

ДИСКУССИЯ

ОБОЙДЕТ ЛИ РОССИЮ СТОРОНОЙ „ВЕЛИКИЙ СПОР О ПЛЮМАХ“?

А.В. Иванов

Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

С 28 августа по 1 сентября 2005 г. в Форт-Уильямсе в Шотландии Американским геофизическим союзом было проведено очередное полемическое совещание под названием „Великий спор о плюмах: происхождение и роль крупных изверженных провинций и горячих точек“. В совещании приняли участие более 80 ученых из США, Великобритании, Германии, Голландии, Австралии, Франции, Индии, Японии и других стран. Полемический тип совещания определил программу. Равное время было отведено на доклады сторонников и противников плюмовой гипотезы образования крупных изверженных провинций и горячих точек. Значительное время посвящалось дискуссиям. За составление программы отвечали конвинуеры конференции — плюмисты Джейсон Морган и Ян Кампбелл и скептики Джилиан Фулджер, Джеймс Натланд и Дин Пресналл.

Рассматривались теоретические вопросы плюмовой и альтернативных гипотез, данные по оценке температуры мантии районов горячих точек и срединно-океанических хребтов, проводился критический анализ геохронологических, геохимических, сейсмологических, петрологических данных, активно обсуждались работы по численному и аналоговому моделированию, пристальное внимание уделялось вулканизму Венеры и Марса.

Материалы конференции в свободном доступе находятся на сайте www.mantleplumes.org. Поскольку российские исследователи пока большей частью остаются в стороне от этой широко развернувшейся на Западе дискуссии, то данное эссе посвящено изложению краткой истории „великого спора о плюмах“. Осознавая существенный вклад российских исследователей в развитие плюмовой гипотезы [1—5 и др.], тем не менее далее сознательно проводится обзор только англоязычных публикаций.

В 1965 г. Туцо Вильсон [6] выдвинул гипотезу, что асейсмичные хребты океанов, такие как Гавайский хребет, подстилаются аномально горячими участками мантии — горячими точками. Несколько позднее в 1971 г. Джейсон Морган предположил, что эти горячие точки располагаются на вершинах локализованных восходящих мантийных потоков — мантийных плюмов [7]. Кажущаяся пространственная стабильность мантийных плюмов в сравнении с движущимися литосферными плитами привела к идее, что плюмы поднимаются из нижней мантии, из региона, находящегося ниже интенсивно перемешивающегося слоя верхней мантии. Первоначально эта идея основывалась на представлениях флюидной динамики, согласно которой, зарождение плюмов возможно только на термальных граничных слоях. Единственным подходящим известным термальным граничным слоем был слой D' между внешним ядром и нижней мантией. Джейсон Морган предположил, что примерно 20 активных областей вулканизма (Гавайи, Исландия, Тристан да Кунья, Йеллоустон и др.) связаны с такими плюмами [7]. Изначально плюмы рассматривались как механизм полномантийной конвекции и как движущая сила плитной тектоники. В последнее время разрабатываются идеи о плюмовой тектонике, возможно, независимой от тектоники плит.

Активное развитие плюмовых идей началось в середине 1980-х годов [8] (рисунок). Важным моментом в их поддержку послужили работы 1980—1990-х гг. по аналоговому моделированию на сиропах различной вязкости в прозрачных цистернах [9] и обнаружение высоких $^3\text{He}/^4\text{He}$ в вулканических породах горячих точек в сравнении с проявлениями верхнемантийного вулканизма — породами срединно-океанических хребтов [10].

Согласно аналоговому моделированию, плюмы должны характеризоваться крупной головной частью и тонким подводящим каналом. Голова плюма должна приводить к крупным внутриплитным поднятиям подобно Восточно-Африканскому плато и объемным катастрофическим извержениям подобно сибирским траппам. После расплющивания головной части плюма о подошву литосферы и истощения горячего материала за счет вулканизма, подводящий канал плюма может начинать „прожигать“ литосферу,



График упоминаний слова „плюм“ в заголовках статей, индексированных в базе данных GeoRef [8] и в отечественной научной литературе, а также количество публикаций в англоязычной литературе, в которых подвергаются критике те или иные аспекты плюмовой гипотезы или гипотезы в целом.

