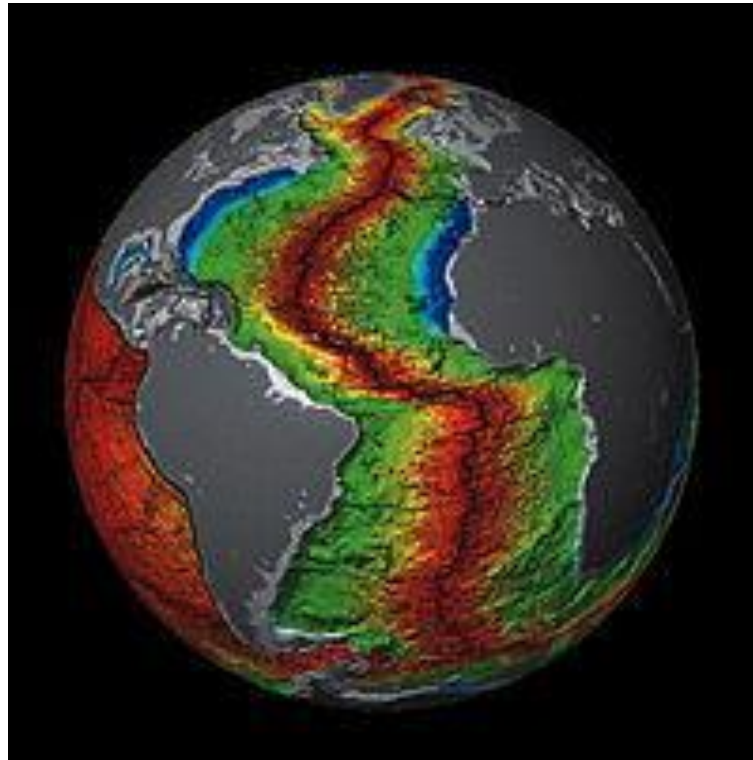


Тектонические процессы



Содержание

1. Общие сведения о геотектонике.
2. Типы тектонических движений земной коры:
 - 2.1 колебательные
 - 2.2 дислокационные
 - 2.2.1 складчатые
 - 2.2.2 разрывные
 - 2.2.3 горизонтальные

1. Общие сведения о геотектонике

Тектоника (тектонос – созидательный эндогенный процесс), наука изучающая движения земной коры, которые определяют характер залегания пластов горных пород и геоморфологию земной поверхности.

В зависимости от характера залегания преимущественно осадочных пород различают тектонические структуры (формы залегания пластов):

- **слоистые** (равнины, низменности: Прикаспийская)
- **складчатые** (молодые складчатые горы: Альпы, Кавказ)
- **разрывные** (складчато-глыбовые горы: Сарыарка)

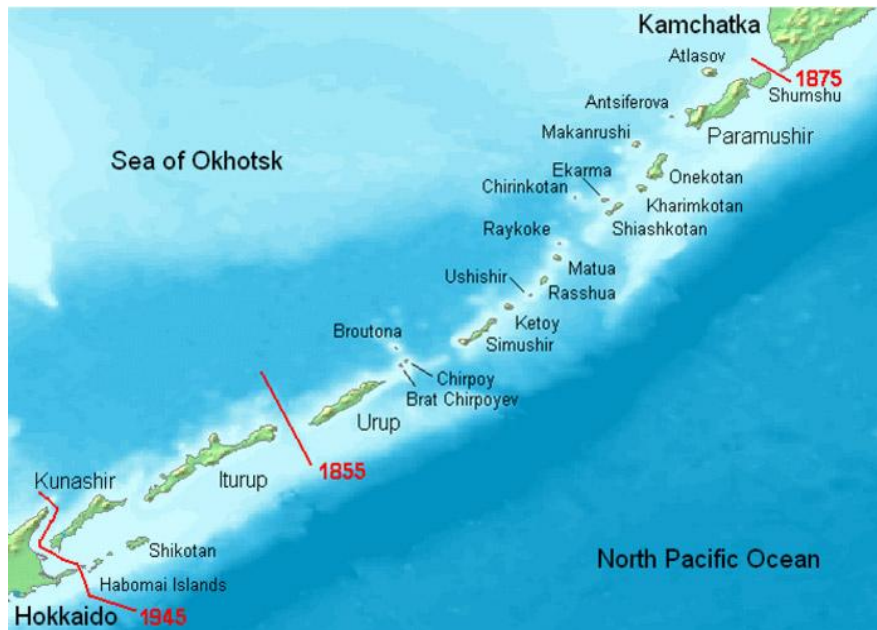
Они являются результатом проявления тектонических движений:

- **колебательных**
- **складчатых**
- **разрывных**
- **горизонтальных**

2.1 Колебательные (вертикальные эпейрогенические)

К.Д выражаются в медленных поднятиях или опусканиях обширных участков земной коры без заметного нарушения первичного залегания пластов горных пород

Для геосинклинальных областей характерны К.Д. длинного периода(150 млн.лет) и большой амплитуды.



В случае проявления *нисходящих движений* происходит наступление моря на сушу (**трансгрессия**) и формируются геологические системы.

В случае *поднятия* земной коры море отступает (**регрессия**), устанавливается континентальный режим, осадконакопление прекращается и геологические системы выпадают из разреза.

В Северном Казахстане последняя трансгрессия (*Чеганское море*) проявилась в середине олигоцена. В конце олигогена произошла регрессия и установился континентальный режим.

(пликативные дислокации, складчатые движения)

под действием пластичных деформаций возникает нарушенное залегание пластов земной коры без разрыва их сплошности.

Формы пликативных дислокаций: моноклираль, складка, флексура.

- **Моноклираль (а)** – наиболее простая форма, образуются если пластические деформации горизонтально залегающих пластов осадочных пород проявляются в виде их одностороннего наклона (без разрыва сплошности).
Виды: Слабонаклонные (угол наклона до 15°), пологие (16-30), сильнонаклонные (30-75), поставленные на голову (80-90).
- **Флексура (б)** – однокрылая складка, неполная складка в форме перегиба горизонтально лежащих слоев. Представляет собой коленообразный или ступенеобразный перегиб слоев или пластов. На месте перегиба пластов их мощность обычно уменьшается, они становятся потоньше, и здесь возникают разрывы. Переходная к разрывным дислокациям структура.

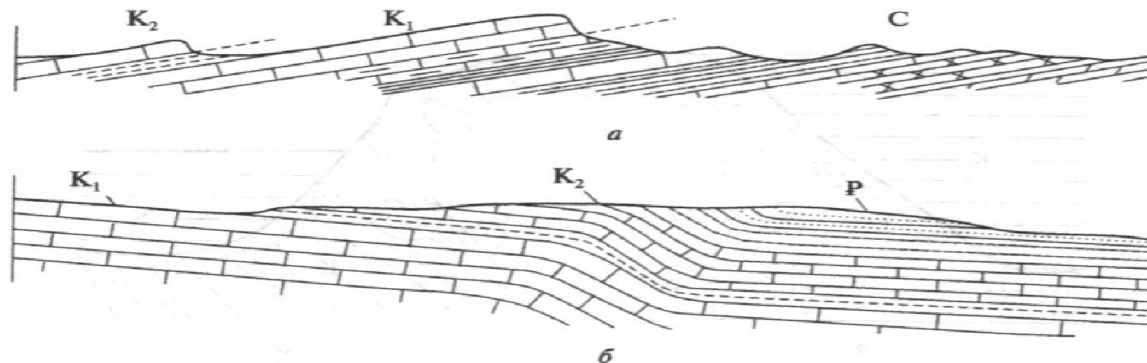
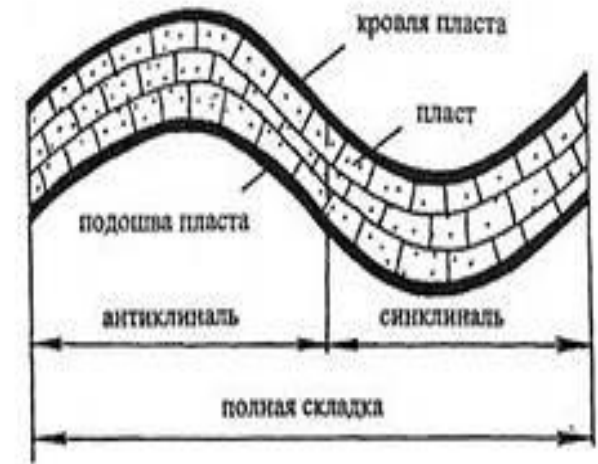
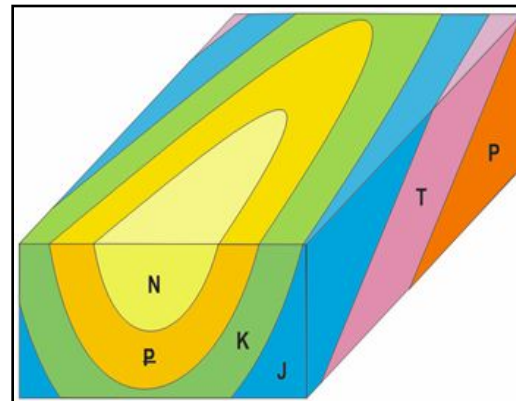
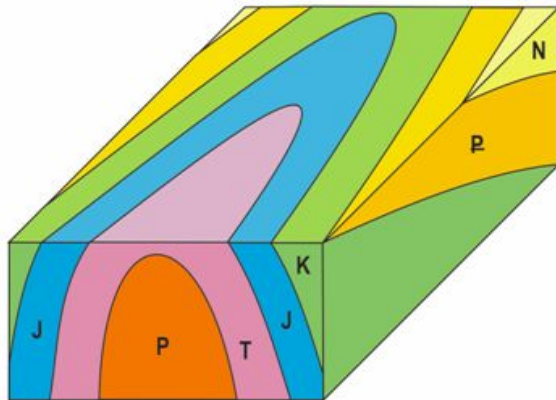
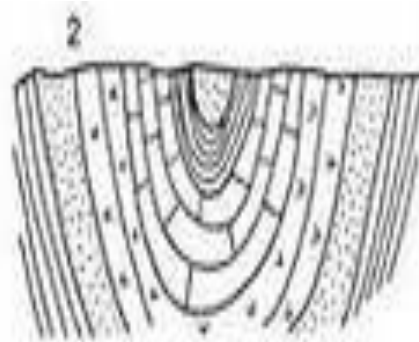
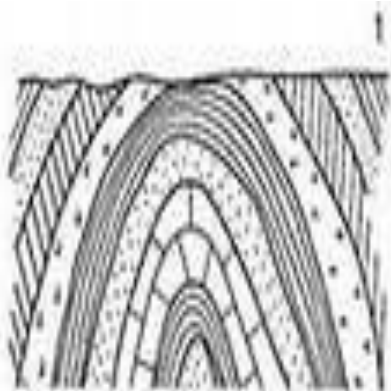


Рис. 3.5. Вторичные формы залегания слоистой толщи:
а — наклонное (моноклираль); б — флексура

2.2.1. Складчатые движения

Складки – волнообразные изгибы пластов земной коры без разрыва сплошности.

- **антиклинальная складка (антиклиналь)** в ядре более древние породы
- **синклиналиальная складка (синклиналь)** в ядре молодые породы



Элементы складки:

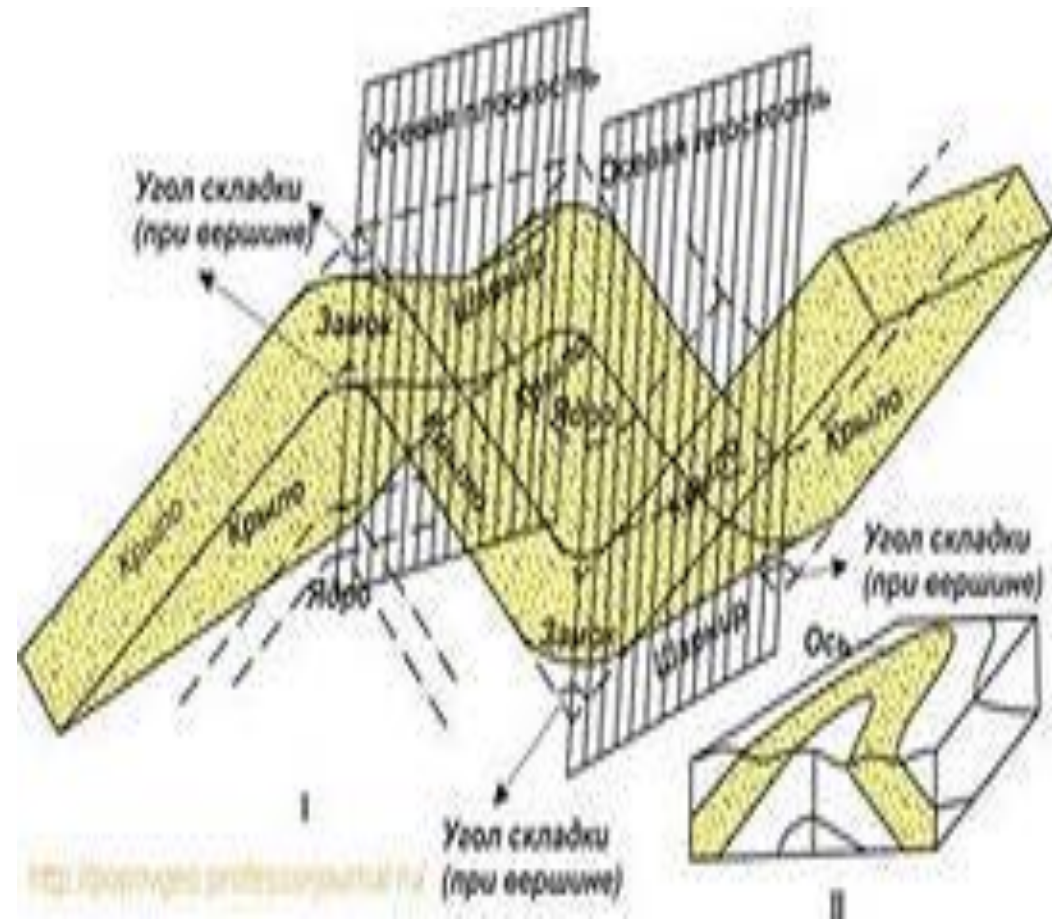
Крылья – боковые части складки.

