

# СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

## Лекция 6



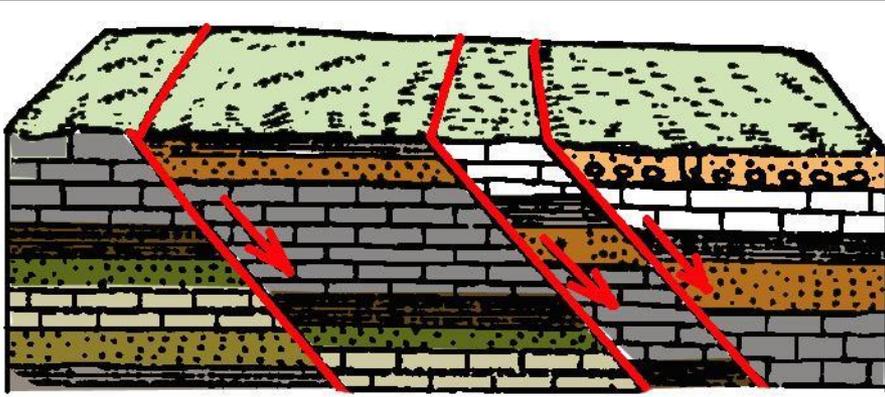
# Комбинированные разломы



- В англоязычной и плохой переводной литературе все разломы называются сбросами (по падению - прямые - сбросы и обратные - взбросы, по простиранию (сдвиги))

## Ступенчатые сбросы

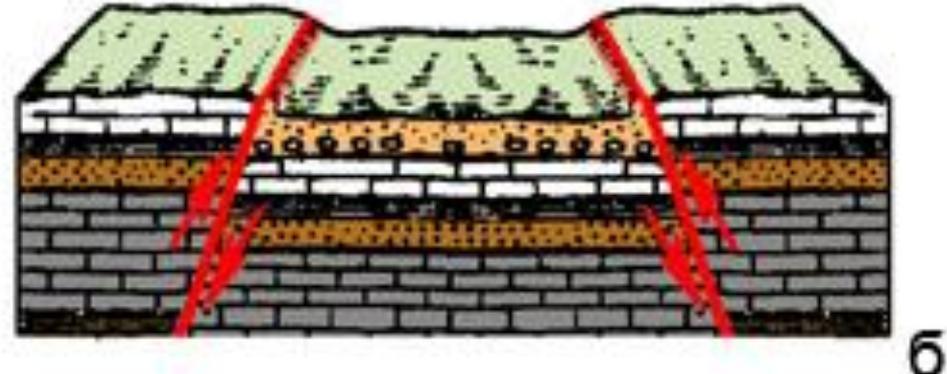
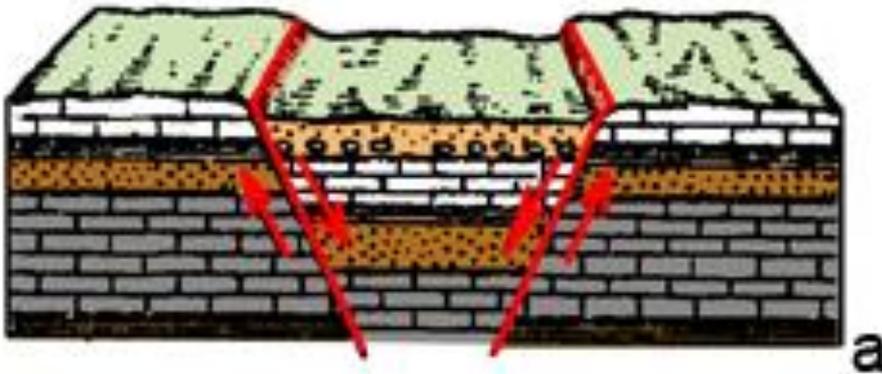
полуграбен – асимметричная отрицательная структура, ограниченная **одним крупным сбросом**, другое крыло полуграбена представляет собой моноклинал