Представлена информация за период 1971—2003 гг. С середины 1990-х годов база данных GeoRef включает в себя также переводные отечественные журналы. МГК — международный геологический конгресс. Данные по англоязычной и отечественной литературе собраны автором с сайта www.mantleplumes.org и по результатам просмотра подшивок основных отечественных геологических журналов [30].

формируя линейные цепи вулканов на движущихся литосферных плитах подобно Гавайско-Императорской цепи в Тихом океане. Высокие $^3\text{He}/^4\text{He}$ казались убедительным доказательством существования недегазированной нижней мантии с первичным солнечным ^3He . Плюмовая гипотеза объясняла вулканизм вдали от границ литосферных плит и казалась элегантным дополнением плитной тектоники. С конца 1980-х—начала 1990-х годов количество публикаций со словом „плюм“ (преимущественно в англоязычной литературе) в заглавии статьи неуклонно росло (см. рисунок) [8]. Росло и количество вулканических областей (горячих точек), связываемых с мантийными плюмами. Джон Холден и Питер Фогт в своей (юмористической по форме, серьезной по сути) статье [11] в 1977 г. оценили, что если темпы роста плюмов сохранятся, то вместо изначально предложенных в 1971 г. 20 плюмов [7] в 2000 г. их будет 1 млн. Этот „прогноз“, конечно же, оказался завышенным. Тем не менее в 1999 г. уже предполагалось, что на Земле могут действовать одновременно 5200 плюмов разного ранга [12]. Даже это число оказалось достаточно большим, чтобы в последующие годы количество современных плюмов сократилось на два порядка. Что касается нижнемантийных плюмов, то в настоящее время большинство исследователей полагает их количество близким десяти [13—15]. Однако при том практически отсутствует единое мнение, какие именно горячие точки ассоциируют с этими десятью плюмами [16]. У авторов трех работ [13—15] из приводимого списка совпадает мнение только по двум горячим точкам: есть нижнемантийный плюм под о. ~~Пасхи~~ (Тихий океан) и нет нижнемантийного плюма под Йеллоустоном (Северная Америка) (см. таблицу).

С ростом популярности плюмовой гипотезы усиливались противоречия и несогласованности между первоначальной идеей и быстро накапливающимися фактами. Например, вулканизму сибирских траппов предшествовало опускание, а не воздымание [17]. „Неподвижная“ Гавайско-Императорская цепь вулканов мигрировала в южном направлении в начале своего развития со скоростью, сопоставимой со скоростью движения быстрых плит [18]. Плюмовые вулканы „недегазированной“ нижней мантии с высокими $^3\text{He}/^4\text{He}$ содержат низкие концентрации гелия (дегазированы), а вулканы, питающиеся из „дегазированной“ верхней мантии, наоборот характеризуются высокими концентрациями (недегазиро-

**Сопоставление горячих точек, под которыми анализировалась структура мантии
на предмет выявления нижнемантийных плюмов [13—15]**

Горячая точка	[13] (48)	[14] (23)	[15] (59)
Афар	Плюм	Плюм	Нет плюма
о. Буве	Нет плюма	»	»
о. Макдональд	»	»	»
Гавайские о-ва	Плюм	»	»
о. Исландия	»	»	»
о. Реюньон	»	Нет плюма	»
о. Тристан-да-Кунья	»	»	»
цепь Луисвиль	»	Плюм	»
о-ва Самоа	Нет плюма	»	Плюм
о. Танти	»	Нет плюма	»
о. Вознесения	»	»	»
Азорские о-ва	»	»	»
Канарские о-ва	»	»	»
о. Вознесения Паски	Плюм	Плюм	Плюм
Йеллоустон	Нет плюма	Нет плюма	Нет плюма

Примечание. Приведено количество ссылок (в круглых скобках) на эти статьи за период с момента их публикации по сентябрь 2005 г. (по базе данных Web of Science <http://portal01.isiknowledge.com>). Жирным шрифтом выделены совпадения.

