

ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Ф.С.Ахмедбейли, Ф.А.Кадиров, В.В.Коробанов, 2008

**ЭВОЛЮЦИЯ ГИПОТЕЗ И ТЕОРИЙ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
ЗЕМЛИ И СОВРЕМЕННОЕ ИХ СОСТОЯНИЕ****Ф.С.Ахмедбейли, Ф.А.Кадиров, В.В.Коробанов***Институт геологии НАН Азербайджана
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье на основании литературных данных рассмотрены существующие гипотезы и теории тектонического развития Земли в связи с проявлениями эндогенных процессов. Приведены имеющиеся данные о конвективных течениях, литосферных перемещениях, субдукционных и коллизионных процессах, плюмтектонике и многих других явлениях. Подчеркивается важная роль конвективных течений в нижней, средней и верхней мантии и их влияние на геодинамику литосферы. Наряду с общеизвестными «традиционными» представлениями в статье приведены и современные исследования в этой области, результаты которых позволяют лучше понять характер и роль проявлений глубинных процессов в эволюции Земли.

В XIX в. Л.Эли де Бомон выдвинул гипотезу контракции, в которой подчеркивалась преобладающая роль горизонтальных движений в геологических процессах. Был предложен ряд гипотез о строении земной коры, которые постепенно детализировались отдельными исследователями. Все известные гипотезы и идеи о внутреннем строении земной коры подробно описаны в трудах В.В.Белоусова (1962; 1989), В.Е.Хаина, Н.В.Короновского (2007), Г.П.Хомизури (1976) и др. Мы вкратце остановимся на некоторых из них.

Основу пульсационной гипотезы Бухера составляет периодическое повторение фаз глобального растяжения и сжатия земной коры, обусловленное пульсацией всего объема подкорового вещества Земли. Вероятно, общепланетарный процесс смены растяжения сжатием и сжатия растяжением констатируется без учета физических, химических, температурных факторов в геосферах Земли.

Несколько позже, в 1940 г., под аналогичным названием выдвинули свои идеи В.А.Обручев и М.А.Усов. По В.В. Белоусову (1962), это более современный вариант гипотезы Бухера, а смысл её следующий: идет борьба между сжатием и расширением по всей массе земли; в земной коре преобладают сжатия, а в глубинных слоях Земли –

расширения. В целом же преобладают сжатия. Продолжительные эволюционные периоды в геологической истории Земли сменяются революционными геологическими событиями; в эволюционных периодах борьба между сжатием и растяжением значительно ослабевает (медленные колебательные движения и восстановление гравитационного равновесия), в промежутках же (революционная стадия) она продолжается скачкообразно, быстро. В гипотезах Бухера и В.А.Обручева, М.А.Усова заметно акцентируется роль горизонтальных движений.

Из сказанного становится очевидным, что в обеих гипотезах мантия Земли практически рассматривается не дифференцированно, а как единая геосфера. Иначе говоря, смена противоположных по знаку процессов (растяжения, сжатия) периодически повторяется по всей этой геосфере. Кроме того, остается неясным, как геодинамические процессы перемещаются из глубин мантии к ее верхней границе, а также по латерали.

Другую группу гипотез о тектонических процессах в земной коре и мантии, вызываемых глубинными факторами, составляют взгляды, основанные на преобладающей роли вертикальных движений. Отметим волновую гипотезу Ван-Беммелена, выдвинутую в сере-

дине XX столетия. Как отмечает В.В.Белоусов (1962), это «...первая широко разработанная геотектоническая гипотеза». По Ван-Беммелену, геохимические процессы играют важную, если не определяющую роль в дифференциации вещества мантии и земной коры, что обуславливает перемещение («всплывание») более легких и погружение тяжелых масс вещества в вертикальном направлении. Тем самым устанавливается гравитационное равновесие. В этих процессах вещество мантии постепенно дифференцируется, т.е. формируются мантийные слои, а выделяемая энергия является причиной тектонических движений. На современном геологическом языке речь идет о геодинамических силах, с которыми связаны эндогенные процессы в литосфере.

Следует отметить, что гипотеза Ван-Беммелена об эволюции геологических (тектонических) процессов в глубоких недрах, а также в земной коре в общем сходна с идеями конвективных течений в мантии. И в той, и в другой гипотезе подчеркивается роль перемещения вещества мантии в связи с их плотностной характеристикой.

В середине XX столетия Waning Mines выдвинул идею конвективных течений, показав ход этого процесса для двух этапов – до и после формирования ядра Земли. Согласно этим представлениям, движения и структурные перестройки в земной коре происходят благодаря внутримантийным перемещениям вещества в виде круговорота. Как видно, несколько крупных конвекционных течений (после формирования ядра) охватывают всю мантию.

Астенолитная гипотеза Б. и М.Виллисов и радиомиграционная гипотеза В.В.Белоусова (1989) были выдвинуты почти одновременно и по сути очень похожи. Считается, что главным энергетическим источником глубинных процессов является радиоактивность. Радиоактивные элементы распределены на глубинах неравномерно, что связано с их миграцией во времени и в пространстве, а это обеспечивает обособление зон разнонаправленных вертикальных движений в земной коре и на ее поверхности.

