

Петро-геохимия и U-Pb возраст интрузии Плотичья Варака, Кольский регион

Чашин В.В. , Баянова Т.Б. 

Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, v.chashchin@ksc.ru; t.bayanova@ksc.ru

Аннотация. В результате проведенного исследования изучены петро-геохимические особенности интрузии Плотичья Варака (ИПВ) комплекса роговообманковых мафит-ультрамафитов. В основном она сложена кортландитами (60 об. %), шприсгеймитами (10 об. %) и габброноритами (30 об. %). Химический состав шприсгеймитов и кортландитов характеризуется высокой отрицательной корреляцией между содержаниями MgO и остальными петрогенными элементами, за исключением содержания FeO_{tot} , с которым у MgO положительная корреляционная связь. Для спектра РЗЭ в этих породах свойственен отрицательный наклон и незначительные отрицательные Eu аномалии. Распределение элементов-примесей характеризуется отрицательными аномалиями Ta, Nb, Ba, Hf и Y, а также положительными аномалиями Sr. Получен новый U-Pb возраст кортландитов ИПВ равный 1913 ± 5 млн лет. Интрузии роговообманковых мафит-ультрамафитов, включая и ИПВ, образовались после процесса гранулитового метаморфизма в Кандалакшско-Колвицких гранулитах, в синколлизийных геодинамических условиях в тыловой части этой структуры.

Ключевые слова: кортландиты, петро-геохимия, U-Pb возраст, интрузия Плотичья Варака.

Petro-geochemistry and U-Pb age of the Plotichya Varaka intrusion, Kola region

Chashchin V.V. , Bayanova T.B. 

Geological Institute, Kola Research Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, v.chashchin@ksc.ru; t.bayanova@ksc.ru

Abstract. This research has examined the petro-geochemical characteristics of the complex of hornblende mafic-ultramafic rocks known as the Plotichya Varaka intrusion (IPV). Cortlandite (60 vol %), schriesheimite (10 vol %), and gabbronorite (30 vol %) make up the majority of IPV. With the exception of the FeO_{tot} content, where MgO has a positive correlation, the chemical composition of schriesheimite and cortlandite is characterized by a high negative correlation between the MgO contents and other petrogenic elements. These rocks' REE spectrum exhibits a negative slope and slight negative Eu anomalies. Negative Ta, Nb, Ba, Hf, and Y anomalies, as well as positive Sr anomalies, define the trace element distribution. A new U-Pb age of IPV cortlandite was obtained as of 1913 ± 5 Ma. In the Kandalaksha-Kolvitsky granulites, intrusions of hornblende mafic-ultramafic rocks, including IPV, were created under syncollisional geodynamic conditions following the process of granulite metamorphism.

Keywords: cortlandite, petro-geochemistry, U-Pb age, Plotichya Varaka intrusion.

Введение

ИПВ входит в состав комплекса роговообманковых мафит-ультрамафитов (Ефимов и др., 1975), широко представленных в Кандалакшском районе Кольского полуострова. Всего известно около 80 таких интрузий, которые локализованы в виде полосы субмеридионального направления протяженностью около 50 км от губы Шушпанихи Белого моря на юге до оз. Черного на севере, в пределах восточной, тыловой части Кандалакшско-Колвицких гранулитов (рис. 1). Ширина полосы развития этих интрузий варьирует от 10 до 20 км. Они в основном имеют удлиненно-линзовидную форму, реже неправильную, близкую к изометрической, размеры их колеблются в широких пределах: от десятков метров в поперечнике до 5×1 км. Большая часть интрузий, вне зависимости от их размеров, дифференцирована и сложена несколькими разновидностями пород (шприсгеймитами, кортландитами, габброноритами). Характерной чертой этих интрузий является преобладание в их составе двупироксеновых ассоциаций пород и присутствие в качестве типоморфного минерала первично-магматической бурой роговой обманки. В ассоциации с некоторыми интрузиями известна сульфидная Cu-Ni минерализация с близ промышленными содержаниями, выявленная в про-

цессе проведения геолого-съёмочных (Чалых, 1967) и последующих поисковых работ (Лимберис, Смирнов, 1970). ИПВ представляет интерес в связи с наличием в ее составе сульфидного оруденения, содержащего платинометалльную минерализацию.

