

Е. Ю. Акимова¹, П. Я. Азимов¹, Н. С. Серебряков²

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

РЕДКИЕ И НЕОБЫЧНЫЕ МИНЕРАЛЫ КОРУНДСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ХИТООСТРОВА (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ)

Аннотация

Охарактеризован минеральный состав корундсодержащих пород проявления Хитоостров. Роговые обманки относятся к чермакитам-ферричермакитам и барруазитам-феррибарруазитам. Натрожедрит характеризуется необычно высоким расчетным содержанием Fe^{3+} , как и ставролит. Среди биотитов–флогопитов встречен редкий Na-биотит. Присутствие в корундсодержащих породах редких барруазитовых роговых обманок, вонезитов, ставролитов с повышенными содержаниями Fe^{3+} может указывать на необычность среды минералообразования: повышенные давления, субщелочной характер обстановки, высокую активность Na во флюиде.

Ключевые слова:

корундсодержащие породы, породообразующие минералы, метаморфизм, метасоматоз.

E. Yu. Akimova¹, P. Ya. Azimov¹, N. S. Serebryakov²

¹ Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg, Russia

² Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia

RARE AND UNUSUAL MINERALS FROM CORUNDUM-BEARING ROCKS OF THE KHITOOSTROV (NORTH KARELIA)

Abstract

The mineral composition of corundum-containing rocks of the Khitoostrov deposit is characterized. Hornblendes refer to tschermacherite-ferritschermakite and barroisite-ferribarroisite. Sodicgedrite, as well as staurolite, is characterized by an unusually high calculated content of Fe^{3+} . Among the biotites, phlogopites, a rare Na-biotite, vonesite, was encountered. The presence of rare barroisite hornblendes, vonesites, staurolites with elevated Fe^{3+} contents in the corundum-bearing rocks may indicate the unusual nature of the mineral formation environment: elevated pressures, subalkaline nature of the environment, high Na activity in the fluid.

Keywords:

corundum-bearing rocks, rock-forming minerals, metamorphism, metasomatism.

Введение

Хитоостров — одно из проявлений апогнейсовых корундсодержащих метасоматитов, сформировавшихся на регрессивной стадии свекофеннского метаморфизма пород Беломорского подвижного пояса Восточной Фенноскандии (Серебряков, 2004). Ранее в породах с корундом был описан натрожедрит (Серебряков и др., 2000). Необычный химический состав и парагенезисы этих пород позволяют предполагать наличие и других редких или необычных минералов: барруазитовые роговые обманки, натровые биотиты, обогащенные Fe^{3+} ставролиты.

Методика исследований

Составы минералов определялись на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром AzTec Energy 350 и комплектом стандартных образцов в РЦ СПбГУ «Геомодель» (аналитики В. В. Шиловских и Н. С. Власенко) и на растровом электронном микроскопе JSM-6510LA с энергодисперсионным спектрометром JED-2200 (JEOL) и комплектом стандартных образцов в ИГГД РАН (аналитик О. Л. Галанкина). Расчет кристаллохимических формул амфиболов выполнялся в программах Amphibole Classification Excel Spreadsheet (Lokock, 2014) и WinAmphcal (Yavuz, 2007), остальных минералов — в программе Minal v.3 Д. В. Доливо-Добровольского.

