

7 Лекция - Тектоника. Структурные элементы земной коры. Формы залегания горных пород: **горизонтальное и наклонное залегание, складчатые и разрывные нарушения, трещины**

Тектоникой называют внутреннее строение, или архитектуру, земной коры.



ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

По направлению перемещения В.Е. Хайн выделяет горизонтальные и вертикальные тектонические движения. В.В. Белоусов предложил делить тектонические движения на колебательные и складчатые.

Характерной особенностью тектонических (вертикальных и горизонтальных) движений является их почти непрерывное и практически повсеместное проявление на протяжении всей геологической истории.

Различают: **1) современные; 2) новейшие (неотектоника); 3) древние тектонические движения.** Они проявляются с различной интенсивностью в земной коре в целом или на ее отдельных блоках и участках.

Тектонические движения в конечном счете приводят к образованию складок и разрывных нарушений.



ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Полные и достоверные сведения о знаке, продолжительности и скорости тектонических движений могут быть получены на основе анализа геологических данных, в первую очередь о составе и структуре-текстуре пород.

Современные тектонические движения могут быть изучены инструментальными методами и по историческим данным.

Новейшие тектонические движения (неотектоника) могут быть изучены геологическими и геоморфологическими методами.

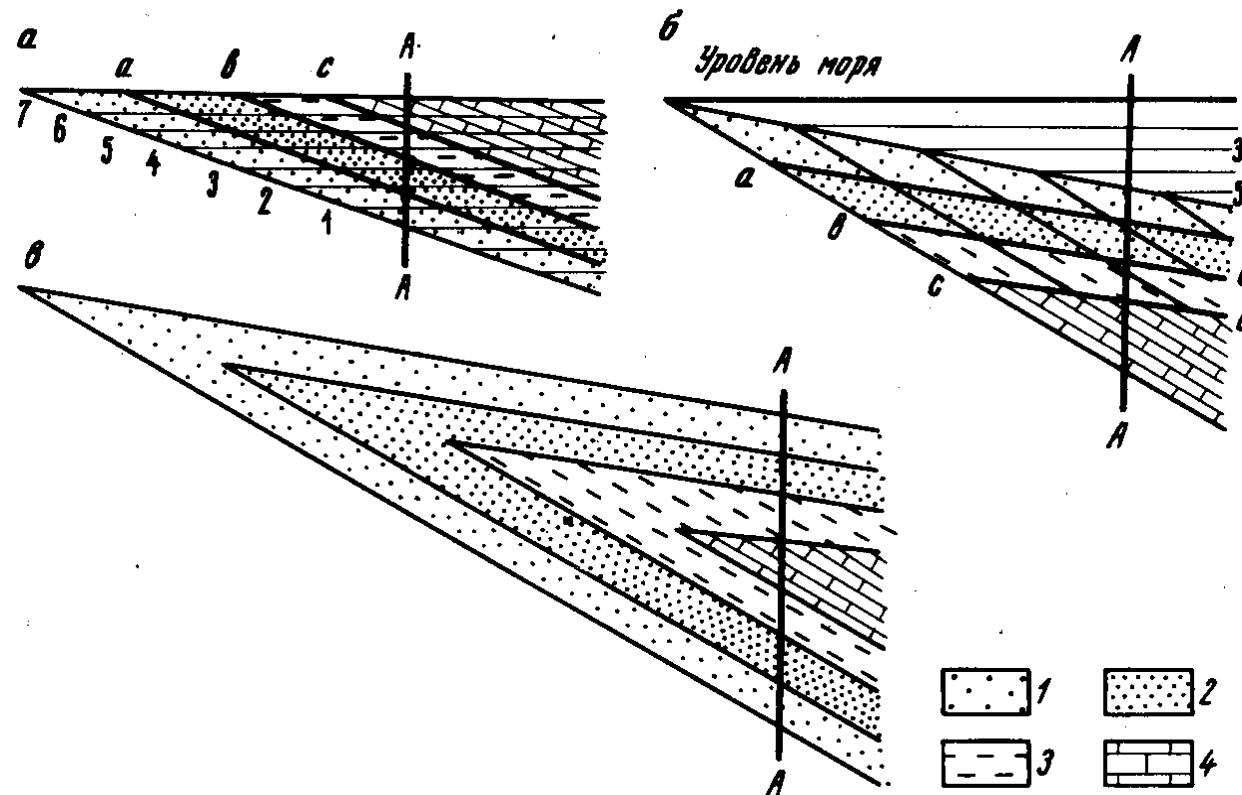
Для выяснения характера колебательных движений прошлых геологических периодов применяются следующие методы:

- метод мощностей;
- метод фаций;
- метод перерывов в осадконакоплении.



МОРЕЙ

Вертикальные колебательные движения проще всего изучаются на морских побережьях по отступанию (регрессия) и наступанию (трансгрессия) морей.



1-7—временные границы моря; А-А—линия вертикального разреза;
1—галечники; 2—пески; 3—глины; 4—известняки

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Быстрые внезапные колебания, выраженные на поверхности Земли в виде подземных толчков, называются землетрясениями.



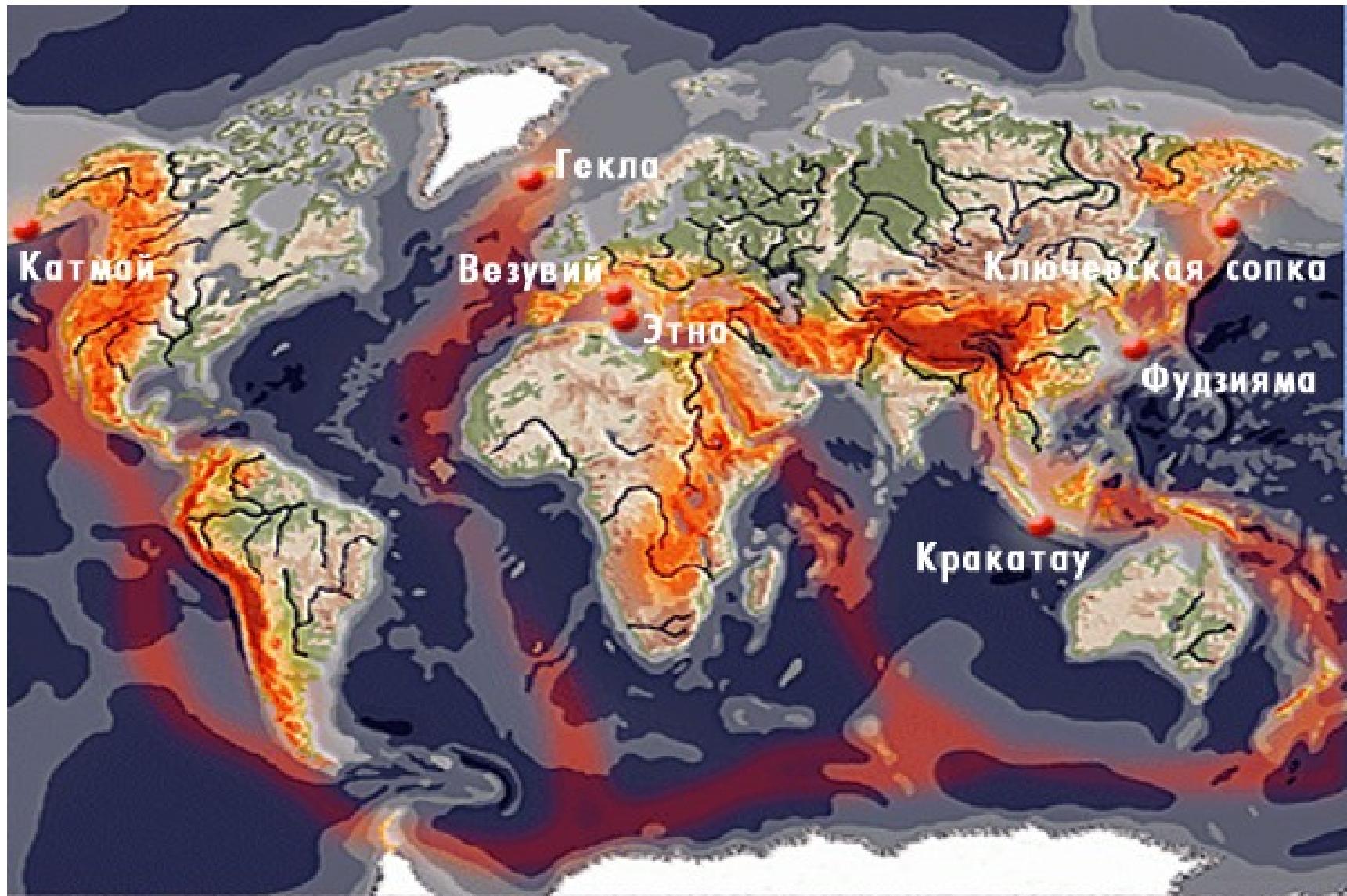
Последствия землетрясения 22 декабря 1911 г. в городе Верном (Алматы)

