

О ПАРАДИГМАХ В ГЕОЛОГИИ И НЕЛИНЕЙНОЙ ГЕОДИНАМИКЕ

В последнее десятилетие XX века явно вырос интерес к проблеме о парадигмах в истории геологии и к учению о нелинейных геологических и геофизических процессах, с которыми в значительной мере связывается зарождение новой парадигмы. Поискам, ведущимся ныне в этой сфере научных интересов и посвящена наша работа.

Под термином “парадигма” понимается исходная, широко разделяемая научным сообществом концептуальная схема (Пушаровский, 1995). К настоящему моменту о парадигмах в истории геологии и о перспективах замены нынешней парадигмы новой концептуальной схемой наметились, по крайней мере, три позиции. В российской науке это не во всем совпадающие позиции академиков РАН Ю.М. Пушаровского и В.Е. Хаина, в зарубежной - японских геологов М. Кумазавы, С. Маруямы и др.

Позиция Ю.М. Пушаровского довольно обстоятельно изложена в ряде его работ (1995; 1996; 1997 и др.). По его мнению, в истории геологии сменились последовательно две парадигмы - теория геосинклиналей и теория тектоники литосферных плит. Теория геосинклиналей возникла на базе геологии континентов. Ее начала были опубликованы в 1859 г. английским геологом Д. Холлом. Автором термина “геосинклиналь” считается бельгийский геолог Д. Дэна, который в 1873 г. ввел его в постоянное обращение. Под этим термином Дэна понимал глубокие и подвижные прогибы земной коры, заполненные мощными толщами осадочных пород. В ходе времени учение о геосинклиналях совершенствовалось, превратившись к середине XX в. в высоко развитую теорию с характерным набором понятий, терминов и классификационных категорий.

Теория геосинклиналей господствовала в науках о Земле более 100 лет. Но в начале 2-ой половины XX в. время, как говорят тектонисты, смело эту теорию как парадигму из-за ее неспособности объяснить ряд геологических, в том числе фундаментальных факторов. К ним относятся (Пушаровский, 1990): механизм возникновения геосинклиналей и начальные этапы их развития; тектоника океанов и океанские тектонические феномены; крупные горизонтальные перемещения масс земной коры и мантии.

Теория геосинклиналей уступила место теории тектоники литосферных плит (ТЛП). Смена парадигм произошла в течение всего нескольких лет. В начале 60-х годов американские геологи (Хесс, 1960; Дитц, 1962; Вайн & Метьюз, 1963) обосновали гипотезу о разрастании океанского дна и ввели в науку термин “спрединг”. В 1967-1968 гг. в серии статей было дано разностороннее обоснование новой теории (Новая глобальная..., 1974; Ле Пишон и др., 1977).

Сущность теории ТЛП состоит в том, что литосфера разбита на плиты различных размеров, которые по астеносфере движутся в противоположные стороны от рифтовых зон срединно-океанических хребтов (СОХ), рис. 1. Спрединговые хребты имеют глобальное развитие, с

ними связаны дивергентные края плит. Противоположные границы – конвергентные края плит, субдуцируясь под литосферу в зонах глубоководных желобов (зоны Заварицкого-Бениофа), погружаются в мантию, рис. 2. Этот “горизоналистский” мобилизм и составляет главное идейное отличие теории ТЛП от геосинклинальной теории, отражавшей фиксистское мировоззрение в геологии.

Геодинамические построения в теории ТЛП получили разностороннее (геологическое, палеонтологическое, геоморфологическое, палеоклиматическое и др.), но, прежде всего, и это подчеркивается (Пушаровский, 1995), геофизическое обоснование. По трассам главных поясов сейсмичности Земли были определены контуры наиболее крупных литосферных плит: Евразийской, Африканской, Североамериканской и др. Линейные магнитные аномалии океанов и координаты палеомагнитных полюсов рассматриваются в качестве прямого доказательства спрединга океанического дна и дрейфа материков. Гармоничное соединение глобальной геофизики, геологии и математики, осуществленное впервые в истории наук о Земле способствовало быстрому совершенствованию новой теории, которая со временем все более усложнялась. Крупные плиты дробились на более мелкие – микроплиты и наноплиты, возникли представления о внутриплитных и окраинноплитных деформациях, о двухъярусной тектонике и др.

Но, достигнув уровня высокоразвитой парадигмы, много способствовавшей прогрессу геологических знаний, получив завидное признание в научном мире, теория ТЛП в последние годы начала утрачивать свои позиции. Уже с момента возникновения она отвергалась представителями жестко фиксистского мировоззрения в геологии; наиболее известными и влиятельными которого были В.В. Белоусов и А. Мейерхофф. Особенно уничтожающей критике ТЛП, а вместе с ней и тектоника террейнов подверглась в одной из последних работ Белоусова (1991).