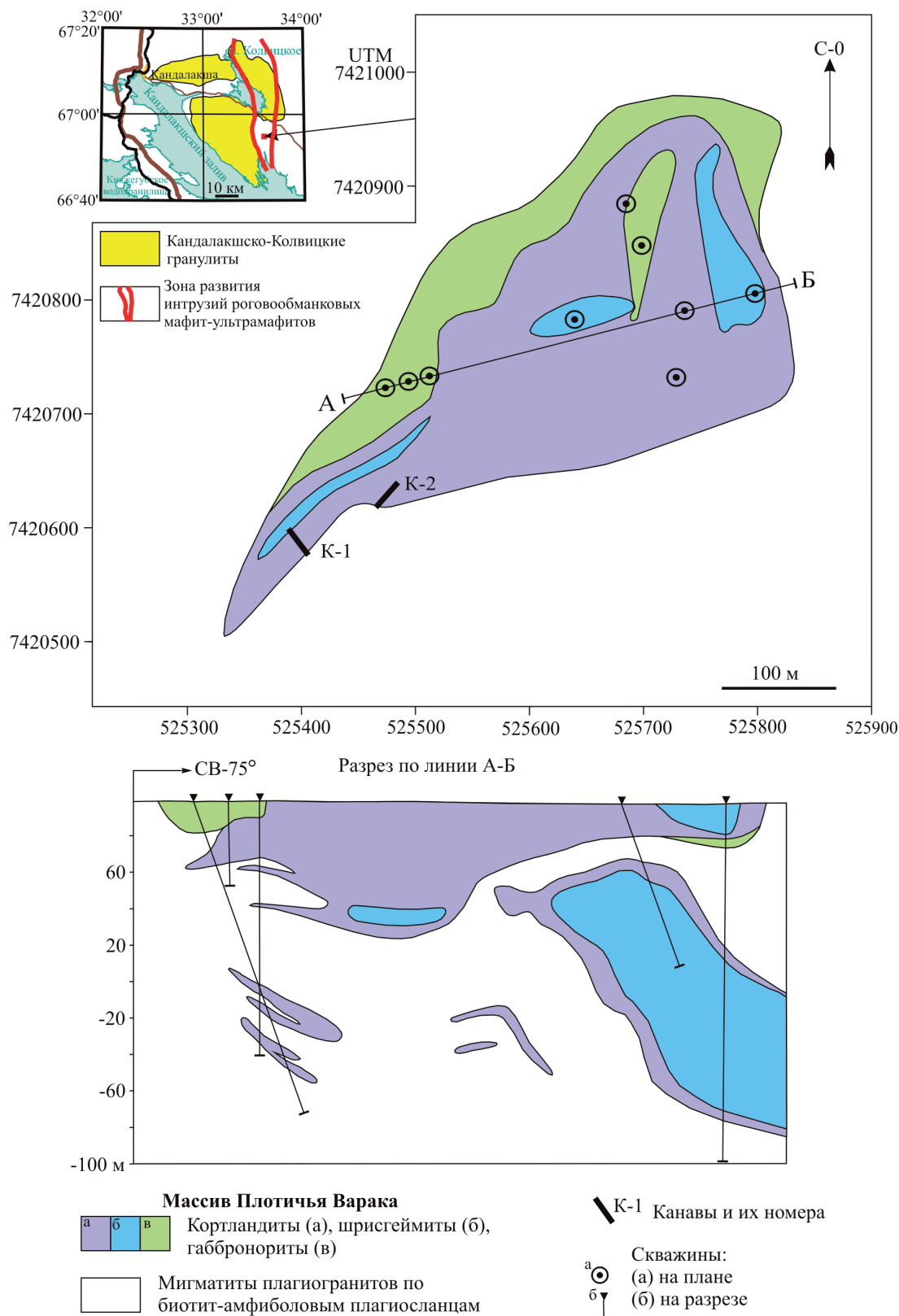


Рис. 1. Схема геологического строения ИПВ с разрезом по линии А-Б.

