

Плюмовые и спрединговые ассоциации базальтов в глобальной системе срединно-океанических хребтов.

Л.В.Дмитриев*, С.Ю.Соколов**

* Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН. Ldmitr@geokhi.ru

** Геологический Институт РАН. geophys@ginras.ru

Мантийные плюмы и металлогения. Материалы международного симпозиума. 4-7 сентября 2002 г. Петрозаводск-Москва. 2002. с. 90.

Синтез оригинальных данных [1-5] и опубликованного материала позволяет сделать вывод о дискретности геодинамической обстановки формирования срединно-океанических хребтов (СОХ), что приводит к сосуществованию двух независимых ассоциаций базальтов.

1. Срединговая ассоциация (СА), которая образуется в результате адиабатического подъема деплетированной мантии с глубины менее 200 км и ее слабом частичном плавлении на глубине 15-30 км. Для СА характерна низкая продуктивность вулканизма. В системе СОХ эта ассоциация является фоновой.

2. Плюмовая ассоциация (ПА), образующаяся при формировании плюмов. Под термином «плюм» здесь принимается совокупность вещества мантии и ее магматических продуктов, занимающая ограниченный объем в пространстве СОХ, и возникающая в результате подъема обогащенной или деплетированной мантии с глубины, превышающей 400 км. ПА образуется при высокой степени частичного плавления на глубине 50–100 км. Характерна высокая продуктивность вулканизма.

На примере сравнения Срединно-Атлантического хребта (САХ) и Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП) было установлено следующее [5].

- При низкой скорости спрединга реализуется устойчивая корреляция петрологических параметров магматизма и значений геофизических полей, согласованная с геодинамической сегментацией хребта. При возрастании скорости спрединга эта корреляция становится менее четкой.
- С увеличением скорости спрединга возрастает продуктивность магматизма, диапазон вариаций состава базальтов, увеличивается доля СА относительно ПА.
- При низкой скорости спрединга развитие плюмов представляется как независимый процесс, наложенный на спрединг. При этом СА и ПА резко обособлены в пространстве. С возрастанием скорости спрединга границы между СА и ПА исчезают.
- Общий диапазон петрологических условий магматизма не зависит от скорости спрединга и от геохимической специфики мантийного источника.

По материалам базы данных ГЕОХИ РАН, включающей более 20 000 анализов закалочных стекол базальтов Мирового океана, были идентифицированы СА и ПА и определено их положение в системе СОХ. Это позволило установить следующее.

- ПА наиболее полно и в максимальном объеме представлены в северном секторе САХ (Исландский и Азорский суперплюмы), где они составляют более половины по его простиранию.
- В южной части САХ и в пределах ВТП ПА занимают примерно треть пространства.
- В Индийском океане и в Антарктическом бассейне преобладают базальты СА. ПА встречаются преимущественно в областях тройных сочленений.

Были идентифицированы базальты типа TOP-K (T-type по Wilson [6]), образующиеся при подъеме мантии с максимальной глубины (700-1000 км) [1] и наиболее четко отражающие особенности локализации ПА в пространстве СОХ.

Данные о распределении ТОР-К были совмещены с картой гравитационной аномалии в свободном воздухе, построенной по данным спутниковой [7, 8].

Анализ этой карты позволяет сделать ряд выводов и предположений.

- При низкой скорости спрединга ПА размещаются преимущественно в областях с положительными формами рельефа (с повышенными значениями аномалии в свободном воздухе). Это можно объяснить тем, что образование большого объема вулканических продуктов, связанное с высокой продуктивностью магматизма ПА, не компенсируется здесь расширением пространства. В результате происходит наслаивание базальтов на ограниченной площади в течение длительного времени с образованием положительных форм рельефа. (Исландский и Азорский суперплюмы).
- Размещение ПА в областях с пониженным значением аномалии Фая при низкой скорости спрединга может быть связано с резкой локализацией плюмов, имеющих небольшое поперечное сечение, и активных только в современный период времени. (Микроплюмы у 15° и 25° с.ш. САХ).
- При высокой скорости спрединга ПА размещаются в областях со средними значениями аномалии в свободном воздухе. Здесь это объясняется тем, что даже при повышенной продуктивности магматизма ПА наращивания мощного базальтового слоя не происходит, так как продукты вулканизма равномерно распределяются на сравнительно большой площади. (Хребет Хуан да Фуко, ВТП).

