

УДК 552.3

РАСПЛАВНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ХРОМШПИНЕЛИДЕ КИМБЕРЛИТОВ ТРУБКИ ЗАПОЛЯРНАЯ (ВЕРХНЕМУНСКОЕ ПОЛЕ, СИБИРСКИЙ КРАТОН)

© 2022 г. С. В. Потапов^{1,*}, И. С. Шарыгин¹, К. М. Константинов^{1,2}, Б. С. Данилов¹, Ю. Д. Щербаков³, академик РАН Ф. А. Летников¹

Поступило 25.10.2021 г.

После доработки 09.02.2022 г.

Принято к публикации 10.02.2022 г.

Приводятся результаты исследования первичных раскристаллизованных расплавных включений в хромшпинелиде кимберлитов среднепалеозойской трубки Заполярная (Верхнемунское поле, Сибирский кратон). Включения состоят из агрегата дочерних минералов, представленных кальцитом, доломитом, ньереритом $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$, грегориитом $(\text{Na}, \text{K})_2\text{CO}_3$, нортупитом $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$, брэдлийитом $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$, апатитом, хлоридами (сильвин и/или галит), флогопитом, оливином, магнетитом и джерфшеритом $\text{K}_6(\text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni})_{25}\text{S}_{26}\text{Cl}$. Карбонаты преобладают над силикатами. Ассоциация дочерних минералов включений свидетельствуют о том, что родительский кимберлитовый расплав трубки Заполярная был обеднен кремнием и обогащен щелочами (как натрием, так и калием), а также CO_2 , и, возможно, имел щелочно-карбонатитовый состав.

Ключевые слова: кимберлит, расплавные включения, кимберлитовый расплав, кратон, мантия

DOI: 10.31857/S2686739722050139

Кимберлиты — уникальные магматические породы, возникшие в результате кристаллизации расплавов, имеющих наиболее глубинное происхождение (>150 км) [1, 2]. Вопрос о составе родительских расплавов кимберлитов до сих пор является дискуссионным [2, 3]. Сложность решения данной проблемы заключается в том, что валовый состав кимберлитов не отвечает составу их родительских расплавов, так как они содержат большое количество ксеногенного материала и практически повсеместно преобразованы вторичными процессами [2, 3].

Одним из подходов, используемых для реконструкции состава родительских расплавов, является исследование первичных расплавных включений в минералах магматических пород [3, 4]. В последнее время первичные расплавные включения были обнаружены в магматических минералах (оливин, перовскит, апатит, кальцит, монтichelлит

и шпинелиды) кимберлитов как Сибирского кратона (трубка Удачная-Восточная, Далдынское поле) [5, 6], так и других кратонов мира в пределах Канады, Гренландии, Финляндии и ЮАР [3, 5, 7–12]. Однако для реконструкции составов родительских кимберлитовых расплавов наибольшую важность представляют включения в оливине и хромшпинелиде, которые являются ранними ликвидусными минералами [1, 3, 12]. Следует отметить, что хромшпинелид сохраняется при вторичных изменениях кимберлитов в отличие от оливина, который часто полностью замещается серпентином.

В данной работе представлены результаты исследования первичных расплавных включений в хромшпинелиде основной массы кимберлитов трубки Заполярная (Верхнемунское поле, Сибирский кратон). Верхнемунское поле располагается в бассейне р. Улах-Муна, правого притока р. Муна, в ее верхнем течении. Возраст алмазоносной трубки Заполярная определен U–Pb-методом по перовскиту как $\sim 366\text{--}367$ млн лет [13], что соответствует среднепалеозойскому ($D_3\text{--}C_1$) циклу кимберлитового магматизма на Сибирском кратоне [14]. На поверхности трубка имеет форму вытянутой восьмерки (азимут простираения 305°) [14]. Исследованные в данной работе кимберлиты были отобраны в северо-западной части трубки из бортов разведочных канав и относятся к пор-

¹Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

²Сибирская школа геонаук Иркутского национально-исследовательского технического университета, Иркутск, Россия

³Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

*E-mail: potapovsv@crust.irk.ru

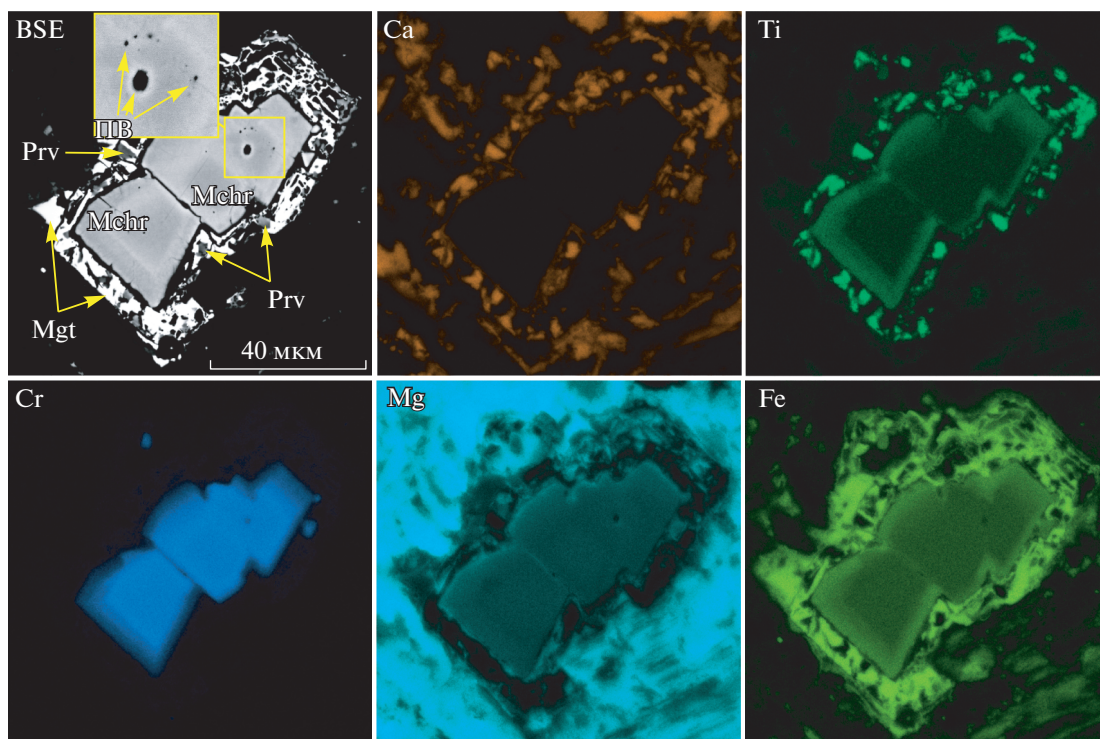


Рис. 1. Магнезиохромит (Mchr) в основной массе кимберлитов трубки Заполярная, содержащий поликристаллические включения (ПВ). Prv — перовскит, Cal — кальцит, Mgt — магнетит. Изображение в обратно-рассеянных электронах (BSE) и карты распределения элементов.

фировому типу согласно [14]. Структура пород обусловливается присутствием макрокристаллов (до 2 мм) оливина, практически всегда полностью замещенных серпентином, в количестве 20–30 об. %. Минералы основной массы, размером до 150 мкм, представлены шпинелидами, перовскитом, апатитом и флогопитом, находящимися в матрице кальцита и серпентина. Редко встречаются зерна минералов мантийных пород и пород кристаллического фундамента (ксенокристаллы).

Шлифовка и полировка образцов производилась без воды, с использованием минерального масла в качестве лубриканта и петролейного эфира для очистки. Диагностика кристаллических фаз во включениях проводилась с помощью комбинации двух методов — сканирующей электронной микроскопии, совмещенной с энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (СЭМ–ЭДС), и конфокальной спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС-спектроскопии). СЭМ–ЭДС-исследования выполнены в ЦКП “Изотопно-геохимических исследований” (ИГХ СО РАН) на сканирующем электронном микроскопе “TESCAN MIRA” 3 LMU с системой ЭДС-микроанализа “OXFORD INSTRUMENTS” ULTIM MAX 40. КРС-спектры были получены в ИЗК СО РАН с применением системы для конфокальной КРС-спектроскопии WITec alpha

300R (WITec GmbH), оборудованной Nd:YAG-лазером с длиной волны 532 нм. Фокусировка лазерного луча на образец осуществлялась через объектив “Zeiss” 100x/NA0.9, обеспечивающий пространственное разрешение менее 1 мкм. Спектральное разрешение составляло 1.6 см^{-1} . Калибровка спектров проводилась по линии 520.7 см^{-1} кристаллического кремния. Для идентификации минералов полученные КРС-спектры сравнивались с эталонными спектрами из базы данных RRUFF (<http://rruff.info/>) и литературных источников [2, 15–17].

