

Og-mgri.ru

Общая геология



ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ:

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Межеловская Софья Владимировна

Тектоника (геотектоника) определяется как самостоятельный раздел (направление) геологии, предметом исследования которого (в пространстве и во времени) являются **структура** и **развитие** земной коры и глубинных оболочек Земли (мантии и ядра), а также **движения и механизмы** структурообразующих процессов. (Тектонический кодекс, 2016)

ТЕКТОНИКА ИЗУЧАЕТ:

- все виды нарушенного залегания (дислокаций) горных пород;
- распределение структурных форм в пределах тектонических подразделений (таксонов) различного ранга;
- строение Земли, эволюцию и взаимодействие между собой ее оболочек;

- историю формирования современной структуры земной коры и основные этапы ее развития;
- новейшие и современные движения земной коры, сформировавшие (и формирующие в настоящее время) основные черты структуры и рельефа Земли;
- генетические связи и закономерности размещения полезных ископаемых с конкретными структурными формами и характером их эволюции.

Тектоническая структура – геологическое тело (или конкретный участок земной коры) с определенной (типичной для него) формой залегания (дислокацией) горных пород различного состава и возраста, которая создана тектоническими силами.

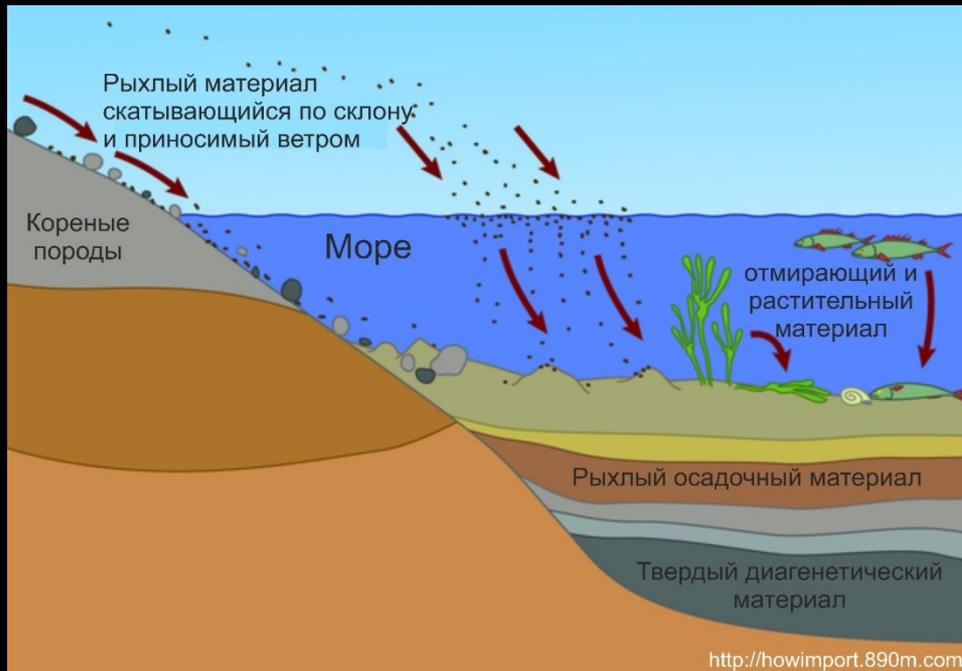
По механизму тектонических деформаций выделяются структуры: **складчатые** (пликативные), **разрывные** (дизъюнктивные) и **внедрения** (инъективные).

(Тектонический кодекс, 2016)

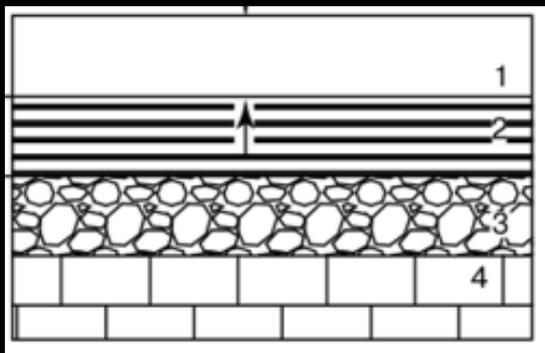
ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Ненарушенное – т.е. такая форма залегания слоев горных пород в пространстве, которая образовалась во время осадконакопления и не менялась с момента их образования - **горизонтальное**

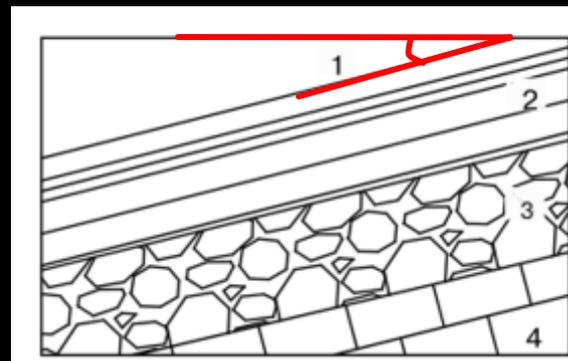
Нарушенное – такая форма залегания горных пород, которая образовалась после их формирования по воздействию тектонических движений



Изначально горизонтальное залегание



Разновидность нарушенного залегания - **наклонное**



Наклонное залегание известняков. Южное побережье Турции (Фетье)



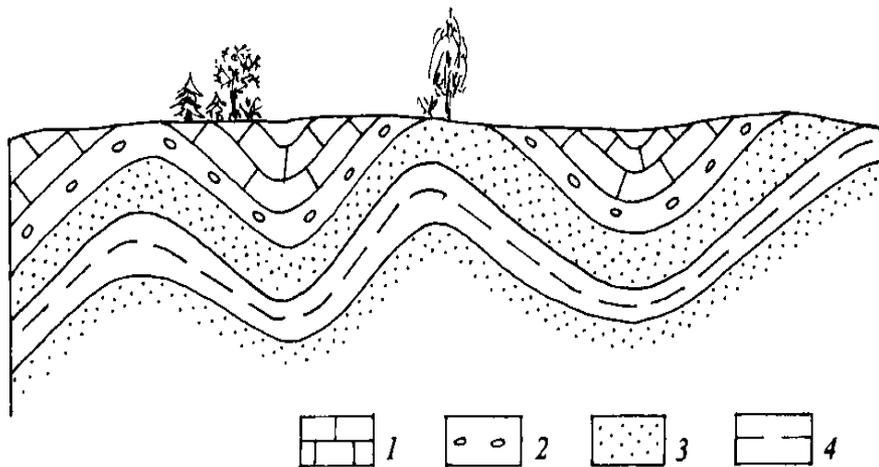
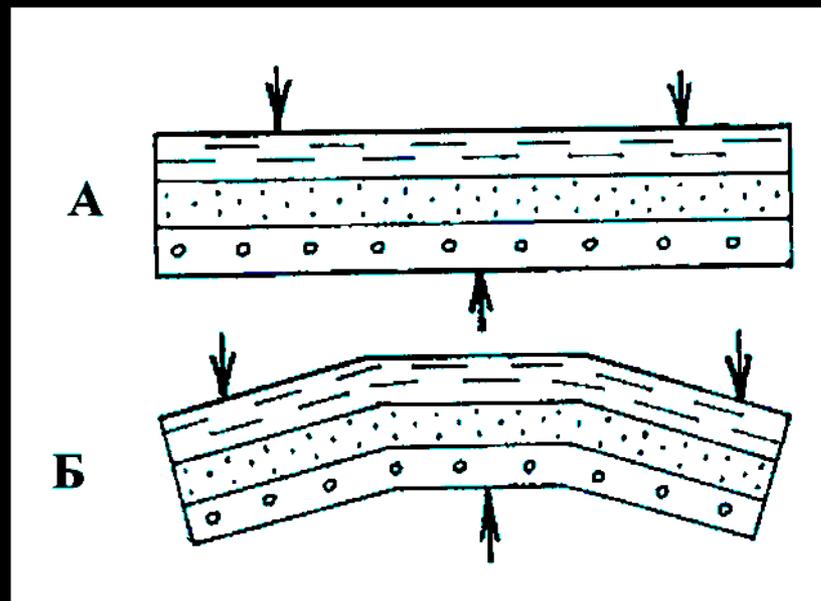
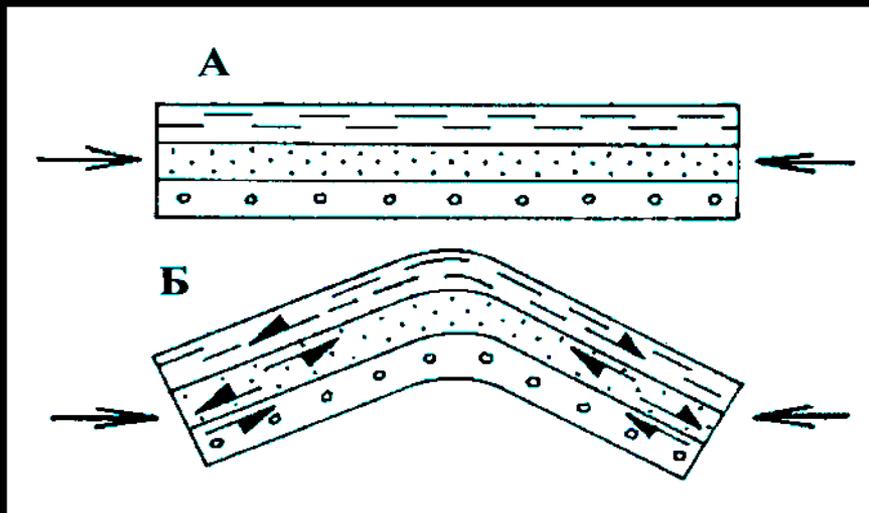
Куэсты. Юго-запад Ферганской впадины. Наклонное залегание

СКЛАДЧАТЫЕ (ПЛИКАТИВНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ)

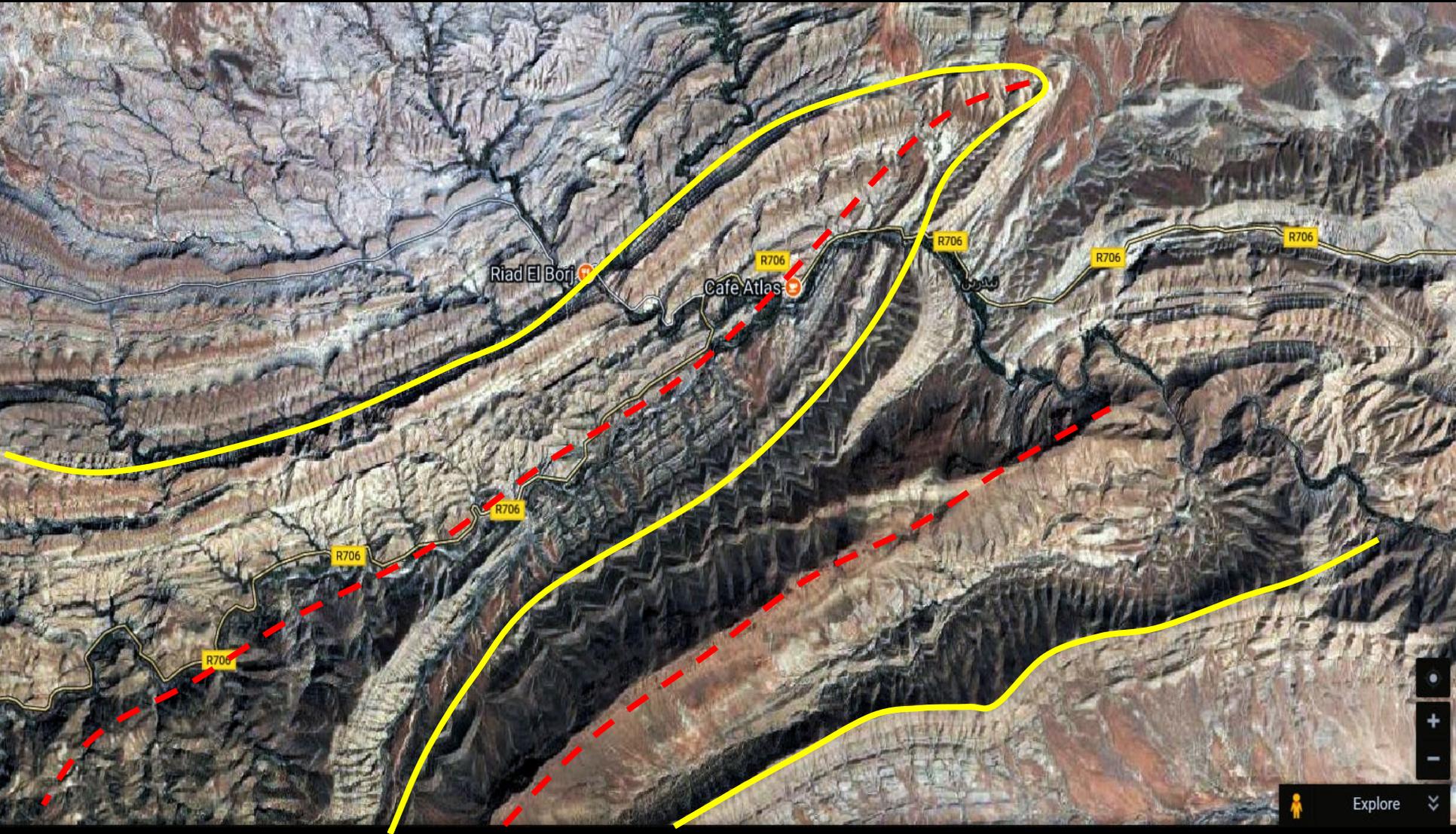
Складки - волнообразные изгибы слоев

Поперечный изгиб

Продольный изгиб



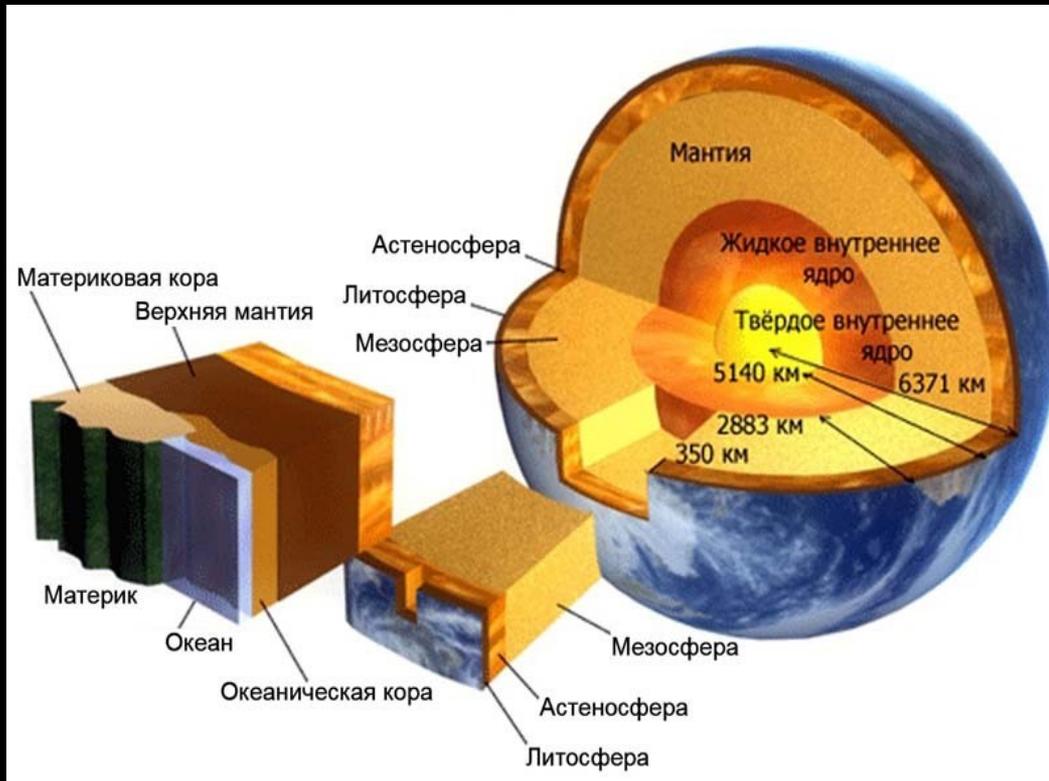
Линейная складка. Горы Атлас



ЗА СЧЕТ ЧЕГО ПРОИСХОДЯТ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ?

Наружная твердая оболочка планеты находится в непрерывном движении, получившем название *тектонического*.

Под **тектоническими движениями** понимаются движения земной коры, вызванные глубинными процессами.