Своеобразным современным продолжением радиомиграционной гипотезы В.В.Белоусова является недавно выдвинутая американским геофизиком М.Херидоном идея о том, что в центре Земли находится естествен-

ный «ядерный реактор» из урана и плутония (или тория) диаметром всего 8 км. Ее прокомментировал член-корреспондент РАН В.П.Трубицын, который отметил, что для того чтобы делать такое заявление об урановом ядре Земли, необходимо дать более обоснованную оценку количества урана, ушедшего в железное ядро. Между тем, ещё осенью 2002 года профессор Гарвардского университета А.Дзевонски и его студент М.Исии предложили модель, согласно которой в пределах внутреннего ядра находится так называемое «самое внутреннее ядро», имеющее размер около 600 км в поперечнике. По мнению авторов, его наличие может служить доказательством существования двух этапов развития внутреннего ядра Земли. Возможно, в будущем подобные исследования приведут к созданию трехслойной модели ядра Земли, как и в случае с другими её геосферами.

Начиная со второй половины XX в., произошел значительный скачок в познании глубинных слоев Земли, особенно мантии. Накоплена информация по сейсмоотографии, горячим точкам – мантийным струям – плюмам, радиогеохронологии. Получены важные результаты по изучению современных горизонтальных тектонических движений с помощью GPS-измерений.

Интересно, что на основании новых данных, в частности по сейсмической томографии, исследователи как бы возвратились к прошлому. Как отмечается в работе (Лобковский и др., 2004), «...сейсмическая томография убедительно подтвердила умозрительные заключения геофизиков о том, что основным механизмом эндогенной активности Земли служит мантийная конвекция».

Таким образом, все известные гипотезы выдвигались с позиций глобального сжатия Земли или ее расширения. При ведущей роли горизонтальных или же вертикальных движений как основная геосфера выделяется мантия. Предложены различные модели, показывающие роль мантии, внешнего и внутреннего ядра Земли в тектонических процессах земной коры, в целом литосферы.

Для дальнейшего анализа новейших данных является важным вопрос о внутреннем подразделении мантии. Известны две модели, согласно одной из которых в названной геосфере выделяются два слоя – верхняя и

нижняя мантия; в основании нижней мантии располагается слой «Д», разграничивающий ее от внешнего ядра.

Другую модель предложил Ю.М.Пушаровский (2001), позже она была несколько уточнена (1999; 2007). В этом случае в мантии выделяются три слоя – верхний, средний и нижний. Мощности первого и последнего слоя приблизительно одинаковы (650 км), а среднего достигает 860-900 км. Между верхним и средним и средним и нижним слоями мантии выделены зоны раздела I и II с мощностями соответственно 170 км и 500 км.

В зависимости от изменения давления и температуры дифференциация вещества на разных глубинах происходит неравномерно. Давление возрастает с переходом: от верхней мантии в зону раздела I – до 57.5 кбар, от раздела I в среднюю мантию – до 92, 5 кбар, от средней мантии в зону раздела II – до 686-786 кбар и от зоны раздела II в нижнюю мантию – до 994,9-1384 кбар. Меняется и температура: с переходом от верхней мантии (2170 °С) в зону раздела I (2200 °С), от этой зоны в среднюю мантию (2420 °С); в зоне раздела II среднее значение температуры составляет 2590 °С, а в нижней мантии – ~ 3000 °С.

Данные о величинах температуры и давления вместе с существующими представлениями о составе химических элементов (Пушаровский, 2001) показывают, что внутримантийные преобразования происходят неравномерно по вертикали и латерали.

Многие исследователи, начиная с Маккензи и Робертса, придают важное значение конвекционным процессам в мантии, считая, что они протекают по всей мантии в целом или же автономно в ее разделах. По представлениям М.А.Гончарова (1999), в организации геодинамических систем (процесс) и структурных систем (результат процесса) ведущую роль играют непрерывность геологической среды, плотностная и реологическая расслоенность Земли на геосферы, иерархия земных геосфер. Он выделяет 4 ранга геодинамических систем (ГС). ГС первого ранга – глобальная, ГС второго ранга – субглобальная, ГС третьего ранга – надрегиональная и ГС четвертого ранга – региональная. Последние два ранга ГС относятся к тектоносфере. Здесь несколько неудачно понятие «геодинамическая система». Сам автор, уточняя это как

процесс, пишет: «...Суть концепции сводится к тому, что организация геодинамических систем (ГС, процесс) и структурных систем (результат этого процесса) определяется...».

Выделяемая в результате конвекции энергия трансформируется в литосферу, где обуславливает тектонические движения, магматизм, формирование геологических структур разного масштаба и т.д.

Принимая трехслойное разделение мантии (Пушаровский, 2007), приведем некоторые наши представления о глубинных процессах Земли.

Энергетический баланс мантии, особенно ее нижнего слоя, в значительной мере обеспечивается за счет внешнего ядра Земли, откуда вещество поступает в этот слой. За последние годы выдвинута идея о плюмах. Подчеркивая важную роль последних, Л.И.Лобковский, А.М.Никишин, В.Е.Хаин (2004) пишут: «Многие ученые приняли точку зрения, что на Земле работают две тектоники – тектоника плит и плюмовая тектоника, взаимодействие которых приводит к меняющемуся преобладанию одного стиля по отношению к другому в течение истории Земли». По мнению указанных исследователей, тектоника плит – это глобальная и непрерывная тектоника, а тектоника мантийных плюмов – неравномерная во времени импульсная тектоника.

