

ТЕОРИЯ ДРЕЙФА МАТЕРИКОВ И ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ

Кушель Е. В., Янкович Е. С.

(научный руководитель – Уласик Т. М.)

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

Изучая историю Земли и ее климат, геологу каждый раз придется решать сложные задачи, расшифровывая страницы каменной летописи, по крупницам собирать разрозненные факты. На первый взгляд кажется верным, что материки, на которых мы живем, достаточно стабильны, прочны и неподвижны. Однако вот уже несколько десятилетий все большее число фактов свидетельствует о том, что материки хотя и очень медленно, но перемещаются один относительно другого. Например, в далеком прошлом, в палеозойскую эру, около 300-400 млн. лет назад, Северная Америка, Западная, Восточная Европа и Сибирь находились в тропических широтах, а современные материки Южного полушария составляли единый крупный материк, названный Гондваной. Часть этого материка находилась в тропических широтах, но значительные территории располагались в высоких широтах, вокруг Южного полюса.

А как нам быть с дрейфом материков? Двигутся ли они или неподвижно стоят на своих местах? Да и почему возникло такое - дрейф материков и климат Земли? Есть ли что-нибудь у них общее? В данной работе мы хотим пролить свет на геологические процессы, происходящие на нашей планете и внутри земной коры. И по средствам нашего доклада мы хотим доказать, что всё-таки данная теория не стоит на месте и актуально по сей день.

Теория литосферных плит

Согласно современной теории литосферных плит вся литосфера узкими и активными зонами — глубинными разломами — разделена на отдельные блоки, перемещающиеся в пластичном слое верхней мантии относительно друг друга со скоростью 2-3 см в год. Эти

блоки называются литосферными плитами.

Впервые предположение о горизонтальном движении блоков коры было высказано Альфредом Вегенером в 1920-х годах в рамках гипотезы «дрейфа континентов», но поддержки эта гипотеза в то время не получила. Лишь в 1960-х годах исследования дна океанов дали неоспоримые доказательства горизонтальных движений плит и процессов расширения океанов за счёт формирования (спрединга) океанической коры. Возрождение идей о преобладающей роли горизонтальных движений произошло в рамках «мобилистического» направления, развитие которого и повлекло разработку современной теории тектоники плит. Утверждается, что ученые не совсем уверены, что вызывает эти самые сдвиги и как обозначились границы тектонических плит. Существует бесчисленное множество различных теорий, но ни одна из них полностью не объясняет все аспекты тектонической активности. Давайте хотя бы узнаем как это себе представляют сейчас.

Вегенер предположил, что в раннем палеозое на Земле существовали два крупных материка — Лавразия и Гондвана.

Лавразия — это был северный материк, который включал территории современной Европы, Азии без Индии и Северной Америки. Южный материк — Гондвана объединял современные территории Южной Америки, Африки, Антарктиды, Австралии и Индостана.

Между Гондваной и Лавразией находилось первое море — Тетис, как огромный залив. Остальное пространство Земли было занято океаном Панталасса.

Около 200 млн лет назад Гондвана и Лавразия были объединены в единый континент — Пангею.

180 млн лет назад материк Пангея снова начал разделяться на составные части, которые перемешались на поверхности нашей планеты. Разделение происходило следующим образом: сначала вновь появились Лавразия и Гондвана, потом разделилась Лавразия, а затем раскололась и Гондвана. За счет раскола и расхождения частей Пангеи образовались океаны. Молодыми океанами можно считать Атлантический и Индийский; старым — Тихий. Северный Ледовитый океан обособился при увеличении суши в Северном полушарии.

А. Вегенер нашел много подтверждений существованию единого материка Земли. Особенно убедительным показалось ему суще-

ствование в Африке и в Южной Америке остатков древних животных — листозавров. Это были пресмыкающиеся, похожие на небольших гиппопотамов, обитавшие только в пресноводных водоемах. Значит, проплыть огромные расстояния по соленой морской воде они не могли. Аналогичные доказательства он нашел и в растительном мире.

