

Геохимические особенности и возраст (U-Pb, ID-TIMS) циркона Кандалакшского габбро-анортозитового массива

Стещенко Е. Н.¹, Чашин В. В.¹, Гладкочуб Е. А.²

¹ Геологический институт КНЦ РАН, Апатиты, e.steshenko@mail.ru

² Институт земной коры СО РАН, Иркутский государственный университет, Иркутск, eg@crust.irk.ru

Аннотация. В работе приводятся новые LA-ICP-MS данные о содержании РЗЭ в кристаллах циркона и изотопный U-Pb возраст циркона из метаноритов палеопротерозойского Кандалакшского габбро-анортозитового массива. Новые результаты свидетельствуют о метаморфическом происхождении циркона и полученный по нему возраст – 2100 ± 2 млн лет соответствует возрасту наложенного метаморфизма.

Ключевые слова: LA-ICP-MS, REE, циркон, U-Pb возраст.

Geochemical features and age (U-Pb, ID-TIMS) of zircon from the Kandalaksha gabbro-anorthosite massif

Steshenko E. N.¹, Chashchin V. V.¹, Gladkochub E. A.²

¹ Geological Institute of the KSC RAS, Apatity, e.steshenko@mail.ru

² Institute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk State University, Irkutsk, eg@crust.irk.ru

Abstract. The work provides new La-ICP-MS (In Situ) data on the content of RZE in zircon crystals and isotopic u-Pb age of zircon from metanorites of the Paleoproterozoic Kandalaksha gabbro-anorthosite massif. The new results indicate a metamorphic origin of the zircon, and its age of 2100 ± 2 Ma corresponds to the age of metamorphism.

Keywords: LA-ICP-MS, REE, zircon, U-Pb age.

Введение

На северо-западе России, в южной части Кольского полуострова, развита Кандалакшско-Колвицкая зона гранулитов, которая является юго-восточной частью протяженного Лапландско-Колвицкого гранулитового пояса. В геологическом строении Кандалакшско-Колвицкой зоны принимают участие: толща гранатовых амфиболитов в основании, вышележащие интрузии габбро-анортозитов и перекрывающие их основные гранулиты. Начиная с 1990-х гг. проводится геохронологическое датирование основных геологических подразделений, входящих в состав Кандалакшско-Колвицкой зоны гранулитов (Митрофанов и др., 1993; Фриш и др., 1995; Балаганский и др., 1998; Каулина, Богданова, 2000; Стещенко и др., 2017, 2018; Steshenko et al., 2020). В частности, возраст образования габбро-анортозитов Кандалакшской интрузии определен в 2453.5 ± 4.8 млн лет (Steshenko et al., 2020). В данной работе приводятся новые геохронологические U-Pb данные для единичных зерен циркона из метаноритов краевой зоны Кандалакшского габбро-анортозитового массива с применением искусственного трассера ^{205}Pb . Кроме того, методом LA-ICP-MS, были определены концентрации РЗЭ в цирконах и построены графики их распределения.

Материалы и методы

Для U-Pb датирования по единичным зернам циркона с использованием искусственного трассера ^{205}Pb (Вауанова et al., 2014) из метанорита была выделена монофракция циркона. Циркон представлен призматическими полупрозрачными кристаллами и обломками светло-желтого цвета цирконового типа ($\{110\} + \{111\}$). Поверхность зёрен слабо корродирована, блеск стеклянный. Величина массы среднего кристалла – 7.7×10^{-6} г, $K_u = 1.6$. Средние размеры – 175 мкм. Выявлена внутрифазовая неоднородность на BSE и CL изображениях (рис. 1).