С другой стороны, существуют мобилистские течения, отличающиеся от теории ТЛП. Прежде всего, это созданное в 70–80 годы под руководством А.В. Пейве учение о тектонической расслоенности литосферы, как ее общем свойстве, одинаково характерном для континентов, океанов и переходных зон континент – океан. Фактической основой учения явились открытия покровно-складчатой структуры крупных горных сооружений; многообразных тектонически расслоенных аккреционных комплексов, сформированных мощными горизонтальными движениями (тихоокеанские континентальные окраины); надвиговых деформаций в литосфере современных и древних океанов; несогласованных глубинных тектонических планов.

Подобные структурные образования формируются в неоднородной литосфере в результате латеральных срывов или тектонического течения неоднородных масс, про-

изводимых эпизодическими энергетическими импульсами эндогенного и космического происхождения. Обладая различными скоростями на разных литосферных уровнях, движение масс (литопластин) совершается преимущественно по астенослоям и астенолинзам, сопровождаясь образованием ансамблей тектонического скупивания и зон растяжения, общей тектонической перестройкой, относительным проскальзыванием литопластин.

Констатируя "...отличие модели тектонической расслоенности литосферы от модели тектоники плит, предполагающей целостное перемещение тектонически-пассивных литосферных плит" (Пушаровский, 1995) и обращая внимание на тот факт, что "А.В. Пейве их даже противопоставлял...", говоря при этом: "Мы больше мобилисты, чем они" (Пушаровский, 1997), автор, вероятно, дает понять, что модель тектонической расслоенности литосферы признается альтернативной по отношению к ТЛП. Хотя прямо об этом не говорится.

Тектоника террейнов (фрагментов) является еще одним мобилистским учением, которое в 1980-е годы предложили Д. Джонс, Дж. Монгер и др. Это учение претендовало на роль альтернативы ТЛП. Но скоро определилась его меньшая значимость по сравнению с другими направлениями, после чего террейновую тектонику стали рассматривать лишь в составе плейттектонической модели. Учение о террейнах "... было приспособлено к новой глобальной тектонике и свелось фактически к механизму континентальной аккреции" (Пушаровский, 1995). С его позиций объясняется, например, формирование структурных сооружений восточной (от Аляски до Огненной Земли) и западной окраин Тихого океана. Но в современности признаки трансокеанских движений террейнов не обнаружены.

Как самостоятельное предлагается (Пушаровский, 1995) рассматривать направление, именуемое вегенеровским. Вегенером, как известно, обосновывалась идея раскола континентов и изостатического "плавания" на базальтовом субстрате сложенных породами гранитного типа континентальных глыб. Речь шла о горизонтальных перемещениях на расстояния в тысячи километров именно гранитных глыб, а не плит. В 60-е годы эта идея вновь ожила в теории новой глобальной тектоники, но теперь плиты имели мощность литосферы и двигались по астеносфере.

Выделение вегенеровского мобилистского направления в самостоятельное основывается главным образом на результатах сейсмотомаграфических исследований. Согласно им, объемная оформленность континентов прослеживается по вертикали на сотни километров, так что их нижние ограничительные зоны (корни) находятся на глубинах 400 – 500 км. Эти цифры отвечают суммарной мощности коры и верхней мантии (при общепринятой для нее области от границы Мохо до гл. 413 км). Астеносферный слой, по которому перемещаются плиты, находится внутри верхней мантии. Таким образом, нижние зоны ограничения сейсмотомаграфических континентов находятся не только намного глубже подошвы материков, но и литосферных плит. Предстоит выяснить, какова в таком случае природа дрейфа обособленных сейсмотомаграфических континентов, подтверждаемого данными лазерных измерений. К числу крупных, глубоко сидящих континентальных массивов относятся переместившиеся на относительно небольшие расстояния Мадагас-

