

Little C. T. S., Herrington R. J., Haymon R. M., Danelian T. Early Jurassic hydrothermal vent community from the Franciscan Complex, San Rafael Mountains, California // *Geology*. 1999. Vol. 27. № 2. P. 167–170.

Maslennikov V. V., Maslennikova S. P., Large R. R., Danyushevsky L. V., Herrington R. J., Stanley C. J. Tellurium-bearing minerals in zoned sulfide chimneys from Cu-Zn massive sulfide deposits of the Urals, Russia // *Mineralogy and Petrology, Special Issue: Ore deposits of the Urals*, 2013. Vol. 107 (1). P. 67–99.

Oudin E., Constantinou G. Black smoker chimney fragments in Cyprus sulphide deposits // *Nature*. 1984. Vol. 308. P. 349–353.

Revan M. K., Genc Y., Maslennikov V. V., Maslennikova S. P., Large R. R., Danyushevsky L. D. Mineralogy and trace element geochemistry of sulfide minerals in hydrothermal chimneys from Upper-Cretaceous VMS deposits of the eastern Pontide orogenic belt (NE Turkey) // *Ore Geology Reviews*. 2014. Vol. 63. P. 129–149.

Shimazaki H., Horikoshi E. Black ore chimney from the Hanaoka Kuroko deposits, Japan // *Mining Geology*. 1990. Vol. 40. № 5. P. 313–321.

В. Н. Анфилов

*Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс
anfilov@mineralogy.ru*

Тектоника плит: величайшее заблуждение и выдающиеся открытия

Концепция тектоники плит как альтернатива стабильному положению континентов зародилась в 1915 г. после публикации немецким геофизиком Альфредом Вегенером книги «Происхождение материков и океанов». Идея А. Вегенера о раздвигании океанического дна базировалась на сходстве очертаний береговых линий Африки и Южной Америки. Второе рождение концепции, после которого она овладела умами многих выдающихся геологов и геофизиков, произошло в 1962 г. после публикации статей Р. Дица и Г. Хесса. Идея, высказанная Р. Дицем и Г. Хессом, сводится к тому, что по оси срединно-океанического хребта происходит образование океанической коры, которая симметрично растекается в стороны. Авторами было высказано предположение, что причиной этих движений является тепловая конвекция в мантии. Одним из первых авторов, который попытался обосновать тепловую конвекцию в мантии, был Д. Маккензи с соавторами [McKenzie et al., 1974]. С этого момента, как считает В. Н. Жарков, впервые появилась модель, благодаря которой геология сделала шаг «по переходу из разряда описательных наук в разряд точных наук» [Жарков, 1983]. Прежде чем рассматривать обоснованность модели тепловой конвекции в мантии, рассмотрим некоторые геологические факты, которые категорически не согласуются с концепцией тектоники плит.

1. Идея раздвигания континентов родилась на основе сходства очертаний береговых линий Африки и Южной Америки. Удивительно, что до настоящего времени никто, кроме Е. М. Рудича [1984], не сделал серьезной попытки сравнить геологические разрезы этих материков, которые, согласно идее спрединга, должны совпадать вплоть до мелового или юрского периодов. На рисунке 1 приведена палеотектоническая схема для раннего и среднего рифея, из которой видно, что ни о каком совпадении разрезов рифея для Америки и Африки не может быть речи.