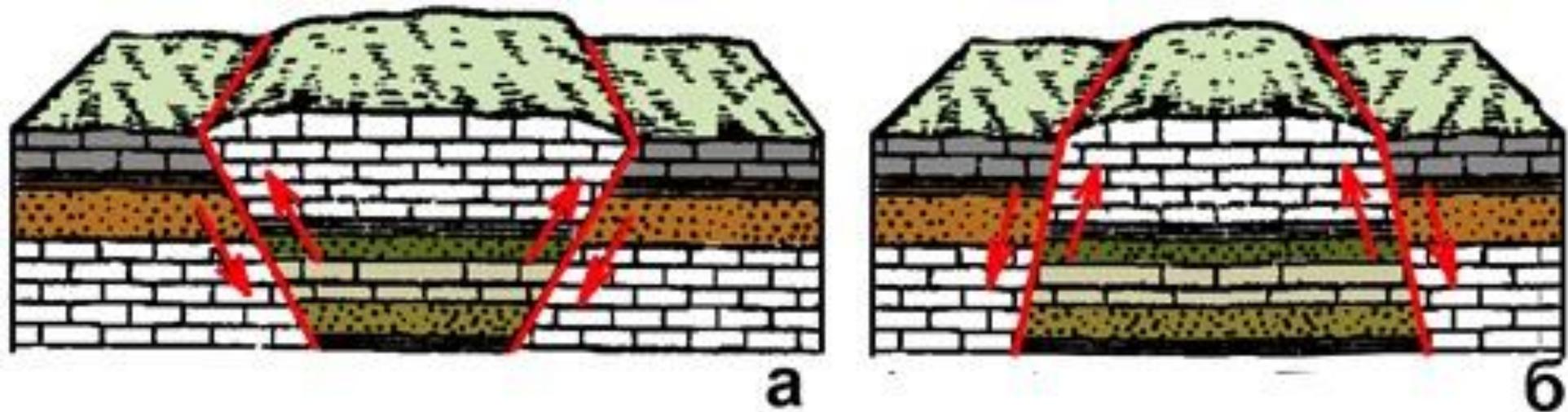


## Ассоциации разломов

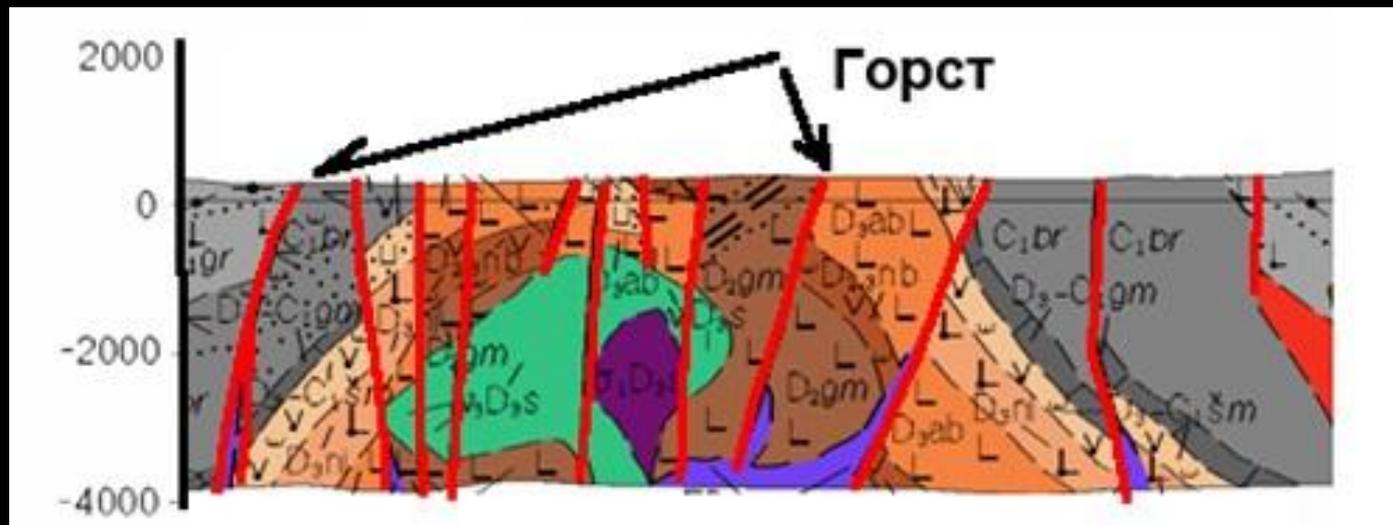
