



ГРД – 2017 – ЕРГ

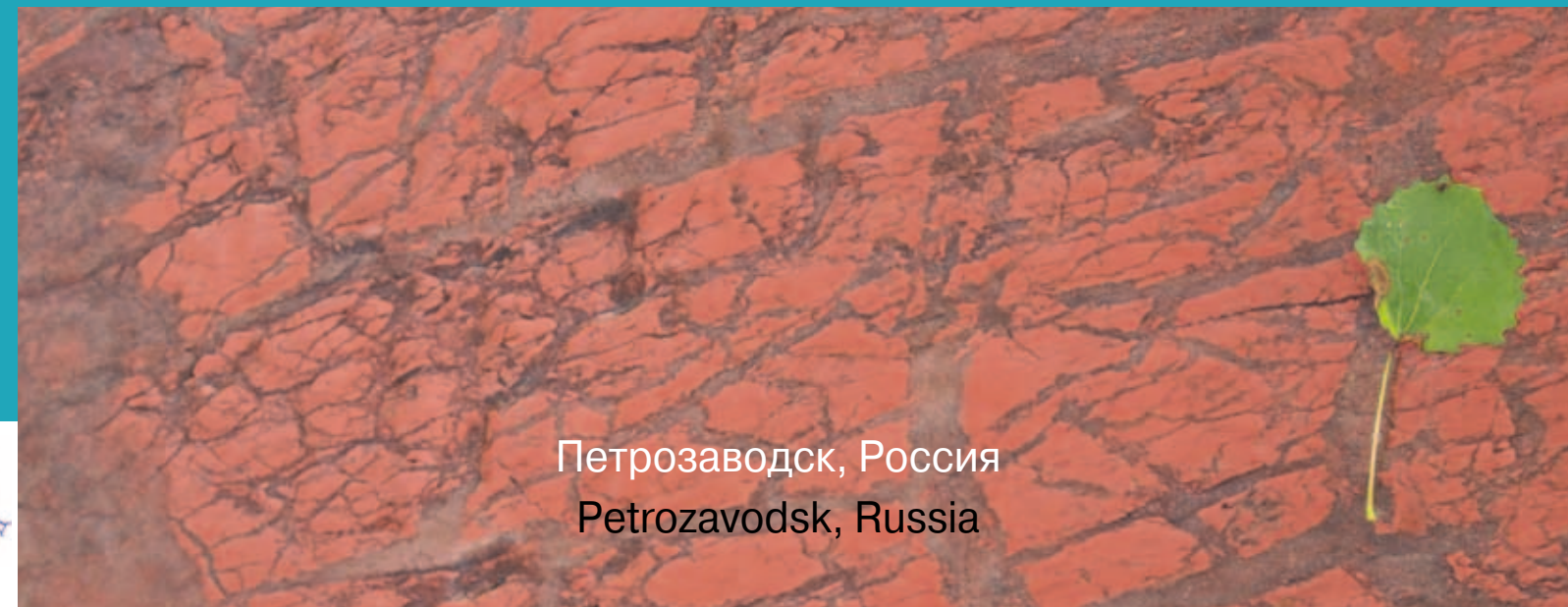


Геодинамика раннего докембрия: сходство и различия с фанерозоем

Материалы научной конференции и путеводитель экскурсий

Early Precambrian vs Modern Geodynamics

Extended Abstracts and Field Trips Guide Book



Петрозаводск, Россия
Petrozavodsk, Russia

УДК 551.73/.78:551.2/.3"611"(063)(036)
ББК 26.3
Г 35

Г 35 **Геодинамика раннего докембрия: сходства и различия с фанерозоем.** Материалы научной конференции и путеводитель научных экскурсий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. 352 с.