Некоторые современные исследователи предлагают свой механизм плюмтектоники. Весной 2001 года Александро Форте из университета Западного Онтарио и Джерри Митровица из университета Торонто в Канаде представили, по их мнению, свою собственную модель, согласно которой огромные потоки горячей породы размером с континент, медленно поднимающиеся из глубин Земли, являются истинной движущей силой дрейфа континентов, землетрясений и изменений климата. Для обоснования своей модели Форте и Митровица использовали результаты исследований по сейсмической томографии, гравитации, вариаций скоростей вращения Земли и изостатических явлений.

Согласно гипотезе этих авторов, твердая Земля как бы «вспенивается» своеобразным четырехпоршневым тепловым двигателем (с двумя огромными опускающимися холодными плитами и двумя такими же огромными поднимающимися горячими потоками),

который перемещает континенты, вызывает землетрясения и изменяет климат.

При этом самим континентам отводится существенная роль в этих процессах. Принято считать, что континенты не оказывают никакого влияния на движение литосферных плит. Между тем они являются огромными крышками, которые задерживают и перераспределяют тепловой поток, идущий из мантии, оказывая значительное влияние на всю мантийную конвекцию.

Математическое моделирование этих же авторов показало, что отдельный континент, плавающий на поверхности вязкой, нагреваемой жидкости затягивается на нисходящий холодный поток словно в водоворот. Это приводит к тому, что мантийное вещество под ним прогревается и на месте нисходящего образуется уже восходящий горячий поток, который в свою очередь приподнимает материк и сдвигает его в сторону. Он дрейфует к другому нисходящему потоку, где этот процесс повторяется вновь. Так как на планете 6 материков, то и картина их взаимодействия получается более сложная. Суть её в том, что все 6 материков стремятся к одной точке, формируя единый суперконтинент. Эта гигантская суша становится преградой для мантийного тепла, которое по мере аккумуляции разогревает вещество мантии и создает под континентом мощный восходящий поток – плюм. Он разрывает единый материк, заставляя его осколки дрейфовать в разные стороны.

Следует отметить, что эта предлагаемая новая теория эволюции Земли в какой-то мере объясняет физический смысл геологических периодов. Выявляется связь между мантийными процессами, колебаниями уровня Мирового океана и сменой разнообразия и количества видов животных и растений. Она также указывает на то, что примерно 800 млн. лет назад на месте нынешнего Тихого океана существовал суперконтинент – Родиния. Остатки плюма, уничтожившего Родинию, возраст которого 1 млрд. лет, наблюдается по данным сейсмотомографии и сейчас. А остатки плюма, расколовшего Пангею, находятся ныне под Африкой и отражены сейсмотомографией. Становится очевидным, по мнению Форте и Митровица, что все перемещения, наблюдаемые в мантии и земной коре, не хаотичны,

а закономерны. Они подчиняются строгим физическим законам, описываются уравнениями математических моделей и во многом могут быть предсказуемы.

Из сказанного следует, что строение Земли формируется в результате процессов, связанных, с одной стороны, тектоникой плит, а с другой – плюмтектоникой. Такая трактовка принимается многими исследователями.

При этом учитываются химический состав и физические свойства (по-видимому, предполагаемые), их дифференцированное распределение по геосферам Земли, а предлагаемые результаты интерпретации опираются в основном на сейсмотомографию.

Для наглядности приводим две схемы, заимствованные из опубликованной работы (Лобковский и др., 2004). На схеме Albaredo (1998) (рис.1) показаны некоторые модели мантийной конвекции. Он этот процесс дифференцирует, выделяя общемантийную, многослойную конвекции и т.д. Согласно схеме А.М.Никишина, А.С.Якубчука (рис.2), тектоническая эволюция Земли связана с особенностями взаимодействия плитного и плюмового механизмов во времени. Как видно из рисунков, значительно отличаются размеры континентальной и океанической литосферы.

Из анализа существующих представлений (а их немало) о литосферных плитах и мантийных плюмах вырисовывается следующая картина.

I–1. Мощность литосферной оболочки Земли доходит до 80 км под океанами и 100–200 км под континентами, по последним данным (Хаин, Короновский, 2007) в отдельных регионах мира (в зонах развития древнейших образований) – до 300–400 км. Видимо, этим значениям соответствуют мощности и литосферных плит, конечно, с определенными изменениями по латерали. По мощности литосферный слой составляет 1/6 часть мощности мантии в пределах континентов и 1/28 часть – в океанах.

I–2. Верхнюю часть литосферных плит составляет земная кора (осадочный слой, консолидированная кора) а остальную – верхняя мантия до астеносферного слоя. Внутреннее строение плит довольно сложное, они расслоены по разрезу и латерали неравномерно, т.е. имеют как бы структуру «конгломерата».