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В АЛАТАУ

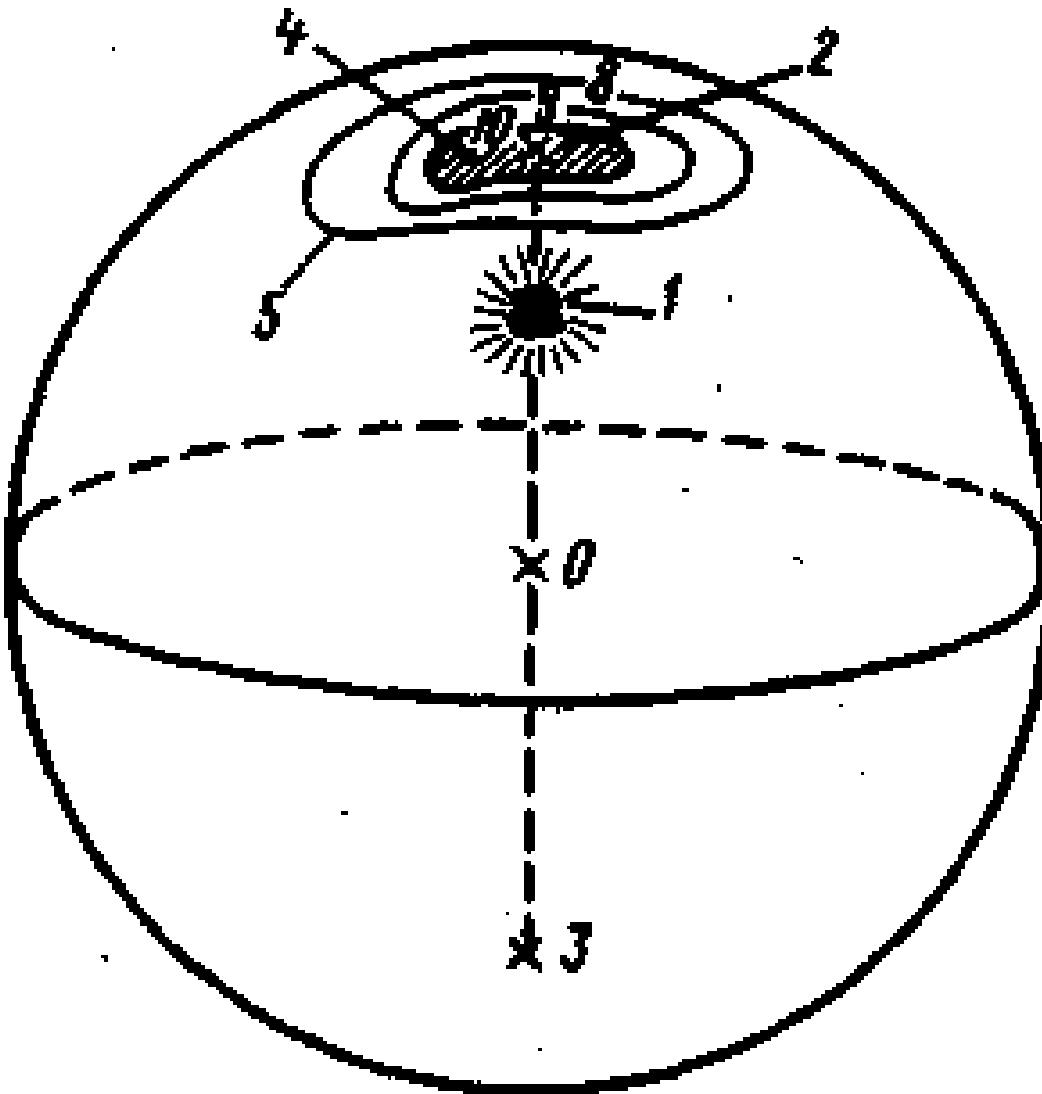


Перемещение блоков по трещинам при Кеминском землетрясении (1911 г.)

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ВУЛКАНИЗМ



ГИПОЦЕНТР И ЭПИЦЕНТР ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ



Положение центров относительно очага землетрясения:

- 1—гипоцентр;
- 2—эпицентр;
- 3—антиэпицентр;
- 4—плейстосейстовая область;
- 5—изосейсты в баллах

ПРИРОДА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

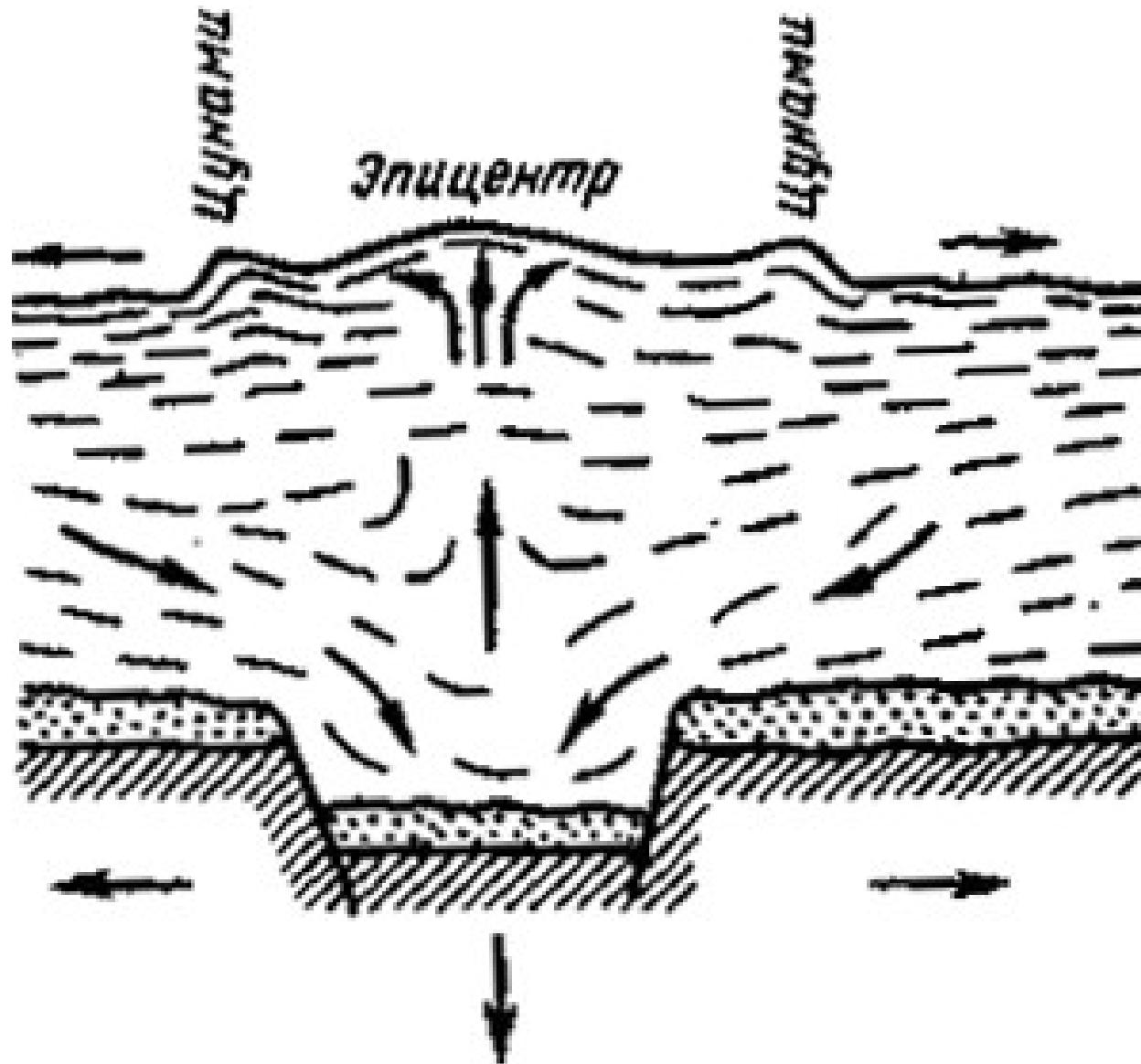
В целом по глубине гипоцентра землетрясения делятся *поверхностные* с гипоцентром на глубине до 10 км, *нормальные* – 10–60 км, *промежуточные* – 300 км, *глубокофокусные* – более 300 км.

На территории СНГ преобладают нормальные землетрясения – 46 % всех зарегистрированных землетрясений, поверхностные составляют 36 %, а промежуточные 18 %. Глубокофокусных землетрясений немного и отмечаются они в основном в пределах Дальнего Востока.

По современным представлениям землетрясения связывают с тремя главными причинами, которые и определяют генетические типы: 1) *денудационные*; 2) *вулканические*; 3) *тектонические* – составляют около 95 % всех землетрясений. В последнее столетие все больше развиваются 4) *техногенные* (*антропогенные*) землетрясения.



МОРЕТРЯСЕНИЯ (ЦУНАМИ)

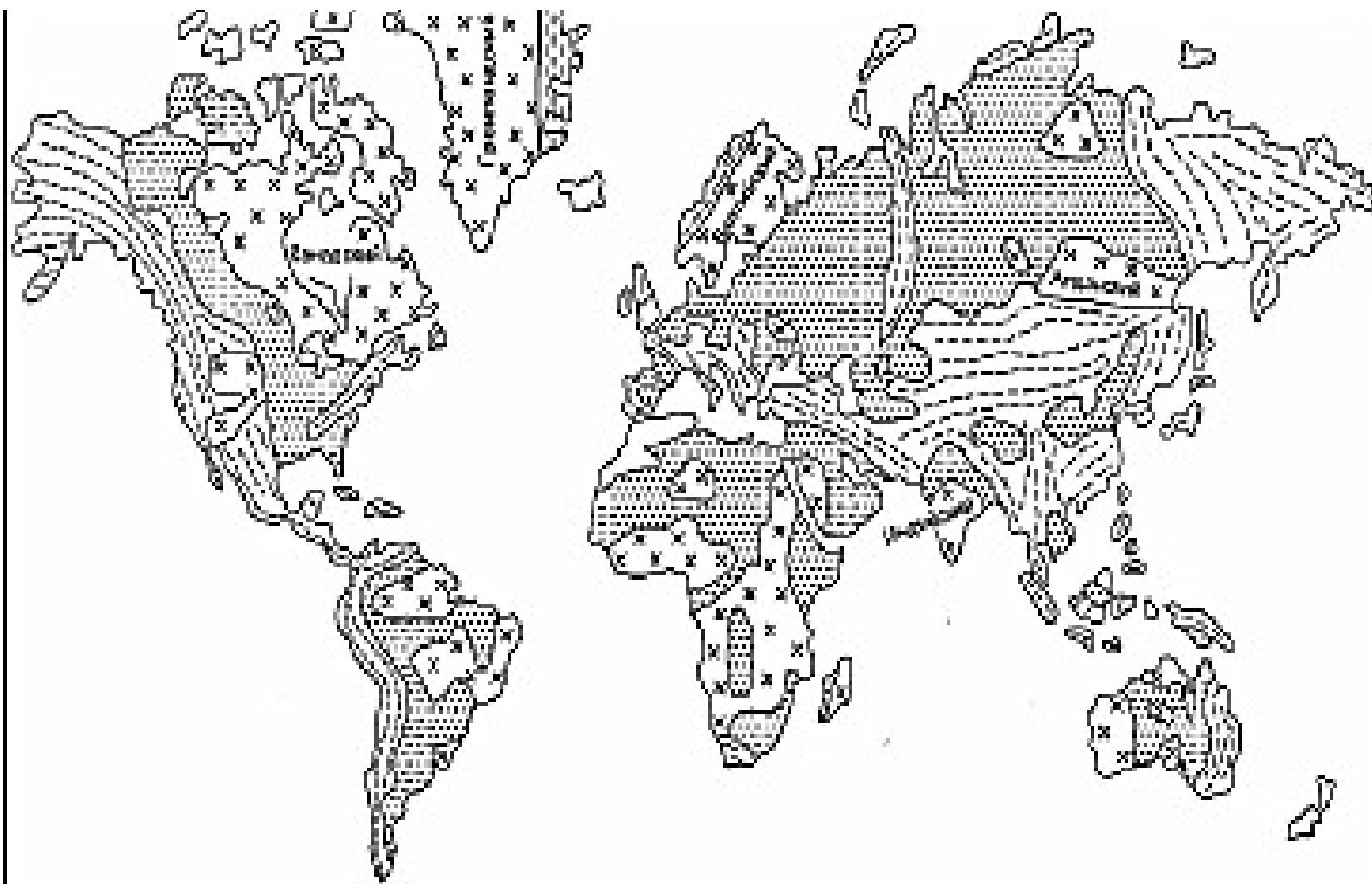


ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ОБЛАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

- Наиболее крупными структурными элементами земной коры являются **континенты и океаны**, характеризующиеся различным строением земной коры. Различные участки земной коры переживали определенную последовательность эволюционного развития (от геосинклинального этапа к платформенному). Признаки проявления разных тектонических режимов отражаются в современной коре.
- Основными структурными областями (элементами) земной коры являются:
 - 1) активные геосинклинальные пояса;
 - 2) горно-складчатые орогены;
 - 3) платформы.
- Стабилизация участков коры и переход от геосинклинального режима к платформенному называется **консолидацией**.

