

СХЕМА РЕГУЛЯРНЫХ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ОКЕАНОВ: ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.Н. Пучков

Институт геологии УНЦ РАН, Уфа, e-mail: puchkv@anrb.ru

Наличие в океанах и на континентальных окраинах вулканических цепей с регулярно нарастающим в одну сторону (убывающим в другую) возрастом можно считать непреложно установленным фактом, многократно обсуждавшимся в научных публикациях [Wilson, 1963; Morgan, 1971; O'Neil et al., 2005, Clouard, Bonneville, 2005; Konter, Hanan et al., 2008; и мн. др.].

Все или почти все выявленные к настоящему времени регулярные (time-progressive) вулканические цепи были вынесены автором на единую схему [Пучков, 2008, 2009 а,б] (рис. 1). Поскольку в ходе исследования океанического дна постоянно множится количество высокоточных определений абсолютного возраста вулканов и гийотов, эту схему нельзя считать окончательной; она может и должна постоянно пополняться. Однако и в настоящем виде рассматриваемая схема оказывается весьма полезной при обсуждении генезиса регулярных вулканических цепей и особенностей процессов в мантии.

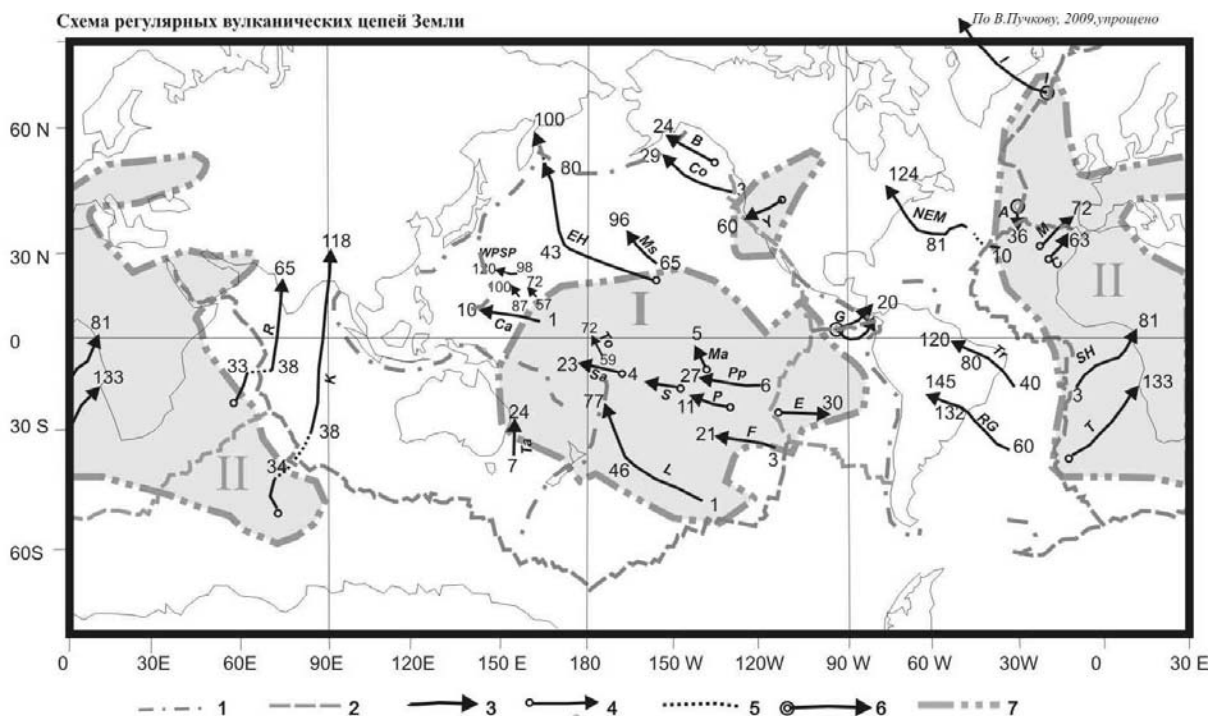


Рис. 1. Схема регулярных вулканических цепей Земли для океанов и приконтинентальных переходных зон. По [Пучков, 2009 а, б и ссылки там же]; упрощено. 1– зоны субдукции; 2– зоны спрединга; 3 – вулканические цепи. Цифры – возраст в млн. лет. На одном конце цифра обозначает возраст наиболее молодого вулкана, На другом – цифрой указан возраст наиболее древнего вулканического. Стрелка указывает направление удрежнения 4. То же, с активным или сравнительно недавно (менее 1 млн. лет) потухшим вулканом на одном из концов. 5. Линия, связывающая генетически единую вулканическую цепь через прерывающий его СОХ. 6. Цепь с современной аномалией плавления, совпадающей с СОХ. 7. Суперсвеллы (контуры LLVSP; площади слегка затенены): I – Тихоокеанский, II – Африкано-Североатлантический; даны по [Burke et al., 2008; Bull, Mc Namara, 2009]. Буквенные обозначения плюмов (от Атлантики через Индийский океан к Тихому): I – Исландский, A – Азорский, NEM – Новая Англия-Метеор, M – Мадейра, C – О-ва Зеленого мыса SH– Святая Елена, Tr – Тристан да Кунья, T-Триндаде, RG – Рио-Гранде, R – Реюньон, K – Кергелен, Ta – Тасманский, WPSp – Западнотихоокеанская провинция симаунтов (горы Магелланова, Ралик, Уэйк), Ca – Каролинский, To – Токелау, Sa – Самоа, L – Луисвилль, S – Сосайети, Ma – Маркизовы, EH – Императорский-Гавайи, Ms – Музыкантов, Pp – Пукапука, P – Питкерн, E – Пасхи, F – Фаундейшн, G – Галапагос, Y – Йеллоустон, Co – Кобб, B – Ко迪亚к-Боуи.