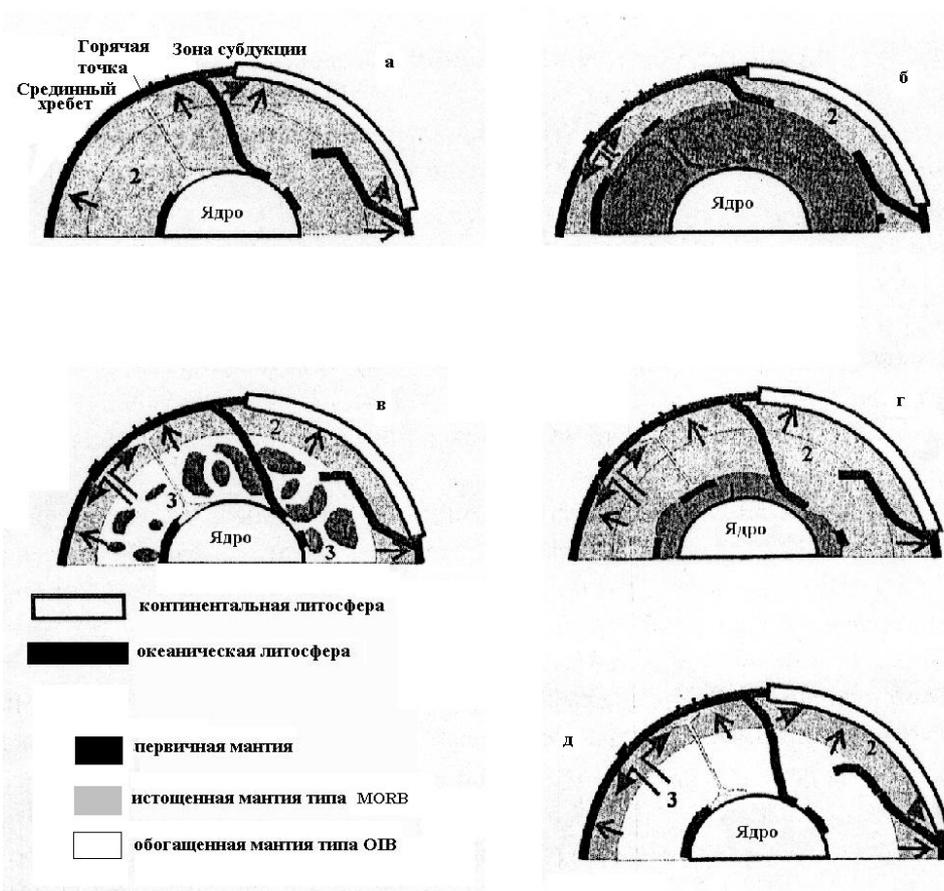


Рис.1. Некоторые модели мантийной конвекции (Albarede et al., 1998)

а – общемантийная конвекция с плитами, проходящими сквозь переходную зону; б – многослойная мантийная конвекция с плитами, ограниченными в пределах верхней мантии; в – общемантийная конвекция с глубинными включениями первичной мантии; г – многослойная мантийная конвекция с глубинным слоем первичной мантии; д - общемантийная конвекция с деплетированием плит в зонах субдукции.

I –3. Литосферный слой Земли хрупкий и в общем холодный, хотя в пределах отдельных частей плит и в настоящее время периодически действуют вулканические очаги. Современная активность плит подтверждается концентрацией эпицентров землетрясений, особенно по их крайевым частям, т.е. вдоль границ крупных литосферных плит. Относительно субдукционных процессов следует отметить следующее.

Как отмечается в работе (Лобковский и др., 2004): «Литосфера субдукцирует в разных случаях до низов верхней мантии и до низов нижней мантии или до границы ядра и мантии: области субдукции совпадают с более широкими холодными областями в мантии и связаны с нисходящими мантийными течениями». Что имеется в виду, говоря о холод-

ных областях мантии? Согласно имеющимся данным (Пушаровский, 2007), начиная с глубин около 1700 км (верхняя граница зоны раздела II) и до 2900 км, т.е. до границы внешнего ядра, температура повышается от 2300 до 2850 °С. Эти цифры соответствуют современным значениям температуры. С учетом плотности и давления можно считать, что при таких температурах «холодных областей» в указанных разделах мантии не должно быть. Очевидно, что авторы имеют в виду менее разогретые участки. Приведем другую цитату из той же книги: «В архее субдукцирующие плиты не могли достигать ядра, так как мантия была горячее, чем теперь, и плиты в ней растворялись». А насколько понизилась температура, начиная с архея и до наших дней? Возможно, не очень значительно.