- Континенты и океаны характеризуются различным строением земной коры и являются крупнейшими структурными элементами.
- В океанах выделяются срединно-океанические подвижные пояса с трансформными разломами и зонами спрединга и стабильные структуры – океанические плиты.
- К континентам приурочены платформы, эпиплатформенные и эпигеосинклинальные орогенные пояса, активные и пассивные континентальные окраины.





Континетальные и структурные элементы: 1 – докембрийские щиты; 2 – платформенные чехлы; 3 – фанерозойские складчатые горные пояса (по К. Гиллену, 1984)

Континентальные платформы занимают большую часть материков и состоят из двух структурных этажей – кристаллического фундамента (магматические, метаморфические породы) и осадочного чехла (отложения мелководных морей и континентальные).

Возраст платформ определяется возрастом фундамента. Древние платформы имеют докембрийский фундамент, молодые – палеозойский или мезозойский.

В составе платформ выделяют щиты и плиты, в пределах плит – антеклизы, синеклизы, предгорные прогибы и более мелкие элементы.



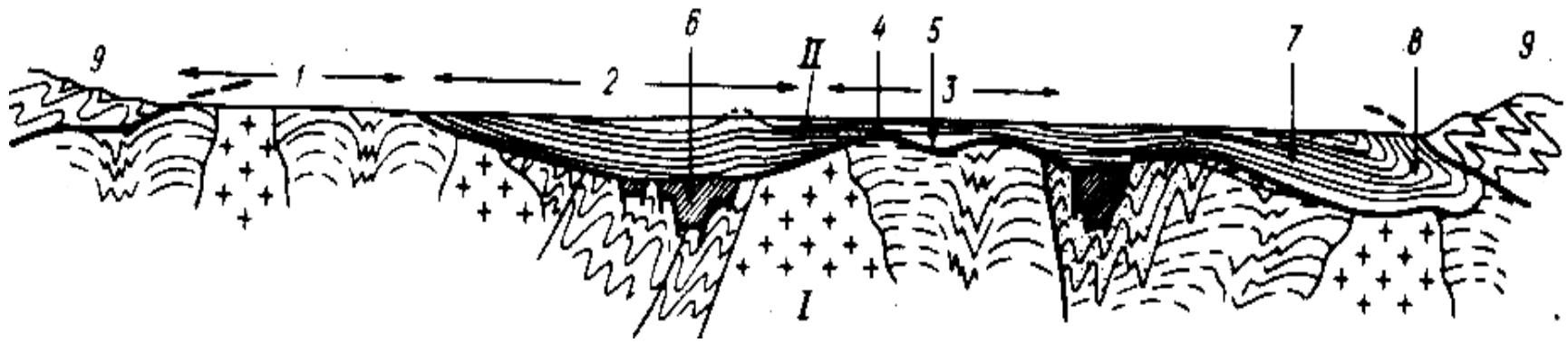


Схема строения платформы

I- фундамент; II- чехол; 1- щит, 2- синеклиза, 3- антеклиза, 4- свод, 5- впадина, 6- авлакоген, 7- перикратонный прогиб, 8- передовой прогиб, 9- складчатая область

Эпигеосинклинальные горно-складчатые сооружения возникают на месте геосинклиналей – протяженных прогибов, заполненных глубоководными осадками и вулканогенными породами – современными аналогами их являются активные окраины континентов с глубоководными желобами и вулканическими островными дугами.

Эпиплатформенные орогенные пояса возникают на окраинах платформ, вовлеченных в поднятие растущими горно-складчатыми сооружениями.



СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

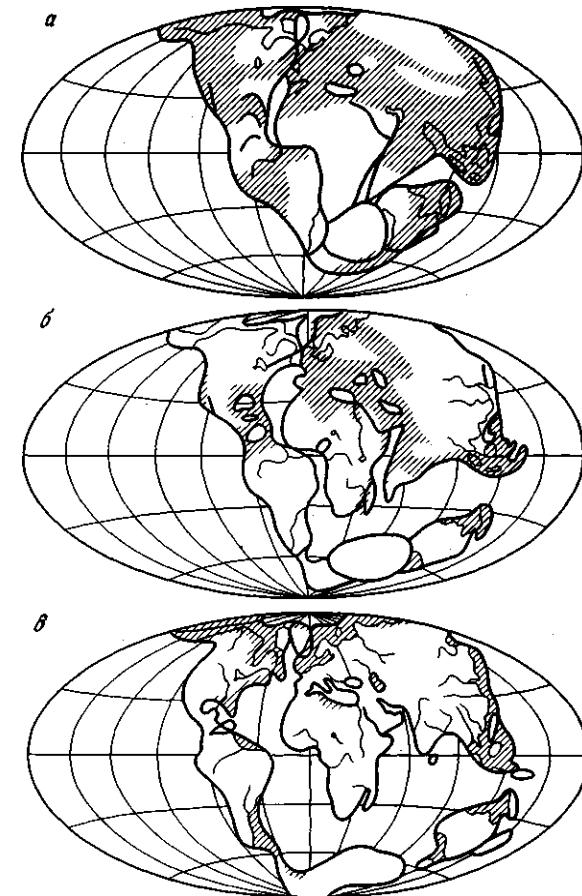
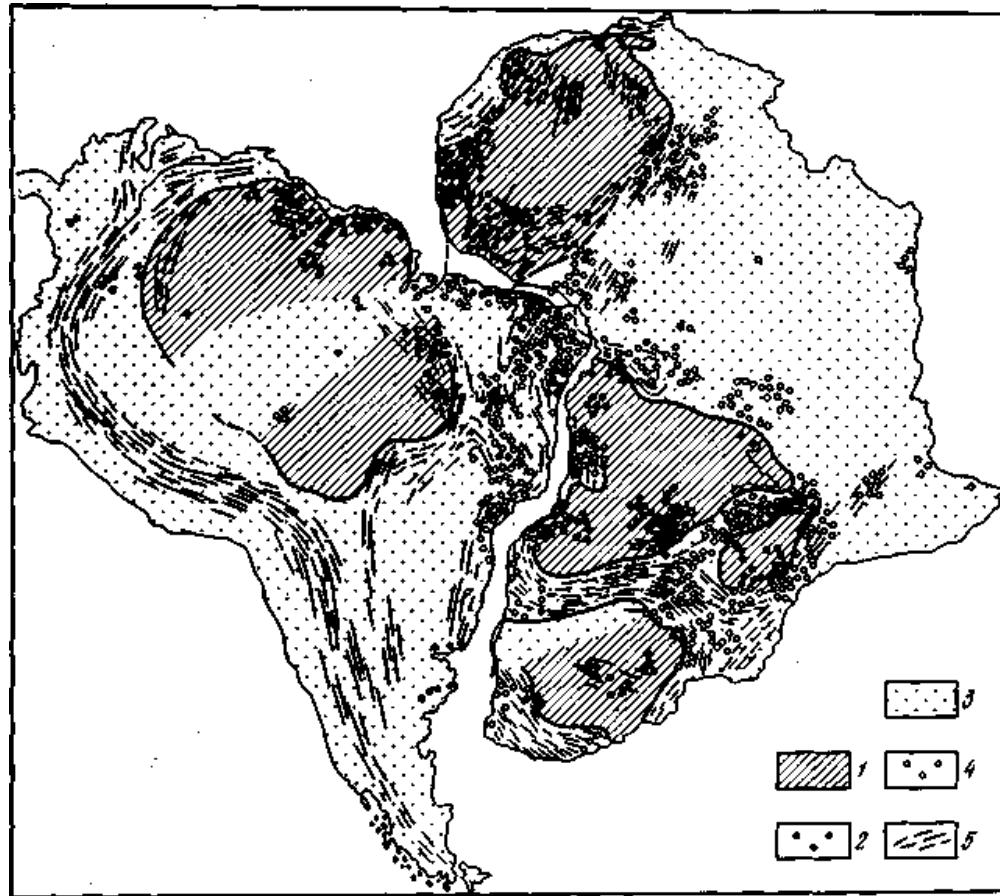
Процесс развития земной коры исключительно сложный и, по-видимому, может протекать в различных формах. В геотектонике господствовали два направления, основанные на различных оценках роли вертикальных и горизонтальных тектонических движений.

Первое направление исходит из предположения о доминирующей роли вертикальных тектонических движений и получило название *фиксизма*.

Второе направление в геотектонике связывает эволюцию литосферы с крупномасштабным горизонтальным перемещением блоков земной коры и получило название *мобилизма*.



ГИПОТЕЗА ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ (ТЕКТОНИКИ ПЛИТ)



Расхождение Пангеи (по А.Вегенеру): а – в конце карбона; б – в эоцене; в – в начале чевертичного периода; штрихами показаны границы внешних и внутренних морей

В последние десятилетия создано несколько научных предположений о развитии земной коры, которые можно объединить в два основных направления. Сторонники первого направления считают материки неподвижными, другие, наоборот, говорят об их постоянном движении.

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ (СОВРЕМЕННЫЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ)

Теория	Кто и когда предложил	Сущность теории	Значение теории
Нептунизм	А. Вернер, немецкий геолог, 1870-е годы	Все горные породы Земли произошли из вод первичного Мирового океана.	Развивает исторический подход к изучению Земли.
	Д. Геттон, шотландский геолог, 1795 год	Ведущую роль в геологическом прошлом Земли играли внутренние силы.	Представляет Землю как систему, находящуюся в динамическом, подвижном равновесии.