Fig. 1. Geological map of the IPV with cross sections to A-B line.

Геологическое строение и состав интрузии Плотичья Варака

ИПВ расположена на южном склоне горы Плотичья Варака в 6 км к северу от губы Шушпаных Белого моря. В плане она представляет собой тело линзообразной формы с извилистыми контурами, вытянутое в северо-восточном направлении и постепенно выклинивающееся в юго-западном направлении. Протяженность ИПВ составляет 650 м, максимальная ширина достигает 250 м (рис. 1). В ее строении принимают участие габбронориты, кортландиты и шрисгеймиты. Кортландиты, слагающие до 60 % ее площади, составляют основной объем ИПВ. В краевой северо-западной части ИПВ развиты габбронориты (рис. 1), занимающие до 30 % ее площади, имеющие мощность от 20 до 50 м. Кроме того, небольшое тело габброноритов линзовидной формы мощностью до 30 м, расположено в северо-западной части ИПВ. В подчиненном количестве отмечаются шрисгеймиты, слагающие около 10 % площади ИПВ. Они слагают три тела линзовидной формы размерами 170×10 , 90×30 и $150 \times 10 \div 40$ м, тяготеющие к центральной осевой части ИПВ (рис. 1). Соотношения между кортландитами и шрисгеймитами не всегда определены, что усугубляется тем, что визуально они не различаются, а выделяются только при микроскопическом изучении.

В разрезе ИПВ имеет сложную, извилистую, близкую к пластовой форму субгоризонтального залегания с многочисленными апофизами мощностью от 20 м в краевых частях до 80 м центральной (рис. 1). При этом доля кортландитов в разрезе интрузии возрастает еще больше (до 80 %), а габбронориты и шрисгеймиты слагают по два тела линзовидной формы мощностью 5–10 м. Кроме того, было встречено несколько слепых тел, вскрытых только скважинами (рис. 1).

В целом ИПВ характеризуется отчетливо выраженной дифференциацией от шрисгеймитов до кортландитов и габброноритов, причем, намечается не очень отчетливо выраженная тенденция к возрастанию основности пород к центру массива. Шрисгеймиты – это массивные мелко-среднезернистые породы гипидиоморфнозернистой и пойкилитовой структуры. Главные минералы: серпентинизированный оливин (Fo_{76-80}) – 40–45 об. % в виде пойкилитовых вростков в клинопироксене и буром амфиболе; бурый первично магматический амфибол паргаситового ряда с содержанием $\text{TiO}_2 = 3.4\text{--}7.4$ мас. % (15–20 об. %) встречается в виде крупных (до 5×5 мм) ксеноморфных зерен; ортопироксен ($\text{En}_{80-81}\text{Fs}_{18-20}\text{Wo}_{0.5-0.7}$) – 10 об. % наблюдается в виде отдельных таблитчатых зерен размером 2×4 мм; клинопироксен ($\text{En}_{44-49}\text{Fs}_{6-9}\text{Wo}_{41-48}$) присутствует в виде ксеноморфных зерен (15–20 об. %), вторичные минералы представлены серпентином (10–15 об. %), бледно-зеленым амфиболом и редкими зернами флогопита. Рудные минералы (магнетит и сульфиды) присутствуют в количестве 2–3 об. %, в виде редких зерен наблюдается зеленоватая шпинель.

Кортландиты представляют собой массивную крупно-среднезернистую в различной степени амфиболизированную породу, гипидиоморфнозернистой и псевдоморфной структуры. Главные минералы кортландитов: бурый первично магматический амфибол с содержанием $\text{TiO}_2 = 1.1\text{--}2.5$ мас. % – 10–35 об. %, ортопироксен ($\text{En}_{67-76}\text{Fs}_{23-32}\text{Wo}_{0.6-2.9}$) – 5–35 об. %, клинопироксен ($\text{En}_{42-45}\text{Fs}_{7-11}\text{Wo}_{47-49}$) – 10–25 об. %, оливин (Fo_{72-75}) до 3–7 об. %, плагиоклаз ($\text{Ab}_{67}\text{An}_{33}\text{Or}_1$) до 3–5 об. %. Акцессорные минералы представлены карбонатом в виде единичных зерен, а рудные минералы – магнетитом и сульфидами в количестве около 2 об. %.