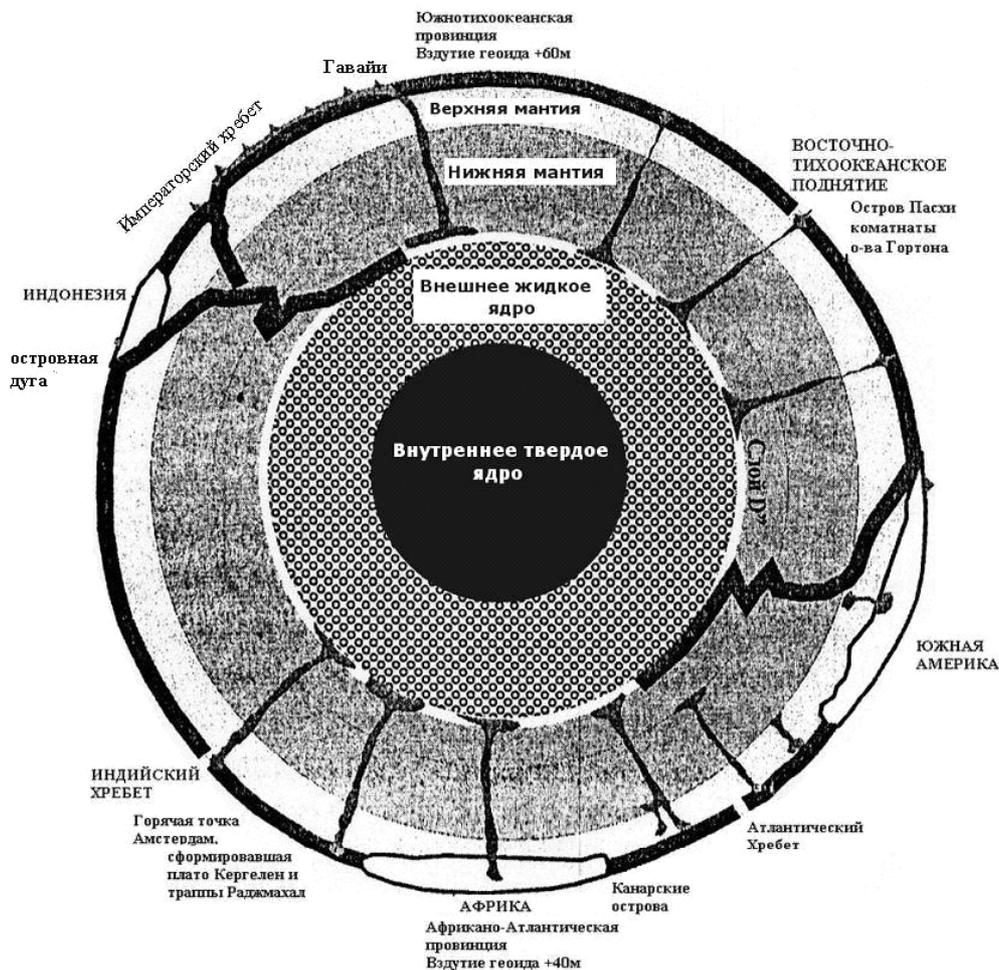


Рис. 2. Схема современной динамики Земли на разрезе примерно вдоль экватора, показывающая взаимодействие плит и плюмов (Никишин, Якубчук, 2002).

Вполне возможно, что проникновению в нижнюю мантию субдукцирующей плиты может препятствовать внедрение плюмов. Смещение вещества плюмов и нижней мантии, по-видимому, образует сложную смесь, которая «агрессивно» действует против этого процесса (субдукции). Реальность же процесса субдукции, во всяком случае как её описывают исследователи, представляется неубедительной.

Авторы статьи отмечают тот факт, что наиболее ярко выраженным и хорошо изученным является процесс коллизии литосферных плит на поверхности Земли.

Что же касается процессов субдукции (и обдукции), то они требуют дальнейших углубленных и широко масштабных исследований и корректив.

II – Вопрос конвективных течений.

II – 1. О конвективных течениях в мантии известны разные мнения и идеи. Они касаются скорости конвекции, взаимодействия между конвективными течениями в нижней, средней и верхней мантии, направления этих течений. Конвекции вместе с плюмами придается важное значение как источнику глубинных сил. В ряде публикаций подчеркивается роль конвекции в дрейфе литосферных плит; отмечается, что скорости конвекции в мантии и перемещения литосферных плит одинаковы и составляют 2-10 см/год.

II – 2. Первоначально считалось, что конвективные течения в мантии совершают круговорот, охватывая ее объем в целом. После формирования расплавленного внешнего ядра Земли конвекция продолжалась «упорядоченно» т.е. образовалось несколько ячеек.

Внимание ученых к процессу мантийной конвекции существенно возросло после появления теории тектоники литосферных плит, а затем идей плюмтектоники. На этой основе высказаны разные суждения о конвективных течениях в разных слоях мантии, роли этих течений в перемещении литосферных плит. Некоторые исследователи (Лобковский и др., 2004) полагают, что вопрос влияния плюмов на конвективные течения пока неясен. В мантии наряду с конвекцией слагающего ее вещества происходит и тепловая конвекция.

Нам представляется, что в мантии Земли одновременно действуют два вида конвективных течений: 1) автономные – в нижней, средней и верхней мантии, 2) общемантийные (сквозные) через всю эту геосферу.

В нижней мантии конвективные течения несколько упорядочены, что можно объяснить неровностями верхней границы внешнего ядра. Сейсмографические исследования показали следующие результаты. Под значительной частью Тихого океана (за исключением ЮЗ сектора) верхняя граница внешнего ядра приподнята на 4 км, в северной Атлантике – на 6 км, в Индийском океане – на 2 км. Прогибы же зафиксированы и граница опущена в Приазиатском регионе – на 4 км, в прилегающем к Австралии районе Тихого океана – на 4 км, в северо-восточной Африке – на 2 км и вдоль западных границ Южной Америки – на 4 км.