Шпинелиды основной массы кимберлитов трубки Заполярная образуют идиоморфные зональные зерна размером до 150 мкм. Выделяется ядро, представленное хромшпинелидом, вокруг которого имеется кайма, сложенная магнетитом/магнезиоферритом, с многочисленными включениями перовскита (рис. 1). По составу хромшпинелид соответствует магнезиохромиту ($\text{Cr\#} = \text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al}) = 0.72\text{--}0.90$, $\text{Mg\#} = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{2+}) = 0.51\text{--}0.63$). От центра к краю ядра в магнезиохромите уменьшаются значения $\text{Cr\#}$ и $\text{Mg\#}$ и значительно растет концентрация TiO_2 (от 1.1 до 18.8 мас. %).

Поликристаллические включения обнаружены в магнезиохромите (рис. 1). Часто в плоскости полировки наблюдаются группы включений

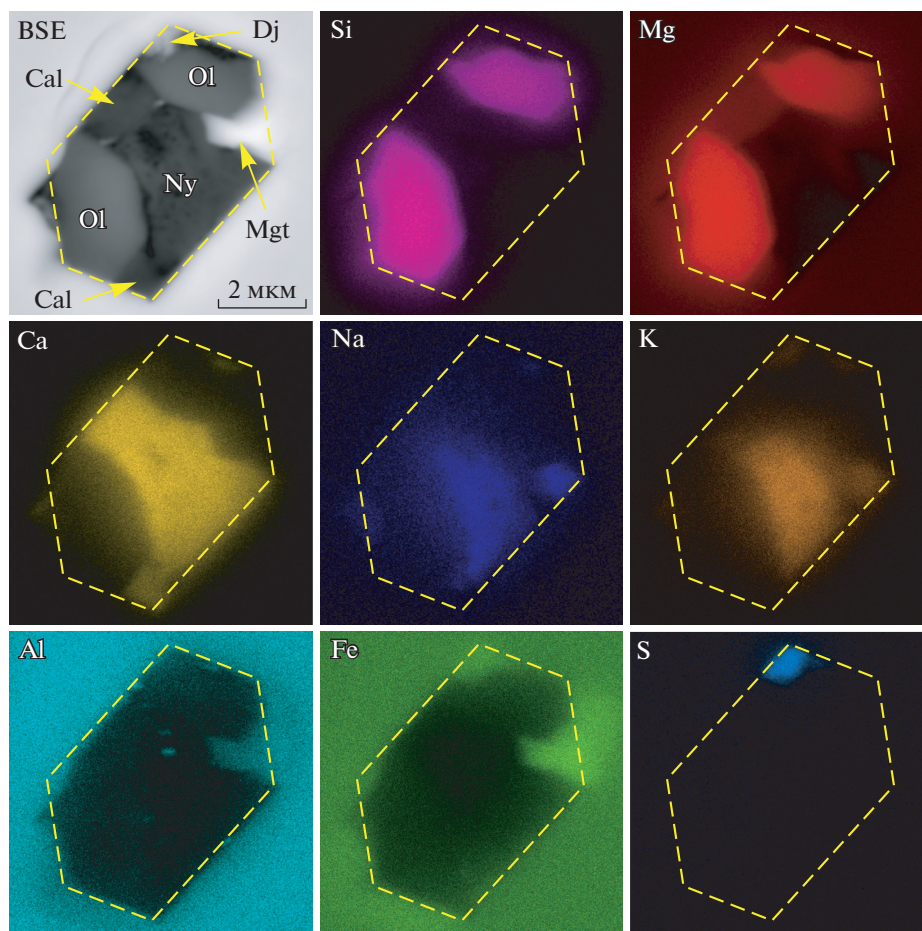


Рис. 2. Изображение в обратно-рассеянных электронах (BSE) и карты распределения элементов для индивидуального скрытого поликристаллического включения в магнезиохромите из трубки Заполярная. Cal — кальцит, Ol — оливин, Ny — ньеререйт, Mgt — магнетит, Dj — джердзшерит.