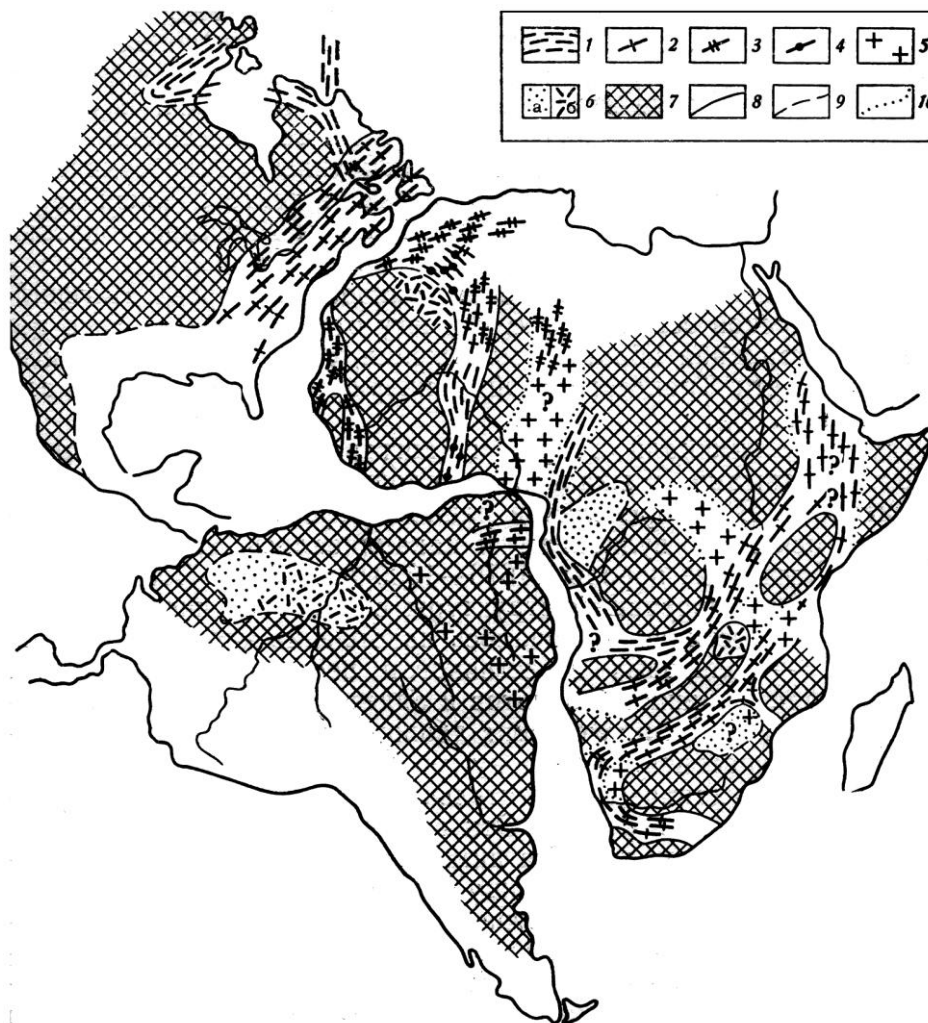


Рис. 1. Сопоставление разрезов рифея Америки и Африки [Рудич, 1977].

1–3 – складчатые пояса; 4 – складки платформенного чехла; 5 – зоны омоложения; 6–10 – платформенные отложения.

2. В 1969 г. было начато глубоководное бурение дна Тихого океана, результаты которого опубликованы в 1978 г. Целью проекта была проверка основных положений тектоники плит. В разных участках дна океана было пробурено более 500 скважин [Рудич, 1984]. В результате ни одно из положений тектоники плит не нашло подтверждения, и в то же время установлены многочисленные факты, противоречащие этой концепции. Отметим некоторые из них. Размещение разновозрастных мелководных осадков относительно осевой линии Срединного хребта не соответствует последовательности, предполагаемой тектоникой плит. В одних и тех же разрезах присутствуют мелководные осадки широкого возрастного диапазона, что категори-

чески противоречит основным положениям тектоники плит. Не обнаружено горизонтальных перемещений блоков океанической коры трансформными разломами. Более того, отдельные блоки в этой области испытали одновременные погружения различной амплитуды. Возраст пород, определенный по магнитным полосовым аномалиям, не соответствует их палеонтологическому возрасту. Профиль скважин, пробуренный через Японский желоб, не подтвердил наличие в этой области зоны субдукции.

3. В последние годы в Срединно-Атлантическом хребте в породах габбро-перидотитового комплекса обнаружены цирконы с возрастом до 3.2 млрд лет [Сколотнев и др., 2010]. Как отмечают Ю. Е. Погребницкий и А. И. Трухалев, этот комплекс по многим параметрам аналогичен породам габбро-перидотитового комплекса Главного Уральского разлома, что коренным образом противоречит концепции тектоники плит [Погребницкий, Трухалев, 2002].

В основе тектоники плит лежат представления о том, что в кристаллической, неравномерно нагретой мантии Земли возникают круговые конвективные потоки, которые способны перемещать литосферные плиты, имеющие мощность до 100 км и горизонтальные размеры в несколько тысяч км [Добрецов и др., 2001]. Идея свободной конвекции в мантии основана на следующем силлогизме:

1. В неравномерно нагретой жидкости возможна свободная конвекция.
2. В определенных условиях твердое тело ведет себя как жидкость.
3. Следовательно, в твердом теле также возможна свободная конвекция.

Считая, что вывод, сделанный на основе двух посылок этого силлогизма, верен, авторы конвективных моделей используют для мантии Земли критерии подобия, которые применяются при описании конвективного теплопереноса в жидкости, полагая, что они применимы и для твердого тела. К сожалению, справедливость этого вывода далеко не очевидна и подобие процессов теплопереноса в кристаллическом веществе мантии и в жидкости требует специального обсуждения.