Замок – часть складки, прилегающая непосредственно к месту перехода одного крыла в другое.

Угол складки– угол, который получается, если мысленно продлить крылья до их пересечения.

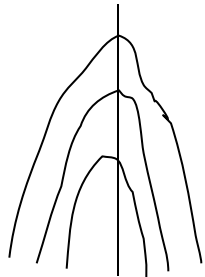
Осевая плоскость – воображаемая поверхность, которая делит угол складки пополам.

Ядро складки – внутренняя часть складки.

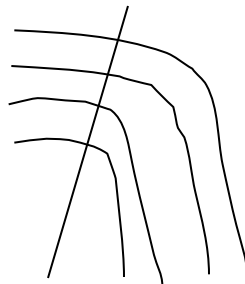


По форме поперечного сечения

а. по положению осевой плоскости



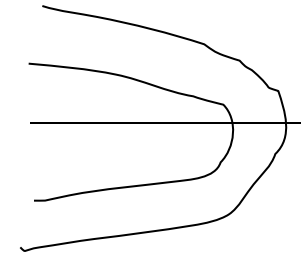
прямая



наклонная (косая)



опрокинутая



лежащая

Прямые складки – осевая поверхность перпендикулярна к горизонтальной поверхности, а крылья падают под одинаковыми углами.

Наклонные складки – осевая поверхность образует с горизонтальной поверхностью в общем небольшой угол.

Опрокинутые складки – осевая поверхность имеет значительный наклон и их крылья наклонены в одну сторону.

Лежачие складки – осевая поверхность параллельна или почти параллельна горизонтальной поверхности.

По форме поперечного сечения

б. по форме замка

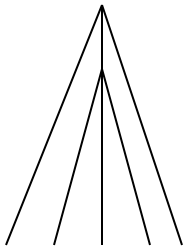
Острые – крылья расходятся под острым углом.

Изоклинные – крылья в основном параллельны.

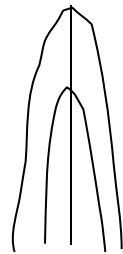
Веерообразные – наблюдается пережим крыльев.

Сундучные – пологий широкий замок, крылья крутые.

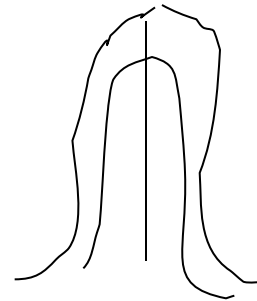
Острая



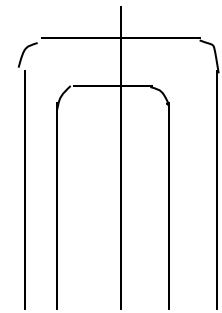
изоклинная



веерообразная



сундучная



Примеры закрытых, или острых складок



Складки. Нижний
карбон. Южный Урал

Синклинали. Нижний
силур. Южный Урал



Синклинали. Верхний
девон. Южный Урал

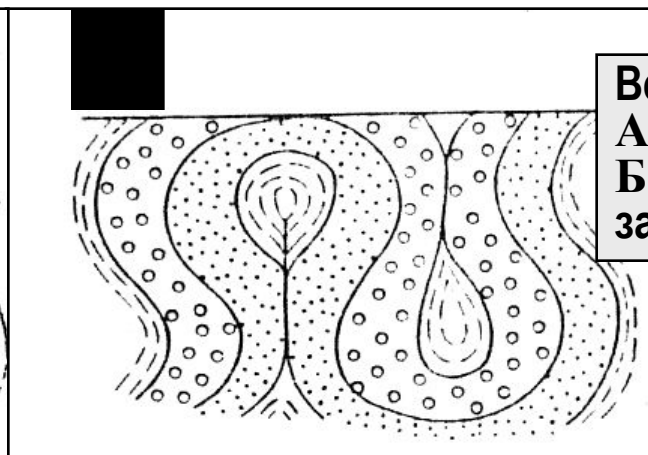
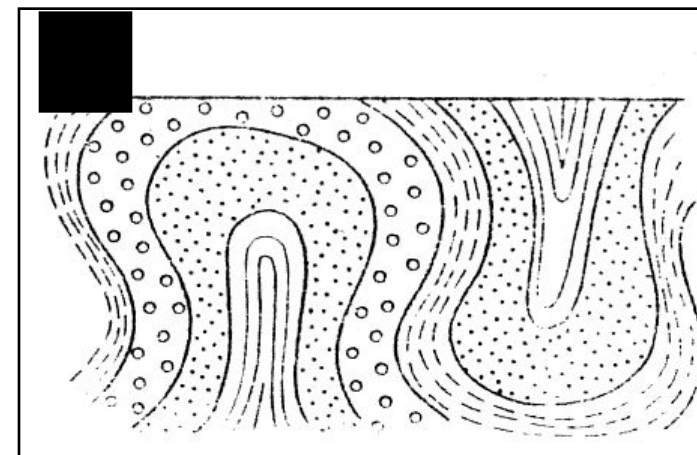
Примеры складок



Сундучная складка.
Северный Памир.
Фото В.И. Дронова



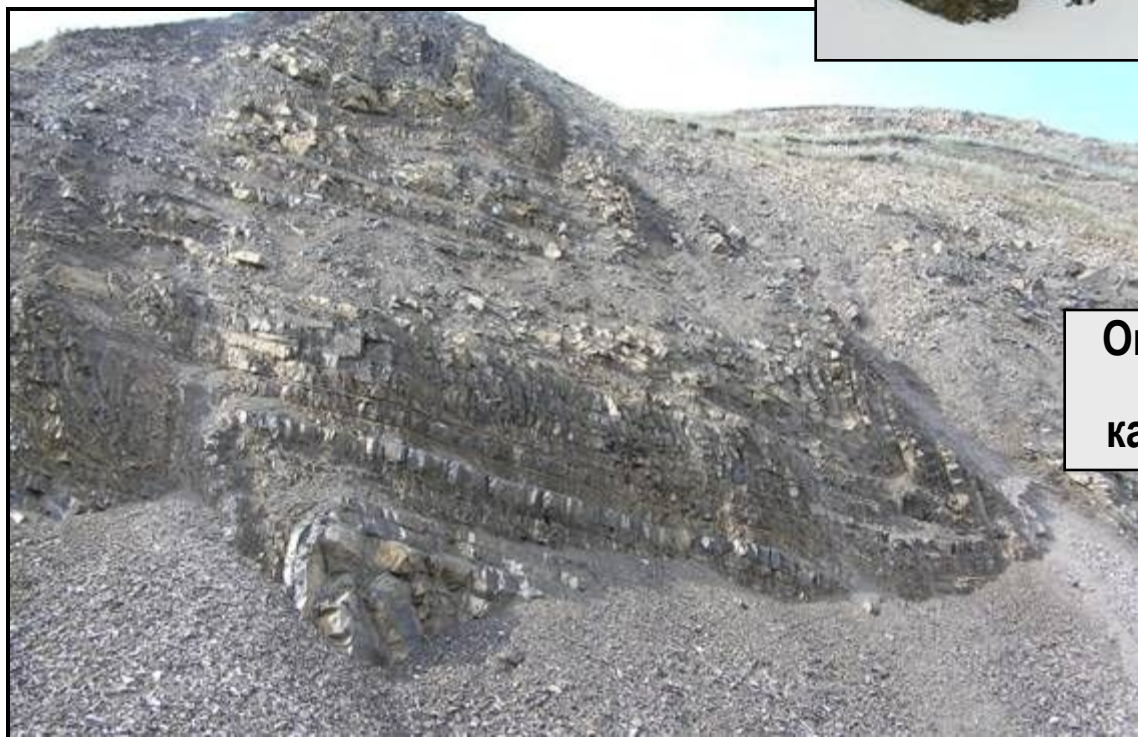
Сундучная складка.
Верхний девон.
Южный Урал



Веерообразные складки:
А – простые,
Б – с пережатыми
замками

Примеры опрокинутых складок

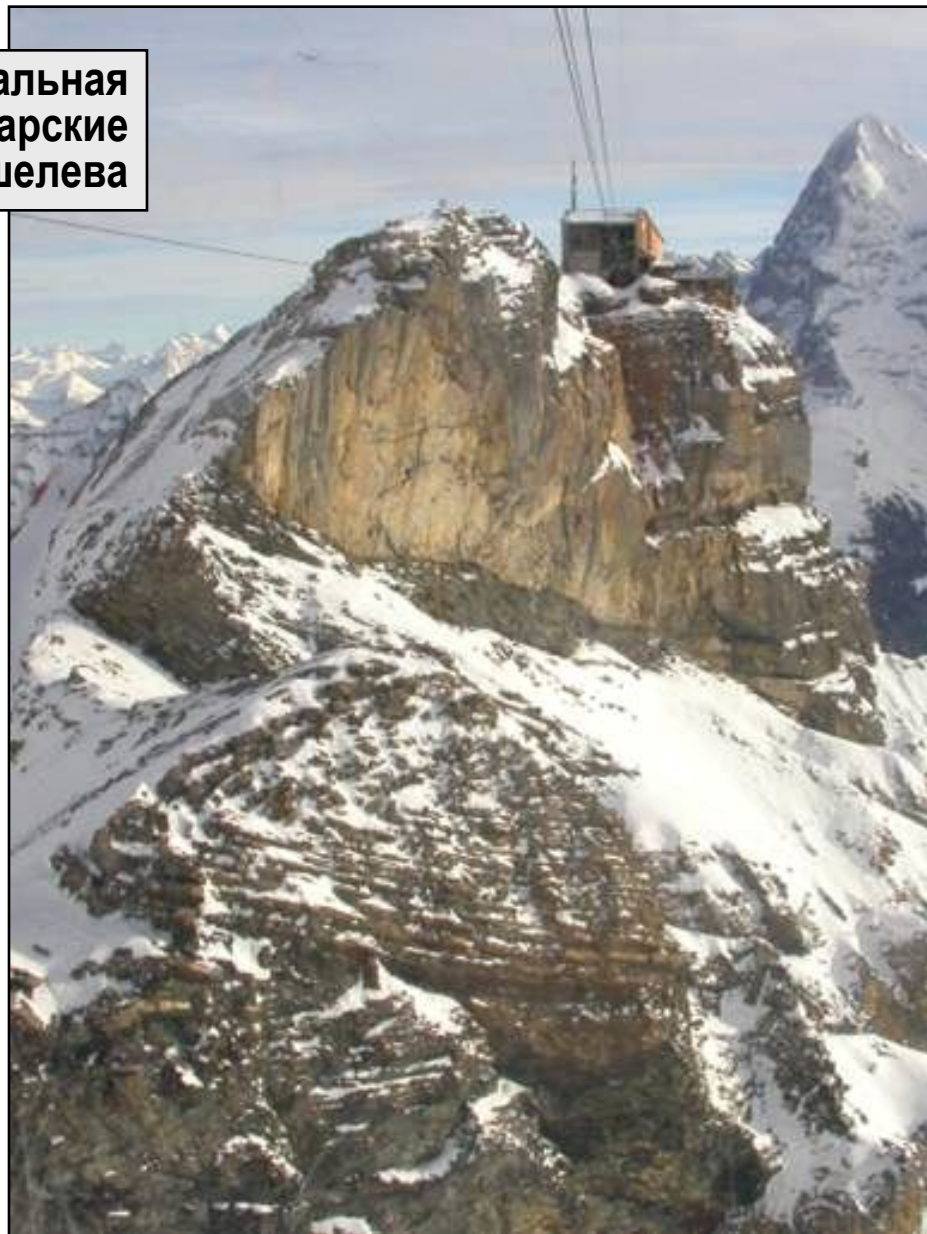
Опрокинутая (почти лежачая) острая складка. Швейцарские Альпы. Фото А.Г. Кошелева



Опрокинутые острые складки. Нижний карбон. Южный Урал

Примеры лежачих складок

Лежачая изоклиальная складка. Швейцарские Альпы. Фото А.Г. Кошелева



Лежачая закрытая складка. Ордовик. Южный Урал



**Морфологические типы складок
по степени удлиненности**

Линейные непрерывные

(отношение длины к ширине 10:1, 100:1)

характерны для подвижных участков земной коры
(складчатых и геосинклинальных областей).