### Грабен

### Рамп



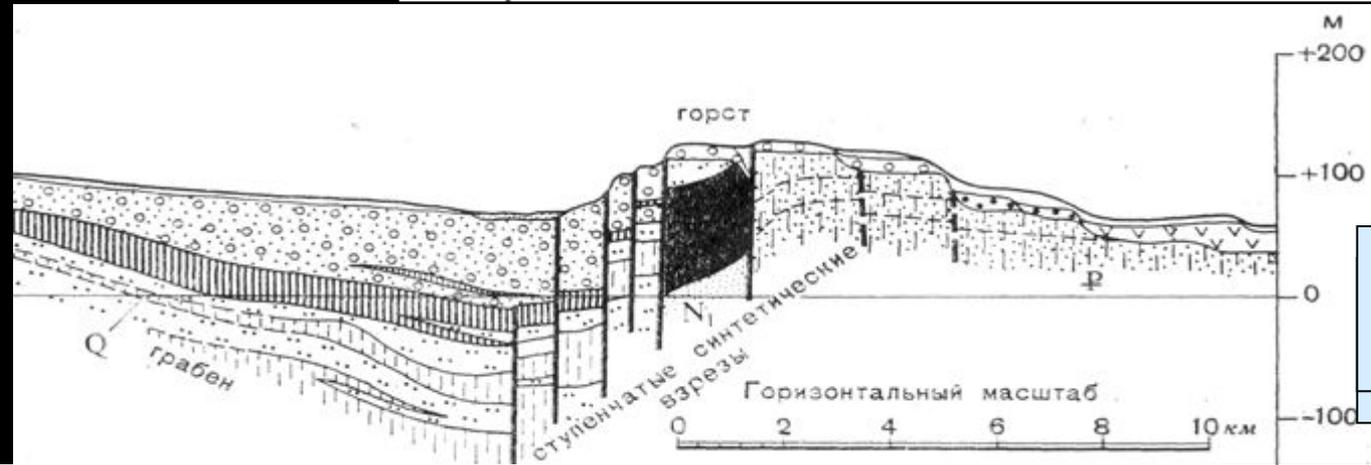
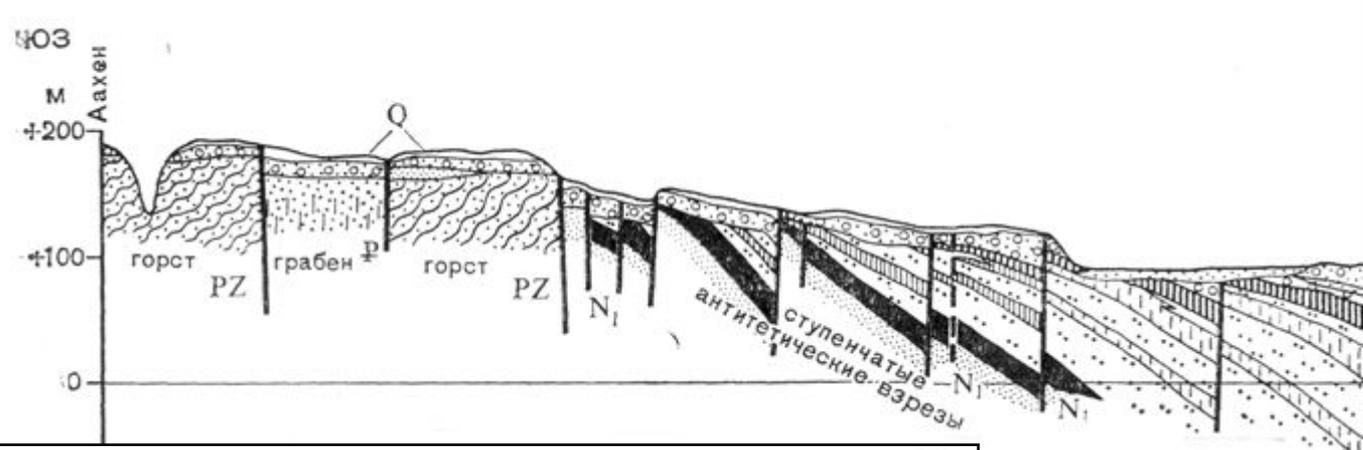