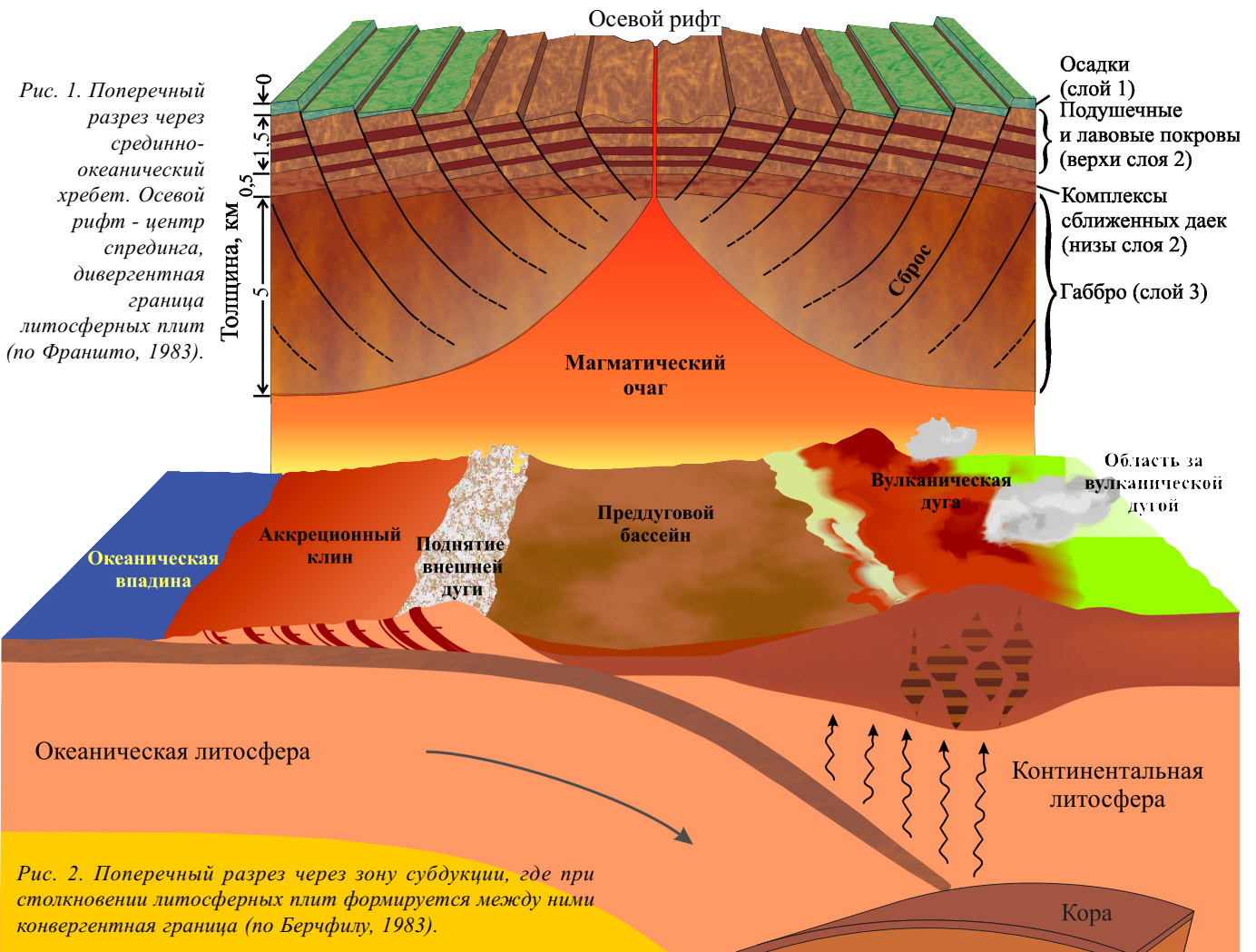
кар, Аравия и Гренландия, а на большие – Индия, Сибирская платформа, Тибетский блок и др.

Укрепляется мнение, что с постулатами НГТ не согласуется ряд фактов. Так, устойчивой исходной идеи о планетарной конвекции, обуславливающей конвейерное движение плит по глобальной астеносфере, подтачиваются данными: о разноуровневом залегании и прерывистом характере астеносферного слоя; о наличии в низах коры и мантии большого числа астенослоев и астенолинз. Отсюда сделан вывод, что "...упорядоченный конвективный процесс в мантии с его линейными законами может быть распространен лишь ограниченно" (Пушаровский, 1995).

Другой постулат – спрединг, рассматриваемый как явление, определенно доказанное. В последнее время возникла неопределенность в вопросе об охватываемых спредингом пространствах на океанском дне. Основанием для этого послужили данные, свидетельствующие о релаксации спрединга на разных расстояниях от осевой зоны Мировой рифтовой системы, что трудно объяснить с позиции ТЛП. Выявленное в Атлантическом океане большое разнообразие разломов и разломных зон, различно расположенных относительно СОХ, также требует действия "...какого-то особого... фактора, не имеющего отношения к тектонике плит" (Пушаровский, 1995).

