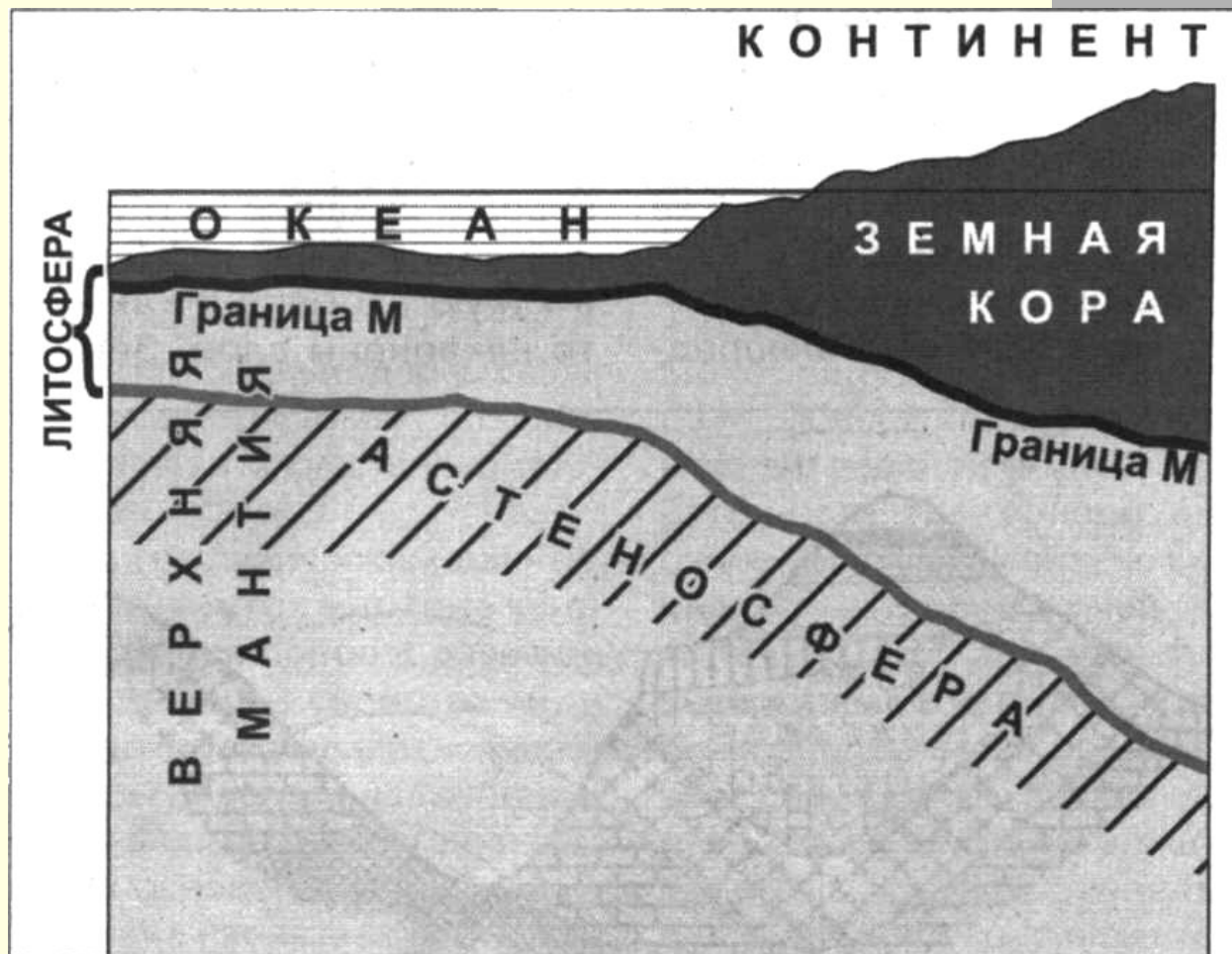


Литосфера. Теория литосферных плит

Лекция 5

Литосфера включает земную кору и верхнюю часть верхней мантии до астеносферы



Соотношение земной коры, мантии и литосферы в обобщенном виде



- **Литосфера** – это внешняя жесткая оболочка планеты, сохраняющая упругие свойства в течение длительных по геологическим масштабам промежутков времени.
- Она состоит из континентальной и/или океанской коры (сейсмическая оболочка А) и части верхней мантии (оболочка В).
- Породы литосферы имеют низкую температуру и потому не претерпевают значительных деформаций в течение временных интервалов вплоть до 10^9 лет.

Температура поверхностного слоя земной коры (в среднем до 30 м) определяется солнечным теплом. Это **гелиометрический слой**, испытывающий сезонные колебания температуры.