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ (СОВРЕМЕННЫЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ)

Теории	Кто и когда предложил	Сущность теории	Значение теории
Плутонизм Теория контракции	Ж. Эли де Бомон, французский геолог, 1852 год	Так как Земля остывает и уменьшается в объёме, земная кора сминается в складки.	Объясняет процессы складкообразования.
Фиксизм		Решающую роль в развитии Земли имели вертикальные тектонические движения; горизонтальных почти не было.	Обосновывает неизменность положения материков на поверхности Земли.
Мобилизм (дрейф материка)	А. Вегенер, немецкий геолог, 1912 год	Большие участки земной коры совершают горизонтальные перемещения.	Объясняет динамику развития земной коры и рельефа.
Теория тектоники литосферных плит	Середина XX века	Плиты перемещаются по астеносфере в горизонтальном направлении за счет поступления вещества мантии.	Развивает теорию дрейфа материков.

ГИПОТЕЗА ДРЕЙФА МАТЕРИКОВ



Альфред Вегенер,
немецкий геолог,
(1880 - 1930)

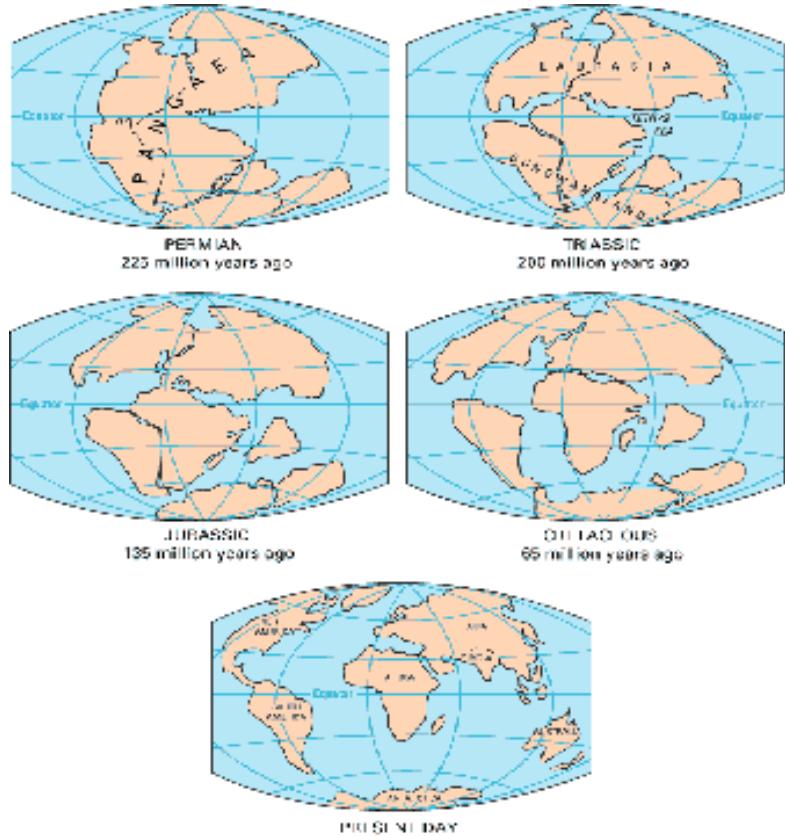
Идея движения материков впервые была высказана ещё в эпоху открытия Америки, когда было обнаружено большое сходство в очертаниях Африки и Южной Америки.

Однако самая поэтическая гипотеза происхождения материков и океанов связана с именем немецкого ученого А. Вегенера. Он первый громко заявил о движении материков и в начале XX века опубликовал свой труд об их дрейфе.

В своей книге “Происхождение материков и океанов” немецкий геофизик А. Вегенер писал: *“В 1910 году мне впервые пришла в голову мысль о перемещении материков ... , когда, изучая карту мира, я поразился сходством очертаний берегов по обе стороны Атлантического океана”*. А. Вегенер исследовал данные по геологии, палеонтологии Африки и Южной Америки, и, как он писал дальше, *“изучив эти данные, я убедился в принципиальной правильности своей идеи”*.

Опираясь на сходство очертаний берегов Африки и Южной Америки по обе стороны Атлантического океана, ученый предположил, что сотни миллионов лет назад на Земле существовал гигантский материк ПАНГЕЯ. Его окружал огромный океан ПАНТАЛАССА (рисунок 4). Названия ПАНГЕЯ и ПАНТАЛАССА происходят от греческих *pan* - “вся”, *ge* - “земля”, *talassa* - “море”. Название ТЕТИС - от имени греческой богини моря *Thetis*.

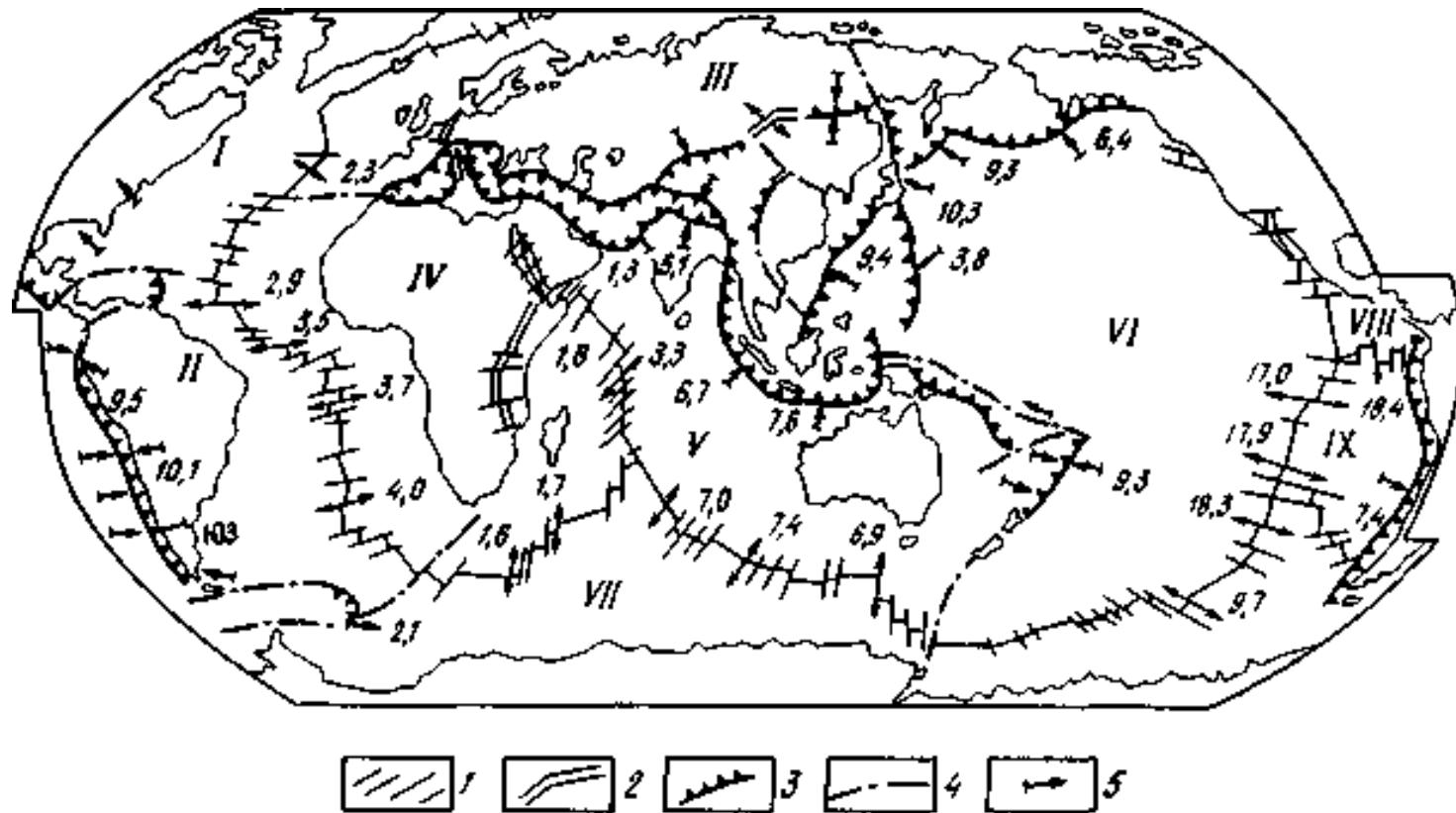




В дальнейшем, по мнению А. Вегенера, материк ПАНГЕЯ раскололся на две части - ГОНДВАНУ (в южном полушарии) и ЛАВРАЗИЮ (в северном полушарии). Ещё десятки миллионов лет спустя образовались современные материки. Таким образом, А. Вегенер предложил и, насколько это было возможно для его времени, обосновал ГИПОТЕЗУ ДРЕЙФА МАТЕРИКОВ (в переводе с голландского языка *дрейф* означает “плавать”).

В поисках доказательств истинности гипотезы ученый изучал строение берегов Южной Америки и Африки.

ПОЛОЖЕНИЕ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТ



1 – зоны спрединга плит–океанические рифты; 2 – континентальные рифты; 3 – зоны субдукции плит; 4 – крупные разломы, границы плит; 5 – векторы с указанием направления и скорости перемещения плит, мм/год.

Американская, II – Южно-Американская,

– Африканская, V – Индийская, VI – Тихоокеанская,

микроплиты: VIII – Кокос, IX – Наска

Плиты: I – Северо-

III – Евразиатская, IV

VII – Антарктическая;

Основные положения тектоники литосферных плит:

1. Литосфера разделена на несколько жестких плит, вдоль их границ происходит перемещение и наблюдается высокая сейсмичность;
2. Механизм перемещения литосферных плит – раздвиг, сближение, сдвиг;
3. Растворение в рифтовых зонах компенсируется сжатием на периферии океанов – объем Земли не меняется;
4. Причина движений литосферных плит – конвективные потоки в мантии, вызываемые ее разогревом; движение происходит по поверхности астеносферы в горизонтальном направлении (по сфере). I II III Механизм перемещения литосферных плит: I – сдвиг, II – раздвиг, III – сближение



Сближение литосферных плит может происходить тремя способами:

- 1) субдукция, или пододвигание, «подныривание» одной плиты под другую, чаще всего океанической под континентальную;
- 2) коллизия, или столкновение двух континентальных плит;
- 3) обдукация, или надвигание океанической плиты на континентальную.



