

ЛЕТУЧИЕ И РЕДКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РАСПЛАВНЫХ ВКЛЮЧЕНИЯХ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ РИФТОГЕННЫХ ЩЕЛОЧНО-САЛИЧЕСКИХ ПОРОД ЮЖНОЙ МОНГОЛИИ: К ХАРАКТЕРИСТИКЕ КОРОВЫХ И МАНТИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ МАГМАТИЗМА

А.М. Козловский¹, Н.Н. Кононкова²

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, e-mail: amk@igem.ru

²Институт геохимии и аналитической химии РАН, Москва

В позднепалеозойское время после аккреции герцинских островодужных и офиолитовых комплексов к складчатому обрамлению Сибирской платформы на юге Центрально-Азиатского складчатого пояса протекал достаточно масштабный континентальный вулканизм, связанный с двумя различными геодинамическими режимами: субдукционным (ранний карбон) и рифтогенным (поздний карбон – пермь) [Ярмолюк и др., 2008]. С рифтогенным этапом магматизма связывается формирование серии грабенов с бимодальными базальт-комендит-пантеллеритовыми вулканическими ассоциациями, сопряженными с ними массивами щелочных гранитов и дайковыми поясами. Грабены достигают 200 км при ширине до 40 км и выстраиваются в цепочки субширотного (в современных координатах) простирания, протягивающиеся на расстояние более 1200 км, образуя серию субпараллельных рифтовых зон. В пределах южной Монголии возраст рифтогенного магматизма оценивается интервалом 318–258 млн. лет.

Задачей настоящего исследования являлось, используя расплавные включения во вкрапленниках кварца рифтогенных щелочно-салических пород, оценить влияние коровых и мантийных источников на геохимические характеристики расплавов, в том числе летучих компонентов. Нами были изучены расплавные включения в кварце 3-х образцов комендитов и 2-х пантеллеритов бимодальной ассоциации хр. Ноен и Тост Гобийского Тянь-Шаня, а также в образце трахириолита бимодальной ассоциации Номгон. Включения, как правило, имеют размеры 5–40 мкм и состоят из неокрашенного стекла и газового пузыря, занимающего около 5% объема. Редко отмечаются первично гомогенные расплавные включения без газового пузыря. В качестве дочерних минеральных фаз во включениях иногда отмечается зеленоватый кристалл полилитионита.

Термометрические опыты по гомогенизации включений показали, что плавление стекла начинается, как правило, при температуре 650–700°C. При этой температуре газовый пузырь разделяется на несколько более мелких, которые при увеличении температуры растворяются независимо друг от друга. Расплавные включения в кварце пантеллеритов полностью гомогенизируются при температуре 870–960°C [Козловский и др., 2005]. В кварце комендитов и трахириолитов гомогенизация расплавных включений не была достигнута, несмотря на высокую температуру (до 1200°C) и продолжительные выдержки (до 8 ч), хотя свидетельств разгерметизации включений не наблюдалось.

В кварце пантеллеритов были проанализированы остаточные и гомогенизированные стекла расплавных включений, а в кварце комендитов и трахириолита – только остаточные негретые стекла. Остаточные стекла расплавных включений в кварце пантеллеритов по содержанию SiO₂ варьируют от 66 до 73 мас. %, а гомогенизированные стекла – от 74 до 80 мас. %. Это объясняется растворением кварца со стенок включений во время температурных опытов по гомогенизации. Надо отметить, что избыточного растворения кварца, вероятно, не происходило, т.к. стекло первично гомогенного включения имеет содержание SiO₂ 78 %. Содержания кремнезема в расплавных включениях в кварце комендитов и трахириолита практически полностью пересекаются с таковыми в пантеллеритах, хотя показывают не столь значительный разброс значений – 70–74 мас. %.

Отчетливые различия между комендитовыми, трахириолитовыми и пантеллеритовыми расплавами фиксируются по содержаниям железа и глинозема. Комендитовые и трахириолитовые расплавы имеют содержания FeO в диапазоне 1.2–3.1 мас. %, Al₂O₃ – 13–15 мас. % и показывают компактные группы составов расплавных включений в каждом из образцов. Напротив, пантеллеритовые расплавы показывают значительный разброс и более высокие содержания FeO 3.7–7.6 мас. % (остаточные стекла) и 3.9–5.6 мас. %

(гомогенизированные стекла) и более низкие содержания Al_2O_3 9.2–11.0 мас. % (остаточные стекла) и 6.9–9.5 мас. % (гомогенизированные стекла).