Ниже – еще более тонкий горизонт постоянной температуры (около 20 м), соответствующий среднегодовой температуре места наблюдения. Ниже постоянного слоя температура с глубиной нарастает – **геотермический слой**.

Изменение температуры при углублении в Землю на 100 м называется **геотермическим градиентом**. Его величина колеблется от 0,1 до 0,01 °С/м и зависит от состава горных пород, условий их залегания. Расстояние по отвесу, на которое необходимо углубиться, чтобы получить повышение температуры на 1°, называется **геотермической ступенью** (колеблется от 10 до 100 м/°С).

Типы земной коры

- Существует два **основных** типа земной коры – **континентальная и океанская**, принципиально отличающиеся по структуре, составу, возрасту и генезису.
- **I. Континентальная кора** имеет **среднюю мощность около 35 км**.
- Средняя высота континентальных областей, занимающих около 30% земной поверхности, составляет + 870 м над уровнем моря, при самой высокой точке + 8848 м (гора Эверест).
- Континентальная кора представлена породами, образовавшимися на протяжении интервала, охватывающего большую часть геологической истории Земли – древнейшие на сегодняшний день радиологические датировки пород и минералов континентальной коры составляют 3,8 млрд лет (Гренландия) и 4,1 млрд лет (Австралия).

Строение континентальной и океанической земной коры по традиционным представлениям



Строение континентальной и океанической земной коры по современным представлениям



Под материковыми платформами **континентальная кора** имеет наиболее полный разрез и состоит из **трех слоев**:

- 1. **Верхний слой**, как правило, представлен осадочными породами, часто с подчиненными включениями вулканических и слабометаморфизованных пород, с диапазоном изменения скоростей Р-волн от 2 до 5 км/с. **Этот слой условно называется осадочным**, его средняя мощность около 2,5 км.

- **2. Собственно верхняя кора** (в устаревшей терминологии – “гранитный слой”), характеризующаяся узким диапазоном изменения скоростей Р-волн от 5,9 до 6,5 км/с.
- Составы интрузивных пород, которыми представлена верхняя кора значительно различаются и колеблются от средних **диоритов** (55 – 60% SiO₂) до гораздо реже встречающихся собственно **гранитов** (более 70% SiO₂), поэтому и средний состав верхней коры ближе к составу **гранодиоритов**. Подошвой верхней континентальной коры служит **граница Конрада**, а средняя мощность верхней коры составляет около **18,5км**.

3. В **нижней коре** (в устаревшей терминологии – “базальтовом слое”) скорости Р-волн изменяются в интервале от 6,5 до 7,6 км/с.

Состав нижней континентальной коры известен хуже, чем верхней, поскольку на поверхности Земли слагающие ее породы нигде не обнажаются.

В настоящее время наиболее популярна модель, согласно которой нижняя кора большей части континентов сложена **гранулитами** среднего-основного состава (45 – 60% SiO_2).

Средняя мощность гранулитовой нижней коры **14 км.**

II. Океанская кора имеет среднюю мощность 6 – 7 км, причем на всем пространстве, где экспонирована океанская кора (а это около 70% земной поверхности), за исключением срединноокеанских хребтов, подводных гор и плато, ее мощность остается примерно **постоянной**.

- Средняя глубина океанских котловин – около 4,5 км (при максимальной глубине 11022 м в Марианской впадине).
- Возраст древнейших пород океанского дна – чуть больше 160 млн лет (средняя юра). Это означает, что вся современная океанская кора образовалась в интервале времени, составляющем всего 3 – 4% от геологического возраста Земли.

В океанах выделяются три основные геоморфологические провинции:

- **срединно-океанские хребты** со средней глубиной гребней около 3 км;

- **океанские абиссали** со средней глубиной 6,5 км и **-континентальные окраины**, которые могут быть пассивными или активными (в первом случае окраине соответствует континентальный склон, во втором – глубоководный желоб).

Наиболее полный разрез океанская кора имеет под абиссалими и состоит из трех слоев:

Слой 1 - осадочный, его средняя мощность 0,4 км.

В среднем по всем океанам мощность **слоя 1** закономерно возрастает в стороны от срединно-океанских хребтов, где кора имеет самый молодой (в рифтовых зонах хребтов – “нулевой”) возраст, и осадки попросту отсутствуют, поскольку не успевают накопиться.

Вблизи континентальных окраин, где океанская кора наиболее зрелая, а источник сноса расположен близко, мощность осадочного слоя резко увеличивается, иногда до **12 – 15 км**.