Брахискладки (прерывистые)

(отношение длины к ширине 2,5: 1, 5:1)

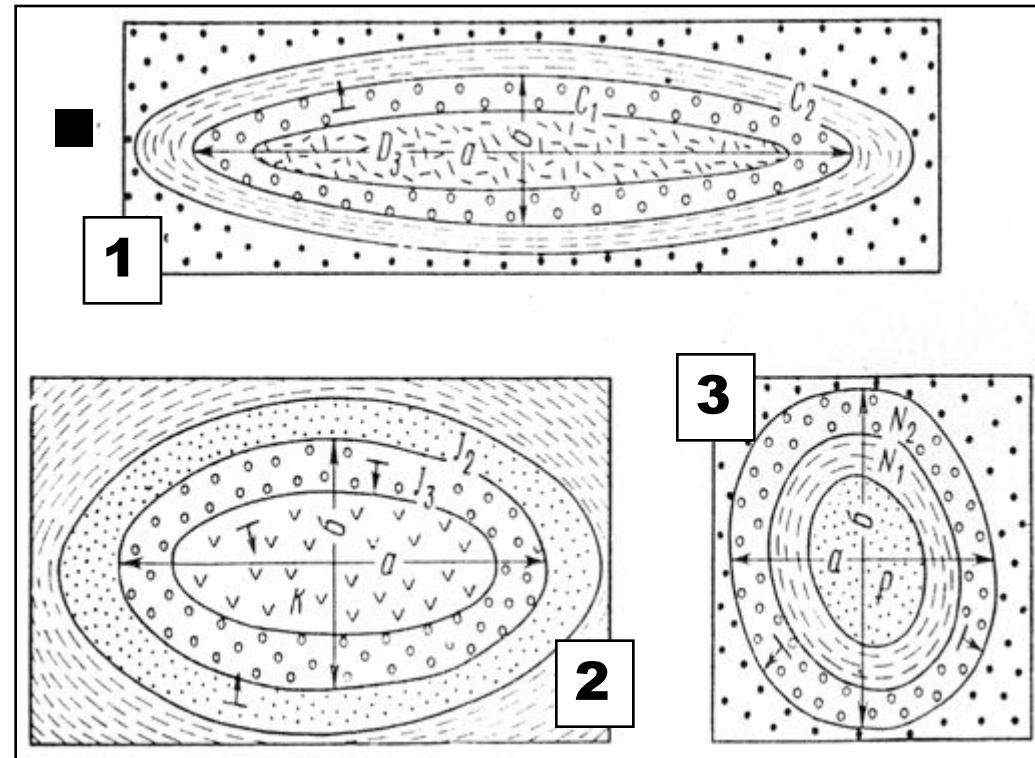
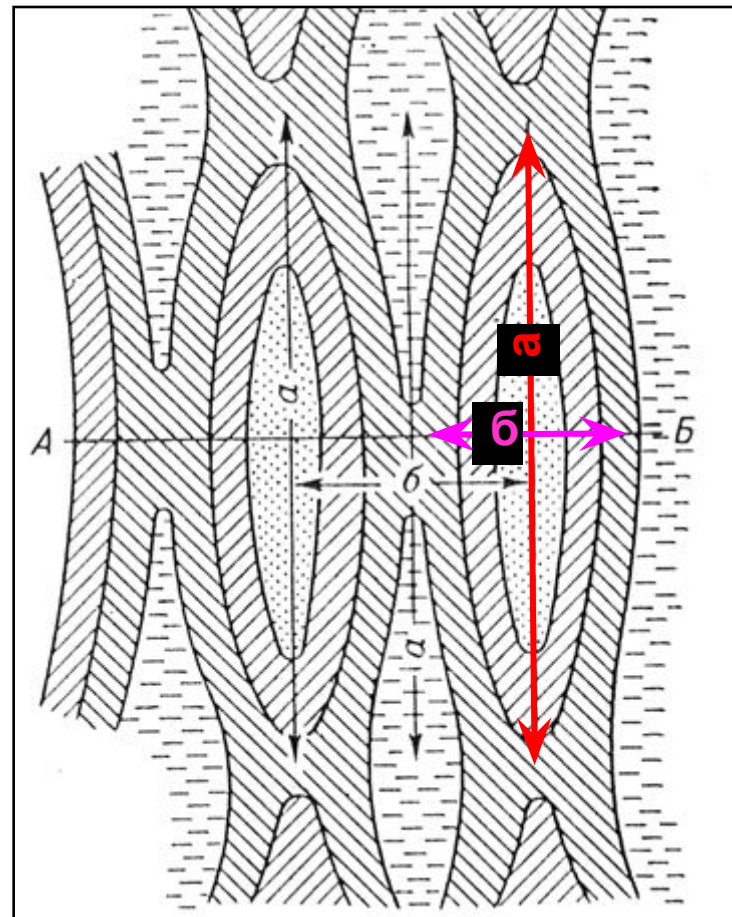
Купола

(отношение длины к ширине 2:1, 1:1)

Брахискладки и купола характерны для платформ

Основные критерии морфологических классификаций на основе элементов собственной геометрии складок:

- соотношение ширины и длины складки (*длина складки* определяется также как и ширина, но в продольном сечении)



- 1** – линейные ($a/b > 5$)
- 2** – брахискладки ($2 < a/b < 5$),
- 3** – изометричные ($2 < a/b < 1$),
атиклинали – купола, синклинали – мульды

Примеры линейных складок



Сильно вытянутые
(совершенные линейные)
складки. Ю. Африка. GoogleEarth



Линейная складка.
Сев. Прибалхашье.
Казахстан.
GoogleEarth



Линейная складка.
Сулеймановы горы.
Пакистан. GoogleEarth

Примеры брахиморфных складок



Брахискладка. Атлас.
Африка. GoogleEarth



Брахиаинклиналь.
Аделаида. Австралия.
GoogleEarth



Брахискладка. Атлас.
Африка. GoogleEarth

Примеры изометричных складок



Изометричная складка.
Западное Прибалхашье.
Казахстан. GoogleEarth



Изометричная складка.
Монголия. GoogleEarth



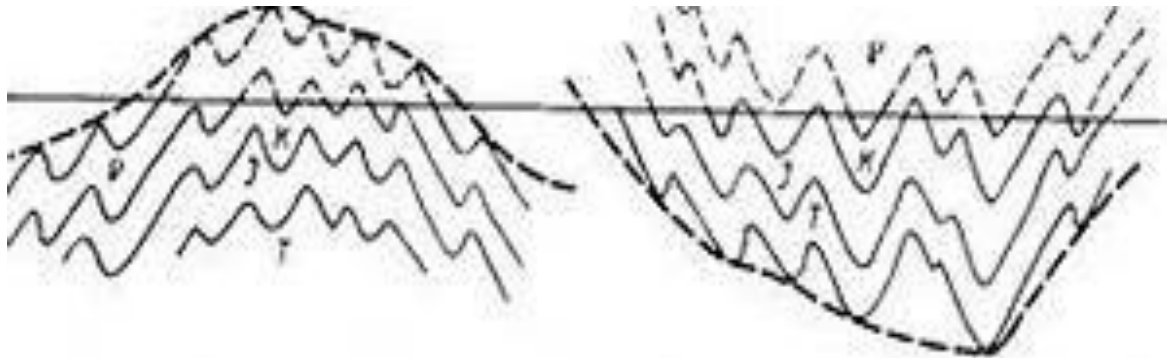
Структура Ришат. Пологий
купол диаметром 50 км.
Сахара. GoogleEarth

Линейные непрерывные Антиклинорий

- крупное сводовое поднятие, ограниченное на крыльях элементарными складками (Главный Кавказский хребет)

Синклинорий -

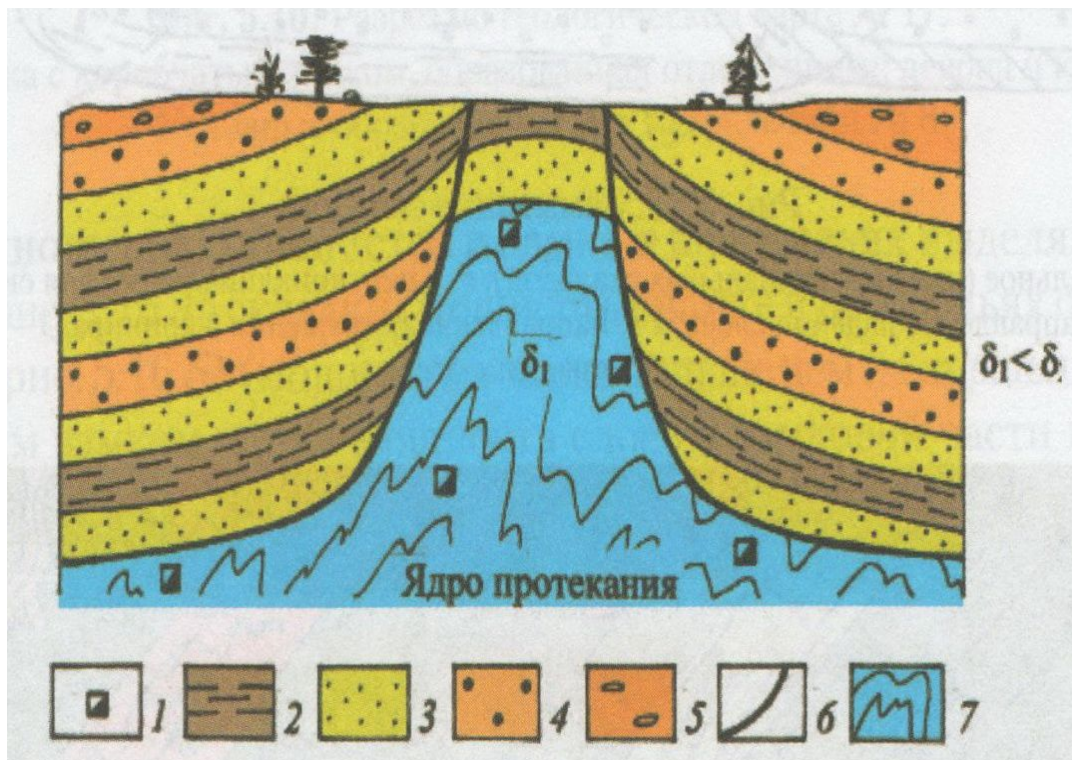
крупное сводовое опускание ограниченное на крыльях элементарными складками (Ферганская долина)



Диапировые складки (складки протыкания)

[гр.diapireiro – пронзаю]

Антиклинальные, обычно куполовидные складки, характеризующиеся наличием сильно перемятого ядра протыкания из более древних высокопластичных пород (соль, глины и др.); поверхность ядра пересекает границы более полого залегающих слоев крыльев складки.



1 – гипсы; 2 – глины; 3 – пески; 4 – гравелиты; 5 – конгломераты; 6 – разрывные нарушения; 7 – складчатость ядра протыкания; δ_1 – плотность гипсов; δ_2 – плотность перекрывающих пород

Мощность соляных куполов может достигать 2 – 3 км и более км.

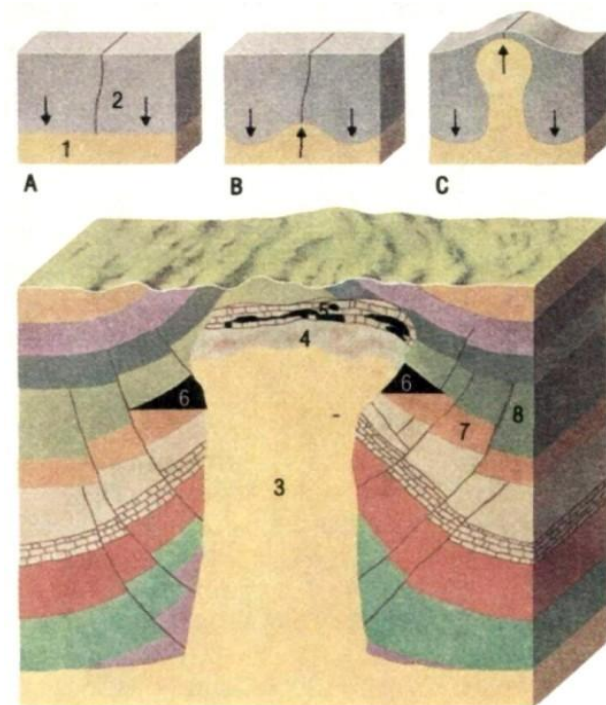
Соляные купола — структуры, которые формируются в крупных впадинах платформ, краевых прогибах, континентальных окраинах в результате проявления соляной тектоники.

