

**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЗОНАЛЬНОСТИ ГРАНАТА ГРАНАТ-КИАНИТ-КОРУДОВОЙ
АССОЦИАЦИИ КСЕНОЛИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ НЮРБИНСКАЯ,
ЯКУТИЯ**

Лисовский Г. А.¹, Сафонов О. Г.¹, Корешкова М. Ю.², Япаскурт В. О.³

¹Институт Экспериментальной минералогии имени академика Д.С. Коржинского РАН,
ул. Институтская д. 4, 142432, Черноголовка, Россия, himself.festus@gmail.com

²Кафедра петрографии, Институт Наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный
университет, Университетская наб. 7/9, 199034, Санкт-Петербург, Россия

³Кафедра петрологии и вулканологии, Геологический факультет, МГУ имени М.В.
Ломоносова, ул. Колмогорова д. 1, 119991, Москва, Россия

Изучение пород фундамента древних кратонов, не исключая Сибирский кратон, зачастую осложнено их глубоким залеганием под осадочным чехлом. Одним из надежных способов их исследования является изучение состава и термобарической истории ксенолитов пород, транспортируемых в кимберлитовых трубках (Griffin et al., 1999). Ксенолиты содержат не только информацию о породах фундамента непосредственно на момент их выноса на поверхность, но и сохраняют свидетельства их метаморфической истории с момента образования их протолита.

В исследованиях ксенолитов из кимберлитовых трубок Сибирского кратона предпочтение отдают (гранат)-двутироксеновым гранулитам, которые относят обычно к породам нижней коры (Shatsky et al., 2005; Koreshkova et al., 2011; Perchuk et al., 2021), и эклогитам, которые интерпретируются, как породы верхней мантии (Spetsius et al., 2003, Agashev et al., 2018). Ксенолитам фельзических богатых полевыми шпатами пород уделяется заметно меньше внимания. Эти породы могут представлять собой как преобразованные в условиях гранулитовой фации метаморфизма породы верхних горизонтов нижней коры, так и протолиты средней коры.

Фельзический ксенолит Nur-11, отобранный из кимберлитов трубки Нюрбинская, представляет собой богатый плагиоклазом гранулит, содержащий также гранат, биотит, рутил, кианит, корунд и ильменит. Отметим, что гранат-кианит-корундовая ассоциация вообще крайне редка (Shimpo et al., 2006), а в ксенолитах из кимберлитовых трубок Сибирского кратона ранее не описывалась. Согласно минеральному составу и рассчитанному по

площадным соотношениям породообразующих минералов валовому составу, изученная порода отвечает плагиогаббро, а согласно методу нормативного пересчёта CIPW – корунднормативному лейкогаббронориту. В совокупности с данными по рассеянным элементам и РЗЭ как породе в целом, так и в минералах, определенным при помощи LA-ICP-MS, нельзя исключить, что протолит породы мог иметь реститовую природу.

Ассоциация образца Nur-11 несёт сложную многоэтапную Р-Т историю, которая может быть реконструирована на основе исследования состава и зональности минералов, прежде всего, граната. Построение композиционных профилей и элементное картирование зёрен граната с использованием электронного микрозонда (EDX, WDX), позволили выявить их уникальную зональность по X_{Ca} . Она характеризуется плавным повышением этого показателя от центра к краю в центральных зонах зерен, затем резким его понижением и повышением в узких внешних каймах (Рис. 1). При этом зональность граната по X_{Mg} менее резкая, особенно в центральных частях зерен (Рис. 1). Наиболее значимые вариации X_{Mg} , главным образом, приурочены к контактам граната и биотита и очевидно обусловлены диффузионным обменом Mg и Fe между минералами на фоне остывания. Однако нельзя исключать, что первичная зональность граната по X_{Mg} была частично стёрта в ходе термальной эволюции породы, которая, однако, мало затронула зональность по X_{Ca} , поскольку коэффициент диффузии Ca заметно ниже, чем Fe и Mg (Anderson, Buckley, 1973).

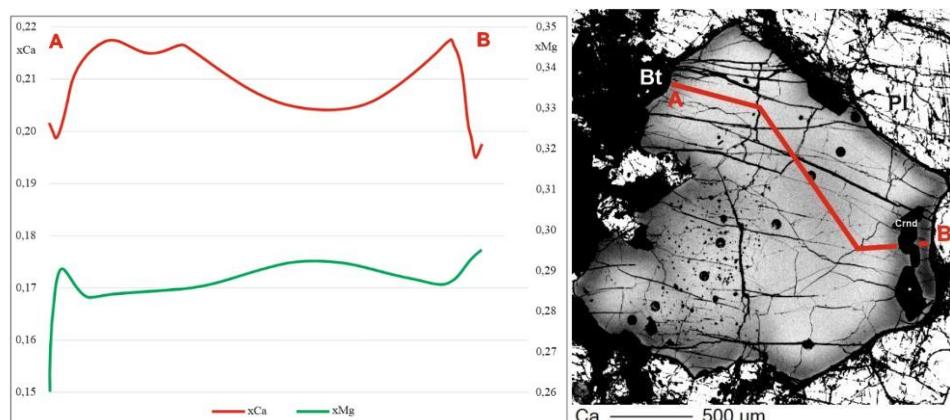


Рисунок 1. Графики x_{Ca} и x_{Mg} по профилю АВ (слева). WDX изображение зерна граната и положение профиля АВ (справа). Bt – биотит, Crnd – корунд, Pl – плагиоклаз.