Горсты ограниченные взбросами а, и сбросами (б)

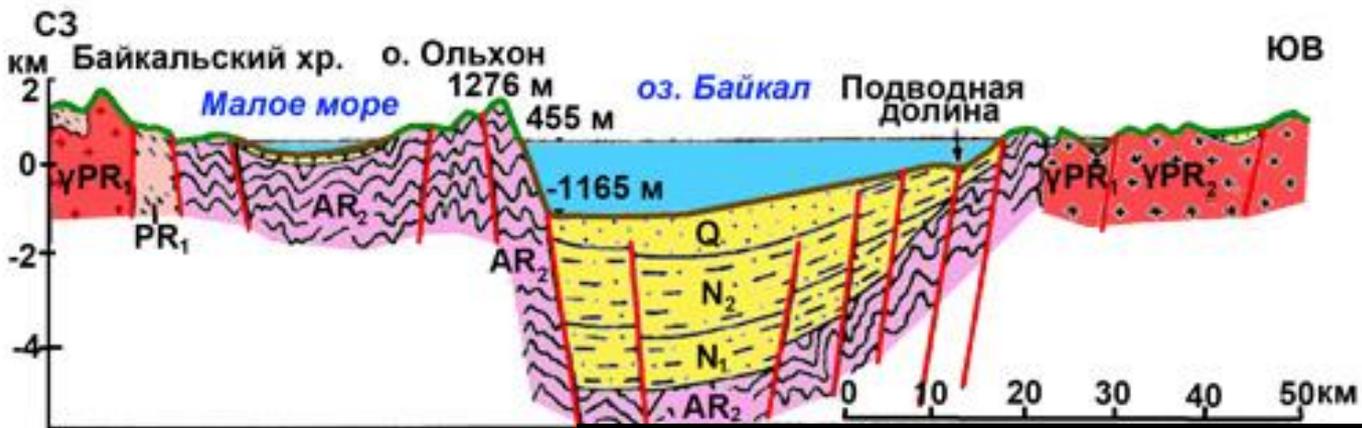


Горст. Южный Урал (По В.М. Мосейчуку, 2000)

**Рурский бассейн**  
 [по Л. Ахорнеру  
 (из В.В. Белоусова)]



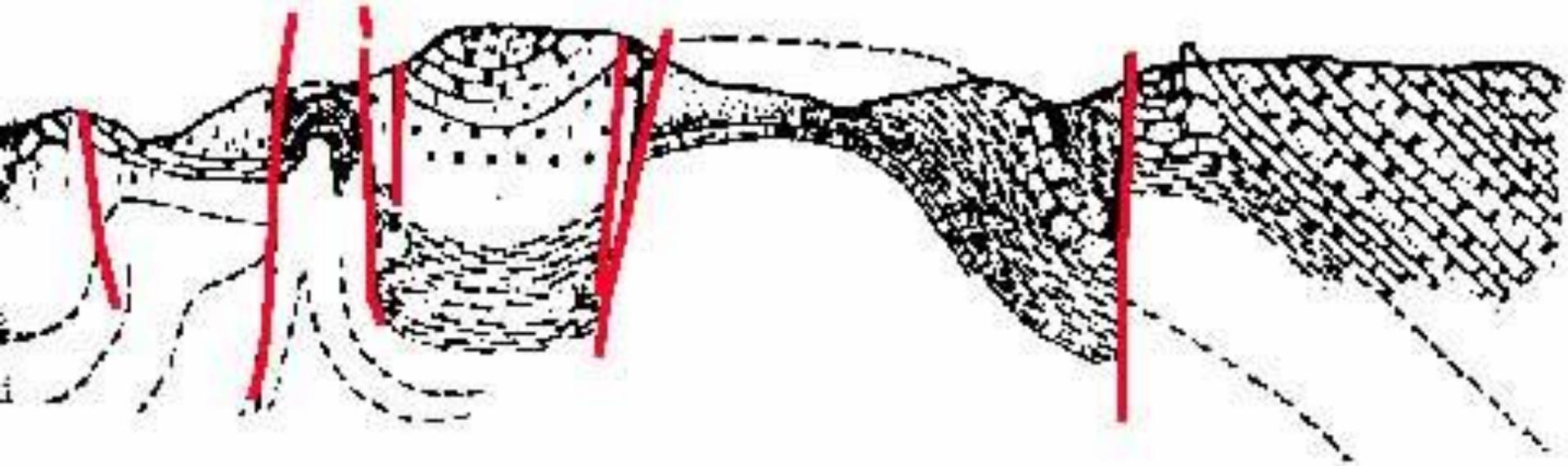
**Рурский бассейн**  
 [по Л. Ахорнеру  
 (из В.В. Белоусова)]

