

Модуль №1. «Общая и историческая геология»

Тема №4. Эндогенные геологические процессы

Лекция №13.

Понятие о геологических картах.

Методы изучения тектонических движений.

Учение о тектонике литосферных плит.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

Мобилистские модели развития земной коры.

Доцент, канд.техн.наук – А.Ю. Белоносов

Тюмень, 2021

Понятие о геологических картах.

Геологическая карта - это графическое изображение на топографической основе в определенном масштабе геологического строения какого-либо участка земной коры.

Среди карт принято выделять *обязательные* и *специальные карты*. К обязательным картам относятся карты: фактического материала, геологическая карта, закономерностей размещения полезных ископаемых. К специальным картам - тектоническая, геоморфологическая, гидрогеологическая, четвертичных отложений, геохимическая и др.

Специальные карты имеют более узкое назначение по сравнению с основной геологической картой и отражают лишь отдельные черты геологического строения района. Они составляются после проведения специальных съемок, использующих различные методы и технические средства.

По содержанию карты делятся на:

- геологические карты дочетвертичных отложений;
- карты четвертичных образований;
- карты полезных ископаемых и закономерностей их размещения;
- геологические карты погребенных поверхностей;
- гидрогеологические карты;
- эколого-геологические карты; Введение 19
- геоморфологические карты;
- карты нефтегазоносноеTM и угленосности территорий;
- геологические карты акваторий;
- тектонические карты;
- литологические карты;
- инженерно-геологические карты.

Понятие о геологических картах.

Геологические карты дочетвертичных отложений составляются для районов с повсеместным развитием чехла четвертичных отложений мощностью более 1-3 м. На геологических картах с помощью условных обозначений показываются: возраст, состав и происхождение коренных горных пород, условия их залегания, характер границ между отдельными комплексами и т. д. Четвертичные отложения на этих картах не показывают, за исключением тех участков, где строение коренных пород под четвертичными отложениями установить невозможно либо когда с четвертичными отложениями связаны полезные ископаемые.

На картах четвертичных отложений показываются четвертичные отложения, разделенные по генезису, возрасту и составу.

На картах полезных ископаемых и закономерностей их размещения на геологической основе отображаются все известные сведения о полезных ископаемых на данной территории: месторождения и рудопроявления, рудоконтролирующие и рудолокализирующие структуры; выделяются перспективные территории. Кроме этого, на карту наносятся результаты металлогенического анализа, являющегося основой для дальнейшего развития поисковых и геологоразведочных работ на данной территории.

Геологические карты погребенных поверхностей (фундамента) составляются для районов с многоярусным геологическим строением. В качестве примера можно привести участки платформ, где в верхней части разреза горизонтально залегают осадочные породы (платформенный чехол), а на глубине находится фундамент, сложенный метаморфическими, смятыми в складки отложениями. Карта погребенной поверхности будет представлять собой геологическую карту фундамента, составленную по результатам бурения и геофизическим данным. Образно говоря, для составления такого документа нужно с геологической карты снять всю горизонтальную толщу осадочных пород и то, что после этого мы увидим, показать на топооснове.

Понятие о геологических картах.

На гидрогеологических картах отражаются водоносные свойства пород, условия залегания и размещения, динамика, химическая характеристика и другие свойства подземных вод. Выделяются по данным особенностям комплексы пород, водоносные горизонты и т. д.

Эколого-геологические карты составляются для неблагоприятных в экологическом отношении районов. На них показываются природные и техногенные объекты, оказывающие негативное воздействие на экологическую обстановку в регионе, степень загрязнения территории.

На геоморфологических картах отображаются основные типы рельефа, его отдельные элементы с учетом их происхождения и возраста. Карты данного типа чаще всего составляются для территорий, на которых находятся россыпные месторождения полезных ископаемых.

На тектонических картах показываются основные структурные элементы земной коры: формы их залегания, время и условия формирования. Конкретное содержание этих карт сильно зависит от их масштаба.

На литологических картах дается характеристика состава осадочных и вулканогенно-осадочных пород, выходящих на поверхность или скрытых под покровом четвертичных образований. В практике работ чаще составляются крупномасштабные и детальные литологические карты.

Инженерно-геологические карты отображают инженерно-геологические условия территории, влияющие на строительство инженерных сооружений, хозяйственное использование. На картах показываются различные физические свойства горных пород.

В зависимости от вида геологосъемочных работ, а также при проведении тематических геологических исследований могут составляться и другие карты геологического содержания.

Понятие о геологических картах.

Геологическая карта - основная в серии обязательных карт. В комплексе с остальными обязательными картами она служит основой для следующего:

- 1) изображения геологического строения земной поверхности в заданном масштабе;
- 2) установления закономерностей распространения и прогноза полезных ископаемых;
- 3) рационального выбора площадей под геологическую съемку и поиски полезных ископаемых в более крупных масштабах;
- 4) разработки вопросов региональной и инженерной геологии, гидрогеологии и почвоведения;
- 5) составления сводных геологических карт и карт полезных ископаемых более мелких масштабов;
- 6) создания специальных карт (тектонических, металлогенических, гидрогеологических и т.п.).

На геологической карте с помощью специальных условных знаков изображают:

- 1) поля распространения осадочных, магматических и метаморфических пород, расчлененных по возрасту и составу;
- 2) измененные породы;
- 3) основные тела полезных ископаемых, а также вмещающие породы, благоприятные для их локализации;
- 4) границы между геологическими объектами, разделенные по степени их достоверности;
- 5) разрывные нарушения, выделенные по значимости, степени достоверности;
- 6) площади распространения кор выветривания с указанием их возраста и генетического типа;
- 7) площади распространения техногенных пород;
- 8) наиболее важные буровые скважины и горные выработки;
- 9) места выходов ископаемых органических остатков и пункты, для которых имеются определения изотопного возраста пород или минералов.

Понятие о геологических картах.

Геологические карты классифицируются также по масштабу. По этому признаку различают следующие виды карт.

1. **Обзорные карты** (мельче 1:1000 000), дающие общие представления о геологическом строении больших территорий - материков, государств (например, геологическая карта РФ). Эти карты составляются на географической основе.

2. **Мелкомасштабные карты** (1: 1 000 000 и 1: 500 000), отражающие в общих чертах геологическое строение крупных регионов (например, геологическая карта Донбасса). Карты этого масштаба служат для определения направления дальнейших более детальных геолого-съёмочных работ и предварительной оценки перспектив районов для постановки поисков полезных ископаемых.

3. **Среднемасштабные карты** (1:200 000 и 1:100 000) с большой степенью детальности характеризуют основные черты геологического строения средних по площади территорий. Они являются основным видом геологических карт, на базе которых планируются и производятся поиски полезных ископаемых.

4. **Крупномасштабные карты** (1: 50 000 и 1: 25 000) детально освещают геологическое строение сравнительно небольших по площади территорий. Эти карты становятся основными картами, используемыми для решения прикладных задач.

5. **Детальные карты** (1:10 000, 1:5 000, 1:2 000 и крупнее) дают подробную геологическую характеристику территорий месторождений полезных ископаемых и рудопроявлений или отражают условия залегания тел полезных ископаемых на действующих горных предприятиях (например, погоризонтные карты-планы рудника или шахты).

Понятие о геологических картах.

Общепринятые условные обозначения являются своеобразной азбукой различных символов, знание которых обязательно для геологов. С помощью этих символов (условных обозначений) однотипные геологические объекты и процессы независимо от территории и специалиста, составляющего карту, изображаются на геологических картах одинаково, что позволяет «читать» карту любому геологу.

К обязательным элементам геологической карты относятся:

- **системы условных обозначений,**
- **геологические разрезы,**
- **стратиграфические колонки.**

Эти элементы расположены на полях карты и составляют за рамочное оформление.

В левом поле карты находится стратиграфическая колонка, в правом - условные обозначения, внизу под картой - геологические разрезы.

Понятие о геологических картах.

На геологических картах изображаются стратиграфические, нестратиграфические подразделения и их геологические границы, разрывные нарушения, плоскостные и линейные структурные элементы, отдельные буровые скважины и другие данные.

Любой знак на геологической карте должен быть расшифрован в условных обозначениях. Среди условных знаков различают цветовые, штриховые и индексы (буквенные и цифровые).

Раскраска и индексы основных стратиграфических подразделений на геологических картах[9].

Эратема и система	До 1969 г.		После 1969 г.	
	Цвет	Индекс	Цвет	Индекс
Кайнозойская эратема	Желтый	KZ	Желтый	KZ
Системы:				
четвертичная	Светлый зеленовато-и желтовато-серый	Q	Желтовато-серый	Q
неогеновая	Лимонно-желтый	N	Желтый	N
палеогеновая	Желтый	Pg	Оранжево-желтый	P
Мезозойская эратема		MZ		
Системы:				
меловая	Зеленый	Cr	Зеленый	K
юрская	Синий, голубой	J	Синий	J
триасовая	Лиловый	T	Лиловый	T
Палеозойская эратема		PZ		PZ
Системы:				
пермская	Буро-красный, оранжевый	P	Оранжево-коричневый	P
каменноугольная	Серый	C	Серый	C
девонская	Коричневый	D	Коричневый	D
силурийская	Грязно-зеленый	S	Серо-зеленый	S
ордовикская	Оливково-зеленый	O	Оливковый	O
кембрийская	Фиолетовый	Sm	Сине-зеленый (темный)	€
Протерозойская акротема	Светло-розовый	Pt	Розовый	PR
Архейская акротема	Темно-розовый	A	Сиренево-розовый	AR

Обозначения стратиграфических подразделений

Стратиграфические подразделения показываются с помощью раскраски, индексов, крапа. При этом, возраст стратиграфических подразделений отображается цветом и индексом, состав - крапом. Цветовые обозначения стратифицированных образований должны соответствовать цветам раскраски, принятым для подразделений геохронологической шкалы.