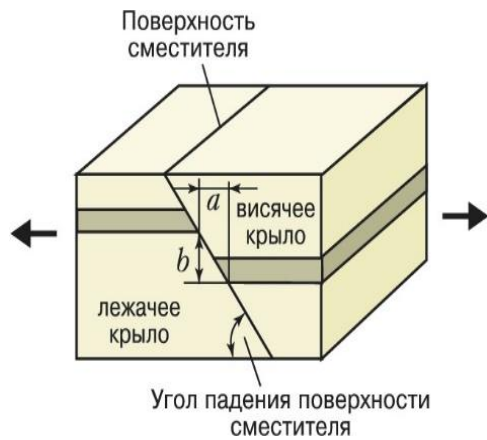
Вспучивание слоёв осадочных пород происходит, если под ними на глубине 300-1000 м залегают мощные отложения более лёгких и пластичных пород — каменной или калийной соли, испытывающих с краёв тектоническое давление.

Под действием силы тяжести происходит перераспределением масс: более легкие соли «всплывают», выпячивая, приподнимая, сминая и прорывая вышележащие породы.

Форма округлая, овальная и неправильная. По площади от 1 до 100 кв. км, высота от 0,1 до нескольких км.

С соляными куполами часто связаны месторождения нефти и газа. Вдоль Мексиканского залива и в Прикаспийской впадине.





2.2.2 Разрывные нарушения дизъюнктивные дислокации

приводят к разрыву сплошности пластов горных пород.

Элементы разрывных нарушений:
сместитель – плоскость по которой происходит смещение;

крылья – толщи пород, расположенные по обе стороны сместителя. При наклонном положении сместителя крыло, которое располагается под ним называется висячим, расположенное под ним - лежачим; *амплитуда смещения* – величина относительного перемещения пластов.

Виды разрывных нарушений:
простые (сброс, взброс, надвиг, сдвиг)
сложные (грабен, горст)

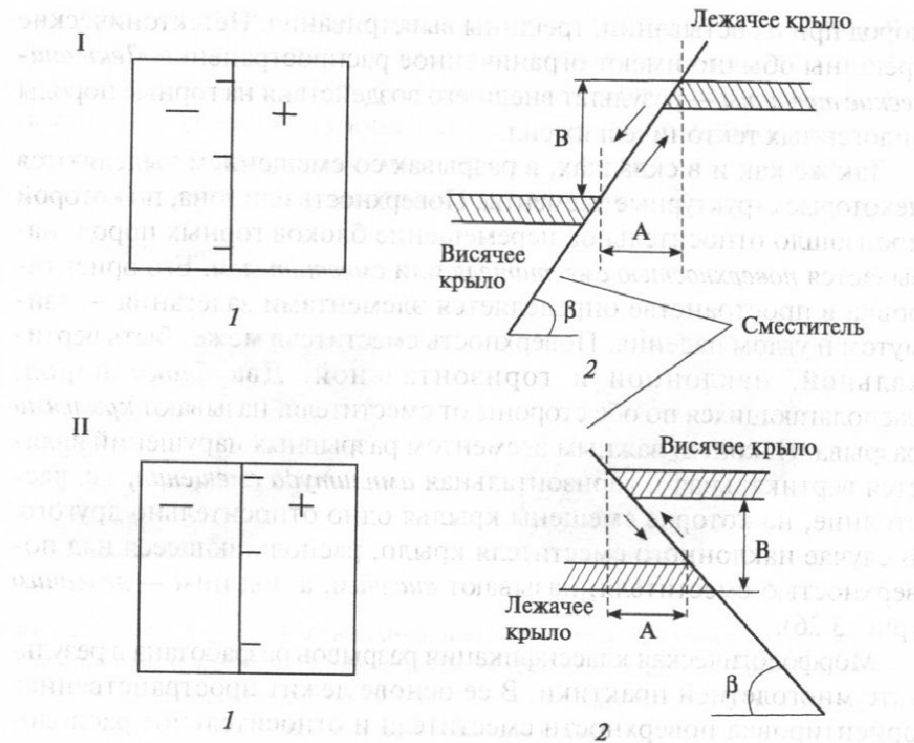


Рис. 3.26. Разрывные нарушения:

I — сброс; II — взброс; 1 — в плане; 2 — в разрезе; А — горизонтальная амплитуда смещения; В — вертикальная амплитуда смещения; β — угол падения сместителя; (+) — поднятое крыло; (-) — опущенное крыло. Бергштрихи показывают направление падения сместителя



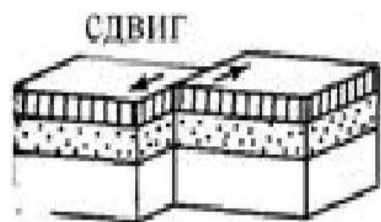
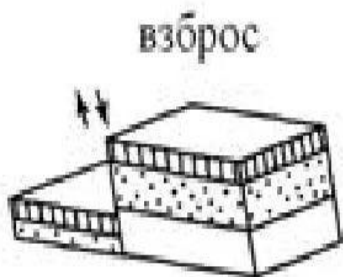
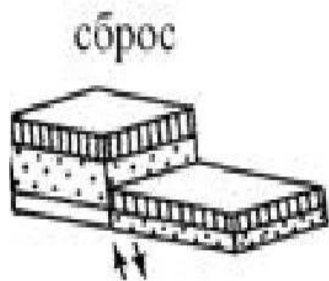
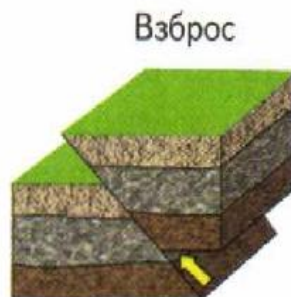
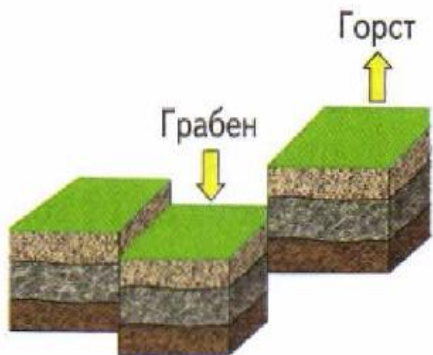
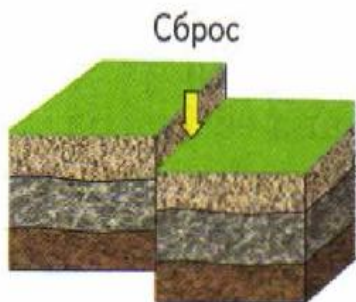
- **Сброс** – нарушение, у которого плоскость разрыва (сместитель) наклонена в сторону висячего крыла.

- **Взброс** – нарушение, у которого смеситель уходит под в сторону висячего крыла.

- **Сдвиг** – перемещение с разрывом в горизонтальном направлении.

- **Надвиг** – это дислокация с разрывом пластов и надвиганием одного крыла на другое по горизонтальной или пологой по отношению к горизонту плоскости.

- **Шарьяж** – надвиг с большим горизонтальным



Сложные нарушения

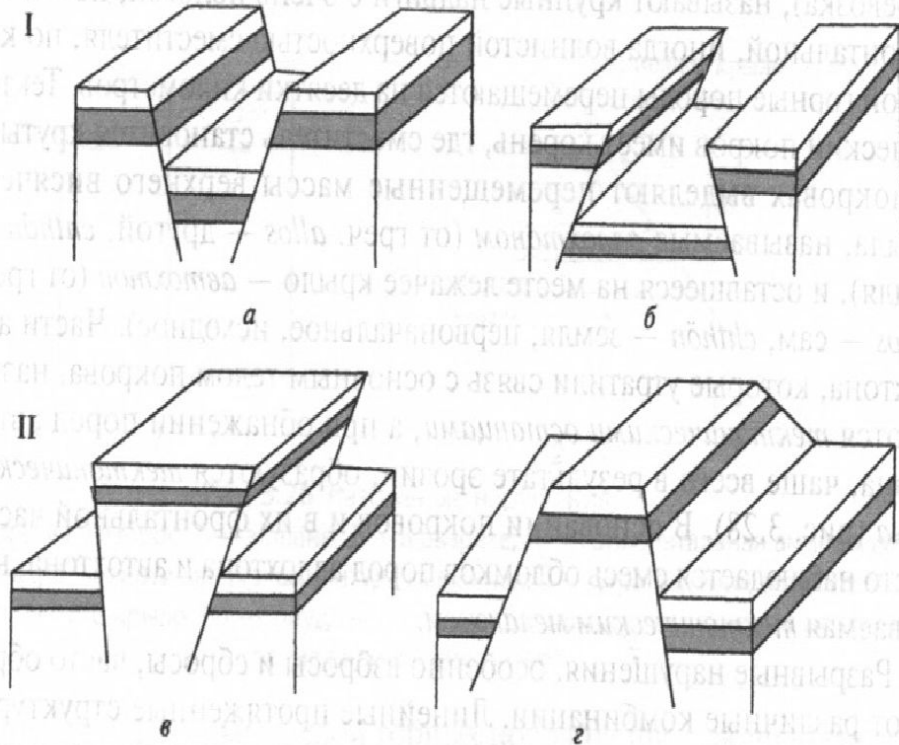
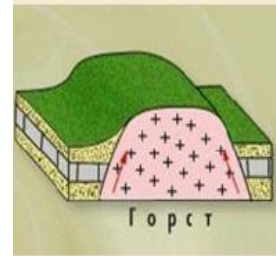
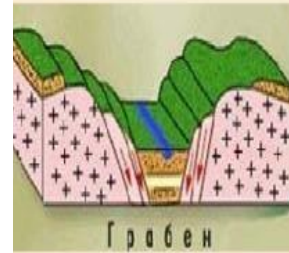


Рис. 3.29. Сочетания сбросов и взбросов в разрезах:

I — грабены, образованные сбросами (а) и взбросами (б); II — горсты, образованные взбросами (а) и сбросами (б)



Горст — участок земной коры, занимающий приподнятое положение и ограниченный разломами.



Грабен — опущенный участок земной коры, отделенный разломами.



Грабены - система двух ступенчатых сбросов, в котором центральная часть оказывается опущенной, а по обе стороны от нее располагаются ступенчатые сбросы, в каждом из которых последующее крыло приподнято относительно предыдущего. **Горсты** - группа сбросов, в которой центральная часть приподнята, а периферийные-опущены