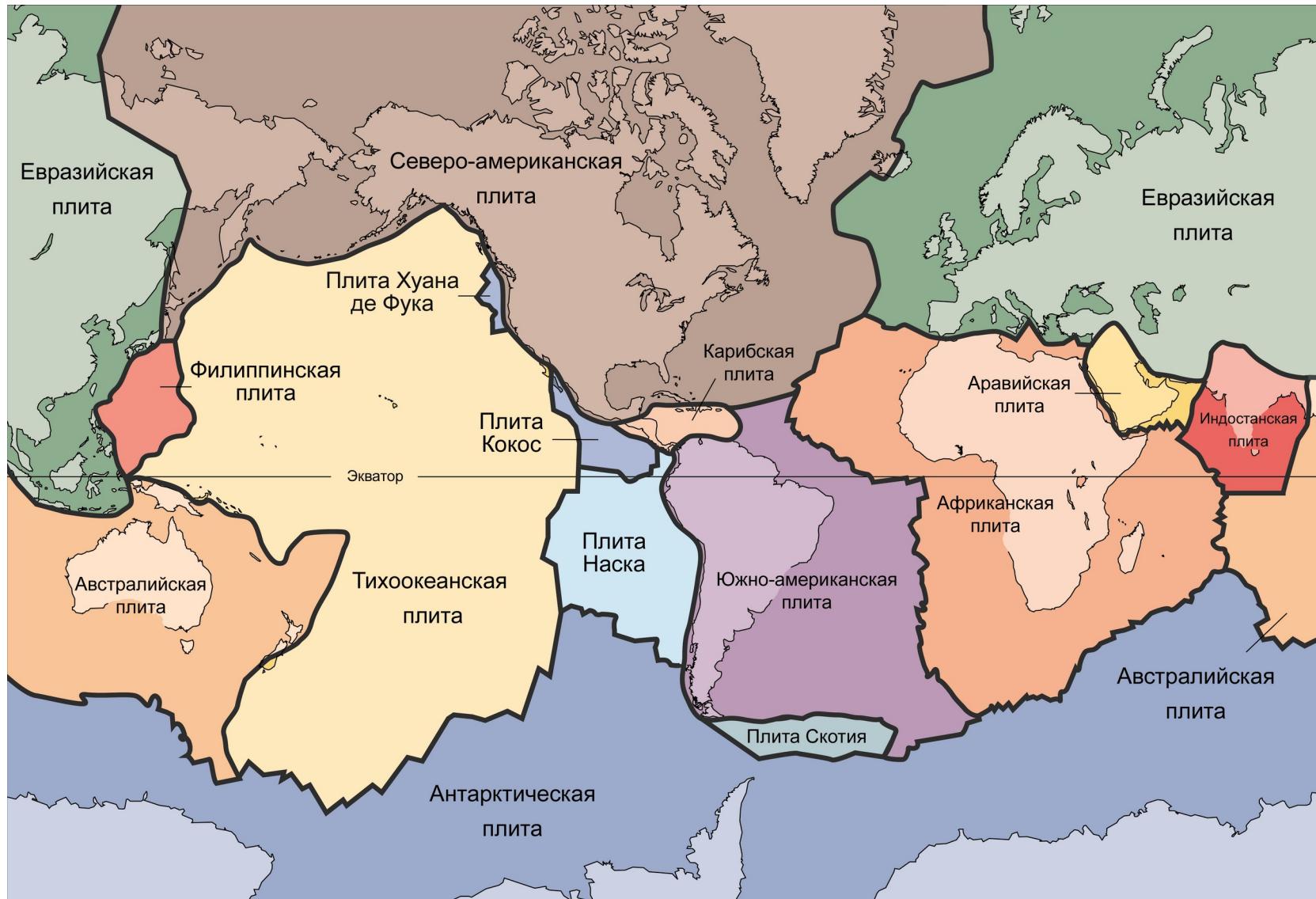
Литосферными плитами называются огромные по размерам блоки литосферы (то есть земной коры и верхней части мантии), отделенные друг от друга разломами, разрывами (швами) по осевым линиям сейсмических поясов Земли.

Согласно теории литосферных плит земная кора вместе с верхней частью мантии (то есть литосфера) не является монолитным панцирем планеты. Она разбита сложной сетью глубоких трещин, которые уходят на большую глубину, достигают мантии. Эти гигантские трещины делят литосферу на несколько очень больших блоков (литосферных плит) толщиной от 60 км до 100 км.

Таких громадных литосферных плит - 7:

- I Тихоокеанская;
- II Северо-Американская;
- III Южно-Американская;
- IV Африканская (Африкано-Аравийская);
- V Евразиатская;
- VI Индо-Австралийская;
- VII Антарктическая и десятки плит - поменьше размером.





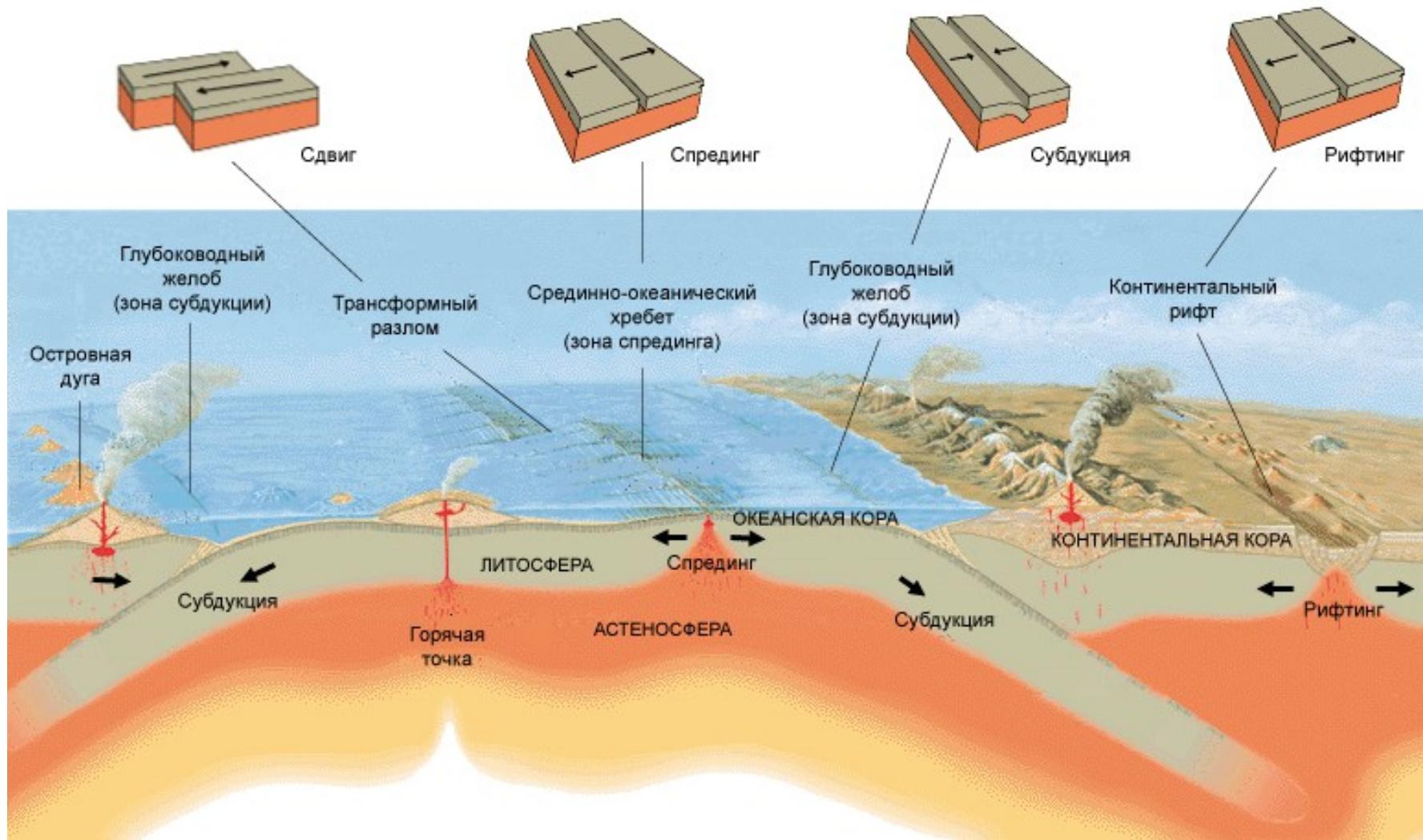
Гипотеза тектоники литосферных плит позволяет свести все основные геотектонические процессы к процессам взаимодействия блоков.

Спрединг – в этой зоне литосферные плиты раздвигаются, удаляясь друг от друга.

Субдукция океанической коры у края континентов, где происходит "соскабливание" океанических осадков, обусловливает складкообразование и горообразование. При субдукции могут происходить деформация и воздымание континентальной плиты.

Коллизия (столкновение) литосферных плит приводит к образованию наиболее высоких горных сооружений (например, Гималаи).





Сейчас уже нет сомнений, что горизонтальное движение плит происходит за счёт мантийных теплогравитационных течений — **конвекций**.