Минералогия пород Хитоострова

Роговые обманки в метасоматитах Хитоострова известны в амфибол-биотит-гранат-плагноклазовых породах с псевдоморфозами ставролита по кианиту, не содержащих корунда вовсе или содержащих его в составе ставролит-плагноклазовых симплектитов (промежуточные метасоматические зоны, Серебряков, 2004), амфиболсодержащих плагноклазитах с биотитом, гранатом и ставролитом и в амфиболсодержащих породах с корундом (тыловые метасоматические зоны, Серебряков, 2004). По составу роговые обманки метасоматитов относятся к чермакитам с низким и очень низким содержанием Si (5,6–6,5 ф. к.), высокой глинозёмистостью ($^{IV}Al = 1,5–2,4$ ф. к., $^{VI}Al = 0,5–2,0$ ф. к.) и магниальностью ($x_{Mg} \geq 0,75$) (рис. 1). Позиция А в структуре роговых обманок заполнена частично ($Na + K$ в позиции А $\leq 0,5$). Содержание Na в позиции В меняется от 0,4 до 1 ф. к. (роговые обманки с $^{B}Na \geq 0,5$ ф. к. можно отнести к барруазитам) (Leake et al., 1997, 2004, Hawthorne et al., 2012). Роговые обманки низкокалиевые ($x_{Na} = 0,75–1$), содержание титана в них 0,05–0,18 ф. к. Расчетное содержание Fe^{3+} варьирует от 0,35 до 1,65 ф. к. (большую часть роговых обманок с $Fe^{3+} \geq 1,1$ ф. к. можно отнести к ферричермакитам и феррибарруазитам). Составы роговых обманок сильно меняются от пород с псевдоморфозами ставролита по кианиту к корундсодержащим породам: возрастает глинозёмистость и содержание Na, расчётная доля Fe^{3+} . При этом падает содержание ^{B}Ca , поэтому Na входит в позицию В (переход от чермакитов к барруазитам), в то время как позиция А остаётся частично незаполненной.

Натрожедрит известен в парагенезисе с плагноклазом, гранатом, биотитом, корундом, ставролитом, с роговой обманкой или без неё (Серебряков и др., 2000). Минерал характеризуется низким содержанием Si (5,5–6,0 ф. к.) и весьма высоким содержанием натрия (Na 0,67–0,98 ф. к.) (рис. 2), относительно постоянной магниальностью $x_{Mg} = 0,7–0,8$, высокой глинозёмистостью ($^{IV}Al = 2,0–2,5$ ф. к., $^{VI}Al = 1,2–1,8$ ф. к.), низким содержанием Ti (0,02–0,07 ф. к.). Содержание расчетного Fe^{3+} не превышает 0,24 ф. к. В жедрите часто отмечаются ламели ильменита. Состав натрожедрита в сумме с этими ламелями оказывается несколько иным и отличается высокой титанистостью (0,17–0,31 ф. к.), а также более высоким расчетным содержанием Fe^{3+} (0,26–0,66 ф. к.). Можно предположить, что эти ламели возникли в результате распада богатого титаном ортоамфибола.