При объяснении генезиса регулярных вулканических цепей используется несколько гипотез: бегущая трещина, плывущее в астеносфере под влиянием конвекции относительно легкоплавкое эклогитовое тело, наличие мелких конвективных ячеек в верхней мантии [Anderson, 2007; Stuart et al., 2007; Cuffaro, Doglioni, 2007; и др.]. Однако как уже было показано [Пучков, 2009а], они не выдерживают конкуренции с гипотезой мантийных плюмов, – восходящих конвекционных струй прочерчивающих след плавления на движущейся над ней литосферной плите, поскольку не объясняют целого ряда особенностей расположения и ориентировки этих цепей.

Дело, правда, осложняется тем, что изменение возраста вулканов обычно происходит не со строгой математической точностью, а скорее статистически, и может искажаться в силу целого ряда причин. Среди этих причин – ошибки в определениях возраста [Baksi, 2007], заметная, хотя и не доминирующая, подвижность самого плюма [Norton, 2000; O'Neill et al., 2005 и др.], взаимодействие плюма с СОХ, вызывающее искажение и перескоки СОХ или расщепление следа плюма [Cannat et al., 1999; Tronnes, 2002; O'Connor et al., 2007; Mittelstaedt et al., 2008], возникновение поблизости неглубоких очагов плавления, вызванных рифтингом и декомпрессией [Anderson, 2007; Foulger, 2007]; необходимость делать поправку на возможность изменения вектора движения (перемещения эйлерова полюса вращения) плиты со временем (с этим связана сегментация цепи Императорский-Гавайи, Луисвилль и некоторых других, и изменение ориентировки коротких цепей разного возраста) [Wessel, Kroenke, 2008]. Кроме того, надо учитывать реальную возможность наложения молодой цепи на старую, что способно сделать неразличимыми обе временные последовательности.

Некоторые цепи демонстрируют более сложную прогрессию возраста по сравнению с классическими Императорским-Гавайским хребтами (Галапагос, Канары), где вулканы, однажды возникнув, в силу пока невыясненных причин потухают далеко не сразу [Мазарович, 2000, O'Connor et al., 2007].

Несмотря на эти осложнения, современные данные позволяют отразить на глобальной схеме не менее трех десятков вулканических цепей с достаточно ясно выраженной временной прогрессией. Относительно (в сравнении с литосферными плитами) малая подвижность проекций плюмов на земную поверхность позволяет, при всех вышперечисленных неопределенностях, рассматривать их совокупность в качестве огрубленной системы отсчета для движения литосферных плит. В последнее время это убедительно продемонстрировано на примере Тихоокеанской плиты с использованием данных по 12 наиболее изученным вулканическим цепям, генерированным плюмами [Wessel, Kroenke, 2008].