(рис. 1, Приложение 1). Включения не связаны с какими-либо трещинами/прожилками и, как правило, располагаются неравномерно, редко — вдоль зон роста в магнезиохромите (рис. 1). Форма включений разнообразная — изометричная, неправильная, вытянутая, но при этом частично ограниченная (Приложение 1). Часто встречаются включения, имеющие хорошо выраженную форму “отрицательного” кристалла (рис. 2). Размер отдельных включений на плоскости полировки достигает 30 мкм по вытянутой оси, однако в большинстве случаев не превышает 5–10 мкм.

Исследован минеральный состав более 50 поликристаллических включений в магнезиохромите. Размер зерен минералов внутри включений в основном не превышает 3–5 мкм, в редких случаях достигает 10 мкм (рис. 2, Приложение 1). Небольшой размер зерен затрудняет идентификацию минералов посредством только СЭМ—ЭДС, так как возможно искажение анализа из-за захвата соседних фаз электронным пучком. Одновременное использование СЭМ—ЭДС и конфокаль-

ной КРС-спектроскопии позволило определить минералы во включениях на основе совокупности информации об их элементном составе (рис. 2, Приложение 1) и о положении характерных линий на КРС-спектрах (рис. 3). Среди минералов во включениях были идентифицированы кальцит, доломит, щелочные карбонаты (ньеререйт $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$, грегориит $(\text{Na}, \text{K})_2\text{CO}_3$ и нортупит $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$), карбонат-фосфат — брэдлиит $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$, апатит, флогопит, оливин и магнетит; встречены единичные зерна хлоридов (сильвин и/или галит) и джердзшерита $\text{K}_6(\text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni})_{25}\text{S}_{26}\text{Cl}$.

На картах распределения элементов (рис. 2) во включениях наблюдаются фазы с высокими концентрациями кальция и щелочей, в которых отсутствует кремний. Эти фазы представлены щелочными карбонатами. КРС-спектры Na—K—Ca-карбоната из некоторых включений характеризуются наличием сближенных сильных пиков на $1072\text{--}1075$ и на $1084\text{--}1088\text{ см}^{-1}$ (рис. 3а) и слабого пика на $710\text{--}712\text{ см}^{-1}$. Данные моды соответству-