Слой 2 имеет среднюю мощность 1,4 км, изменяющуюся в пределах от 1,0 до 2,5 км. Слой 2 в целом представлен **оливиновыми базальтами** с низким содержанием калия, причем средний состав слоя 2 остается практически постоянным для коры всего Мирового океана.

Слой 3 имеет среднюю мощность около 5 км и в современных моделях океанской коры подразделяется на две части: верхний подслой представлен **габбро**, нижний подслой - **серпентинизированными перидотитами**, образующимися за счет гидратации верхней мантии в условиях интенсивной гидротермальной циркуляции. Таким образом, нижний подслой в отличие от всей остальной океанской коры первично мантийного происхождения.

III. **Переходный, или геосинклинальный тип земной коры** – соответствует переходным зонам (геосинклиналям).

- Расположены переходные зоны у восточных берегов материка Евразии, у восточных и западных берегов Северной и Южной Америки.
- Имеют следующее классическое строение: **котловина окраинного моря, островные дуги и глубоководный желоб.**
- Под котловинами морей и глубоководными желобами **нет «гранитного слоя»**, земная кора состоит из осадочного слоя повышенной мощности и «базальтового».
- «Гранитный» слой появляется только в островных дугах.
- Средняя мощность геосинклинального типа земной коры 15–30 км.

IV. Рифтогенная земная кора – характерна для срединно-океанских хребтов, мощность 1,5–2 км.

- В рифтовых зонах хребтов кора имеет самый **молодой «нулевой»** возраст и осадки попросту отсутствуют, поскольку не успевают накопиться.
- В срединно-океанских хребтах близко к поверхности подходят породы мантии. Характерная форма пород образующихся в процессе мгновенного застывания базальтовой лавы при контакте с холодной океанской водой, закрепила за ними название **подушечных лав, или пиллоу-лав (базальтов) – высокопористые и водонасыщенные, мощность – 0-1 км.**

ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 1) На сходство береговых линий Африки, Европы и Америки обратил внимание в **1596 г. Абрахам Ортелиус** (Abraham Ortelius) и в **1620 г. Фрэнсис Бэкон** (Sir Francis Bacon). Но это были скорее гениальные догадки, чем начало новой теории, поскольку в конце XVI – начале XVII веков геология как наука еще не существовала

ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 2) Первой научно обоснованной гипотезой, была **контракционная гипотеза** французского геолога **Эли де Бомона** (Elie de Beaumont) (1830-е годы). Она исходила из представлений о горячем (огненно-жидком) происхождении Земли и объясняла тектоническую активность нашей планеты ее постепенным остыванием и сжатием, за счет которых на поверхности Земли возникают горные сооружения и складчатость.