Понятие о геологических картах.

Пачки, выделяемые в составе подсвит (свит), обозначаются арабскими цифрами, которые помещаются справа вверху от индекса подсвиты (свиты). Пример: C₂k1³3 - третья пачка верхней подсвиты калмакэ-мельской свиты среднего карбона.

Индексы выделяемых на карте подразделений четвертичной системы образуются путем прибавления слева к индексу звена буквенного символа, отражающего генетический тип отложений. Примеры: а Q_I - аллювиальные отложения нижнечетвертичного звена. Вещественный состав свит, подсвит и пачек, а также текстурные и структурные особенности слагающих их пород, отображаются с помощью крапа черного цвета.

Основные условные обозначения для магматических и нестратифицированных вулканогенных* образований

Группа пород по химическому составу	Породы	Цвет	Индекс	
			буква греческого алфавита	название буквы
Кислые	Гранит	Красный	γ	гамма
	Риолит		λ	лямбда
Средние	Диорит	Темно-малиновый	δ	дельта
	Андезит		α	альфа
Базитовые	Габбро	Темно-зеленый	ν	ню
	Базальт		β	бета
Ультрабазитовые	Перидотит	Темно-фиолетовый	σ	сигма
	Дунит		σ	сигма
	Пикрит		ι	йота
	Кимберлит		ι	йота
Нормальные, умеренно-щелочные	Сиенит	Красно-оранжевый	ξ	кси
	Граносиенит		γ ξ	гамма, кси
	Фонолит		φ	фи
Щелочные	Трахит	Оранжевый	τ	тау
	Фельдшпатоидный сиенит		η	эта
	Нефелиновый лейцит		χ	каппа

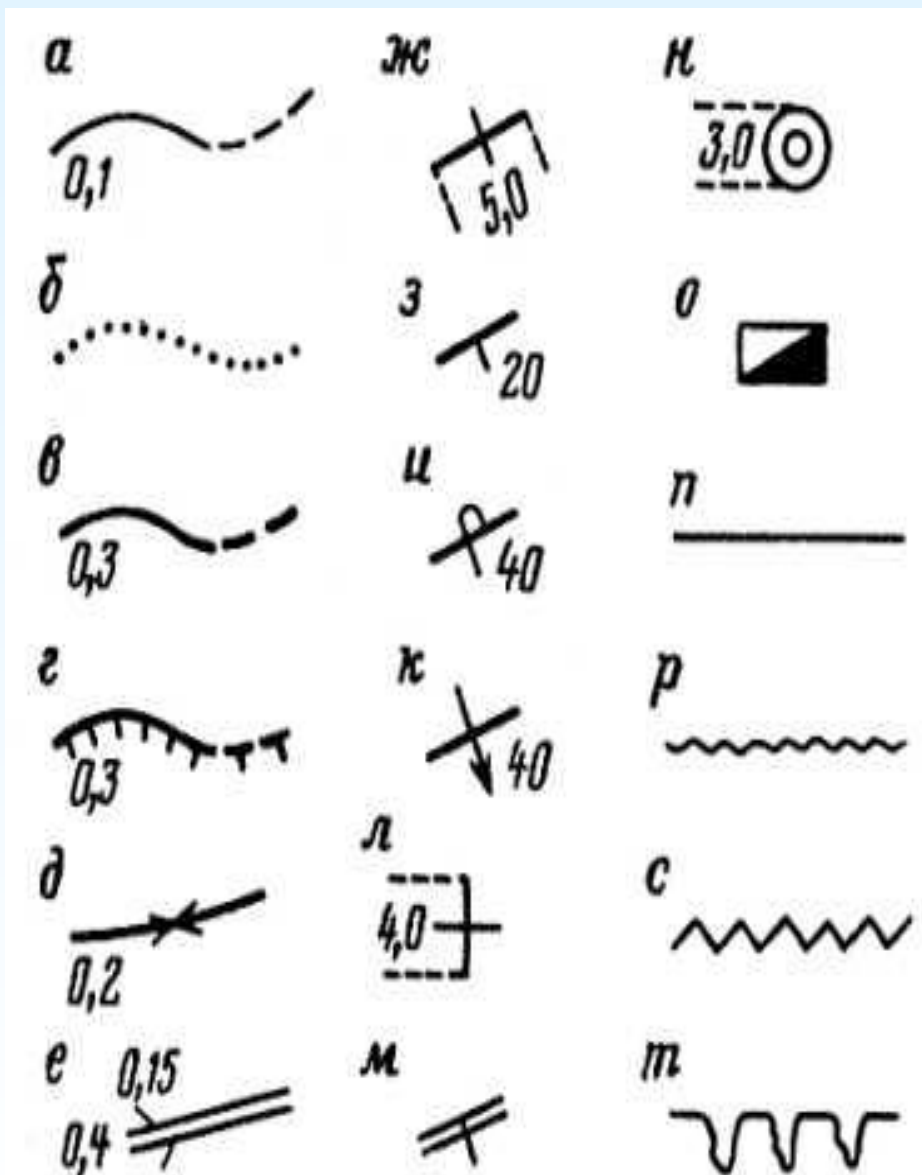
Обозначения нестратиграфических подразделений.

Нестратиграфические подразделения отражаются на карте цветом, индексами и крапом. Цветовую раскраску применяют для отображения подразделений, сложенных магматическими и некоторыми метаморфическими породами. Выбор цвета определяется составом пород, установленным с точностью до петрографической группы. Каждой группе присваивается определенный цвет. Аналогичные по составу разновозрастные подразделения закрашиваются одним цветом различной интенсивности, которая возрастает от более древних к молодым.

* Нестратифицированные и новейшие вулканогенные образования раскрашиваются цветом соответствующих им по составу интрузивных пород.


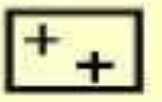


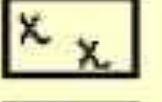
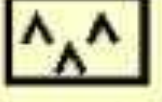
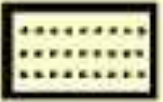
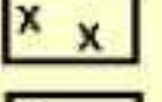
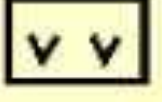

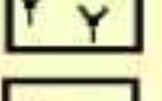


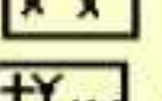
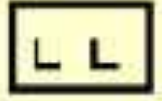
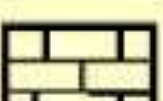
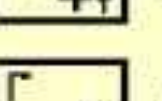
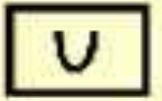

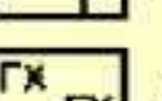

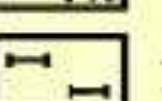


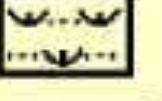

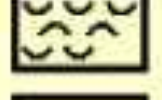

Понятие о геологических картах.

Прочие обозначения. К прочим обозначениям относятся *внемасштабные линейные и штриховые знаки*. С помощью этих знаков на геологических картах отображаются геологические границы с разделением на достоверные и предполагаемые, границы измененных пород, разрывные нарушения с подразделением их на главные и второстепенные, ориентировка разрывных нарушений, элементы залегания слоистости, гнейсоватости, буровые скважины. Если необходимо отразить петрографический состав пород - используют штриховые знаки.



Линейные условные знаки на геологических картах: а, б - геологические границы (цифры - толщина линий, мм): а - между разновозрастными образованиями (достоверные - сплошная линия и предполагаемые - пунктирная), б - фациальными и литологическими подразделениями одного и того же возраста; в - тектонические контакты (достоверные - сплошная линия, предполагаемые - пунктирная); г - то же, с указанием направления падения сместителя (бергштрихи); д - разрывы без смещения блоков (трещины); е - линии долгоживущих разломов; элементы залегания слоев (цифры для ж и л обозначают размеры знака, для з, и, к, - углы падения слоев). Залегание: ж - вертикальное, з - наклонное, и - опрокинутое, м - преобладающее наклонное. Геологоразведочные выработки (цифра - размер знака): н - буровые скважины на карте, о - шурфы: п-т- геологические границы на стратиграфических колонках - при различных соотношениях слоев: п - согласном, р - параллельном (стратиграфическом) несогласии, с - угловом несогласии, т - несогласии на неровной поверхности нижнего комплекса («карманом»)

Понятие о геологических картах.