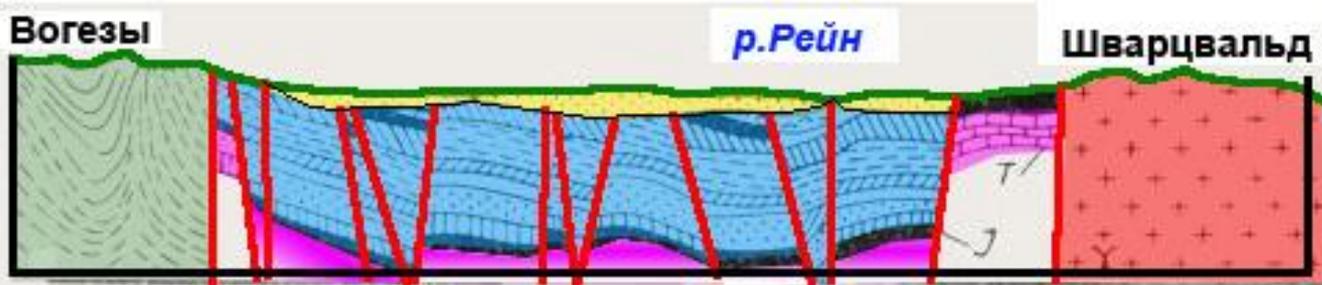


Грабены,  
 ступенчатые  
 сбросы и  
 полуграбены

**Разрез через Байкальский рифт (Милановский, 1989)**

# Горст-антиклинали. Геологический разрез через хр. Каратау.

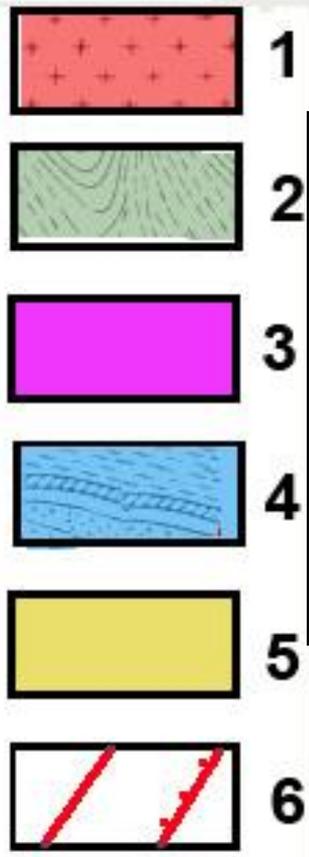




а



б



