

**ПРИРОДА ЭВОЛЮЦИИ МАГМАТИЗМА В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ**

**Шкодзинский В.С.**

*Институт геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, Якутск,  
shkodzinskiy@diamond.ysn.ru*

К настоящему времени установленный направленный характер эволюции магматизма на континентах от архейского мало щелочного кислого и основного к щелочному среднему и основному и далее к щелочному ультраосновному [1]. Магматизм океанических областей является в главным образом фанерозойским, имеет преимущественно толеитовый, щелочно-основной и известково-щелочной состав и сравнительно мало изменяется во времени. Природа этих особенностей магматизма до последнего времени оставалась непонятной. Полученные в последние десятилетия доказательства горячей гетерогенной аккреции Земли объясняют их происхождение.

Выполненные исследования [2] свидетельствуют, что современная континентальная литосфера возникла в результате кристаллизации и фракционирования сверху вниз постааккреционного расслоенного магматического океана глубиной около 240 км. Кристаллизация верхнего кислого слоя привела к образованию 4-1,8 млрд. лет назад большого количества ортогнейсов и древних гранитоидов кислой кристаллической коры (рис. 1). Последующая кристаллизация и дифференциация более глубинного основного слоя магматического океана в условиях повышенного давления сопровождалась интенсивным накоплением в остаточных расплавах щелочей. Это объясняет появление на континентах примерно 2,6 млрд. лет назад значительного количества магматических пород с повышенным содержанием щелочей (сиенитов, монзонитов, рапакиви и др.). При остывании основного слоя кристаллизовавшийся плагиоклаз вследствие небольшого удельного веса чаще всего всплывал. Выжимание еще не затвердевшей «каши» кристаллов этого минерала в земную кору объясняет образование 2,8-1 млрд. лет назад автономных анортозитов. Позже «каша» кристаллов затвердела и потеряла способность к внедрению, что является причиной прекращения процессов формирования автономных анортозитов.

Кристаллизация и фракционирование наиболее глубинных пикритового и перидотитового слоев привела к началу формирования на континентах около 2,1 млрд. лет назад щелочно-ультраосновных магматических пород. Особый интерес представляет время проявления карбонатитового и кимберлитового магматизма, так как расплавы такого состава должны были формироваться на заключительном этапе фракционирования придонных слоев магматического океана и поэтому прекращение этого магматизма означало бы полное завершение процессов фракционирования магматического океана. Однако на самом деле происходило резкое возрастание интенсивности карбонатитового и кимберлитового магматизма в течение протерозоя и фанерозоя. Так, количество образующихся кимберлитов в фанерозое каждые 0,2 млрд. лет увеличивалось в 2-3 раза, а занимаемая ими суммарная площадь возрастала примерно в 3 раза. Количество и суммарная площадь сформировавшихся карбонатитовых массивов особенно сильно, соответственно примерно в 1,5 и почти в 2 раза, увеличились в последние 0,3 млрд. лет [2].

Другой важной особенностью эволюции карбонатитов является возрастание в них с течением времени среднего содержания расплавофильных компонентов, накапливающихся в самых поздних низкотемпературных остаточных расплавах при процессах магматического фракционирования. Наибольшей способностью к концентрации в расплаве обладают легкие редкоземельные элементы. Например, коэффициент распределения их между ортопироксеном и карбонатитовым и кимберлитовым расплавом составляет 0,005, для тяжелых редких земель он увеличивается до 0,015-0,024. Среднее содержание суммы окислов редкоземельных элементов возрастает от 2,8 % для карбонатитовых месторождений с возрастом 2,1-1,5 млрд. лет, до 3 % – с возрастом 1,5-0,9 млрд. лет, до 3,7 % – с возрастом 0,9-0,3 млрд. лет и до 4,3 % – с возрастом 0,3-0 млрд. лет. Средние запасы редкоземельных месторождений для карбонатитов этих возрастных интервалов составляют соответственно 1,5; 1,5; 21,5 и 25 млн. тонн.

Увеличение интенсивности карбонатитового и кимберлитового магматизма во времени и накопление в карбонатитах расплавофильных химических компонентов указывают на то, что процессы фракционирования остатков магматического океана в основании континентальной ли-

тосферы продолжают до сих пор. Это связано с низкой температурой затвердевания этих расплавов. Так, судя по экспериментальным данным, при давлении 40-50 кбар температура солидуса карбонатитов при избытке водосодержащего флюида составляет примерно 550-650°C [2]. Современный тепловой поток на древних платформах равен в среднем примерно 30 мВт/м<sup>2</sup>, что соответствует 700-800°C при 40-50 кбар. То есть, температура в нижних частях континентальной литосферы превосходит таковую для солидуса карбонатитов и поэтому карбонатитовые и кимберлитовые остаточные расплавы до сих пор существуют в нижних частях литосферы. Они видимо залегают в виде линз, жил и неправильных тел среди кумулатов ультраосновного и основного состава повышенной щелочности и вследствие относительно небольшого размера прямо не фиксируются сейсмологическими методами. В связи с постоянным присутствием этих остаточных расплавов для возникновения карбонатитов и кимберлитов необходимы лишь мощные тектонические процессы деформации континентальной литосферы, которые приводили к появлению в ней зон растяжения и к выжиманию по этим зонам наиболее подвижных нижних ее частей.

Кимберлитовые и карбонатитовые по составу остаточные расплавы, субстраты и наиболее ранние магмы сформировались из последних жидкостей после кристаллизации перидотитовых магм соответственно на 99,9 % и примерно на 99,99 %. Это является причиной позднего возникновения карбонатитов и кимберлитов в истории Земли и их преимущественно фанерозойского возраста и объясняет очень высокое содержание в них расплавофильных компонентов – до тысяч хондритовых норм легких редкоземельных элементов, до десятков процентов воды и углекислоты.

Мантия, расположенная ниже континентальной и океанической литосферы, образовалась в результате компрессионной кристаллизации и фракционирования придонного слоя синаккреционного магматического океана. Кумулаты сформировали различные ультраосновные породы, а захороненные в них расплавы – эклогиты. Постоянный подогрев мантии изначально горячим ядром приводил к появлению в ней конвективных потоков. В поднимающихся потоках декомпрессия приводила к переплавлению наиболее легкоплавких пород – эклогитов. Это является причиной преимущественно основного состава магматизма, связанного с плюмами. Раннее появление плюмов и унаследованность состава основного магматизма от эклогитов объясняют появление этого магматизма на самой ранней стадии эволюции Земли и его относительно постоянный состав.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Магматические горные породы. Эволюция магматизма в истории Земли // Андреева Е.Д., Баскина В.А., Богатиков О.А. и др. М.: Наука, 1987. 438 с.
2. Шкодзинский В.С. Генезис кимберлитов и алмаза. Якутск: ОАО «Медиа-холдинг Якутия». 2009. 352 с.



**Рис. 1.** Схема кристаллизации постааккреционного магматического океана и эволюции магматизма на континентах.

Состав формировавшихся магматических пород: 1 – кислый, 2 – субщелочной и щелочной, 3 – анортзитовый, 4 – щелочно-ультраосновной, 5 – лампроитовый, 6 – кимберлитовый.