Выполнено изотопное U-Pb датирование нескольких зерен циркона с использованием искусственного ^{205}Pb трассера из метаноритов краевой зоны (проба 220/1), которое характеризует время

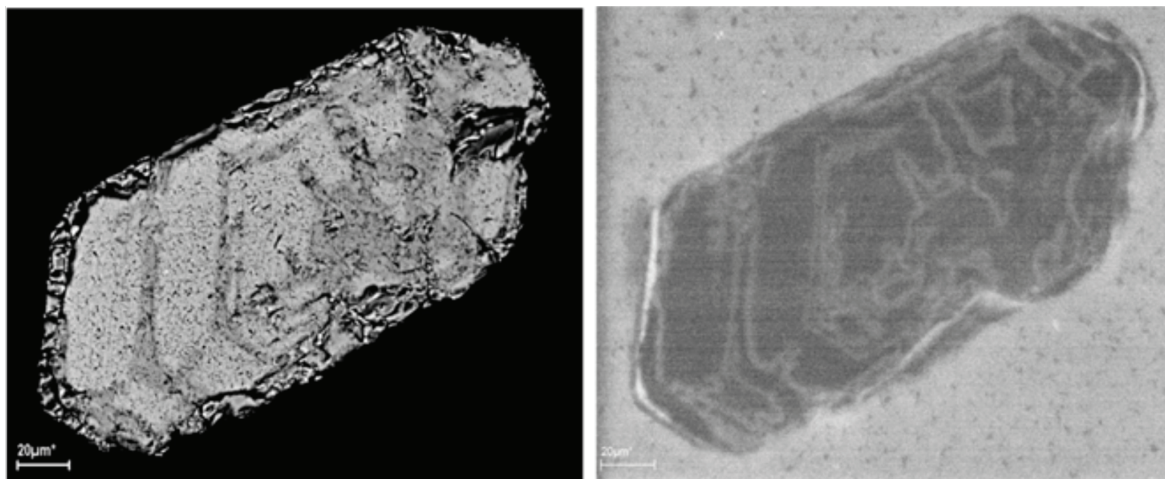


Рис. 1. Типы циркона из метанорита (220/1) Кандалакшского массива
 Fig. 1. Types of zircon from metanorite (220/1) of the Kandalaksha massif

ранних метаморфических преобразований пород Кандалакшской габбро-анортозитовой интрузии в 2100 ± 2 млн лет (рис. 2).

Геохимические исследования циркона выполнены в ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН (г. Иркутск) методом LA-ICP-MS на связке приборов – на установке лазерной абляции AnalyteExcite с ячейкой HelEx II (длина волны эксимерного ArF лазера 193 нм) и квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900. Для анализа использовались препараты минералов, вмонтированных в стандартную шашку из эпоксидной смолы. При помощи

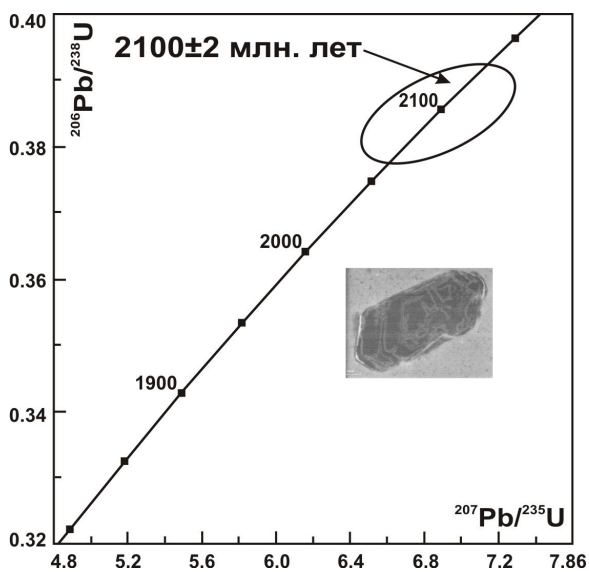


Рис. 2. Изотопная U-Pb диаграмма для единичного зёрна циркона из метанорита (проба 220/1)

Fig. 2. Isotope U-Pb diagram for single zircon grain from metanorite of the Kandalaksha massif (sample 220/1)