ISBN 978-5-9274-0778-1

Сборник материалов Всероссийской с участием зарубежных (Азербайджан, Индия, Канада, Китай, США, Таджикистан, Украина, Финляндия, ЮАР) ученых научной конференции «**Геодинамика раннего докембрия: сходства и различия с фанерозоем**» (**Early Precambrian vs Modern Geodynamics**), на которой рассматривались следующие вопросы: а) геодинамические процессы в раннем докембрии и фанерозое: сходство и различия; б) петрология магматических и метаморфических процессов в раннедокембрийских и фанерозойских геодинамических системах; в) плюмовые процессы в раннем докембрии и фанерозое; г) геохимические и изотопно-геохимические ограничения геодинамических реконструкций; д) геодинамические процессы и эволюция жизни, содержит оригинальные авторские публикации на русском и английском языках по геологии, геодинамике, геохронологии, петрологии, металлогении, палеонтологии раннего докембрия и фанерозоя, а также путеводитель научных экскурсий по раннему докембрию Ведлозерско-Сегозерской гранит-зеленокаменной системы Карельского кратона и юго-восточной части Свеклофеннского орогенического пояса Фенноскандинавского щита.

УДК 551.73/.78:551.2/.3"611"(063)(036)
ББК 26.3

Организационный комитет конференции

Председатель:

А.И. Слабунов – ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

Заместители председателя:

Ш.К. Балтыбаев – ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург)

С.А. Светов – ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

Ученые секретари:

Н.С. Нестерова – ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

А.В. Степанова – ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

Члены организационного комитета:

В.В. Балаганский – ГИ РАН (г. Апатиты)

Н.А. Божко – МГУ, геологический ф-т (г. Москва)

А.Б. Вревский – ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург)

В.А. Глебовицкий – ИГГД РАН (г. Санкт-Петербург)

Джингуи Гуо – ИГГ АНК (г. Пекин, Китай)

М.В. Минц – ГИН РАН (г. Москва)

А.Л. Перчук – МГУ, геологический ф-т (г. Москва)

К. Сантош – Университет Кумаон (г. Уттаракханд, Индия)

А.В. Самсонов – ИГЕМ РАН (г. Москва)

Е.В. Скляров – ИЗК СО РАН (г. Иркутск)

В. Синг – Бунделкхандский Университет, геологический ф-т (г. Джанси, Индия)

Ф.С. Тёрстон – Университет Лаурентия (г. Садбери, Канада)

О.М. Туркина – ИГМ СО РАН (г. Новосибирск)

А.И. Ханчук – ДВГИ ДВО РАН (г. Владивосток)

П. Хёлтта – Геологическая служба Финляндии (г. Эспоо, Финляндия)

А.А. Щипанский – ГИН РАН (г. Москва)

В.В. Щипцов – ИГ КарНЦ РАН (г. Петрозаводск)

ISBN 978-5-9274-0778-1

Изотопные характеристики углерода как индикатор источника высокотемпературных гранитоидов в гранулитовых комплексах

Сафонов О.Г.^{1, 2, 4}, Реутский В.Н.³, Голунова М.А.¹, Бутвина В.Г.², Япаскурт В.О.²,
Варламов Д.А.¹, Щербаков В.Д.², ван Риннен Д.Д.⁴

¹ Институт экспериментальной минералогии РАН, Черноголовка, Россия, oleg@iem.ac.ru;

² Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ Институт геологии и минералогии им. В.С.Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия, reutsky@igm.nsc.ru;

⁴ Геологический факультет, Йоханнесбургский университет, Йоханнесбург, Южная Африка, dirkvr@uj.ac.za

Carbon isotope characteristic as an indicator for the source of high-temperature granitoids in granulite complexes

Safonov O.G.^{1, 2, 4}, Reutsky V.N.³, Golunova M.A.¹, Butvina V.G.², Yapaskurt V.O.²,
Varlamov D.A.¹, Shcherbakov V.D.², van Reenen D.D.⁴

¹ Institute of Experimental Mineralogy, RAS, Chernogolovka, Russia, oleg@iem.ac.ru

² Geological Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia

³ Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, RAS, Novosibirsk, Russia, reutsky@igm.nsc.ru

⁴ Department of Geology, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa, dirkvr@uj.ac.za

В ходе эволюции метаморфические комплексы гранулитовой фации испытывают воздействие флюидов и гранитных расплавов, происхождение которых может быть связано как с источниками внутри самих комплексов, так и с внешними источниками. Наряду с иными геохимическими индикаторами, эти источники могут быть выявлены на основе изотопного состава графита, который образуется либо за счёт углерода органического вещества и карбонатов, диспергированных в дометаморфическом осадочном субстрате, либо осаждается из CO₂-содержащих флюидов в ходе их взаимодействия с породами.