В глобальном масштабе предположение о том, что расположение плюмов может служить грубой, но вполне адекватной референтной рамой для движущихся литосферных плит, легко проверяется путем сравнения нашей схемы с известными схемами направлений и скоростей движения плит относительно единой точки отсчета (REVEL, ITRF), полученными сочетанием ряда методов (анализ магнитных аномалий NUVEL, спутниковая геодезия GPS, DORIS, SLR и др.). Схема REVEL 2000 (recent velocities) [Sella et al., 2002] доступна на сайте http://www.geodesy.miami.edu/plate_motion.html, схема ITRF 2005 (International Terrestrial Reference Frame) – на сайте <http://itrf.ensg.ign.fr/>

Особенно поражают следующие элементы согласованности этих схем:

1. В Восточно-Тихоокеанской области, по разные стороны от СОХ, регулярные вулканические цепи удревняются в обе стороны почти ортогонально, что находится в соответствии с REVEL 2000 и ITRF 2005, согласно которым скорости расхождения плит по разные стороны СОХ практически равны и почти ортогональны, так что сам СОХ находится на месте.
2. В Ю. и Ц. Атлантике цепи направлены косо по отношению к СОХ, что также в большей или меньшей степени совпадает с векторами движения плит.
3. В районе Аляски и Североамериканских Кордильер цепи Cobb, Bowie and Yellowstone однонаправленны, несмотря на то, что они разделены границей плит; их направления также совпадают с направлением движения плит.
4. Цепи Reunion and Kerguelen, омолаживающиеся к югу, перескакивают через СОХ (хр. Аравийско-Индийский), поскольку последний сам дрейфует на С-С-В.
5. Существуют современные окончания цепей, находящиеся на СОХ. Наличие канала, облегчающего поступление магмы к поверхности в СОХ, и ослабленность литосферы над

плюмом по-видимому, «привязывает» плюм к СОХ на некоторое время, раздваивая вулканическую цепь (Азоры, Галапагос) или изгибая СОХ в направлении смещения плюма (Исландия) [Cannat et al., 1999; O'Connor et al., 2007; Mittelstaedt et al., 2008].

Сильнейшим аргументом в пользу моргановского толкования плюмов как конвективных потоков, идущих от границы ядро-мантия, является их преимущественное расположение над так называемыми суперсвеллами (LLSVP, large low-shear-velocity provinces), выделяемыми сейсмотомографией в слое D" на границе ядра и мантии. Для плюмов, активных в настоящее время, характерно их преимущественное расположение над краями суперсвеллов [Пучков, 2009 а].

Палеомагнитные исследования показали, что связь плюмового вулканизма с суперсвеллами характерна не только для нынешней эпохи, но и сохранялась в прошлом. Основываясь на палеомагнитных данных, [Burke, Torsvik, 2004; Burke et al., 2008] показали, что LIPs (Large Igneous Provinces или Крупные Магматические Провинции) и некоторые горячие точки, реконструированные на время их образования, также были расположены, за некоторыми исключениями, над краями суперсвеллов.

Рассмотрение особенностей становления и развития регулярных вулканических цепей в рамках развития глобальной тектонической парадигмы, в которой «новая глобальная тектоника» является только частью, – справедливой, но уже утратившей новизну, – позволяет отбраковать гипотезы образования таких цепей и обсудить целый ряд проблем тектоники нижней мантии и пограничной зоны ядро/мантия, в том числе таких пока экзотичных как вопросы реальности «мезоплит» и «анти-плюм-тектоники» [Pilger, 2003; Maruyama et al., 2007; Пучков, 2009 б]

Вышеизложенное показывает недооценённость и чрезвычайную важность продолжения работы над совершенствованием глобальной схемы расположения регулярных вулканических цепей по мере появления новых датировок вулканизма в их пределах. Необходимо также создание и постоянное пополнение единой базы данных по определениям абсолютных возрастов вулканов, с оценкой их надёжности и наличия временной прогрессии, что в дальнейшем могло бы стать целью специального международного проекта.

Список литературы

Мазарович А.О. Геологическое строение Центральной Атлантики: разломы, вулканические сооружения и деформации океанического дна. М.: Научный мир, 2000. 176 с.

Пучков В.Н. «Великая дискуссия» о плюмах: так кто же все-таки прав? // Геотектоника, 2009а, № 1. С. 3–22.

Пучков В.Н. Вулканические цепи с возрастной прогрессией и их геодинамическая интерпретация // Магматизм и рудообразование. Материалы конф. памяти А.Н.Заварицкого. ИГЕМ, 2009б.

Пучков В.Н. Схема регулярных вулканических цепей Земли. Геол. Сб. ИГ УНЦ РАН; 2008. № 7. С. 25-30.

Anderson D.L. The Eclogite Engine: Chemical geodynamics as a Galileo Thermometer // Plates, Plumes, and Planetary Processes. Editors: G. R. Foulger & D. M. Jurdy. A. The Geological Society of America Special Paper 430, 2007. P. 271-275.