Земная кора – твердая оболочка земли (верхняя часть литосферы)

Литосфера – твердая оболочка земли объединяющая в себе земную кору и верхнюю часть мантии

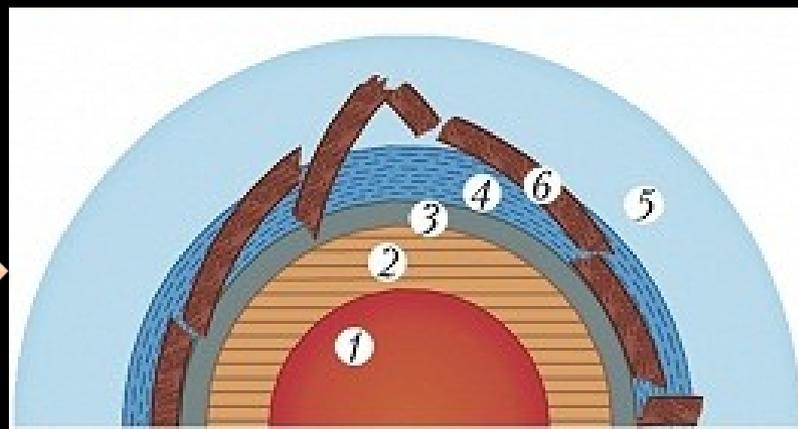
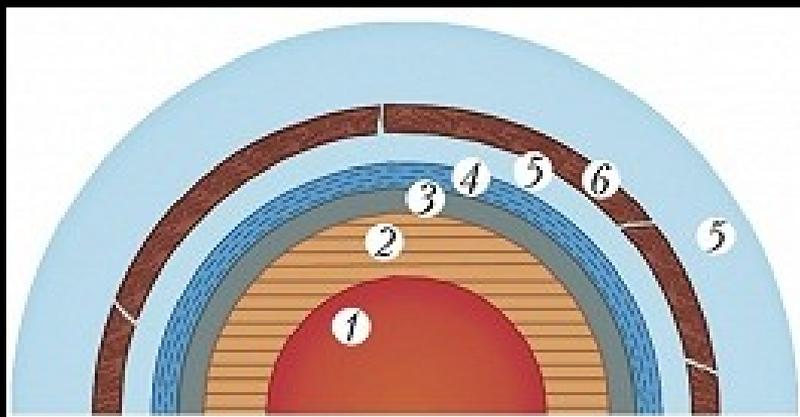
ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ

История изучения природы тектонических движений насчитывает более 200 лет. Определение механизма и выяснение движущих сил, объясняющих морфологические, динамические и тектонические различия развития разных участков земной коры, до сих пор представляет собой комплексную проблему.

В попытках объяснить эти процессы, были выдвинуты следующие гипотезы:

1. Гипотеза контракции

Гипотеза основана на идее сокращающейся (сжимающейся) в своих размерах Земли в следствии постепенного охлаждения, приводящего к постепенному уменьшению ее среднего радиуса. Это приводит к непрерывному проседанию отдельных участков Земной коры, а следовательно, к появлению горизонтальных (тангенсальных) сил, под влиянием которых происходит смятие слоев в складки и формирование гор, выжимание магмы по трещинам на поверхность (Э. Зюсс, Эли де Боман, Г.Э. Ог, Г. Штиле, А.П. Карпинский, И.В. Мушкетов).



2. Гипотеза расширяющейся Земли

Отсутствие деформаций и складок и небольшая мощность земной коры позволили предположить, что основным планетарным видом деформаций является не сжатие, а растяжение (М. Рид, Б. Линдеман, М.М. Тетяев, И.В. Кириллов и др.). В соответствии с этой гипотезой, Земля в первоначальном состоянии была более плотной, а ее радиус составлял 5430 км (современное значение 6371 км), вся поверхность была покрыта мощной корой, аналогичной современной коре континентального типа. При разогреве и расширении Земли возникали глобальные разрывы, приводящие к раздвижению отдельных участков коры, сопровождавшихся формированием современных континентов.

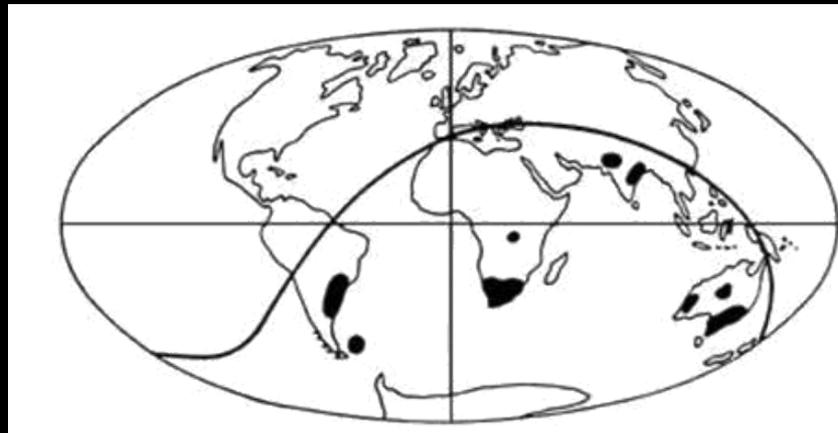
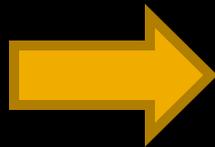
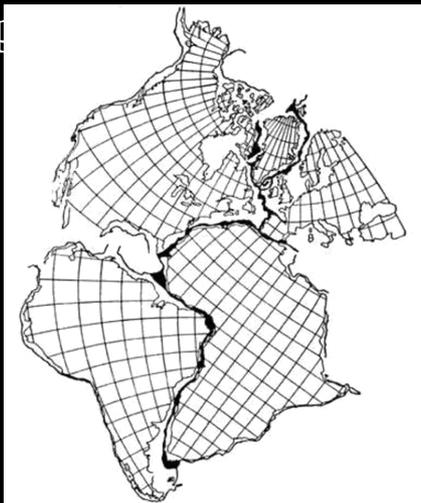
ОДНАКО! Значительное увеличение планеты должно было сопровождаться замедлением скорости ее вращения и изменению силы тяжести, что отразилось на эволюции флоры и фауны. Таких существенных изменений в геологической истории зафиксировано не было.

3. Гипотеза пульсирующей Земли

Синтез двух вышеописанных гипотез, предложенных В. Батчером и поддержанных М.А. Усовым и В.А. Обручевым. «Как бы Земной шар переживает то фазы расширения, то фазы сокращения объема и сжатия. Растяжение земной коры сопровождается опусканиями отдельных ее участков, сжатие – поднятиями. Сжатие влечет за собой развитие складчатости, надвигов и появление кислых интрузий. Растяжение – к появлению глубоких трещин и излиянию основных магм».

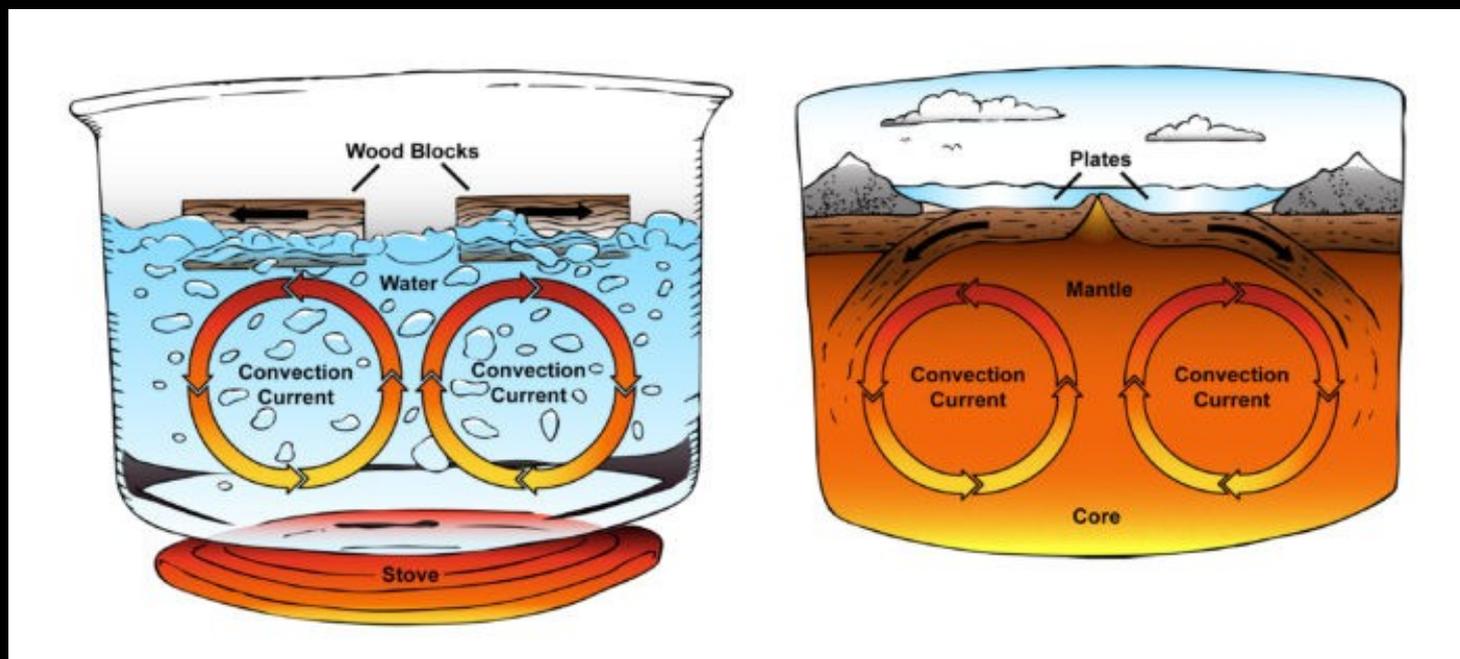
4. Гипотеза о горизонтальных перемещениях материков (дрейф материков)

В начале XX века американский геолог Фрэнк Б. Тейлор высказал предположение, что континенты могут медленно удаляться друг от друга. Он полагал, что дрейф континентов могло вызвать горизонтальное (боковое) давление, которое вытеснило вверх породы и превратило их в длинные горные хребты. Гипотеза была развита в 1915 г. немецким ученым **А. Вегенером** и получила название **мобилизма**. А. Вегенер, ссылаясь на сходства очертаний восточных берегов Южной Америки и западных берегов Африки, совпадение их строения по ряду геологических признаков, полагал, что легкие «сиалические» глыбы материков под влиянием сил, возникающих в земной коре при вращении Земли, смещаются, передвигаясь по тяжелому и пластичному слою. Таким образом, когда-то единый материк раскололся, а отдельные его части расползлись по поверхности Земли: Северная и Южная Америка отошли от Европы и Африки на Запад. Австралия отошла от Африки на восток, пересекла место, ныне занимаемое Индийским океаном, и повернулась на 90° , заняв нынешнее положение. Но тогда гипотеза не имела физического обоснования, а имела, скорее описательный характер.



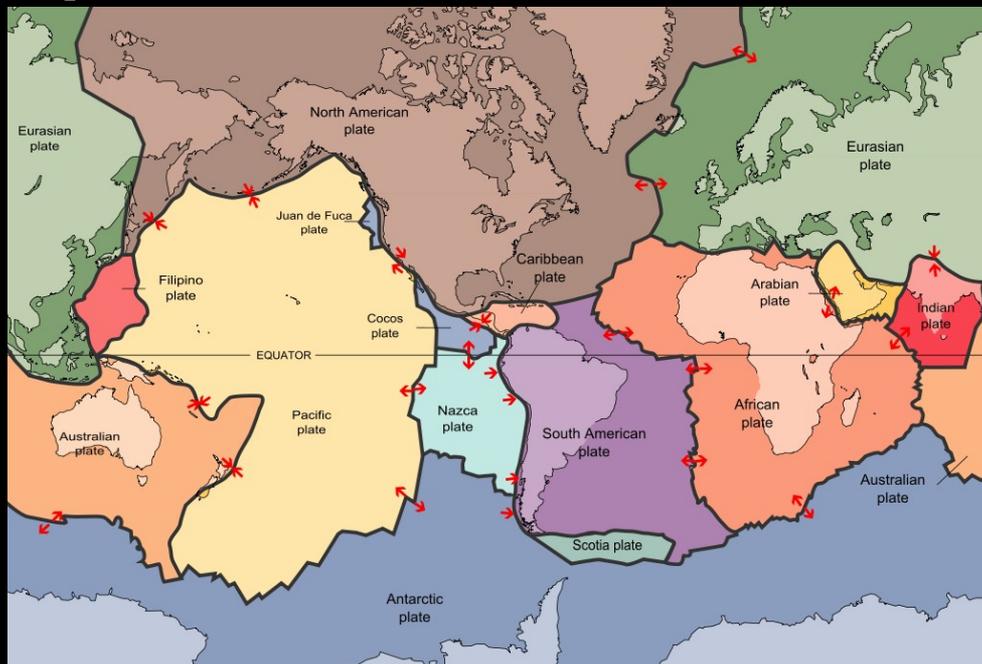
4. Гипотеза о горизонтальных перемещениях материков (дрейф материков)

В 1929 г. Г.А. Холмсом был разработан механизм перемещения континентальных глыб, согласно которому в мантии существуют медленные восходящие конвективные потоки, приводящие к разрыву коры, раздвиганию блоков и формированию молодого океанического дна. В районе нисходящих конвективных потоков протекание вещества сопровождается столкновением блоков, их смятием и образованием систем надвигов, при котором глубинные слои коры вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов. Однако из-за своей революционности эта гипотеза долгое время не воспринималась научной, что ограничивало развитие гипотезы Вегенера.



5. Тектоника плит (господствующая на сегодня)

Разработана Г. Хессоном и Р. Дицем в 1962–1963 годах и является современной геологической теорией движения литосферы. Она утверждает, что земная кора состоит из относительно целостных блоков — плит, которые находятся в постоянном движении друг относительно друга. При этом в зонах расширения (срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах) в результате спрединга (seafloor spreading — растекание морского дна) образуется новая океаническая кора, а старая поглощается в зонах субдукции. Теория объясняет землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование, большая часть которых приурочена к границам плит. Сейчас тектоника плит подтверждена прямыми измерениями скорости плит методом интерферометрии излучения от далёких квазаров и измерениями с помощью GPS. Результаты многолетних исследований полностью подтвердили основные положения теории тектоники плит.



<https://www.youtube.com/watch?v=WAVwHDWBEKE>

Верхняя часть твёрдой Земли делится на **хрупкую литосферу** и **пластичную астеносферу**.

Конвекция в астеносфере — главная причина движения плит.

Современная литосфера делится на 8 крупных плит, десятки средних плит и множество мелких.

Сейсмическая, тектоническая и магматическая активность сосредоточена на границах плит.

Существует три основных типа относительных перемещений плит

расхождение (дивергенция);

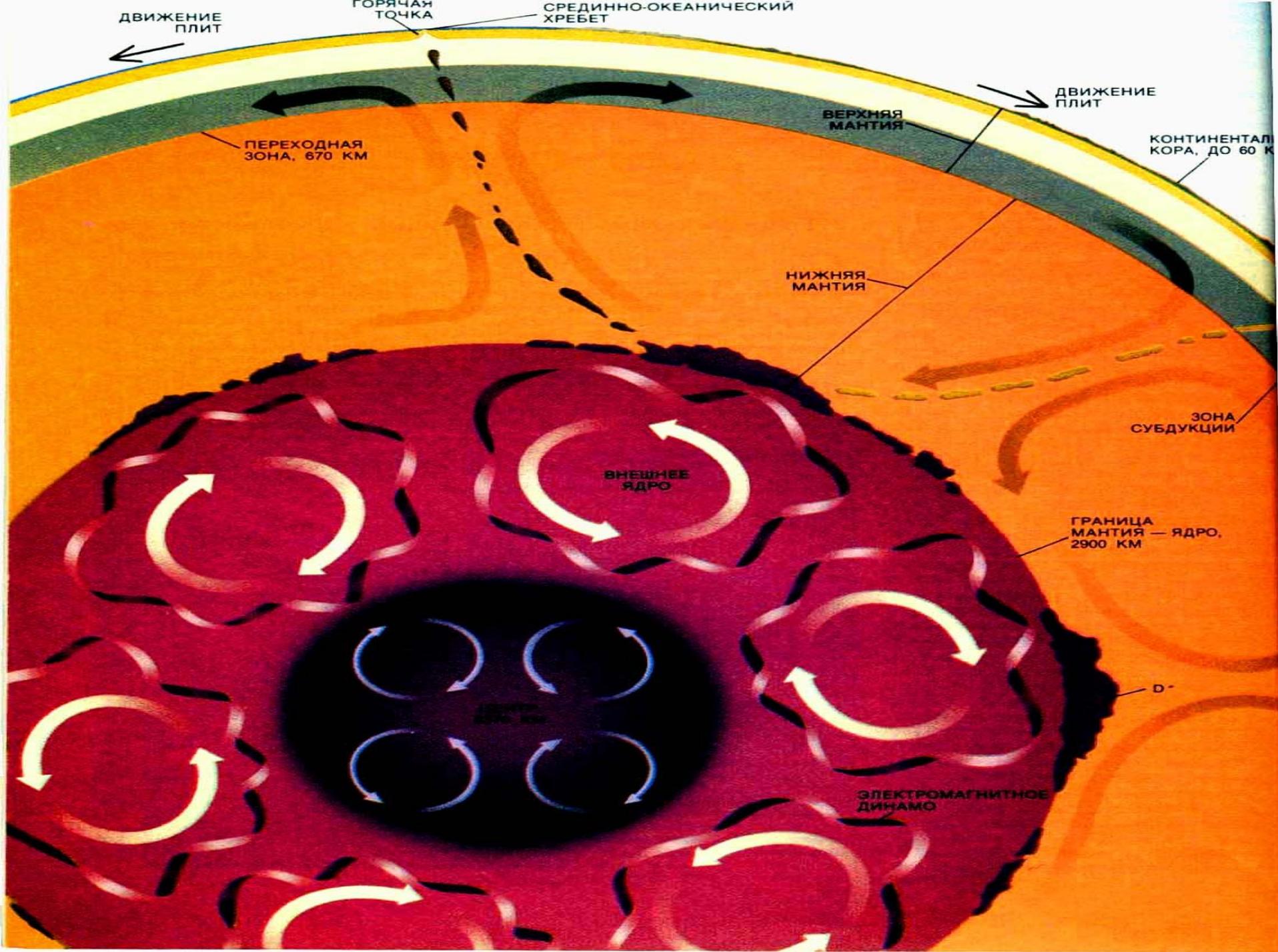
схождение (конвергенция);

сдвиговые перемещения по трансформным геологическим разломам.