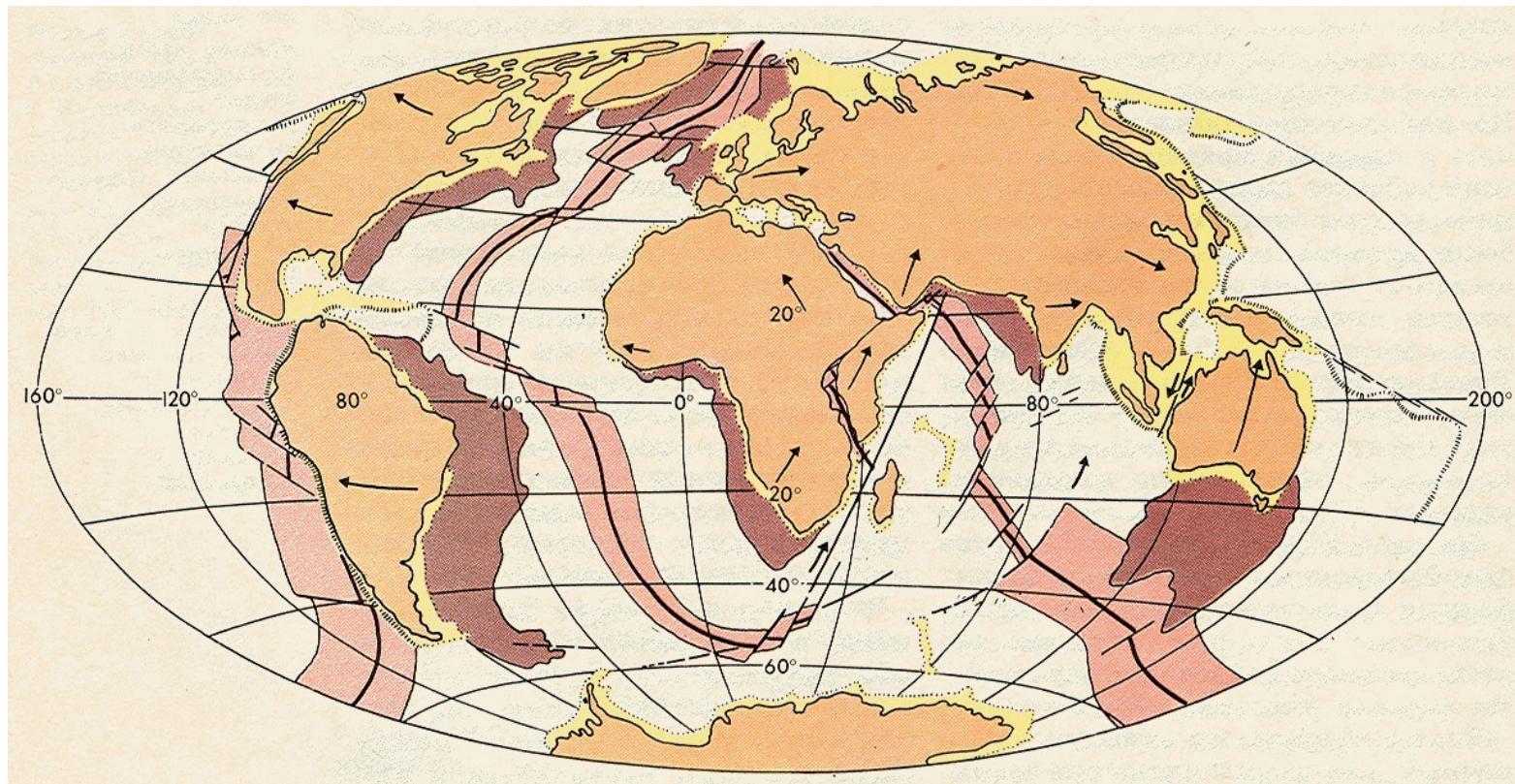
➤ Источником энергии для этих течений служит разность температуры центральных областей Земли, которые имеют очень высокую температуру (по оценкам, температура ядра составляет порядка 5000 °C) и температуры на её поверхности.

➤ Нагретые в центральных зонах Земли породы расширяются, **плотность** их уменьшается, и они всплывают, уступая место опускающимся более холодным и потому более тяжёлым массам, уже отдавшим часть тепла земной коре. Этот процесс переноса тепла (следствие всплытия лёгких-горячих масс и погружения тяжёлых-более холодных масс) идёт непрерывно, в результате чего возникают конвективные потоки.

➤ При этом в верхней части *течение вещества происходит почти в горизонтальной плоскости*, и именно эта часть течения увлекает плиты в горизонтальном же направлении с огромной силой за счёт огромной вязкости мантийного вещества.

- На плиты действуют и другие, меньшие по величине, но также важные силы.
- Это — **силы Архимеда**, обеспечивающие плавание более лёгкой коры на поверхности более тяжёлой мантии.
- **Приливные силы**, обусловленные гравитационным воздействием Луны и Солнца (различием их гравитационного воздействия на разноудаленные от них точки Земли). Сейчас приливной «горб» на Земле, вызванный притяжением Луны, в среднем около 36 см. Раньше Луна была ближе, и это имело большие масштабы, деформация мантии приводит к её нагреву.
- А также силы, возникающие вследствие изменения **атмосферного давления на различные участки земной поверхности** — силы атмосферного давления достаточно часто изменяются на 3 %, что эквивалентно сплошному слою воды толщиной 0,3 м (или гранита толщиной не менее 10 см). Причём это изменение может происходить в зоне шириной в сотни километров, тогда как изменение приливных сил происходит более плавно — на расстояниях в тысячи километров.

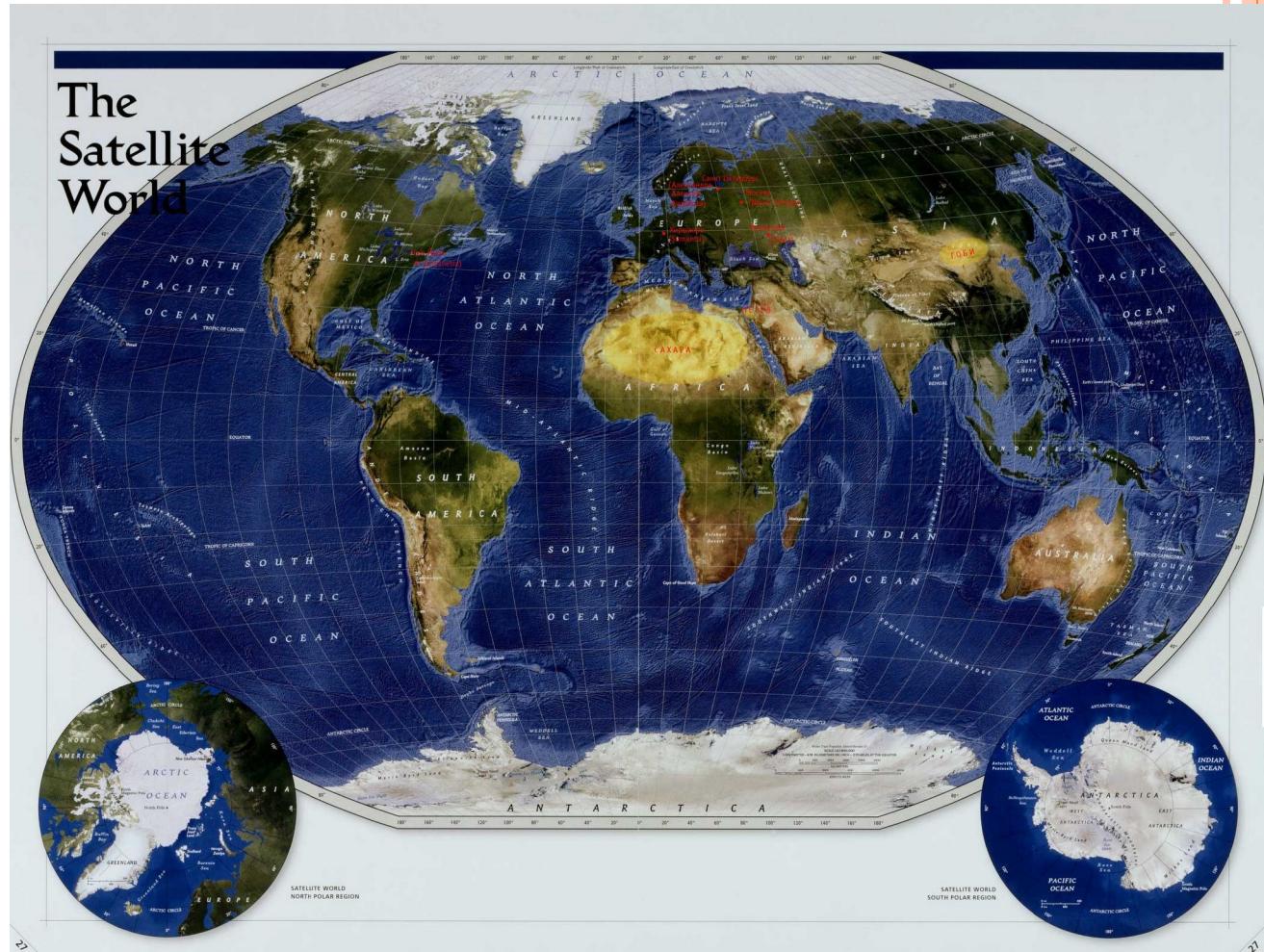
ПРОГНОЗ ПОЛОЖЕНИЯ КОНТИНЕНТОВ ЧЕРЕЗ 50 МЛН ЛЕТ



Учение о
литосферных плитах
дает возможность
заглянуть в будущее
Земли.

Предполагают, что
примерно через 50
млн. лет разрастутся
Атлантический и
Индийский океаны,
Тихий океан
уменьшится в
размерах. Африка
сместится на север.
Австралия пересечет
экватор и придет в
соприкосновение с
Евразией. Однако это
только прогноз,
который требует
уточнения.

ЗНАЧЕНИЕ УЧЕНИЯ О ЛИТОСФЕРНЫХ ПЛИТАХ



ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

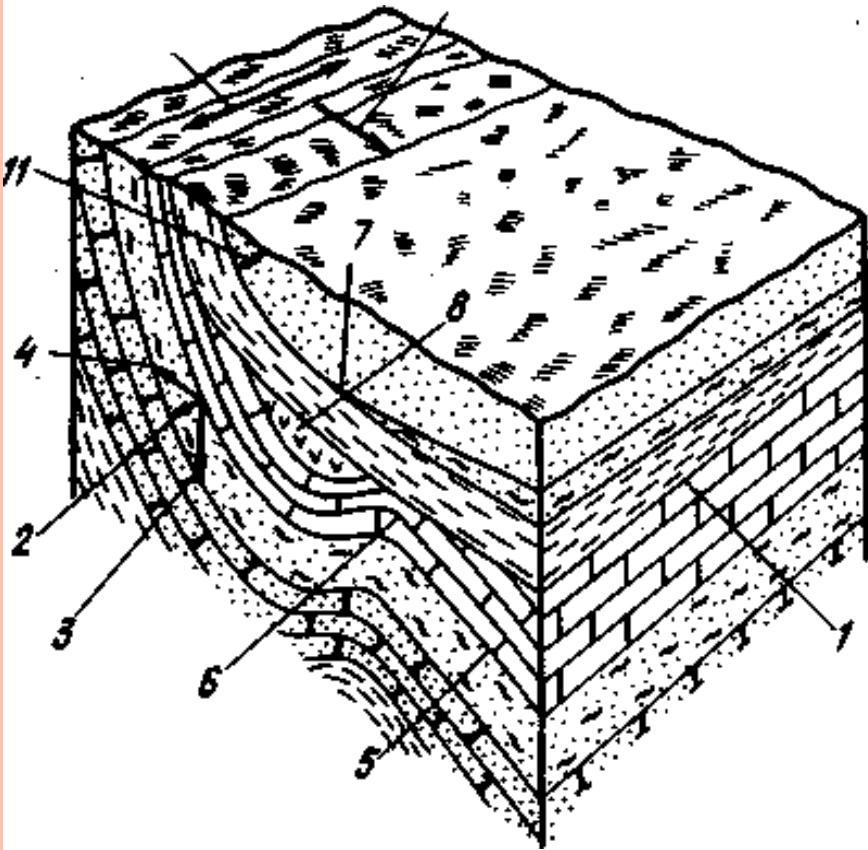
Исходное ненарушенное залегание горных пород называется их формой залегания. Первичная форма залегания осадочных пород – горизонтальное залегание. Первичным элементом осадочных образований является *слой* или *пласт*.