Bull A.L. McNamara A.K. Ritsema J. Synthetic tomography of plume clusters and thermochemical piles // Earth and Planetary Science Letters, 2009. 278. P. 152–162.

Burke K., Steinberger B., Torsvik T. H. and Smethurst M. A. Plume Generation Zones at the margins of Large Low Shear Velocity Provinces on the core–mantle boundary // Earth and Planetary Science Letters, 2008. V. 265. № 1-2. P. 49-60.

Burke K., Torsvik T. H., Derivation of Large Igneous Provinces of the past 200 million years from long-term heterogeneities in the deep mantle // Earth and Planetary Science Letters, 2004. 227. P. 531– 538.

Baksi A. K. A quantitative tool for detecting alteration in undisturbed rocks and minerals – p. I and II // Plates, Plumes, and Planetary Processes. Editors: Foulger, G. R., Jurdy, D. Geological Society of America Special Paper 430, 2007. P. 65- 97.

Cannat M., Briais A., Deplus C, Escarti J., Georgen J., Lin J., Mercouriev S., Meyzen C, Muller M., Pouliquen G., Rabain A., Silva P. Mid-Atlantic Ridge - Azores, hotspot interactions:

along-axis migration of a hotspot-derived event of enhanced magmatism 10 to 4 Ma ago // *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1999. 173. P. 257-269.

Clouard V., Bonneville A. Ages of seamounts, islands, and plateaus on the Pacific plate // In G. Foulger, J. Natland, 22-242D. Presnall and D. Anderson, Eds. *Plates, plumes and paradigms*; Geol. Soc. America Spec. Paper 388, 2005. P. 71-90.

Cuffaro M., Doglioni C. Global kinematics in the deep vs shallow hotspot reference frames // *Plates, plumes, and planetary processes*. Eds: G.R. Foulger, D.M. Jurdy. The Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 430. 2007. P. 359-375.

Foulger G. R. The "Plate" model for the genesis of melting anomalies // *Plates, plumes, and planetary processes*. Eds: G.R. Foulger, D.M. Jurdy. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 430. 2007. P. 1-29.

Konter J. G., Hanan B. B., Blichert-Toft J., Koppers A. A.P., Plank T., Staudigel H. One hundred million years of mantle geochemical history suggest the retiring of mantle plumes is premature // *Earth and Planetary Science Letters*, 2008. 275. P. 285-295.

Maruyama S., Santosh M., Zhao D. Superplume, supercontinent, and post-perovskite: mantle dynamics and anti-plate tectonics on the Core-Mantle Boundary // *Gondwana Res.*, 2007. 11. P. 7-37.

Mittelstaedt E., Ito G., Behn M.D. Mid-ocean ridge jumps associated with hotspot magmatism // *Earth and Planetary Science Letters*, 2008. 266. P. 256-270.

Morgan W.J. Convective plumes in the lower mantle // *Nature*, 1971. 230. P. 42-43.

Norton I.O. Global hotspot reference frames and Plate motion // *The history and dynamics of global motions*. AGU Geophysical Monograph No 121, 2000. P. 339-357.

O'Connor J. M., Stoffers P., Wijbrans J. R., Worthington T. J. Migration of widespread long-lived volcanism across the Galapagos Volcanic Province: Evidence for a broad hotspot melting anomaly // *Earth and Planetary Science Letters*, 2007. 263. 3-4. P. 339-354.

O'Neill C., Müller D., Steinberger B. On the uncertainties in hot spot reconstructions and the significance of moving hot spot reference frames // *G3 Geochemistry, Geophysics, Geosystems*; 2005. V. 6, No 4. P. 1-35.

Sella G. F., Dixon T. H., Mao A., REVEL: A model for Recent plate velocities from space geodesy // *J. Geophys. Res.*, 2002. 107(B4). 2081. doi:10.1029/2000JB000033.

Stuart W. D., Foulger G. R., Barall M. Propagation of the Hawaiian-Emperor volcano chain by Pacific plate cooling stress // Eds. Foulger G.R., Jurdy D.M.. *Plates, plumes, and planetary processes*. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 430, 2007. P. 497-507.

Tronnes, R.G., *Geology and geodynamics of Iceland*: Nordic Volcanological Institute, University of Iceland, 2002. 19 p.

Wessel P. and Kroenke L. W. Pacific absolute plate motion since 145 Ma: An assessment of the fixed hot spot hypothesis // *Journal of Geophysical Research*, 2008. 113. B06101. 21 p.

Wilson J. T., A possible origin of Hawaiian islands // *Can. J. Phys.*, 1963. 41. P. 863-866.