Третий постулат – субдукция в первоначальном употреблении этого термина обозначает погружение в зонах глубоководных желобов цельных жестких литосферных плит до глубин 600 км и более. Но ставится под сомнение как "цельность" так и "жесткость", а, следовательно, и тектоническая пассивность крупных плит. На примере Тихоокеанской плиты показано, что литосфера претерпевает в ходе времени большие преобразования. Они проявляются в образовании разломов, горстов и грабенов, в формировании тектоновулканических сооружений, структур тектонического скупивания и складчатых форм, сопровождаются значительными колебательными движениями, интенсивными магматическими процессами. Не менее сложным и масштабным преобразованиям подвержена литосфера и других плит. Следует вывод, что выделяемые в плейттектонической доктрине плиты "...кажутся не более чем результатом искусственных построений, а отсюда и представление о субдукции (в первоначальном понимании этого термина) теряет опору" (Пушаровский, 1995).

Итак, на фоне других мобилистских учений, в связи с возникшими сложностями в оценке природы определенных явлений, сопровождающих спрединг, несостоятельностью субдукции и другими факторами теория ТЛП лишилась в последние годы того доверия и признания, которыми пользовалась еще вчера. Поэтому ее место должна занять новая, также во многом мобилистская парадигма. Ибо о горизонтальных движениях масс свидетельствуют результаты изучения палеомагнетизма, лазерных измерений со спутников, наземных интерферометрических и геодезических наблюдений. Но смена парадигм наступит лишь с прогрессом геологических знаний, во многом связываемым с новыми открытиями и с последствиями рассмотрения как отдельных геосфер, так и Земли в целом в качестве открытых систем. Признание фактора "открытости" привело к появлению в науках о Земле таких понятий, как хаос, самоорганизация, нелинейная геодинамика и сейсмология и др. Включение их в основной фонд геологичес-



ких понятий "...означает, что наука вступила на путь, ведущий к новой парадигме" (Пушаровский, 1995).

Хаос, детерминированный хаос предшествуют формированию геологических структур. По И.Р. Пригожину из хаоса вследствие самоорганизации возникает порядок. По Ю.М. Пушаровскому фаза самоорганизации сменяется фазой саморазвития и появлением геологической структуры того или иного масштаба. Проявление этих фаз усматривается, в частности, в смене тектоно-магматических этапов. В одной из работ по синергетике (Летников, 1992) содержится следующее обобщение: "Практически все геологические системы диссипативны. Наиболее точное определение диссипативных структур дано В. Эбеллингом (1979) – пространственные или пространственно-временные структуры, которые могут возникать вдали от равновесия в нелинейной области, когда параметры системы превышают критические значения". Далее: "Важное значение для понимания эволюции нелинейных систем имеет определение критериев устойчивости, ибо даже небольшое изменение одного из параметров может привести к бифуркации и переходу системы в совершенно новое качественное состояние". Еще более "приземляя" эти мысли, говорится: "В таких открытых системах, как геосферы, подобные переходы – обычные явления, но до сих пор они почти не учитываются при теоретических общегеологических построениях" (Пушаровский, 1995).

Прежде чем говорить о нелинейных геодинамических

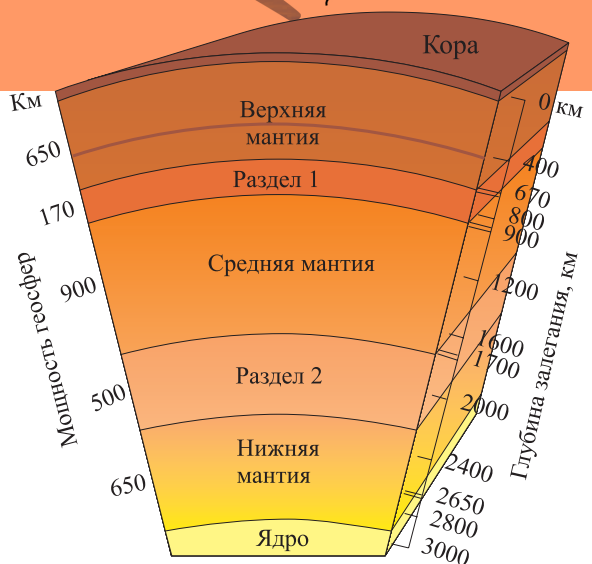


Рис. 3. Структура мантии Земли по данным сейсмической томографии (по Пушаровскому, 1997). Цифры у двойных линий - важные сейсмические границы, отмеченные в литературе.