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

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

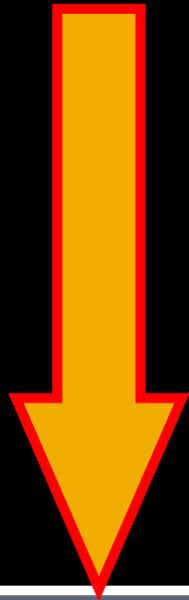
Нагретые в центральных зонах Земли породы расширяются, плотность их уменьшается, и они **всплывают**, уступая место **опускающимся** более **холодными** и потому более тяжёлым массам.



Таким образом, **движение плит** — следствие переноса тепла из центральных зон Земли очень вязкой магмой. При этом часть тепловой энергии превращается в механическую работу по преодолению сил трения, а часть, пройдя через земную кору, излучается в окружающее пространство. Так что наша планета в некотором смысле представляет собой тепловой двигатель.

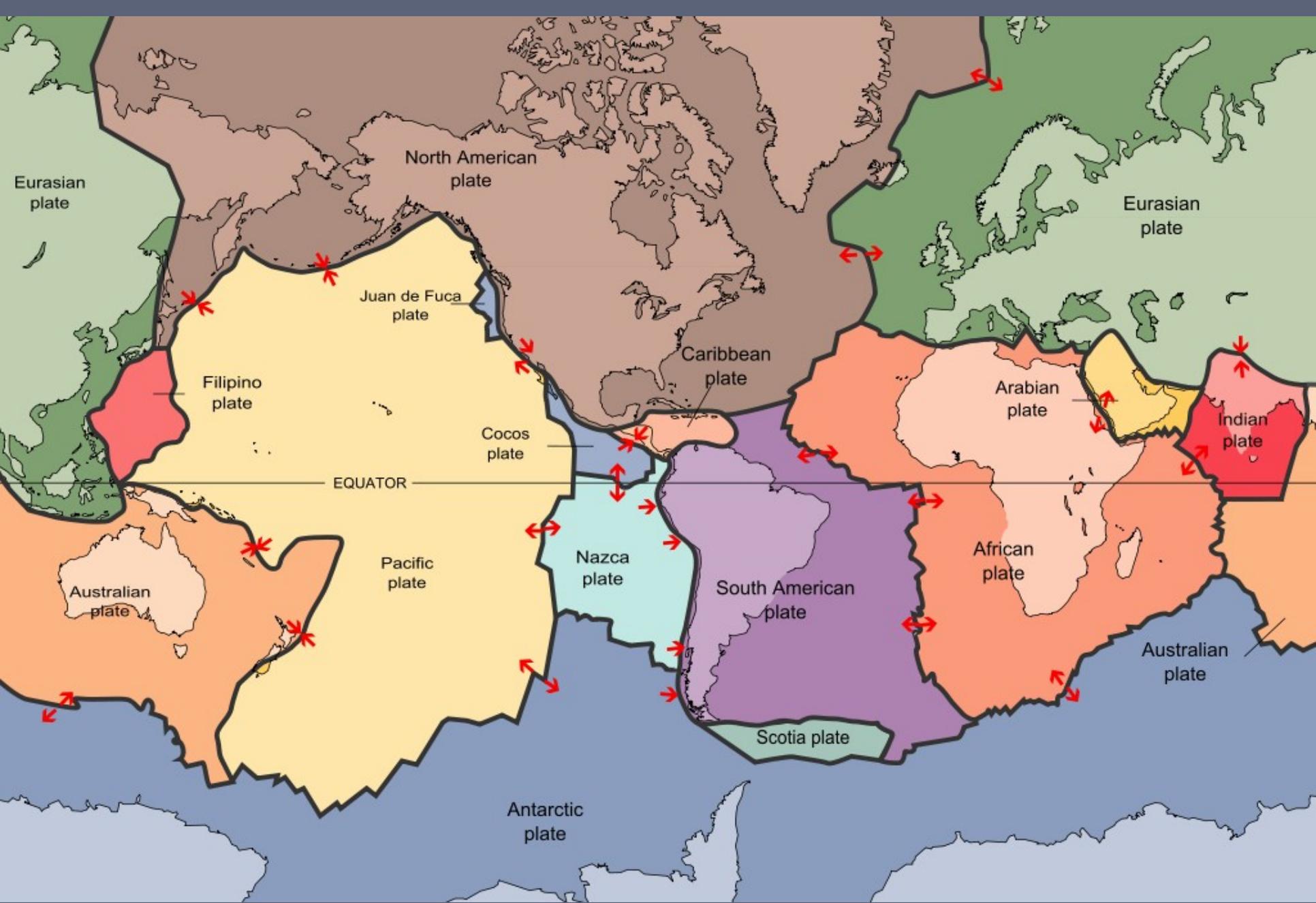


ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ



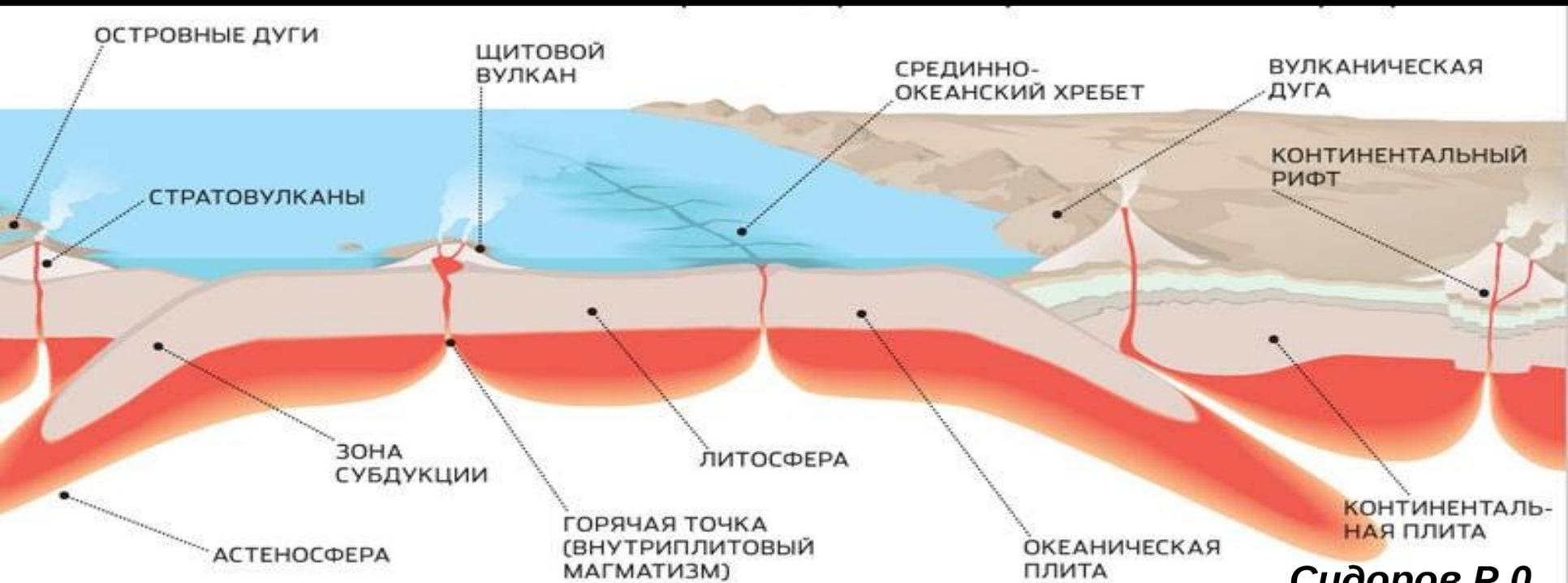
ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ

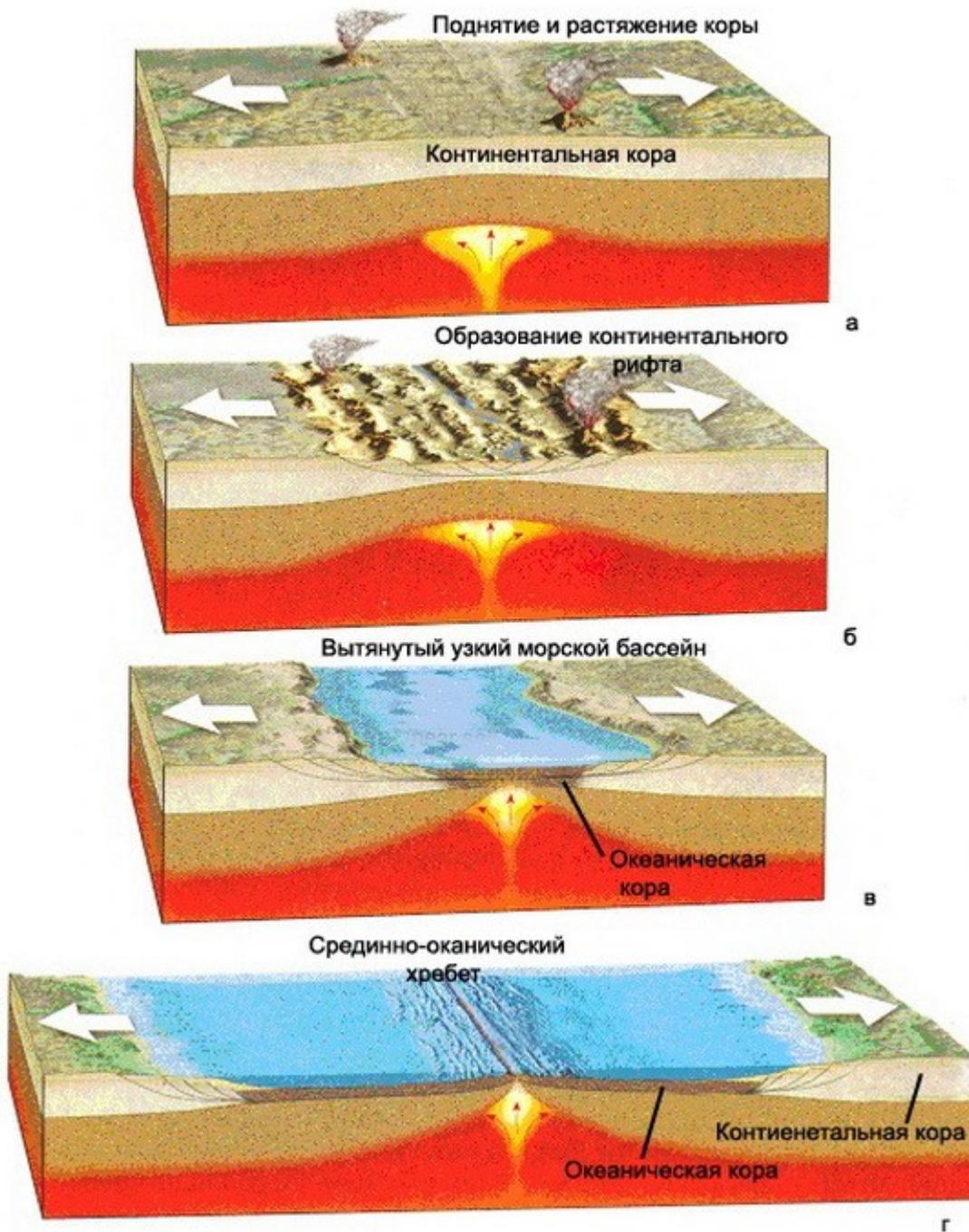


Земная кора состоит из плит, движущихся друг относительно друга.

В срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах образуется **новая кора**, а в зонах субдукции **«утилизируется»** старая.



Сидоров Р.О.



На океанической коре в рифтовых зонах приуроченных к центральным частям срединно-океанических хребтов происходит наращивание земной коры.

Зона - спрединга

(Physical Geology, 2007).

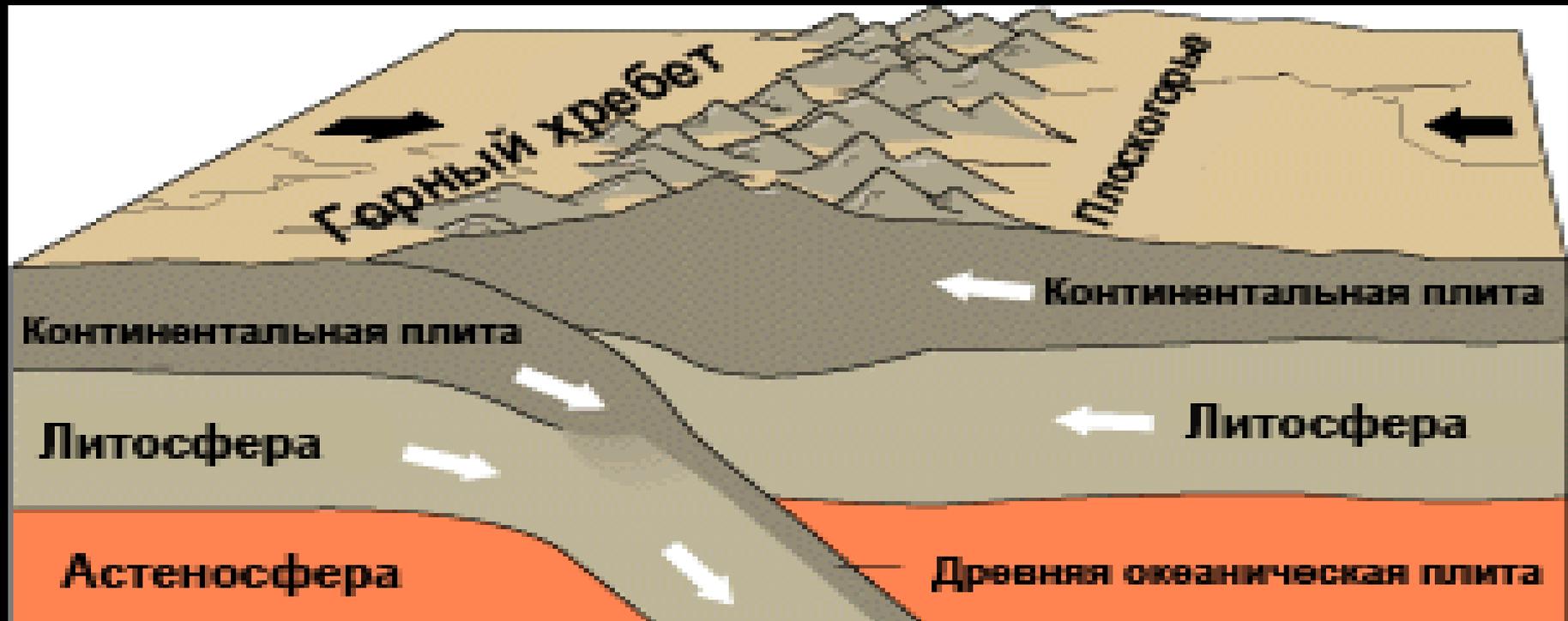
Активная континентальная окраина возникает там, где под континент погружается океаническая кора. Эталоном этой обстановки считается западное побережье Южной Америки, её часто называют андийским типом.

Зона - субдукции

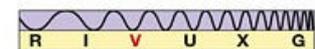
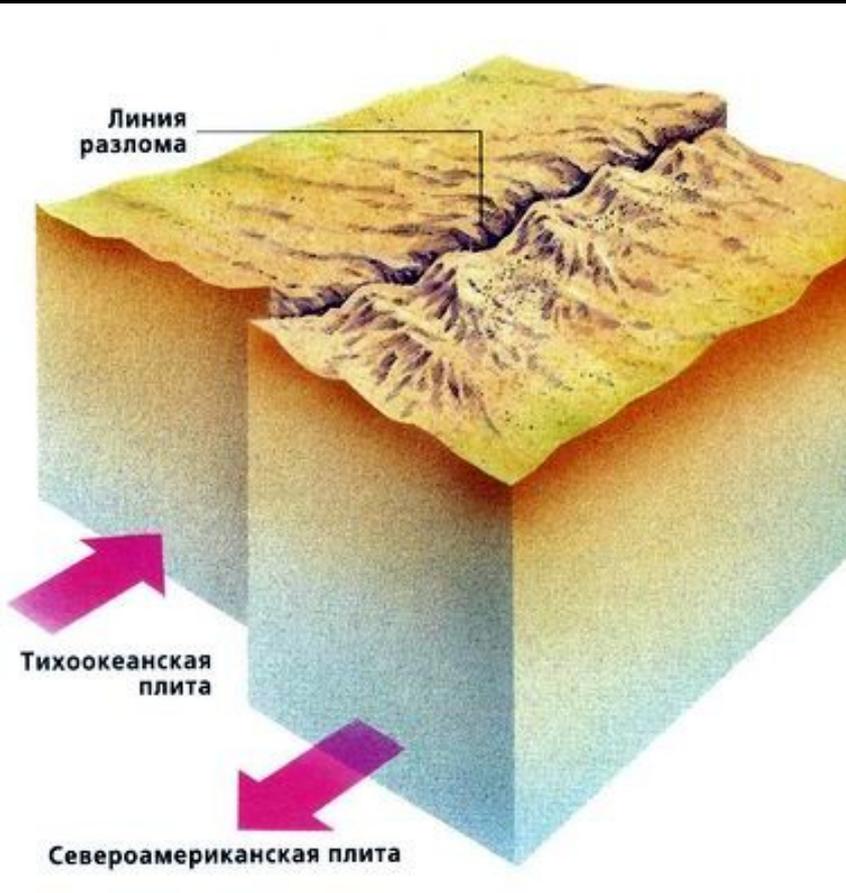


Сидоров Р.О.

Столкновение континентальных плит приводит к смятию коры и образованию **зоны коллизии**. Примером коллизии является Альпийско-Гималайский горный пояс, образовавшийся в результате закрытия океана Тетис и столкновения с Евразийской плитой Индостана и Африки. В результате мощность коры значительно увеличивается, под Гималаями она составляет 70 км.