Горизонтальное залегание слоев (каньон Шарын)

ВТОРИЧНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ

Любые изменения от горизонтального залегания слоев называются вторичными формами залегания.



Блок-диаграмма, иллюстрирующая элементы залегания слоя:

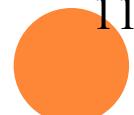
a—пески; *b*—песчаники; *c*—алевролиты; *d*—глины; *e*—известняки; *f*—гипс;

подошва глин (кровля известняков); мощность:

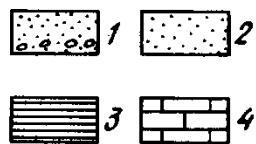
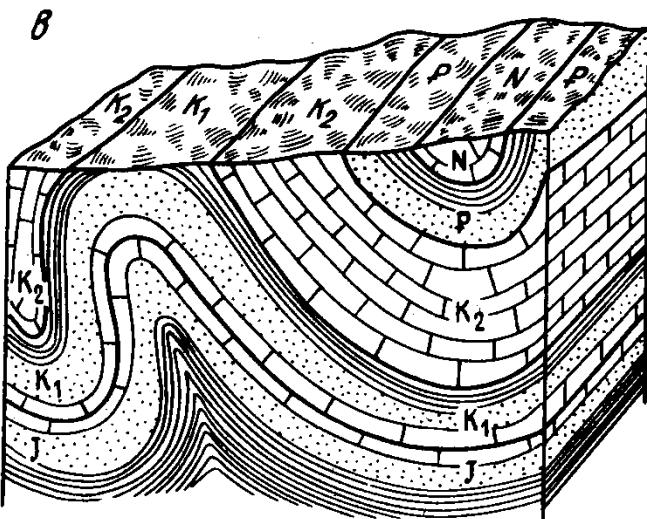
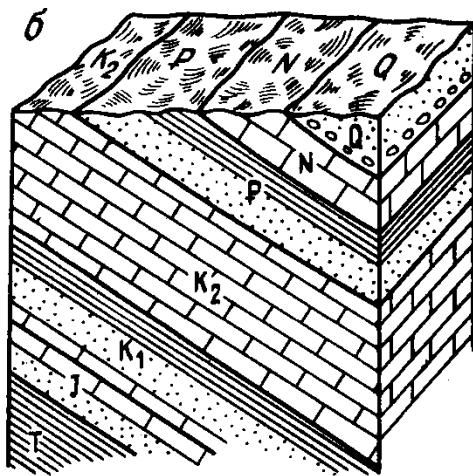
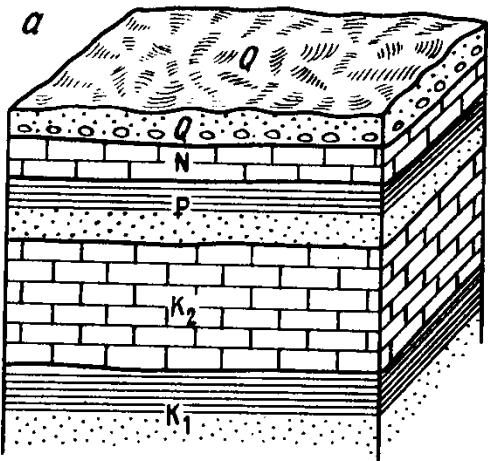
2—истинная, 3—вертикальная; 4—горизонтальная; 5—раздув (увеличение мощности);

6—сокращение мощности; 7—выклинивание; 8—линза; 9—простиранье;

направление падения; 10—угол падения



СОГЛАСНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД



а—горизонтальное;

б—наклонное;

в—складчатое;

конгломераты;

пески, песчаники;

глины, аргиллиты;

известняки

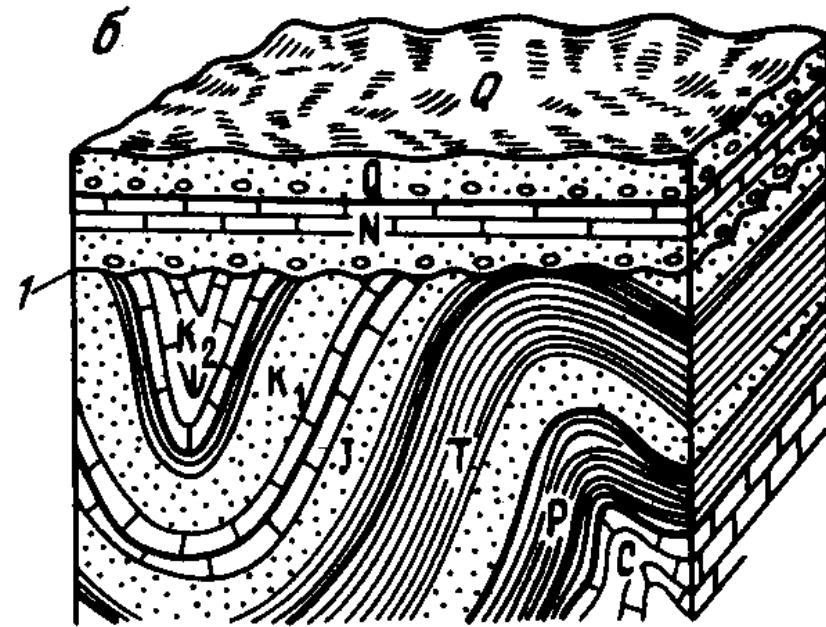
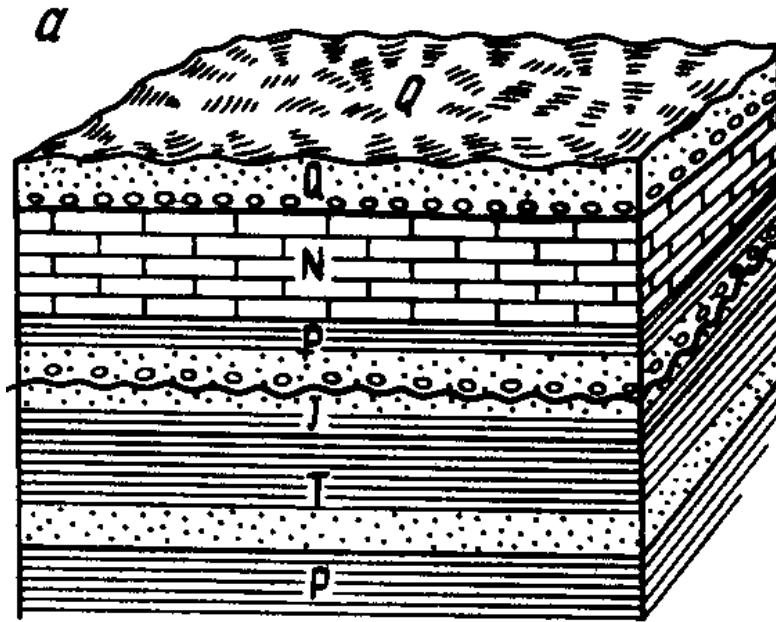
1—

2—

3—

4—

НЕСОГЛАСНОЕ ЗАЛЕГАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД



При несогласном залегании в разрезе устанавливается так называемая поверхность размыва, свидетельствующей о наличии перерыва в осадконакоплении; а—параллельное; б—с угловым несогласием; 1—поверхность размыва

ПЛИКАТИВНЫЕ ДИСЛОКАЦИИ (СКЛАДЧАТЫЕ НАРУШЕНИЯ)

Всякое нарушение первоначального залегания горных пород называется **дислокацией**. Дислокации подразделяются на **пликативные и дизъюнктивные**.

Складчатые (пликативные) дислокации происходят без разрыва сплошности слоев. Среди них различают следующие основные формы: моноклинали, флексуры и складки.



Антиклинальные и синклинальная (в середине складки)

Дизъюнктивные (разрывные) дислокации

Разрывные нарушения появляются в литосфере под воздействием механических напряжений, превосходящих предел прочности горных пород и вызываемых различными геологическими процессами. Появляющиеся при этом *трещины*, а также комбинации и системы трещин различаются по происхождению, размерам, форме, по положению в геологических структурах и в пространстве.

По происхождению, прежде всего различают две группы трещин: *тектонические и атектонические*.

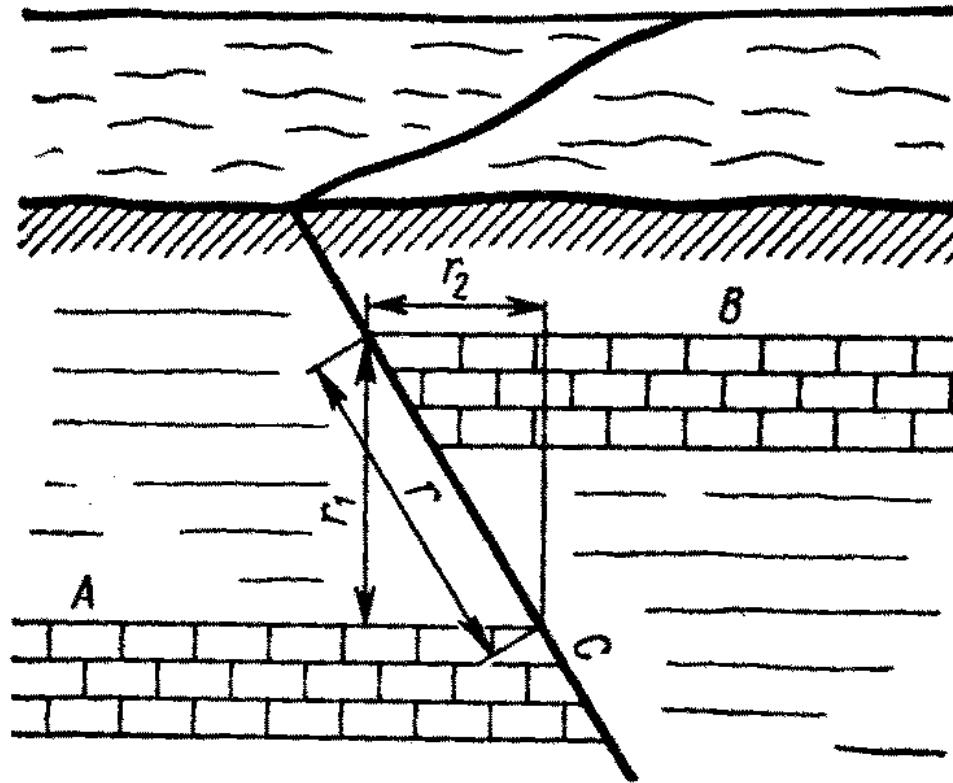
- Первые возникают при эндогенных процессах, вторые — при экзогенных (выветривании, оползнях, движении ледников и др.).
- Из огромного количества разрывных нарушений наиболее простые представлены трещинами, возникающими почти мгновенно, например при землетрясениях.
- Наиболее сложные обычно называют зонами разломов. Они очень разнообразны, развиваются в течение сотен миллионов лет, проникают глубоко в недра Земли и протягиваются на сотни и тысячи километров

Дизъюнктивные (разрывные) дислокации

Разрывные нарушения играют огромную роль не только в строении, но и в формировании земной коры.