Габбронориты это мезократовые мелкозернистые массивные породы с нематогранобластовой структурой. Породообразующие минералы представлены клинопироксеном ($\text{En}_{34}\text{Fs}_{18}\text{Wo}_{48}$) – 10–15 об. %, ортопироксеном ($\text{En}_{49}\text{Fs}_{50}\text{Wo}_1$) – 5–10 об. %, плагиоклазом ($\text{Ab}_{54}\text{An}_{46}$) – 40–45 об. %), бурым первичномагматическим амфиболом с содержанием $\text{TiO}_2 = 4.6$ мас. % – около 5 об. %, вторичным зеленоватым амфиболом (30–40 об. %) и гранатом (до 5 об. %). Кроме того, в виде редких зерен присутствует биотит, развивающийся по амфиболу, а также хлорит, серицит, цоизит и карбонат, замещающие плагиоклаз. В породе содержатся очень мелкие включения магнетита, сульфидов и титанита общим содержанием менее 1 об. %, а также редкие зерна апатита.

Материалы и методы

Пробы для аналитических исследований, в том числе геохронологические, были отобраны в основном из полотна канав, пройденных в краевой зоне ИПВ и показанных на рисунке 1, а также редких обнажений.

Анализ петрогенных компонентов (полный силикатный анализ в количестве 13 проб) выполнен в химико-аналитической лаборатории Геологического института КНЦ РАН (г. Апатиты) под руководством Л.И. Константиновой. Для определения компонентов применялись следующие методы: атомно-абсорбционный пламенный (Si, Al, Fe, Mg, Ca, Mn), эмиссионный пламенный (Na, K), фотоколориметрический (Ti), весовой (п.п.п., H_2O) и объемный (CO_2 , FeO).

Содержание элементов-примесей определено в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург) с помощью ICP-MS анализа на квадрупольном масс-спектрометре NexION 300S (Perkin Elmer, США). Микро-волновое разложение проб осуществлялось смесью кислот $HCl + HNO_3 + HF$ с использованием системы Berghof Speedwave MWS 3+. Точность определения элементов контролировалась с помощью сертифицированных образцов базальта BCR-2 и андезита AGV-2 (USGS). Полученные концентрации редких, рассеянных и редкоземельных элементов удовлетворительно согласуются с аттестованными величинами с допустимым отклонением в пределах 15 %.

Цирконы для U-Pb изотопных исследований были выделены в лаборатории сепарации вещества и первичной обработки проб Геологического института КНЦ РАН под руководством Л.И. Коваль по стандартной методике с помощью электромагнитов различной мощности и тяжелых жидкостей.

Изотопное U-Pb датирование единичных цирконов осуществлялось в лаборатории геохронологии и изотопной геохимии Геологического института КНЦ РАН на семиканальном масс-спектрометре Finnigan MAT-262 с использованием искусственного трассера ^{205}Pb по методике, изложенной в работах (Баянова и др., 2007; Bayanova et al., 2014).

Химический состав

Химический состав пород ИПВ охарактеризован 36 анализами, из которых 13 являются авторскими, а 23 анализа заимствованы из (Химические анализы..., 1982). Шприсгеймиты ИПВ характеризуются умеренной магнезиальностью ($MgO = 24.2–35.7$ мас. %, $Mg\# = 0.63–0.72$), типовыми для этих пород содержаниями железа ($FeO_{tot} = 12.4–14.6$ мас. %), титана ($TiO_2 = 0.2–0.9$ мас. %), алюминия ($Al_2O_3 = 2.4–7.7$ мас. %), кальция ($CaO = 2.1–7.8$ мас. %) и щелочей ($0.1–2.3$ мас. %), а также пониженными содержаниями кремнезема ($SiO_2 = 35.1–43.6$ мас. %). Кортландиты отличаются от шприсгеймитов повышенными содержанием SiO_2 и CaO и более низкими содержаниями MgO и FeO_{tot} при близких содержаниях TiO_2 , Al_2O_3 и щелочей (рис. 2).

