

УДК 550.311:551.24:553.061.12

## ВЛИЯНИЕ ПЛЮМОВОГО МАГМАТИЗМА НА ДИНАМИКУ ДОКЕМБРИЙСКОГО КОРООБРАЗОВАНИЯ

© 2004 г. Ю. А. Балашов, В. Н. Глазнев

Представлено академиком Ф.А. Летниковым 09.09.2003 г.

Поступило 22.10.2003 г.

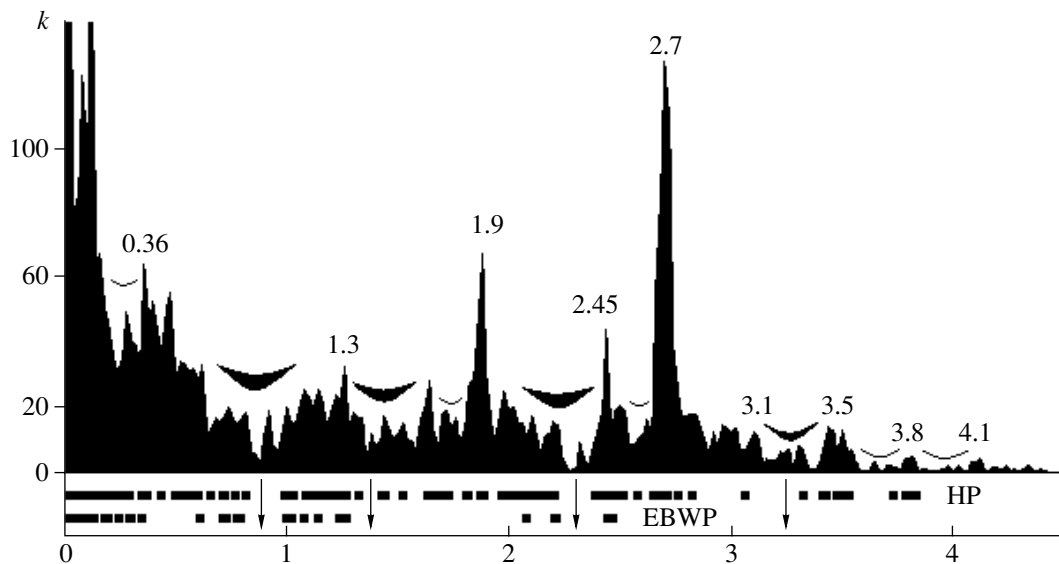
По современным представлениям генерация мантийных магм определяется прежде всего энергетикой ядра и нижней мантии. Это воздействие должно изменяться в связи с общим охлаждением внутренних оболочек планеты [1], что в геологическом времени отражается в направленной эволюции состава мантийных магм, в вариациях интенсивности их проявления в коре, а также в резких изменениях тектонических режимов в поверхностных оболочках Земли. В работе рассматривается новый подход к анализу этой проблемы, основанный на изучении статистических свойств рядов геохронологических датировок.

Наиболее результативным методом исследования динамики корообразования является изучение распределения геохронологических датировок определенных типов пород, характерных для реперных тектонических обстановок [2]. Авторами сообщения на базе опубликованных данных (более 14 000 датировок по всему миру) были выделены временные серии по отдельным типам пород, часть которых исследована методами непараметрической статистики с целью поисков закономерностей в эндогенной активизации в геологическом времени. Разумеется, обобщенные геохронологические ряды характеризуются вариациями в точности датировок. Поэтому их анализ требует некоторой ренормировки [3], приводящей к единой оценке точности определения возраста. Одним из методов такой ренормировки данных может служить вычисление плотности вероятности геохронологических событий, которое легко выполнить при известном законе распределения ошибок измерений. Фактически это означает переход к вероятностному описанию [4] уравновешенных рядов геохронологических датировок и использование для их анализа современных методов статистики нестационарных процессов [5].