Данные о распределении ТОР-К были совмещены с данными сейсмической томографии о скоростных неоднородностях верхней мантии по S-волнам на разных горизонтах, полученными как по старым (модель RG5.5) [9, 10], так и по новым (модели NGRAND и S20A) [11, 12] томографическим моделям.

Сейсмотомографические модели, построенные по S-волнам, считаются наиболее оптимальными при интерпретации получаемых вариаций скоростей температурными аномалиями [13]. Хотя в целом интерпретация вариаций скоростей P-волн также должна иметь температурную основу, наблюдаются значительные расхождения вариаций P- и S-волн в особенности вблизи границ 400 и 670 км, где корреляция моделей между собой резко падает [13]. В связи с этим для трассировки разуплотненного мантийного вещества были выбраны глубинные интервалы 2600, 2200, 1800, 1500, 1200, 800, 500, 300 километров и менее, т.е. те интервалы, где интерпретация материалов томографии, как результата проявления прогретых и разуплотненных зон мантийного вещества является наиболее правдоподобной.

Корреляция моделей между собой хорошо проявляется при рассмотрении ограниченного числа сферических гармоник (не более 20), с помощью которых проводится аппроксимация поля вариаций скоростей [13]. Все главные неоднородности мантии, отображаемые гармониками до 20 порядка (например модель S20a), хорошо коррелируются от модели к модели в случае анализа только низкочастотных компонент моделей, построенных, например до 31 (модель NGRAND) или до 36 (модель RG5.5) порядка. Но значение латерального пространственного разрешения (не лучше 3000 км), которое доступно при рассмотрении гармоник до 20 порядка, плохо удовлетворяет задаче анализа и корреляции зон проявления плюмов и микроплюмов с данными по магматизму. В связи с этим необходимо использование всего спектрального диапазона моделей, что дает горизонтальное разрешение около 800 км для 36 порядка (модель RG5.5) и около 1200 км для 31 порядка (модель NGRAND).

Анализ полученного материала позволяет высказать следующее.

Поля наиболее разуплотненной мантии на глубинах до 100 км примерно соответствуют простиранию СОХ. Большинство площадей с выходами ПА также совпадает с зонами разуплотненной мантии в этом диапазоне глубин, что особенно

наглядно видно на примере ВТП с высокой скоростью спрединга. Это не противоречит представлениям о больших площадях нагретой литосферы в областях проявления плюмов. Вместе с тем, ПА в условиях медленного спрединга распределяются в областях с различной степенью плотности, что требует обсуждения. Например Исландский и Азорский суперплюмы расположены в областях со слабой или умеренной степенью разуплотнения, хотя здесь следовало бы ожидать развитие обширного объема разуплотненного вещества в результате длительного прогрева на большой площади. Близкое по смыслу несоответствие можно предположить для западной части Африкано-Антарктического хребта включающего непрерывную цепь микроплюмов протяженностью порядка 1000 км и расположенную в зоне со слабым разуплотнением.

Существование микроплюмов в плотной и холодной литосфере экваториальной Атлантики также можно объяснить малым сечением плюмов и коротким (современным) периодом их активности (см. выше).

Зона разуплотненной мантии примерно ориентированная простиранию СОХ сохраняется только до глубины 200-300 км. На больших глубинах контуры зоны разуплотнения существенно отклоняются от этой ориентировки, а на глубинах более 500 км под Атлантикой эта зона практически отсутствует. Если такое распределение плотностей в мантии обусловлено конвекцией, то это означает, что строго вертикальный подъем вещества мантии в этом процессе не реализуется. Это ставит под сомнение связь конвекции с плюмами, для которых предполагается вертикальный подъем от ядра. Исходя из тех же соображений связь конвекции с плюмами в системе СОХ также сомнительна. В данном случае можно предположить подъем плюмов из разуплотненной мантии только от горизонта 250 км. В то же время детальные томографические исследования верхней мантии [10, 13] показывают, что корни Исландского плюма прослеживаются как минимум до глубины 800 км. В целом, если считать, что распределение плотностей в мантии обусловлено конвекцией, то ее связь с проявлениями плюмов мало вероятна. Наши исследования хорошо опробованной северной части САХ также привели к сомнению в существовании прямой связи плюмов с конвекцией. Согласно выполненным расчетам подъем мантии с образованием базальтов СА, составляющих фон ПА при однослойной конвекции происходит с глубины порядка 100 км. [4]. В тех же условиях подъем мантии с образованием редких ТОР-К (см. выше) происходит с глубины порядка 200 км. При двухслойной конвекции базальты СА образуются с при подъеме мантии от глубины 200 км, а глубина подъема мантии с образованием ТОР-К возрастает до 700 км и более. Это исследование показало, что сосуществование здесь плюмовых и спрединговых ассоциаций обусловлено резко контрастным проявлением интервала подъема мантии в ограниченном пространстве (как причины дискретности геодинамической обстановки, см. выше). Это не соответствует существующим представлениям о конфигурации и масштабах конвективной ячейки. Можно предположить, что в данном случае СА образуется за счет пассивного подъема мантии, заполняющей пространство при растяжении литосферы, только от поверхности конвективной ячейки, контролирующей геотермический режим. При однослойной конвекции эта поверхность находится на глубине 100 км, а при двухслойной на глубине 200 км при постоянной скорости спрединга. Возможно, что при возрастании скорости спрединга эта глубина уменьшается. Образование микроплюмов может быть также связано с пассивным подъемом мантии от горизонтов, лежащих ниже поверхности конвективной ячейки при неравномерном растяжении литосферы, или с появлением в ней зон повышенной проницаемости (например тройные сочленения). Мегаплюмы (Исландский, Азорский)

образуются, вероятно, при активном подъеме мантии с глубины не более 1000 км вне зависимости от процесса растяжения литосферы и от формы конвективной ячейки.

-
1. Дмитриев Л.В., Соболев А.В., Рейснер М.Г., Мелсон В.Дж. Кн. Магматизм и тектоника океана. Наука, 1990, 43-108.
 2. Дмитриев Л.В., Соболев А.В., Данюшевский Л.В., Ахметов К.С. Кн. Нелинейная геодинамика, Наука, 1994, 26-54.
 3. Дмитриев Л.В. Петрология, 1998, том 6, №4, 340-362.
 4. Дмитриев Л.В., Соколов С.Ю., Мелсон В.Дж., О'Хирн. Российский журнал Наук о Земле. 1999, т. 1, № 6 457-476.
 5. Дмитриев Л.В., Силантьев С.А., Соколов С.А., Плечова А.А. . Российский журнал наук о Земле. 2000, том 2, №3/4. <http://eos.wdcb.rssi.ru/tjes/>.
 6. M. Wilson. Igneous Petrology, 1989.
 7. McAdoo D.C. and Laxon S. Science, 1997, 276, 5312, 25, 556-561.
 8. Sandwell D.T., Smith W.H. Journ. Geoph. Res, 1997 102 (B5), 10-039 - 10-054.
 9. Zhang Y.S., Tanimoto T. Journ. Geoph. Res. 1993. 98. B6. 9793-9823.
 10. Zhang Y.S., Tanimoto T. Nature, 1993, 355, 45-49.
 10. Grand S.P., van der Hilst R.D., Widiyantoro S. GSA Today. 7. 1-7. 1997.
 12. Ekström G., Dziewonski A.M. Nature. 394. 168-172. 1998.
 13. Becker T.W., Boschi L. Geochemistry, Geophysics, Geosystems. G³. 3. 2002. 2001GC000168.