ких процессах, полезно уяснить смысл термина "геодинамика". Самое общее определение: "...это область, изучающая силовые поля и поля напряжений в геосферах, причины, их порождающие, и следствия их воздействия на геологическую среду" (Пушаровский, 1997). Имеются более частные определения геодинамики, исходящие из предпочтительного отношения к тому или иному учению.

Теоретические начала нелинейной геодинамики относятся к работе (Пушаровский и др., 1989), где рассматривается проблема каскадной многоярусной мантийной кон-

векции тепломассопотоков. Из этой работы следует, что единая система конвективных движений в мантии отсутствует, но существует конвекция разноуровневая, отличающаяся разномасштабностью, неупорядоченностью расположения ячеек, гетерохронностью в их образовании, нерегулярностью проявления. Мантия рассматривается как система с неустойчивым вещественным составом и энергетикой, неоднородной по радиусу и по латерали.

При подобном состоянии мантии «Лишь временами, вследствие самоорганизации, оформляются региональные и, возможно, даже глобальные энергетические концентры, но с философской точки зрения и они не являются длительно (относительно, конечно) устойчивыми (Пушаровский, 1995). «...Нелинейная геодинамика призвана изучать радикальные отклонения от последовательности (линейности) в развитии геодинамических систем, отклонения, нарушающие упорядоченность и регулярность геологических процессов, их бифуркаций (Пушаровский, 1997).

Нелинейные геодинамические процессы проявляются на различных глубинах внутри Земли, возникая под воздействием как эндогенных, так и внеземных факторов. Первые являются отражением энергетического дисбаланса, возникающего в результате сложных, неупорядоченных внутриземных процессов. Внеземные факторы сводятся к следующему:

1. Изменения наклона оси и угловой скорости вращения Земли, которые вероятно, носят хаотический характер. Даже малейшие изменения в первоначальном положении или скорости движения планеты могут непредсказуемо сказаться на ее движении в отдаленном будущем (Кегг, 1992), вызвать существенные изменения в распределении полей напряжения в геосферах (Авсюк, 1993).

2. Приливные силы, возникающие в результате гравитационного взаимодействия в системе Земля-Луна.

3. Столкновение с Землей или близкое к ней прохождение достаточно крупных космических тел.

4. Скопления космической пыли, пересекаемые Землей на ее пути по галактической орбите.

О нелинейных геодинамических процессах свидетельствуют коровые и мантийные, особенно латеральные тектонические, магматические и геофизические неоднородности. Планетарные латеральные коромантийные неоднородности представлены наблюдаемой картиной пространственного распределения континентов и океанов, они определили деление Земли на Тихоокеанский и Индо-Атлантический сегменты с их индивидуальными структурными особенностями и геодинамическими режимами, проявляются существованием Мировой рифтовой системы. В принципе, тектоническое районирование любого масштаба и любой территории основывается на наличии латеральных тектонических неоднородностей.

Магматические латеральные неоднородности иллюстрируются (Пушаровский, 1997) на примере океанских базальтов, которые еще совсем недавно считались всюду совершенно одинаковыми. Выяснилось, что океанские базальты существенно различаются по петрохимическим, геохимическим и изотопным характеристикам. Обнаружилось различие в базальтовом магматизме Атлантического, Индийского и Тихого океанов, что связывается с крупнейшими мантийными латеральными неоднородностями. В пределах океана выделяются магматические провинции различных размеров, ведущих свое начало также от латеральных разнородных мантийных источников. Латеральные неоднородности проявляются в геофизических полях. Так, в глобальных аномалиях силы тяжести проявляются наиболее масштабные мантийные, в аномалиях региональных – верхнемантийные и коровые, в аномалиях локальных – верхнекоровые плотностные неоднородности.

Мировые магнитные аномалии гипотетически объясняются либо различной степенью намагниченности каждого из нескольких литосферных суперблоков, либо их источники относятся к внешнему жидкому ядру и тогда они, как и главное магнитное поле, имеют электрическую природу. Предпочтение отдается второй гипотезе, в этом случае магнитные аномалии отражают характер латерального (сфероидального) распределения во внешнем ядре глобальных магнитных гидродинамических «вихрей», осложняющих планетарную систему конвективных течений электропроводящей жидкой массы ядра, ответственной за генерацию главного магнитного поля Земли.