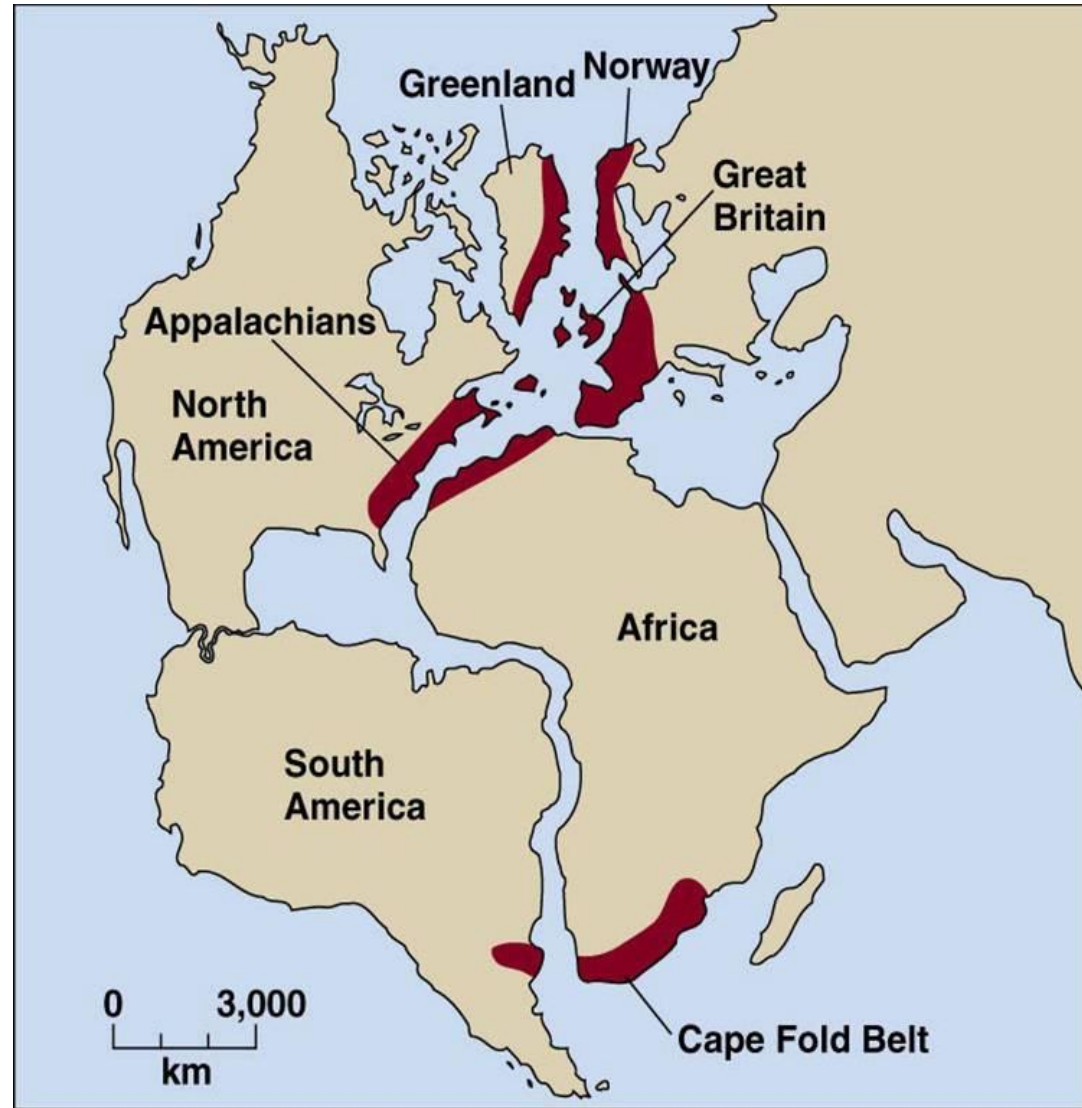
2.2.3. Горизонтальные движения

- Альфред Вегенер теория дрейфа континентов, 1920-х г. первоначально отвергнута.
- Возрождение идеи о движениях в твёрдой оболочке Земли («мобилизм») в 1960-х г, когда в результате исследований океанического дна были получены данные о процессах расширения (**спрединга**) океанической коры и пододвигания одних частей коры под другие (**субдукции**).
- **Тектоника плит** - современная геологическая теория о движении литосферы, согласно которой земная кора состоит из относительно целостных блоков - плит, которые находятся в постоянном движении относительно друг друга. При этом в зонах расширения (срединно-океанических хребтах и континентальных рифтах) в результате спрединга образуется новая океаническая кора, а старая поглощается в зонах субдукции.
- Объясняет возникновение землетрясений, вулканическую деятельность и процессы горообразования, по большей части

Гипотеза «дрейфа континентов», 1912 г



Альфред Лотар Вегенер
(1880-1930)



Основы гипотезы Вегенера

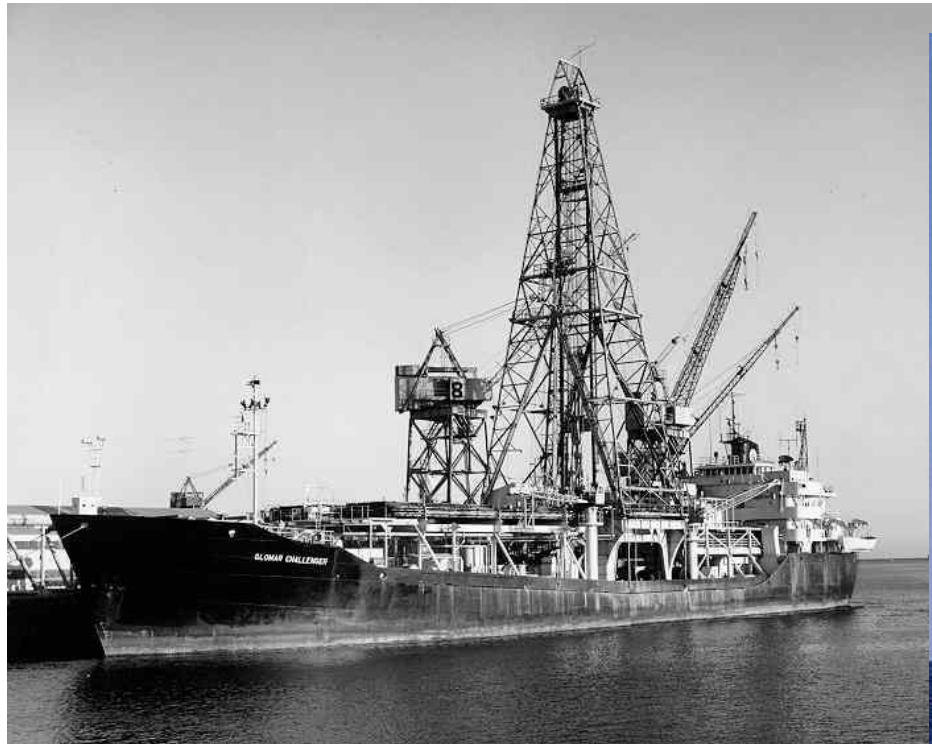
1. Контуры континентальных глыб хорошо подходят друг к другу,
2. Общность геологического строения смежных материков,
3. Общность древней палеозойской и мезозойской фауны и флоры на смежных материках
4. Следы одновременного позднепалеозойского покровного оледенения в Юж. Америке, Африке, Индии и Австралии

Вегенер предположил существование суперконтинента Пангея, который раскололся на несколько частей, отдельные континентальные глыбы “поплыли” по поверхности планеты, образовались современные материки

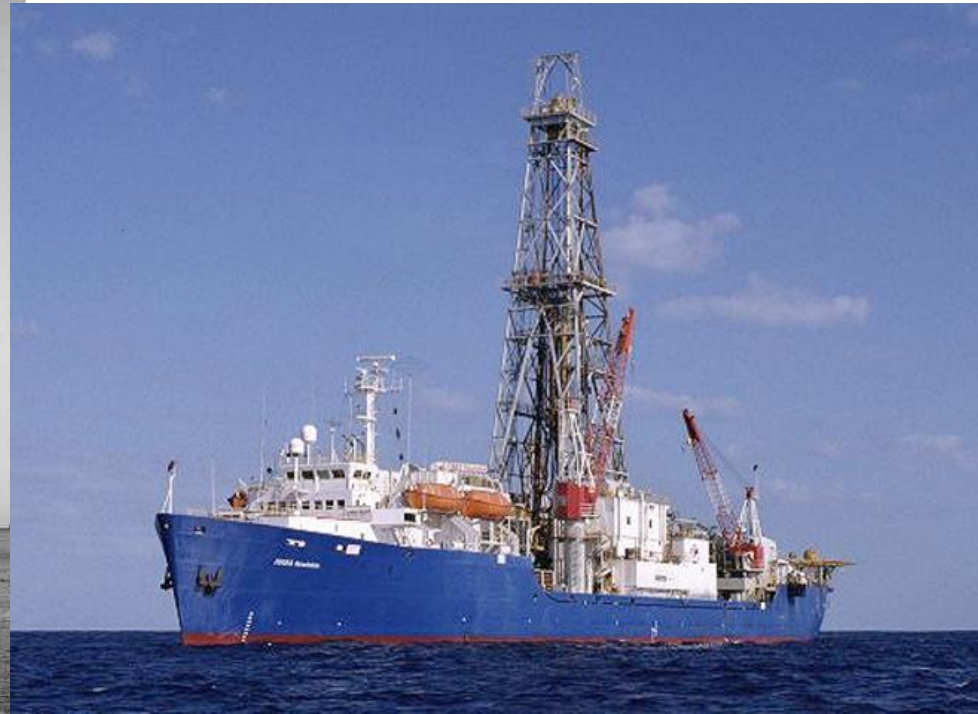
Вклад в теорию плитотектоники внесли следующие открытия

- Установление системы срединно-океанических хребтов около 60 тыс. км и разломов, пересекающих эти хребты;
- Обнаружение и расшифровка линейных магнитных аномалий океанического дна, дающих возможность объяснить механизм и время его образования;
- Установление места и глубин (очагов) землетрясений и решение фокальных механизмов;
- Развитие палеомагнитного метода, основанного на изучении древней намагниченности горных пород, что дало возможность установить перемещение континентов относительно магнитных аномалий полюсов Земли.

Подводное бурение

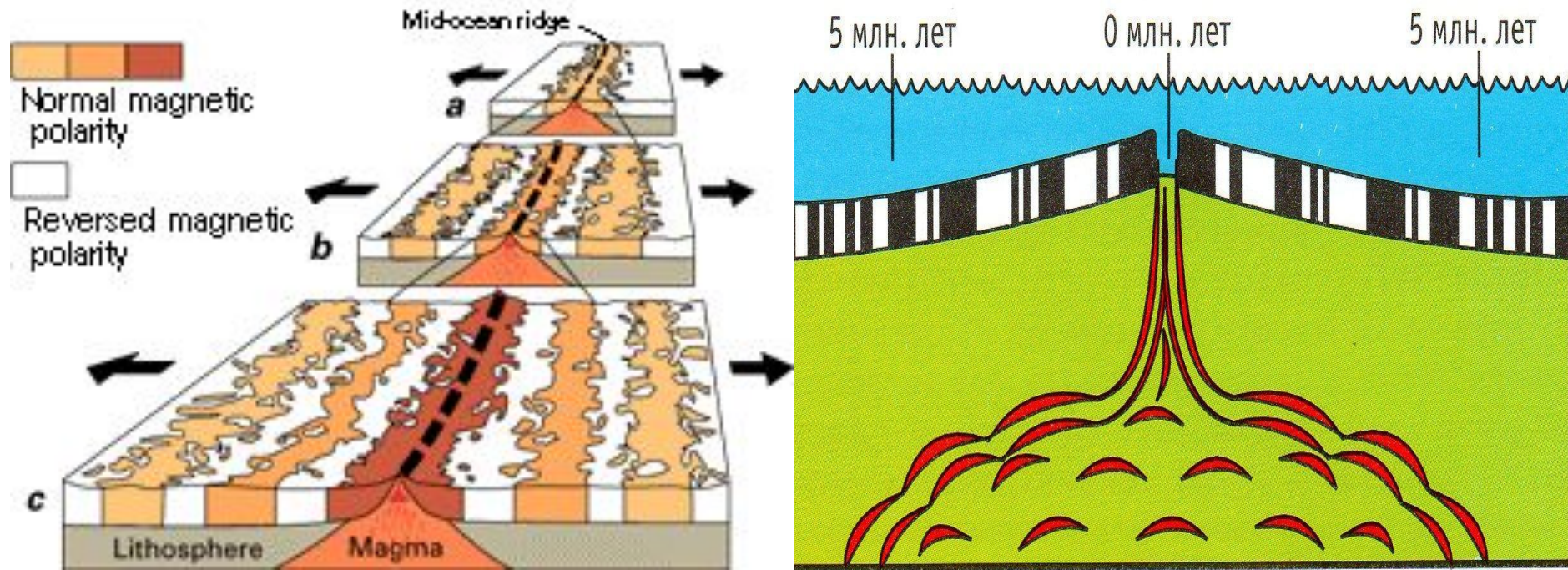


Первое исследовательское судно «Glomar Challenger», глубина взятия образцов до 1000 м от дна



Современное исследовательское судно «Joides Resolution»

