

Никмельниковит, $\text{Ca}_{12}\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_6(\text{OH})_{20}$, – новый минерал супергруппы граната из Ковдорского массива (Кольский полуостров, Россия)

Кривовичев С.В.¹, Яковенчук В.Н.^{1,2}, Паниковровский Т.Л.³, Савченко Е.Э.^{1,2}, Пахомовский Я.А.^{1,2}, Михайлова Ю.А.^{1,2}, Селиванова Е.А.^{1,2}, Иванюк Г.Ю.^{1,2}

¹ Центр наноматериаловедения ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, g.ivanyuk@gmail.com; skrivovi@mail.ru

² Геологический институт ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, pakhom@geoksc.apatity.ru; yakovenchuk@geoksc.apatity.ru; ylya_korchak@mail.ru

³ Лаборатория природоподобных технологий и техносферной безопасности Арктики ФИЦ КНЦ РАН, Апатиты, taras.panikorovsky@spbu.ru

Аннотация. Приведена краткая характеристика первого тригонального представителя супергруппы граната никмельниковита, открытого в 2018 г. в скарноидах Ковдорского массива и названного в честь академика Николая Николаевича Мельникова (1938–2018), выдающегося советского и российского горного инженера, директора Горного института Кольского научного центра РАН (1981–2015).

Ключевые слова: никмельниковит, супергруппа граната, скарноиды, Ковдорский массив.

Nikmelnikovite, $\text{Ca}_{12}\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_6(\text{OH})_{20}$, a new mineral of the garnet supergroup from the Kovdor massif (Kola Peninsula, Russia)

Krivovichev S.V.¹, Yakovenchuk V.N.^{1,2}, Panikorovskii T.L.³, Savchenko E.E.^{1,2}, Pakhomovsky Ya.A.^{1,2}, Mikhailova J.A.^{1,2}, Selivanova E.A.^{1,2}, Ivanyuk G.Yu.^{1,2}

¹ Nanomaterials Research Center KSC RAS, Apatity, skrivovi@mail.ru, g.ivanyuk@gmail.com,

² Geological institute KSC RAS, Apatity, pakhom@geoksc.apatity.ru, savchenko@geoksc.apatity.ru, yakovenchuk@geoksc.apatity.ru, ylya_korchak@mail.ru

³ Laboratory of geo-inspired technologies and environmental safety of Arctic region KSC RAS, Apatity, taras.panikorovsky@spbu.ru

Abstract. Nikmelnikovite is the first trigonal member of the garnet supergroup. The mineral was discovered in 2018 in skarn-like rocks of the Kovdor massif and named in honor of Academician Nikolay Nikolaevich Melnikov (1938–2018), an outstanding Soviet and Russian mining engineer, director of the Mining Institute of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences (1981–2015), for his important contributions to the study of behavior of stressed rock massifs and development of superdeep quarries and underground nuclear power stations.

Key words: nikmelnikovite, garnet supergroup, skarn-like rocks, Kovdor massif.

В 2018 г. Международная минералогическая ассоциация утвердила новый минерал никмельниковит, $\text{Ca}_{12}\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_3\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_6(\text{OH})_{20}$, $R-3$, $a = 17.2072(6)$, $c = 10.5689(4)$ Å, $V = 2710.1(2)$ Å³, $Z = 3$ – первый тригональный представитель супергруппы граната, названный в память академика Николая Николаевича Мельникова (1938–2018), выдающегося советского и российского горного инженера, директора Горного института Кольского научного центра РАН (1981–2015), за его важный вклад в изучение поведения напряжённых массивов горных пород и разработку сверхглубоких карьеров и подземных ядерных станций.

