

U-Pb ВОЗРАСТ ЦИРКОНА, РУТИЛА И ТИТАНИТА В КСЕНОЛИТАХ ИЗ ТРУБКИ НЮРБИНСКАЯ, ЯКУТИЯ

*М.Ю. Корешкова**, *Х. Даунс***, *М.В. Стифеева****, *Е.Ю. Акимова**, *И. Пейчева*****, *Д. Димитрова*****, *Л. Мачева******, *А.Н. Ларионов******

**Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет,
m.koreshkova@spbu.ru*

***London, UK, Birkbeck University of London, h.downes@ucl.ac.uk*

****Санкт-Петербург, Институт геологии и геохронологии докембрия РАН,
stifeeva.maria@yandex.ru*

***** Sofia, Bulgaria, Geological Institute "Strashimir Dimitrov", Bulgarian Academy of Sciences*

****** Sofia, Bulgaria, Institute of Mineralogy and Crystallography "Acad. Ivan Kostov", Bulgarian Academy of Sciences*

****** Санкт-Петербург, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского, a.larionov@vsegei.ru*

Ксенолиты мафических гранатовых гранулитов из трубки Нюрбинская содержат циркон, рутил и титанит, являющиеся минералами-геохронометрами с разными температурами «закрытия» U-Pb изотопной системы. Датирование этих минералов может позволить восстановить термальную историю нижнекоровых пород. Это открывает новые перспективы для реконструкции тектонической истории Мархинского террейна Сибирского кратона и оценки времени стабилизации континентальной коры данной области, когда температура понизилась до значений, характерных для докембрийских кратонов в настоящее время.

Ряд особенностей свидетельствует о неравновесности минеральной ассоциации в ксенолитах. К-паргасит, скаполит и титанит появились в породах позже минералов гранулитовой ассоциации (альмандин, Na-Al-диопсид, рутил, ильменит, апатит, циркон, олигоклаз и кварц). Рутил присутствует в основной массе и во включениях в гранате, часто имеет каймы ильменита. К-паргасит окаймляет зерна граната, но отсутствует во включениях в гранате. Титанит обнаружен в двух образцах (Nur1, Nur30) в виде самостоятельных зерен в основной массе и кайм вокруг зерен рутила и ильменита. Во включениях в гранате титанит не встречается. Зерна граната зональны, характеризуются уменьшением магнезиальности и содержания Са от центра к краю. При этом состав меняется в пределах кайм 200-300 мкм шириной, тогда как состав центральных частей зерен остается постоянным. Такая зональность обусловлена диффузионным обменом с диопсидом в ходе декомпрессии и понижении температуры.

Оценка температуры и давления с помощью Grt-Cpx термометра [1] и Grt-Cpx-Pl-Qtz барометра [2] и моделирование фазовых равновесий показали, что гранулитовая ассоциация устойчива при $T > 600$ °С и $P > 0.8$ ГПа (650-710 °С, 1.0-1.2 ГПа по данным термобарометрии). Оценка температуры по содержанию Zr в рутиле [3] составляет 810-850 °С и отражает максимальные параметры стадии гранулитового метаморфизма.

Появление амфибола и скаполита свидетельствуют о наложенном метаморфизме при температуре < 620 °С и давлении < 1.0 ГПа, сопровождавшемся привнесением флюида. Условия амфиболитовой фации метаморфизма также установлены для ксенолитов амфибол- и скаполитсодержащих гранатовых гранулитов из трубки Удачная [4]. Скаполитсодержащий гранулит Nur30 отличается от остальных большим содержанием Са в гранате и в плагиоклазе и характером зональности граната. В этом образце содержание Са в гранате постепенно увеличивается от центра к краю при уменьшении магнезиальности. В данном случае мы предполагаем продолжение роста граната при

понижении температуры в присутствии флюида.

Появление титанита связано с новой стадией метаморфических преобразований в присутствии флюида при $T < 600$ °C и $P < 0.7$ ГПа, вне области устойчивости граната.

U-Pb (SHRIMP II, ВСЕГЕИ) возраст метаморфогенных цирконов из образцов Nur21 и Nur27 составляет 1848 ± 30 и 1876 ± 15 млн лет, соответственно. Цирконы имеют низкие концентрации тяжелых редкоземельных элементов ($Yb_N/Dy_N = 0.9-3.2$) и, следовательно, росли в равновесии с гранатом. Для циркона из образца Nur27 на основе данных по редкоземельным элементам можно предполагать равновесную кристаллизацию с периферическими (поздними) зонами граната. Следовательно, образование циркона отвечает не пиковым условиям гранулитового метаморфизма, а последовавшему наложенному метаморфизму амфиболитовой фации. В ксенолите Nur21 составы циркона и граната, вероятно, неравновесны. Для этих ксенолитов можно предположить появление циркона при замещении рутила ильменитом, то есть, при понижении давления. Метаморфические цирконы из ксенолитов из трубки Нюрбинская, изученные В.С. Шацким с соавторами [5], древнее 1835 млн лет, и распределение возрастных значений указывает на события около 1.93 и 2.1 млрд лет назад. Эти данные могут отражать разные метаморфические события. Таким образом, возраст последнего гранулитового метаморфизма остается неопределенным.

U-Pb (ID-TIMS, ИГГД РАН) конкордантный возраст титанита составляет 1850 ± 5 млн лет (СКВО = 1.6). Рутилы из образцов Nur 1, Nur 30, Nur 21 и Nur 27 характеризуются дискордантными U-Pb возрастами, а средняя величина возраста ($^{207}Pb/^{206}Pb$) составляет 1481 ± 27 млн лет. Принимая во внимание достаточно «низкую» (450-500 °C) температуру закрытия U-Pb изотопной системы рутила, данная оценка возраста, скорее всего, отражает этап остывания пород до 400 °C. Но нельзя исключить такое термальное событие, которое затронуло U-Pb систему рутила, но никак не отразилось на остальных минералах.

Таким образом, мафические гранулиты испытали ретроградный метаморфизм в условиях амфиболитовой фации 1.85 млрд лет назад. P-T-параметры этого процесса близки к условиям стабильной континентальной нижней коры. Следует отметить, что метаморфическое событие не привело к полному изменению минеральной ассоциации, и гранулитовая минеральная ассоциация сохранилась в реликтовом виде.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-55-18017.

[1] Ravna, E.K. The garnet–clinopyroxene Fe²⁺-Mg geothermometer: an updated calibration // *Journal of Metamorphic Geology*. – 2000. –18. – P. 211-219.

[2] Newton R.C., Perkins D. III. Thermodynamic calibration of geobarometers based on the assemblage garnet - plagioclase - orthopyroxene (clinopyroxene) - quartz // *Amer. Miner.* – 1982. – 67. – P. 203-222.

[3] Watson E.B., Wark D.A., Thomas J.B. Crystallization thermometers for zircon and rutile // *Contrib. Mineral. Petrol.* – 2006. –151. –P. 413–433.

[4] Perchuk A.L., Sapegina A.V., Safonov O.G., Yapaskurt V.O., Shatsky V.S., Malkovets V.G. Reduced amphibolite facies conditions in the Precambrian continental crust of the Siberian craton recorded by mafic granulite xenoliths from the Udachnaya kimberlite pipe, Yakutia // *Precambrian Research*. – 2021. –357. –106122.

[5] Shatsky V.S., Ragozin, A.L., Qin Wang, Meiqian Wu. Evidence of Eoarchean crust beneath the Yakutian kimberlite province in the Siberian craton // *Precambrian Research*. – 2022. –369. –106512