Такое распределение приподнятых и опущенных частей верхней границы внешнего ядра наверняка влияет на процесс конвекции в нижней мантии, который над поднятиями ускоряется, а над прогибами замедляется. Границы вышеперечисленных неровностей, видно, нестабильны и в течение короткого времени могут меняться, так как формируются в жидкой высокотемпературной среде внешнего ядра. Вероятно, определенное значение имеет и разница в мощностях нижней мантии и внешнего ядра, составляющих соответственно 700 км и 2246 км. Поэтому конвекция во внешнем ядре более интенсивная по вертикали и горизонтали. Следовательно, конвективные течения в нижней мантии протекают неравномерно – над некоторыми сегментами внешнего ядра они достигают нижней границы зоны раздела II (глубина 2200 км), а под другими затухают на какой-то глубине.

В средней мантии конвекция протекает сравнительно «организованно», что связано с физико-химическими изменениями, а также минеральными преобразованиями (Пушаровский, 2001). Конвективные течения в этом слое образуют ряд петель перемещающегося вещества, по которым эти течения протекают в противоположных направлениях. Трудно сказать, сколько таких петель в средней мантии, возможно, что они расположены под известными литосферными плитами.

Как уже было сказано, Ю.М.Пушаровским (2001) предложено трехслойное разделение мантии на верхнюю, среднюю и нижнюю. В последней публикации этого ученого совместно с Д.Ю.Пушаровским (2007) отмечается, что в этих зонах сейсмографические неоднородности более пестры, в связи с чем их эволюция более сложная.

Нам представляется, что зона раздела II – периодически активизирующаяся среда, откуда импульсами осуществляется перемещение вещества из нижней в среднюю мантию. Смешение материала (вещества), поступающего из нижней в среднюю мантию, происходит медленно, так как мощность зоны значительна (500 км).

Сказанное можно отнести и к зоне раздела I, но с некоторыми отличиями. Ее мощность в 2,5 раза меньше (200 км), чем раздела II, минеральный состав – другой, вероятно, не проявляется и импульсный характер конвекции.

Верхняя мантия, как самый верхний слой Земли, концентрирует в себе влияние процессов всех нижележащих слоев. Верхняя часть этого слоя (до глубин 410 км) вместе с земной корой слагает разрез литосферы, а нижняя (до глубины 670 км) – носит чисто мантийный характер.

Выше зоны раздела I, точнее в верхней мантии, температура ниже, чем в глубинах Земли, также уменьшаются значения плотности и давления. В этих условиях скорости конвекции возрастут, ускорится обмен между верхней и средней мантией. Некоторые исследователи (Пушаровский, 2001) пишут о тектонических движениях, о возможности существования разрывов, сложной складчатости в слое верхней мантии.

В отличие от автономной конвекции в каждом слое мантии, конвекцию через всю эту

геосферу (от внешнего ядра до основания литосферных плит), по нашим представлениям, можно считать однонаправленной, т.е. снизу вверх. По существу, применение для этого адвекционного процесса термина конвекция или конвективное течение несколько неудачно. По-видимому, энергетический баланс таких потоков постепенно ослабевает по мере приближения к основанию континентальной литосферы и усиливается под океанической.

В литературе имеется целый ряд моделей или схем, по-разному показывающих конвективные течения. В качестве примера приводим принципиальную схему конвективного и адвективного движения мантийных масс (рис. 3), предложенную Ю.М.Пушаровским. Как видно, движения масс показаны довольно мозаично, в виде произвольно изогнутых линий. Если мысленно снять границы (показаны точечными

линиями) и их обозначения (названия, разделов, мощности) с правой стороны рисунка, то наверняка будет трудно составить какое-то представление о мантийных течениях.

Коротко остановимся и на вопросе о плюмах. Исследователи отмечают, что эволюция тектонических процессов на Земле продолжается, как уже было сказано, под воздействием перемещения как литосферных плит, так и плюмов. Тектоника плит обуславливает формирование близповерхностных слоев – литосферы и верхней мантии, в то время как плюмтектоника – процессы на значительных глубинах. В работе (Никишин, Якубчук, 2002) отмечается: «В современной Земле плюмовая и плитная тектоника являются взаимозависимыми и увязанными с конвекцией в мантии, порождаемой поступлением тепла от жидкого внешнего ядра».

