**Методы**

Все аналитические работы проведены в аналитическом центре многоэлементных и изотопных исследований СО РАН (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, Новосибирск).

Из ксенолита G1-25 были изготовлены пластинки толщиной 0.3 мм. Помимо этого, из образца были извлечены зёрна магнезиохромита и вмонтированы в эпоксидную шашку, а затем отполированы. Изготовление препаратов производилось без использования воды, для полировки использовались алмазные пасты, для их удаления – отчищенный бензин (нефраз). Расплавные включения были идентифицированы на оптическом микроскопе OLIMPUS BX-51, фотографии в отражённом свете этих включений получены с помощью подключённой к микроскопу камеры OLIMPUS DP-74.

Химические составы породообразующего и эпигенетического магнезиохромита получены методом рентгеноспектрального микроанализа (WDS) на микроанализаторе Jeol JXA-8100. Параметры съёмки: ускоряющее напряжение – 20 кВ, сила тока зонда – 10 нА, диаметр пучка 5 мкм. Время набора сигнала на пике – 10 с. Время набора сигнала фоне – 10 с.

Дочерние минералы включений были идентифицированы методом КР-спектроскопии на спектрометре Horiba Jobin Yvon LabRAM HR800 с 532‐нм Nd:YAG лазером. Для съёмки использовался 100X объектив, оптическая щель шириной 50 мкм и дифракционная решётка 1800 штрихов на мм. Калибровка прибора производилась по известной линии кремния (520.6 см-1). Спектры комбинационного рассеивания собирались в двух диапазонах от 10 до 1800 см–1 и от 3600 до 3800 см–1. Дочерние фазы включений были идентифицированы при сравнении полученных спектров с эталонными из базы RRUFF database [1] и из некоторых публикаций (S3).

Гиперспектральные конфокальные КР-изображения (КР-карты) расплавных включений были получены на спектрометре WITec alpha 300R, оснащённом 488‐нм лазером, 100X объективом и спектрометром UHTS600 с дифракционной решёткой 300 штрихов на мм, использовалась оптическая щель шириной 50 мкм. Прибор калибровался по линиям эмиссии неоновой лампы. 2D (X-Y) КР-карты снимались с областей размером от 5 на 5 мкм до 10 на 10 мкм, шаг между точками набора спектров составлял 0.25 мкм, время накопления каждого спектра – 0.5 сек. Спектры дочерних минералов записывались в спектральном диапазоне от 0 до 4000 см–1. Обработка полученных КР-карт, в том числе классификация спектров и определение площадей дочерних минералов выполнены в программе WITec Project Five 5.3 Plus.

BSE-изображения, элементные карты и валовые химические анализы 50 вскрытых расплавных включений, а также химические составы дочерних минералов этих включений получены на сканирующем электронном микроскопе Tescan MIRA3 LMU с энергодисперсионной системой микроанализа Aztec Energy X-Max 50+(EDS). Использовались следующие параметры: ускоряющее напряжение – 10 кэВ, сила тока зонда – 1.44 нА. Валовые химические анализы расплавных включений были получены растяжением области сканирования электронным пучком по площади вскрытого включения, время набора сигнала составляло 100 сек. Для анализов дочерних минералов время набора спектров составляло 20 сек. или 10 сек. (для неустойчивых Na-Ca карбонатов).

Площади дочерних минералов в изученных методом SEM-EDS вскрытых расплавных включениях были определены при анализе BSE-изображений и элементных карт с помощью программного обеспеченья ImageJ.

Максимальные возможные концентрации воды и кремнезёма в расплавных включениях были рассчитаны, как произведение модального содержания тетраферрифлогопита на максимальные возможные концентрации SiO2 и H2O в этом минерале. Согласно данным КР-спектроскопии все дочерние минералы, содержащие воду, соответствуют тетраферрифлогопиту. В чистом веществе, состав которого соответствует миналу тетрафферрифлогопит-OH KMg3FeSi3O10(OH)2 согласно расчётам из его формулы содержится 4.04 H2O и 40.45 мас.% SiO2, однако реальные составы дочернего тетраферрифлогопита могут отличаться от состава чистого тетрафферрифлогопита-OH. Рассмотрим возможные вариации состава этого минерала. Во первых, возможно изоморфное замещение Fe3+ на Al3+, конечным членом изоморфного ряда является флогопит-OH KMg3AlSi3O10(OH)2, в котором согласно расчётам из его формулы содержится 4.33 мас.% H2O и 43.27 мас.% SiO2. Во-вторых, возможно изоморфное замещение на Mg2+ на Fe2+, до тетраферрианннита-OH (KFe3FeSi3O10(OH)2), в котором согласно расчётам из его формулы содержится 3.33 мас.% H2O и 33.27 мас.% SiO2. В-третьих, возможно изоморфное замещение OH– группы на Cl– или F–, при этом содержание H2O резко уменьшается, а содержание кремнезёма либо также уменьшается до 37.34 мас.% SiO2 в теттраферрифлогопите-Cl KMg3FeSi3O10Cl2, либо не изменяется в изоморфном ряду к теттраферрифлогопиту-F KMg3FeSi3O10F2. В-четвёртых, возможно ограниченное изоморфное замещение 2 K+ на Ba2+, при этом также происходит уменьшение содержания воды и кремнезёма в мас.%. Значительное увеличение содержания воды в тетраферрифлогопите может быть вызвано встраиванием в кристаллическую структуру слюды дополнительных групп OH– в дополнительные кристаллограффические позиции, однако в этом случае, в КР-спектрах минералов должны появиться новые линий, связанные с колебательными модами этих дополнительных групп OH, чего не наблюдается в диапазоне от 0 до 4000 см–1. Таким образом в дочернем тетраферрифлогопите не может содержаться более 4.33 мас.% H2O и 43.27 мас.% SiO2.

Моделирование диффузии Fe2+ между эпигенетическим магнезиохромитом в залеченной трещине и породообразующим магнезиохромитом производилось на основе уравнений Фикка [2] с использованием программного обеспечения Wolfram Mathematica 13. Для решения уравнений использовали коэффициенты диффузии Fe2+ в Cr-шпинели из [3]. Толщина трещины в модели составляла 3 мкм, коэффициенты диффузии: 1.38×10–17 м2/с для Fe2+ и 9.10×10–18 м2/с для Mg2+. В целом составленная модель аналогична модели для диффузии Fe2+ и Mg2+ между оливином в залеченной трещине c расплавными включениями и породообразующим оливином, составленной в [4].

**Список литературы**

1. Lafuente B., Downs R.T., Yang H., Stone N. Highlights in Mineralogical Crystallography. 2016. P. 1–30.

2. Ganguly J. Diffusion kinetics in minerals: Principles and applications to tectono-metamorphic processes // Energy Modelling in Minerals / Gramaccioli C. M. Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, 2002. ‒ C. 0.

3. Liermann H.-P., Ganguly J. Diffusion kinetics of Fe2+ and Mg in aluminous spinel: experimental determination and applications // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2002. № 16. P. 2903-2913.

4. Golovin A. V., Tarasov A. A., Agasheva E. V. Mineral Assemblage of Olivine-Hosted Melt Inclusions in a Mantle Xenolith from the V. Grib Kimberlite Pipe: Direct Evidence for the Presence of an Alkali-Rich Carbonate Melt in the Mantle Beneath the Baltic Super-Craton // Minerals. 2023. № 5. P. 645.