Соответственно, между содержаниями MgO и SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , CaO и щелочами существует высокая отрицательная корреляционная связь, тогда как между MgO и FeO_{tot} эта связь положительная (рис. 2).

Всего имеется 10 анализов элементов-примесей, один анализ получен для шприсгеймитов и 9 для кортландитов, причем между ними не установлено значимых отличий в содержаниях этих элементов. Для кортландитов и шприсгеймитов свойственно довольно высокие суммарные содержания РЗЭ, которые находятся в диапазоне 35–54 г/т, что в 4–40 раз превышает хондритовый уровень (рис. 3 а). При этом, хондрит-нормализованные графики РЗЭ имеют отрицательный наклон за счет фракционирования ЛРЗЭ: $(La/Yb)_N = 3.9–6.0$ и характеризуются слабыми отрицательными Eu аномалиями (рис. 3 а): $Eu/Eu^* = 0.85–0.91$.

Суммарное содержание элементов-примесей, нормированных на примитивную мантию, находится в диапазоне 1–10 раз превышающем ее уровень (рис. 3 б). Распределение элементов-примесей в кортландитах и шприсгеймитов ИПВ характеризуется отрицательными аномалиями Ta и Nb, менее интенсивными – Ba и слабо отрицательными – Hf и Y, а также положительными аномалиями Sr (рис. 3 б).

Изотопное U-Pb датирование

На изотопное U-Pb датирование из полотна канавы, вскрывшей минерализованные кортландиты, была отобрана проба весом 43.5 кг, из которой был выделен цирконовый концентрат весом 26 мг. На изотопный анализ из него было отобрано четыре зерна циркона. Эти цирконы представлены одной генерацией, которая включает обломки зерен циркона светло-желтого, молочного и коричне-