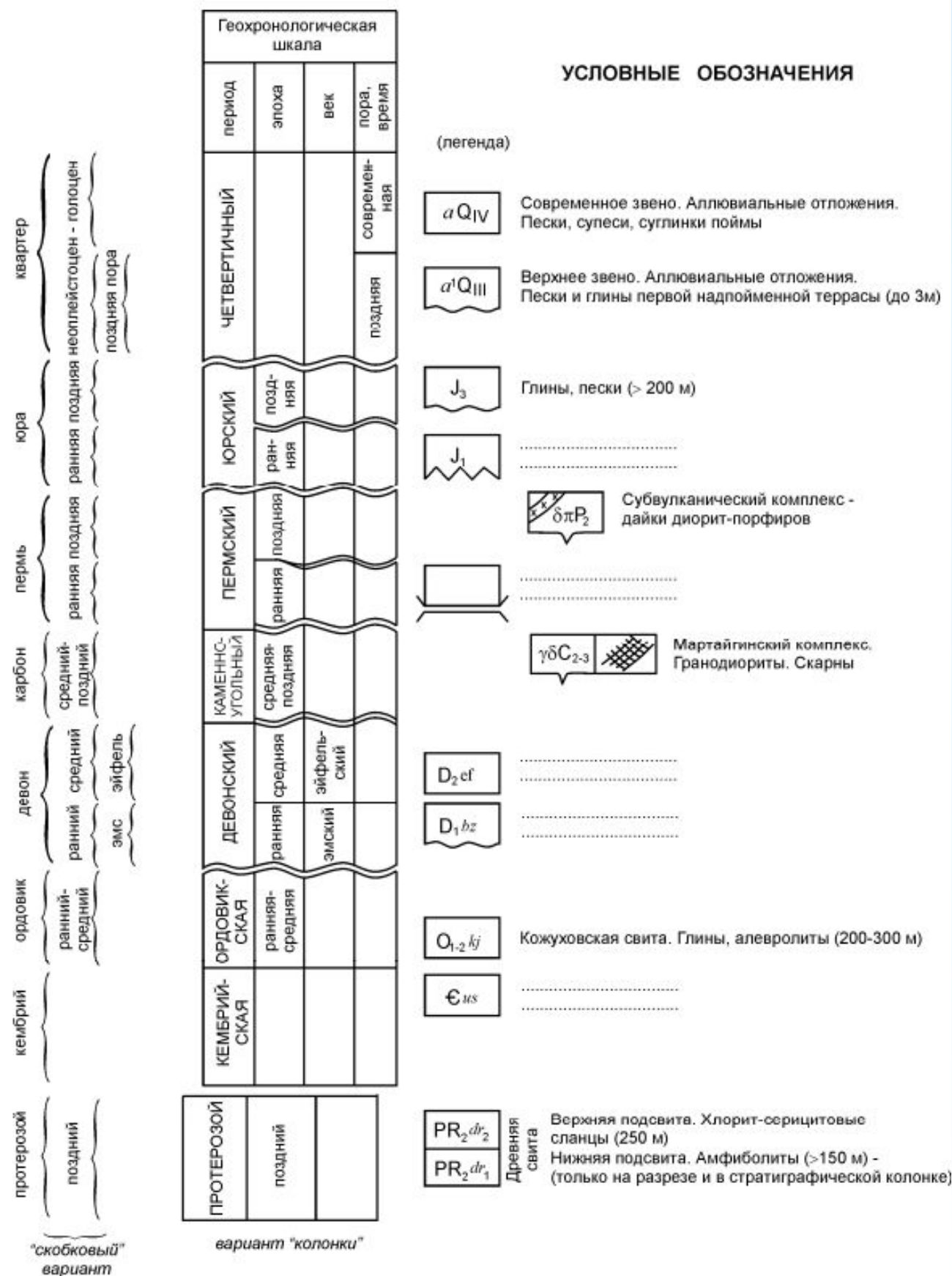
Осадочные породы	Интрузивные породы	Вулканические породы
 Конгломераты	 Граниты (Υ)	 Риолиты (λ)
 Гравелиты	 Гранодиориты (γδ)	 Дацинты (ζ)
 Алевролиты	 Диориты (δ)	 Андезиты (Q)
 Аргиллиты	 Сиениты (ξ)	 Трахиты (τ)
 Песчаники	 Монзониты (vξ)	 Базальты (β)
 Известняки	 Граносиениты (γξ)	 Шекриты (ι)
 Доломиты	 Габбро (v)	Вулканогенно-осадочные породы
 Мергели	 Габбро-диориты (vδ)	 Туфоконгломераты
	 Перидотиты (σ)	 Туфопесчаники
	 Диориты (σ)	 Туфы
		 Туффиты

Штриховые знаки состава пород и их буквенный индекс.

Понятие о геологических картах.

Условные обозначения (легенда)

Условные обозначения помещаются справа от геологической карты. Все геологические подразделения (стратиграфические и не стратиграфические) располагаются в возрастной последовательности. При этом выделяются два вертикальных ряда условных обозначений - **левый**, в котором показываются стратиграфические подразделения, и **правый**, где приводятся не стратиграфические подразделения. Слева от знаков стратиграфических и не стратиграфических подразделений приводится необходимая часть геохронологической шкалы и региональной стратиграфической схемы. Условные обозначения не стратиграфических подразделений размещаются в соответствии с положением каждого конкретного подразделения в геохронологической шкале.



Понятие о геологических картах.

Условные обозначения стратиграфических подразделений (свиты и толщи, расчлененные на мелкие подразделения - подсвиты и пачки) строятся в виде примыкающих прямоугольников, расположенных вертикально. При фациальной изменчивости свиты или различной детальности ее расчленения в разных частях района символ возраста свиты помещается в правой части микроколонки.

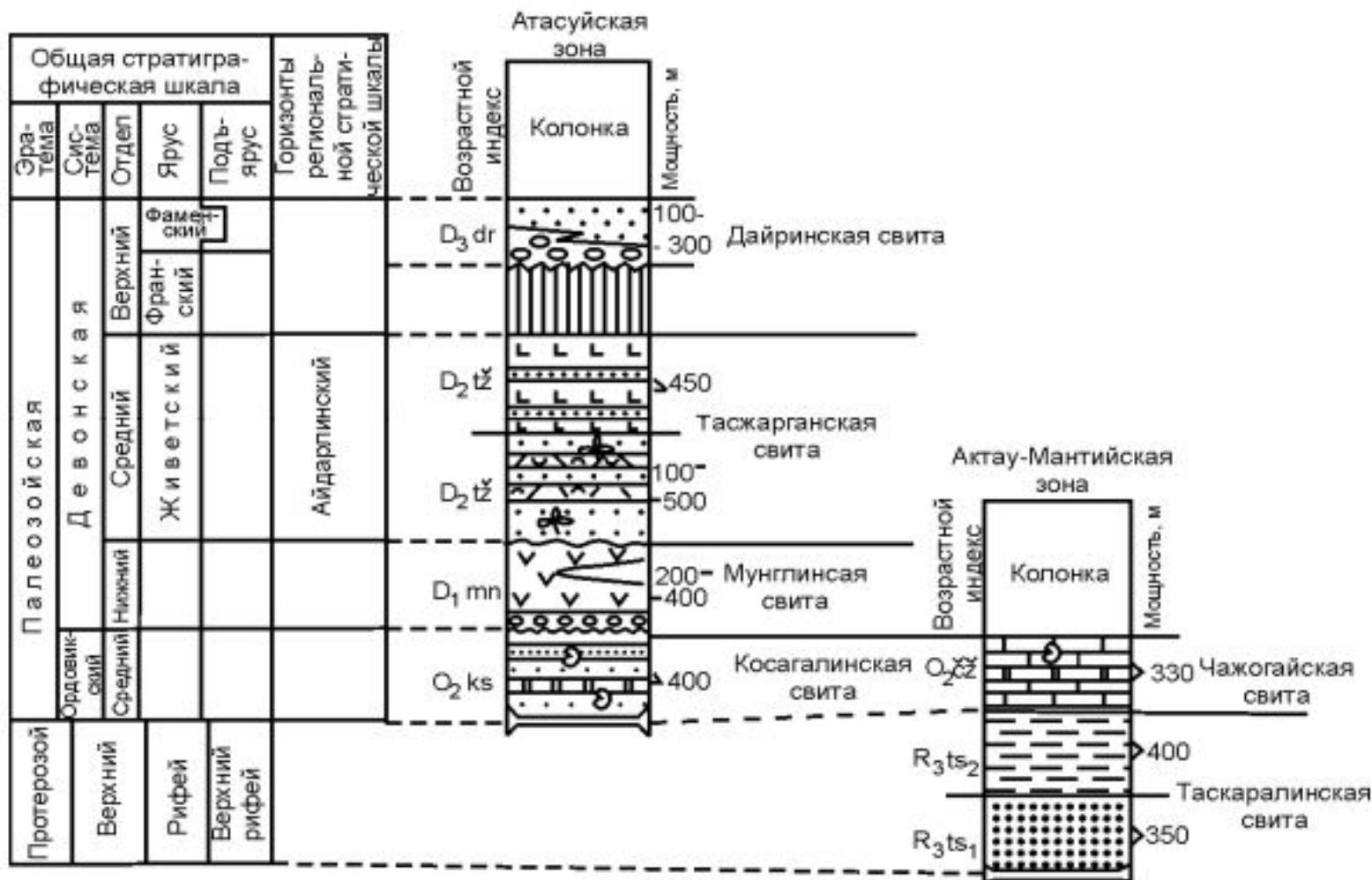
Если на одном стратиграфическом интервале в разных структурно-формационных зонах представлены различные свиты, то легенда для данного стратиграфического интервала строится по зональному принципу: для каждой зоны составляется отдельная микроколонка.