НОВОСТИ НАУКИ

НАСА ОТСТАИВАЕТ СВОИ ПЛАНЫ

Б.И. Силкин

Правительство США сделало попытку сократить годовые ассигнования на эксплуатацию крупнейшего радиотелескопа в Арецибо на о. Пуэрто-Рико. Предполагалось сэкономить в 2002 г. на этом около 550 тыс. долл. Однако научная общественность резко возражала, указывая, в частности, что данный прибор используется в целях обнаружения небесных тел, опасно сближающихся с Землей, и дальнейшего слежения за ними. В результате сокращение было уменьшено на 150 тыс. долл. в текущем году, а на последующие годы финансирование пока не рассматривалось.

Утверждены ассигнования на две новые американские космические миссии. Согласно плану «Dawn» («Утренняя заря») в 2006 г. предполагается запустить аппарат для встречи с крупнейшими астероидами Веста и Церера. Годом позже космический аппарат – телескоп «Kepler» должен приступить к поиску неизвестных доселе планет размером с Землю, возможно, обращающихся вокруг различных звезд вне нашей Солнечной системы.

Для дальнейшего отстаивания финансирования проектов НАСА назначен новый заместитель директора этого учреждения – бывший астронавт Афро-Американского происхождения Чарлз Болден (С. Bolden).

Сейсмические неоднородности проявляются изменчивостью скоростей сейсмических волн в геосферах. Эти скорости - категория непосредственно наблюдаемая, их значения привязываются к соответствующим глубинам. Поэтому сейсмические методы обладают наиболее высокой среди геофизических методов информативностью. В последнее время на основе сейсмографических карт предпринята попытка (Пушаровский, 1995; 1997) более детальной стратификации мантии с выделением 6 геосфер (рис. 3) вместо ранее известных 3-х (слои В, С и Д). Каждая из геосфер отличается большой сейсмической неоднородностью и, следовательно, сложным строением. Предполагается, что в геосферах вещество способно к движениям в радиальном и латеральном направлениях. Не исключается возникновение деформаций типа пологих срывов. Сделан вывод, "...что мантийные геосферы отнюдь не являются инертными монолитами" (Пушаровский, 1997).

Заметим, что выделяемые в разряд геофизических - это неоднородности вещественного состава, ибо химико-минералогический состав вещества определяет его физические свойства, латеральная изменчивость которых является причиной аномальных геофизических полей. Очевидно, что геофизические неоднородности могут контролировать тектонические и магматические. Если верно, что "многие вещественные, структурные и геофизические неоднородности легко связываются с глубинными тепломассопотоками, а те - с представлениями о конвективных процессах" (Пушаровский, 1997), т.е. с процессами переноса вещества, то этот фактор должен иметь свое проявление в изменении гравитационного, магнитного, теплового и др. полей во времени и пространстве.

В.Е. Хаин (1966) в свою очередь констатирует, что вся теоретическая геология пережила научную революцию, когда фиксистская, именуемая им как геосинклиналино-орогенно-платформенная парадигма сменилась мобилистской парадигмой тектоники литосферных плит. О значении для глобального тектогенеза новой теории в год ее 20-летия он писал: "Наша наука приобрела 20 лет назад невиданное ранее ускорение, и ее бег становится все более стремительным..." (Хаин, 1988). На исходе 3-го десятилетия ТЛП он пишет (1996): "...несмотря на успехи, достигнутые геологией на основе применения тектоники литосферных плит и на подтверждение положенных в ее основу принципов, эта теория не может претендовать на значение глобальной геодинамической модели. В настоящее время контуры такой модели начинают намечаться, но спорным остается вопрос о месте в ней тектоники плит... она должна стать интегральной частью новой модели". Основные принципы ТЛП, получившие подтверждение целым рядом методов "...подлежат уточнению и дополнению..., они не охватывают все стороны эндогенной активности Земли, и действие тектоники плит в ее классической форме ограничено в пространстве верхними оболочками Земли (до 400 км) и во времени последним миллиардом лет ее истории". Далее следует важное уточнение "...что тектоника тектонических плит "работает" практически безупречно лишь на глобальном уровне. А вот на региональном, тем более локальном уровне ее действие осложняется расслоенностью литосферы, ее расчленением на микроплиты и террейны, окраинноплитными и внутриплитными деформациями и эффектом пульсаций объема Земли".

циями и эффектом пульсаций объема Земли".

В.Е. Хаин считает несправедливыми некоторые из упреков в адрес ТЛП. Он отстаивает, в частности, явление субдукции, привлекая в доказательство результаты глубоководного бурения и сейсмотомаграфических исследований (Алеутская дуга и о. Барбадос), ссылаясь на диссимметричное распределение зон океанской коры разного возраста относительно Восточно-Тихоокеанского поднятия, связываемое с субдукцией мезозойской коры под континенты Северной и Южной Америки. Реальность существования крупных жестких и монолитных литосферных плит, по его мнению, убедительно подтверждается Мировой системой осей спрединга, простираниями линейных магнитных аномалий, жестко в эти плиты впаиваемых, данными о распространении напряжений сжатия на расстоянии более тысячи км от оси спрединга.