Там, где плиты движутся параллельным курсом, но с разной скоростью, возникают **трансформные разломы** — грандиозные сдвиговые нарушения, широко распространённые в океанах и редкие на **КОНТИНЕНТАХ.**



ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ДВИЖЕНИЯ



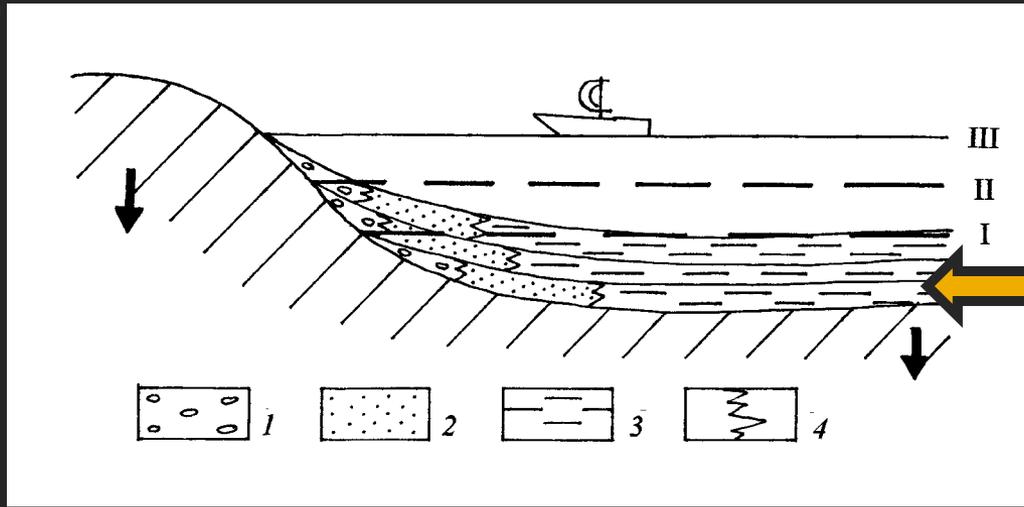
**ТРАНСГРЕССИИ И
РЕГРЕССИИ
МОРЕЯ**



**РАЗРЫВНЫЕ
НАРУШЕНИЯ:
СБРОСЫ, ВСБРОСЫ,
ГРАБЕНЫ, ГОРСТЫ**

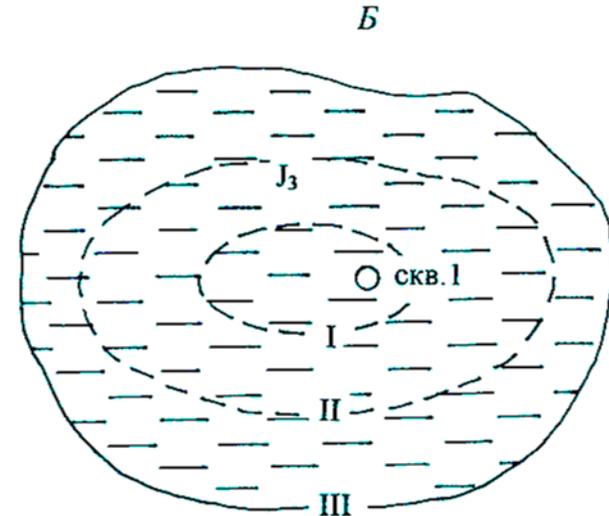
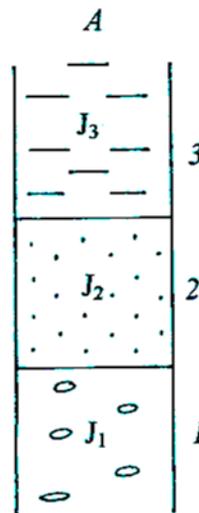


Трансгрессия и регрессия моря



Наступление моря:
затопление новых
территорий и
увеличение глубины
прежних акваторий

Увеличивается площадь
осадконакопления.
Молодые породы
занимают большие
площади чем древние.
Нижние слои
грубозернистые, верхние
- тонкозернистые



Осадочные породы – результат трансгрессии

Келловейские глины
средней юры. Песковский
карьер строительных материалов



Доломиты верхнего
карбона

Доломитизированные
известняки среднего карбона.
Домодедовский карьер
строительных материалов



Регрессия - отступление моря

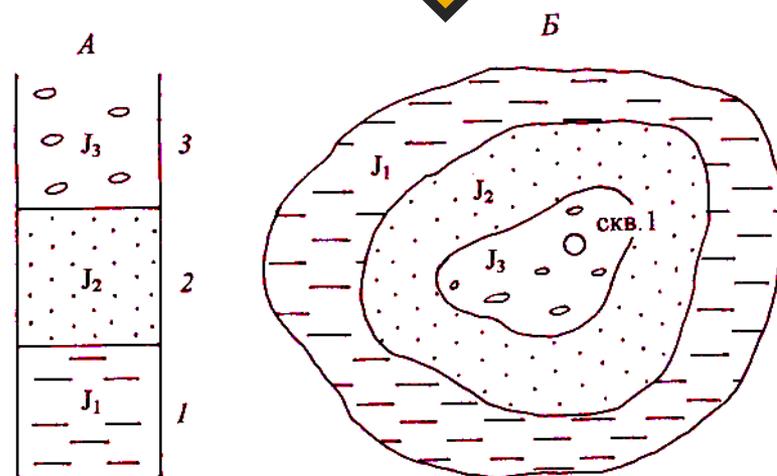
При регрессии площади акваторий уменьшаются, море становится мелководнее. Это приводит к уменьшению площади развития молодых пород. Внизу оказываются глубоководные мелкозернистые древние осадки, вверху – мелководные грубозернистые молодые осадки.

Оксфордские
глины глины



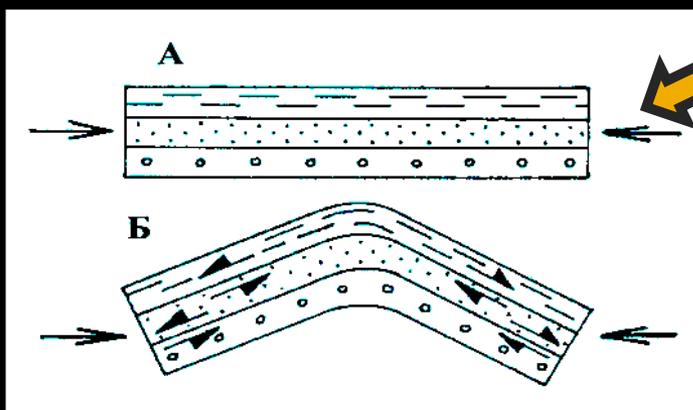
Кора
выветривания

Доломитизированные
известняки среднего карбона



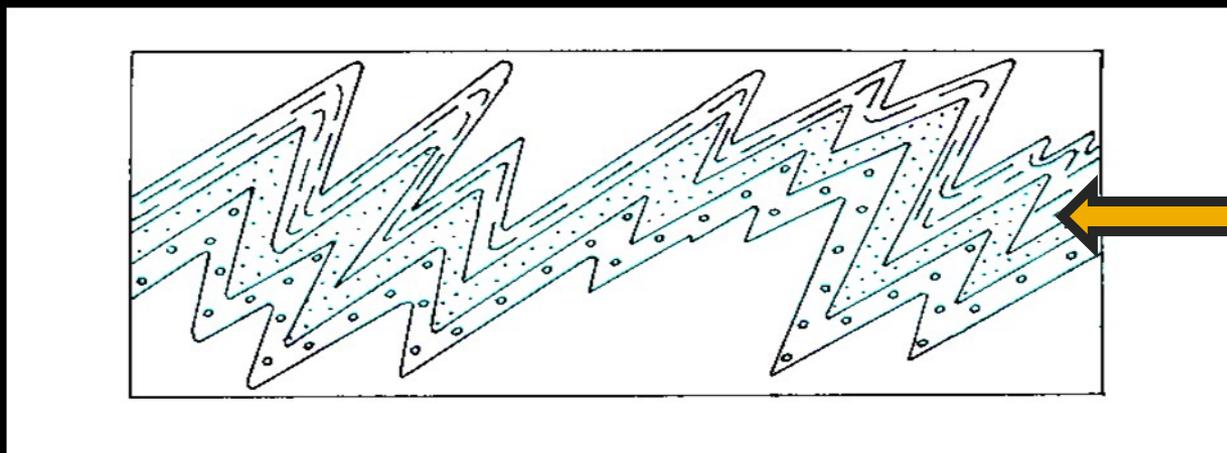
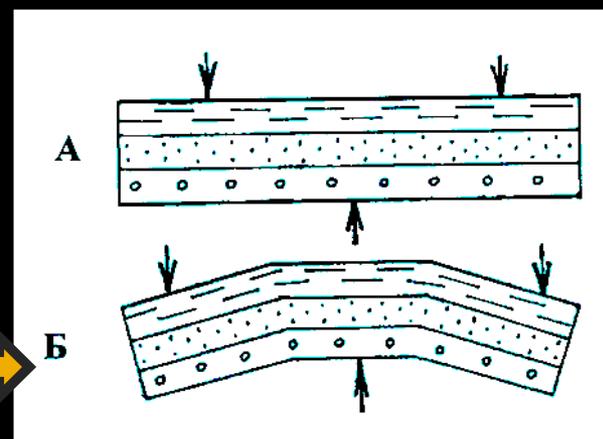


ИЗГИБАНИЕ СЛОЕВ БЕЗ НАРУШЕНИЯ СПЛОШНОСТИ ПОРОД



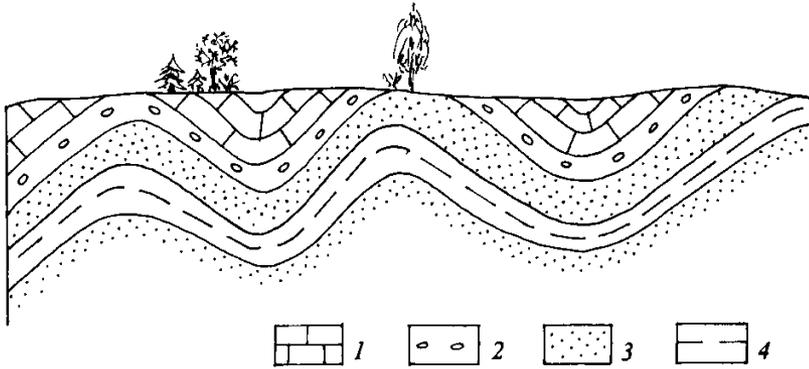
**ПРОДОЛЬНЫЙ
ИЗГИБ**

**ПОПЕРЕЧНЫЙ
ИЗГИБ**



**ПЛАСТИЧЕСКОГО
ТЕЧЕНИЯ**

СКЛАДКИ ПРОДОЛЬНОГО ИЗГИБА

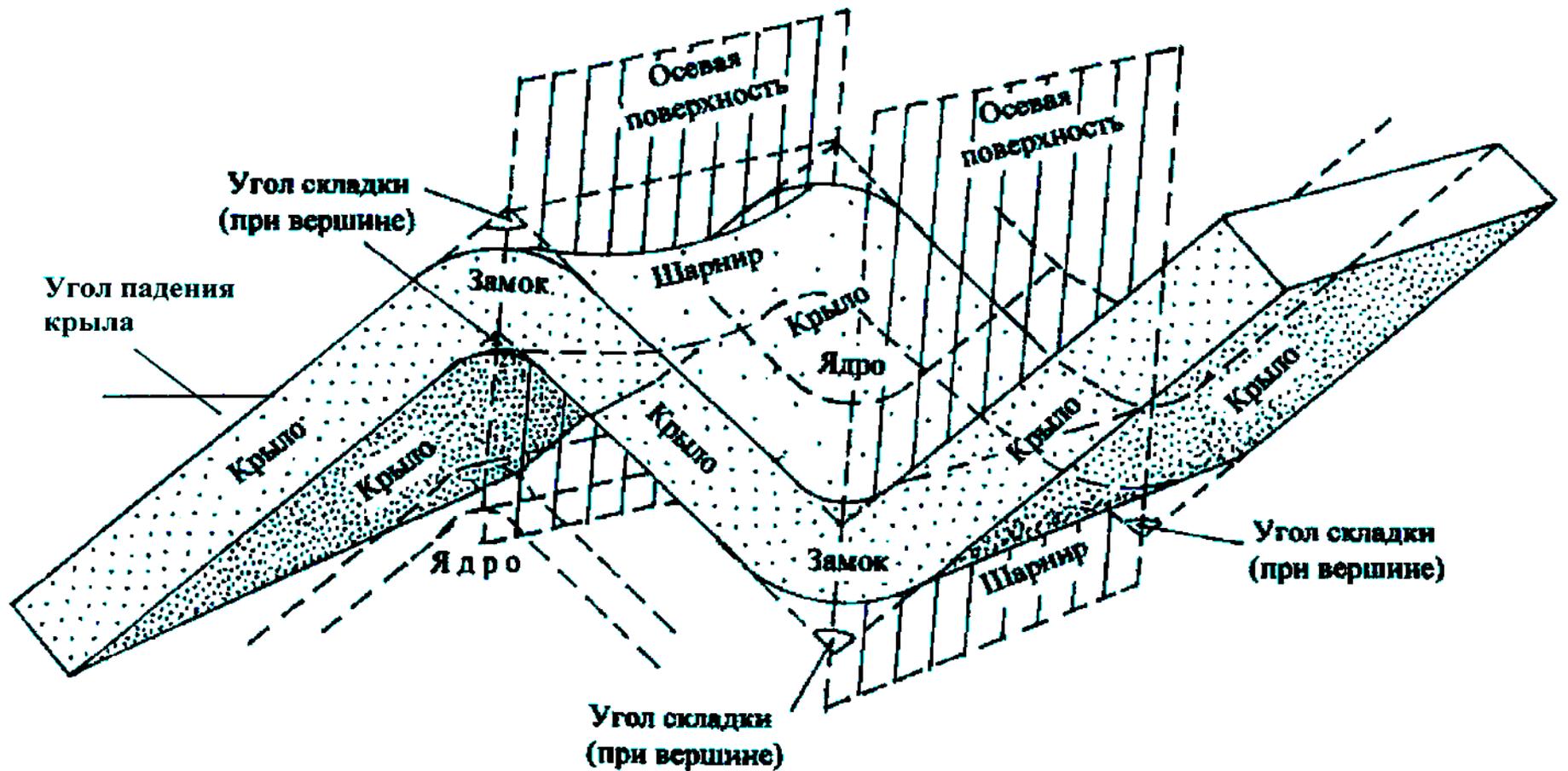


СКЛАДКИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ



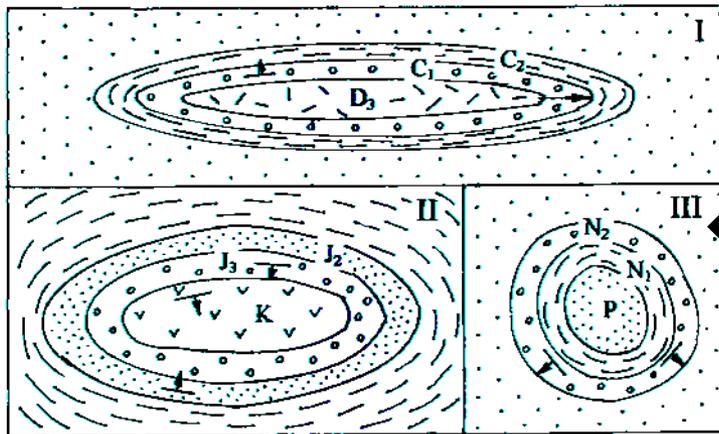
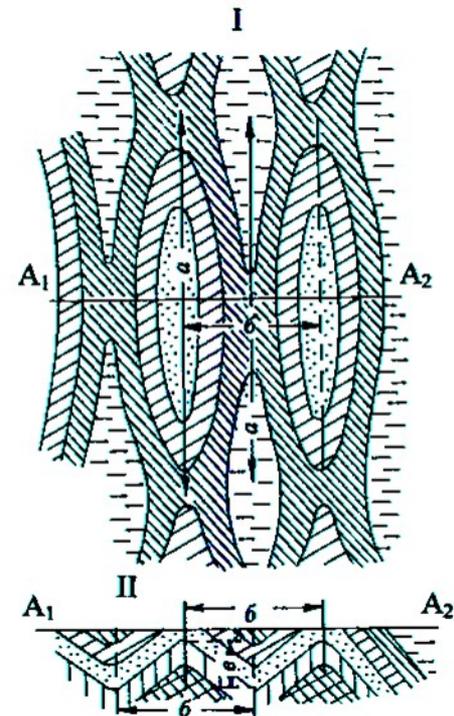
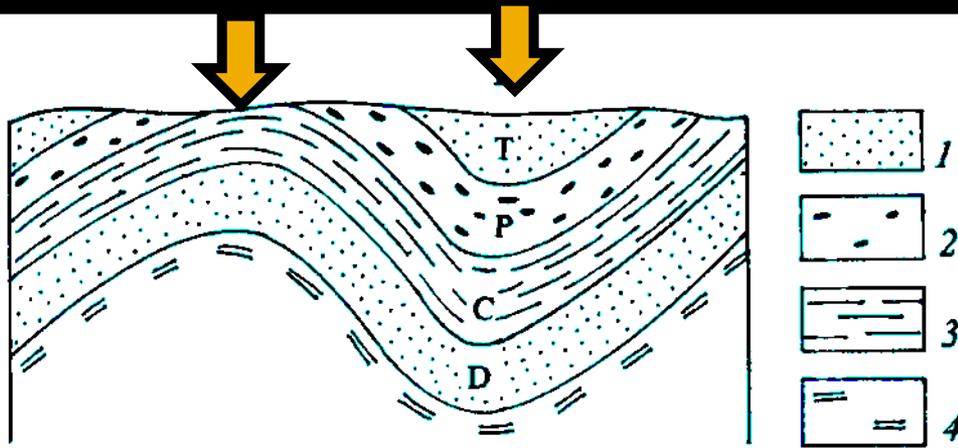