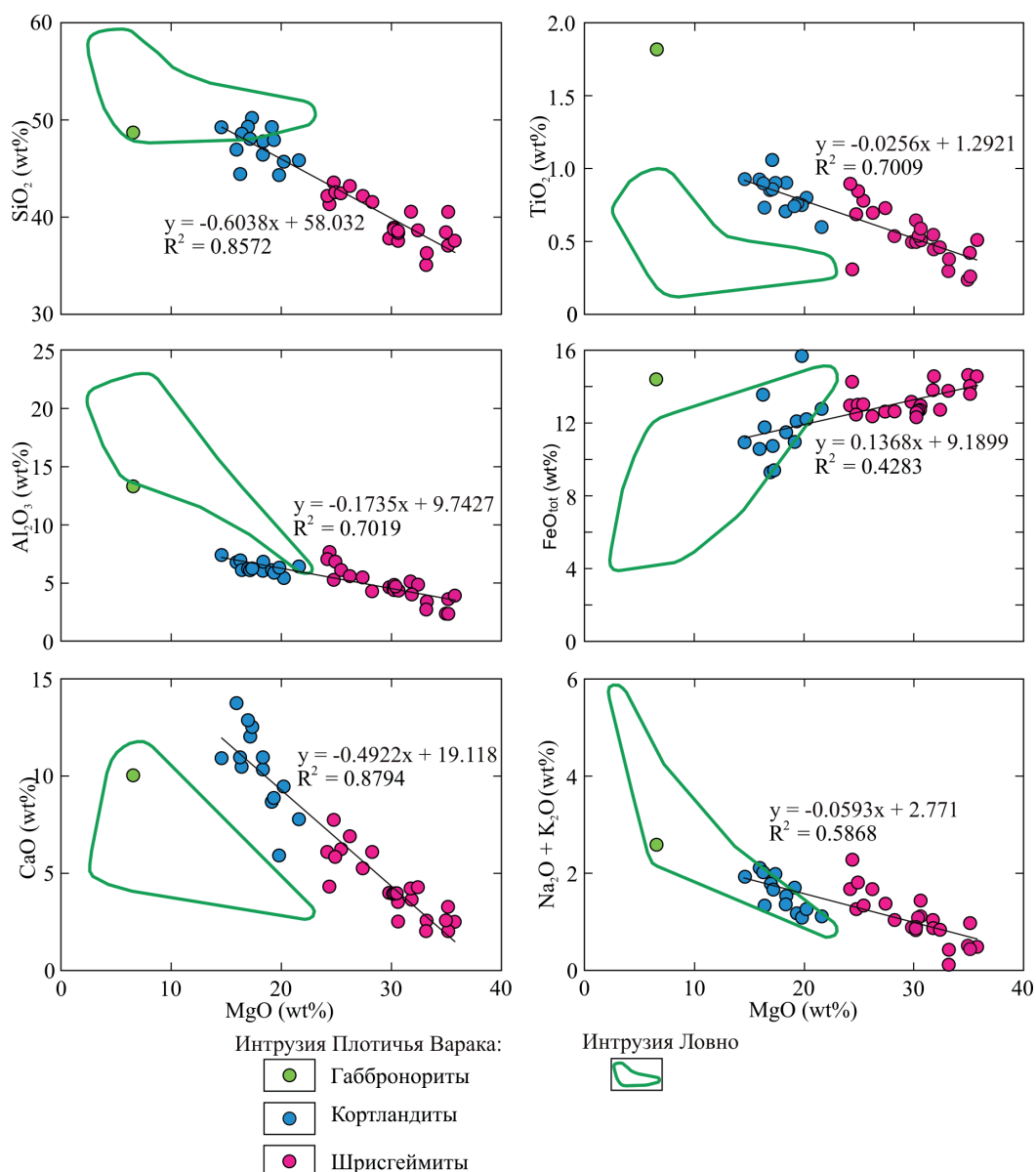


Рис. 2. Диаграммы содержаний SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO_{tot}, CaO и Na₂O+K₂O относительно MgO для пород ИПВ в сравнении с норитами Ловно.

Fig. 2. Plots of the SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO_{tot}, CaO, and Na₂O+K₂O vs MgO for IPV rocks in comparison with Lovno norite.

вого цвета неправильной и изометричной формы размером от 210 × 210 до 280 × 245 мкм. По этим цирконам получен дискордантный U-Pb

возраст 1913 ± 5 млн лет (рис. 4), который интерпретируется как время магматической кристаллизации циркона и, соответственно, ИПВ.

Обсуждение результатов

Особенности вещественного состава пород ИПВ, а именно широкое развитие первично-магматических амфиболов, позволяют предположить, что они были образованы из водосодержащей базальтоидной магмы. Об этом свидетельствует и повышенное содержание TiO₂ в породах ИПВ. Совокупность полученных данных показывает, что интрузии роговообманковых мафит-ультрамафитов, локализованные в тыловой части Кандалакшско-Колвицких гранулитов, характеризуются сложной морфологией и отсутствием закономерного внутреннего строения. По геодинимическим условиям они схожи с интрузиями Ловноозерского комплекса, которые приурочены к тыловой северной части Лапландских гранулитов. Однако по составу пород интрузии этих двух