- Они служат *путями проникновения магмы* в земную кору и на поверхность Земли, часто трассируются вулканами и интрузивными массивами.
- Ими *облегчается движение гидротермальных растворов* и часто контролируется размещение многих ценнейших эндогенных месторождений полезных ископаемых.
- Они существенным образом отражаются на *процессах метаморфизма горных пород*.
- К зонам многих разломов приурочены очаги землетрясений, а по трецинам происходят подвижки блоков земной коры.
- *Крупные разломы* определяют положение складчатых систем, четко отражаются в рельефе земной поверхности, часто определяют положение горных хребтов, речных долин, разного рода впадин и др.
- *Трецины* — неотъемлемая часть любых разрывных нарушений — образуются в земной коре при ее *растяжении и сжатии в результате отрыва (разрыва горных пород)* или *скальвания (среза)*.
- *Размеры трещин колеблются в очень широких пределах* — от мелких трещин, не выходящих за границы одного пласта, до протягивающихся на десятки километров и проникающих на относительно большие глубины.

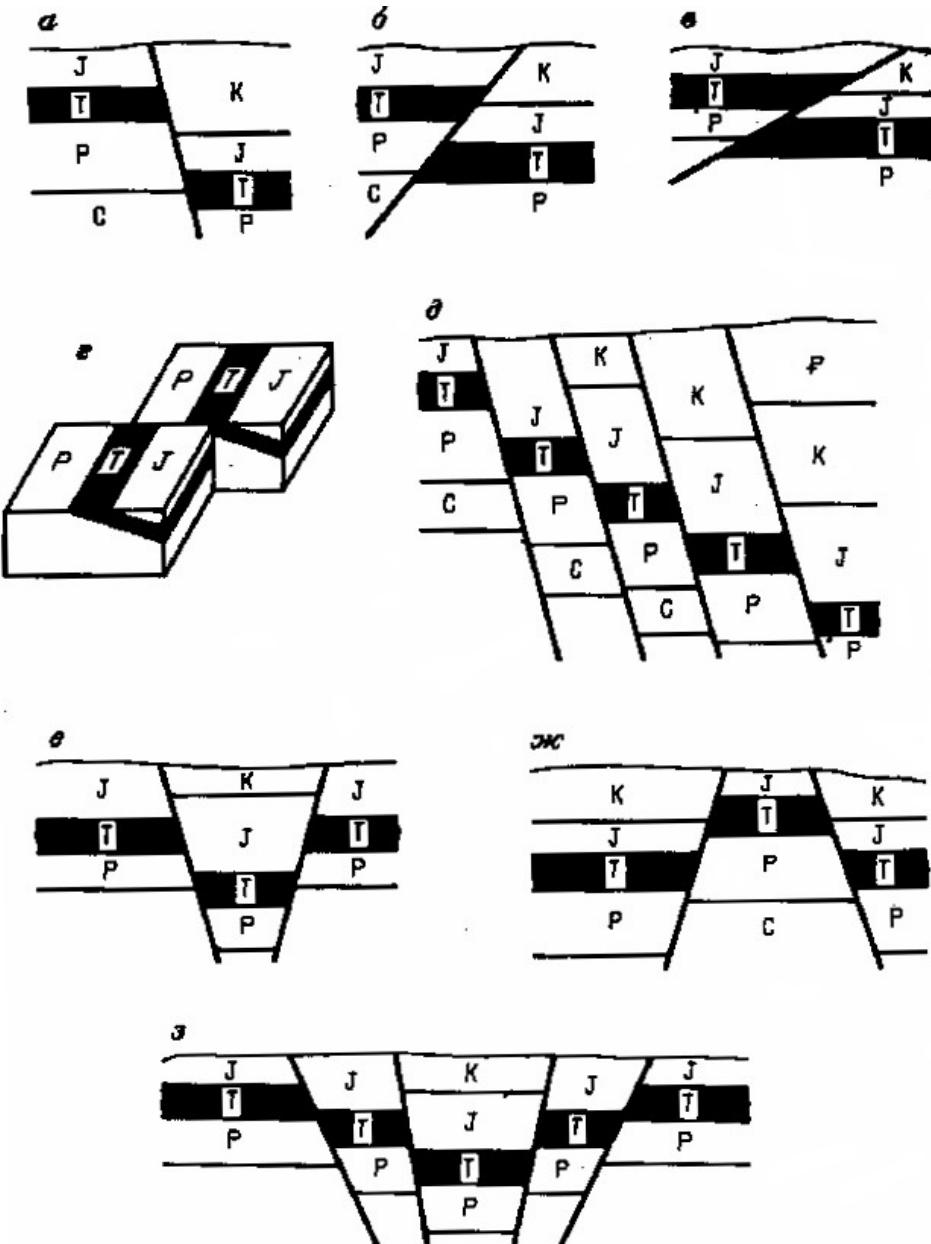
ДИЗЬЮНКТИВНЫЕ (РАЗРЫВНЫЕ) ДИСЛОКАЦИИ



Элементы дизъюнктивной дислокации: C —сместитель; A —лежачее крыло; B —висячее крыло; амплитуды: r —смещения, r_1 —вертикальная, r_2 —горизонтальная

- Две стороны невертикального разлома называют **висячий бок и подошва (или лежачий бок)** – по определению, первое происходит выше, а второе ниже линии разлома.
- **Сбросы** регионального значения с небольшим углом называют срывом, либо отслаиванием.
- **Взбросы** происходят в обратном направлении – в них висячий бок движется наверх относительно подошвы, при этом угол наклона трещины превышает 45° . При взбросах земная кора сжимается.
- **Надвиг**, в нём движение происходит аналогично взбросу, но угол наклона трещины не превышает 45° . Надвиги обычно формируют скаты, рифты и складки. В результате образуются тектонические покровы.
- **Плоскостью разлома** называется плоскость, вдоль которой происходит разрыв.
- Во время **сдвига** поверхность разлома расположена вертикально, и подошва сдвигается влево либо вправо. В левосторонних сдвигах подошва движется в левую сторону, в правосторонних – в правую.

РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ – РАЗЛОМЫ

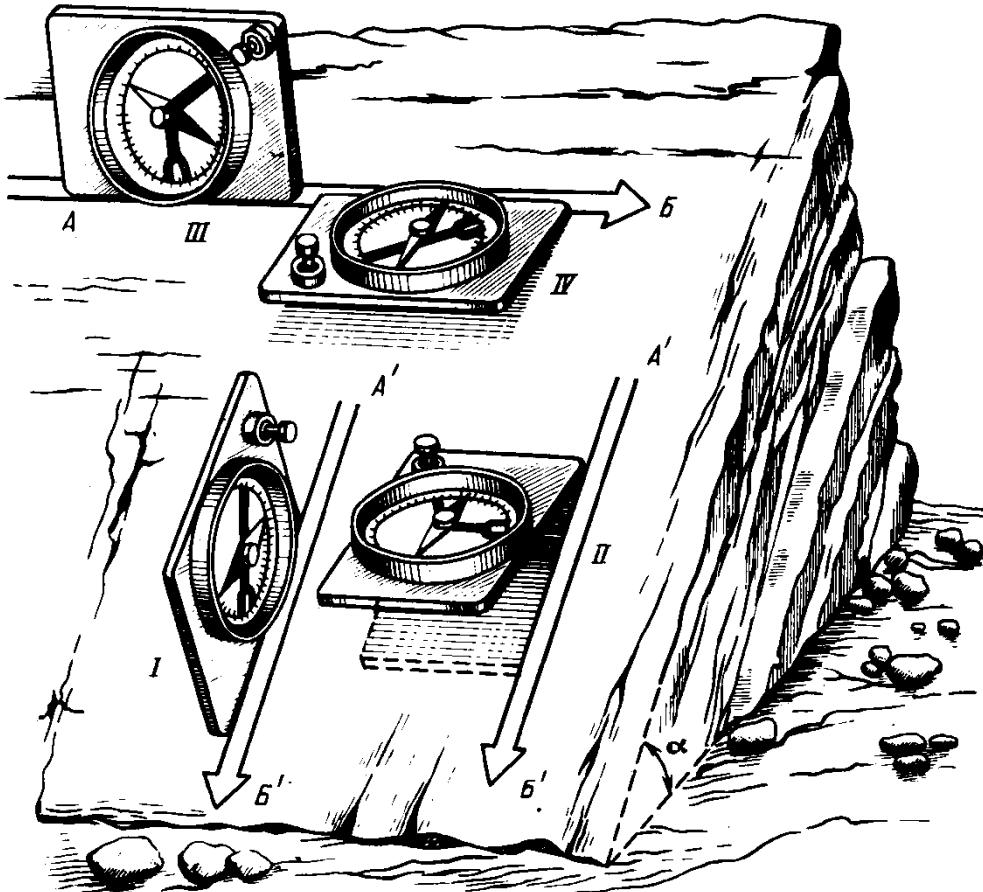


По характеру, величине, направлению и углу относительного перемещения крыльев разломы подразделяются на сбросы, взбросы, надвиги, сдвиги и сложные. Наиболее крупными являются глубинные разломы – **линеаменты**.

а–сброс; б–взброс; в–надвиг; г–сдвиг; д–ступенчатый сброс; е–грабен; ж–горст;
з–сложный ступенчатый грабен



ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД



Пространственное положение слоев характеризуется элементами залегания: азимутом простирации, азимутом падения и углом падения.

Элементы залегания пласта и их измерение с помощью горного компаса:
АБ—линия простирации;
А'Б'—линия падения;
α — угол падения