Изменение вектора намагниченности горных пород – линейные магнитные аномалии



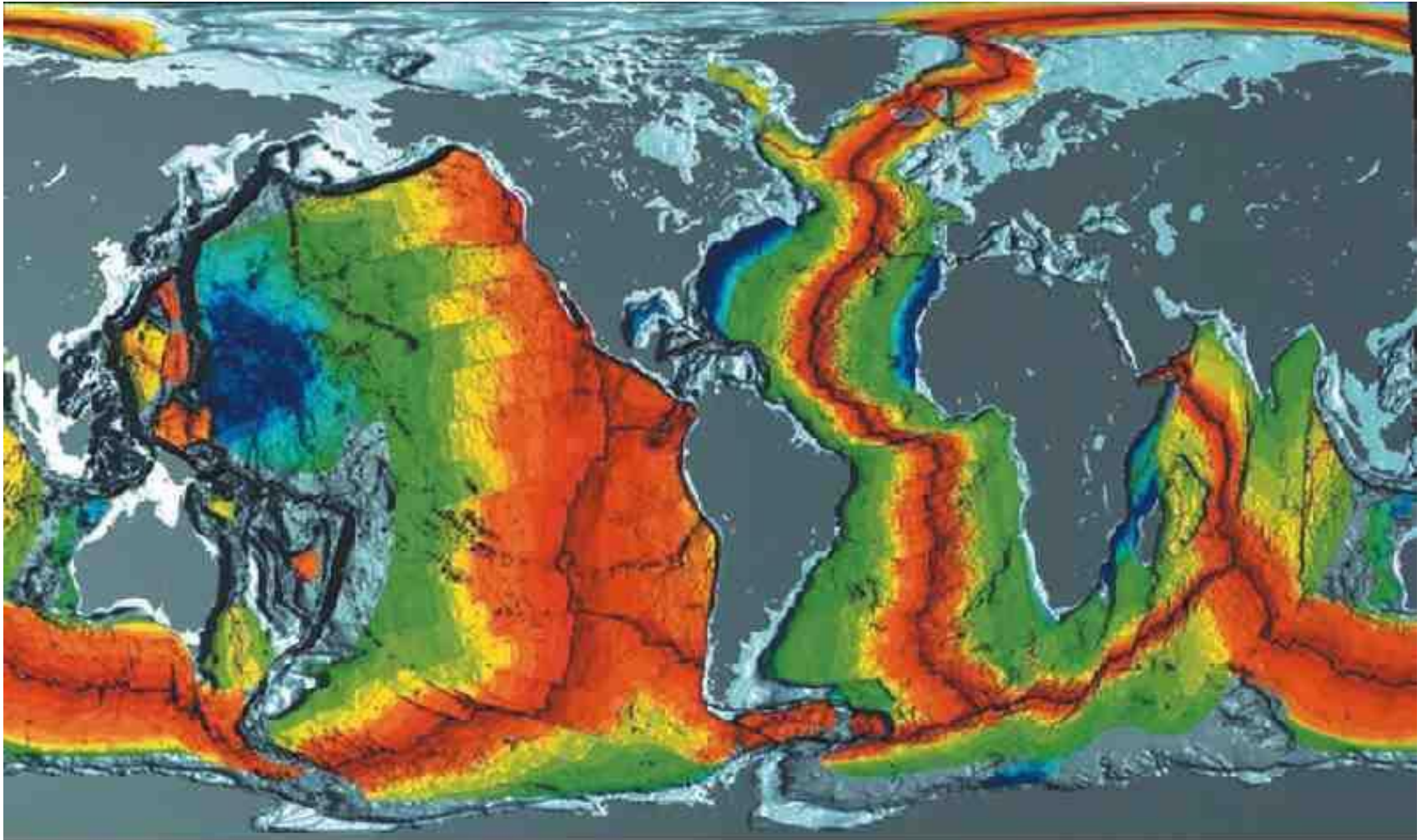
- Минерал магнетит (FeFe_2O_4) – постоянный магнит, намагничивается внешним магнитным полем и сохраняет («запоминает») его направление.

По магнитной памяти можно определить:

1. Положение географических полюсов в древние геологические эпохи в соответствии с дрейфом магнитного поля
2. Инверсия магнитного поля на протяжении геологического времени – изменение направлений линий напряженности магнитного поля

Чередование прямо и обратно намагниченных базальтов в виде полос, параллельных срединно-океаническим хребтам

Возраст океанической коры



Определен по магнитным аномалиям. Кр.+Ж кайнозой (моложе 65 млн лет), Зеленый – мел (65 – 145 млн лет), Синий – юра (древне 145 млн лет)

Границы литосферных плит

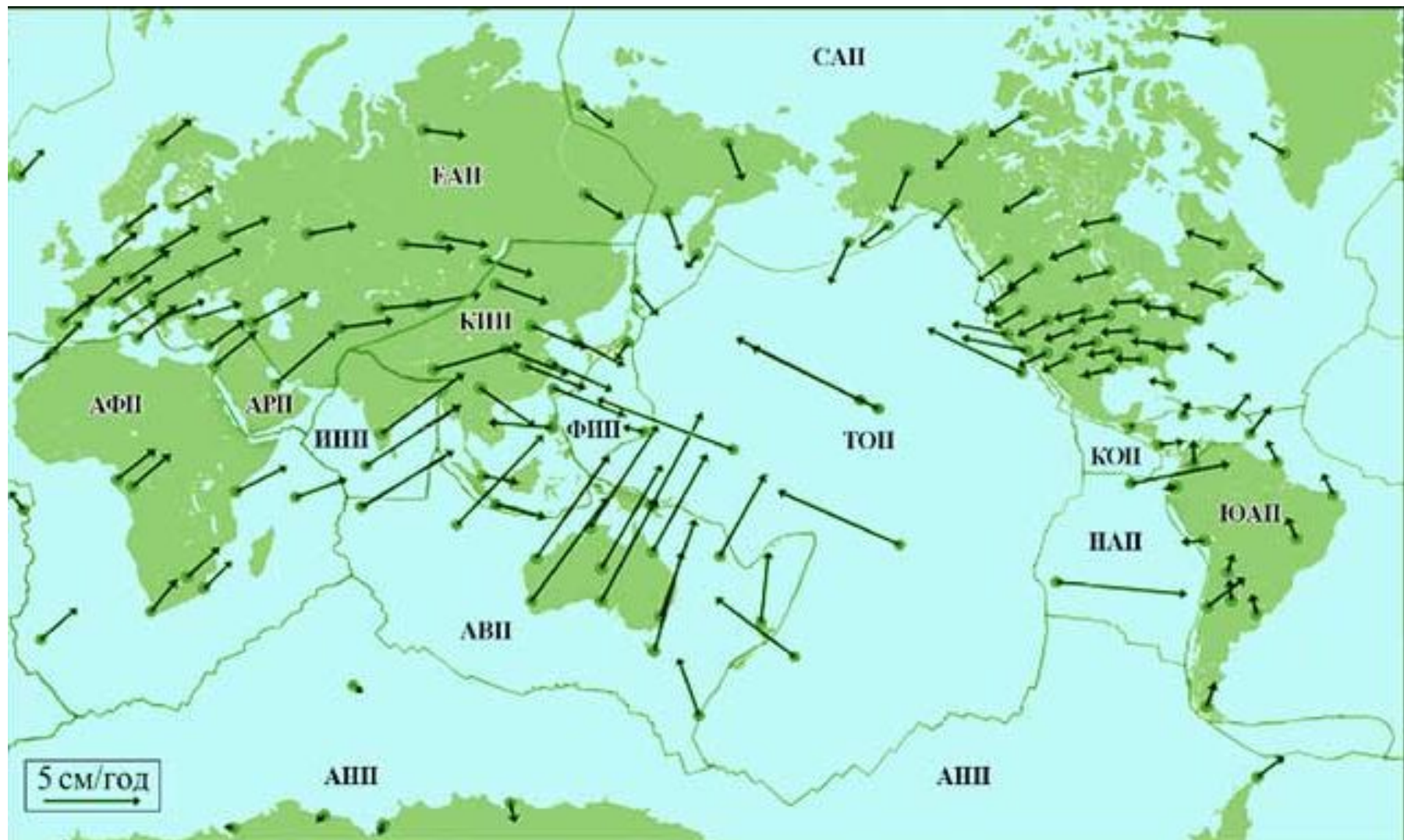
В 1965 г. *Тузо Уилсон (Канада)* сформулировал идею о существовании литосферных плит

Нижняя граница литосферной плиты =
= верхняя граница астеносферы.

В 1968 г. определены границы крупных литосферных плит Земли, рассчитаны параметры их движения по поверхности земного шара.

(*Джейсон Морган, США*
Ксавье Ле Пишон, Франция)

Карта движения плит (по GPS NASA)



ЕАП - Евроазиатская, САП - С-Американская, ТОП - Тихоокеанская, АФП - Африканская, АРП - Аравийская, ИНП - Индийская, КИП - Китайская, АВП - Австралийская, ФИП - Филиппинская, ЮАП - Ю-Американская, КОП - плита Кокос, НАП - плита Наска, АНП - Антарктическая плита.

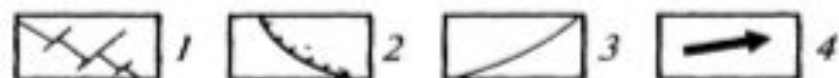
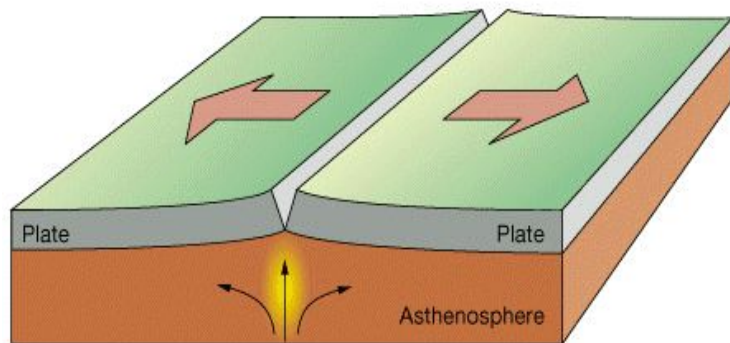
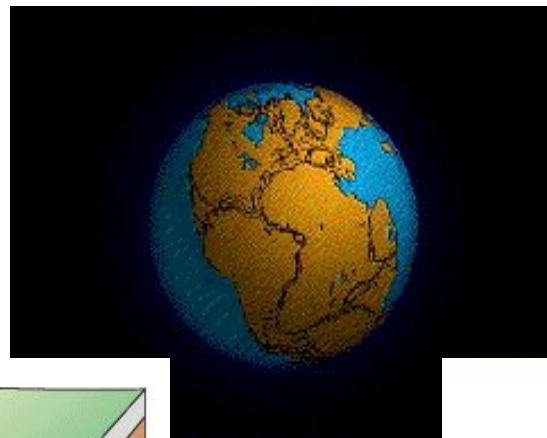
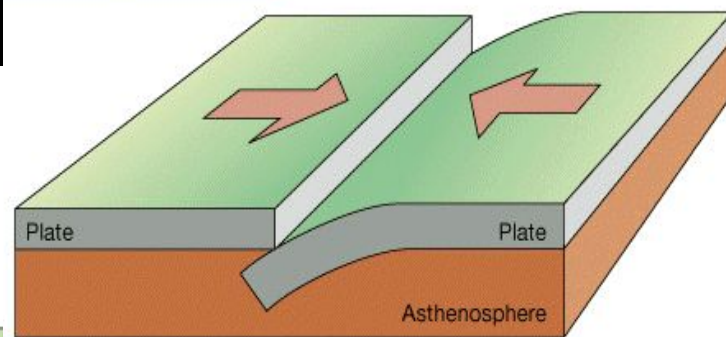


Рис. 24.2. Основные литосферные плиты (по В. Е. Хаину и М. Г. Ломизе):
 1 — оси спрединга (дивергентные границы); 2 — зоны субдукции (конвергентные границы); 3 — трансформные разломы; 4 — векторы «абсолютных» движений литосферных плит. Малые плиты: Х — Хуан-да-Фука; Ко — Кокос; К — Карибская; А — Аравийская; Кт — Китайская; И — Индокитайская; О — Охотская; Ф — Филиппинская

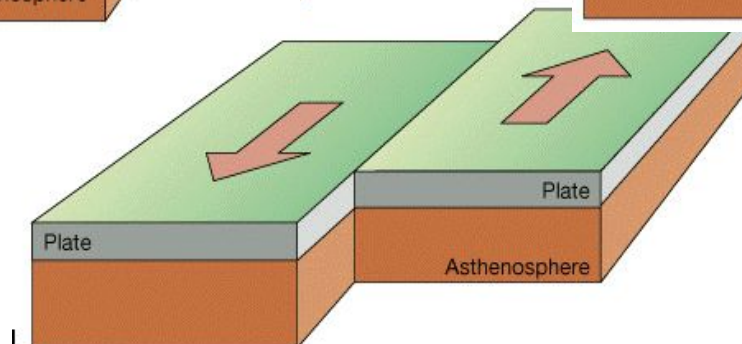
Литосферные плиты перемещаются по поверхности астеносферы относительно друг друга в горизонтальном направлении