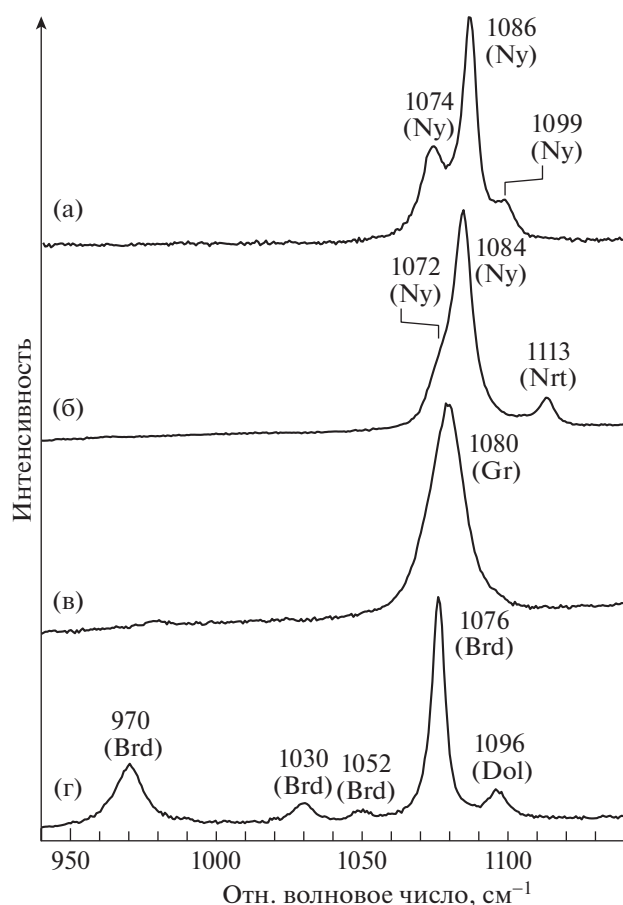


Рис. 3. Представительные КРС-спектры минералов из поликристаллических включений в магнезиохромите из трубки Заполярная. а — ньеререйт (Ny), б — ньеререйт (Ny) с пиком нортупита (Nrt), в — грегориит (Gr), г — брэдлиит (Brd) с пиком доломита (Dol). Для сравнения спектров см. [2, 15–17].

ют колебаниям карбонат-иона и характерны для ньеререйта $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ [15, 16]. В других случаях на КРС-спектрах Na–K–Ca-карбоната присутствуют ассиметричный сильный пик на 1083–1085 cm^{-1} с плечом ~1072–1073 cm^{-1} (рис. 3б) и слабый пик на 710–711 cm^{-1} , что также отвечает ньеререйту [15, 16]. Количественно измерить состав Na–K–Ca-карбоната не удалось, так как в его ЭДС-спектрах наблюдаются пики элементов от минерала-хозяина и соседних фаз во включении. Однако отношение $(\text{Na} + \text{K})/\text{Ca}$ (ат. %) в этом карбонате, согласно СЭМ–ЭДС-анализу, близко 2 при отношении $\text{Na}/\text{K} > 8$ (ат. %), что отвечает стехиометрии ньеререйта.

На КРС-спектрах Na–K-карбоната присутствует сильный пик на 1079–1081 cm^{-1} (рис. 3в), что соответствует грегорииту $(\text{Na},\text{K})_2\text{CO}_3$ [17]. Этот минерал характеризуется $\text{Na}/\text{K} = 8\text{--}10$ (ат. %) и небольшой примесью кальция.

На некоторых КРС-спектрах щелочных карбонатов проявляется пик на 1112–1114 cm^{-1} (рис. 3б). Данный пик не принадлежит ньеререйту и грегорииту, однако является наиболее интенсивным для нортупита $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{CO}_3)_2\text{Cl}$.

Минерал, демонстрирующий одновременное присутствие натрия, магния и фосфора на картах распределения элементов (Приложение 1), по КРС-спектрам идентифицируется как карбонато-фосфат — брэдлиит $\text{Na}_3\text{Mg}(\text{PO}_4)(\text{CO}_3)$. Сильные пики на 970–971 и 1076–1078 cm^{-1} на его КРС-спектрах отвечают колебаниям фосфат-иона и карбонат-иона соответственно (рис. 3г).

Джерфишерит во включениях имеет размер менее 1 $\mu\text{м}$, что затрудняет количественный анализ его состава. Однако на картах распределения элементов и ЭДС-спектрах этот сульфид характеризуется присутствием калия, железа, никеля, меди и хлора (рис. 2, Приложение 1).

На картах распределения элементов во включениях также наблюдаются области совместного нахождения щелочей и хлора (Приложение 1), что дает возможность предполагать наличие зерен сильвина и/или галита размером менее 1 $\mu\text{м}$.

Поликристаллические включения в хромшпинелиде трубки Заполярная интерпретированы нами как первичные раскристаллизованные расплавные включения. Данный вывод основан на следующем: 1) включения полуголанные и часто имеют форму “отрицательного” кристалла; 2) включения располагаются незакономерно или декорируют зоны роста в магнезиохромите; 3) включения не соединены прожилками шпинелида, отличного по составу от хромшпинелида-хозяина, как это наблюдалось бы в случае вторичных расплавных включений, располагающихся вдоль залеченных трещин. Кроме того, морфологические характеристики и минеральный состав исследованных включений подобны поликристаллическим включениям в хромшпинелиде из кимберлитов Канады, ЮАР и трубки Удачная-Восточная, которые ранее были отнесены к первичным расплавным включениям [7–12].