ваны) [19]. Мантия под многими „горячими“ точками, включая Гавайи, возможно, не горячее, чем „нормальная“ мантия под срединно-океаническими хребтами [20]. Это привело к тому, что со второй половины 1990-х годов начался очередной рост критических публикаций (см. рисунок). В 2003, 2004 и 2005 годах Американское геологическое общество и Американский геофизический союз провели последовательно три конференции в Исландии, Калифорнии и Шотландии с общей тематикой „Есть ли плюмы, и если да, то что это такое?“. В 2003 г. Лондонское королевское общество развернуло интернет-дискуссию на эту тему [21]. В этом же году ведущий научный журнал „Сайенс“ опубликовал одновременно две статьи „за“ и „против“ плюмов [22, 23]. В 2005 г. Королевское астрономическое общество (Англия) вручило Джиллиан Фуолджер медаль имени Прайса за лидерство и критическое переосмысление традиционной точки зрения о глубинном происхождении горячих точек. Наконец, в этом же году к дискуссии подключился Китай, пригласив на страницы своего ведущего научного журнала „Чайнис сайенс бюллетень“ Джиллиан Фуолджер и сторонника плюмов Джефа Дэвиса — медалиста Европейского союза геонаук 2005 г. [24—26]. В то же время, судя по росту публикаций со словом „плюм“ в заголовке статьи в отечественных журналах, критическая, а иногда даже и разгоряченная дискуссия обходит стороной российских исследователей. Количество упоминаний слова „плюм“ в заголовках статей, опубликованных в отечественных журналах, удивительным образом повторяет график критических англоязычных публикаций, тогда как эти два графика должны были бы быть в противофазе (см. рисунок).

Завершая это эссе, стоит процитировать сторонников плюмовой гипотезы — Дональда де Паоло и Майкла Манга: „Есть ли доказательства существования глубинных мантийных плюмов? И все ли вулканы, не связанные с границами плит, требуют глубинных мантийных плюмов? Наиболее вероятными кажутся ответы „да“ и „нет“ соответственно“ [22, с. 920]. При этом возникает дополнительный вопрос. Что приводит к образованию внутриплитных вулканов, не связанных с мантийными плюмами? Очевидно, чтобы ответить на этот вопрос, надо внимательнее присмотреться к альтернативным моделям, обсуждаемым в научной литературе в последние годы. Например, модель продвигающейся трещины [27], модель проникающей мантийной конвекции [16], модель деляминации континентальной литосферы [28], импактная модель [29] и др.