**расхожден
ие**

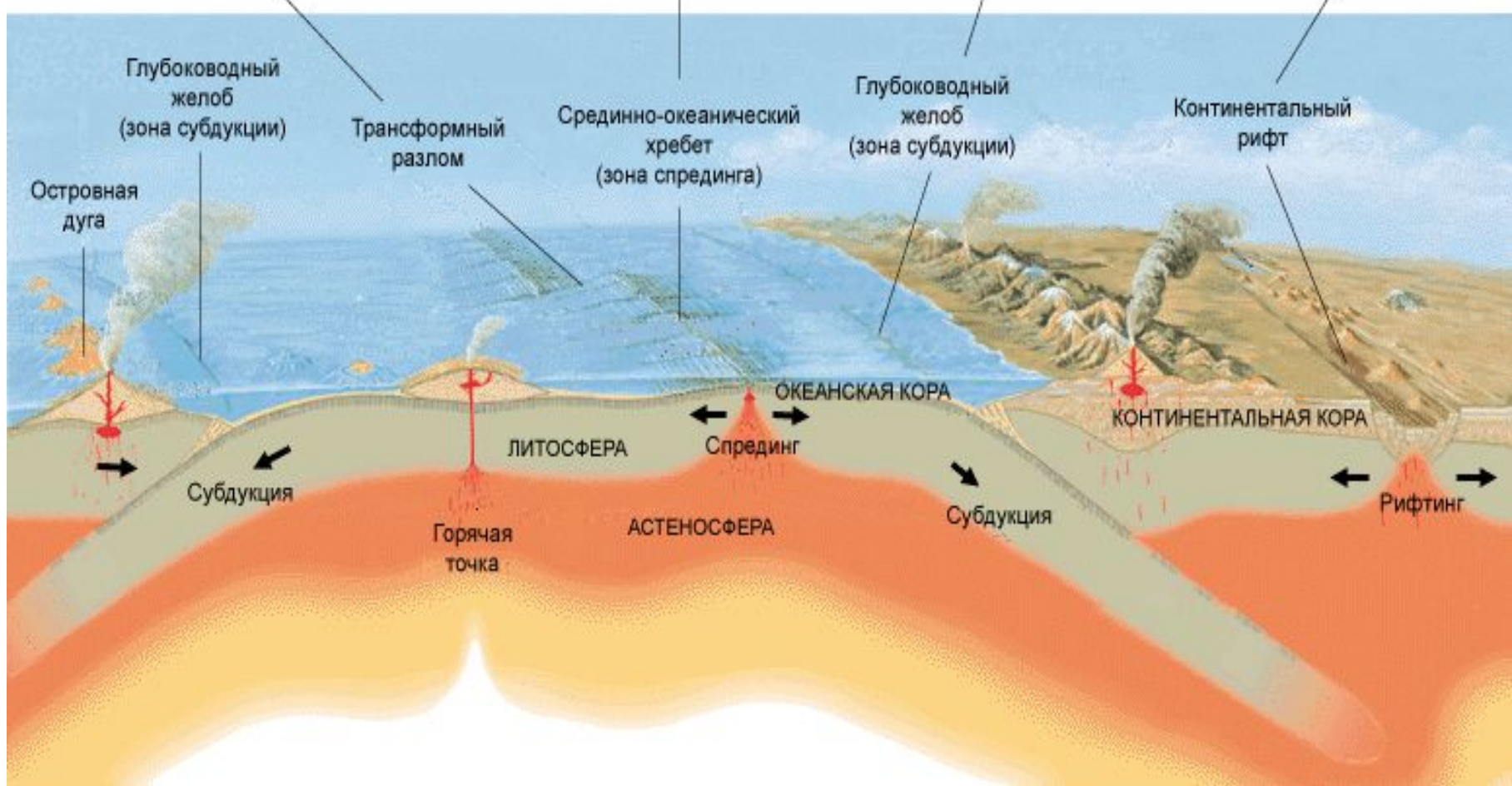


**схожден
ие**



скольжени

е



СПРЕДИНГ (от англ. spread – развёртывать, простираться, размазывать)

Разрастание дна океанов в районе срединно-океанических хребтов за счет излияния базальтовой лавы дивергентных границах плит.

Причина – конвекция мантийного вещества и горизонтальные подкоровые течения (Г. Хёсс, 1960г.).

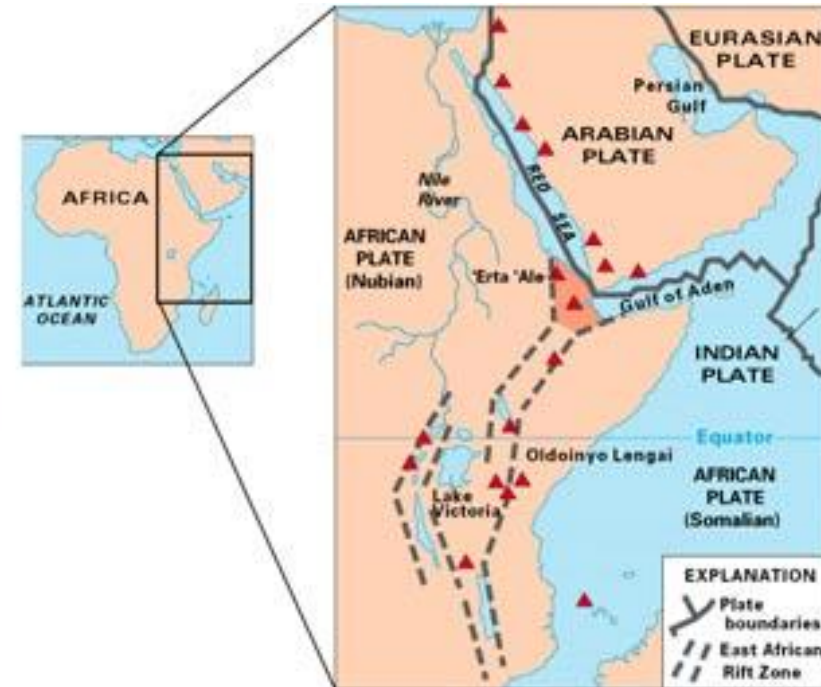
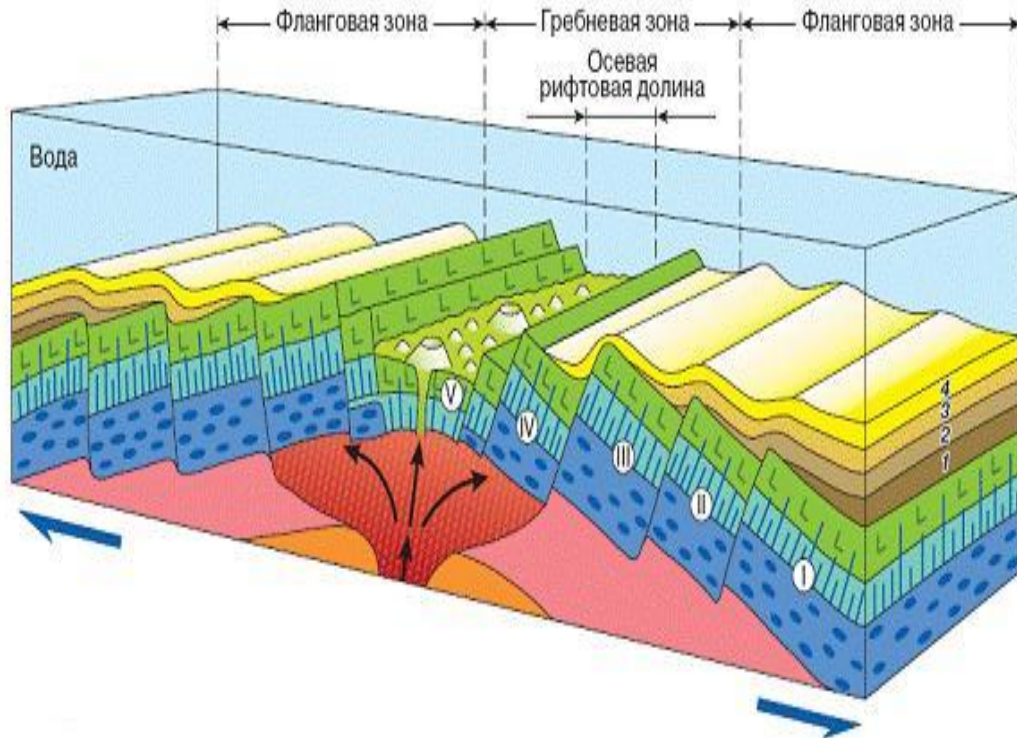
Признак дивергентной тектонической деятельности



Дивергентная граница на суше Восточно-Африканский разлом

6000 км

Красное море, Великие Африканские озера



Спрединг и субдукция



Поток тепла

Конвективная ячейка

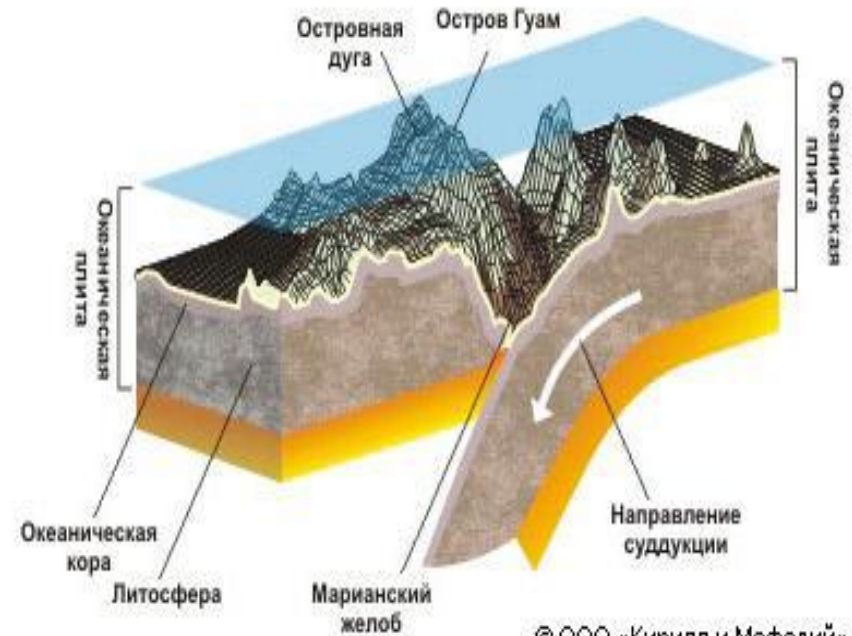
Причина субдукции – собственный вес плиты

Выраженность зон субдукции в рельефе

Столкновение океана с континентом



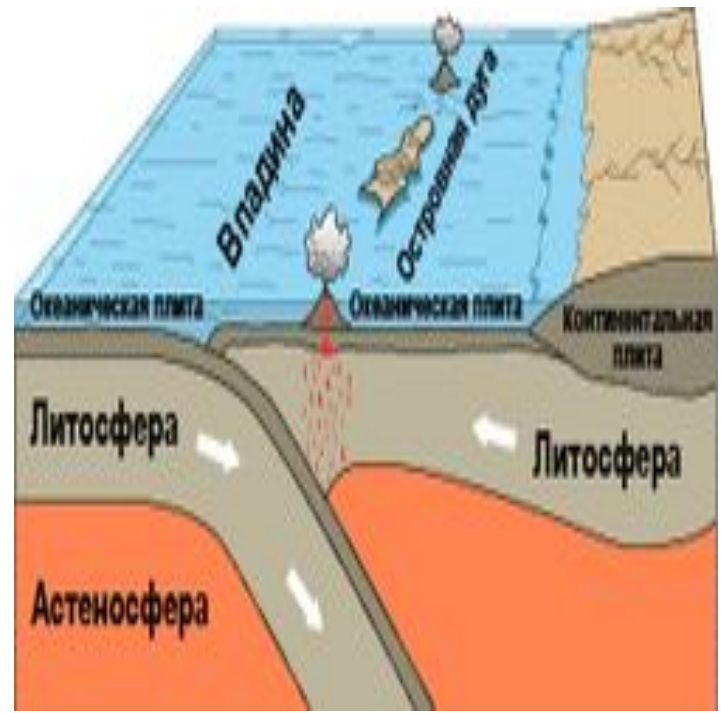
Столкновение океанических плит



© ООО «Кирилл и Мефодий»

Способы образования глубоководных океанических желобов из-за столкновения литосферных плит. Показаны на примере Перуано-Чилийского и Марианского желобов.

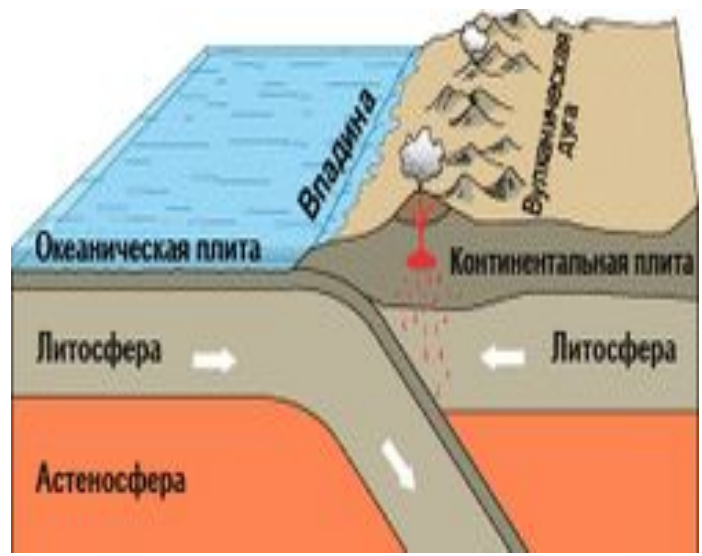
Субдукция - поддви́г литосферной плиты с океанской корой под край другой плиты, происходящий под воздействием силы, которая возникает вследствие твердофазового перехода в опускающейся плите и (или) за счет силы трения в результате тепловых гравитационных течений в астеносфере.