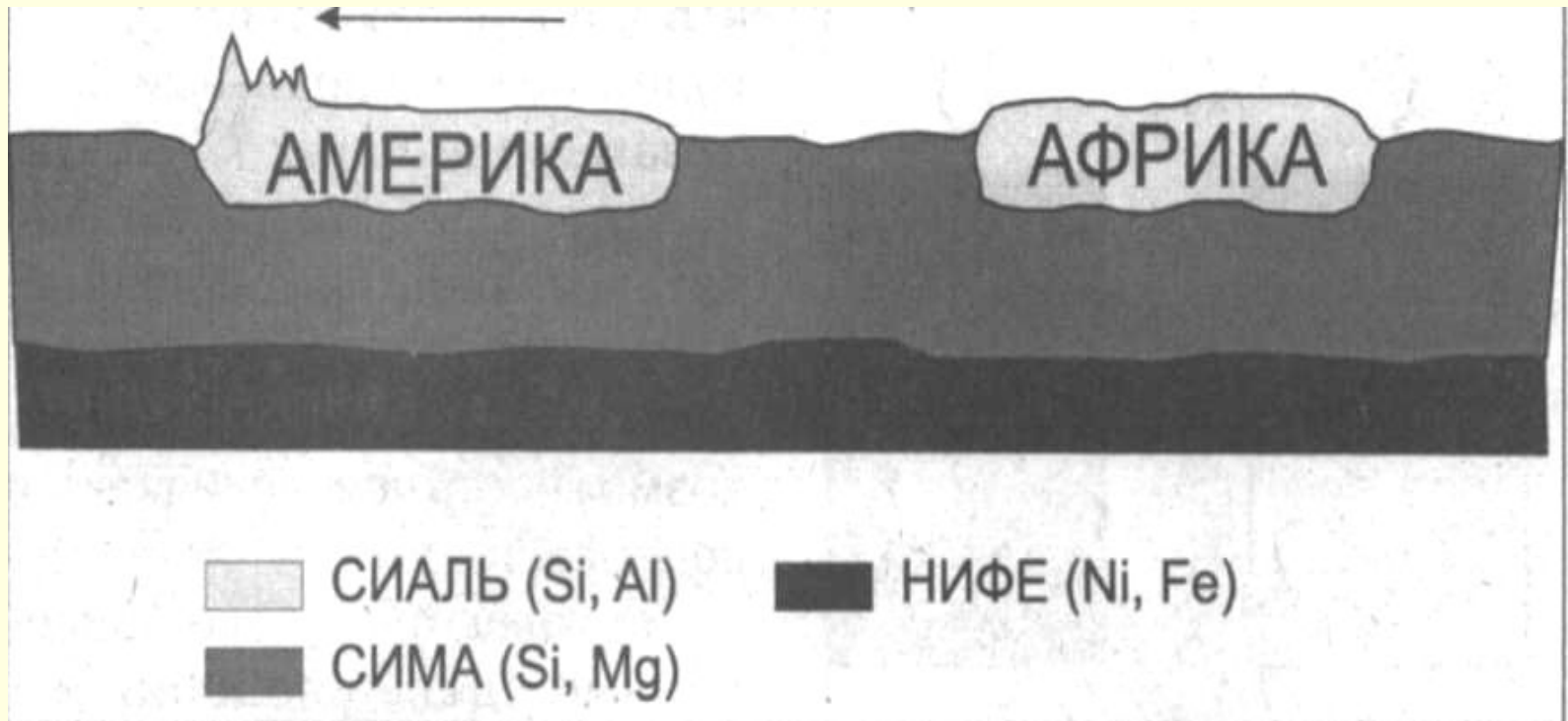
ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 3) В конце XIX века появились первые научно обоснованные **мобилистские идеи**, кардинально пересматривающие устоявшуюся контракционную гипотезу. Они принадлежали английскому физику **Освальду Фишеру** (Oswald Fisher) (1889 г.), который за основу геодинамической модели развития земной коры принял закономерности движения лавовых корок, образующихся при остывании магмы в лавовых озерах кратеров вулканов на Гавайских островах.

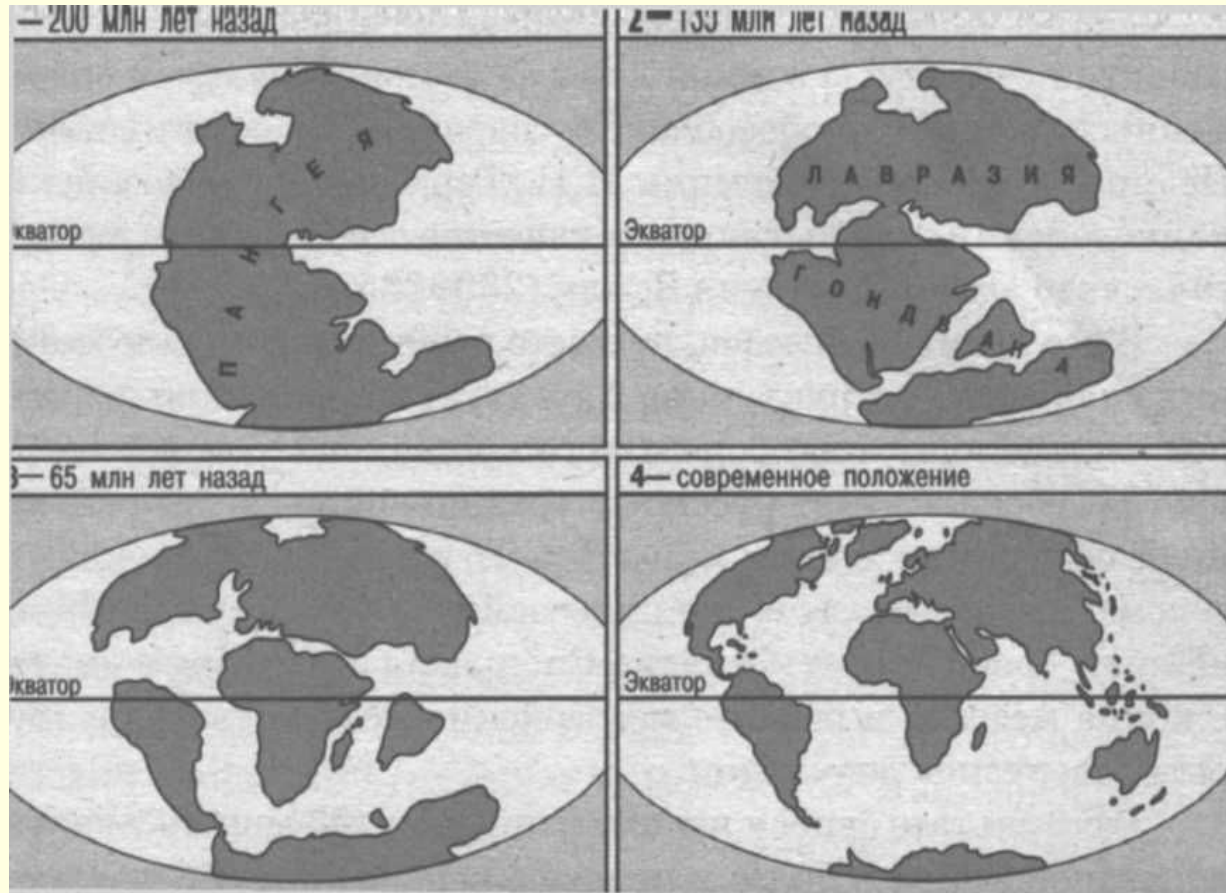
ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 4) Следующий крупный шаг в развитии мобилизма сделал выдающийся немецкий метеоролог **Альфред Вегенер** (Alfred Wegener) (**1912 г.**), предложивший свою знаменитую гипотезу дрейфа континентов.