Статистическая обработка накопленного банка данных (рис. 1) по возрастам образования мантийных пород (более 4600 датировок) показала существование определенных циклов максимальной и минимальной активизации мантийного магматизма. При этом выявлены длительные интервалы интенсивного роста континентальной коры за счет привноса мантийного материала, прерываемые эпохами затухания мантийной активизации (рис. 1). Распределение циклов максимальной активизации магматизма в докембрии неравномерное: пики магматизма повторяются через 300–600 млн. лет. Минимальное проявление магматизма отмечается эпизодами длительностью около 200–100 млн. лет. Данные для фанерозоя свидетельствуют о более коротких интервалах стабильности магматической активизации, которые не рассматриваются в этом сообщении.

Многие исследователи предполагают [6–10 и др.], что важнейшей причиной вариаций в интенсивности верхнемантийного магматизма является вынос перегретого материала суперплюмами, зарождающимися на границе нижней мантии с ядром. В качестве признаков суперплюма принято рассматривать громадные объемы мантийного вулканогенного и интрузивного материала [6–8], сгенерированного за очень короткие временные отрезки (траппы, коматииты, дайковые рои, базит-гипербазитовые расслоенные интрузии), или серии наиболее глубоких по петрогенезису щелочных пород и кимберлитов [10]. В ряде случаев эти магмы наследуют изотопно-геохимические признаки, предположительно свойственные нижней мантии и внешнему ядру [11, 12], и несут реликтовые структурные особенности, указывающие на генерацию пород в средней или нижней мантии [13 и др.]. Совокупность датировок для указанных типов магм, идентифицированных геологическими методами по перечисленным выше признакам, показана на рис. 1. Все датировки укладываются в интервалы максимальной активизации верхнемантийного магматизма, что свидетельствует о взаимосвязи стадий активизации роста коры с проявлением суперплюмов. Статистическая обработка рядов данных по геохроноло-

Геологический институт  
Кольского научного центра  
Российской Академии наук,  
Апатиты Мурманской обл.



**Рис. 1.** Изменения в интенсивности мантийного магматизма в интервале 4,4–0 млрд. лет по данным статистического анализа ( $k$  – число датировок). Жирные и тонкие овалы – крупные и мелкие циклы минимальной мантийной активизации. Цифрами отмечены пики максимальной мантийной активизации. В пределах нижнего поля показаны датировки крупнейших суперплюмовых событий (линия HP – настоящая работа) – траппов, коматиитов, расслоенных интрузий, мощных дайковых серий (>100 км) и комплексов щелочных пород, а также датировки центров суперплюмов (линия EBWP [8]), реконструированных по сопутствующим дайковым сериям. Стрелки – крупнейшие циклы минимальной активности мантии.



**Рис. 2.** Совпадение этапов исчезновения или минимизации проявления щелочного–субщелочного и базит-гипербазитового магматизма (млн. лет) с глобальными циклами резкого снижения мантийной активизации (овалы) (рис. 1).

гии щелочного магматизма (1057 датировок) и комплексов дайковых серий, траппов, коматиитов и расслоенных интрузий (714 датировок) указывает на согласованность изменений в активизации щелочного и базит-гипербазитового магматизма с картиной глобального неравномерного развития мантийного магматизма на Земле (рис. 2).

Отсутствие явной периодичности в процессах магматизма не отвергает существования цикличности, которая, по нашим предварительным оценкам, достаточно хорошо отвечает хаотической динамике нестационарных систем. Поэтому эпохи активизации в генерации верхнемантийных магм, инициированных суперплюмами, могут рассматриваться как



**Рис. 3.** Совпадение этапов максимального проявления гранулитового и эклогитового метаморфизма и генерации коровых субщелочных магм со стадиями максимальной активизации магматизма (рис. 1). Эпохи снижения активности процессов отмечены овалами. Отдельно показан интервал существования суперконтинента Родиния [7].

поверхностное отражение динамики энергетических процессов в ядре и нижней мантии.