СТРОЕНИЕ СКЛАДОК

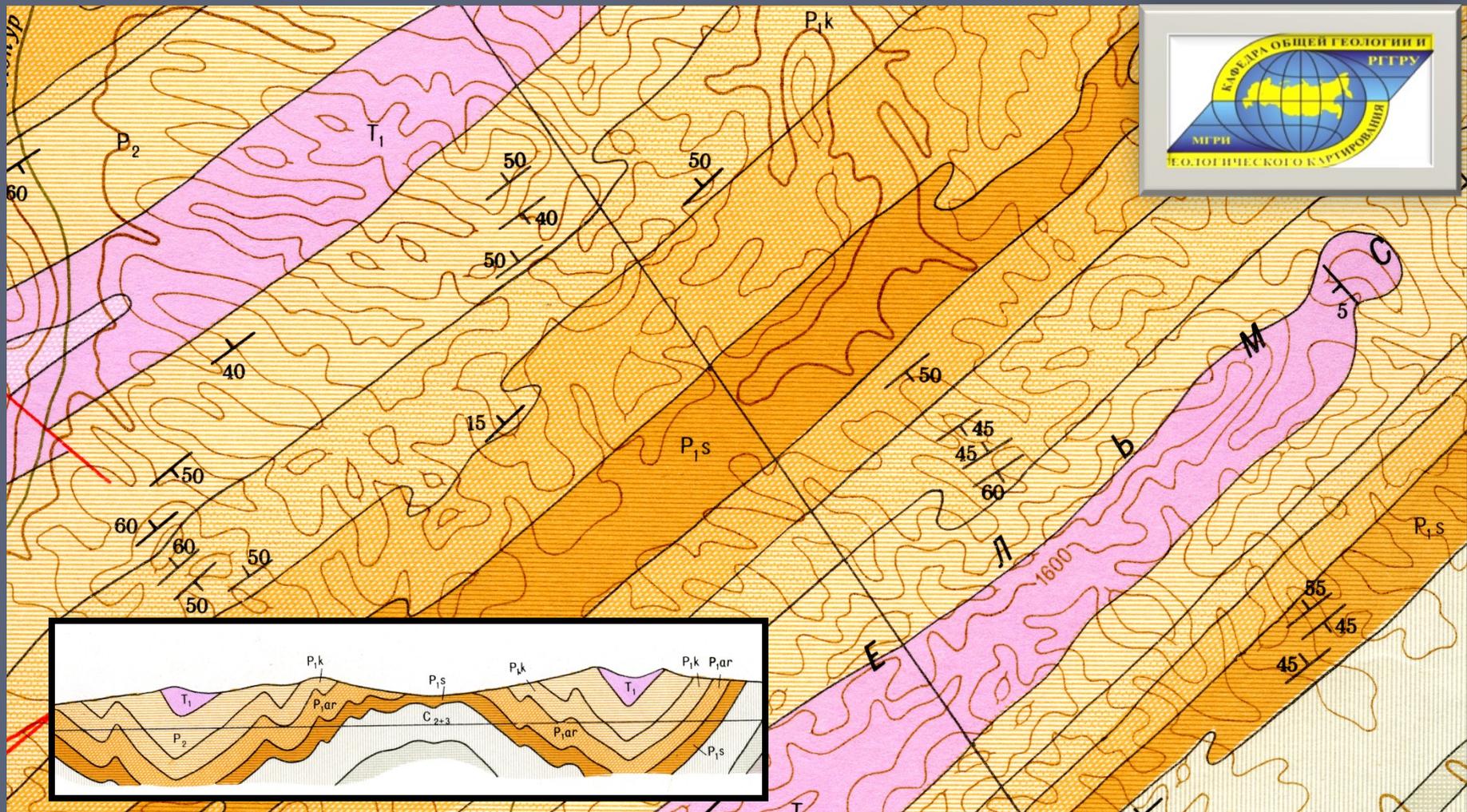


КЛАССИФИКАЦИЯ СКЛАДОВ

АНТИКЛИНАЛЬНЫЕ И СИНКЛИНАЛЬНЫЕ



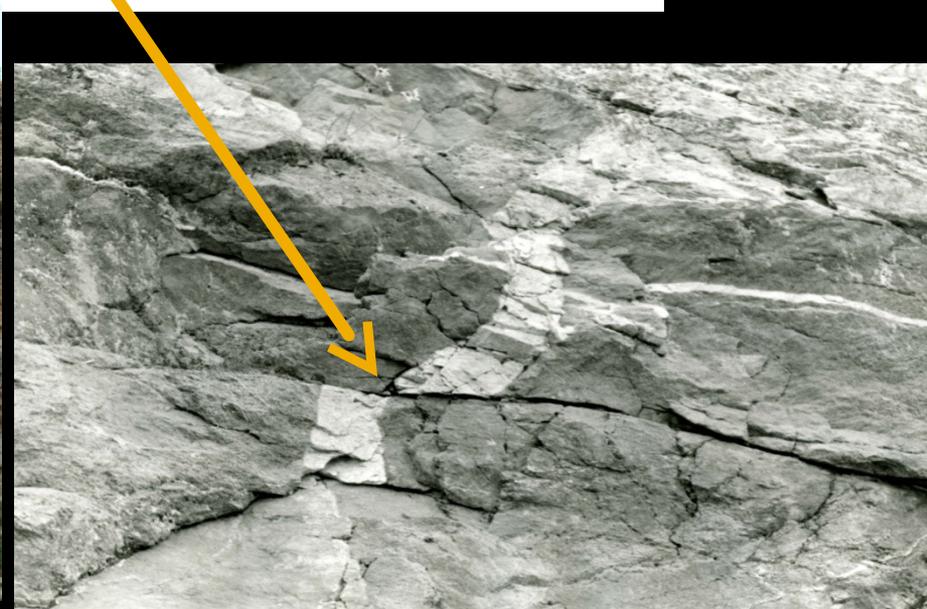
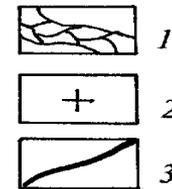
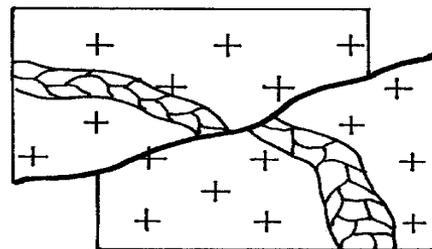
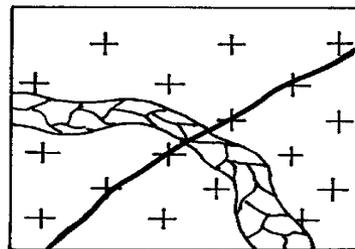
СКЛАДКИ НА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ КАРТАХ И РАЗРЕЗАХ



РАЗРЫВЫ – НАРУШЕНИЕ СПЛОШНОСТИ ПОРОД

Без
смещения

Со
смещением



Определения

Генетически

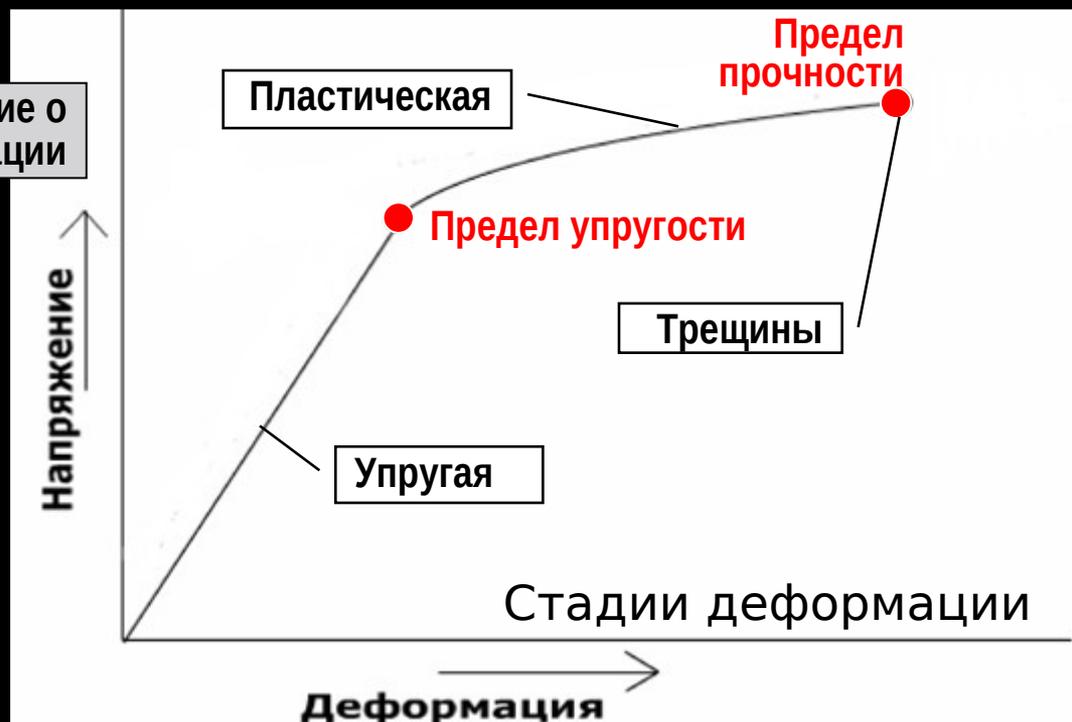
Разрыв – это деформация **пластов** горных пород с нарушением их сплошности, возникающая в случае превышения предела прочности пород тектоническими напряжениями [Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова]

Морфологически

Разрыв – это **плоскость** или зона в породе, по которой произошло смещение разделяемых этой поверхностью блоков [Э.У. Спенсер]

Представление о стадиях деформации

Для формирования разрыва со смещением необходимо преодолеть не только силу сцепления между зёрнами (**предел прочности**), но и **силу трения** между образовавшимися блоками