Никмельниковит открыт на крупнейшем в мире Ковдорском флогопитовом месторождении (рис. 1), в апотурьяитовых скарноидах которого встречаются крупные гигантозернистые гнезда кальцита, монтичеллита, волластонита, пектолита, андрадита, манаевита-(Ce), глаголевита, натролита–гоннардита, сколецита, томсонита–Са, тоберморита, магнетита и сфалерита (Ivanyuk et al., 2002). Кристаллы андрадита достигают здесь 10 см, а никмельниковит как поздний минерал нарастает на их октаэдрические грани в виде коричневатато-красных корок, достигающих в толщину до 1 мм (рис. 2а). Эти корки, в свою очередь, могут быть инкрустированы мельчайшими (до 0.1 мм в

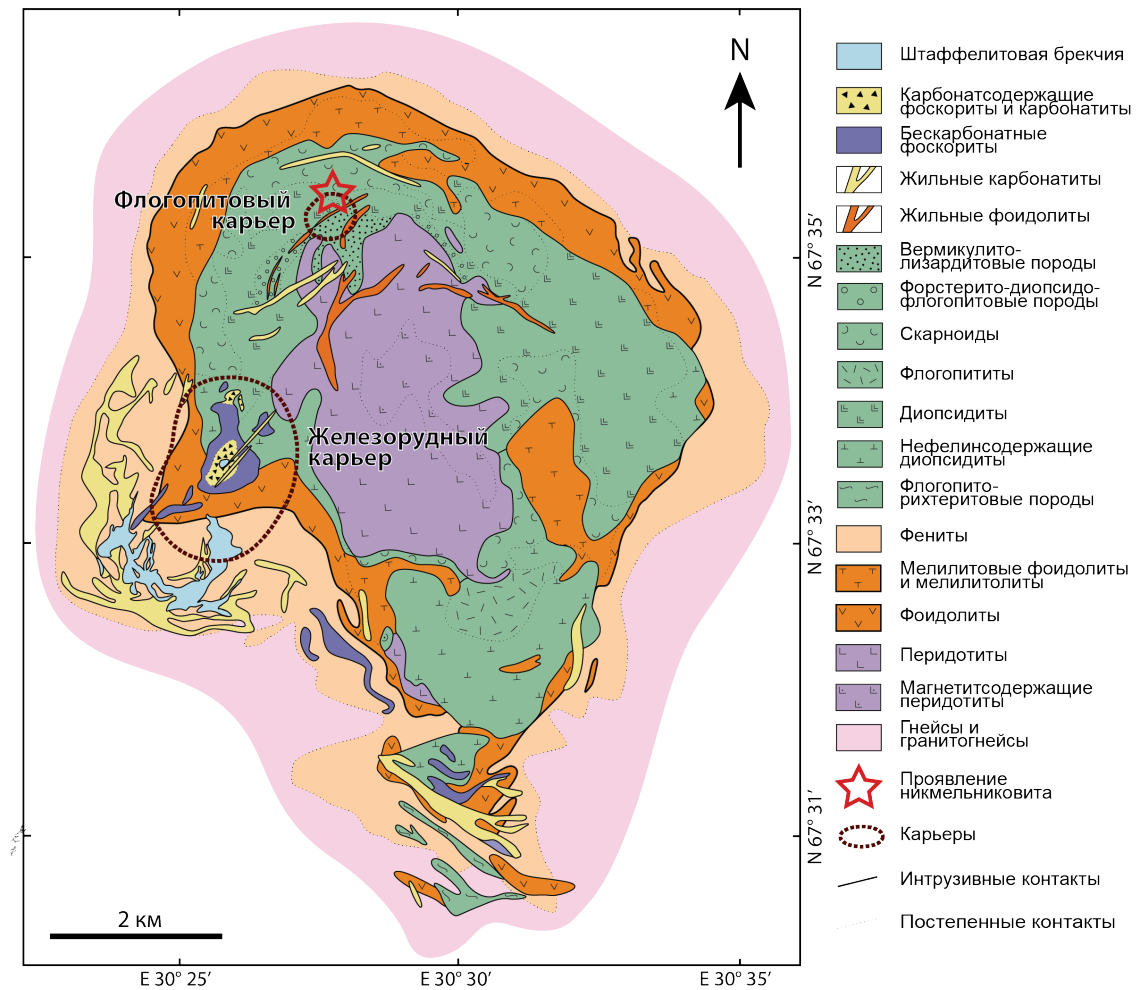


Рис. 1. Геологическая карта Ковдорского массива (Mikhailova et al., 2016) и фотография Флогопитового карьера с проявлением никмельниковита.

Fig. 1. Geological map of the Kovdor massif (Mikhailova et al., 2016) and a photo of the Flogopite Open Pit, with nikkelnikovite type locality.

