

## ГЛОБАЛЬНАЯ МАГМАТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ВЕЩЕСТВА ЗЕМЛИ

**Шкодзинский В.С.**

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

Разнообразие состава пород Земли во многом определяется вариациями состава мантийных магм и слагающих мантию пород. В соответствии с наиболее распространенной гипотезой холодной гомогенной аккреции Земли, эти вариации обычно связывают с процессами отделения выплавок из в разной степени подплавленных мантийных пород и с воздействием метасоматических процессов на эти породы. Однако такой природе мантийной дифференциации противоречат исключительно высокая вязкость мантии ( $10^{18}$ - $10^{24}$  пуаз), исключающая возможность отделения в ней выплавок и флюидов [1], автохтонность анатектического жильного материала в мигматитах даже при содержании его 30-40 % и экспериментальные данные, свидетельствующие о разделении расплава и твердых фаз лишь при плавлении перидотита более чем на 40 % после разрушения в нем каркаса сросшихся кристаллов [2]. Очень низкие скорости диффузии химических компонентов в твердых средах и небольшие содержания летучих компонентов в мантийных породах противоречат предположениям о протекании в мантии массовых процессов метасоматоза.

Полученные в последние десятилетия доказательства горячей гетерогенной аккреции планеты земной группы и Земли и фракционирования на них глобальных океанов магмы [3, 4] объясняют сильную дифференцированность земного вещества и без привлечения нереальных процессов метасоматоза и отделения выплавок. Выполненные исследования [1] показали, что при аккреции Земли сначала сформировалось высокотемпературное железное ядро путем очень быстрого слипания в протопланетном диске намагниченных железных частиц. Выпадавший затем силикатный материал плавился в результате преимущественно импактного тепловыделения и формировал глобальный магматический океан. По мере роста Земли его придонная часть кристаллизовалась и фракционировала под влиянием увеличения давления новообразованных верхних частей. Кумулаты и захороненные среди них расплавы после полного компрессионного затвердевания сформировали соответственно различные ультраосновные породы и эклогиты, что объясняет генезис этих наиболее распространенных в мантии пород. Остаточные расплавы всплывали, обогащали магматический океан расплавофильными компонентами, обусловили рост среднего содержания последних от нижних его частей к верхним, возникновение в нем расслоенности по составу и формирование после кристаллизации кислой кристаллической коры.

Вследствие значительного увеличения плотности сверху вниз (от 2,2 до 2,8 г/см<sup>3</sup>) в расслоенном магматическом океане со средней глубиной около 240 км при остывании после прекращения аккреции не возникали обширные, от подошвы до кровли, конвективные потоки, поэтому он очень медленно остывал, кристаллизовался и фракционировал сверху вниз преимущественно в результате кондуктивных теплопотерь. Выполненные расчеты показали, что массовые процессы кристаллизации и фракционирования магматического океана закончились в конце протерозоя. Однако, судя по резкому возрастанию в течение последних сотен миллионов лет интенсивности наиболее низкотемпературного и глубинного карбонатитового и кимберлитового магматизма и содержания в карбонатитах наиболее низкотемпературных расплавофильных химических компонентов, тела последних остаточных расплавов магматического океана до сих пор продолжают кристаллизоваться и дифференцироваться в основании континентальной литосферы [1].

Таким образом, на всех главных этапах геологической эволюции Земли в ее недрах существовали крупные (до многих миллиардов кубических километров) тела расплавов магматического океана. Они легко выжимались и всплывали по зонам растяжения, возникавшим при тектонических деформациях земной коры и мантии, и формировали магмы. Поэтому для образования последних нет необходимости предполагать нереальные с кинетической точки зрения процессы отделения выплавок из слабо подплавленных глубинных пород. Состав формировавших мантию кумулатов и остаточных расплавов изменялся во времени в результате процессов магматического фракционирования. Ими, а не нереальными процессами метасоматоза и отделения выплавок, обусловлены вариации состава мантийных пород и эволюция минералообразования в них.

В соответствии с последовательностью фракционирования мафических магм при кристаллизации нижнего наиболее мафического слоя постаккреционного магматического океана первыми формировались дунитовые, гарцбургитовые и лерцолитовые кумулаты. Это согласуется с наиболее древним средним изотопным возрастом гацбургитовых и лерцолитовых ксенолитов в кимберлитах – соответственно 2,325 (среднее из 27 определений) и 1,777 (63 определения) млрд. лет. Затем возникали верлитовые и различные флогопитсодержащие кумулаты – соответственно 0,713 (13 определений) 0,642 (52 определения) млрд. лет. Эти значения возраста получены в результате обобщения данных, приведенных в трудах 6-9 Международных кимберлитовых конференций.

Каждая разновидность кумулатов формировалась в значительном интервале времени из расплавов, заметно различавшихся по составу и температуре. Самые ранние высокотемпературные кумулаты были бедны расплавофильными компонентами. Последние находились в остаточных расплавах и после осаждения из них высокотемпературных минералов переставали с ними химически взаимодействовать. Такие ранние кумулаты могут иметь большие величины  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ , несоответствующие небольшому содержанию в них рубидия, поскольку этот химический компонент позже был удален из системы в результате гравитационного отделения твердых фаз от расплава. Эти бедные расплавофильными компонентами кумулаты обычно рассматриваются как породы, деплетированные некогерентными химическими компонентами. С позиций рассматриваемой модели магматического фракционирования их следует относить к ранним кумулатам, изначально содержащим небольшие количества расплавофильных компонентов, поскольку никаких поздних процессов их обеднения не существовало. Некогерентные компоненты целесообразно называть расплавофильными, так как это название точнее отражает их поведение при процессах образования пород в мантии.

Разновидности кумулатов, возникшие при поздних процессах фракционирования низкотемпературных остаточных расплавов, более богаты расплавофильными компонентами, чем ранние. Повышенное содержание этих компонентов также является первичным и не связано с гипотетическими процессами метасоматического обогащения ими. Однако небольшая часть минералов в этих породах могла возникать в результате реакции ранних минералов с остаточным расплавом. Система расплав + твердые фазы при этих реакциях оставалась полностью закрытой, поэтому возникшие реакционные минералы не являются метасоматическими с традиционной точки зрения, связывающей метасоматоз с привнесением химических компонентов. Такой механизм формирования мантийных пород с различным содержанием расплавофильных химических компонентов хорошо согласуется с более поздним возрастом богатых пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шкодзинский В.С. Генезис кимберлитов и алмаза. Якутск: ОАО «Медиа-холдинг Якутия», 2009. 352 с.
2. Arndt N. T. The separation of magmas from partially molten peridotite // Carnegie Inst. Wash. Yearb. 1977. V. 76. P. 424-428.
3. Beard B.L., Taylor L.A., Scherer E.E., Johnson C.M., Snyder G.A. The Source region and melting mineralogy of high-titanium and low-titanium lunar basalts deduced from Lu-Hf isotope data // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1998. V. 62. P. 525-544.
4. Hofmeister A.M. Effect of hadean terrestrial magma ocean on crust and mantle evolution // J. Geophys. Res. 1983. V. B88. № 6. P. 4963-4983.