Для нестратиграфических подразделений, расчлененных на подкомплексы, также рекомендуется применять условные обозначения в виде микроколонок, которые состояются, как и для стратиграфических подразделений. В микроколонке подкомплексы должны размещаться таким образом, чтобы их порядковые номера возрастали снизу вверх. Они закрашиваются цветом или обозначаются цветовым знаком соответствующей группы пород.

Если комплексы расчленены только на разновозрастные петрографические разновидности пород, их условные обозначения имеют вид таблицы, которая делится на ряд граф по числу петрографических разновидностей в данном комплексе.

Понятие о геологических картах.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ КОЛОНКИ



Стратиграфические колонки. На стратиграфических колонках должны быть показаны в возрастной последовательности все дочетвертичные отложения, известные на изученной площади, как обнажающиеся, так и вскрытые скважинами и горными выработками. На колонках отражаются все выделяемые на геологической карте серии, свиты, подсвиты и горизонты.

Слева от колонки в возрастной последовательности показываются общие и региональные подразделения, с которыми сопоставляются местные и вспомогательные подразделения. Стратиграфические подразделения на самих колонках раскрашиваются цветами, использованными на геологической карте. В выделенных подразделениях состав пород отображается горизонтально расположенными черными знаками с детальностью, отражающей общее строение свиты. Характер соотношений между подразделениями изображается специальными знаками. Слева от колонки указываются индексы стратиграфических подразделений, справа - приводятся цифры мощности каждого подразделения и названия местных подразделений, состав.

Понятие о геологических картах.

Геологические разрезы. На геологических картах приводится не менее одного геологического разреза, которые наглядно показывают залегание геологических тел на глубине и особенности тектонической структуры района. Линия разреза может быть *прямой* или *ломаной*. На каждом разрезе должны быть показаны *гипсометрический профиль местности, линия уровня моря, шкала вертикального масштаба.*

Горизонтальный и вертикальный масштабы разрезов должны соответствовать масштабу карты. Для районов с пологим и горизонтальным залеганием пород допускается увеличение вертикального масштаба. Разрезы составляются, раскрашиваются и индексируются в полном соответствии с геологической картой и увязываются с ней по контурам, краскам, крапам, индексам. На разрезах штриховыми линиями можно показывать предполагаемое продолжение геологических границ выше земной поверхности. При необходимости тонкими черными линиями можно отразить стиль мелкой складчатости. Буровые скважины наносятся черными сплошными линиями. Забой скважины ограничивается короткой горизонтальной линией в виде подсечки, около которой проставляется глубина скважины.

Геологические разрезы помещают симметрично под картой. Над разрезом делают надпись «Разрез по линии А-Б», под ним указывают численный горизонтальный и вертикальный масштабы.

Методы изучения тектонических движений.

Изучение тектонических движений — одна из важнейших задач исторической геологии.

Тектонические движения по-разному проявляются в накопленных осадках и в рельефе местности. Поэтому существуют специфические методы исследования различных типов тектонических движений.

Выбор метода анализа тектонических движений зависит и от вида изучаемых движений (вертикальные или горизонтальные).

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Методы изучения этих движений разработаны полнее, чем методы исследования горизонтальных, так как вертикальные движения в большей степени контролируют процессы осадконакопления и, следовательно, лучше отражены в осадочных породах.

Кроме того, долгое время внимание ученых концентрировалось в основном на вертикальных движениях, которым отдавалось предпочтение перед горизонтальными.

При изучении древних, новейших и современных вертикальных движений используют различные методы.

Древние движения чаще всего изучают с помощью методов мощностей, фаций, формаций, перерывов.

При исследовании новейших движений применяют геоморфологические и биогеографические методы.

Современные движения изучают с помощью исторического метода, геодезического, геоморфологического и сейсмологического методов, метода водомерных наблюдений.

Методы изучения тектонических движений.

Метод мощностей основан на представлении о компенсации тектонического прогибания процессами накопления осадков. В этом случае мощность накопленных отложений соответствует амплитуде прогибания данного участка земной коры. В платформенных условиях, как правило, наблюдается именно такое компенсированное прогибание. Некомпенсированное прогибание — явление сравнительно редкое, присущее, в основном, глубоководным океаническим бассейнам, отделенным от континентов подводными поднятиями или рифовыми барьерами.

Для изучения особенностей пространственного распределения мощностей отложений определенного возраста составляют **карту мощностей**, или **карту изопахит** (**изопахиты** — линии, соединяющие точки с равными мощностями). Анализ карты мощностей позволяет количественно оценить амплитуду прогибания различных участков в пределах изучаемой территории. При их сравнении можно выделить палеовпадины и палеопрогибы — области прогибания, а также палеосводы и палеовалы — области относительных поднятий.

На основе карт изопахит составляют палеотектонические карты, на которых отражают наличие и пространственное распределение структурных элементов в прошедшую геологическую эпоху. Серия карт мощностей и палеотектонических карт для различных стратиграфических подразделений осадочного чехла дает возможность восстановить историю развития основных структурных элементов данной территории. Исходя из этого, можно выяснить характер развития структурных элементов (унаследованный или неунаследованный), смещение их в пространстве, определить амплитуду роста структурных элементов и т. д.

Методы изучения тектонических движений.

Для выяснения особенностей геологического развития региона или конкретной структуры составляют также палеоструктурные карты. С их помощью устанавливают последовательное изменение рельефа выбранной структурной поверхности к различным интервалам времени. Палеоструктурные карты составляют путем наращивания мощностей и построения серии карт суммированных мощностей к выбранным временным интервалам. При ограниченности фактического материала, его неравномерном размещении по площади палеоструктурных карт составляют палеотектонические профили. Методика их построения та же, что и для карт, только район исследования определяется выбранным направлением профиля.

Метод фаций — важный метод изучения тектонических движений и один из основных методов исторической геологии. Он позволяет реконструировать физико-географические условия прошедших эпох. Анализ фаций помогает восстановить палеогеографическую обстановку, оконтурить тектонические поднятия и прогибы, качественно оценить интенсивность поднятия или прогибания. Комплекс осадков, накопившихся в конкретной физико-географической обстановке прошлого, рассматривают как **геогенерацию**.

Фациальный анализ включает в себя комплексные исследования с целью определения фаций прошлого. Он делится на **биофациальный** и **литофациальный**. Учитывают также площадь распространения отложений, мощности осадков, изменения литологии пород по простиранию и т. д.

Биофациальный анализ предусматривает исследование органических остатков и следов жизнедеятельности организмов, на основании которого и определяется фация. Он основан на изучении экологии и палеоэкологии, помогающих установить взаимоотношения существующих организмов с окружающей их средой.

Методы изучения тектонических движений.

Литофациальный анализ заключается в определении фации на основе изучения горных пород, их состава, структурных и текстурных особенностей.

Фации делят на три основные группы: морские, бассейнов ненормальной солености и континентальные.

При фациальном анализе составляют *фациальные карты* и *фациальные профили*. На картах показывают территориальное распространение различных типов фаций, выделяют области отсутствия отложений, которые обычно являются источником сноса обломочного материала. Анализ карт фаций позволяет качественно охарактеризовать распределение областей тектонического поднятия и погружения в то или иное время, оконтурить тектонические поднятия и прогибы, выявить зоны крупных разломов и флексур. На основании фациального анализа составляют палеогеографические карты, на которые наносят основные элементы рельефа земной поверхности прошлых эпох. На этих картах показывают области суши, моря, древние береговые линии, прибрежные зоны, области размыва, сноса обломочного материала, пути транспортировки обломков и т. д.

Метод формаций изучает характер проявления не только вертикальных, но и горизонтальных движений, так как включает анализ суммарного эффекта тектонических движений, определяющих режим развития территорий земной коры. Под **формациями** понимают закономерное и естественное сочетание различных горных пород, образующихся на определенной стадии развития структурных зон земной коры. В отличие от фаций, формации отражают палеотектонические условия прошедших эпох. В состав формации входят несколько фаций, поэтому формацию рассматривают как комплекс фаций. К основным факторам, определяющим облик формации, относят тектонический режим, палеогеографию и в некоторых случаях вулканизм.

Методы изучения тектонических движений.

Среди формаций различают *литологические, петрографические, осадочные, вулканические, магматические, рудные, рудоносные* и др. С точки зрения анализа тектонических движений наибольшее значение имеют литологические формации, среди которых выделяют три основные группы: платформенные, геосинклинальные и передовых прогибов. Каждую из указанных формационных групп делят на классы, отражающие определенную стадию развития территории. При использовании метода формаций составляют формационные колонки, на основе которых строят **формационные карты** (карты распространения в пространстве формаций определенного типа) и **формационные профили**. Анализ этих документов позволяет судить о палеотектоническом режиме развития изучаемого района, дифференцировать его на крупные структурные элементы.