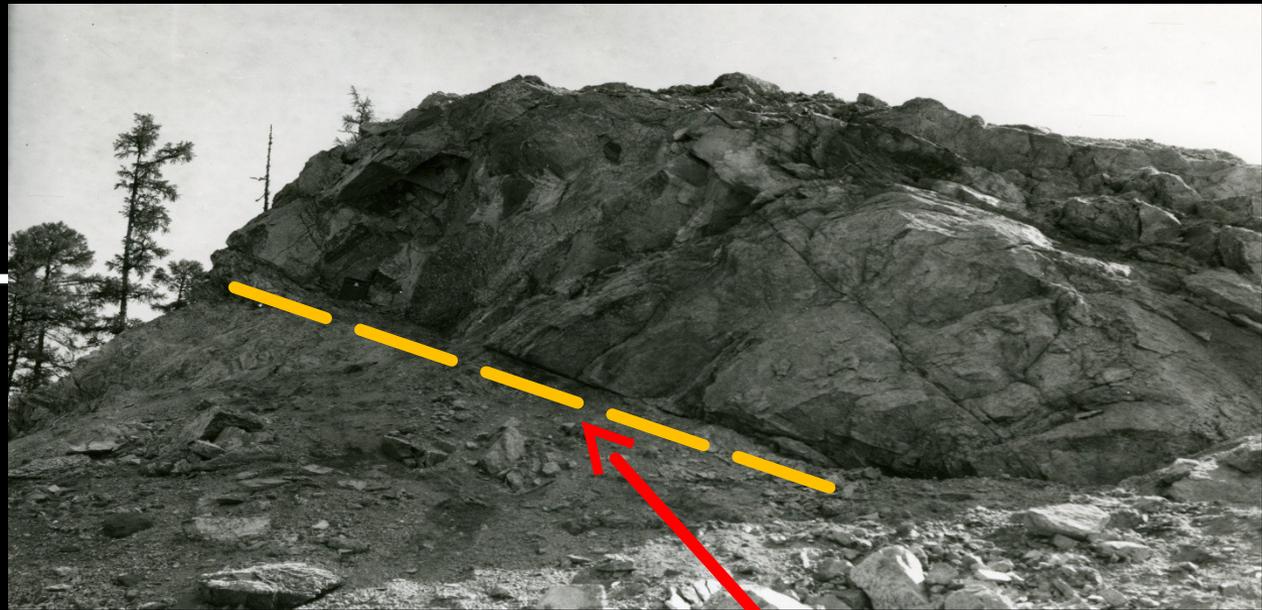




**Трещины в
метаморфических породах**

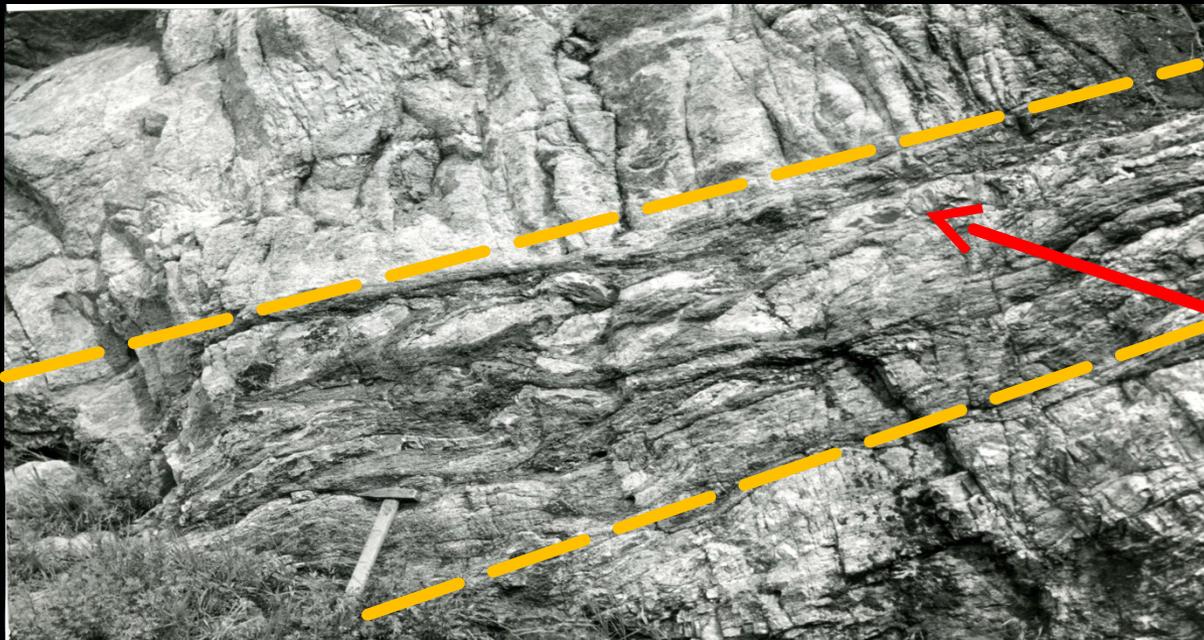


Строение сместителя

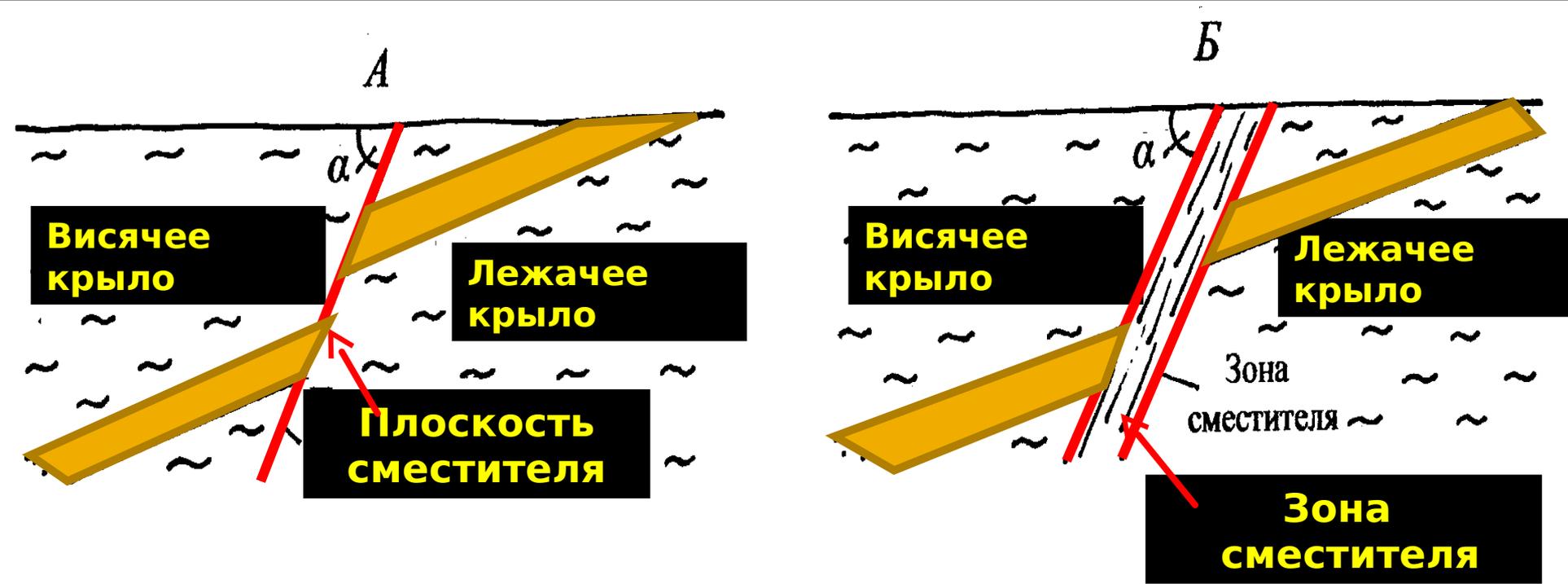


**Плоскост
ь**

зона



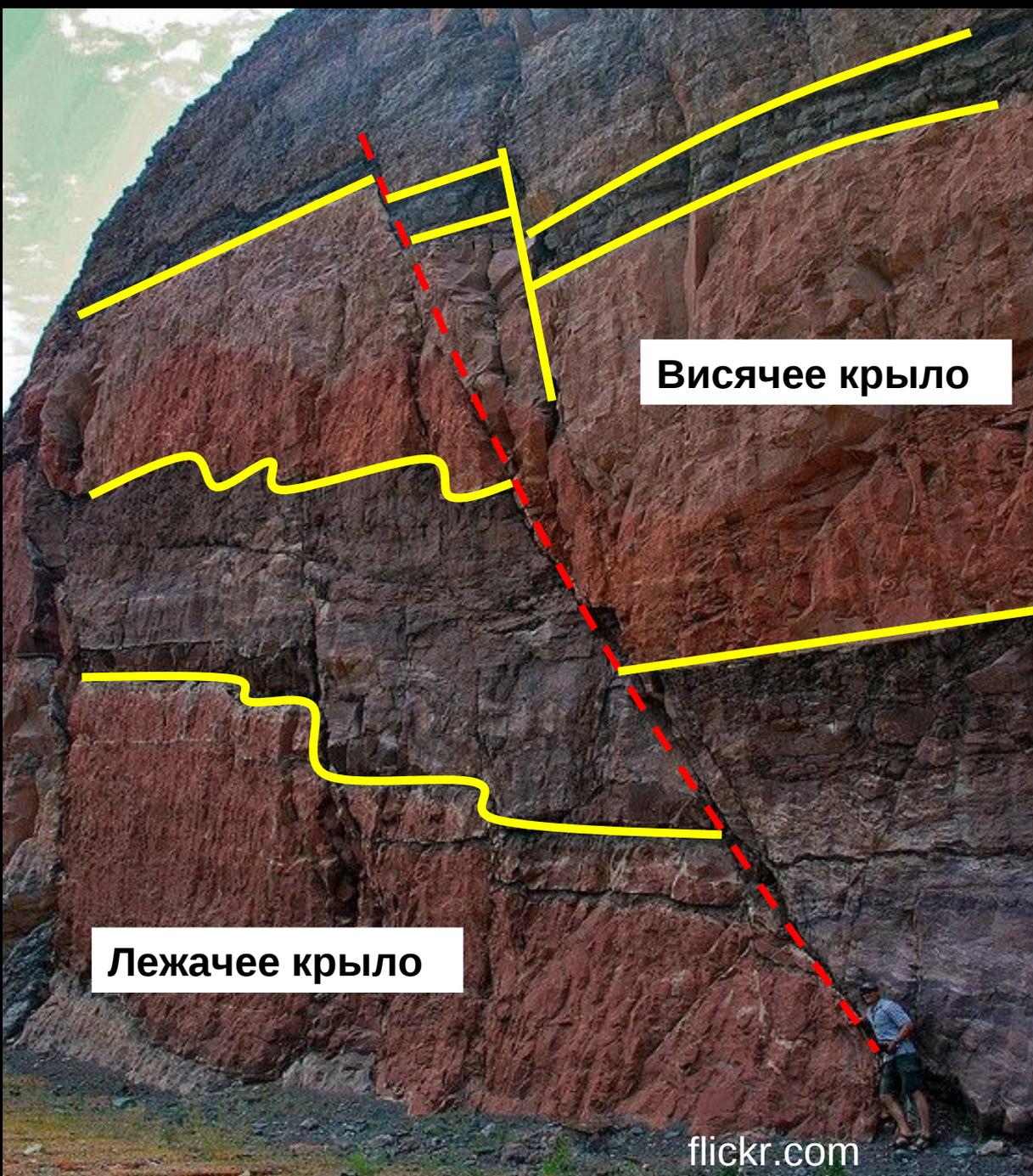
Строение разрывов со смещением



Собственная геометрия разрывов сводится к трем элементам:
– поверхность разрыва, или **сместитель**;

– два блока, или **крыла**. Их смещение относительно друг друга определяется по маркерам.

– **Маркер** – любой геологический объект, образовавшийся **до разрыва** и уверенно опознаваемый в обоих крыльях разрыва.



Висячее крыло

Лежачее крыло

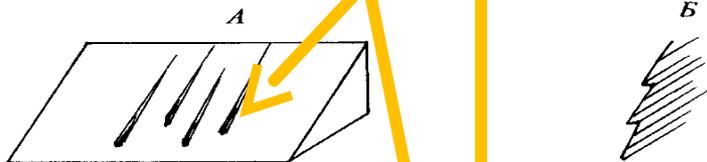
Классификация крыльев разрыва относительно наклонного сместителя:

-блок, расположенный **над сместителем** – висячее крыло

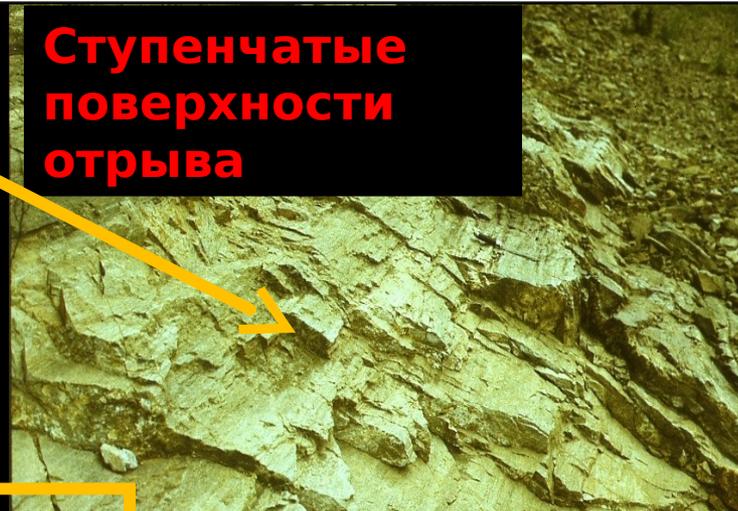
-блок, расположенный **под сместителем** – лежачее крыло

Прямые признаки разрывов

2. Поверхности отрыва
Зоны дробления
Борозды скольжения



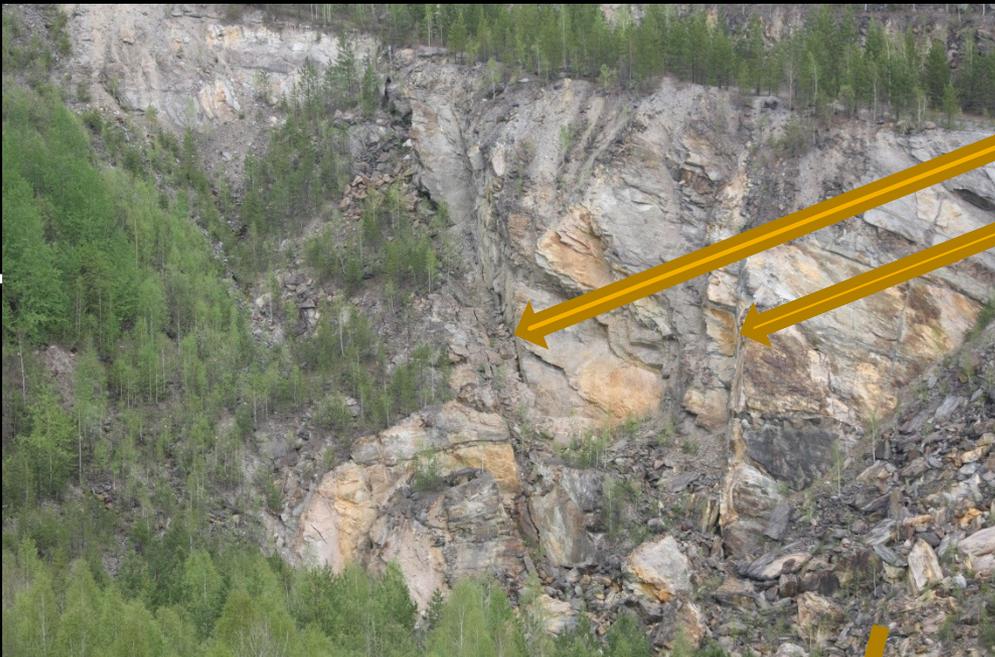
Ступенчатые
поверхности
отрыва



Борозды
скольжения

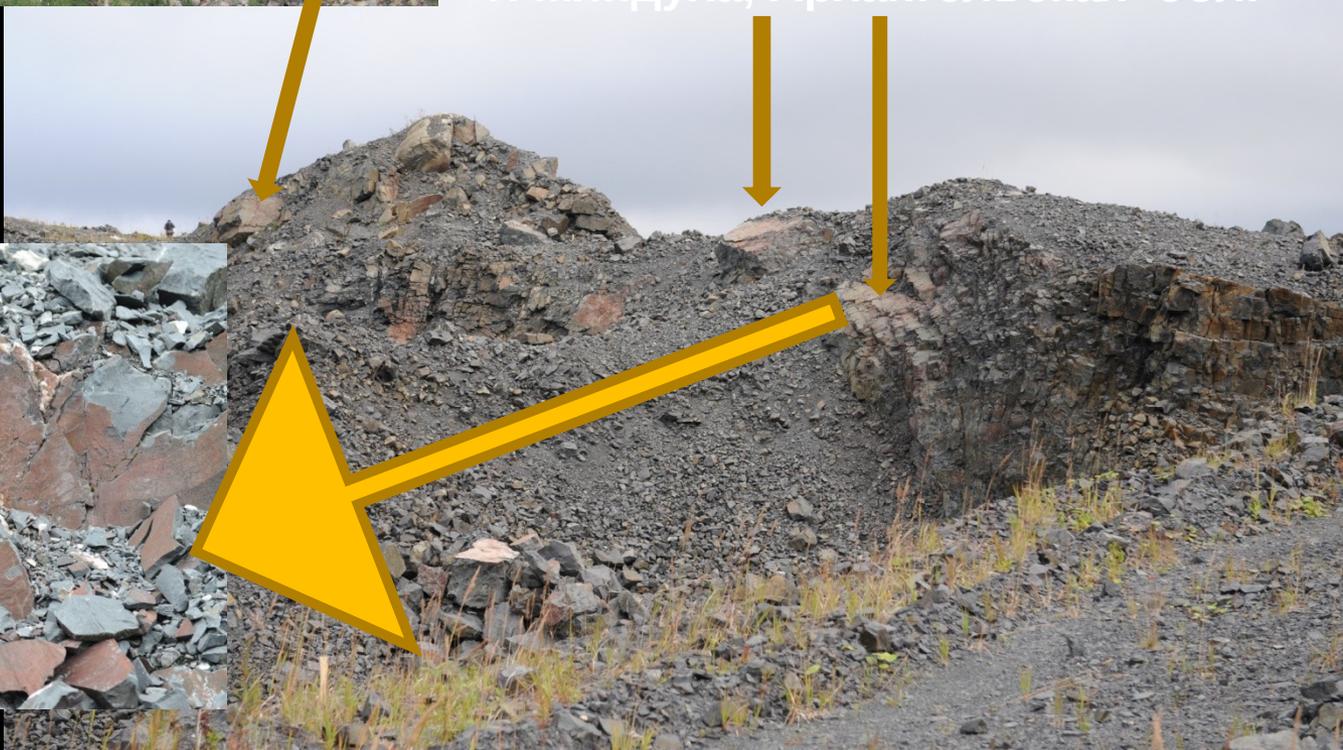


•Зоны
дробления



**Поверхности отрыва.
Малышевское
месторождение изумрудов**

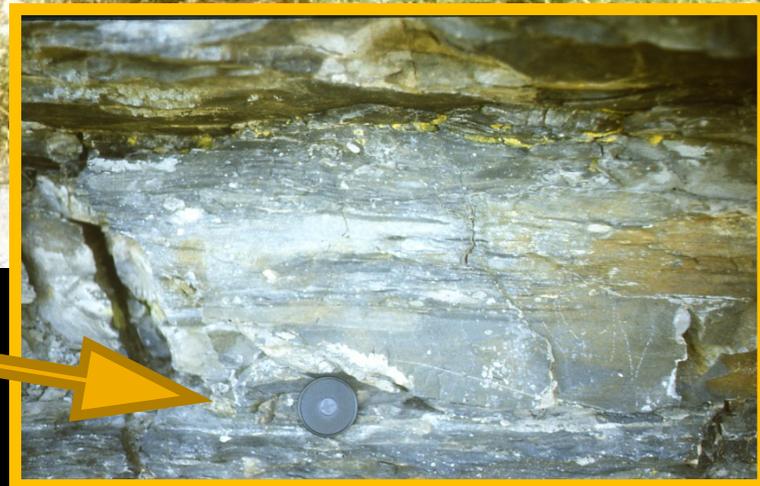
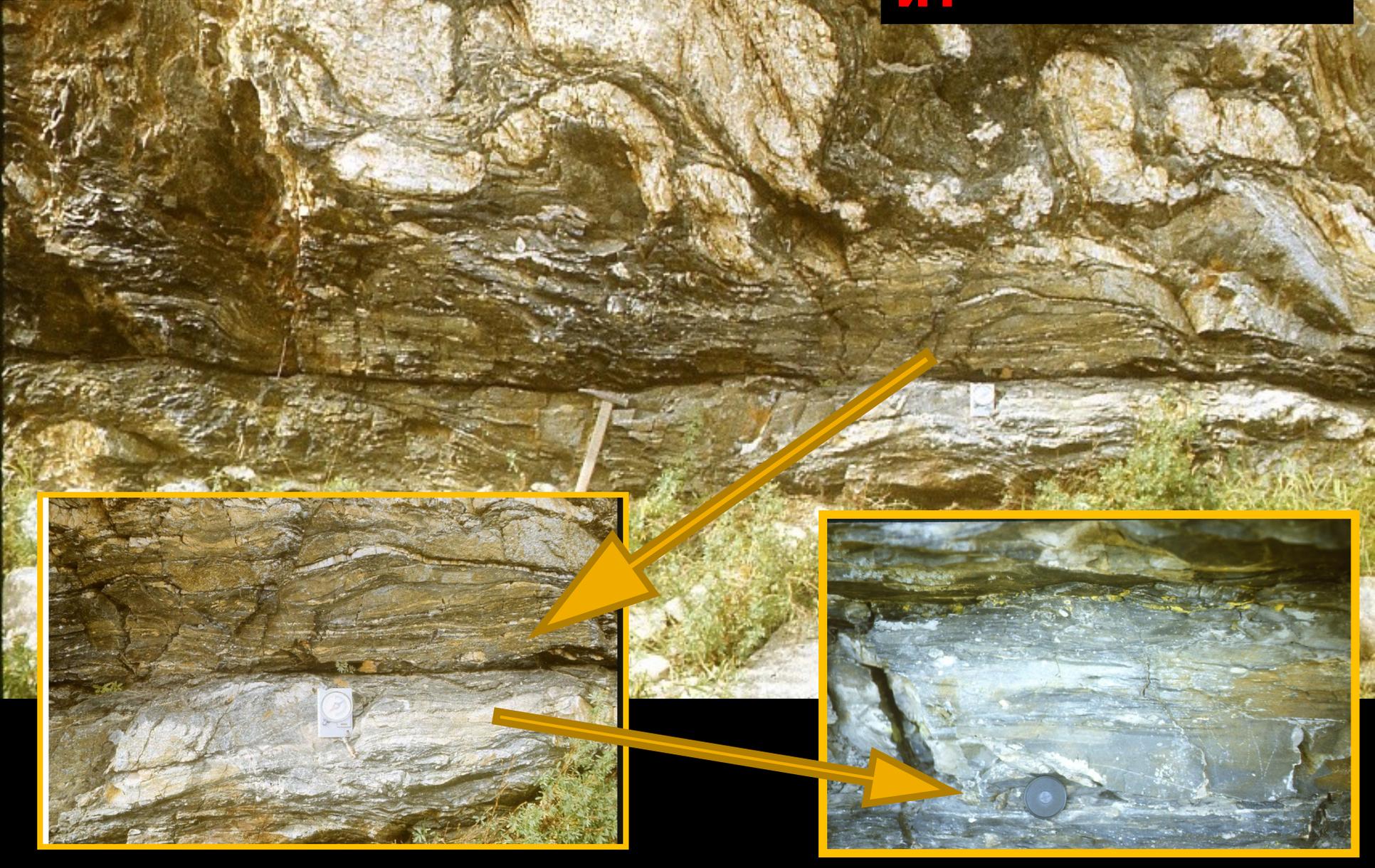
Поверхности скольжения.
г. Мяндуха, Архангельская обл.