Дрейф материков по А. Вегенеру



Реконструкция суперконтинента Пангея II



ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 5) Интенсивное исследование океанского дна, начатое еще во время Второй Мировой войны и продолженное в **1950-е** годы ВМС США, привело к открытию **крупнейшей системы подводных хребтов, переходящих из океана в океан и опоясывающих всю Землю непрерывной цепью длиной около 70 000 км.** Оказалось, что вдоль гребней этих хребтов располагаются глубокие трещины растяжения, со дна которых всегда извлекаются только **молодые базальты.** Возраст же океанского дна в целом, судя по возрастам океанских островов и донных осадков, всегда оказывался сравнительно молодым (не более 150 – 160 млн лет).

ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- **6) В 1961 г.** вице-адмирал ВМС США и одновременно профессор геологии Принстонского университета **Гарри Хесс** (Harry Hess) и американский геофизик **Роберт Дитц** (Robert Ditz) повторно высказали идею Фишера об образовании океанской коры в осевых зонах срединно-океанских хребтов, о молодости и растекании (спрединге) океанского дна, а также о погружении океанской коры в мантию в пределах сопряженных структур глубоководных желобов с островными дугами или активными окраинами континентов.

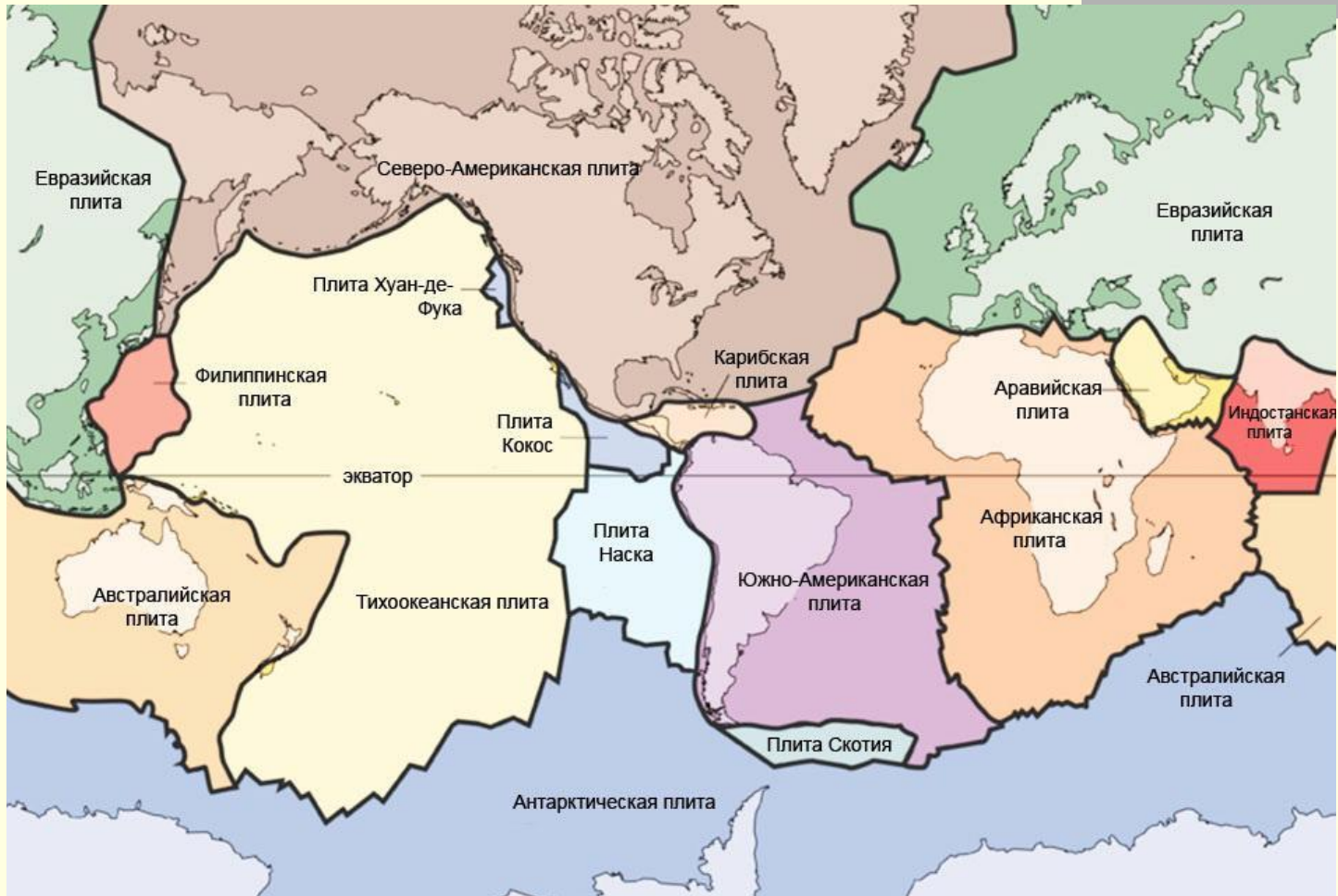
ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 7) В **1965 г.** канадский геолог **Джордж Вилсон** (George Wilson) первым сформулировал предположение о том, что **жесткая оболочка Земли, ее литосфера, разбита на ряд плит, оконтуренных тремя типами границ – расхождения, схождения и скольжения**