В данной работе приведены результаты исследований изотопного состава графита и флюидных включений в кварце и плагиоклазе трондьемитов и плагиогранитов, ассоциирующихся с метapelитами в районе Банделиеркоп в Южной Краевой Зоне гранулитового комплекса Лимпопо (ЮАР) и в районе р. Лотта в Центральной зоне Лапландского гранулитового комплекса (Россия). U-Pb возраст гранитоидов, 2.67-2.68 млрд лет, для пород комплекса Лимпопо [1] и 1.90-1.91 млрд лет для пород Лапландского комплекса [2], указывает на то, что они представляют собой интрузии, внедрившиеся после пика гранулитового метаморфизма (2.72 млрд лет и 1.92 млрд лет, соответственно) и отвечающие стадии надвига гранулитовых комплексов на породы сопряженных кратонов. Минеральный состав гранитоидов похож. Они содержат гранат и силлиманит. В отличие от пород Лимпопо, плагиограниты из Лапландского комплекса содержат первичный биотит, что указывает на различия во флюидных режимах кристаллизации пород. Эти различия отражены в составе флюидных включений. В минералах (кварце и гранате) трондьемитов Лимпопо преобладают углекислые включения высокой плотности, а водно-солевые включения довольно редки. Напротив, в минералах плагиогранитов из Лапландского комплекса водно-солевые включения более распространены, а включения CO₂ представлены малоплотными разностями. Различия во флюидном режиме обусловили разные температуры кристаллизации магм: трондьемиты Лимпопо начали кристаллизоваться при T > 900°C при давлении 8 – 8.5 кбар, тогда как температуры кристаллизации плагиогранитов Лапландского комплекса составляют 840-860°C при давлении 5.9-6 кбар.

Изученные образцы гранитоидов обоих комплексов содержат графит, ассоциирующийся с минералами первичных парагенезисов пород. Согласно рентгеновским данным и данным КР спектроскопии, упорядоченный графит в трондьемитах Лимпопо образовывался при высоких температурах. Средние величины $\delta^{13}\text{C}$ графита для трех образцов трондьемитов Лимпопо следующие: -6.52, -8.65 и -8.59 ‰. Величины $\delta^{13}\text{C}$ флюида во включениях лейкократовой (плагиоклаз+кварц) части гранитов Лимпопо

составили -4.10 ± 1.2 ‰. Во всех образцах графит обеднён тяжёлым изотопом в сравнении с флюидом, что можно рассматривать как свидетельство генетической связи графита и флюида в трондьемитах. Об этом свидетельствует также присутствие во флюидных включениях CH_4 и графита, указывающих на равновесие $2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4$. Величины фракционирования изотопов углерода (напр. [3]) подтверждают высокую температуру этого равновесия, соответствующую данным минеральной термометрии. Таким образом, графит в трондьемитах Лимпопо, вероятно, являлся продуктом восстановления углекислого флюида в ходе взаимодействия магмы и вмещающих пород (метапелитов).

Величины $\delta^{13}\text{C}$ графита и флюида из трондьемитов Лимпопо находятся в диапазоне, характерном для глубинных (мантийных) источников углерода. Эти величины сильно отличаются от $\delta^{13}\text{C} = -15.0 \dots -12.5$ ‰, ранее определенных для графита из метапелитов Южной Краевой Зоны гранулитового комплекса Лимпопо [4], но схожи со значениями $\delta^{13}\text{C}$, известными для графита и гранатсодержащих жил, аналогичных изученным трондьемитам [4]. Таким образом, изотопные данные подтверждают вывод, что трондьемитовые магмы в Южной Краевой Зоны гранулитового комплекса Лимпопо имели внешний источник, не связанный с плавлением метапелитов, в которые граниты внедрялись [1]. «Тяжелые» изотопные метки углерода в трондьемитах Лимпопо могут быть связаны с флюидами, возникшими при метаморфизме и деволатилизации погруженных под гранулиты основных пород (амфиболитов) гранит-зеленокаменных поясов кратона Каапвааль при активном участии материала гидротермальных карбонатных жил, имеющих обычно $\delta^{13}\text{C} > -9$ ‰ (напр. [5]). Плавление такого субстрата в пределах зоны надвига гранулитов на породы кратона вполне могло служить источником как трондьемитов (напр. [6]), так и сопровождающих их углекислых флюидов.