2 типа основных тектонических типа субдукции:

– **окраинно-континентальный** - океанская литосфера погружается под континенты;

внутриокеанский- взаимодействуют два участка океанской литосферы



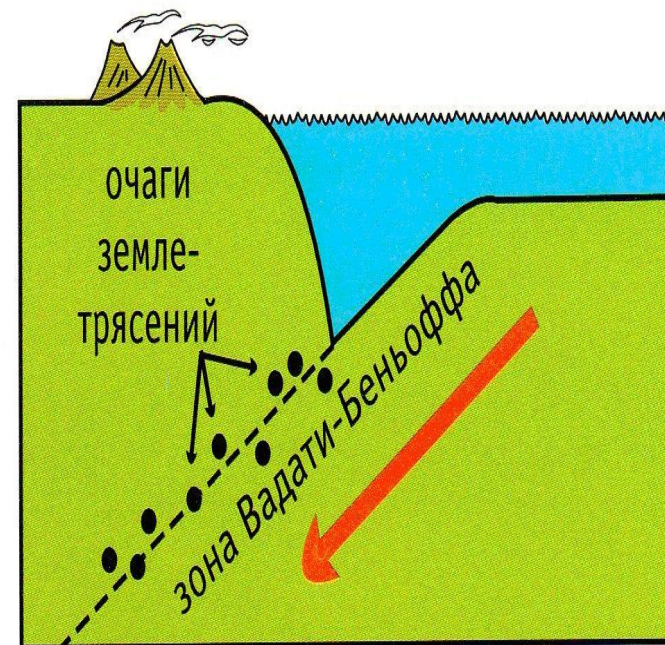
2. Конвергентная (граница схождения)



Океаническая плита погружается под континентальную -
субдукция

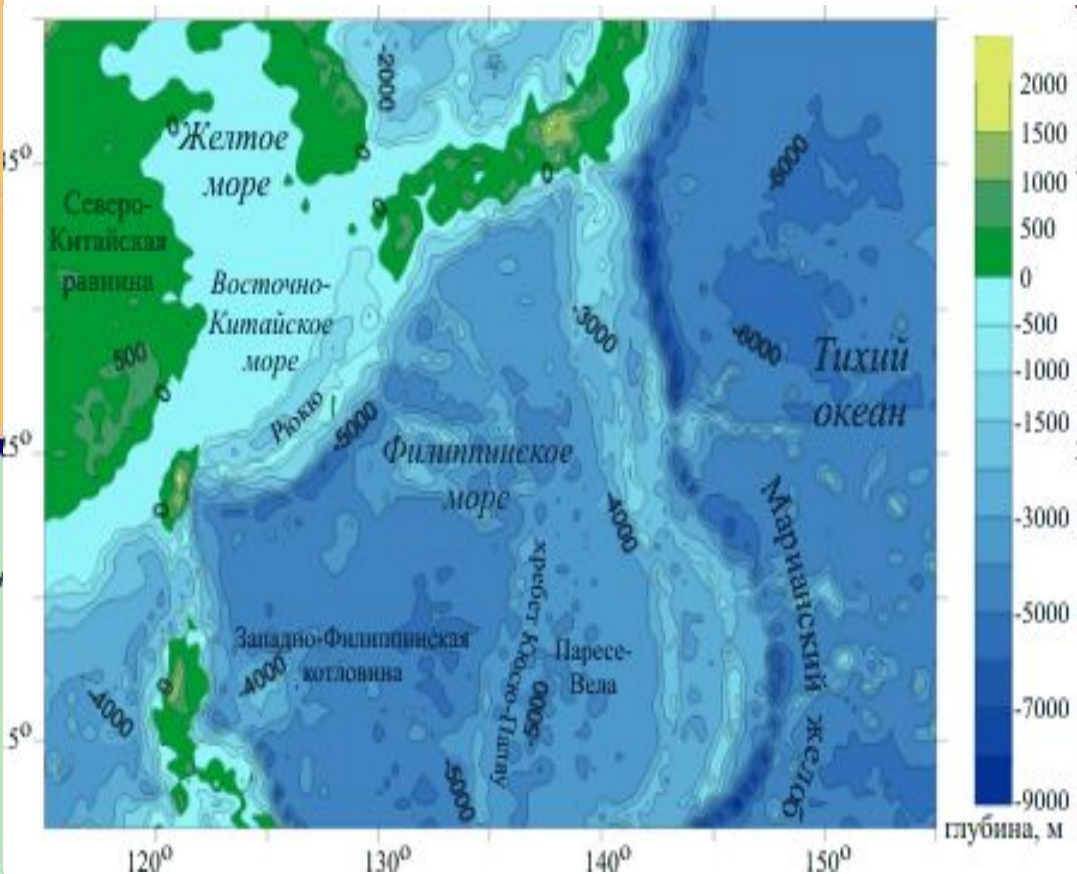
Глубина очагов землетрясений в зоне субдукции до 700 км

Строение зон субдукции

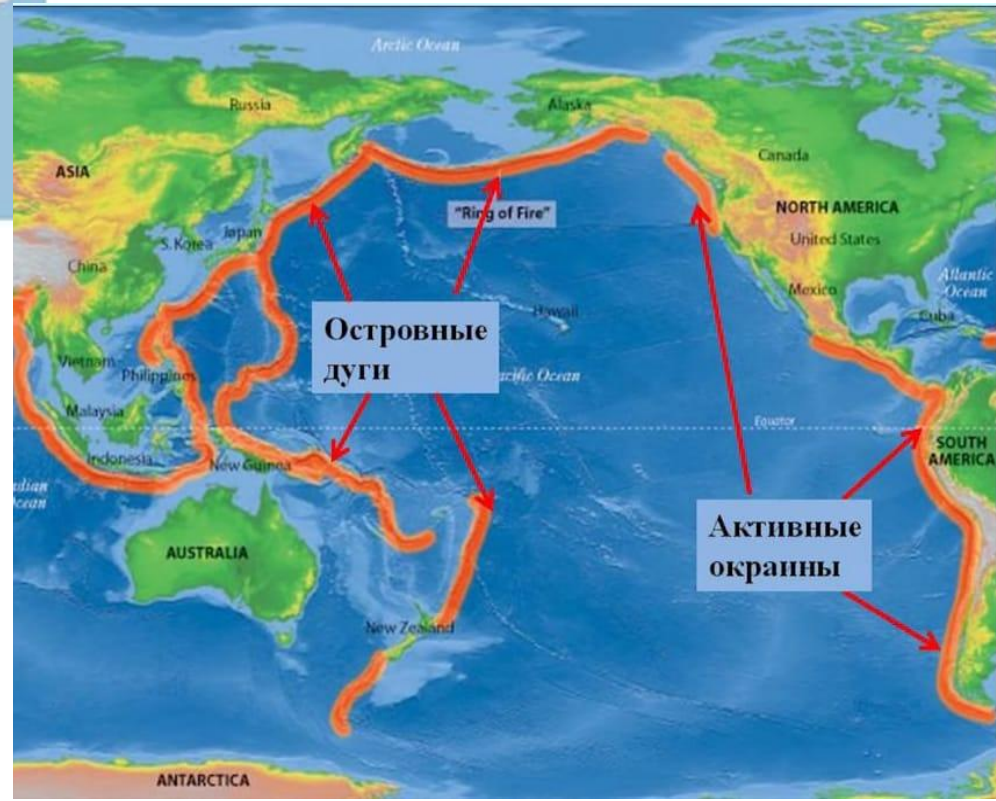
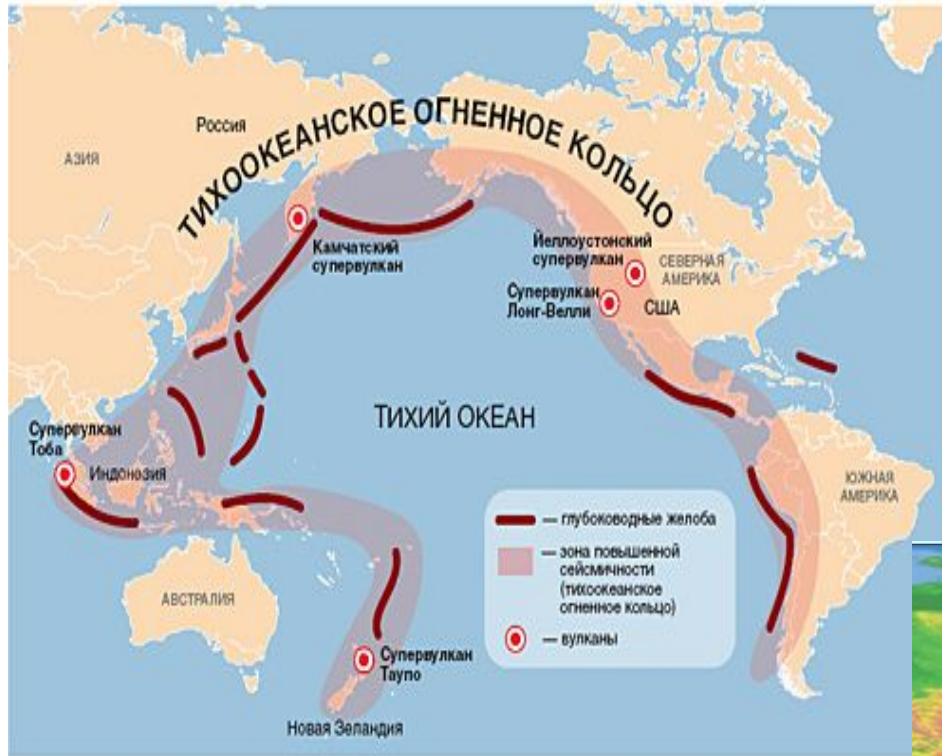


Островные дуги

Океаническая плита погружается под океаническую



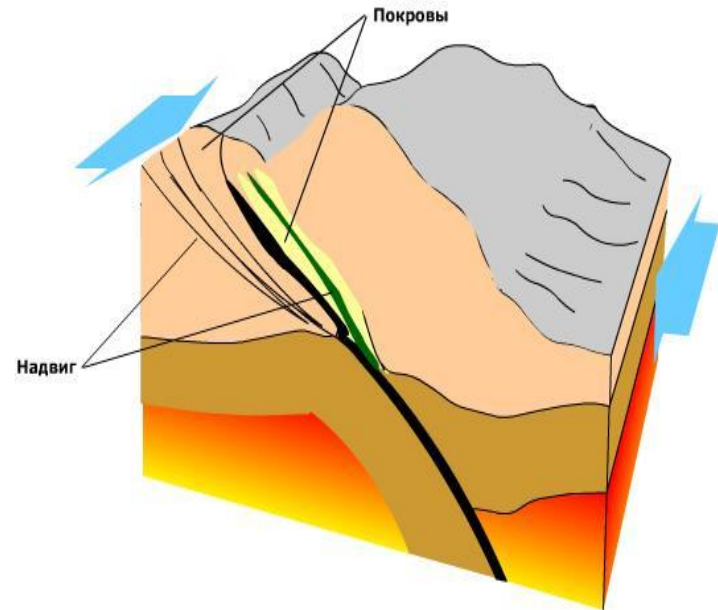
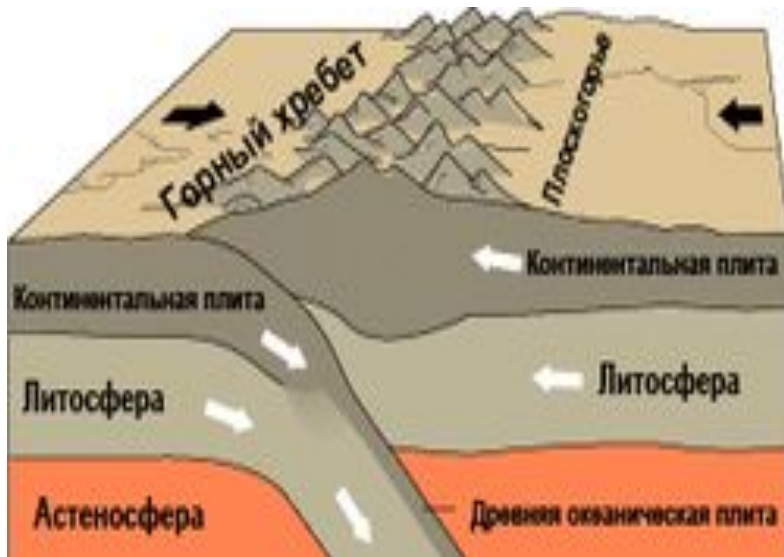
Зоны активного вулканизма – Тихоокеанское огненное кольцо



Коллизия континентов

Столкновение континентальных плит приводит к смятию коры и образованию горных цепей.

Н-р: *Альпийско-Гималайский горный пояс*, образовавшийся в результате закрытия океана Тетис и столкновения с Евразийской плитой Индостана и Африки.



Индостан



Тибет

Граница скольжения (трансформная) Разлом Сан-Андреас, Калифорния