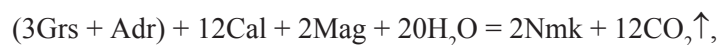
диаметре) глобулами (рис. 2 б) и ромбоэдрическими секториальными кристаллами, в которых чередуются сектора никмельниковита и его Fe-аналога (рис. 2 в, г).

Средний химический состав никмельниковита (MgO 0.38, Al₂O₃ 12.08, SiO₂ 22.10, CaO 39.71, MnO 0.52, FeO 3.19, Fe₂O₃ 9.48, H₂O 12.08 мас. %) соответствует следующей эмпирической формуле, вычисленной на основе 68 зарядов (исходя из структурных данных): Ca_{11.81}(Fe²⁺_{0.74} Mn_{0.12} Mg_{0.16})_{Σ1.02}(Al_{3.95} Fe³⁺_{1.98})_{Σ5.93}[Si_{6.14} O₂₄](OH)₂₀·1.18H₂O.

Кристаллическая структура никмельниковита относится к новому структурному типу и является модифицированным (дефектным) вариантом структуры минералов сверхгруппы граната

(Grew et al., 2013), – в частности, минералов ряда андрадит-гроссуляр. Гетерополиэдрический каркас никмельниковита образован четырьмя симметрично неэквивалентными октаэдрами (заселенные позиции Al1, Fe2 и Fe3, и низкокзаселенная Mn1), которые связаны через общие вершины с тетраэдрами SiO₄. Атомы кальция в восьмерной координации располагаются в полостях каркаса (рис. 3). Уточнённая заселённость октаэдрических позиций: (Al_{0.925}Fe³⁺_{0.075}), (Fe²⁺_{0.88}Al_{0.12}) и (Fe³⁺_{0.63}Al_{0.37}). Структурная формула никмельниковита может быть записана как Ca₁₂(Al_{2.77}Fe³⁺_{0.23})_{Σ3.00}(Fe²⁺_{0.88}Al_{0.12})_{Σ1.00}(Fe³⁺_{1.89}Al_{1.11})_{Σ3.00}Mn_{0.16}Si_{6.00}Si_{0.60}O_{24.95}(OH)_{19.05}·0.6H₂O. В рамках существующей номенклатуры минералов супергруппы гранатов (Grew et al. 2013), формула никмельниковита может быть представлена в виде: 3{X₃}[Y₂](Z₃)φ₁₂ = {X₁₂}[Y₈](Z₁₂)φ₄₈ = {Ca₁₂}[Fe²⁺][Fe³⁺][Al₃□](Si₆)(□₆)O₂₄(OH)₂₀□₄.

Учитывая кристаллохимические особенности никмельниковита и его тесную ассоциацию с высоководным представителем группы везувиана манаевитом-(Ce), можно заключить, что рассматриваемый минерал кристаллизуется из поздних низкотемпературных гидротермальных растворов, используя андрадит в качестве затравки, а сосуществующие магнетит и кальцит в качестве источников Fe и Ca:



где Adr – андрадит, Cal – кальцит, Grs – гроссуляр, Mag – магнетит и Nmk – никмельниковит.