ТЕКТОНИКА ПЛИТ

- 8) В **1968 г.** американский геофизик **Джасон Морган** (Jason Morgan) и французский геофизик **Ксавье Ле Пишон** (Xavier Le Pichon) **выделили наиболее крупные литосферные плиты Земли** и рассчитали параметры их движения по поверхности земного шара.
- От даты публикации статьи Моргана “Rises, trenches, great faults and crustal blocks” в журнале Journal of Geophysical Researches и отсчитывает свою историю современная тектоника плит, хотя плиты в этой статье еще называются блоками. Термин “плиты” был применен впервые англичанином **Дэном Макке**

Крупные литосферные плиты



Теория литосферных плит

(основные положения)

1. Первой предпосылкой тектоники плит является разделение верхней части «твердой» Земли на две оболочки, существенно отличающиеся по свойствам – жесткую **литосферу** и более подвижную, пластичную **астеносферу**.
 2. Литосфера разделена на ограниченное число плит – в настоящее время 7 крупных и примерно столько же малых, границами которых являются **срединно-океанические хребты и глубоководные желоба**.
- К **крупным литосферным плитам** относятся (7): Евразийская, Индийско-Австралийская, Тихоокеанская, Африканская, Северо-Американская, Южно-Американская, Антарктическая. 6 средних – Аравийская, Сомалийская, Карибская, Филиппинская, Наска и Кокос.