лазера с удельной энергией 5.19 Дж/см² и частоте импульсов 20 Гц пучком диаметром 50 мкм зерна аблировались на глубину 25 мкм для циркона. Значения потока охлаждающего, плазмообразующего и добавочного газа (аргона) для масс-спектрометра – 16.0, 1.0 и 1.0 л/мин, соответственно. Несущий газ – гелий (частота 6.0, скорость потока 0.92 л/мин). Мощность плазмы – 1550 Вт. Во время сессии через каждые 8 измерений образца анализировались аттестованные стандарты циркона: Harvard 91500, GJ-1 и синтетическое стекло SRM NIST 612, с известным составом редких элементов. Расчет редких элементов проводился в программе Iolite 4.0 с использованием циркона Harvard 91500 в качестве первичного стандарта, который использовался для пересчета. С целью контроля качества производимых измерений анализировался циркон GJ-1 как образец. Время абляции 60 сек, пучок лазера диаметром 50 мкм, мощность лазера 20 Гц, после каждого прожига продувка 40 сек.

Результаты

Изучены 6 зёрен циркона из метанорита. Суммарные содержания REE от 386 до 1274 ppm. Спектры распределения REE в кристаллах циркона из метанорита Кандалакшского массива характеризуются меньшей долей LREE и высокими содержаниями HREE, чем объясняется крутой положительный наклон линий, осложнённых отрицательными Eu- и положительными Ce аномалиями.

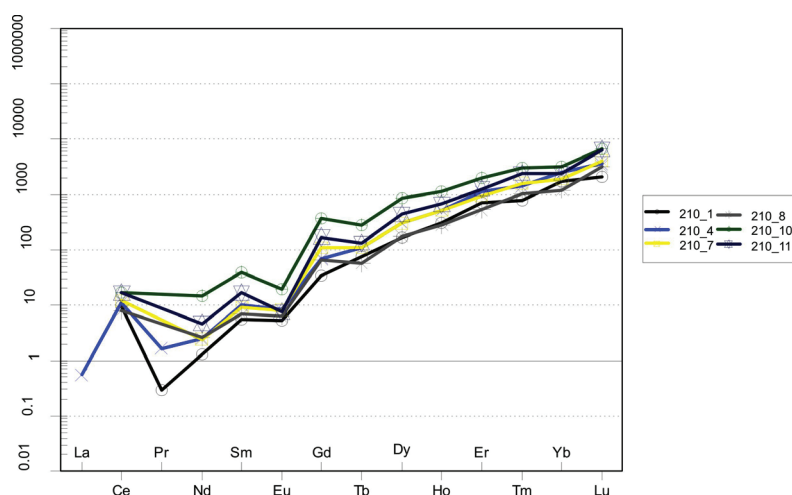


Рис. 3. Спектры распределения РЗЭ в цирконах из метанорита Кандалакшского массива (проба 220/1), нормированные по (хондрит/циркон McDonough&Sun, 1995)

Fig. 3. Spectra of REE distribution in zircons from metagabbro of the Kandalaksha massif (sample 220/1), normalized after (McDonough& Sun, 1995)

Значение параметра $(Ce/Ce^*)_N$ варьирует в диапазоне 10–12 и более. Величина параметра $(Eu/Eu^*)_N$ составляет 0.1–0.4. Преобладание HREE над LREE отражается величиной отношения $(Lu/Sm)_N$ от 165 до 463. Невысокая величина Ce аномалий, скорее соответствует характеру распределения REE в зёрнах циркона метаморфического генезиса (рис. 3).

Подобное распределение характерно для метаморфического циркона, который рос в равновесии с расплавом и поэтому не очень отличается от магматического, и может считаться «магматическим» по определению (Каулина, 2010), но низкое содержание урана в цирконе ($U = 43$ ppm) подтверждает его метаморфическую природу.

Полученный возраст отразил время ранних метаморфических преобразований пород в условиях амфиболитовой фации, что согласуется с изотопными данными для анортозитовых массивов Пыршин и Абварьский Лапландского гранулитового пояса (Митрофанов, Нерович, 2003).