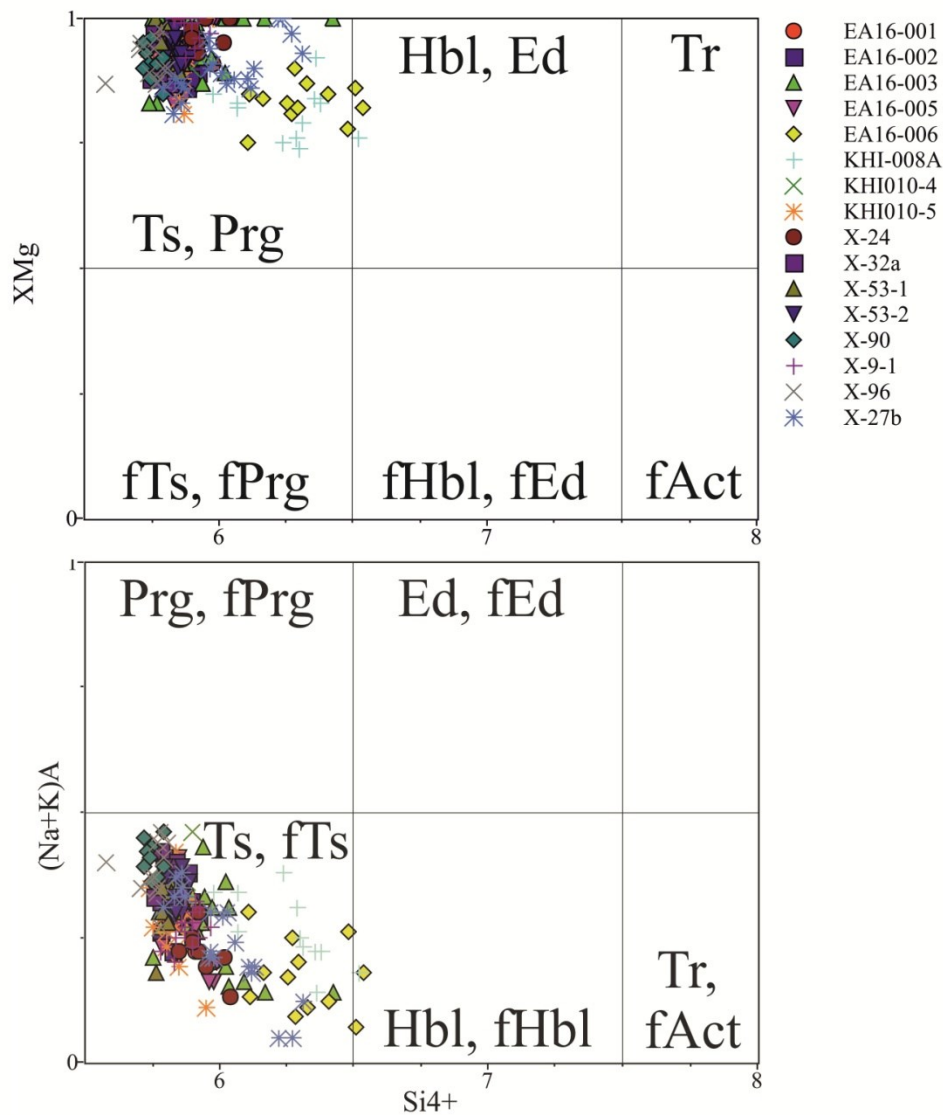


Рис. 1. Составы роговых обманок из корундсодержащих пород Хитоострова на классификационных диаграммах (по Leake et al., 1997).

EA16-001, EA16-002, KHI010-4, KHI010-5, X-53-1, X-53-1, X-53-2, X-90, X-9-1 — амфиболсодержащие породы с корундом;
 EA16-003 — амфиболсодержащий плагиоклазит с Bt, Grt и St; EA16-006; X-24, X-9/2, X-27b — породы с псевдоморфозами St по Ky; EA16-005, X-32a, X-96 — биотит-гранат-амфибол-плагиоклазная порода со St

Fig. 1. Compositions of hornblendes from corundum-bearing Khitoostrov rocks on classification diagrams (after Leake et al., 1997). EA16-001, EA16-002, KHI010-4, KHI010-5, X-53-1, X-53-1, X-53-2, X-90, X-9-1 — corundum-bearing rocks with amphiboles; EA16-003 — amphibole-bearing plagioclase with Bt, Grt and St; EA16-006, X-24, X-9/2, X-27b — rocks with partial St pseudomorphs after Ky; EA16-005, X-32a, X-96 — biotite-garnet-amphibole-plagioclase rock with St