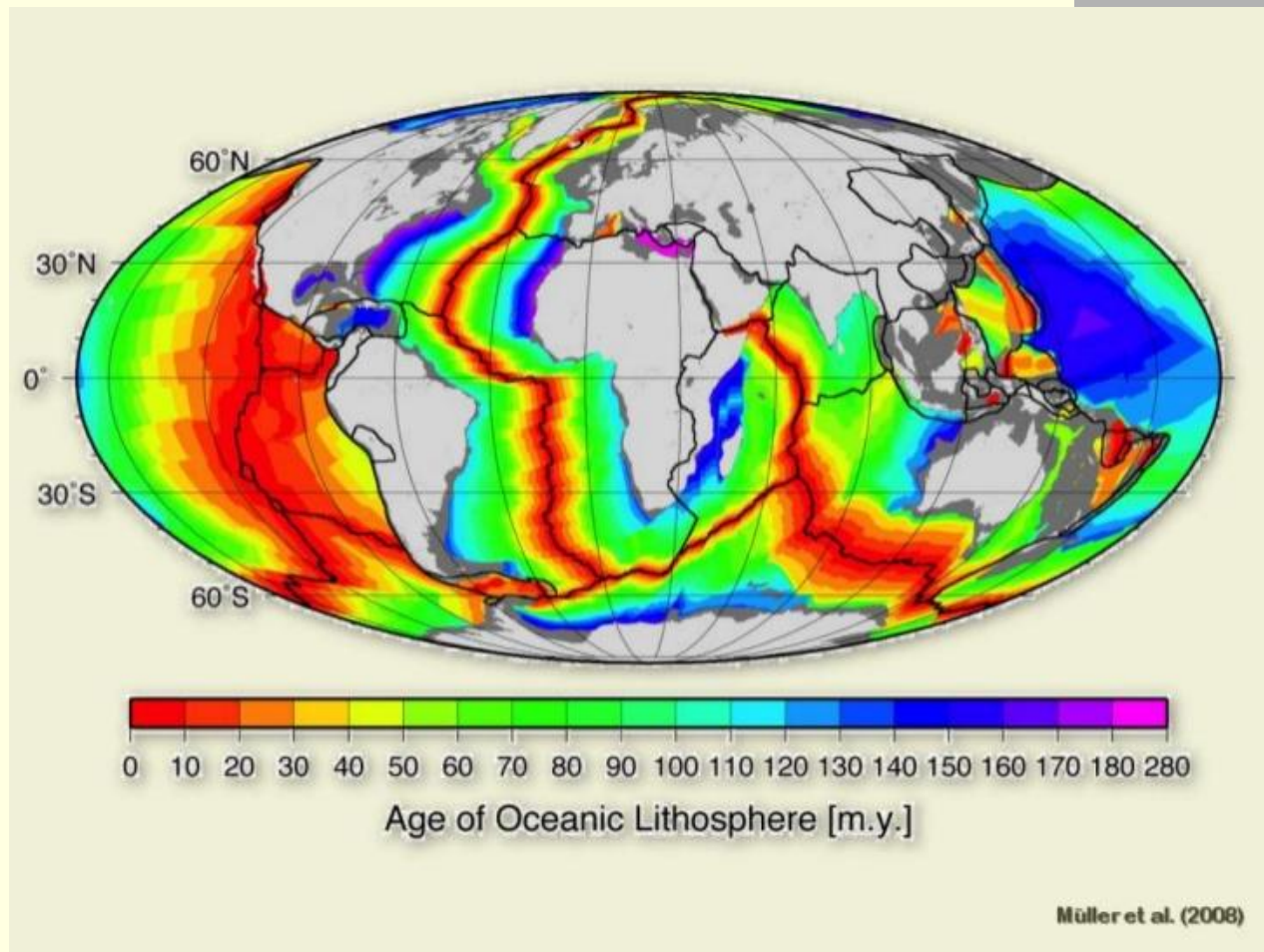
Теория литосферных плит

(основные положения)

3. По характеру взаимодействия смежных плит границы между ними могут относиться к одному из трех типов :

1. Дивергентному (спрединг)- литосферные плиты расходятся, освобождающееся между ними пространство заполняется поднимающимся снизу веществом астеносферы. В океанах им соответствуют срединно-океанские хребты с рифтовыми зонами на гребнях. Если дивергентная граница пересекает материк, то над ней возникает континентальная (материковая) рифтовая зона.


Возраст океанической коры. Самая молодая (обозначена красным) — вдоль центров спрединга.



Теория литосферных плит


(основные положения)

■ **2. Конвергентному** – схождение литосферных плит:

 **Субдукция** (лат. sub – под, ductio – ведение).

Выделяют 2 типа зон субдукции:

 **окраинно-материковый** (андский) и

 **океанский** (марианский)

- **Коллизия** (столкновение литосферных плит).