Рассмотренные методы используются для изучения нисходящих вертикальных движений. Однако существуют не только периоды прогибания, но и эпохи поднятий, которые характеризуются восходящими формами движений и региональным поднятием территорий. При этом на огромных пространствах не происходит накопления осадков, а отложения, выходящие на дневную поверхность, размываются и сносятся в прилегающие бассейны седиментации.

Режим древних вертикальных движений в эпохи перерывов в осадконакоплении и размывов устанавливают **методом перерывов**, предусматривающим составление палеогеологических карт. Предварительно, на основе имеющихся разрезов по скважинам, выявляют региональные несогласия, прослеживающиеся в пределах всего района исследования.

Методы изучения тектонических движений.

По поверхностям несогласий и составляют палеогеологические карты, которые анализируют так же, как и обычные геологические - поднятия фиксируют выходом под поверхность несогласия более древних пород; в пределах прогнутых участков развиты более молодые комплексы. С помощью палеогеологических карт можно оценить направленность и ориентировочную амплитуду вертикальных движений даже в эпохи отсутствия в данном районе процессов осадконакопления.

Новейшие вертикальные движения отражены в рельефе местности, поэтому их изучают геоморфологическими и биогеографическими методами. Для равнин наиболее просты и доступны методы изучения речных систем и речных террас, для горных районов — методы изучения древних поверхностей выравнивания.

Метод изучения речных террас. Образование террас связано с проявлением вертикальных движений континентов. Число террас указывает на число повторившихся циклов речной эрозии. Превышение самой верхней надпойменной террасы над современным уровнем воды и соответствует амплитуде вертикальных движений за время развития исследуемой реки.

Метод изучения древних поверхностей выравнивания особенно эффективен в молодых, активно развивающихся горных странах. В рельефе поверхности выравнивания (или денудационные поверхности) выражены слабоволнистыми, почти горизонтальными нагорными равнинами, срезающими складчатую структуру горных сооружений. Распространены денудационные поверхности отдельными участками. В молодых горных странах отмечают по пять-шесть поверхностей выравнивания, имеющих возраст от миоцена до плейстоцена.

Методы изучения тектонических движений.

Наиболее точные количественные результаты при изучении **современных вертикальных движений** дают геодезические методы, включающие в себя методы повторных нивелировок, повторных триангуляций, повторного определения географических координат и др.

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Эти методы находятся на начальной стадии разработки, так как горизонтальные движения изучены хуже, чем вертикальные. Количество методов, позволяющих их исследовать, также сравнительно невелико. К наиболее достоверным методам анализа горизонтальных движений относят метод формаций. Установлено, что определенные формации указывают на горизонтальное перемещение пластин земной коры.

Среди других методов анализа древних горизонтальных движений следует, в первую очередь, отметить палинспастический и палеомагнитный.

Палинспастический метод представляет собой разновидность палеогеографического и палеотектонического методов. Основан на реконструкции первоначального положения структурных элементов, изменивших впоследствии свое местоположение в связи с наличием горизонтальных движений. Первые палинспастические карты были составлены американским геологом М. Кэем в 1945 г. Наиболее часто их применяют при реконструкции первоначальной структуры в геосинклинальных и горно-складчатых областях, где горизонтальные движения особенно интенсивны. При построении палинспастических карт широко используют палеомагнитные данные, позволяющие сравнительно точно определить прежние координаты структурных элементов.

Методы изучения тектонических движений.

Палеомагнитный метод основан на изучении палеомагнетизма. Палеомагнитные измерения показали, что положение полюсов менялось во времени и пространстве. Эти факты объясняют горизонтальным перемещением материков относительно друг друга с постепенным приближением к современному положению. Таким образом, палеомагнитный метод помогает восстановить траектории горизонтального движения отдельных материков на протяжении сотен миллионов лет.

Существуют и другие способы изучения древних горизонтальных движений, например метод несогласий, основанный на том, что горизонтальные движения вызывают появление в разрезе различных несогласий (угловых, азимутальных, дисгармоничных и т. д.). Однако подобные нарушения в последовательности напластования пород могут вызывать и вертикальные движения, что ограничивает возможности метода.

Новейшие и современные горизонтальные движения исследуют геоморфологическими, геодезическими и сейсмологическими методами.

В последнее время для изучения современных горизонтальных и вертикальных движений стали применять астрономические методы, анализ структурного рисунка местности с помощью искусственных спутников Земли, лазерные лучи и т. д.

Кроме этого, в связи с глобальным развитием информационных систем и технологий, все сведенные воедино методы позволяют более точно анализировать и, как следствие, моделировать процессы тектонических движений.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

Выяснение причин тектонических движений и геологического развития литосферы — одна из важных задач современной геологической науки. Существуют различные гипотезы, объясняющие причины геологического развития Земли. Обычно их делят на две группы: фиксистские и мобилистские. Первые объясняют развитие Земли, не привлекая для этого представления о горизонтальном перемещении материковых блоков литосферы (гипотезы: контракционная, расширяющейся Земли, пульсационная, глубинной дифференциации); вторые видят причину геологического развития Земли в горизонтальном перемещении пластин литосферы (гипотезы: дрейфа материков, глобальной тектоники плит, горячих точек).

ФИКСИСТСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Контракционная гипотеза была выдвинута в 30-х годах XIX столетия, но законченную разработку получила в трудах французского исследователя Эли де Бомона в 1852 г. Идея вытекает из представления Канта—Лапласа о первоначальном огненно-жидком состоянии вещества Земли. По мере его охлаждения образуется твердая кора, которая в дальнейшем трескается и коробится в связи с уменьшением объема остывающих недр. Около ста лет эта гипотеза владела умами геологов, но начиная с 40-х годов XX столетия, т.е. с момента появления идей О. Ю. Шмидта об изначально холодном состоянии Земли, контракционная гипотеза практически была всеми отвергнута.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

Гипотезу расширяющейся Земли сформулировал О.Х. Хильгенберг в 1933 г., хотя идея была высказана значительно раньше М. В. Ломоносовым, Дж. Геттоном, М. Ридом, Б. Линдеманом и др. Сторонники гипотезы предполагают, что в докембрии объем нашей планеты был в несколько раз меньше современного. О.Х. Хильгенберг доказывал, что еще в каменноугольный период диаметр земного шара составлял лишь 69 % современного диаметра, т.е. за последние 350 млн. лет поверхность Земли увеличилась почти вдвое. В результате произошли разрыв коры и образование океанов. Однако исследования последних лет показали, что земная кора в основном испытывает сжатие, а не растяжение. По подсчетам С. Дж. ван Андела и Дж. А. Хоспера, с пермского периода радиус Земли практически не изменился, возможное его увеличение не превышало первых процентов. Кроме того, сторонники рассматриваемой гипотезы не могут удовлетворительно объяснить механизм расширения недр планеты.

Пульсационная гипотеза объединяет в себе элементы контракции и расширения Земли и рассматривает развитие планеты как чередование эпох расширения и сжатия. Впервые эту мысль высказал в 1902 г. А. Ротплетц, развили ее А. Грэбо и В. Бухер. Окончательное оформление гипотеза получила в трудах М.А. Усова и В.А. Обручева (1940 г.). В их представлении в недрах Земли периодически накапливалась энергия, которая вызывала расплавление недр и фазовые переходы вещества, что, в свою очередь, приводило к увеличению объема планеты.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

Происходило растяжение коры, ее стабильные участки «трескались», возникали блоки, ограниченные разломами, активизировались магматические процессы. Интенсивное выделение тепла вело к остыванию недр и сокращению объема планеты за счет перехода материала из жидкого состояния в твердое. Сжатие коры выражалось существенными горизонтальными движениями, возникали горы, складки. Поверхность Земли практически повсеместно вновь покрывалась толстой корой, которая предохраняла недра от остывания. Постепенно происходило накопление тепла, что влекло новый разогрев вещества планеты и его расширение; цикл развития повторялся. Но гипотеза не объясняет, например, происхождение материков и океанов, сомнителен и предлагаемый механизм расширения и сжатия недр, не учитывает гипотеза и взаимосвязь объема и форм планеты и т. д. Однако эти недостатки являются результатом недоработанности гипотезы.

Гипотеза глубинной дифференциации основана на представлении о разделении вещества недр Земли и перемещении более легких компонентов вверх, что вызывает поднятие отдельных блоков литосферы. Идея была высказана еще основоположниками геологической науки М.В. Ломоносовым и Дж. Геттоном. Она получила развитие в трудах Х.Хаармана, Р.ванБеммелепа, У.Уиллиса, в работах В.В. Белоусова, Е.В. Артюшкова, Ю.М. Шеймана и др.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

В представлении Р. ван Беммелена причиной поднятий литосферы служит накопление под ней легких кислых магматических продуктов глубинной дифференциации вещества Земли. С поднятиями (ундациями) сопряжены опускания. Наиболее крупные поднятия (мегаундации) образуются на границе мантии и ядра, при этом происходят разуплотнение и расширение материала. Формирование горных областей Р. ван Беммелен объясняет гравитационным соскальзыванием пластичных осадочных толщ со склонов растущего крупного поднятия литосферы. Автор допускает горизонтальное перемещение пластин земной коры только под влиянием гравитационного соскальзывания.