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы НИР ГИ КНЦ РАН № FMEZ-2024-0004.

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № 091–24–329 «Определение микроэлементного состава циркона из Колвицкого и Кандалакшского массивов»

Литература

1. Балаганский В. В., Тиммерман М. Я., Кислицын Р. В., Дэйли Дж. С., Балашов Ю. А., Ганнибал Л. Ф., Шерстенникова О. Г., Рюнгген Г. И. Изотопный возраст пород Колвицкого пояса и Умбинского блока (юго-восточная ветвь Лапландского гранулитового пояса), Кольский полуостров // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1, № 3. С. 19–32.
2. Каулина Т. Б., Богданова М. Н. Основные этапы развития северо-западного Беломорья (по U-Pb) изотопным данным // Литасфера. 2000. № 12. С. 85–97.
3. Каулина Т. В. Образование и преобразование циркона в полиметаморфических комплексах. Апатиты. Изд-во: КНЦ РАН. 2010. 144 с.
4. Митрофанов Ф. П., Балаганский В. В., Балашов Ю. А., Ганнибал Л. Ф., Докучаева В. С., Нерович Л. И., Радченко М. К., Рюнгген Г. И. U-Pb возраст габбро-анортозитов Кольского полуострова // Доклады АН. 1993. Т. 331, № 1. С. 95–98.
5. Митрофанов Ф. П., Нерович Л. И. Время магматической кристаллизации и метаморфических преобразований автономных массивов Пыршин и Абварьевский Лапландского гранулитового пояса // Петрология. 2003. Т. 11, № 4. С. 381–390.

6. Стешенко Е. Н., Николаев А. И., Баянова Т. Б., Дрогобужская С. В., Чашин В. В., Серов П. А., Лялина Л. М., Новиков А. И., Елизаров Д. В. Палеопротерозойский Колвицкий анортозитовый массив: новые данные о возрасте (U-Pb, ID-TIMS) и геохимических особенностях циркона // Доклады АН. 2018. Т. 479, № 2. С. 187–191. DOI: 10.7868/S0869565218080169.
7. Стешенко Е. Н., Николаев А. И., Баянова Т. Б., Дрогобужская С. В., Чашин В. В., Серов П. А., Лялина Л. М., Новиков А. И. Палеопротерозойский Канда拉克шский анортозитовый массив: новые данные о возрасте (U-Pb, ID-TIMS) и геохимических особенностях циркона // Доклады АН. 2017. Т. 477, № 5. С. 595–599. DOI: 10.7868/S0869565217350195.
8. Фриш Т., Джексон Г. Д., Глебовицкий В. А., Ефимов М. М., Богданова М. Н., Пэрриш Р. Р. U-Pb геохронология цирконов Колвицкого габбро-анортозитового комплекса, южная часть Кольского полуострова, Россия // Петрология. 1995. Т. 3, № 3. С. 248–254.
9. McDonough W. F. and Sun S.-S. Composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253. doi: 10.1016/0009-2541(94)00140-4.
10. Bayanova T., Mitrofanov F., Serov P., Nerovich L., Yekimova N., Nitkina E. and 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 / Edited by Nils-Axel Mörner. INTECH. 2014. P. 143–193. (<http://dx.doi.org/10.5772/58835>).
11. McDonough W. F. and Sun S.-S. Composition of the Earth // Chemical Geology. 1995. V. 120. P. 223–253. doi: 10.1016/0009-2541(94)00140-4.
12. Steshenko T. N., Bayanova T. B., Serov P. A. The paleoproterozoic Kandalaksha-Kolvitsa gabbro-anorthosite complex (Fennoscandian Shield): new U-Pb, Sm-Nd, and Nd-Sr (ID-TIMS) isotope data on the age of formation, metamorphism, and geochemical features of zircon (LA-ICP-MS) // Minerals. 2020. V. 10. 254 p. DOI: 10.3390/min10030254.