Почти 30 лет назад Джон Холден и Питер Фогт писали: „...поскольку плюмовая гипотеза лучше скрытана от наблюдений чем плиты, ее подтверждение или опровержение может занять годы“ [11, с. 573]. Через годы после этого высказывания плюмовая гипотеза вошла прочно в умы исследователей и часто рассматривается как научная парадигма. Однако годы, необходимые для накопления фактических наблюдений, прошли, и для плюмов наступило время серьезных испытаний. Критический анализ парадигмы может привести либо к ее более глубокому укоренению, либо к появлению новой парадигмы. В любом случае появляется уникальная возможность для обнаружения принципиально новых объяснений существующим фактам и для выявления новых природных явлений. Публикуя это эссе, я надеюсь, что российские исследователи не окажутся в стороне от „великого спора о плюмах“.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грачев А.Ф. Мантийные плюмы и проблемы геодинамики // Физика Земли, 2000, № 4, с. 3—37.
2. Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика, 2-ое издание. Новосибирск, Изд-во СО РАН, Филиал „Гео“, 2001, 409 с.
3. Кирдяшкин А.А., Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г. Термохимические плюмы // Геология и геофизика, 2004, т. 45, с. 1057—1073.
4. Летников Ф.А. Сверхглубокие флюидные системы Земли и проблемы рудообразования // Геология рудных месторождений, 2001, т. 43, с. 291—307.
5. Рундквист Д.В., Ряховский В.М., Миронов Ю.В., Пустовой А.А. Существует ли универсальный Sr-Nd-Pb-изотопный индикатор нижнемантийных плюмов? // Докл. РАН, 2000, т. 370, с. 223—226.
6. Wilson J.T. Evidence from islands on the spreading of ocean flow // Nature, 1963, v. 197, p. 536—538.
7. Morgan W.J. Convection plumes in the lower mantle // Nature, 1971, v. 230, p. 42—43.
8. Anderson D.L., Natland J.H. A brief history of the plume hypothesis and its competitors: concept and controversy // Plates, plumes, and paradigms / G.R. Foulger, J.H. Natland, D.C. Presnall, D.L. Anderson (eds.). Geol. Soc. Amer., 2005, Special paper 388, p. 119—146.
9. Griffiths R.W., Campbell I.H. Stirring and structure in mantle starting plumes // Earth Planet. Sci. Lett., 1990, v. 99 p. 66—78.
10. Kellogg L.H., Wasserburg G.J. The role of plumes in mantle helium fluxes // Ibid., p. 276—289.
11. Holden J.C., Vogt P.R. Graphic solutions to problems of plumacy // EOS Transactions AGU, 1977, v. 56, p. 573—580.
12. Malamud B.D., Turcotte D.L. How many plumes are there? // Earth Planet. Sci. Lett., 1999, v. 174, p. 113—124.
13. Courtillot V., Davaille A., Besse J., Stock J. Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle // Earth Planet. Sci. Lett., 2003, v. 205, p. 295—308.
14. Ritsema J., Allen R.M. The elusive mantle plume // Earth Planet. Sci. Lett., 2003, v. 207, p. 1—12.
15. Montelli R., Nolet G., Dahlen F.A. et al. Finite-frequency tomography reveals a variety of plumes in the mantle // Science, 2004, v. 303, p. 338—343.
16. Ivanov A.V., Balyshev S.O. Mass flux across the lower-upper mantle boundary: vigorous, absent, or limited? // Plates, plumes, and paradigms / G.R. Foulger, J.H. Natland, D.C. Presnall, D.L. Anderson (eds.). Geol. Soc. Amer., 2005, Special paper 388, p. 327—346.
17. Czamanske G.K., Gurevich A.B., Fedorenko V., Simonov O. Demise of the Siberian plume: paleogeographic and paleotectonic reconstruction from the prevolcanic and volcanic records, North-Central Siberia // Int. Geol. Rev., 1998, v. 40, p. 95—115.
18. Tarduno J.A., Cottrell R.D. Paleomagnetic evidence for motion of the Hawaiian hotspot during formation of the Emperor seamounts // Earth Planet. Sci. Lett., 1997, v. 153, p. 171—180.
19. Anderson D.L. The helium paradoxes // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1998, v. 95, p. 4822—4827.
20. Green D.H., Falloon T.J., Eggins S.M., Yaxley G.M. Primary magmas and mantle temperatures // Eur. J. Miner., 2001, v. 13, p. 437—451.
21. Foulger G. et al. The Geological Society of London Great Plumes Online Debate, 2003, www.geol-soc.org.uk/plumesdebate.
22. DePaolo D.J., Manga M. Deep origin of hotspots — the mantle plume model // Science, 2003, v. 300, p. 920—921.
23. Foulger G.R., Natland J.H. Is „hotspot“ volcanism a consequence of plate tectonics? // Ibid., p. 921—922.
24. Niu Y. On the great mantle plume debate // Chinese Sci. Bull., 2005, v. 50, p. 1537—1540.
25. Davies G.F. A case for mantle plumes // Ibid., p. 1541—1554.
26. Foulger G.R. Mantle plumes: Why the current skepticism? // Ibid., p. 1555—1560.
27. Stuart W.D. Hawaii volcano chain as a thermoelastically-driven propagating crack // AGU Chapman Conference. The Great Plume Debate: The origin and impact of LIPs and hot spots, 28 August—1 September 2005, Fort William, Scotland, UK, 2005, p. 17.
28. Elkins-Tanton L.T. Continental magmatism caused by lithospheric delamination // Plates, plumes, and paradigms / G.R. Foulger, J.H. Natland, D.C. Presnall, D.L. Anderson (eds.) // Geol. Soc. Amer., 2005, Special paper 388, p. 449—462.
29. Ingle S., Coffin M.F. Impact origin for the greater Ontong Java Plateau? // Earth Planet. Sci. Lett., 2004, v. 218, p. 123—134.
30. Иванов А.В. Импакт-фактор отечественных журналов как показатель положения дел в российской науке (на примере геологических журналов) // http://www.scientific.ru/monitor/if_domestic_i.html, 2005.

Рекомендована к печати 3 ноября 2005 г.
Н.Л. Добрецовым

Поступила в редакцию
5 октября 2005 г.