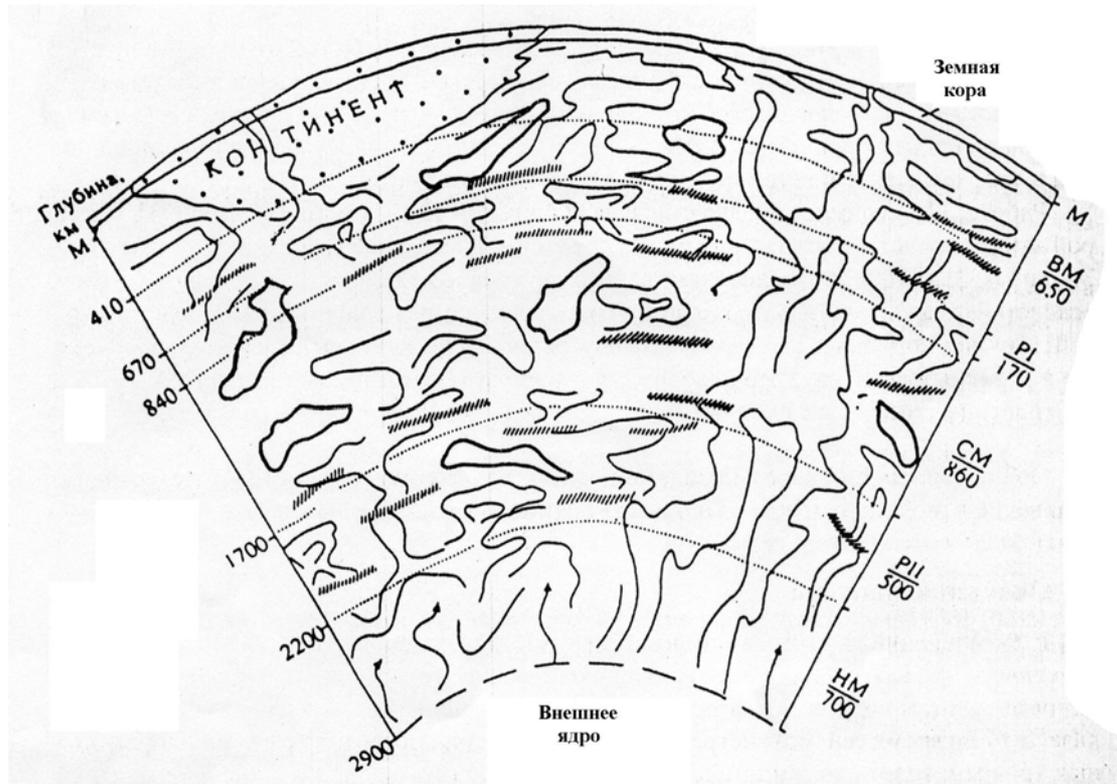


Рис. 3. Принципиальная схема конвективного и адвективного движения мантийных масс. В правой части показан сквозьмантийный плюм. Субгоризонтальные линии со штрихами – зоны тектонического течения или срыва; по ним может происходить скучивание масс, сопровождаемое выделением энергии, местами достаточной для образования внутригеосферных локальных конвективных и адвективных потоков. М – поверхность Мохоровичича; ВМ – верхняя мантия; PI – зона раздела 1; СР – средняя мантия; РН – зона раздела 2; НМ – нижняя мантия.

Цифры в знаменателе – мощность геосфер в км ($\pm 10\%$).

Стрелки отражают зону влияния ядра в нижней мантии (слой D').

Жирными линиями околтурены массы, перемещенные нисходящими потоками из верхних оболочек.

Существуют разные мнения об источниках образования плюмов. Большинство исследователей считает, что они формируются во внешнем ядре, откуда поступают в нижнюю мантию. Есть и точка зрения об образовании плюмов на границе средней и верхней мантии; выделены плюмы по размерам – суперплюмы, малые плюмы; по времени существования – долгоживущие, короткоживущие; отличаются скорости движения плюмов, превосходящие скорости мантийной конвекции в 10 раз; с плюмами генетически связаны почти все известные магматические траппы; предполагается, что действие плюмов импульсное, т.е. они активизируются с перерывами, а движение плит – непрерывное и т.д. и т.п.

Разными исследователями (Kellog, McKenzie, Roberts, Kempton, Abbarede, Никишин, Якубчук и др.) предложены модели, показывающие общий процесс в Земле – конвекцию в мантии, образование плюмов, субдукционных зон, их взаимодействие и, наконец, их роль в перемещении литосферных плит.

Однако, решив массу «вечных» геолого-геофизических проблем, современная наука породила много новых вопросов, на которые пока нет ответов. Тем не менее, авторы считают необходимым высказать своё отношение к существующему положению вещей и дальнейшим перспективам создания новой парадигмы эволюции Земли.

Полагаем, что продолжение научных поисков только с позиций действия на Земле двух тектоник – литосферных плит и плюмов (публикации продолжают и в настоящее время) мешает созданию единой концепции о глубинных перестройках по всему разрезу Земли.

Тектоника литосферных плит как теория уже признана многими учеными. Но имеются и критики этой теории. Тектоника же плюмов еще «молодая» и, образно говоря, находится в стадии «зародыша». Несмотря на это, о тектонике плюмов пишут много, со многими допущениями, предположениями, иногда граничащими с фантазией. Достаточно посмотреть на предложенные модели, субъективно отражающие представления их авторов.

Литосферные плиты перемещаются друг относительно друга. В этом процессе

отмечается важная роль субдукции, о чем в литературе немало примеров. Концепция плюмтектоники отразилась на оценке роли субдукции – выдвинуты суждения о глубине проникновения субдуцирующей плиты.

Вопрос в том, как литосферная плита может проникать в нижнюю мантию и даже до ее границы с внешним ядром, если она по мере движения вглубь будет подвергаться все более высокой температуре и давлению?

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что до сих пор не известно, как образуются современные зоны субдукции. А предполагаемые модели современных и древних субдукционных зон весьма похожи друг на друга.

Согласно положениям тектоники литосферных плит, зоны субдукции приурочены к современным глубоководным впадинам (желобам). Если это так, то их (желобов и краев плит) протяженности должны соответствовать друг другу или быть очень близкими, чего нет в действительности – край погружающейся плиты в несколько раз длиннее, чем желоба. Получается, что плита субдуцируется в виде отдельных пластин, а не целиком. Учитывая некоторые особенности осадков в глубоководных желобах, А.Мейерхофф, Г.Мейерхофф (1974) считают, что в альпийском цикле тектогенеза процесс субдукции не происходил. И происходил ли он вообще в геологической истории Земли?