В.В. Белоусов считает, что основные процессы глубинной дифференциации вещества Земли происходят в астеносфере. Расплавленный продукт дифференциации базальтового состава собирается в крупные тела и, обладая меньшей плотностью, прорывается к поверхности планеты. Они поднимаются вдоль глубинных разломов, что часто сопровождается излиянием базальтовых лав, проплавляя континентальную кору, вызывая образование океанических впадин. Согласно взглядам В.В. Белоусова, континентальная кора уничтожается за счет перехода «базальтового» слоя в ультраосновной мантийный материал, а «гранитного» слоя — в базальтовые породы. Происходит процесс базификации коры, т. е. изменение состава коры из-за поступления в него основного и ультраосновного материала из мантии.

Причины тектонических движений.

Фиксистские модели развития земной коры.

Ротационная гипотеза стоит несколько обособленно от других гипотез. Авторы ее (Б. Л. Личков, М. В. Стовас, Г. Н. Каттерфельд и др.) видят причину геотектогенеза не во внутренних силах Земли, а во внешних, астрономических факторах. Изменение скорости вращения земного шара меняет ее форму: при замедлении вращения Земля принимает более шарообразную форму, а при ускорении вращения — эллипсоидальную. Сильнее всего деформации проявляются в зоне 35-х параллелей северного и южного полушарий.

Здесь происходит раскол коры и заложение различных структур, ориентированных перпендикулярно к существующей оси вращения планеты. Авторы допускают изменение положения оси во времени, в связи с чем менялось и положение указанных параллелей, названных критическими. Причиной, влияющей на изменение скорости вращения Земли, может быть притяжение ее Солнцем и Луной. Игнорирование сторонниками ротационной гипотезы внутренних сил Земли, несомненно играющих важную роль в процессах тектогенеза, делает саму гипотезу несостоятельной, хотя следует признать, что изменение форм планеты под влиянием ускорения или уменьшения угловой скорости вращения может в определенной степени повлиять на деформацию коры.

Причины тектонических движений. Мобилистские модели развития земной коры. Учение о тектонике литосферных плит.

МОБИЛИСТСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

Гипотеза дрейфа материков как научная концепция была высказана Ф. Тейлором (1910 г.) и А. Вегенером (1912 г.). Однако еще в 1877 г. Е. В. Быхапов опубликовал похожие идеи в сочинении «Астрономические предрассудки и материалы для составления новой теории образования планетарной системы». В этом труде отмечается сходство в очертании берегов Европы, Африки и Америки и высказывается мысль, что Америка отодвинулась от Европы.

В трудах А. Вегенера доказывалось, что материки под действием центробежных сил Земли как бы плывут по более плотным глубинным породам. До мезозоя все материки представляли собой единый суперконтинент Пангею, который в мезозойскую и кайнозойскую эры распался с образованием современных континентов и океанов. Перед передним краем дрейфующих материков возникли горно-складчатые области, а в тылу — геосинклинальные прогибы. Гипотеза имела много принципиальных недостатков и вскоре была практически всеми забыта.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

Гипотеза горячих точек. Впервые она высказана в 1963 г. американским исследователем Т. Вильсоном. По его мнению, возникновение вулканических горных цепей в океанах является следствием прохождения литосферы над разогретым объектом в мантии, названным им «горячей точкой» (точнее — «горячим пятном»). Литосфера при этом как бы прожигается насквозь, в результате образуются вулканические центры.

Другой американский ученый Дж. Морган, развивая эту идею, предположил существование всего двух-трех десятков таких мантийных струй, идущих от горячих точек к подошве литосферы. После прогрева литосферы и возникновения крупных вздутий в ее поверхностном рельефе, вещество мантийных струй равномерно рассеивается в мантии. С помощью математических расчетов показано, что горячие точки возникают в результате выделения дополнительного тепла, вызванного трением в этой ветви конвекционных течений, которые реализуются в астеносферном слое. Используя систему уравнений, получено резкое увеличение теплового потока на величину, обусловленное трением в астеносфере. Все горячие точки, обязанные своим происхождением одной и той же конвекционной ячейке, неподвижны относительно друг друга; горячие точки, принадлежащие разным ячейкам, могут смещаться, что свидетельствует о движении самих конвекционных ячеек.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

Единой и всеобъемлющей теории, исчерпывающе объясняющей причины возникновения различных тектонических движений и закономерности развития тектогенеза на всех стадиях геологической истории Земли, не существует. Из известных гипотез наиболее научно аргументирована, применяется на практике и наиболее близка к тому, чтобы стать теорией, концепция глобальной тектоники плит.

Тектоника плит (plate tectonics) - современная геодинамическая концепция, основанная на положении о крупномасштабных горизонтальных перемещениях относительно целостных фрагментов литосферы (литосферных плит). Таким образом, тектоника плит рассматривает движения и взаимодействия литосферных плит.

1960-х годах исследования дна океанов дали неоспоримые доказательства горизонтальных движения 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. Основные положения тектоники плит сформулированы в 1967-68 группой американских геофизиков - У. Дж. Морганом, К. Ле Пишоном, Дж. Оливером, Дж. Айзексом, Л. Сайксом в развитие более ранних (1961-62) идей американских учёных Г. Хесса и Р. Дигца о расширении (спрединге) ложа океанов.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

Основные положения тектоники плит можно свести к нескольким основополагающим:

1. Верхняя каменная часть планеты разделена на две оболочки, существенно различающиеся по реологическим свойствам: жесткую и хрупкую литосферу и подстилающую её пластичную и подвижную астеносферу.
2. Литосфера разделена на плиты, постоянно движущиеся по поверхности пластичной астеносферы.

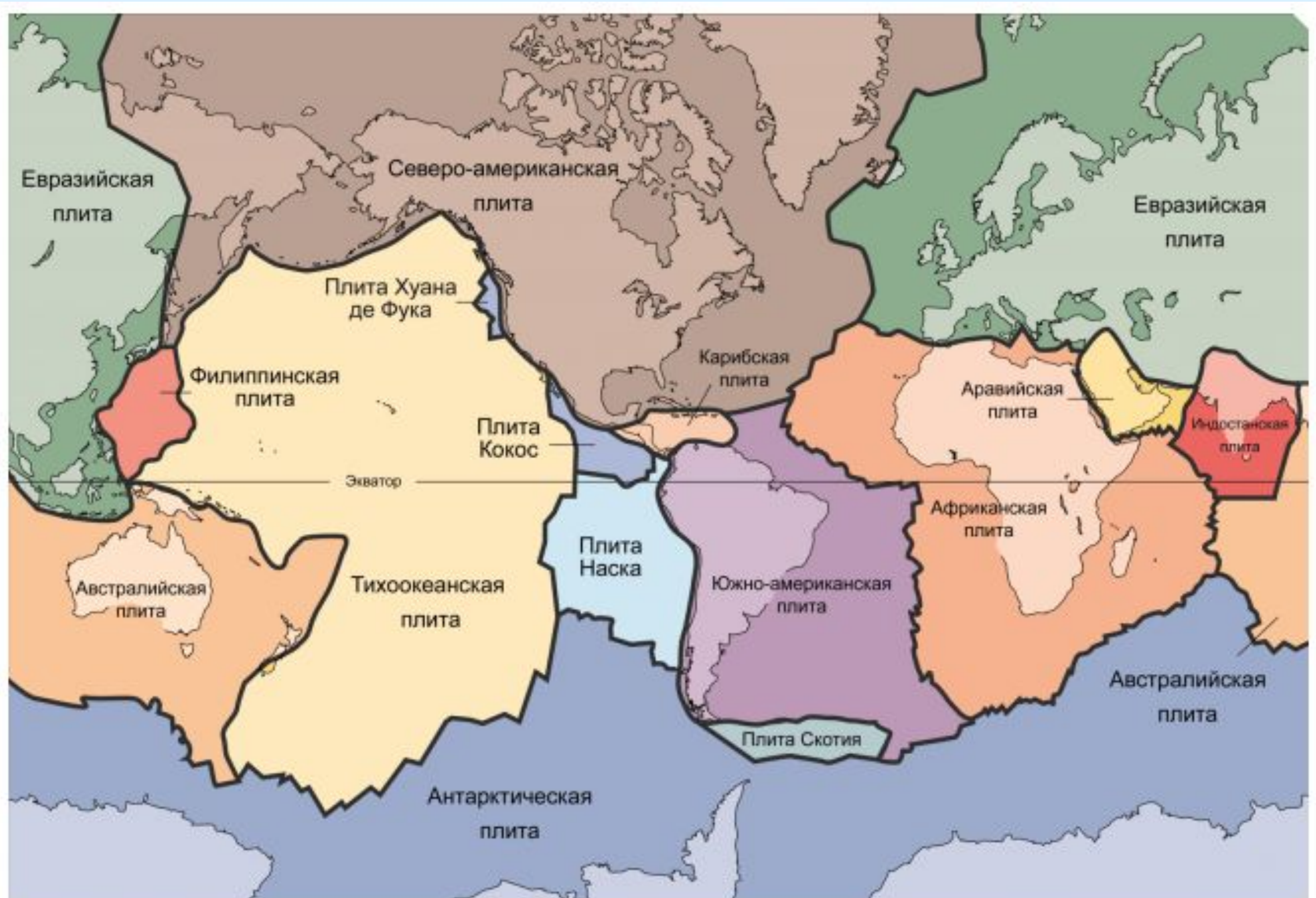
Литосфера делится на 8 крупных плит, десятки средних плит и множество мелких. Между крупными и средними плитами располагаются пояса, сложенные мозаикой мелких коровых плит.