Для построения диаграмм фазовых равновесий был применен программный комплекс PERPLE_X (Connolly, 2005). Были использованы рассчитанные валовые составы породы без учёта MnO . Для моделирования была выбрана база данных Т. Холланда и Р. Пауэлла

(hp02ver.dat) (Holland, Powell, 1998). Модели твёрдых растворов были выбраны для минералов, слагающих гранулит и наиболее подходящих им по генезису. Оценки Р-Т условий проводились по сопоставлению изоплет для X_{Mg} , и X_{Ca} граната. Расчёты производились для условий насыщения системы водно-углекислым флюидом. После построения ряда диаграмм для разных значений X_{CO_2} во флюиде, была выбрано то ($X_{CO_2} = 0.3$), которое максимально воспроизводит наблюдаемую минеральную ассоциацию и составы сосуществующих минералов в породе (Рис. 2).

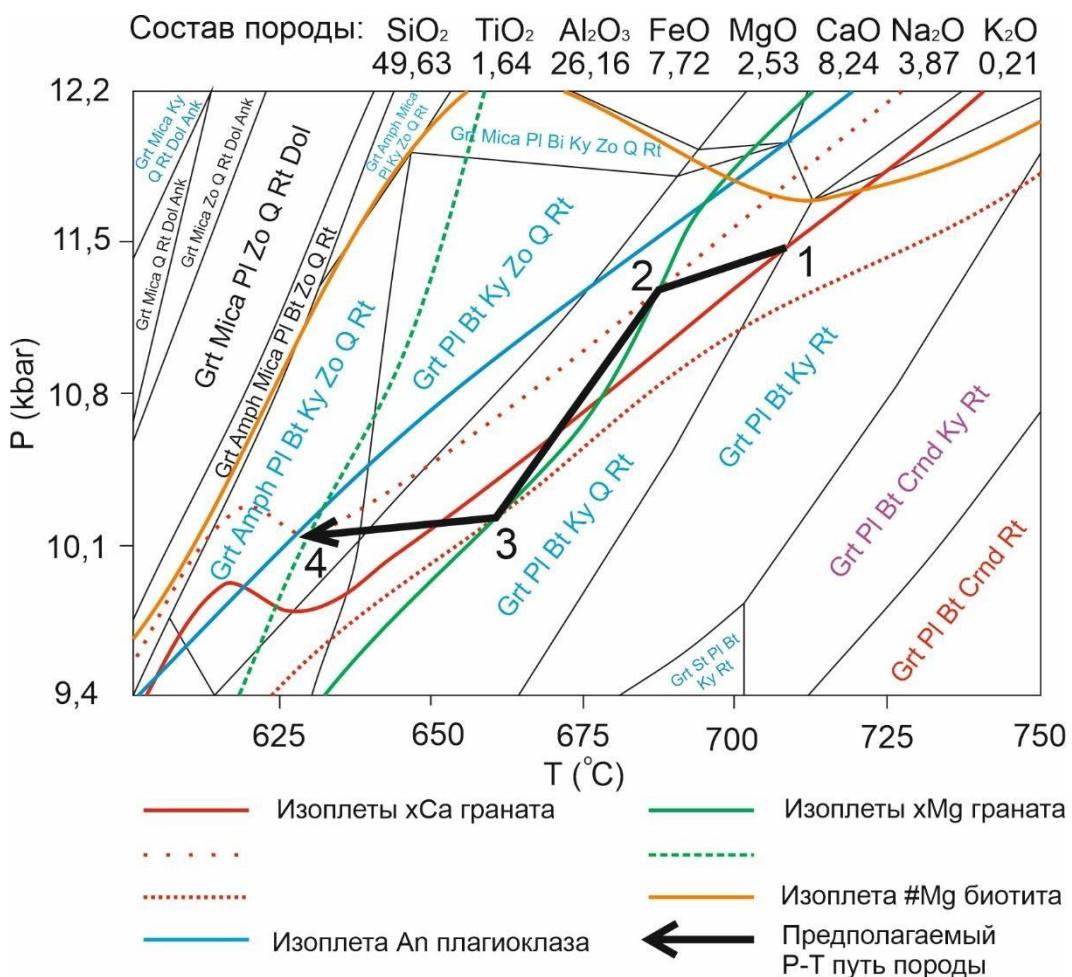


Рисунок 2. Диаграмма фазовых равновесий для образца Nur-11. Цифрами указаны этапы Р-Т эволюции породы. Ассоциации, отмеченные голубым цветом, содержат кианит, фиолетовым – корунд и кианит, красным – только корунд. Поля небольшого размера не подписаны.