Анализ более 50 первичных расплавных включений в магнезиохромитах трубки Заполярная показал, что в плоскости полировки наиболее распространенными дочерними минералами являются карбонаты (кальцит, доломит, ньеререйт и грегориит), причем щелочные карбонаты диагностированы практически в каждом вскрытом включении. Силикатные минералы присутствуют в меньшем количестве относительно карбонатов. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что родительский кимберлитовый расплав трубки Заполярная был обогащен щелочами и CO_2 и, возможно, являлся щелочно-карбонатитовым.

В начале 2000-х гг. в трубке Удачная-Восточная на глубине более 410 м были обнаружены уникальные неизменные кимберлиты, не затронутые постмагматическими процессами [6, 15, 18, 19]. Эти кимберлиты характеризуются отсутствием серпентина и других вторичных водосодержащих минералов; содержание воды в них не превышает 0.6 мас. % [6, 15, 18]. Неизменные кимберлиты также характеризуются необычно высокими концентрациями щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ до 8 мас. %) и хлора (до 6 мас. %). В отличие от других кимберлитов мира, где в основной массе доминирующими минералами являются вторичные серпентин и кальцит, основная масса неизменных кимберлитов трубки Удачная-Восточная обогащена щелочными (в основном натровыми) карбонатами, сульфатами и хлоридами (до 30 об. %). Такие же минералы были найдены среди дочерних фаз в первичных и псевдовторичных расплавных включениях в магматических минералах как неизменных, так и частично серпентинизированных кимберлитов трубки Удачная-Восточная [5, 6, 19]. На основании этих данных был сделан вывод, что в основной массе серпентинизированных кимберлитов трубки Удачная-Восточная также изначально присутствовали щелочные карбонаты, сульфаты и хлориды, которые были уничтожены в результате вторичных изменений [6]. Таким образом, комплексные исследования как неизменных, так и частично серпентинизированных кимберлитов свидетельствуют о том, что родительский кимберлитовый расплав трубки Удачная-Восточная мог изначально иметь щелочно-карбонатитовый состав с высоким содержанием натрия [5, 6, 15].

В отличие от неизменных кимберлитов трубки Удачная-Восточная другие кимберлиты мира характеризуются низкими концентрациями натрия. Присутствие первичных расплавных включений, содержащих натровые карбонаты, такие как ньеререит, грегориит и нортупит, в хромшпинелиде из среднепалеозойской трубки Заполярная и различных кимберлитов мира, имеющих разный возраст [3, 6, 8, 10–12], свидетельствует о том, что высокие содержания натрия и CO_2 являются неотъемлемой чертой родительских расплавов кимберлитов в целом, а не только трубки Удачная-Восточная. Низкие концентрации натрия и преобладание калия в большинстве кимберлитов объясняется тем, что основной калийсодержащий минерал кимберлитов – флогопит, является более устойчивым, чем щелочные карбонаты при вторичных изменениях пород.

Следует отметить, что недавние работы показали присутствие включений раскристаллизованных щелочно-карбонатитовых расплавов в ксенолитах деформированных перидотов, вынесенных с основания литосферной мантии, из

кимберлитов Сибирского и Каапваальского кратонов [2, 16, 17, 20]. Данные включения, вероятно, являются реликтами наиболее примитивных кимберлитовых расплавов [2, 16, 17, 20].