Графит из двух образцов плагиогранитов Лапландского комплекса показал $\delta^{13}\text{C} = -20.19$ и -20.21 ‰. Величины $\delta^{13}\text{C}$ флюида из флюидных включений в минералах гранитов Лапландского комплекса составляют -12.43 ± 0.07 ‰. Эти оценки близки к значениям, типичным для осадочного биогенного углерода. Величины фракционирования, рассчитанные на основе полученных значений $\delta^{13}\text{C}$ согласно [3], отвечают очень низким температурам, что указывает, вероятно, на генетическую независимость графита и флюида в плагиогранитах Лапландского комплекса. Полученные нами данные для графита в гранитах аналогичны значениям $\delta^{13}\text{C} = -25 \dots -20$ ‰ для графита в зонах пластических деформаций, пересекающих комплекс [7]. Это подтверждает мнение о том, что лейкократовые плагиограниты района р. Лотта связаны с анатексисом глиноземистых гнейсов Лапландского комплекса [2, 8], графит в гранитах является продуктом переотложения углерода, захваченного из субстрата.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 14-17-00581) и РФФИ (грант № 16-05-00266).

During their evolution, granulite high-grade complexes are influenced by fluids and granite melts, which can be originated from sources both within the complexes and outside of them. Along with various geochemical indicators, these sources can be identified on the basis of the carbon isotope composition of graphite, which forms either from the organic substance and carbonates dispersed in the pre-metamorphic sediments or by precipitation from the CO_2 -bearing fluids during their interaction with the rocks in the course of metamorphism.

The present work shows results of the carbon isotope study of graphite and fluid inclusions in quartz and plagioclase of trondhjemites and plagiogranites, which are associated with metapelites of the Bandelirekop area in the Southern Marginal Zone of the Limpopo granulite belt, South Africa, and the Lotta river area of the Central Zone of the Lapland granulite belt, Russia. U-Pb ages of the granitoids, 2.67-2.68 Ga for the Lapland rocks [1] and 1.90-1.91 Ga for the Lapland rocks [2] show that these granitoids were intruded into the complexes after the metamorphic peak (2.72 Ga and 1.92 Ga, respectively) and corresponded to the stage of thrusting of the granulite complexes over the adjacent cratons. The granitoids of the both complexes show close mineral composition. They contain garnet and sillimanite. In contrast to the Limpopo rocks, the Lapland plagiogranites contain primary biotite, which indicates differences in the fluid regimes of the rock crystallization. These differences are reflected in a composition of fluid inclusions. Dense carbonic inclusions are predominant in quartz and garnet of the Limpopo trondhjemites, whereas aqueous-salt inclusions are rather rare. In contrast, minerals of the Lapland plagiogranites are richer in aqueous-salt inclusions, whereas carbonic inclusions are represented by low-density varieties. Differences in the fluid regime were responsible for different temperatures of the magma crystallization: the Limpopo trondhjemites began to crystallize at $T > 900^\circ\text{C}$ at pressure 8 – 8.5 kbar, whereas the temperature of crystallization of the Limpopo plagiogranites were $840\text{--}860^\circ\text{C}$ at pressure 5.9-6 kbar.