Строение континентального рифта

Каменная часть планеты разделена на две оболочки, существенно различающиеся по реологическим свойствам: жесткую и хрупкую литосферу и подстилающую её пластичную и подвижную астеносферу.

Подошва литосферы является изотермой приблизительно равной 1300°C, что соответствует температуре плавления (солидуса) мантийного материала при литостатическом давлении, существующем на глубинах первые сотни километров.

Литосфера разделена по плиты, постоянно движущиеся по поверхности пластичной астеносферы. Литосфера делится на 8 крупных плит, десятки средних плит и множество мелких.

Границы плит являются областями сейсмической, тектонической и магматической активности; внутренние области плит слабо сейсмичны и характеризуются слабой проявленностью эндогенных процессов. Более 90 % поверхности Земли приходится на 8 крупных литосферных плит.

Схема образования рифта

Различают три типа относительных перемещений плит: расхождение (дивергенция), схождение (конвергенция) и сдвиговые перемещения.

Дивергентные границы – границы, вдоль которых происходит раздвижение плит. Геодинамическую обстановку, при которой происходит процесс горизонтального растяжения земной коры, сопровождающийся возникновением протяженных линейно вытянутых щелевых или ровообразных впадин называют рифтогенезом. Эти границы приурочены к континентальным рифтам и срединно-океанических хребтам в океанических бассейнах.

Процесс раздвижения плит в зонах океанских рифтов (срединно-океанических хребтов) сопровождается образованием новой океа-

нической коры за счёт магматических базальтовых расплав поступающих из астеносферы. Такой процесс образования новой океанической коры за счёт поступления мантийного вещества называется спрединг (от англ. spread – расстилать, развёртывать).

Столкновение континентальной и океанической литосферных плит

Субдукция – процесс поддвига океанской плиты под континентальную или другую океаническую. Зоны субдукции приурочены к осевым частям глубоководных желобов, сопряжённых с островными дугами (являющихся элементами активных окраин).

При столкновении континентальной и океанической плит естественным явлением является подвиг океанической (более тяжёлой) под край континентальной; при столкновении двух океанических погружается более древняя (то есть более остывшая и плотная) из них. Зоны субдукции имеют характерное строение: их типичными элементами служат глубоководный желоб – вулканическая островная дуга – задуговой бассейн. Глубоководный желоб образуется в зоне изгиба и поддвигасубдуцирующей плиты.

Погружение субдуцирующей плиты в мантию трассируется очагами землетрясений, возникающих на контакте плит и внутри субдуцирующей плиты (более холодной и вследствие этого более хрупкой, чем окружающие мантийные породы). Эта сейсмофокальная зона получила название зона Беньофа-Заварицкого. В зонах субдукции начинается процесс формирования новой континентальной коры. Значительно более редким процессом взаимодействия континентальной и океанской плит служит процесс обдукции – надвигания части океанической литосферы на край континентальной плиты. Следует подчеркнуть, что в ходе этого процесса происходит расслоение океанской плиты, и надвигается лишь её верхняя часть – кора и несколько километров верхней мантии.

Столкновение континентальных литосферных плит

При столкновении континентальных плит, кора которых более лёгкая, чем вещество мантии, и вследствие этого не способна в неё погрузиться, протекает процесс коллизии. В ходе коллизии края сталкивающихся континентальных плит дробятся, сминаются, формируются системы крупных надвигов, что приводит к росту горных

сооружений со сложным складчато-надвиговым строением. Классическим примером такого процесса служит столкновение Индостанской плиты с Евразийской, сопровождающееся ростом грандиозных горных систем Гималаев и Тибета. Процесс коллизии сменяет процесс субдукции, завершая закрытие океанического бассейна. Основной причиной движения плит служит мантийная конвекция, обусловленная мантийными теплогравитационными течениями. Источником энергии для этих течений служит разность температуры центральных областей Земли и температуры близповерхностных её частей. Таким образом, основная причина движения литосферных плит – «волочение» конвективными течениями. Кроме того, на плиты действуют ещё ряд факторов. В частности, поверхность астеносферы оказывается несколько приподнятой над зонами восходящих ветвей и более опущенной в зонах погружения, что определяет гравитационное «соскальзывание» литосферной плиты, находящейся на наклонной пластичной поверхности. Дополнительно действуют процессы затягивания тяжёлой холодной океанской литосферы в зонах субдукции в горячую, и как следствие менее плотную, астеносферу.