Имеющихся данных о плюмах явно недостаточно, тогда как высказано немало идей об этих образованиях. Например, пишут о «плюмопроводах», по которым вещество из внешнего ядра поступает в головку плюма под литосферой. Возникает ряд вопросов: если «плюмопроводы» узкие, то как они могут сохраниться на большом расстоянии (2000 км) от границы внешнего ядра до основания литосферы, какова взаимосвязь между конвективными течениями и плюмами; почему одни плюмы довольно крупные, а другие малых размеров; достигают ли плюмы верхней мантии; существуют ли плюмы малых размеров, имеющие т.н. каплевидную форму; считается, что плюмы могут подниматься, начиная с подошвы верхней мантии.

Эти и другие вопросы о плюмах спрашиваются при ознакомлении с опубликован-

ными работами ученых, которые стараются сформулировать свои идеи (возможно, и гипотезы), не располагая почти никакими данными, кроме сейсмической томографии.

Наши предположения о плюмах заключаются в следующем. Источником вещественного состава плюмов может быть только внешнее ядро Земли. Плюмы, внедряясь в нижнюю мантию, становятся дополнительным источником геодинамических сил и вместе с веществом нижней мантии обуславливают глубинные процессы. Плюмы не достигают верхней мантии, а тем более основания литосферы, лишь в отдельных местах они могут изредка проникать в среднюю мантию. В модели А.М.Никишина (Лобковский и др., 2004) восходящее мантийное движение вещества связывается с подъемом плюмов, что обосновывается разностью скоростей – плюмы движутся быстрее (на порядок), чем мантийные конвективные потоки. Неясно, как плюмы преодолевают обратные течения этих потоков; вступая в нижнюю мантию, малые плюмы скорее всего смешиваются с веществом нижней мантии. Места образования плюмов ограничены, поскольку они могут входить в нижнюю мантию там, где рельеф поверхности внешнего ядра слабовыпуклый (от 2 до 6 км). По данным сейсмотомографии такие выпуклости расположены под океанами – Атлантическим (высота 6 км), Тихим (4 км) и Индийским (2 км).

Следует подчеркнуть все возрастающую роль GPS-измерений в инструментальном подтверждении достоверности современных гипотез и теорий тектонического развития Земли. По направлению и величине векторов скоростей горизонтальных перемещений пунктов GPS-наблюдений можно судить о характере проявления эндогенных процессов в тектоносфере Земли. GPS-технологии позволяют оперативно осуществлять мониторинг «живой» тектоники локального, регионального и глобального уровней, решая тем

самым насущные задачи научного и прикладного характера.

Объединение высокопрофессиональных научных исследований и современных технологий позволит в обозримом будущем создать новую теорию – парадигму тектонической эволюции Земли.

На наш взгляд, ожидаемые новые идеи, обобщенные в теории, могут быть более убедительно сформулированы на основе двух главных глубинных факторов – общемантийной и дифференцированной по ее разделам (нижняя, средняя и верхняя мантия) конвекции.

ЛИТЕРАТУРА

- БЕЛОУСОВ, В.В. 1962. Основные вопросы геотектоники. Геолтехиздат. Москва. 607.
- БЕЛОУСОВ, В.В. 1989. Основы геотектоники. Недра. Москва. 379.
- ГОНЧАРОВ, М.А. 1999. От тектоники литосферных плит – к геодинамике иерархически сопряженных геосфер. *Отечественная геология*, 3, 10-17.
- ЛОБКОВСКИЙ, Л.И., НИКИШИН, А.М., ХАИН, В.Е. 2004. Современные проблемы геотектоники и геодинамики. Научный Мир. Москва. 610.
- МЕЙЕРХОФФ, А., МЕЙЕРХОФФ, Г. 1974. Новая глобальная тектоника – основные противоречия. В кн.: *Новая глобальная тектоника (тектоника плит)*. Мир, Москва, 377-454.
- НИКИШИН, А.М., ЯКУБЧУК, А.С. 2002. Модель глобальной тектоники: взаимодействие плит и плюмов. *Бюлл. Моск. О-ва Испытателей Природы. Отд. Геол.*, 77, 2, 3-17.
- ПУЩАРОВСКИЙ, Ю.М. 2001. Тектоника и геодинамика мантии Земли. В кн.: *Фундаментальные проблемы общей тектоники*. Научный Мир, Москва, 10-33.
- ПУЩАРОВСКИЙ, Ю.М., ПУЩАРОВСКИЙ, Д.Ю. 2007. Опыт, подходы к истории развития геосфер мантии Земли. *Геотектоника*, 1, 6-15.
- ПУЩАРОВСКИЙ, Ю.М., ПУЩАРОВСКИЙ, Д.Ю. 1999. Геосферы мантии Земли. *Геотектоника*, 1, 3-14.
- ХАИН, В.Е., КОРОНОВСКИЙ, Н.В. 2007. Планета Земля от Ядра до Ионосферы. Учеб.пособ. Москва. 243.
- ХОМИЗУРИ, Г.П. 1976. Развитие понятия геосинклиналь. Наука. Москва. 235.
- ALBAREDE, F. 1998. Time – dependent models of U-Th-He and K-Ar evolution and the hayering model of mantle convection. *Chem. Geol.*, 145, 413-429.