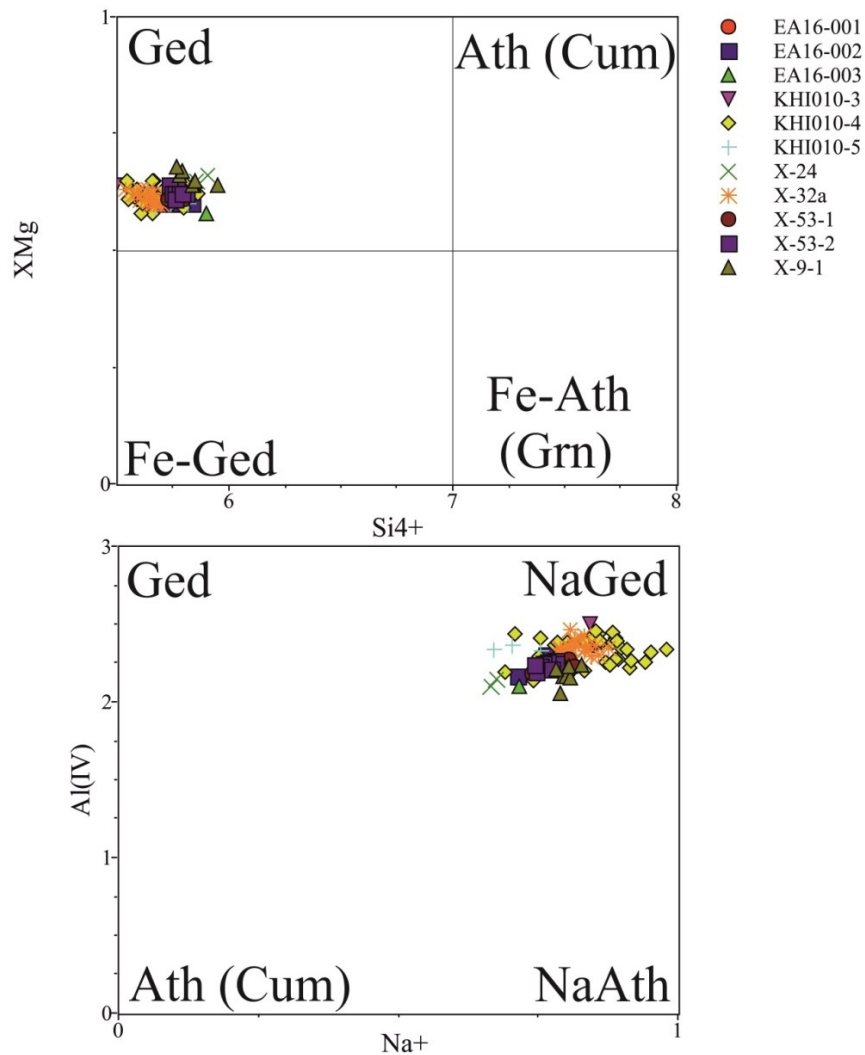


Рис. 2. Составы натрожедритов из корундсодержащих пород Хитоострова на классификационной диаграмме Si vs xMg, (по Leake et al., 1997).
Обозначения те же, что на рис. 1

Fig. 2. Compositions of sodicgedrites from corundum-bearing Khitoostrov rocks on classification diagrams (after Leake et al., 1997). Legend is the same as in Fig. 1

Натробиотит присутствует в виде вrostков либо послойного чередования в некоторых листочках биотита в амфиболсодержащих породах с корундом. Неоднородность биотитов хорошо видна в шлифах и на BSE-изображении (рис. 3). Натробиотит отличается повышенным содержанием Na (0,44–0,72 ф. к. на фоне содержаний Na в обычном биотите-флогопите до 0,27) и, соответственно, пониженным K (0,18–0,42 ф. к.), а также повышенной долей вакансий в позиции А, при этом другие параметры укладываются в диапазон таковых для обычных биотитов корундсодержащих пород: $^{IV}Al = 1,1–1,5$ ф. к., $^{VI}Al = 0,2–0,8$ ф. к., $x_{Mg} = 0,54–0,95$.