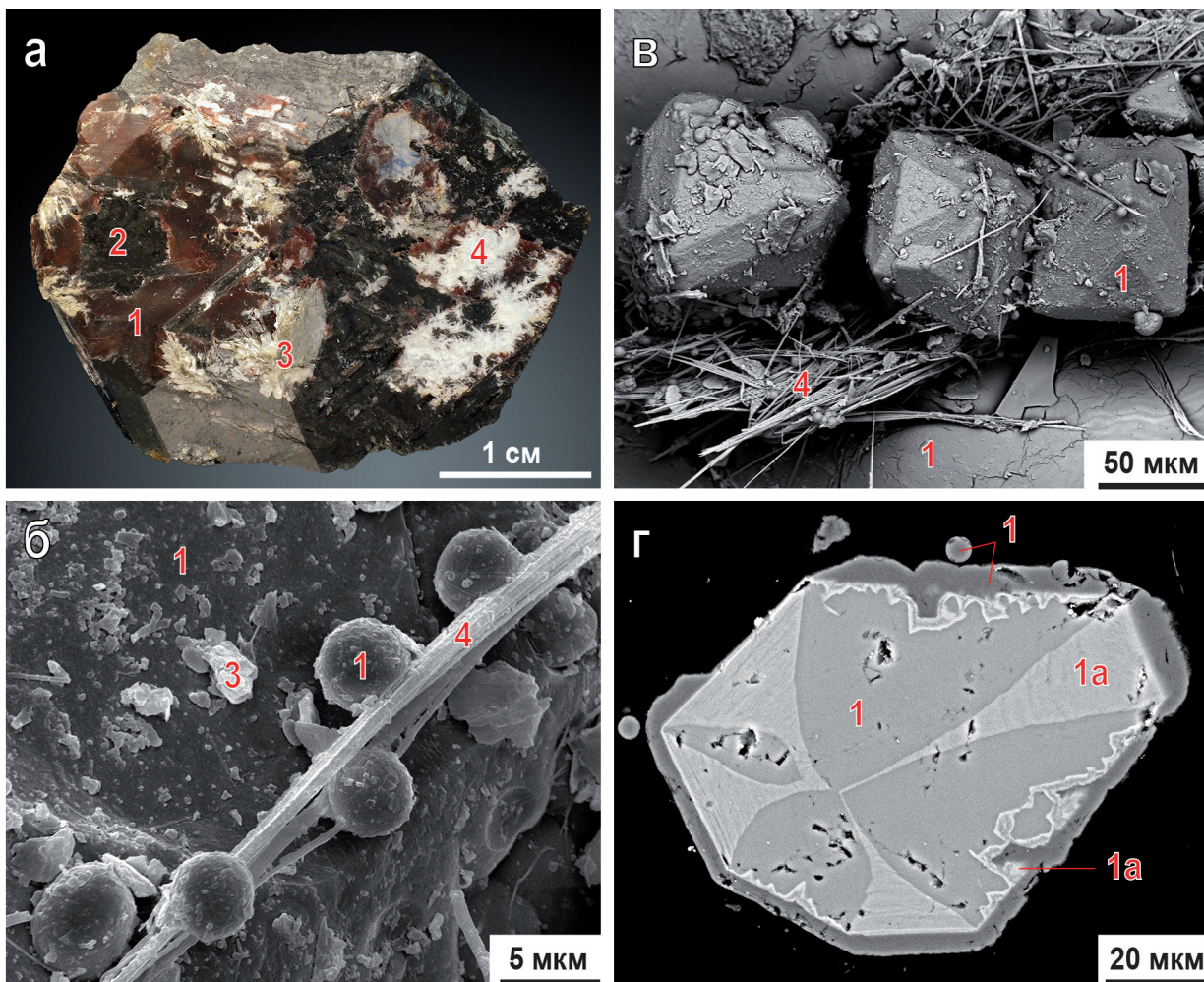


Рис. 2. Корки никмельниковита на андрадите (а) и увеличенные SE (б, в) и BSE-изображения его глобул (б) и секториальных кристаллов (в, г). 1 – никмельниковит, 1а – Fe-аналог никмельниковита, 2 – андрадит, 3 – глаголевит, 4 – тоберморит.

Fig. 2. Macrophoto of nikkelnikovite crusts on andradite (a) and enlarged SE (б, в) and BSE (г) images of nikkelnikovite globules (б) and sectorial crystals (в, г). 1 – nikkelnikovite, 1а – Fe-analogue of nikkelnikovite, 2 – andradite, 3 – glagolevite, 4 – tobermorite.