Таким образом, наличие первичных включений щелочно-карбонатитового расплава в оливине и хромшпинелиде из разновозрастных кимберлитов различных регионов мира позволяет распространить модель эволюции состава кимберлитового расплава, изначально предложенной в работах [2, 3, 16, 19] для трубки Удачная-Восточная, на кимберлиты мира в целом: кимберлитовый расплав зарождается как щелочно-карбонатитовый, затем при подъеме эволюционирует в область увеличения кремнезема за счет растворения ксеногенных силикатов, в первую очередь ортопироксена.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 20-35-90118 и № 20-35-70058). В работе задействовались оборудование ЦКП “Геодинамика и геохронология” Института земной коры СО РАН в рамках гранта № 075-15-2021-682 и ЦКП “Изотопно-геохимических исследований” (ИГХ СО РАН). Исследования методом КРС-спектроскопии в ИЗК СО РАН осуществлялись при поддержке мегагранта № 075-15-2019-1883.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mitchell R.H.* Petrology of Hypabyssal Kimberlites: Relevance to Primary Magma Compositions // *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2008. V. 174. P. 1–8.
2. *Golovin A.V., Sharygin I.S., Korsakov A.V., Kamenetsky V.S., Abersteiner A.* Can Primitive Kimberlite Melts Be Alkali-carbonate Liquids: Composition of the Melt Snapshots Preserved in Deepest Mantle Xenoliths // *Journal of Raman Spectroscopy*. 2020. V. 51. P. 1849–1867.
3. *Kamenetsky V.S., Grütter H., Kamenetsky M.B., Gömann K.* Parental Carbonatitic Melt of the Koala Kimberlite (Canada): Constrains from Melt Inclusion in Olivine and Cr-spinel, and Groundmass Carbonate // *Chemical Geology*. 2013. V. 353. P. 96–111.
4. *Соболев А.В.* Включения расплавов в минералах как источник принципиальной петрологической информации // *Петрология*. 1996. Т. 4. № 3. С. 228–239.
5. *Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Wiess Y., Navon O., Nielsen T.F.D., Mernagh T.P.* How Unique is the Udachnaya-East Kimberlite? Comparison with Kimberlites from the Slave Craton (Canada) and SW Greenland // *Lithos*. 2009. V. 112. P. 334–346.
6. *Abersteiner A., Kamenetsky V.S., Golovin A.V., Kamenetsky M., Goemann K.* Was Crustal Contamination Involved in the Formation of the Serpentine-Free

- Udachnaya-East Kimberlite? New Insights into Parental Melts, Liquidus Assemblage and Effects of Alteration // *Journal of Petrology*. 2018. V. 59. № 8. P. 1467–1492.
7. Giuliani A., Soltys A., Phillips D., Kamenetsky V.S., Maas R., Goemann K., Woodhead J.D., Drysdale R.N., Griffin W.L. The Final Stages of Kimberlite Petrogenesis: Petrography, Mineral Chemistry, Melt Inclusions and Sr-C-O Isotope Geochemistry of the Bultfontein Kimberlite (Kimberley, South Africa) // *Chemical Geology*. 2017. V. 455. P. 342–356.
 8. Abersteiner A., Giuliani A., Kamenetsky V.S., Phillips D. Petrographic and Melt-inclusion Constraints on the Petrogenesis of a Magmaclast from the Venetia Kimberlite Cluster, South Africa // *Chemical Geology*. 2017. V. 455. P. 331–341.
 9. Abersteiner A., Kamenetsky V.S., Pearson D.G., Kamenetsky M., Goemann K., Ehrig K., Rodemann T. Monticellite in Group-I Kimberlites: Implications for Evolution of Parental Melts and Post-emplacement CO₂ Degassing // *Chemical Geology*. 2018. V. 478. P. 76–88.
 10. Abersteiner A., Kamenetsky V.S., Kamenetsky M., Goemann K., Ehrig K., Rodeman T. Significance of Halogens (F, Cl) in Kimberlite Melts: Insights from Mineralogy and Melt Inclusions in the Roger Pipe (Ekati, Canada) // *Chemical Geology*. 2018. V. 478. P. 148–163.
 11. Abersteiner A., Kamenetsky V.S., Goemann K., Giuliani A., Howarth H.G., Castillo-Oliver M., Thompson J., Kamenetsky M., Cherry A. Composition and Emplacement of the Benfontein Kimberlite Sill Complex (Kimberley, South Africa): Textural, Petrographic and Melt Inclusion Constraints // *Lithos*. 2019. V. 324–325. P. 297–314.
 12. Abersteiner A., Kamenetsky V.S., Goemann K., Kjarsgaard B.A., Fedortchouk Y., Ehrig K., Kamenetsky M. Evolution of Kimberlite Magmas in the Crust: A Case Study of Groundmass and Mineral-hosted Inclusions in the Mark Kimberlite (Lac de Gras, Canada) // *Lithos*. 2020. V. 372–373.
 13. Sun J., Liu C., Tappe S., Kostrovitsky S.I., Wu F., Yakovlev D.A., Yang Y., Yang J. Repeated Kimberlite Magmatism beneath Yakutia and Its Relationship to Siberian Flood Volcanism: Insights from in situ U–Pb and Sr–Nd Perovskite Isotope Analysis // *Earth and Planetary Science Letters*. 2014. V. 404. P. 283–295.
 14. Костровицкий С.И., Снециус З.В., Яковлев Д.А., Фон-Дер-Флаас Г.С., Суворова Л.Ф., Бозуш И.Н. Атлас коренных месторождений алмазов Якутской кимберлитовой провинции. Мирный. 2015. 450 с.
 15. Golovin A.V., Sharygin I.S., Korsakov A.V. Origin of Alkaline Carbonates in Kimberlites of the Siberian Craton: Evidence from Melt Inclusions in Mantle Olivine of the Udachnaya-East Pipe // *Chemical Geology*. 2017. V. 455. P. 357–375.
 16. Golovin A.V., Sharygin I.S., Kamenetsky V.S., Korsakov A.V., Yaxley G.M. Alkali-carbonate Melts from the Base of Cratonic Lithospheric Mantle: Links to Kimberlites // *Chemical Geology*. 2018. V. 483. P. 261–274.
 17. Sharygin I.S., Golovin A.V., Tarasov A.A., Dymshits A.M., Kovaleva E. Confocal Raman Spectroscopic Study of Melt Inclusions in Olivine of Mantle Xenoliths from the Bultfontein Kimberlite Pipe (Kimberley Cluster, South Africa): Evidence for Alkali-rich Carbonate Melt in the Mantle beneath Kaapvaal Craton // *Journal of Raman Spectroscopy*. 2021. <https://doi.org/10.1002/jrs.6198>
 18. Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Golovin A.V., Sharygin V.V., Maas R. Ultrafresh Salty Kimberlite of the Udachnaya–East Pipe (Yakutia, Russia): A Petrological Oddity or Fortuitous Discovery? // *Lithos*. 2012. V. 152. P. 173–186.
 19. Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Sobolev A.V., Golovin A.V., Demouchy S., Faure K., Sharygin V.V., Kuzmin D.V. Olivine in the Udachnaya-East Kimberlite (Yakutia, Russia): Types, Compositions and Origins // *Journal of Petrology*. 2008. V. 49. № 4. P. 823–839.
 20. Шарыгин И.С., Головин А.В., Дымищев А.М., Калугина А.Д., Соловьев К.А., Мальковец В.Г., Похиленко Н.П. Реликты глубинного щелочно-карбонатного расплава в мантийном ксенолите из кимберлитовой трубки Комсомольская-Магнитная (Верхне-Мунское поле, Якутия) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 2. С. 161–167.