The studied samples of granitoids of both complexes contain graphite, which is associated with the primary minerals. According to x-ray and Raman, ordered graphite from the Limpopo trondhjemites precipitated at high temperatures. Average $\delta^{13}\text{C}$ values for graphite from three samples of the Limpopo trondhjemites are following: -6.52, -8.65 и -8.59 ‰. The $\delta^{13}\text{C}$ values for the fluid from plagioclase and quartz of these granites are -4.10 ± 1.2 ‰. In all samples, graphite is depleted in ^{13}C with respect to fluid. This can be considered as an evidence for a genetic relation between graphite and fluid in the trondhjemites. This conclusion is also supported by a presence of CH_4 and graphite in the fluid inclusions assuming an equilibrium $2\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4$. The fractionation values for carbon isotopes (e.g. [3]) also support high temperature of this equilibrium consistently with the mineral thermometry. Thus, graphite from the Limpopo trondhjemites, apparently, was a product of reduction of the carbonic fluid resulted from an interaction of the magma with the country rocks (metapelites).

The $\delta^{13}\text{C}$ values for graphite and fluid from the Limpopo trondhjemites lie within the range, which is specific for the deep-seated (mantle) carbon sources. These values strongly differ from the values $\delta^{13}\text{C} = -15.0 \dots -12.5$ ‰, which have been previously measured for graphite from the metapelites of the Southern Marginal Zone of the Limpopo belt [4], but are close to the $\delta^{13}\text{C}$ values for graphite for graphite and garnet-bearing granite veins [4]. Thus, the isotope data support the conclusion that the trondhjemite magmas in the Southern Marginal Zone of the Limpopo belt have originated from the outer source, which has been unrelated to the metapelites, in which the magmas were injected [1]. The «heavy» isotope signatures of the Limpopo trondhjemites might be related to fluids, which have been produced during metamorphism and devolatilization of basic rocks (amphibolites) of the granite-greenstone complexes of the Kaapvaal craton buried under granulites. These basic rocks seemed to be intermixed with hydrothermal carbonate veins, which usually showed $\delta^{13}\text{C} > -9$ ‰ (e.g. [5]). Melting of such mixed rock source within the zone of the granulite thrust on the craton could serve as a source both for the trondhjemite melts (e.g. [6]) and accompanying carbonic fluids.

Graphite from two samples of the Lapland plagiogranites show $\delta^{13}\text{C} = -20.19$ and -20.21 ‰. The $\delta^{13}\text{C}$ values of the fluid from fluid inclusions of the Lapland granites are -12.43 ± 0.07 ‰. These values are close to the signatures of a typical biogenic carbon. The fractionation values calculated from the above $\delta^{13}\text{C}$ data according to [3] correspond to very low temperatures indicating, probably, a lack of genetic relation between graphite and fluids in the Lapland plagiogranites. The obtained data are within the range of values $\delta^{13}\text{C} = -25 \dots -20$ ‰ for graphite from the shear-zones truncating the metamorphic complex [7]. It serves as evidence in favor of the model that the leucocratic plagiogranites of the river Lotta area were produced via anatexis of peraluminous gneisses of the Lapland complex [2, 8]. Graphite in the plagiogranites is a product of re-deposition of the pre-metamorphic carbon.

The study was supported by the RSCF (project № 14-17-00581) and RFBR (project № 16-05-00266).

Литература – References

1. Safonov O.G., Tatarinova D.S., van Reenen D.D., Golunova M.A., Yapaskurt V.O. // Precambrian Research. 2014. V. 253, P. 114-145.
2. Каулина Т.В., Нерович Л.И., Баянова Т.Б., Япаскерт В.О. // Геохимия. 2014. № 7, С. 625-645.
3. Kaulina T.V., Nerovich L.I., Bayanova T.B., Yapaskurt V.O. // Geochem. Int. 2014. V. 52, № 7, P. 567-586.
4. Polyakov V.B., Kharlashina N.N. // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59, P. 2561-2572.
5. Vennemann T.V., Smith H.S. (1992) // Precambrian Research. 1992. V. 55, P. 365-397.
6. Kerrich R. // Geology. 1989. V. 17. P. 1011-1015.
7. Moyon J.-F., Stevens G. // Geophys. Monograph. Series. 2006. V. 164, P. 149-175.
8. Korja T., Tuisku P., Pernu T., Karhu J. // Terra Nova. 1996. V. 8, P. 48-58.
9. Mints M.V., Kaulina T.V., Konilov A.N., Krotov A.V., Stupak V.M. // Gondwana Research. 2007. V. 12, P. 252-267.