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:

Австралийская плита, Антарктическая плита, Африканская плита, Евразийская плита, Индостанская плита, Тихоокеанская плита, Северо-Американская плита, Южно-Американская плита. Средние плиты: Аравийская (субконтинент), Карибская, Филиппинская, Наска и Кокос и Хуан де Фука и др.. Некоторые литосферные плиты сложены исключительно океанической корой (например, Тихоокеанская плита), другие включают фрагменты и океанической и континентальной коры..

**Причины тектонических движений.
Мобилистские модели развития земной коры.
Учение о тектонике литосферных плит.**



Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

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

Соответственно, выделяются и три типа основных границ плит.

а.) Дивергентные границы – границы, вдоль которых происходит раздвижение плит.

Процессы горизонтального растяжения литосферы называют рифтогенезом. Эти границы приурочены к континентальным рифтам и срединно-океаническим хребтам в океанических бассейнах.

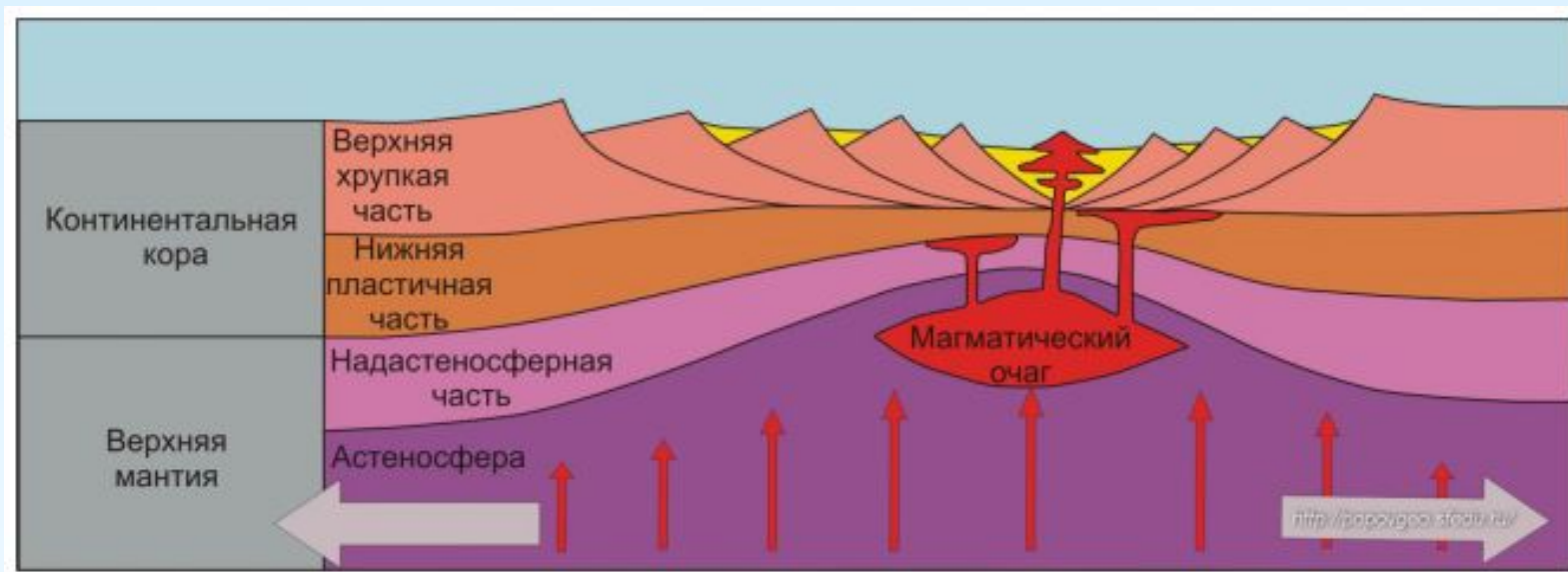
Термин «рифт» (от англ. rift – разрыв, трещина, щель) применяется к крупным линейным структурам глубинного происхождения, образованным в ходе растяжения земной коры. В плане строения они представляют собой грабенообразные структуры.

Закладываться рифты могут и на континентальной, и на океанической коре, образуя единую глобальную систему, ориентированную относительно оси геоида. При этом эволюция континентальных рифтов может привести к разрыву сплошности континентальной коры и превращению этого рифта в рифт океанический (если расширение рифта прекращается до стадии разрыва континентальной коры, он заполняется осадками, превращаясь в авлакоген).

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.



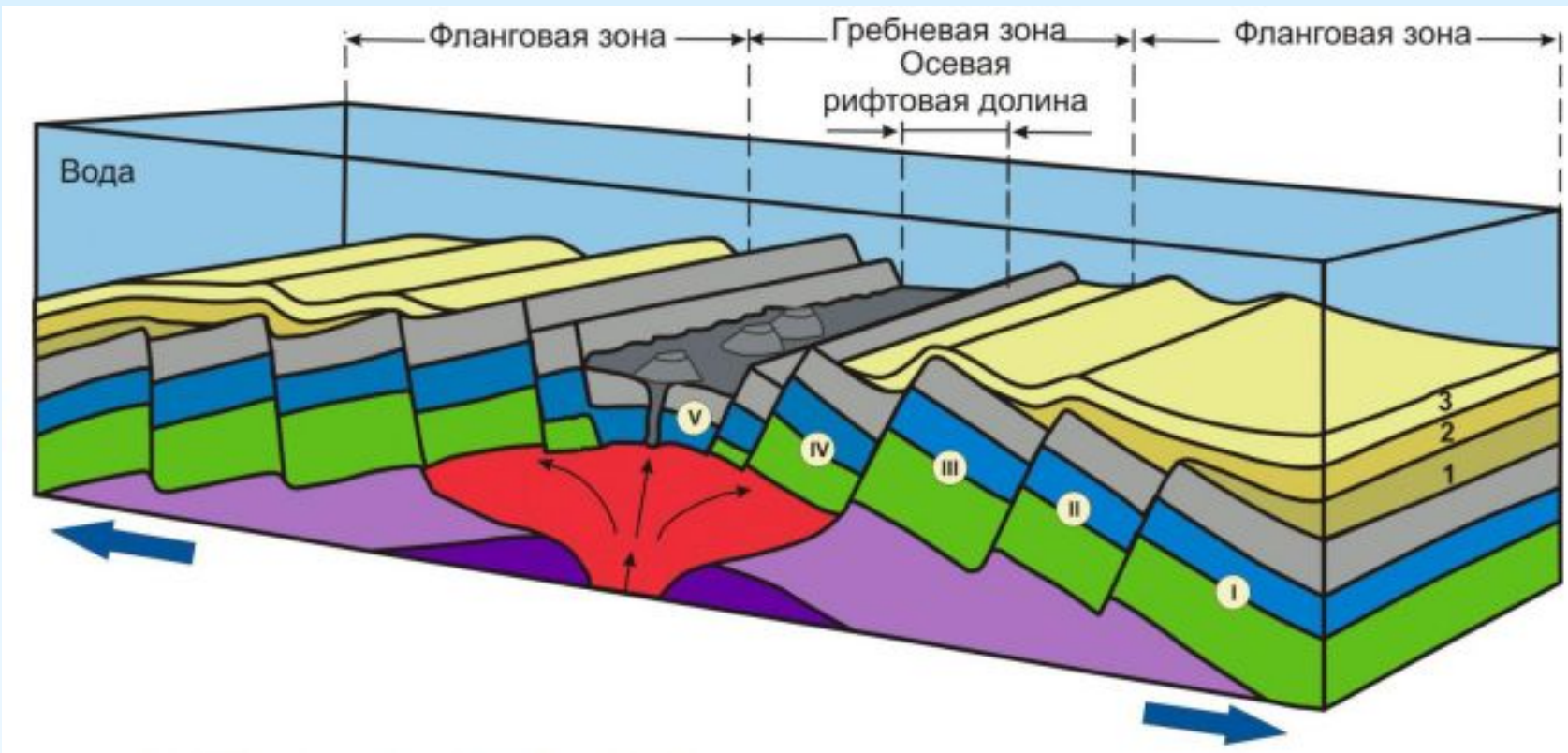
Строение континентального рифта

Процесс раздвижения плит в зонах океанских рифтов (срединноокеанических хребтов) сопровождается образованием новой океанической коры за счёт магматических базальтовых расплавов поступающих из астеносферы. Такой процесс образования новой океанической коры за счёт поступления мантийного вещества называется **спрединг** (от англ. *spread* – *растилать, развёртывать*).