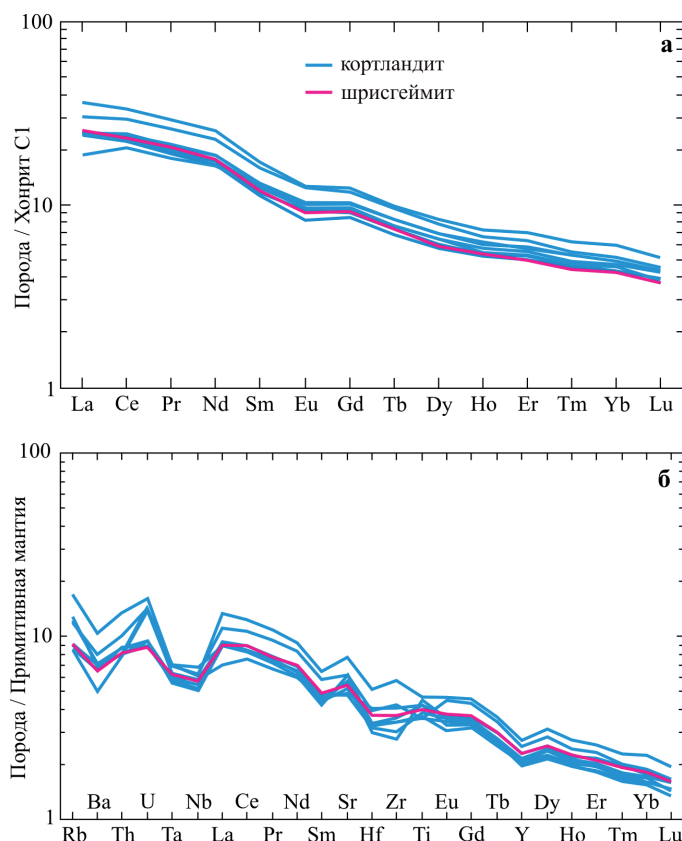


Рис. 3. Спектры распределения хондрит-нормализованных редкоземельных элементов в кортландитах и шрисгеймитах ИПВ (а); спектры распределения элементов-примесей, нормированных на примитивную мантию кортландитах и шрисгеймитах ИПВ (б).

Fig. 3. Chondrite-normalized REE distribution spectra in cortlandite and schrisheimite of IPV (a); Normalized to primitive mantle trace elements distribution spectra in cortlandite and schrisheimite of IPV (b).

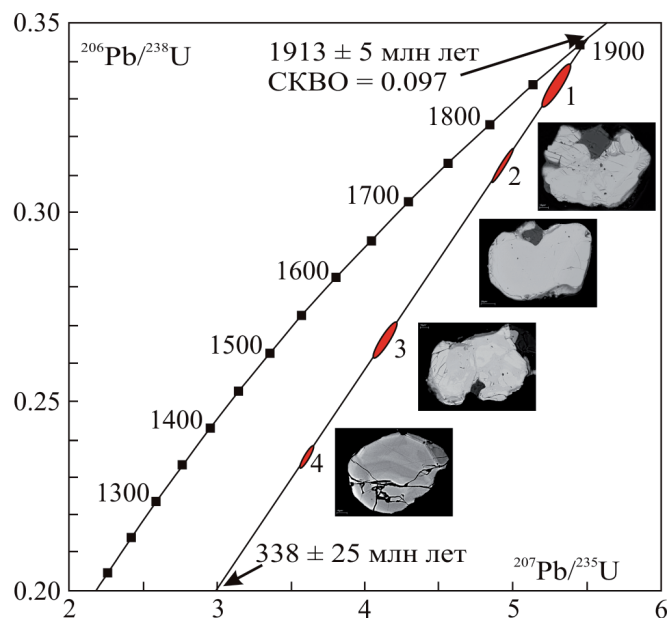


Рис. 4. U-Pb диаграмма с конкордией для магматических цирконов из кортландитов ИПВ (проба П-12).

Fig. 4. U-Pb plot with concordia for magmatic zircons from cortlandite of the IPV (sample P-12).

комплексов существенно отличаются. Ловноозерские интрузии в основном, сложены норитами при резко подчиненной доле вебстеритов и образованы из безводной магмы. С интрузиями этого комплекса связано Ловноозерское месторождение сульфидных Cu-Ni руд и несколько проявлений, тогда как интрузии роговообманковых мафит-ультрамафитов имеют платинометальную специали-

зацию. По Ловноозерским интрузиям имеется только Sm-Nd возраст вебстеритов интрузии Суэйнлагаш, который равен 1890 ± 60 млн. лет (Баянова и др., 2002).

Трактовка места интрузий роговообманковых мафит-ультрамафитов в истории геологического развития Кандалакшско-Колвицких гранулитов в высокой степени зависит от наличия и качества геохронологической информации. Точное время проявления пикового гранулитового метаморфизма в Кандалакшско-Колвицких гранулитах геохронологически не определено. Возраст кристаллосланцев Лапландских гранулитов определен в 1925 ± 1 млн лет, который трактуется в качестве начала гранулитового метаморфизма (Бибикова и др., 1993). По данным Т.В. Каулиной пик гранулитового метаморфизма в Кандалакшско-Колвицких гранулитах и связанный с ним главный этап деформаций происходил до 1915 ± 7 млн лет (Каулина, 2009). Таким образом, время проявления гранулитового метаморфизма в Лапландских и Кандалакшско-Колвицких гранулитах можно ограничить диапазоном 1925–1915 млн лет. После него начался этап декомпрессии, связанный с подъемом пород. В это время (1913 млн лет), в синколлизийных геодинамических условиях в тылу Кандалакшско-Колвицких гранулитов были сформированы интрузии роговообманковых мафит-ультрамафитов.

Заключение

В результате проведенного исследования изучены петро-геохимические особенности кортландитов и шприсгеймитов ИПВ. Химический состав шприсгеймитов и кортландитов характеризуется высокой отрицательной корреляцией между содержаниями MgO и остальными петрогенными элементами, за исключением содержания FeO_{tot} , с которым у MgO положительная корреляционная связь. Для спектра РЗЭ свойственен отрицательный наклон и незначительные отрицательные Eu аномалии. Распределение элементов-примесей характеризуется отрицательными аномалиями Ta, Nb, Ba, Hf и Y, а также положительными аномалиями Sr. Получен новый U-Pb возраст кортландитов ИПВ равный 1913 ± 5 млн лет. Интрузии роговообманковых мафит-ультрамафитов, включая и ИПВ, образовались после гранулитового метаморфизма Кандалакшско-Колвицких гранулитов, в синколлизийных геодинамических условиях в тыловой части этой структуры.

Благодарности

Авторы признательны А.А. Разину и В.И. Славному за помощь в отборе геохронологической пробы, Л.И. Коваль (ГИ КНЦ РАН) за сепарацию проб и О.В. Придановой (ГИ КНЦ РАН) за выделение морфотипов циркона и их изображение в катодолюминесценции.

Работа выполнена в рамках темы НИР 0226-2019-0053.

Литература

1. Баянова Т.Б., Корфу Ф., Тодт В. и др. Гетерогенность стандартов 91500 и TEMORA-1 для U-Pb датирования единичных цирконов // XVIII симпозиум по геохимии изотопов им. акад. А.П. Виноградова. М.: ГЕОХИ, 2007. С. 42–43.
2. Баянова Т.Б., Пожиленко В.И., Смолькин В.Ф., Кудряшов Н.М., Каулина Т.Б., Ветрин В.Р. Каталог геохронологических данных по северо-восточной части Балтийского щита. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН, 2002. 54 с.
3. Бибикова Е.В., Мельников В.Ф., Авакян К.Х. Лапландские гранулиты: петрология, геохимия и изотопный возраст. Петрология. 1993. Т. 1. № 2. С. 215–234.
4. Ефимов М.М., Богданова М.Н., Радченко М.К. Роговообманковые перидотиты Кандалакшско-Колвицкой структурно-фациальной зоны // Основные и ультраосновные породы Кольского полуострова и их металлогения. Апатиты. Изд-во: Кольского филиала АН СССР. 1975. С. 48–63.
5. Каулина Т.В. Заключительные стадии метаморфической эволюции Колвицкого пояса и Умбинского блока (юго-восточная ветвь Лапландского гранулитового пояса): U-Pb датирование циркона, титанита, рутила // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12. № 3. С. 386–393.
6. Химические анализы пород базит-гипербазитовых комплексов докембрия Кольского полуострова. Апатиты. Из-во: КолФАН СССР, 1982. 215 с.
7. Bayanova T., Mitrofanov F., Serov P., Nerovich L., Yekimova N., Nitkina E., Kamensky I. Layered PGE paleoproterozoic (LIP) intrusions in the N-E part of the Fennoscandian Shield – isotope Nd-Sr and $^3\text{He}/^4\text{He}$ data, summarizing U-Pb ages (on baddeleyite and zircon), Sm-Nd data (on rock-forming and sulphide minerals), duration and mineralization // Geochronology – Methods and Case Studies. Ed. N.-A. Möner. INTECH, 2014. P. 143–193. <http://dx.doi.org/10.5772/58835>.