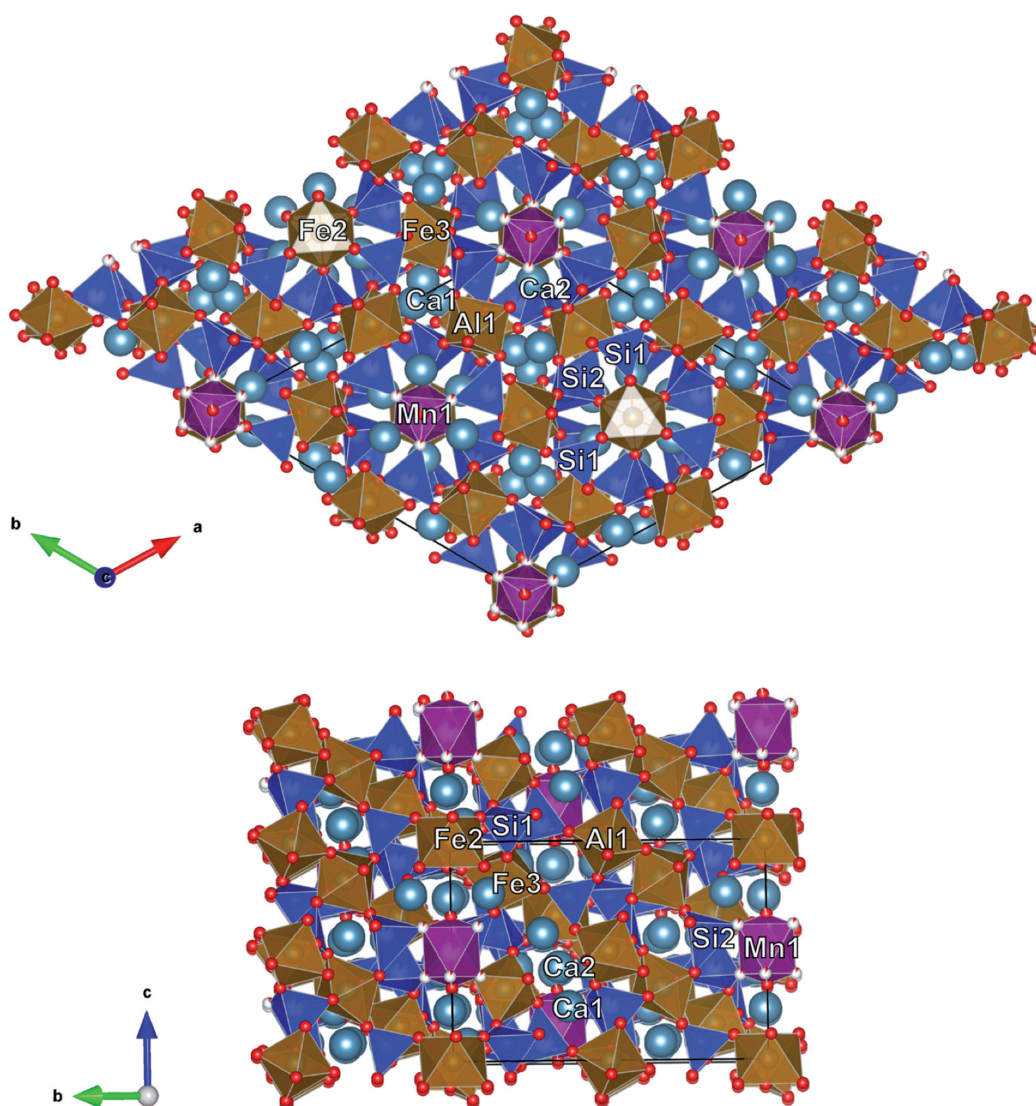


Рис. 3. Кристаллическая структура никмельниковита в проекции на плоскости ab и bc .

Fig. 3. Crystal structure of nikhelnikovite, projection on ab and bc .

Исследования проводились в рамках научных тем ФИЦ КНЦ РАН 0226-2019-0051 и 0186-2019-0011 при финансовой поддержке Президиума РАН (Программа I-48) и РФФ (грант 16-17-10173).

Литература

1. Ivanyuk G.Yu., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A. Kovdor. Laplandia Minerals, Apatity, 2002. 320 pp.
2. Mikhailova J.A., Kalashnikov A.O., Sokharev V.A., Pakhomovsky Y.A., Konopleva N.G., Yakovenchuk V.N., Bazai A.V., Goryainov P.M., Ivanyuk G.Y. 3D mineralogical mapping of the Kovdor phoscorite–carbonatite complex (Russia). *Miner. Depos.* 2016. V. 51. P. 131–149; doi:10.1007/s00126-015-0594-z.
3. Grew E.S., Locock A.J., Mills S.J., Galuskina I.O., Galuskin E.V., & Hälenius U. Nomenclature of the garnet supergroup. *Amer. Mineral.* 2013. V. 98. P. 785–811; doi:10.2138/am.2013.4201.