В.Е. Хаин (1996) полагает, что в настоящее время не существует геодинамической модели, альтернативной ТЛП. Так, концепция тектонической расслоенности литосферы рассматривается им лишь в качестве дополнения к ТЛП: "Во-первых, эта расслоенность существенно проявляется не повсеместно, в разной степени и в разной форме; ...это другой уровень реологического расчленения верхней твердой Земли, подчиненный по отношению к выделению самой литосферы. Во-вторых, ... концепция тектонической расслоенности не содержит никакого механизма движений и деформаций литосферы...". Как еще меньший конкурент рассматривается концепция "террейнов" потому, что: террейны являются единицами делимости литосферы более высоких порядков, чем плиты больших и средних размеров.

Отвергается и вегенеровское направление: если корни континентов находятся на глубине до 400 км, то континенты включают также литосферную мантию, а их перемещение в этом случае происходит по астеносфере, а не по границе Конрада или Мохо; "... после образования соответствующих осей спрединга вместе с континентами должна была двигаться и обрамляющая их океанская литосфера, входившая в состав тех же плит, и это снова тектоника плит, а не вегенеровская версия мобилизма!" (Хаин, 1996). Возрождая вегенеровский мобилизм, Ю.М. Пушаровский допускает наличие степеней свободы перемещения континентов в литосферном, вероятно, субстрате.

На роль возможной альтернативы ТЛП, по мнению Хаина, может претендовать пульсационная гипотеза. В плитотектонической теории предполагается неизменность радиуса Земли. Если реальность пульсаций земного шара, как целого, будет доказана, а изменения радиуса окажутся значительными, то «...присущая плитотектоническим моделям изящная и строгая геометрия взаимных перемещений плит лишится своей теоретической основы» (Милановский, 1995). Полагая, что ТЛП, не имея альтернативы в современных мобилистских учениях, должна уступить место новой геологической парадигме, В.Е. Хаин (1966) сформулировал 9 основных принципов и требований, которым она должна удовлетворять. Приведем их с сокращениями, отсылая интересующихся к самой работе.

1. Новая модель должна быть подлинно глобальной, охватывать процессы, происходящие во всех оболочках Земли, до внутреннего ядра включительно. В перспективе

сюда предлагается включить гидросферу и атмосферу.

2. Новая модель должна исходить из разделения твердой Земли на геосферы (известные и вновь открываемые). Следует допустить квазиавтономность процессов (конвекция, адвекция), протекающих в каждой из геосфер.

3. В каждой из оболочек должна наблюдаться относительная взаимокompенсация восходящих и нисходящих тепломассопотоков, осуществляемая благодаря латеральным перетокам и обеспечивающая стабильность, опять-таки относительную, их ограничений.

4. Несмотря на автономность процессов, протекающих в каждой из геосфер, между ними, несомненно, проявляется взаимодействие.

5. Необходимо признать определяющую роль тектоники плит в динамике верхних оболочек Земли – литосферы и астеносферы, вместе образующих тектоносферу.

6. Должную роль следует отдать плюм-тектонике, особенно на более глубоких уровнях, чем тектоносфера. Выяснение относительного значения и взаимодействия плюм- и плейттектоники – задача современной геодинамики.

7. Все геодинамические процессы должны рассматриваться в исторической перспективе, с учетом направленности и цикличности развития Земли.

8. Объяснение многоуровневной периодичности и цикличности в изменении эндогенной активности Земли.

9. Определенная роль должна быть отведена... воздействию на Землю космических факторов, которые могут в резонансе с глубинными процессами определять периодическое изменение интенсивности последних.

Вероятно, Хаин, при формировании новой парадигмы не отводит нелинейной геодинамике такую же важную роль, как Пушаровский. Или, В.Н. Шолпо (1996), который пишет: “Весьма вероятно, что на основе нелинейной геодинамики в науках о земле будет сформулирована новая парадигма, хотя достаточно ясно, что пока мы находимся в самом начале пути”. Хаин (1996) считает: “... что нелинейность лишь нарушает и усложняет, но не отменяет закономерности, описываемые линейными зависимостями...”.