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.



Строение срединно-океанического хребта

В ходе спрединга каждый импульс растяжения сопровождается поступлением новой порции мантийных расплавов, которые, застывая, наращивают края расходящихся от оси СОХ плит. Именно в этих зонах происходит формирование молодой океанической коры.

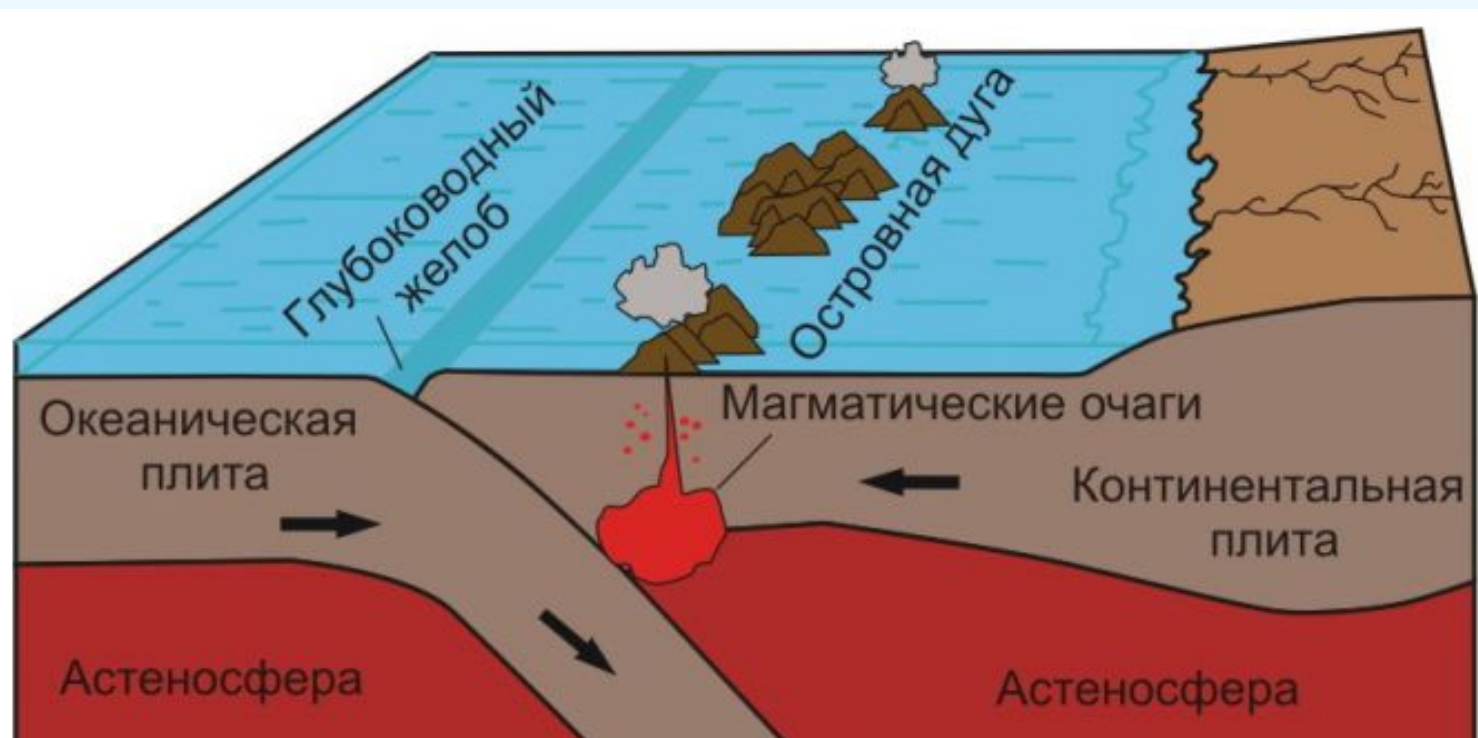
Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

б.) Конвергентные границы – границы, вдоль которых происходит столкновение плит. Главных вариантов взаимодействия при столкновении может быть три: «океаническая – океаническая», «океаническая – континентальная» и «континентальная – континентальная» литосфера. В зависимости от характера сталкивающихся плит, может протекать несколько различных процессов.

Субдукция – процесс подвига океанской плиты под континентальную или другую океаническую. Зоны субдукции приурочены к осевым частям глубоководных желобов, сопряжённых с островными дугами (являющихся элементами активных окраин). На субдукционные границы приходится около 80% протяжённости всех конвергентных границ.



Модель процесса субдукции

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

При столкновении континентальной и океанической плит естественным явлением является поддвиг 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 – задуговый бассейн. Глубоководный желоб образуется в зоне изгиба и поддвига субдуцирующей плиты. По мере погружения эта плита начинает терять воду, последняя, как известно, значительно снижает температуру плавления пород, что приводит к образованию очагов плавления, питающих вулканы островных дуг. В тылу вулканической дуги обычно происходит некоторое растяжение, определяющее образование задугового бассейна. В зоне задугового бассейна растяжение может быть столь значительным, что приводит к разрыву коры плиты и раскрытию бассейна с океанической корой (так называемый процесс задугового спрединга).

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 Бенъофа-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.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике 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.



Модель процесса
КОЛЛИЗИИ

Процесс коллизии сменяет процесс субдукции, завершая закрытие океанического бассейна. При этом в начале коллизионного процесса, когда края континентов уже сблизилась, коллизия сочетается с процессом субдукции (продолжается погружение под край континента остатков океанической коры).

Для коллизионных процессов типичны масштабный региональный метаморфизм и интрузивный гранитоидный магматизм. Эти процессы приводят к созданию новой континентальной коры (с её типичным гранито-гнейсовым слоем).

Причины тектонических движений. Мобилистские модели развития земной коры. Учение о тектонике литосферных плит.

в.) Трансформные границы – границы, вдоль которых происходят сдвиговые смещения ПЛИТ.



Границы литосферных плит Земли.

- 1 – дивергентные границы (а – срединно-океанские хребты, б – континентальные рифты);
- 2 – трансформные границы;
- 3 – конвергентные границы (а – островодужные, б – активные)

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

4. Объём поглощённой в зонах субдукции океанской коры равен объёму коры, возникающей в зонах спрединга. Это положение подчёркивает мнение о постоянстве объёма Земли. Но такое мнение не является единственным и окончательно доказанным. Не исключено, что объём планеты меняется пульсационно, или происходит уменьшение его за счёт охлаждения.
5. 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.

При этом основная часть эндогенного тепла выделяется на границе ядра и мантии в ходе процесса глубинной дифференциации, определяющего распад первичного хондритового вещества, в ходе которого металлическая часть устремляется к центру, наращивая ядро планеты, а силикатная часть концентрируется в мантии, где далее подвергается дифференциации. Нагретые в центральных зонах Земли породы расширяются, плотность их уменьшается, они всплывают, уступая место опускающимся холодным, уже отдавшим часть тепла в близповерхностных зонах. Этот процесс переноса тепла идёт непрерывно, в результате возникают упорядоченные замкнутые конвективные ячейки. При этом в верхней части ячейки, течение вещества происходит в горизонтальной плоскости, и эта часть течения определяет горизонтальное перемещение вещества астеносферы и расположенных на ней плит. В целом, восходящие ветви конвективных ячеек располагаются под зонами дивергентных границ (СОХ и континентальными рифтами), нисходящие – под зонами конвергентных границ.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

Таким образом, основная причина движения литосферных плит — «волочение» конвективными течениями.

Кроме того, на плиты действуют ряд факторов. В частности, поверхность астеносферы оказывается приподнятой над зонами восходящих ветвей и 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, а также гидравлического расклинивания базальтами в зонах СОХ.

Поскольку большинство литосферных плит современной Земли включают в себя как океанскую, так и континентальную части, то присутствие в составе плиты континента в общем случае “тормозит” движение всей плиты.

Таким образом, механизмы, приводящие в движение литосферные плиты, могут быть условно отнесены к следующим двум группам: 1) связанные с силами мантийного “волочения”, приложенными к любым точкам подошвы плит; 2) связанные с силами, приложенными к краям плит.

Роль того или иного движущего механизма, а также тех или иных сил оценивается индивидуально для каждой литосферной плиты.

Совокупность этих процессов отражает общий геодинамический процесс, охватывающих области от поверхностных до глубинных зон Земли.

Причины тектонических движений.

Мобилистские модели развития земной коры.

Учение о тектонике литосферных плит.

6. Перемещения плит подчиняются законам сферической геометрии и могут быть описаны на основе теоремы Эйлера. Теорема вращения Эйлера утверждает, что любое вращение трёхмерного пространства имеет ось. Таким образом, вращение может быть описано тремя параметрами: координаты оси вращения (например, её широта и долгота) и угол поворота.

На основании этого положения может быть реконструировано положение континентов в прошлые геологические эпохи. Анализ перемещений континентов привёл к выводу, что каждые 400-600 млн. лет они объединяются в единый суперконтинент, подвергающийся в дальнейшем распаду. В результате раскола такого суперконтинента Пангеи, произошедшего 200-150 млн. лет назад, и образовались современные континенты.