Воздействие суперплюмов на кору и верхнюю мантию сказывается на составе генерируемых верхнемантийных и, вероятно, коровых магм, а также реализуется в контрастности тектонических событий. Поэтому заслуживает внимания гипотеза сверхглубинных флюидных систем [9], согласно которой термальная активизация астеносферного слоя верхней мантии сопряжена с аккумуляцией плюмовых флюидов и последующим их выносом магмами в литосферу и кору. Здесь флюидные системы являются активаторами плавления корового материала с формированием гранитоидов и вулканитов разного состава. Особо это касается субщелочных разновидностей (монцитонитов, кварцевых трахитов, граносиенитов, гранитов рапакиви и др.), появление которых без привноса щелочных элементов трудно объяснить. Во многих массивах субщелочные гранитоиды присутствуют совместно с габбро, анортозитами и сиенитами, что подтверждает взаимосвязь с верхнемантийными источниками. Но не менее многочисленны самостоятельные массивы этих пород. Результаты хронологической статистики для субщелочных гранитоидов (297 датировок) показывают (рис. 3), что стадийность проявления корового субщелочного магматизма согласуется с циклическостью развития мантийных субщелочных и щелочных магм. Причем генерация наиболее ранних субщелочных гранитоидов фиксируется уже в интервале 3500–3400 млн. лет, что указывает на глубинную плюмовую активность с раннего архея. Таким образом, признаки воздей-

ствия плюмов на развитие верхнемантийных и коровых магм подтверждаются данными геохронологии.

В тектоническом отношении отмеченные интервалы развития щелочного и базит-гипербазитового магматизма, наиболее вероятно, должны совпадать с временами образования самостоятельных литосферных плит и формированием суперконтинентов. Стадии резкого снижения мантийной активности могут тогда интерпретироваться как эпохи деструкции суперконтинентов. Например, существование суперконтинента Родиния (рис. 3) в интервале 1.35–0.9 млрд. лет [7] согласуется с соответствующей стадией активизации мантийного магматизма. Поскольку амальгамация континентальных масс при формировании суперконтинентов сопровождается их столкновениями, то сам процесс скупивания континентальных масс должен сопровождаться экстремальным метаморфизмом конвергентных границ литосферных блоков и их подошвы [14]. Максимумы проявления гранулитового и эклогитового метаморфизма (583 датировки) отчетливо коррелируются (рис. 3) с интервалами генерации щелочных и глубинных базит-гипербазитовых магм.

Итак, методами статистического анализа геохронологических данных впервые удалось доказать реальность воздействия на активизацию эндогенных процессов в коре и верхней мантии механизма прерывистой генерации плюмов и суперплюмов, который отражает характер динамики энергетической разрядки нижней мантии и ядра и в геологическом времени проявляется на поверхности в

стадийности корообразования и тектонических режимов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 01-05-64373, 03-05-64740).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vlaar N.J., van Keken P.E., van den Berg A.P.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 1994. V. 121. P. 1–18.
2. *Балашиов Ю.А.* В кн.: Геология и полезные ископаемые Кольского полуострова. Апатиты, 2002. Т. 3. С. 51–75.
3. *Solow A.R.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 2002. V. 199. P. 1–6.
4. *Рытов С.М.* Введение в статистическую радиофизику. М.: Наука, 1976. 494 с.
5. *Астафьева Н.М.* // УФН. 1996. Т. 166. № 11. С. 1145–1170.
6. *White R.S., McKenzie D.M.* // J. Geophys. Res. 1995. V. 100. № B9. P. 17543–17585.
7. *Condie K.C.* // J. Afr. Earth Sci. 2002. V. 53. P. 179–183.
8. *Ernst R.E., Buchan K.L., West T.D., Palmer H.C.* // Geol. Surv. Can. 1996. Open File. Rept. № 3241. 104 p.
9. *Летников Ф.А.* В кн.: Глубинный магматизм, магматические источники и проблема плюмов. Иркутск; Владивосток, 2002. С. 5–24.
10. *Козарко Л.Н., Хаин В.Е.* // ДАН. 2001. Т. 377. № 5. С. 677–679.
11. *Marty B., Tolstikhin I., Kamensky I.L. et al.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 1998. V. 164. P. 179–192.
12. *Brandon A.D., Norman M.D., Walker R.J., Morgan J.W.* // Earth. and Planet. Sci. Lett. 1999. V. 174. P. 25–42.
13. *Kerschhofer L., Scharer U., Deutsch A.* // Earth and Planet. Sci. Lett. 2000. V. 179. № 2. P. 219–225.
14. *Митрофанов Ф.П.* // Литосфера. 2001. № 1. С. 5–14.