Единственным условием, позволяющим определить корректность применения к твердой мантии безразмерных параметров, характеризующих конвекцию в жидкости, является безусловное выполнение для нее критериев подобия. Иначе, «можно получить формально верный, но физически ошибочный результат» [Кутателадзе, 1986]. Например, если рассчитывается градиент плотности в мантийной конвективной ячейке с вертикальным размером в 700 км, мы должны быть уверены, что во всем этом интервале среда однородна и, при отсутствии гравитационной неустойчивости в твердой мантии, также как в модельной жидкой системе, реализуется непрерывное адиабатическое распределение плотности. Поэтому при расчете числа Релея мы не имеем права использовать в качестве переменной среднюю плотность вещества мантии, если в ней существуют неоднородности (например, минералы с разной плотностью), в которых отклонения плотности выше ее температурного градиента, обусловленного неравномерным нагревом. О полиминеральном составе мантии свидетельствует наличие в ней переходных зон на глубинах 400 и 650 км, которые связаны с фазовыми превращениями в оливине и пироксене и с распадом оливина на пироксен со структурой перовскита и периклаз [Рингвуд, 1982]. В интервале глубин от 400 до 700 км мантия состоит из оливина, пироксена и Ca-Fe граната. Плотность кристаллических фаз, присутствующих в мантии, варьирует от 4.1 г/см³ у пироксена со структурой перовскита до 3.6 г/см³ у оливина со структурой шпинели, что намного больше изменения плотности, обусловленного ее неравномерным прогревом. Поэтому уравнения, описывающие процесс теплопереноса в однородной среде, в принципе, не применимы для такого материала, каким является вещество мантии.

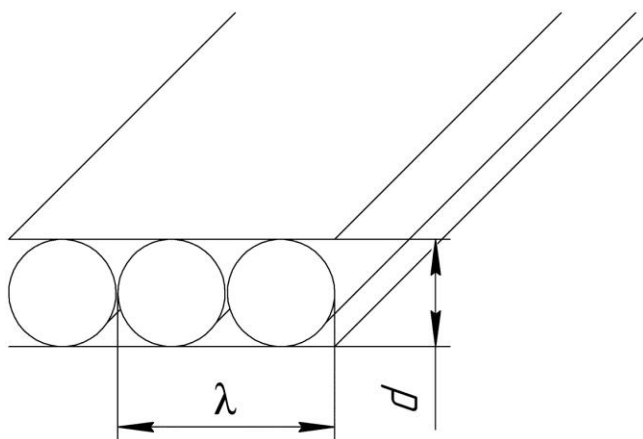


Рис. 2. Соотношение между вертикальным (d) и горизонтальным (λ) размерами конвективных ячеек.

Предположим, что, несмотря на возражения, высказанные выше, конвекция в мантии возможна. При этом возникают следующие проблемы. Максимальный горизонтальный размер конвективной ячейки не может быть больше $1.4 d$ (рис. 2)

[Жарков, 1983]. В. Н. Жарков считает, что для того чтобы конвективный поток мог перемещать литосферные плиты, вертикальный размер конвективной ячейки d должен быть не менее 700 км. Однако при такой величине конвективной ячейки передвигать литосферные плиты размером $10 d$ (7000 км) невозможно, но, как отмечает В. Н. Жарков, увеличить горизонтальный размер ячеек до $10 d$ также невозможно [Жарков, 1983].

Существует вторая проблема. На глубине около 400 км существует переходная зона, обусловленная образованием более плотной модификации оливина. Она фиксируется увеличением плотности на 0.2 г/см^3 . Благодаря скачку плотности основание конвективных ячеек не может опуститься ниже этой границы. Поэтому допустимый вертикальный размер конвективной ячейки не может быть больше 350 км.

Таким образом, главным достижением исследований, инициированных тектоникой плит, является установление системы современных тектонических плит, оконтуренных сочлененными тектономагматическими границами, проходящими не только по дну океанов, но и по континентам. Эта система должна стать основой для построения новой глобальной тектоники, свободной от догм тектоники плит.

Литература

- Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А. Глубинная геодинамика. Новосибирск: СО РАН, ГЕО, 2001. 409 с.
- Жарков В. Н. Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. 406 с.
- Кутателадзе С. С. Анализ подобия и физические модели. Новосибирск: Наука, 1986. 295 с.
- Погребницкий Ю. Е., Трухалев А. И. Происхождение глубинных базит-гипербазитовых пород – ключевая проблема Срединно-Океанического хребта // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология. СПб ВНИИОкеангеология. 2002. С. 49–62.
- Рингвуд А. Е. Происхождение Земли и Луны. М.: Недра, 1982. 293 с.
- Рудич Е. М. Атлантический океан и дрейф континентов. М.: Наука, 1977. 176 с.
- Рудич Е. М. Расширяющиеся океаны: факты и гипотезы. М.: Недра, 1984. 251 с.
- Сколотнев С. Г., Бельтнев В. Е., Лепехина Е. Н., Ипатьева И. С. Молодые и древние цирконы из пород океанической литосферы Центральной Атлантики, геотектонические условия // Геотектоника. 2010. № 6. С. 24–59.
- McKenzie D. P., Roberts Y. M., Weiss N. O. Convection in Earth's mantle: towards a numerical simulation // Journal of Fluid Mechanics. 1974. Vol. 62. Pt. 3. P. 465–538.