Стекла расплавных включений в кварце пантеллеритов являются наиболее агпаитовыми. Коэффициент агпаитности в них варьирует от 1.3 до 2.2. Комендитовые расплавы имеют коэффициент агпаитности от 0.9 до 1.5, трахириолитовые – от 0.83 до 1.08. Для всех расплавных включений характерна отрицательная корреляция коэффициента агпаитности с содержанием кремнезема.

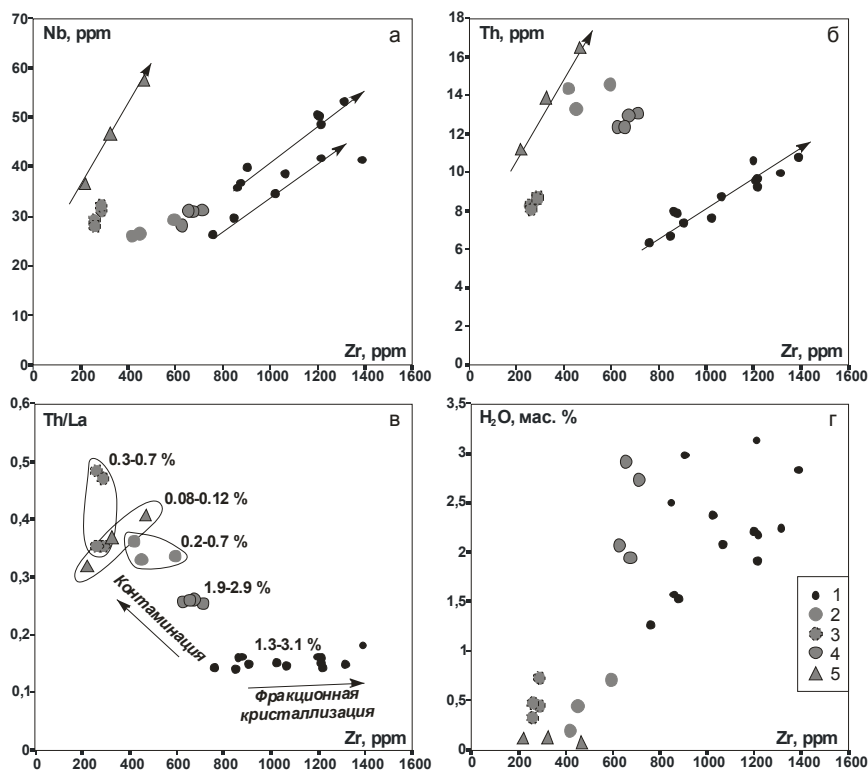


Рис. Составы расплавных включений в кварце позднепалеозойских рифтогенных щелочно-салических пород Южной Монголии. 1 – гомогенизированные стекла расплавных включений в пантеллеритах, 2–4 – остаточные стекла расплавных включений из трех различных образцов комендитов, 5 – остаточные стекла расплавных включений из трахириолита. На рисунке а и б стрелками показаны тренды изменения составов расплавов трахириолитов и пантеллеритов из двух образцов. На рисунке в показаны направления изменения составов при контаминации и фракционной кристаллизации, а также содержания воды (масс. %) в стеклах расплавных включений каждого образца.

Пантеллеритовые расплавы, отождествляемые со стеклами расплавных включений, наиболее богаты несовместимыми редкими элементами (рис. а) Zr (760–1390 ppm), Nb (26–53 ppm), La (44–68 ppm), Yb (8.3–16 ppm) и др. Комендитовые расплавы имеют более низкие содержания Zr (259–711 ppm), Nb (26–32 ppm), La (17–51 ppm), Yb (7.1–10 ppm), а трахириолитовые близки к комендитовым: Zr (219–468 ppm), La (35–40 ppm), Yb (7.7–12.6 ppm) кроме Nb (37–58 ppm). Однако по содержанию Th (рис. б) комендитовые и трахириолитовые расплавы более богаты (8.1–16.5 ppm), чем пантеллеритовые (6.3–11 ppm).

В целом, содержания несовместимых редких элементов в стеклах расплавных включений в кварце пантеллеритов, комендитов и трахириолитов не образуют единого линейного тренда, характерного для продуктов кристаллизационной дифференциации однородного расплава (рис. а, б). Пантеллеритовые расплавы двух образцов в координатах содержаний Zr и Nb образуют близкие, но параллельные положительные линейные тренды, которые можно рассматривать как линии эволюции различающихся по начальным характеристикам расплавов. Составы комендитовых расплавов не образуют четких эволюционных трендов, а формируют группы вблизи нижнего окончания трендов пантеллеритов. При этом содержания Zr в них значительно варьируют при близких содержаниях Nb. Четкую положительную корреляционную зависимость между Zr и Nb показывают трахириолиты, хотя они значительно отстают от пантеллеритов, свидетельствуя о различии их источников.