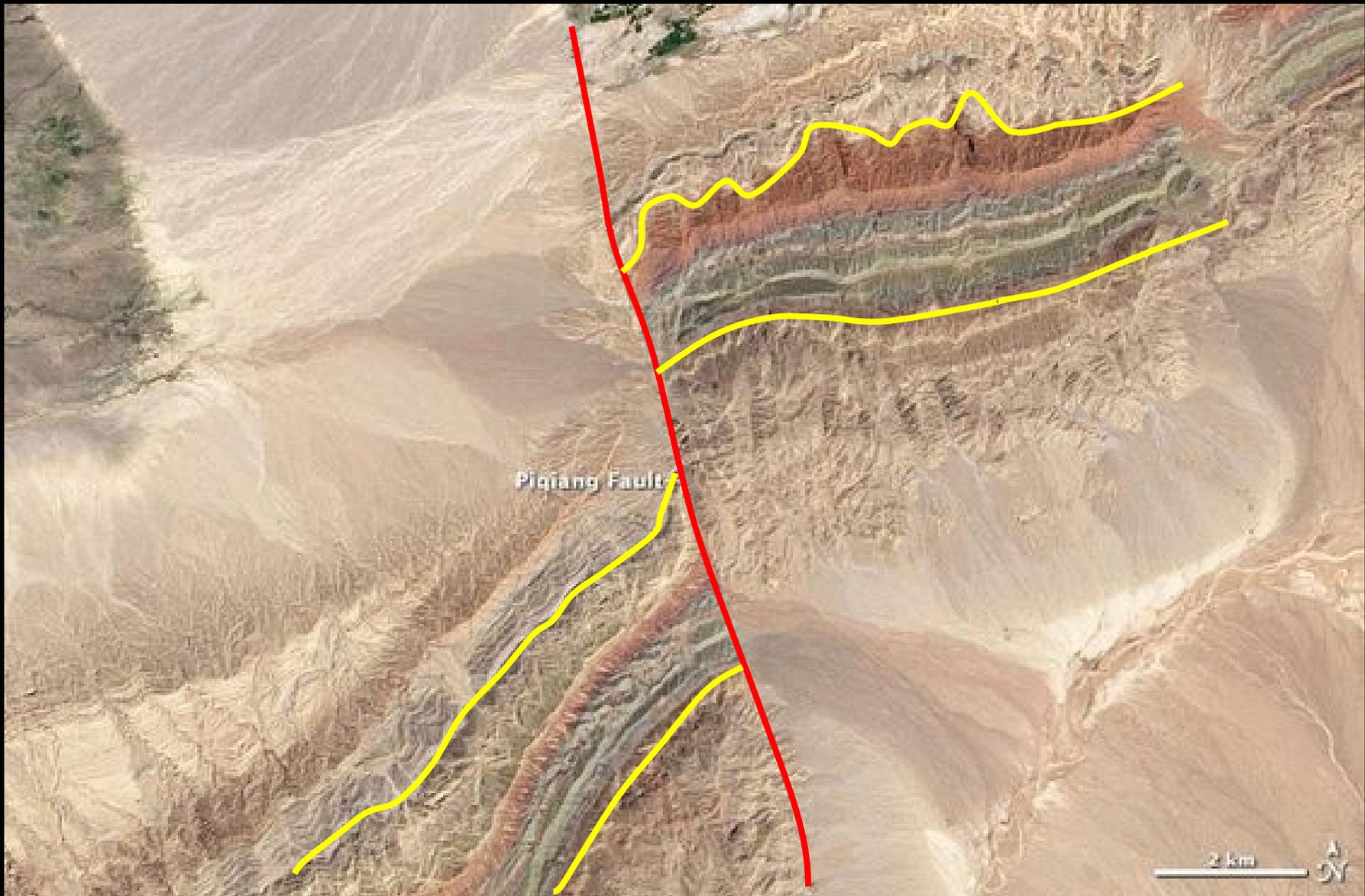


Тектонические брекчии



Бластомилонит





Карта рельефа включая морское дно. Трансформные разломы



Хаотический комплекс тектонического происхождения (*Тектонический меланж*):

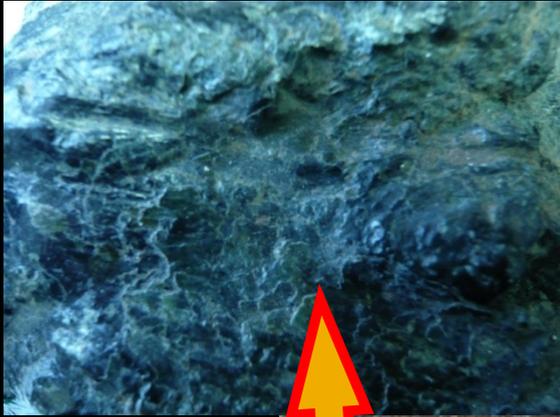
Это тело сильно брекчированных и хаотически перемешанных горных пород, где в связующей массе (матриксе), обычно пелитовой размерности, содержатся включения мелких обломков вместе с крупными (до нескольких км) блоками и пластинами как местного, так и экзотического происхождения.

Одним из определяющих признаков меланжа является его сильная деформированность, часто сопровождающаяся рассланцеванием матрикса.

Для тектонического меланжа обязателен тектонический характер нижнего контакта!

определение (ВСЕГЕИ)

Хаотический комплекс (Турция)



КЛАССИФИКАЦИЯ РАЗРЫВОВ СО СМЕЩЕНИЕМ

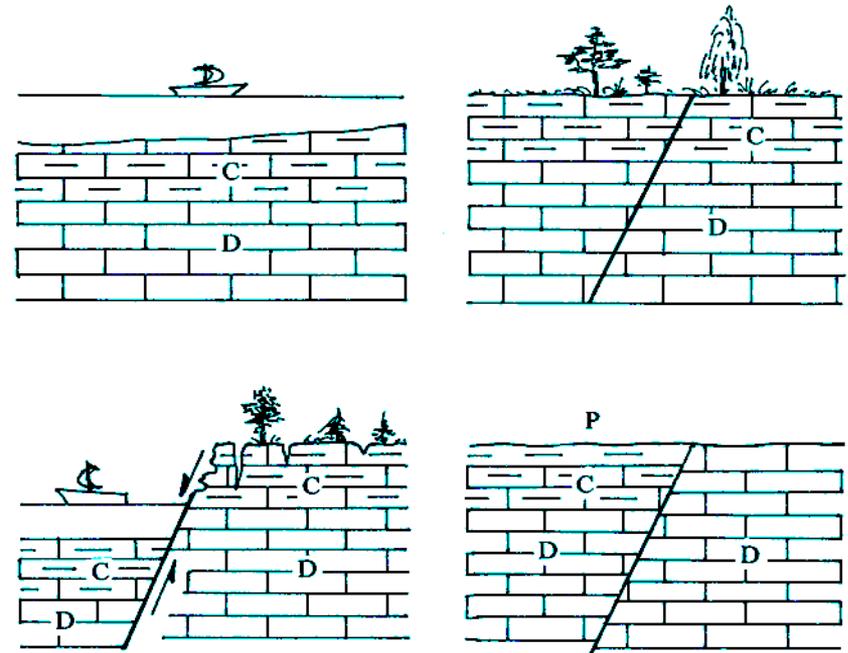
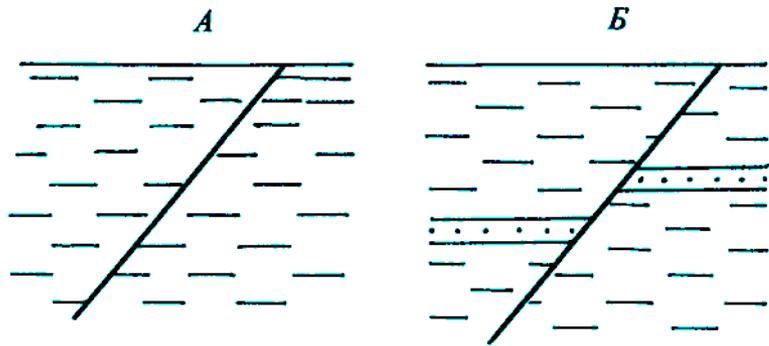
Смещение в вертикальной плоскости



Смещение в горизонтальной плоскости

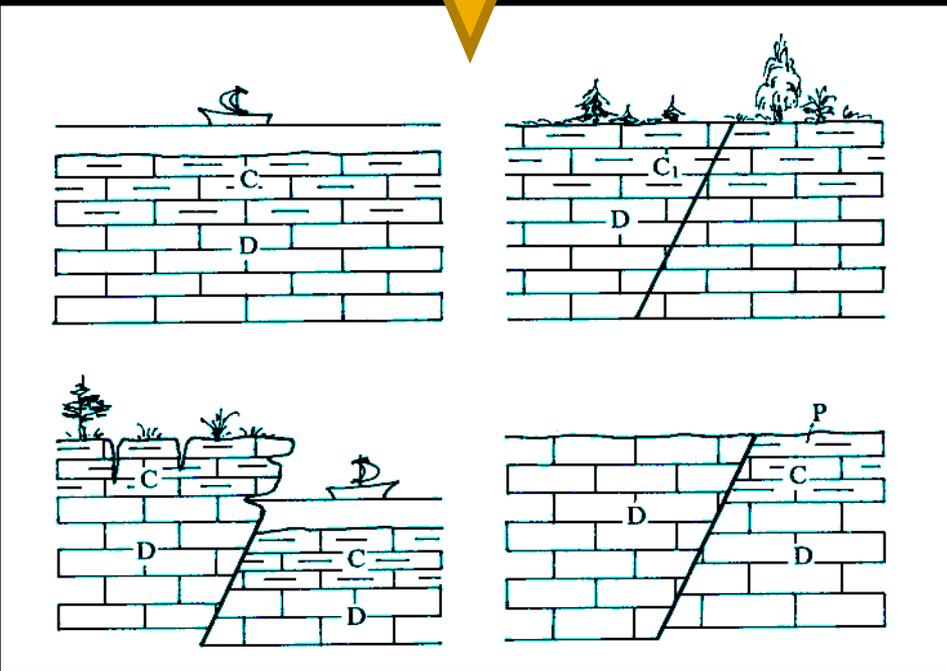


СБРОСЫ



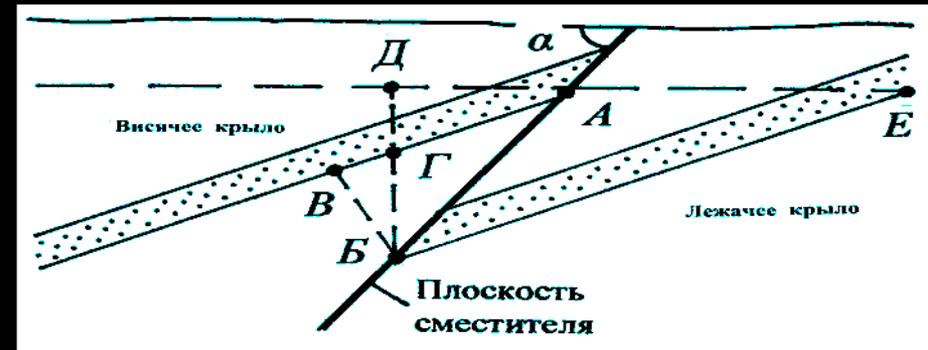
ВЗБРОСЫ

СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ВСБРОСОВ

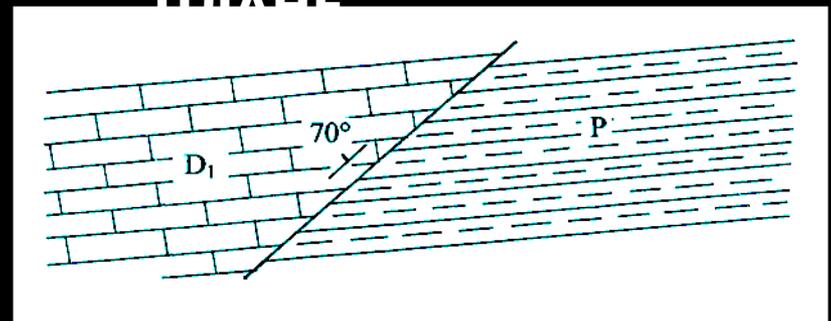


Элементы строения сбросов
 АБ – амплитуда по сместителю,
 АГ- вертикальная амплитуда,
 БГ- горизонтальная амплитуда,
 БД- стратиграфическая амплитуда,
 БЕ – вертикальный отход,
 ВГ - горизонтальный отход.

СТРОЕНИЕ ВСБРОСОВ



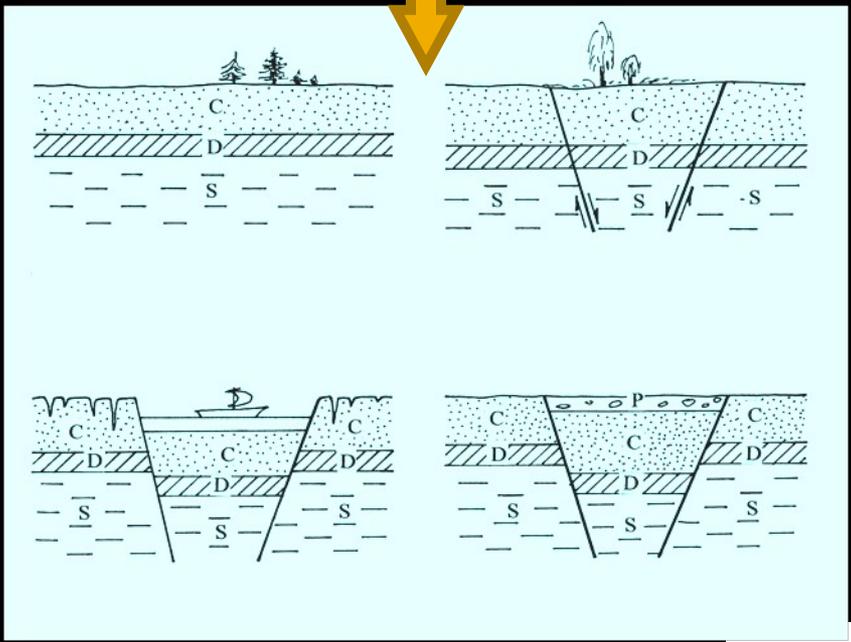
ВСБРОСЫ В ПЛАНЕ



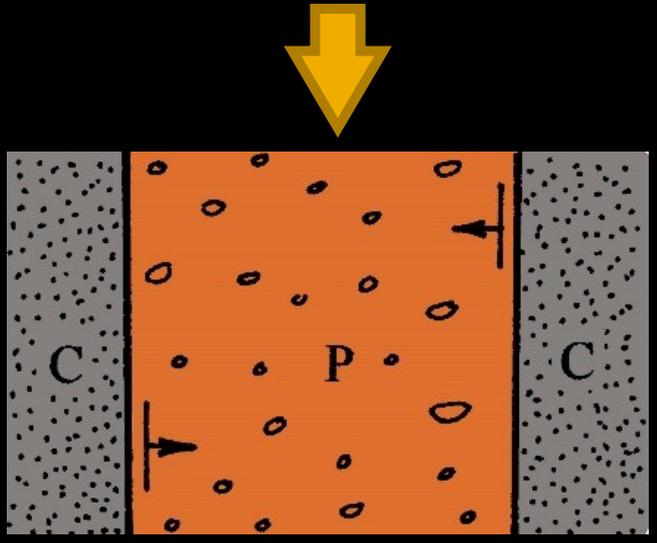
ГРАБЕНЫ



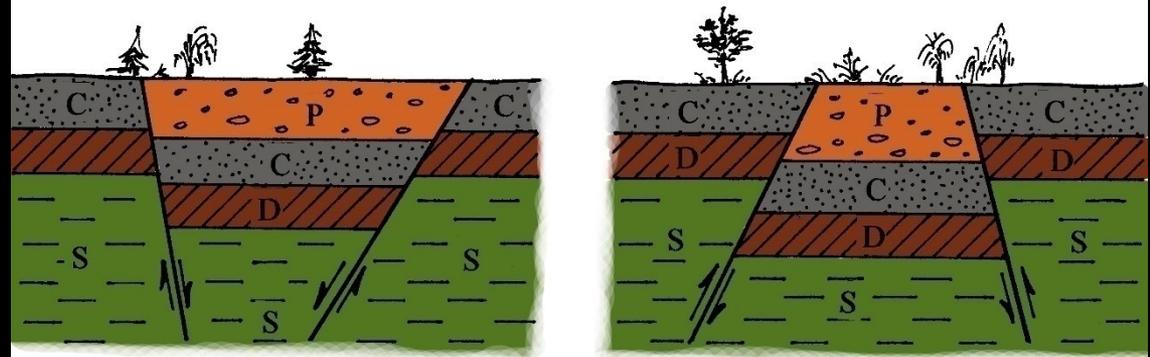
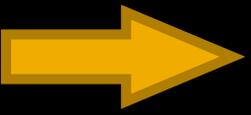
СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ГРАБЕНОВ