Мысли В.Н. Шолпо (1996) о формировании новой парадигмы или по его выражению “наметки сценария общей эволюции Земли” заключаются в следующем. Геосферы связаны между собой обменом вещества и энергии, основным механизмом которого была и есть многоэтажная (каскадная), иерархическая построенная адвекция (конвекция). Приводящая этот механизм в действие эндогенная энергия выделяется при процессах преобразования внутривещного вещества. Неравномерный характер выделения энергии во времени и пространстве, проявляющийся тектоно-магматической цикличностью, связывается с эволюцией системы Земля-Луна.

Свое видение проблемы имеют японские исследователи (Kumazawa & Maryama, 1994), также придерживающиеся мнения о двух парадигмах в истории геологии. Первой они называют теорию континентального дрейфа А. Вегенера, а не геосинклиналию. По мнению же российских тектонистов, в частности Ю.М. Пушаровского (1995), теория Вегенера классифицируется, как крупная, весьма прозорливая идея, не ставшая научной парадигмой. Второй парадигмой в модели японских тектонис-

тов является тектоника литосферных плит. Третья нарождающаяся парадигма в японской модели должна объединять тектонику ядра Земли, плюмтектонику, охватывающую мантию от границы ядра до гл. 670 км, и тектонику плит.

Как видим, японские тектонисты включают тектонику плит в качестве составного элемента новой парадигмы, но глубинность ее действия возрастает до 670 км. Увеличение глубины действия тектоники плит до 670 км игнорирует пластичный астеносферный слой, залегающий внутри верхней мантии, граница которой проводится на гл. 413 км. А, как известно, астеносфера, четко проявляющаяся в сейсмических данных, в теории классической ТЛП играет важную роль в обосновании движения плит. В.Е. Хаин полагает, что перечисленным выше требованиям японская модель отвечает в наибольшей степени, но не полностью, указывая, в частности, на невыполнение 8 и 9 требований. Его более общее замечание к модели связано с недостаточно полным и убедительным рассмотрением в ней вопросов глубинной геодинамики, особенно относящихся к трансформации процессов на границах главных геосфер.

Итак, теоретическая геология находится на пути к новой парадигме, ей нет пока точного названия. Но это будет парадигма XXI века, которая, имея под собой более прочный фундамент, поднимет все здание наук о Земле на новый, более высокий уровень.

Литература

- Авсюк Ю.Н. Эволюция системы Земля-Луна и ее место среди проблем нелинейной геодинамики. *Геотектоника*, №1. 1993. 13-22.
- Белуосов В.В. Тектоника плит и тектонические обобщения. *Геотектоника*, № 2. 1991. 3-12.
- Берчфил Б.К. Континентальная кора. *В мире науки*, 11. 1983. 60-72.
- Ле Пишон К., Франшто Ж., Боннин Ж. *Тектоника плит*. М. Мир. 1977.
- Летников Ф.А. *Синергетика геологических систем*. Наука. 1992.
- Милановский Ю.М. Пульсации Земли. *Геотектоника*, 5. 1995. 3-24
- Новая глобальная тектоника. М. Мир. 1974.
- Пушаровский Ю.М., Новиков В.Л., Савельев А.А., Фадеев В.Е. Гетерогенность мантии и конвекция. *Геотектоника*, 5. 1989. 3-13.
- Пушаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика. Кредо автора. *Геотектоника*, №1. 1993. 3-6.
- Пушаровский Ю.М. О трех парадигмах в геологии. *Геотектоника*, №1. 1995. 4-11.
- Пушаровский Ю.М. Новые веяния в тектонике. *Геотектоника*, № 4. 1997. 62-68.
- Франшто Ж. Океаническая кора. *В мире науки*, 11. 1983. 44-59.
- Хаин В.Е. Тектоника плит двадцать лет спустя. *Геотектоника*, 6. 1988. 3-17
- Хаин В.Е. Геотектоника на новом переломе своего развития. *Геотектоника*, 6, 1996. 29-37.
- Kerr P.A. From Mercury to Pluto, chaos pervades the Solar System. *Science*, V. 257, 1992.
- Kumazawa M., Maryama S. Whole Earth Tectonics. *J. Geol. Soc. Japan*, Vol.100, N1. 1994. 81-102.

Виталий Петрович Боронин был одним из известных геологов Казанского университета. Долгое время он проработал на кафедре геофизических методов поисков и разведки полезных ископаемых. Сфера его научных интересов была необычайно широка: палеомагнетизм, магнитостратиграфия, физика Земли, структурная геофизика, история геофизики. Он автор и соавтор более 130 научных работ, 6 монографий, Заслуженный работник Высшей школы РФ.