

ВКЛЮЧЕНИЯ РАСПЛАВА В ОРТОПИРОКСЕНАХ АНАТЕКТИЧЕСКОЙ
ПЕГМАТОИДНОЙ ЖИЛЫ В МЕТАПЕЛИТАХ ЮЖНОЙ КРАЕВОЙ ЗОНЫ
ГАНУЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА ЛИМПОПО, ЮАР

Д.С. Татарина, О.Г. Сафонов, В.О. Япаскурт, М.А. Голунова, Д.А. Варламов

Полифазные включения, интерпретируемые как раскристаллизованные включения расплавов, распространены в минералах мигматитов высоких ступеней метаморфизма [1]. Предполагается, что они сохраняют информацию о составах первичных расплавов, возникающих в ходе корового анатексиса [1]. Однако в условиях медленного остывания в отсутствие значительных деформаций такие включения могут записывать и процессы эволюции анатектических расплавов при остывании.

В работе представлены результаты изучения полифазных включений в ортопироксенах в пегматоидной жиле, образовавшейся при анатексисе метапелитов Южной Краевой Зоны неорархейского гранулитового комплекса Лимпопо, ЮАР. Жила представляет собой линзообразное тело, сложенное кристаллами плагиоклаза ($X_{An} = 0.21 - 0.33$), кварца, биотита и ортопироксена размером до нескольких сантиметров. Кварц содержит включения CO_2 с плотностью $1.037-0.895 \text{ г/см}^3$, указывающие на участие этого флюида в процессе образования жилы. Состав ортопироксена неоднороден: в центральных зонах кристаллов $X_{Mg} = 0.76 - 0.77$ при $6.5-7.1 \text{ мас. \% } Al_2O_3$, тогда как на периферии кристаллов X_{Mg} снижается до $0.72-0.74$, а Al_2O_3 варьирует от 4.4 до 6.5 мас. \% . В жиле выделяются две генерации биотита: (1) $X_{Mg} = 0.75 - 0.76$, $3.6 - 4.4 \text{ мас. \% } TiO_2$, $0.8 - 1.1 \text{ мас. \% } Cr_2O_3$, $0.28 - 0.36 \text{ мас. \% } F$ и (2) $X_{Mg} = 0.76 - 0.83$, $< 1 \text{ мас. \% } TiO_2$, $0.45 - 0.02 \text{ мас. \% } Cr_2O_3$ и $0.39 - 0.49 \text{ мас. \% } F$. Со второй генерацией биотита сосуществует с апатитом, содержащий $3.1 - 4.4 \text{ мас. \% } F$. Ортопироксен-биотитовое равновесие, приложенное к составам ранних генераций биотита и ортопироксена, и реинтеграция составов ядер плагиоклазов с ламеллями калишпата показали, что жила образовалась при температурах $>900^\circ C$, а выделенные генерации биотита отражают накопление H_2O и F в расплаве в ходе кристаллизации, которая завершилась при температурах $600-650^\circ C$.

Кристаллы ортопироксена содержат полифазные включения. Включения размером $100-200 \text{ мкм}$ сохраняют форму отрицательного кристалла, характерную для расплавных включений [1]. Включения с размерами $>200 \text{ мкм}$ имеют неправильную форму. Крупные включения, имеющие форму трехлучевых звезд (длина лучей $300-500 \text{ мкм}$), вероятно, представляют собой продукты декрипитации. Стенки включений местами имеют идиоморфные грани, что характерно для неравновесной кристаллизации фаз на стенках расплавных включений при остывании [1]. Большинство включений представлено

ассоциацией биотита, плагиоклаза и кварца. В некоторых из них обнаружены жедрит (1.7-1.9 мас. Na₂O), ставролит (0.8 – 1.0 мас. % Cr₂O₃), халькопирит. При малых изменениях X_{Mg} вокруг включений содержание Al₂O₃ в ортопироксене-хозяине варьирует от 6.5 до 1.3 мас. %. Вокруг мелких включений выявлены гало, в которых в ортопироксене резко снижаются содержания Al₂O₃ и Cr₂O₃. Содержания TiO₂, Cr₂O₃ и F в биотитах полифазных включений соответствуют общим трендам между составами биотитов первой и второй генераций в основной массе жилы. Однако они отличаются более высокой магнезиальностью (0.83 – 0.86) и повышенным содержанием Na₂O (0.21 – 0.33 мас. %). Плагиоклазы во включениях более кислые (X_{Al} = 0.12 – 0.20) по сравнению с плагиоклазами в матрице жилы. Эти данные указывают на то, что полифазные включения являются продуктами кристаллизации дифференцированных расплавов, захваченных ортопироксеном. На ранних стадиях из этих расплавов были частично удалены Fe, Ca, Ti, Sr в ходе кристаллизации ортопироксена, биотита и плагиоклаза с накоплением летучих компонентов. Ортопироксен с низкими содержаниями Al₂O₃ залечивал стенки включений и трещины в ортопироксене в ходе кристаллизации расплава.

Для подтверждения этих выводов проведен эксперимент по плавлению включений в ортопироксене при 900°C и 6 кбар на установке с внешним газовым давлением в течение 48 часов. В ходе экспериментов в полифазных включениях образовались стекла и кристаллические фазы (ортопироксен, плагиоклаз, шпинель). Новообразованный ортопироксен, помимо кристаллов в стекле, образует каймы с идиоморфными гранями на стенках включений, а также залечивает трещины в ортопироксене. Он отличается высокой магнезиальностью (0.84 - 0.89) но, как правило, содержит менее 3 мас. % Al₂O₃. Составы стекол сильно варьируют, что определяется изначальным минеральным составом включений и распределением фаз в них. Дефицит суммы оксидов 5-9 мас. % в анализах стекол указывает на высокое содержание летучих, прежде всего H₂O. Этот вывод подтверждается присутствием в стеклах пузырей, а также наличием широкой полосы 3500-3700 см⁻¹ в их спектрах КР. Расчеты с помощью программы PERPLE_X показали, что минеральные ассоциации полифазных включений образуются при содержаниях H₂O не менее 4 мас. %. Итак, эксперимент подтвердил вывод о том, что полифазные включения в ортопироксенах являются реликтами насыщенного летучими компонентами анатектического расплава, захваченного в ходе остывания.

1. Cesare B., Acosta-Vigil A., Bartoli O., Ferrero S. What can we learn from melt inclusions in migmatites and granulites? // *Lithos*. 2015. V. 239. P. 186-215.