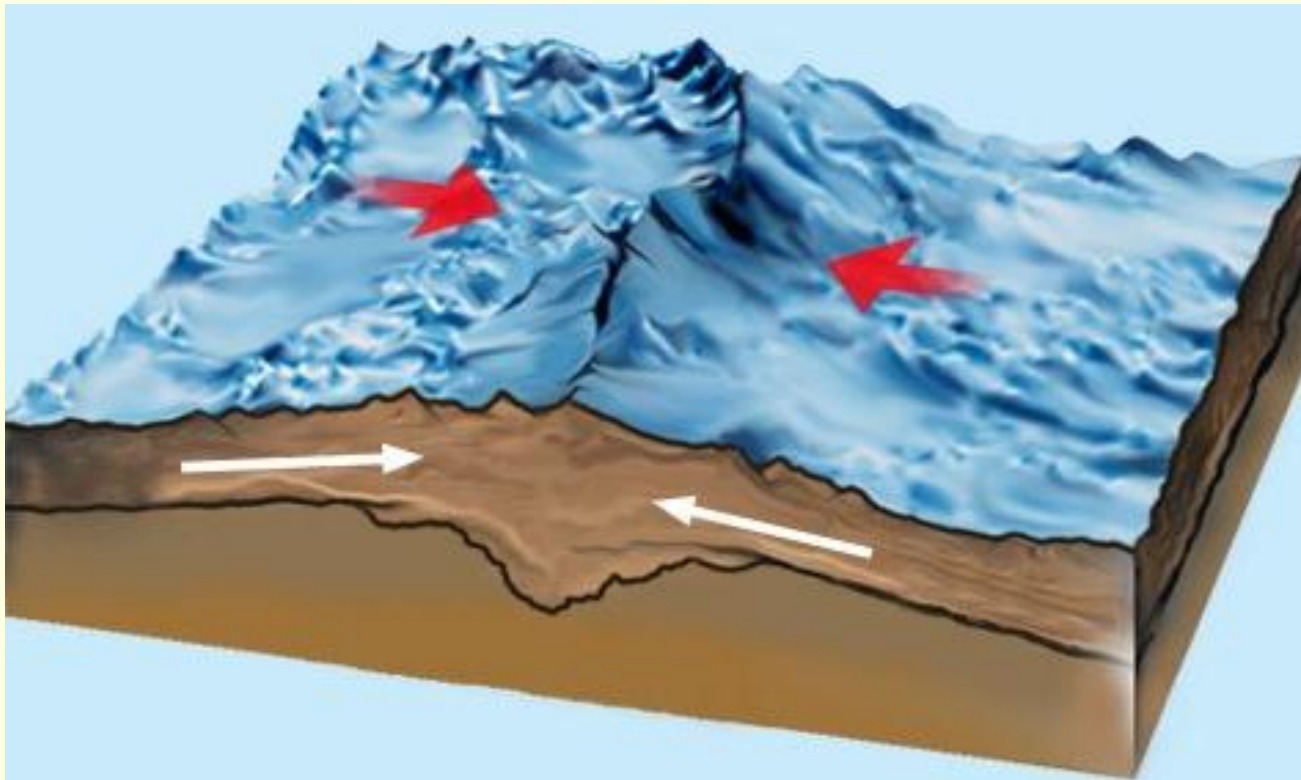
При образовании зон субдукции **океанского (марианского) типа** более древняя (и поэтому более мощная и тяжелая) океанская литосфера субдуцирует под более молодую на краю которой образуется островная дуга, другой край уходит под него, здесь уровень верхней поверхности литосферы понижается, формируется глубоководный океанический желоб



Схождение литосферных плит океанической и континентальной корой (андский тип). В данном случае погружается океанская плита под материковый край плиты образуя глубоководные желоба (характерны интенсивные вулканические и сейсмические процессы), край материковой плиты поднимается, в результате чего образуется мощная цепь гор вдоль материка.



Схождение двух литосферных плит с континентальной корой - коллизия



Теория литосферных плит

(основные положения)

3. Трансформному. На трансформных границах не происходит ни наращивания, ни поглощения литосферы, плиты просто скользят друг относительно друга. Свое название они получили из-за того, что, как правило, соединяют (трансформируют) границы других типов – чаще всего дивергентные, реже конвергентные или дивергентные с конвергентными.

Взаимодействие плит

Расхождение

Столкновение



Скорость: 1 – 10 см в год

Теория литосферных плит

(основные положения)

4. Объем поглощенной в зонах субдукции океанической земной коры равен объему коры, рождающейся в зонах спрединга.
5. Основная причина движения плит заключается в **мантийной конвекции** (в пер. с лат. «доставка»), причиной которой является накопление тепла в недрах Земли вследствие его выделения при распаде радиоактивных элементов.

Выводы

- 1. Литосфера включает земную кору и верхнюю, сравнительно небольшую часть мантии, до астеносферы.
- 2. Земная кора бывает двух типов – континентальная и океанская.
- 3. Континентальная земная кора имеет значительную (десятки км, до 80 км) толщину, ее плотность увеличивается книзу. Кора состоит из осадочных пород, ниже идут магматические и метаморфические породы различного состава.

Выводы

- 4. Толщина океанической коры 5-10 км, она сложена преимущественно базальтами.
- 5. Теория тектоники плит пришла на смену гипотезе Вегенера лишь после того, как гипотеза была полностью отвергнута.
- 6. Согласно гипотезе Вегенера материки передвигаются по более плотному веществу, слагающему океаническое дно.
- 7. По теории литосферных плит, относительно друг друга движутся большие участки литосферы – литосферные плиты, в состав которых входят оба типа земной коры.