)_4(\text{OH})_2$, a new series of calcium humite-group minerals from altered xenoliths in the ignimbrite of Upper Chegem caldera, Northern Caucasus, Kabardino-Balkaria, Russia. *Amer. Miner.* **2012**. Vol. 97. P. 1998–2006.

Gurev A.A. Sustainable development of crude ore resources and beneficiation facilities of JSC «Apatit» based on best engineering solutions. *J. Mining Institute*. **2017**. Vol. 228. P. 662–673 (in Russian).

Ikorskii S.V., Nivin V.A., Pripachkin V.A. Geochemistry of gases of endogenous formations Saint Petersburg: Nauka, **1992**. 179 p. (in Russian).

Ivanyuk G.Yu., Yakovenchuk V.N., Goryainov P.M. Main features of carbonate formation in hydrothermal veins of the Kukisvumchorr deposit. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1996**. Vol. 125. N 3. P. 9–23 (in Russian).

Mandarino J.A. The Gladstone-Dale relationship: part IV. The compatibility concept and its application. *Canad. Miner.* **1981**. Vol. 19. P. 441–450.

McKeown D.A., Bell M.I., Etz E.S. Vibrational analysis of the dioctahedral mica; 2M muscovite. *Amer. Miner.* **1999**. Vol. 84. P. 1041–1048.

Mer'kov A.N., Bussen I.V., Goiko E.A., Kulchitskaya E.A., Menshikov Y.P., Nedorezova A.P. Raite and zorite — new minerals from Lovozero tundras. *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **1973**. Vol. 102. N 1. P. 54–62 (in Russian).

Nivin V.A., Treloar P.J., Konopleva N.G., Ikorsky S.V. A review of the occurrence, form and origin of C-bearing species in the Khibiny Alkaline Igneous Complex, Kola Peninsula, NW Russia. *Lithos*. **2005**. Vol. 85. P. 93–112.

Panikorovskii T.L., Kalashnikova G.O., Zhitova E.S., Pakhomovsky Y.A., Bocharov V.N., Yakovenchuk V.N., Zolotarev A.A.-I., Krivovichev S.V. Crystallochemistry of high-sodium kuhlmanite-(Se) (Khibiny Massif, Kola Peninsula). *Zapiski VMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2017**. Vol. 146. N 2. P. 113–124 (in Russian).

Pekov I.V., Podlesnyi A.S. Mineralogy of the Kukisvumchorr deposit (alkaline pegmatites and hydrothermalites). *Miner. Almanac. Ecost.* **2004**. N 7. 176 p. (in Russian).

Fersman A.E. Geochemical arcs of the Khibiny tundras. *Doklady Earth Sci.* **1931**. Ser. A. N 14. P. 367–376 (in Russian).

Pekov I.V., Zubkova, N.V., Chukanov, N.V., Pushcharovsky, D.Y., Kononkova, N.N., Zadov, A.E. Podlesnoite $\text{BaCa}_2(\text{CO}_3)_2\text{F}_2$ A new mineral species from the Kirovskii Mine, Khibiny, Kola Peninsula, Russia. *Miner. Rec.* **2008**. Vol. 39. P. 137–148.

Qu K., Sima X., Li G., Fan G., Shen G., Liu X., Xiao Z., Guo H., Qiu L., Wang Y. Fluorluanshiweite, $\text{KLiAl}_{1.5\Box 0.5}(\text{Si}_{3.5}\text{Al}_{0.5})\text{O}_{10}\text{F}_2$, a New Mineral of the Mica Group from the Nanyangshan LCT Pegmatite Deposit, North Qinling Orogen, China. *Minerals*. **2020** Vol. 10. 93.

Ramsay W., Hackman V. Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola. I. *Fennia*. **1894**. Vol. 11. P. 1–225.

Strunz H., Nickel E.H. Strunz mineralogical tables. Stuttgart, **2001**. 870 p.

Tili A., Smith D.C., Beny J.-M., Boyer H. A Raman microprobe study of natural micas. *Miner. Mag.* **1989**. Vol. 53. P. 165–179.

Voytekhoysky Yu.L. Ikorsky Serafim Veniaminovich. *Tietta*. **2016**. Vol. 3 (37). P. 49 (in Russian).

Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Y.A., Menshikov Y.P. Minerals of the Khibiny Massif. Moscow: Zemlya, **1999**. 326 p. (in Russian).

Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A., Men'shikov Yu.P. Khibiny. Apatity: Laplandia Minerals, **2005**. 468 p.

Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Y.A., Konopleva N.G., Panikorovskii T.L., Bazai A.V., Mikhailova J.A., Bocharov V.N., Krivovichev S.V. Sergeysmirnovite, $\text{MgZn}_3(\text{PO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a new mineral from the Kester deposit (Sakha-Yakutia, Russia). *Doklady Earth Sci.* **2022**. Vol. 505 (2). P. 549–552.