ГРАБЕН В ПЛАНЕ



ГРАБЕНЫ ОБРАЗОВАННЫЕ СБРОСАМИ И ВСБРОСАМИ



ГОРСТЫ

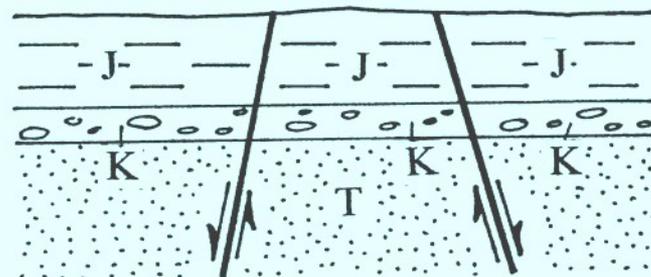
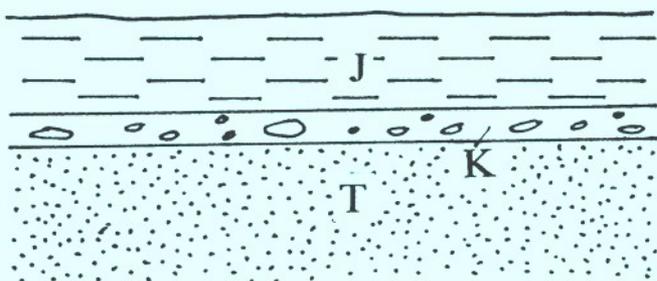
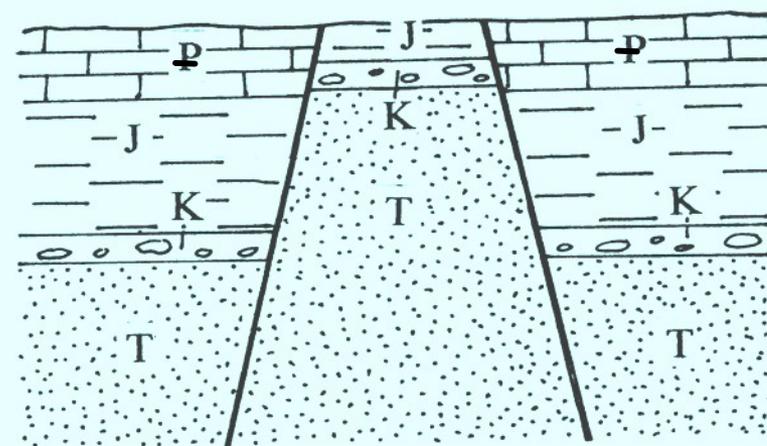
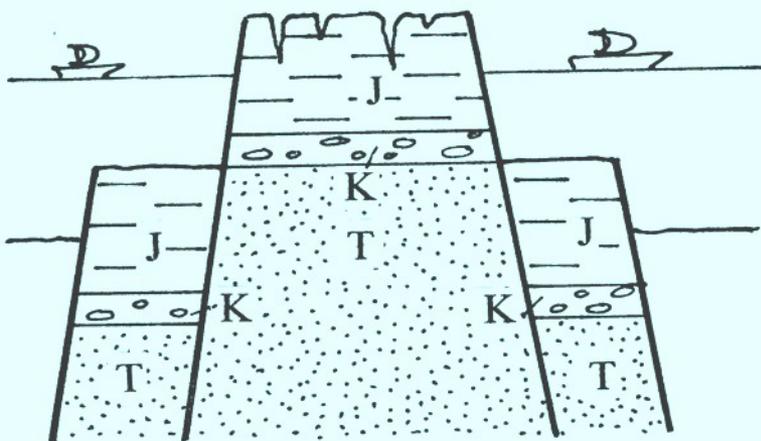


СХЕМА ОБРАЗОВАНИЯ ГОРСТА





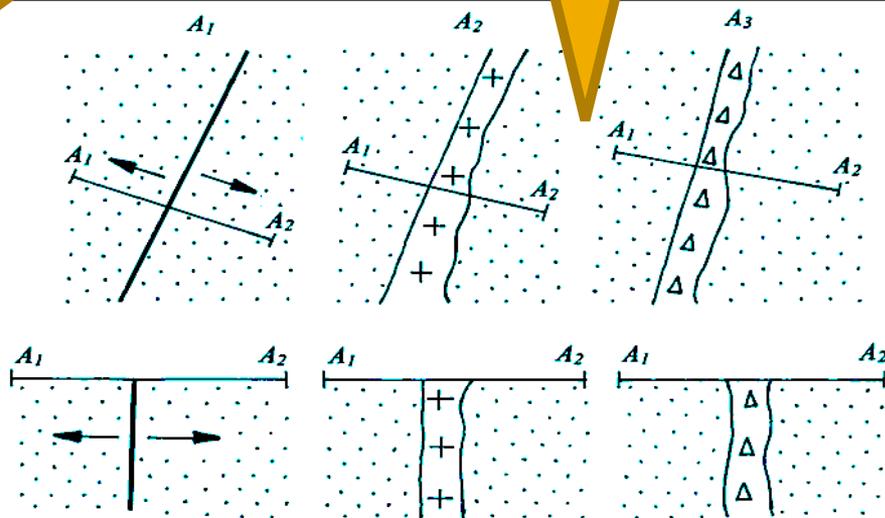
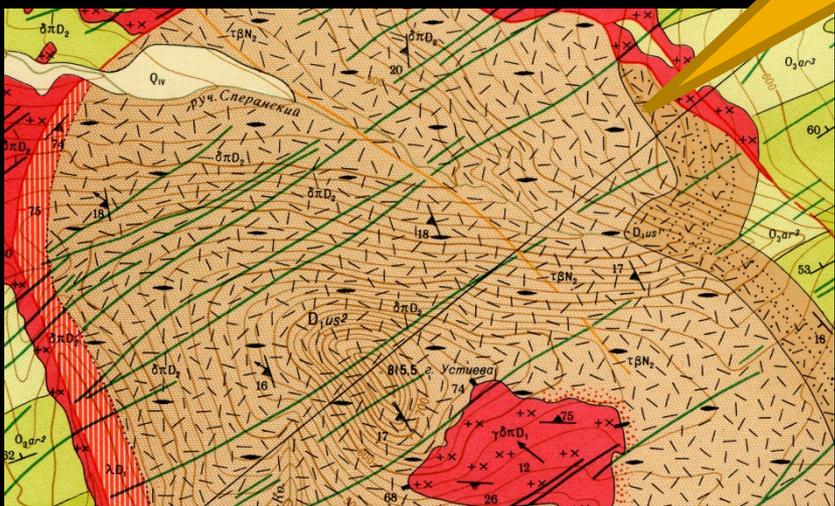
РАЗДВИГИ



**РАЗДВИГИ
ЗАЛечЕННЫЕ
ДАЙКАМИ**

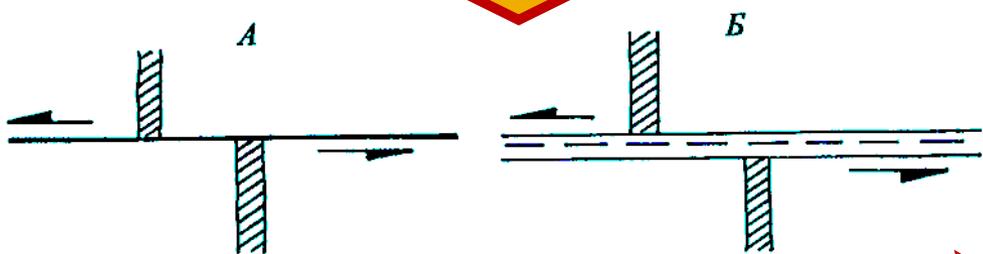
**РАЗДВИГИ НА
КАРТЕ**

**РАЗДВИГИ В ПЛАНЕ
И В РАЗРЕЗЕ**

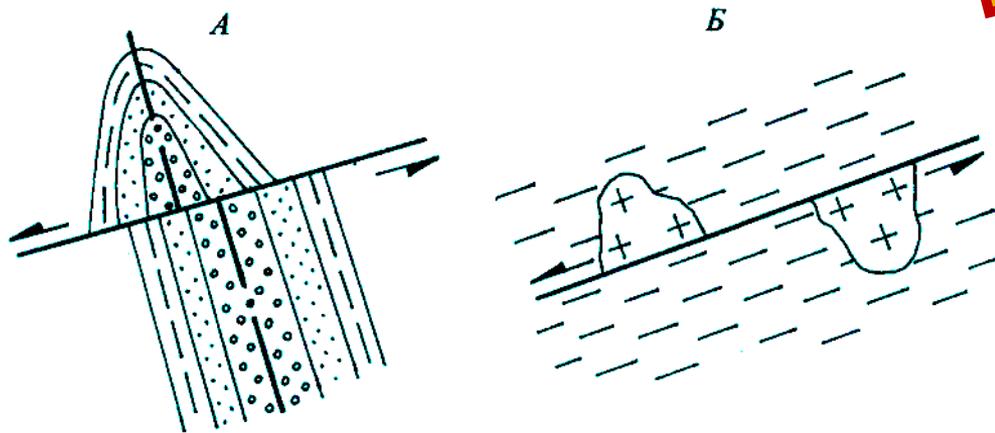


СДВИГИ

СДВИГ В ПЛАНЕ

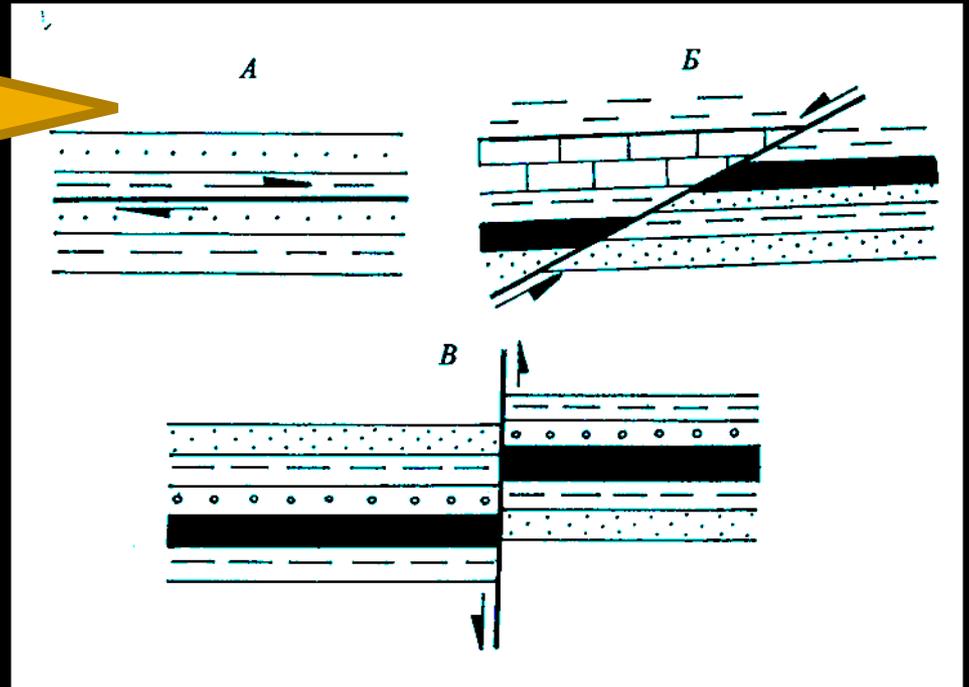


Смещение осей складок и малых интрузивных тел – признак сдвигов



Классификация сдвигов

Сдвиги: А- продольные,
Б – диагональные, В - поперечные



Сдвиги: А-левые, Б - правые

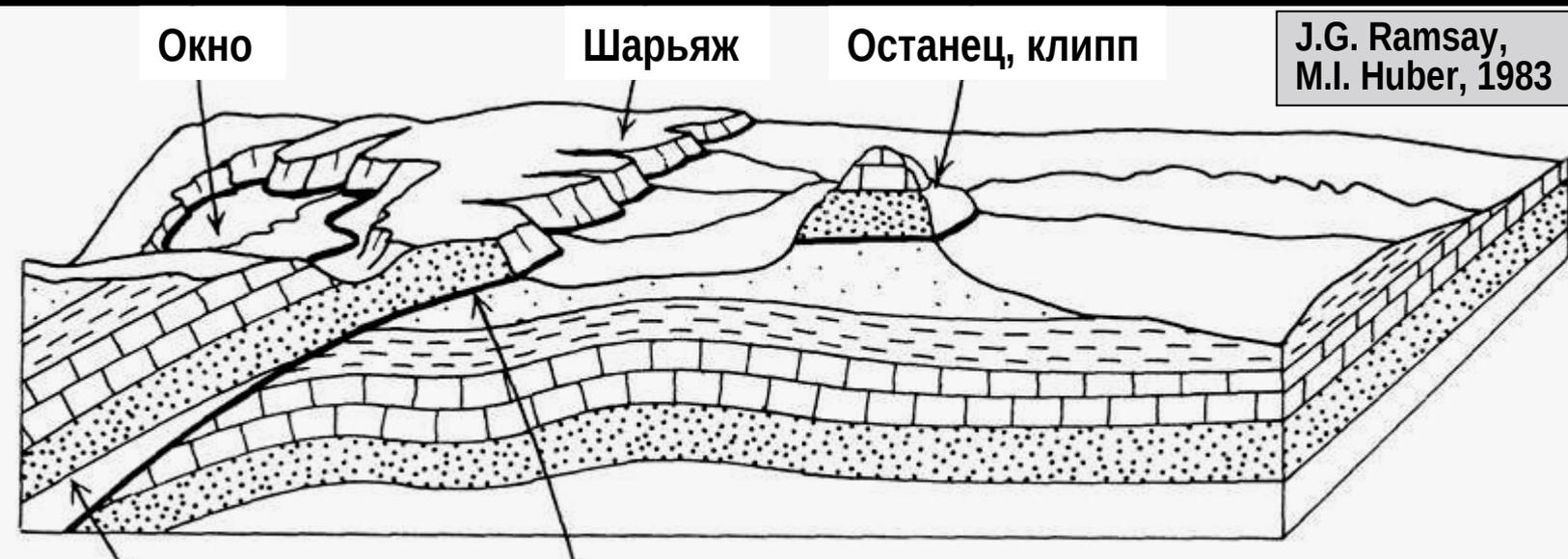


Морфологическая классификация разрывов с пологим ($< 60^\circ$) сместителем по относительному смещению крыльев

Надвиг – пологий взброс. При небольших углах наклона надвига теряет смысл представление о поднятом и опущенном крыльях. Различают автохтон (**лежащее крыло**) и аллохтон (**висячее крыло**)

Шарьяж – крупный пологий надвиг с волнообразным сместителем. Изолированные выходы автохтона внутри аллохтона – окна, изолированные участки аллохтона внутри автохтона – останцы, или клиппы.

Пологий сдвиг – сдвиг со сместителем, имеющим небольшой угол наклона. При почти горизонтальном сместителе пологий сдвиг не отличим от надвига.



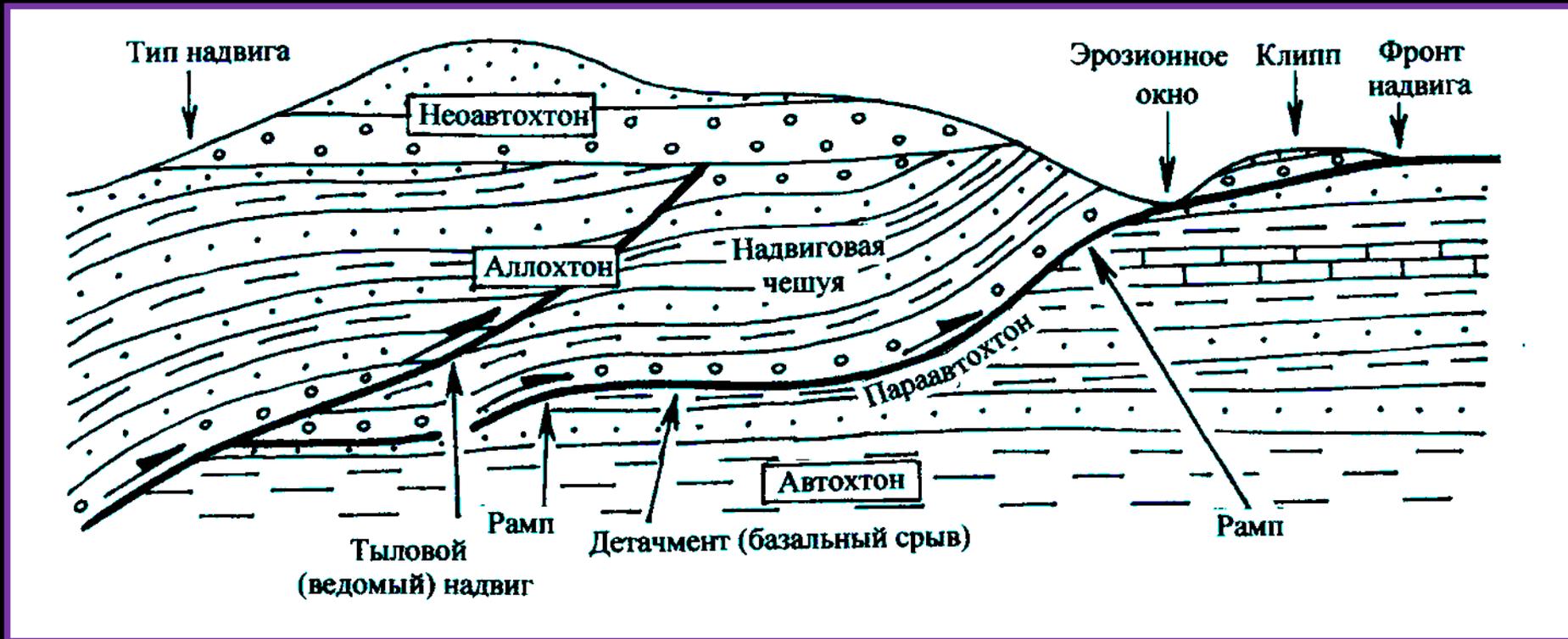
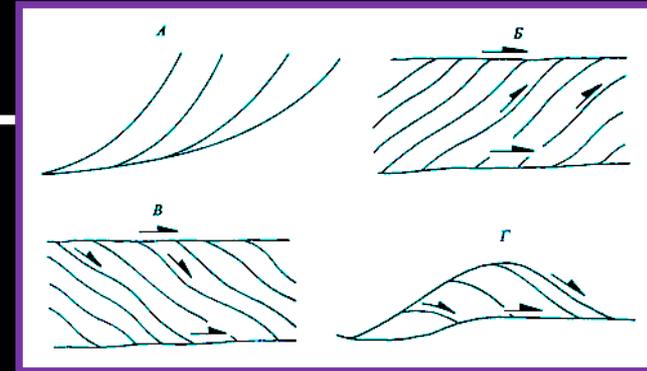
Корневая зона

Поверхность сместителя

Материалы Тевелева А.В.

Строение тектонических покровов

- А - Чешуйчатый веер
- Б - Дуплекс с тыловым падением чешуй
- В - Дуплекс с фронтальным падением чешуй
- Г - Стогообразный дуплекс



Детачмент – это поверхность ограничивающая надвиговую систему снизу

ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ

