

# Неожиданный поворот в споре о мантийных плюмах

В сентябрьском номере *Nature Geoscience* опубликована статья Ингрид Укстинс Пит (Ingrid Ukstins Peate) и Скотта Эдварда Брайана (Scott Edward Bryan) под названием «Переосмысление причин плюмоиндуцированного поднятия коры в районе вулканического массива Эмейшань» [1]. О событиях вокруг этой статьи и о значимости ее для так называемого «Великого спора о плюмах» (*The Great Plume Debate*) рассказывает **Алексей Иванов**.

Современная геологическая теория о движении литосферы – тектоника плит, рассматривающая земную кору в виде отдельных относительно целостных блоков, находящихся в постоянном движении друг относительно друга, – ключевые свидетельства в свою пользу получила в 1960-х годах. В свое время она позволила объяснить глобальное распределение земного вулканизма на границах литосферных плит наличием в зонах погружения океанических плит обла-

женной (преимущественно базальтовой) магмы. На языке геологов всё это обычно именуется «траппами», если магма изливалась на континентальной плите, или же «океаническими плато», если извержения происходят на океанической плите. Согласно модели стартового плюма, магма практически одновременно изливается на огромной территории из его головной части, формируя траппы и океанические плато (это, например, Сибирские траппы, траппы

успехом [6]. Заговорили уже и о том, что эту гипотезу просто невозможно опровергнуть никакими новыми фактами, она постоянно трансформируется. Для каждого нового региона появляется своя собственная плюмовая модель. Такие модели зачастую непохожи ни на классические представления, ни друг на друга. Сама идея оказалась «нефальсифицируема», т.е. потеряла научность по Карлу Попперу, поскольку ее невозможно опровергнуть никакими новыми фактами.

В 2005 г. в небольшом городке Форт-Уильямс в Шотландии прошла знаменательная конференция, организованная прежде всего усилиями скептика и организатора сайта [www.mantleplumes.org](http://www.mantleplumes.org) Джиллиан Фулджер (Gillian Foulger). Особенность конференции заключалась в том, что равное количество времени давалось для докладов сторонников и противников плюмовой гипотезы, а половина всего времени отводилась на обсуждение докладов (краткую информацию на русском языке об этой конференции можно найти в



Слева направо – Скотт Брайан, Ингрид Пит и И-Ган Шу

роде такое просто невозможно.

Вернемся к хронологическому описанию событий. В мае 2006 г. Международный союз вулканологов (IAVCEI) организовал в Гуанчжоу (Китай) свою очередную конференцию, в рамках которой была секция, посвященная мантийным плюмам. Тематика секции в заявочном листе отчетливо совпадала с тематикой дважды упоминавшейся конференции в Форт-Уильямсе, а основным организатором являлся Ян Кэмпбелл. Проблемы личных взаимоотношений между рядом участников «Великого спора о плюмах» к этому моменту уже вышли на первый план. В Гуанчжоу собрались, за редким исключением, лишь сторонники плюмовой гипотезы. Авторы статьи в *Nature Geoscience* [1] в своих предыдущих работах держались скорее нейтралитета в этом споре.

Как обычно принято на таких конференциях, была запланирована геологическая экскурсия, а именно в район распространения траппов Эмейшань (китайская провинция Сычуань). Как говорилось выше, этот район являлся лучшим примером предвулканического поднятия гор, необходимого для модели стартового плюма. Однако реальность оказалась другой. Как говорится, лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать. Статья Ингрид Пит и Скотта Брайана [1] и представляет собой, собственно, собрание фотодокументов – 24 фотографии в основном тексте и электронном приложении,

гументом для переосмысления всей гипотезы? Вряд ли. Нестыковка базовых положений и реальных наблюдений для многих геологических объектов обсуждается уже давно. Стандартное объяснение – недостаточное разрешение сейсмической томографии (чтобы увидеть структуру плюма «голова-хвост») и т.п. Я, например, попробовал применить все семь предсказаний модели стартового плюма для Сибирских траппов и пришел к выводу, что ни одно из них не согласуется с фактическими наблюдениями – если, конечно, не использовать дополнительных допущений о том, почему эти предсказания не работают [10]. Скорее всего, в ближайшее время мы увидим очередную модификацию теории плюмов, в которой очевидные противоречия будут чем-то оправданы. Так, уже появились расчеты, показывающие, что сводовое поднятие гор на континентах из-за слоистой структуры континентальной литосферы не является необходимым атрибутом мантийного плюма. Правда, эти расчеты неприменимы для океанической литосферы, и отсутствие предвулканического поднятия океанического дна для плато Онтонг-Джава по-прежнему остается неразрешимым противоречием плюмовой модели. И как сказал Джеймс Натланд, последний бастион плюмов падет на Гавайях.

[1] Peate I.U. and Bryan S.E. Re-evaluating plume-induced uplift in the Emeishan large igneous province. *Nature Geoscience*, 2008, v. 1, p. 625-629. [www.nature.com/ngo/journal/v1/n9/abs/ngo304.html](http://www.nature.com/ngo/journal/v1/n9/abs/ngo304.html)

[2] Griffiths R.W. and Campbell I.H. Stirring and structure in mantle starting plumes. *Earth and Planetary Science Letters*, 1990, v. 99, p. 66-78.

[3] Campbell I.H. and Griffiths R.W. Implication of mantle plume structure for evolution of flood basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, 1990, v. 99, p. 79-93.

[4] McNitt M.K. Another nail in the plume coffin? *Science*, 2006, v. 313, p. 1394-1395.

[5] Hofmann A.W., Hart S.T. Another nail in which coffin? *Science*, 2006, v. 315, p. 39-40.

[6] Ritsema J. and Allen R.M. Elusive mantle plume. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, v. 207, p. 1-12.

[7] Campbell I.H. Larhe igneous provinces and the mantle plume hypothesis. *Elem*

[8] He B., Xu Y.-G., Chung S.-L., Xiao L., Wang Y. Sedimentary evidence for a rapid kilometer-scale crustal doming prior to the eruption of the Emeishan flood basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, v. 213, p. 391-405.

[9] Xu Y.-G. and He B. Thick, high-velocity crust in the Emeishan large igneous province, southwestern China: Evidence for crustal growth by magmatic underplating or intraplate. [Discussion]. In: Foulger G.R. and Jurdy D.M., eds., *Plates, plumes and planetary processes: Geological society of America Special Paper 430*, p. 841-858.

[10] Ivanov A.V. Evaluation of different models for the origin of the Siberian Traps. In: Foulger G.R. and Jurdy D.M., eds., *Plates, plumes and planetary processes: Geological society of America Special Paper 430*, p. 669-691.



Подушечные лавы в траппах Эмейшань (слева – фото, любезно предоставленное Скоттом Брайаном и Ингрид Пит) и в Сибирских траппах (справа – фото автора). Подушечные лавы образуются при излияниях в воду и указывают на формирование тех и других траппов ниже уровня моря, т.е. на отсутствие предвулканического сводового поднятия гор.



стей так называемых мантийных клиньев, которые обогащаются водой за счет дегазации гидратированной (водосодержащей) плиты. Вода снижает температуру плавления мантии, что и приводит к вулканизму, например вулканизму на Курилах и на Камчатке. В зонах срединно-океанических рифтов литосферные плиты разъезжаются в разные стороны, кора утончается до минимальных значений, что приводит к пассивному выведению мантийных пород к поверхности. Давление падает быстрее, чем остывает мантия. При этом происходит ее объемное плавление на малых глубинах. Классическим примером такого случая является подводный вулканизм в Срединно-Атлантическом хребте.

В ранних вариантах тектонической теории оставалось необъясненным наличие зон вулканизма внутри самих литосферных плит, например на Гавайях. В 1965 г. Тузо Вильсон (Tuzo Wilson) предположил, что такие зоны внутриплитного вулканизма располагаются над восходящими конвективными потоками в мантии с повышенной температурой – так называемыми горячими точками. Горячие точки остаются в мантии на месте, а плиты дрейфуют над ними, что и приводит к формированию линейных цепей вулканов. Еще несколько позднее, в 1971 г., Джейсон Морган (Jason Morgan) высказал идею, согласно которой восходящие ветви конвекции зарождаются на границе между внешним ядром и нижней мантией Земли и имеют вид тонких вертикальных струй – мантийных плюмов. Эта идея с переменным успехом обсуждалась до начала 1990-х годов, пока не получила свое развитие в виде модели стартового плюма [2, 3]. В этой модели плюм, зарождающийся на границе ядро-мантия, по мере роста к поверхности Земли включает в себя вещество окружающей мантии, что приводит к формированию двойной структуры из «головы» и «хвоста» плюма (см. рисунок). «Голова», согласно модели, может достигать тысячи километров в диаметре, а при расплющивании о подошву литосферной плиты – удваиваться в своем размере. Эта модель, как считалось, дает объяснение еще одному вулканическому феномену – базальтовым наводнениям (flood basalts), порождающим огромные объемы извер-

пы Эмейшань и плато Онтонг-Джава в Тихом океане).

В середине 1990-х годов плюмовая модель получила широкое признание среди геологов. Появилось даже мнение, что плюмовая модель способна приобрести статус такой же общепризнанной научной парадигмы, как и тектоника плит. Однако далеко не все разделяли такую точку зрения. Неформальный отряд скептиков возглавил выдающийся геофизик из Калифорнийского технологического института (California Institute of Technology), лауреат Крауфордской премии Дон Андерсон (Don Anderson). Дебаты на тему мантийных плюмов все чаще стали выписываться на страницы научных журналов. Одни только названия статей стоят отдельного упоминания (например, «Еще один гвоздь в крышку гроба плюмов?» [4], а также ответ «В чей гроб этот гвоздь?» [5]). Впрочем, надо признать, что про-плюмовые статьи существенно преобладают по количеству, отражая то обстоятельство, что сторонников у этой гипотезы больше, чем противников.

Так в чем же заключается основная критика плюмовой гипотезы? В ее изменчивости. Изначально плюмы были вертикальными и неподвижными, с «головой» и «хвостом». Сегодня плюмы могут быть наклонны, двигаться со скоростью быстрых плит, а поиски классической структуры «голова-хвост» никак не могут увенчаться

статье автора). После конференции Ян Кэмпбелл (Ian Campbell) в специальном выпуске нового журнала *Elements* сформулировал в явном виде семь предсказаний плюмовой модели, разработанной им в 1990-х годах совместно с Россом Гриффитсом (Ross Griffiths), и привел, на его взгляд, яркие примеры подтверждения этих предсказаний [7].

После этой длительной преамбулы переходим, наконец, к обещанному обсуждению значения статьи Ингрид Пит и Скотта Брайана. Одно из предсказаний Яна Кэмпбелла [7], бывшее, к слову сказать, и в исходных статьях [2, 3], выглядит так: «Трапповый вулканизм (на языке оригинала – flood volcanism) должен предваряться сводовым поднятием гор порядка 500-1000 метров в центре свода». Однако к 2005 г. было уже известно, что двум крупнейшим фанерозойским вулканическим событиям – Сибирским траппам на континенте (возраст ~250 млн. лет, площадь распространения ~7 млн. км<sup>2</sup>, объем ~4 млн. км<sup>3</sup>) и тихоокеанскому плато Онтонг-Джава (возраст ~120 млн. лет, площадь распространения ~2 млн. км<sup>2</sup>, объем ~60 млн. км<sup>3</sup>) – не предшествовало никаких сводовых поднятий гор. Вероятно, по этой причине в работе [7] «наилучшим задокументированным примером сводового поднятия гор» назван район траппов Эмейшань (возраст ~260 млн. лет, площадь распространения ~0,25 млн. км<sup>2</sup>, объем ~0,2 млн. км<sup>3</sup>), о котором сообщили мировому сообществу китайские геологи [8]. Следует отметить, что уже на конференции в Форт-Уильямсе высказывались сомнения в корректности геологической интерпретации в работе [8]. Статья этих же авторов в специальном выпуске № 430 Геологического общества Америки (Geological society of America), бывшая доступной в сети для комментариев с ноября 2006 г. по январь 2007 г., сопровождается критическими замечаниями Уоррена Гамильтона (Warren Hamilton) [9]. Смысл этих комментариев сводится, мягко говоря, к тому, что в при-



Структура плюма «голова-хвост» в эксперименте Росса Гриффитса и Яна Кэмпбелла [2] (в оригинальной статье низкое качество печати, поэтому рисунок воспроизведен по статье [8]).