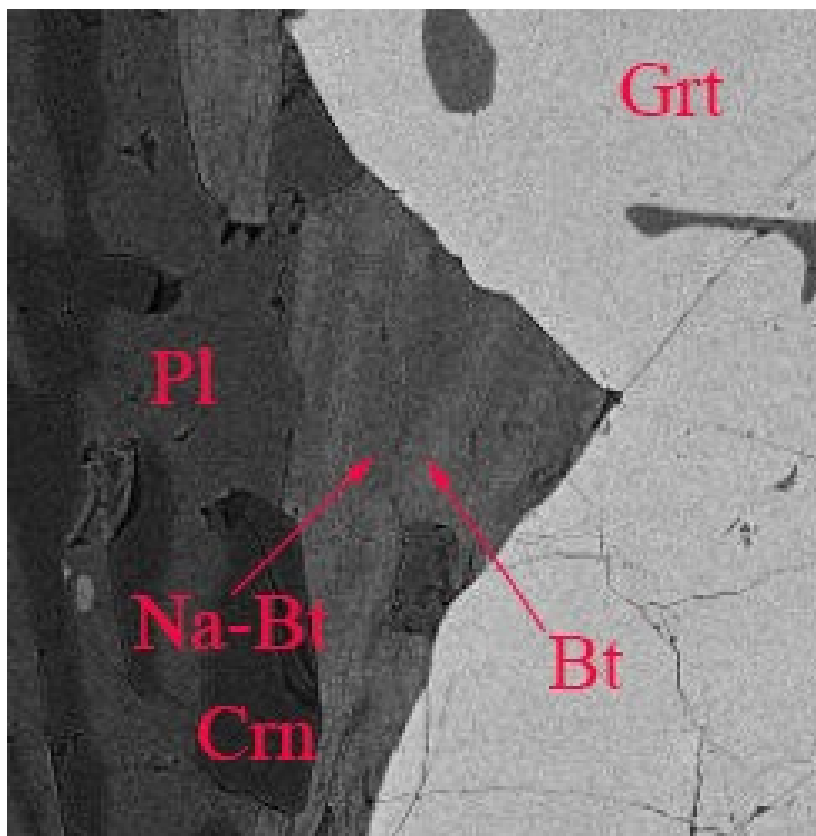


Рис. 3. Неоднородное зерно биотита в BSE (поле зрения 400 μm)
 Fig. 3. Heterogeneous biotite grain in the BSE (field of view 400 μm)

Ставролит известен в тех же минеральных ассоциациях, что и амфиболы, что уже само по себе весьма необычно, но встречается и в безамфиболовых корундсодержащих породах в ассоциации с плагиоклазом, гранатом, биотитом, кианитом. Минерал характеризуется широкими вариациями магнезиальности ($x_{\text{Mg}} = 10\text{--}56\%$). Как правило, он гораздо более магнезиальный, чем обычные ставролиты метапелитов (Федькин, 1975). Иногда присутствует примесь Zn (до 0,1 ф. е.), Ti от 0,02 до 0,14 ф. к., Al меняется от 8,60 до 9,22 ф. к. Расчетное количество Fe^{3+} составляет до 0,75 ф. к. Такое содержание Fe^{3+} необычно высоко для ставролитов.

Заключение

Вариации составов роговых обманок согласуются с моделью метасоматического процесса, предложенной Н. С. Серебряковым (Серебряков, 2004), подразумевающей десиликацию кианит-гранат-биотитовых гнейсов чупинской толщи с одновременным привнесением Na, Ca и накоплением глинозёма. Изменение состава пород в процессе метасоматоза влечет за собой возникновение в них необычных и редких минералов. Так, натрожедрит встречается в некоторых гидротермальных жилах и гранулитах — в составе симплектитов (Damman, 1988; Kanazawa et al., 2009; Tsunogae et al., 2007). Натробиотит (вонезит) известен

в некоторых вулканитах (Spear et al., 1981, <http://www.handbookofmineralogy.org>); он появлялся также в экспериментах по моделированию взаимодействия амфиболов и сосуществующих флогопитов с флюидом $H_2O-NaCl$ при 900 °C и 500 МПа (Ходоревская, Аранович, 2016). Барруазиты в целом характерны для высокобарных метаморфических комплексов (голубых сланцев и эклогитов), но, как показывают результаты экспериментов, амфиболы, содержащие Na в позиции В, образуются и в условиях повышенного содержания Na в минералообразующей среде. Присутствие в корундсодержащих породах барруазитовых роговых обманок и натробиотитов, повышенные содержания Fe^{3+} в ставролитах и роговых обманках, вероятно, указывают на субщелочной характер обстановки и на высокую активность Na во флюиде. Вхождение Na в позицию В амфиболов благоприятствует также повышенное давление при формировании метасоматитов Хитоострова (условия кианитовой фациальной серии).

Авторы благодарны А. Б. Кольцову (СПбГУ) за ценные замечания, Д. В. Доливо-Добровольскому (ИГГД РАН) за помощь в работе с классификационными программами для амфиболов. Работа выполнена в рамках исследовательской темы ИГГД РАН 0153-2019-0004 и поддержана грантом РФФИ № 17-05-00265.

Литература

Серебряков Н. С., Аристов В. В., Волкова Е. В. Натровый жедрит в Хитостровском проявлении корунда Северной Карелии // Геология и геоэкология Фенноскандии, северо-запада и центра России: мат-лы XI молодежной конф., посвящен. памяти К. О. Кратца. Петрозаводск: ИГ КарНЦ РАН, 2000. С. 138–139.

Серебряков Н. С. Петрология корундсодержащих пород чупинской толщи Беломорского подвижного пояса (на примере Чупинского сегмента): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М., 2004. 170 с.