Минеральные фазы: Grt – гранат, Pl – плагиоклаз, Bt – биотит, Crnd – корунд, Ky – кианит, Rf – рутил, Q – кварц, Mica – слюда, Zo – цоэзит, St – ставролит, Amph – амфибол, Dol – доломит, Ank - анкерит.

Положение изоплет параметров состава граната (X_{Mg} и X_{Ca}) показали, что отмеченная зональность (Рис. 3) этого минерала отражает три этапа Р-Т эволюции породы:

- (1) – (2) плавное повышение кальциевости в центральных частях зерен граната отвечает изобарическому остыванию при давлениях более 11 кбар;
- (2) – (3) резкое снижение кальциевости граната отражает этап субизотермической (660-680°C) декомпрессии;
- (3) – (4) небольшое повышение кальциевости во внешних зонах граната отражает новый этап субизобарического остывания при давлении порядка 10 кбар.

К сожалению, пока не удалось установить возраст и временные связи этих трех этапов, связанны ли они между собой или представляют собой разорванные во времени тектонотермальные события в основании Сибирского кратона.

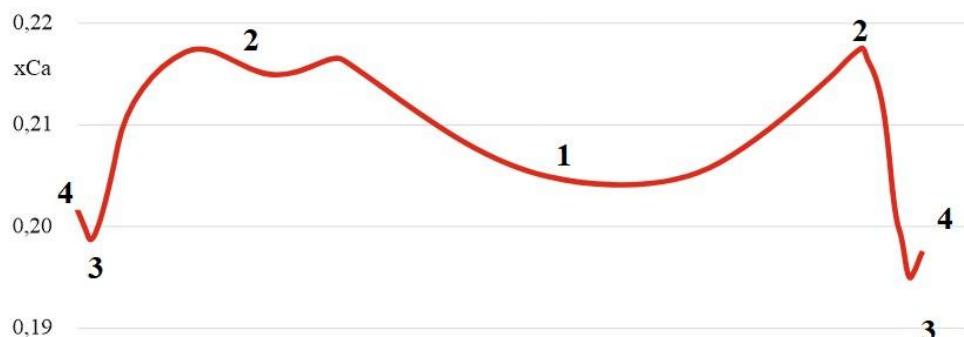


Рисунок 3. Выделяемые этапы формирования зональности граната по X_{Ca} .

Работа выполнена в рамках темы НИР ИЭМ РАН FMUF-2022-0004 (рег. номер 123011600099-2) и гранта СПбГУ INI-2025 2503-020

Список литературы:

Agashev, A. M., Nakai, S., Serov, I. V., Tolstov, A. V., Garanin, K. V., & Kovalchuk, O. E. Geochemistry and origin of the Mirny field kimberlites, Siberia // Mineralogy and Petrology, 2018. P. 112 Anderson D., Buckley G. Zoning in garnets — diffusion models // Contr. Miner. Petrol., 1973. V. 40. P. 87—104.

Connolly J.A.D. Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation // Earth Planet. Sci. Lett., 2005, V. 236. P. 524–541.

Griffin W. L., Ryan C. G., Kaminsky F. V., O'Reilly S. Y., Natapov L. M., Win T. T., Kinny P. D., Ilupin I.

P. The Siberian lithosphere traverse: mantle terranes and the assembly of the Siberian Craton // Tectonophysics, 1999. V. 310, № 1-4. P. 1–35

Holland, T., Powell, R. An internally consistent thermodynamic data set for phases of petrological interest // Journal of Metamorphic Geology, 1998. V. 16:309 P. 43.

Koreshkova, M. Y., Downes, H., Levsky, L. K., & Vladykin, N. V. Petrology and Geochemistry of Granulite Xenoliths from Udachnaya and Komsomolskaya Kimberlite Pipes, Siberia // Journal of Petrology, 2011. V. 52(10). P. 1857–1885.

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. P. 357.

Shatsky, V.S., Zedgenizov, D.A., Ragozin, A.L., Mityukhin, S.I., Sobolev, N.V. Evidences of metasomatic origin of diamonds in eclogite xenoliths from kimberlite pipe Udachnaya (Yakutia) // Doklady Earth Sciences, 2005. V. 402. P. 587-590.

Shimpo M., Tsunogae T., & Santosh M. First report of garnet–corundum rocks from southern India: Implications for prograde high-pressure (eclogite-facies?) metamorphism // Earth and Planetary Science Letters, 2006. V. 242(1-2). P. 111–129.

Spetsius, Z. V., Ivanov, A. S., & Mityukhin, S. I. Diamondiferous xenoliths and megacrysts from the Nyurbinskaya kimberlite pipe (Nakynsky field, Yakutia) // Doklady Earth Sciences, 2006. V. 409(1). P. 779–783.