Соотношения несовместимых редких элементов также свидетельствуют о том, что комендитовые, трахириолитовые и пантеллеритовые расплавы, охарактеризованные расплавленными включениями в кварце, не связаны только процессом кристаллизационной дифференциации, при которой эти отношения не сильно изменяются. Так Zr/Nb отношения в трех комендитовых образцах существенно варьируют (средние значения) 9.1, 17.8 и 22.0, трахириолите – 7.0, двух пантеллеритовых образцах – 24 и 30. Отношения Th/La соответственно равны (рис. в) 0.42, 0.34, 0.26, 0.36, 0.16 и 0.15.

Описанные характеристики состава комендитовых и пантеллеритовых расплавов, также как и ранее изученных нами вулканических пород [Козловский и др., 2007], могут быть объяснены в рамках модели ассимиляции-фракционной кристаллизации (AFC) рифтогенных щелочно-салических магм (рис. в). Наиболее глубоко дифференцированными и наименее контаминированными являются пантеллеритовые расплавы наиболее агпайтовые, богатые несовместимыми редкими элементами, железом, бедные глиноземом. Ассимиляция пантеллеритовыми расплавами вещества континентальной коры или, что вероятнее, анатектических гранитоидных выплавов из нее, приводит к образованию менее агпайтовых, менее железистых, более глиноземистых комендитовых расплавов в различной мере обедненных Zr, Nb, Y, REE и обогащенных Th и Rb. Относительная близость составов трахириолитовых и комендитовых расплавов и, в то же время обособленность первых от пантеллеритовых расплавов, скорее всего, свидетельствует о чисто коровом источнике трахириолитов, без участия пантеллеритовых мантийных дифференциатов.

Составы расплавленных включений дают дополнительную информацию, касающуюся летучих компонентов. Пантеллеритовые расплавы имеют достаточно высокие содержания воды 1.3–3.1 % (рис. в, г), тогда как расплавленные включения из двух образцов комендитов и трахириолита являются практически сухими – 0.08–0.73 % H₂O, свидетельствуя о том, что Контаминация богатых водой мантийных дифференциатов происходила сухим веществом континентальной коры или сухими коровыми выплавками. Расплавы из третьего образца комендита имеют высокие содержания воды от 1.9 до 2.9 %, но это согласуется с меньшей долей корового материала и большей степенью дифференциации расплава, которые получены для этого образца по микроэлементным характеристикам. Уменьшение содержания воды при возрастании доли корового компонента в расплава хорошо видно на рис. в, где сухие комендитовые и трахириолитовые расплавы имеют высокое отношение Th/La, а богатые водой пантеллеритовые – низкие.

Пантеллеритовые мантийные дифференциаты также обогащены хлором (0.10–0.29 %) относительно комендитовых и трахириолитовых (0.06–0.15 %), в которых мы отмечаем участие корового компонента. Содержания фтора напротив наиболее высокие в комендитовых и трахириолитовых расплавах и достигают 0.93 %, по сравнению с пантеллеритами, в которых фтор не превышает 0.53 %, что свидетельствует о большем коровом, нежели мантийном вкладе в концентрации фтора в рифтогенных щелочно-салических расплавах.

Таким образом, представленные данные о составе расплавленных включений в кварце щелочно-салических пород свидетельствуют о значительных геохимических различиях между коровым и мантийным компонентами рифтогенных магм. Вовлекаемые в рифтогенез коровые расплавы относительно дифференциатов мантийных магм обогащены Th, Rb, F и обеднены Zr, Nb, Y, REE, Cl и H₂O.

Список литературы

Козловский А.М., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В., Наумов В.Б. Пантеллеритовые расплавы хребта Тост в Южной Монголии: химический состав, элементы-примеси и летучие компоненты (данные изучения расплавленных включений) // Петрология, 2005. Т. 13. № 1. С. 19–40.

Козловский А.М., Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Саватенков В.М., Веливецкая Т.А. Трахиты, комендиты и пантеллериты позднепалеозойской рифтогенной бимодальной ассоциации хребтов Ноён и Тост Южной Монголии: особенности дифференциации и контаминации щелочно-салических расплавов // Петрология, 2007. Т. 15. № 3. С. 257–282.

Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Козловский А.М., Котов А.Б., Лебедев В.И. Геохронология магматических пород и специфика формирования позднепалеозойской Южно-Монгольской активной континентальной окраины Сибирского континента // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008. Т. 16. № 2. С. 59–80.