MELT INCLUSIONS IN CHROMIUM SPINEL OF KIMBERLITES OF THE ZAPOLARNAYA PIPE (UPPER MUNA FIELD, SIBERIAN CRATON)

S. V. Potapov^{a, #}, I. S. Sharygin^a, K. M. Konstantinov^{a, b}, B. S. Danilov^a,
Y. D. Sherbakov^c, and Academician of the RAS F. A. Letnikov^a

^a*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*

^b*Siberian School of Geosciences, Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation*

^c*Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation*

[#]*E-mail: potapovsv@crust.irk.ru*

The results of study on primary crystallized melt inclusions in groundmass chromium spinel of kimberlites of the middle Paleozoic Zapolyarnaya pipe (Upper Muna field, Siberian craton) are reported. The inclusions consist of an aggregate of daughter minerals represented by calcite, dolomite, nyerereite Na₂Ca(CO₃)₂, gregoryite (Na,K)₂Ca(CO₃)₂, northupite Na₃Mg(CO₃)₂Cl, bradleyite Na₃Mg(PO₄)(CO₃), apatite, chlorides (sylvite and/or halite) phlogopite, olivine, magnetite and djerfisherite K₆(Fe,Cu,Ni)₂₅S₂₆Cl. Carbonates predominate over silicates. Assemblage of daughter minerals in the inclusions implies that the parental kimberlite melt of the Zapolyarnaya pipe was a silica-poor and enriched in alkalis (both sodium and potassium) and CO₂, and probably had alkali-carbonatitic composition.

Keywords: kimberlite, melt inclusions, kimberlite melt, craton, mantle