Федькин В. В. Ставролит. М.: Наука, 1975. 272 с.

Ходоревская Л. И., Аранович Л. Я. Экспериментальное исследование взаимодействия амфибола с флюидом $H_2O-NaCl$ при 900 °C, 500 МПа: к процессам плавления и массопереноса в гранулитовой фации // Петрология. 2016. Т. 24, № 3. С. 235–254.

Damman A. Hydrothermal subsilicic sodium gedrite from the Gåsborn area, West Bergslagen, Central Sweden // Mineral. Mag. 1988. Vol. 52. P. 193–200.

Hawthorne F. C., Oberti R., Harlow G. E. et al. Nomenclature of the amphibole supergroup // Am. Mineral. 2012. Vol. 97, No. 11–12. P. 2031–2048.

Kanazawa T., Tsunogae T., Sato K., Santosh M. The stability and origin of sodicgedrite in ultrahigh-temperature Mg-Al granulites: a case study from the Gondwana suture in southern India // Contrib. to Mineral. Petrol. 2009. Vol. 157, No. 1. P. 9–110.

Leake B. E., Woolley A. R., Arps C. E. S. et al. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names // Can. Mineral. 1997. Vol. 35, No. 1. P. 219–246.

Leake B. E., Woolley A. R., Birch W. D. et al. Nomenclature of amphiboles: Additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature // Am. Mineral. 2004. Vol. 89. P. 883–887.

Locock A. J. An Excel spreadsheet to classify chemical analyses of amphiboles following the IMA 2012 recommendations // *Computers & Geosciences*. 2014. Vol. 62. P. 1–11.

Spear F. S., Hazen R. M., Rumble D. Wonesite: a new rock-forming silicate from the Post Pond volcanics, Vermont // *Am. Mineral*. 1981. Vol. 66. P. 100–105.

Tsunogae T., Santosh M., Shimpo M. Sodicgedrite in ultrahigh-temperature Mg-Al-rich rocks from the Palghat-Cauvery Shear Zone system, Southern India // *J. Mineral. Petrol. Sci.* 2007. Vol. 102. P. 39–43.

Yavuz F. WinAmphcal: A Windows program for the IMA-04 amphibole classification // *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2007. Vol. 8, No. 1. P. 1–12.

Сведения об авторах

Акимова Екатерина Юрьевна

младший научный сотрудник, ИГГД РАН, 79052513147@yandex.ru

Азимов Павел Яковлевич

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ИГГД РАН, pavel.azimov@mail.ru

Серебряков Николай Станиславович

кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ИГЕМ РАН, nikserebr@yandex.ru

Akimova Ekaterina Yurievna

Junior Researcher, IPGG RAS, 79052513147@yandex.ru

Azimov Pavel Yakovlevich

PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher, IPGG RAS, pavel.azimov@mail.ru

Serebryakov Nikolay Stanislavovich

PhD (Geology & Mineralogy), Senior Researcher, IGEM RAS, nikserebr@yandex.ru

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.6.002

УДК 552.321 + 549.5(470.22)

Р. Л. Анисимов

Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

ХРОМШПИНЕЛИДЫ УЛЬТРАОСНОВНЫХ-ОСНОВНЫХ ИНТРУЗИЙ КИВАЧ И ПЕТУСЪЯРВИ (ЮГО-ЗАПАДНАЯ КАРЕЛИЯ)

Аннотация

Приводятся результаты микрозондового изучения акцессорных хромшпинелидов ультрамафит-мафитовых массивов Кивач и Петусъярви. Данные массивы расположены к северо-востоку от Хаутоваарской зеленокаменной структуры, в пределах Карельского кратона Балтийского щита, и являются слабодифференцированными дайкообразными телами. Хромшпинелиды в целом представлены твердыми растворами хромита, магнетита и герцинита, вероятный тренд эволюции составов — уменьшение содержания Cr и Al и возрастание содержания Fe. Также приводится сопоставление хромшпинелидов Кивача и Петусъярви с составами хромшпинелидов некоторых других высоко-Mg пород Карелии.

Ключевые слова:

Кивач, Петусъярви, ультрамафит-мафитовые интрузии, хромшпинелиды.