Поскольку большинство литосферных плит современной Земли включают в себя как океанскую, так и континентальную части, следует ожидать, что присутствие в составе плиты континента в общем случае должно “тормозить” движение всей плиты. Так оно и происходит в действительности (быстрее всего движутся почти чисто океанские плиты Тихоокеанская, Кокос и Наска; медленнее всего – Евразийская, Северо-Американская, Южно-Американская, Антарктическая и Африканская, значительную часть площади которых занимают континенты). Наконец, на конвергентных границах плит, где тяжелые и холодные края литосферных плит (слэбы) погружаются в мантию, их отрицательная плавучесть создает силу F_{NB} . Действие последней приводит к тому, что субдуцирующая часть плиты тонет в астеносфере и тянет за собой всю плиту, увеличивая тем самым скорость ее движения. Очевидно, сила F_{NB} действует эпизодически и только в определенных геодинамических обстановках, например в случаях описанного выше обрушения слэбов через раздел 670 км.

Таким образом, механизмы, приводящие в движение литосферные плиты, могут быть условно отнесены к следующим двум груп-

пам: 1) связанные с силами мантийного “волочения”, приложенными к любым точкам подошвы плит. В настоящее время в мантии Земли развивается двухъячейковая мантийная конвекция с закрытыми ячейками (согласно модели сквозьмантийной конвекции) или раздельная конвекция в верхней и нижней мантии с накоплением слэбов под зонами субдукции (согласно двухъярусной модели). Современный режим мантийной конвекции, начавшийся примерно 200 млн. лет назад распадом Пангеи и породивший современные океаны, в будущем сменится на одноячейковый режим (по модели сквозьмантийной конвекции) или (по альтернативной модели) конвекция станет сквозьмантийной за счет обрушения слэбов через раздел 670 км. Это, возможно, приведет к столкновению материков и формированию нового суперконтинента, пятого по счету в истории Земли.

Тектоника литосферных плит

Тектоника литосферных плит — это первая общегеологическая концепция, которую можно было проверить.

В конце 80-х гг. завершился эксперимент по проверке движения литосферных плит. Он был основан на измерении базовых линий по отношению к далеким квазарам. Точность определения составляла первые сантиметры. Через несколько лет измерения повторялись. Была получена очень хорошая сходимость результатов, рассчитанных по магнитным аномалиям, с данными, определенными по базовым линиям.

Таким образом, тектоника литосферных плит за эти годы прошла проверку рядом независимых методов. Она признана мировым научным сообществом в качестве парадигмы геологии в настоящее время. Зная положение полюсов и скорости современного перемещения литосферных плит, скорости раздвижения и поглощения океанического дна, можно наметить путь движения континентов в будущем и представить их положение на какой-то отрезок времени.

Такой прогноз был сделан американскими геологами Р. Дитцем и Дж. Холденом. Через 50 млн. лет, по их предположениям, Атлантический и Индийский океаны разрастутся за счет Тихого, Африка сместится на север и благодаря этому постепенно ликвидируется Средиземное море. Гибралтарский пролив исчезнет, а «повернувшаяся» Испания закроет Бискайский залив. Африка будет расколота

великими африканскими разломами и восточная ее часть сместится на северо-восток. Красное море настолько расширится, что отделит Синайский полуостров от Африки, Аравия переместится на северо-восток и закроет Персидский залив. Индия все сильнее будет надвигаться на Азию, а значит, Гималайские горы будут расти. Калифорния по разлому Сан-Андреас отделится от Северной Америки, и на этом месте начнет формироваться новый океанический бассейн. Значительные изменения произойдут в южном полушарии. Австралия пересечет экватор и придет в соприкосновение с Евразией. Этот прогноз требует значительного уточнения. Многие здесь еще остаются дискуссионным и неясным.