**Рейнский грабен**

а – разрез,

б – схематическая карта

1 - граниты, 2 – метаморфизованные

палеозойские породы,

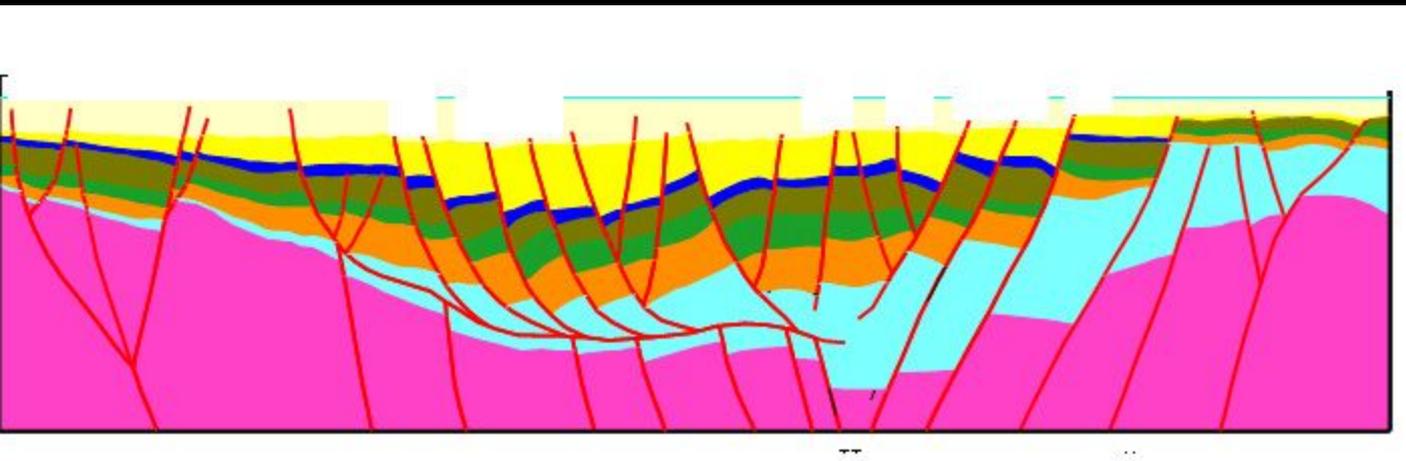
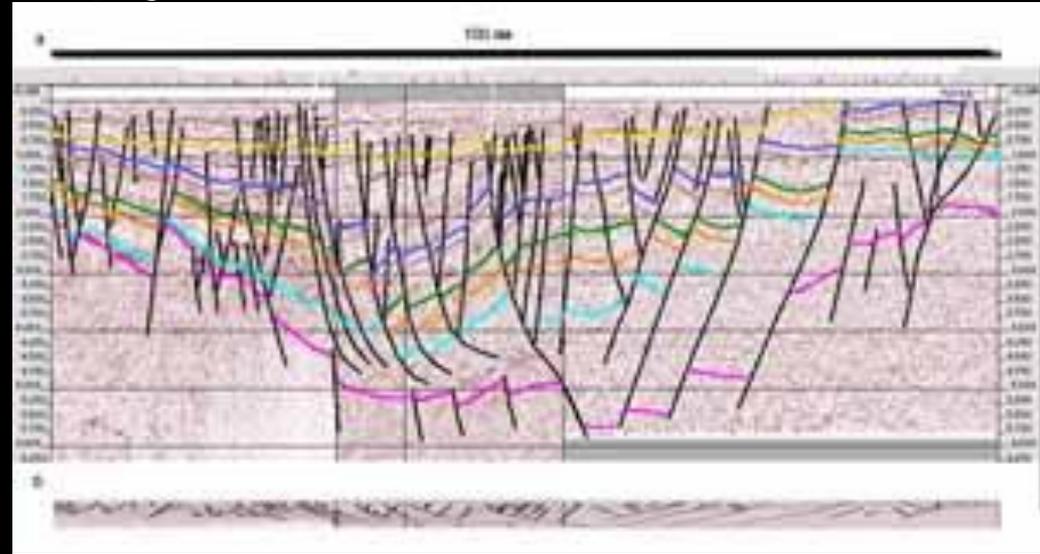
3 – триасовые породы,

4 - юрские породы,

5 – олигоцен и четвертичные

отложения (по Холмсу)

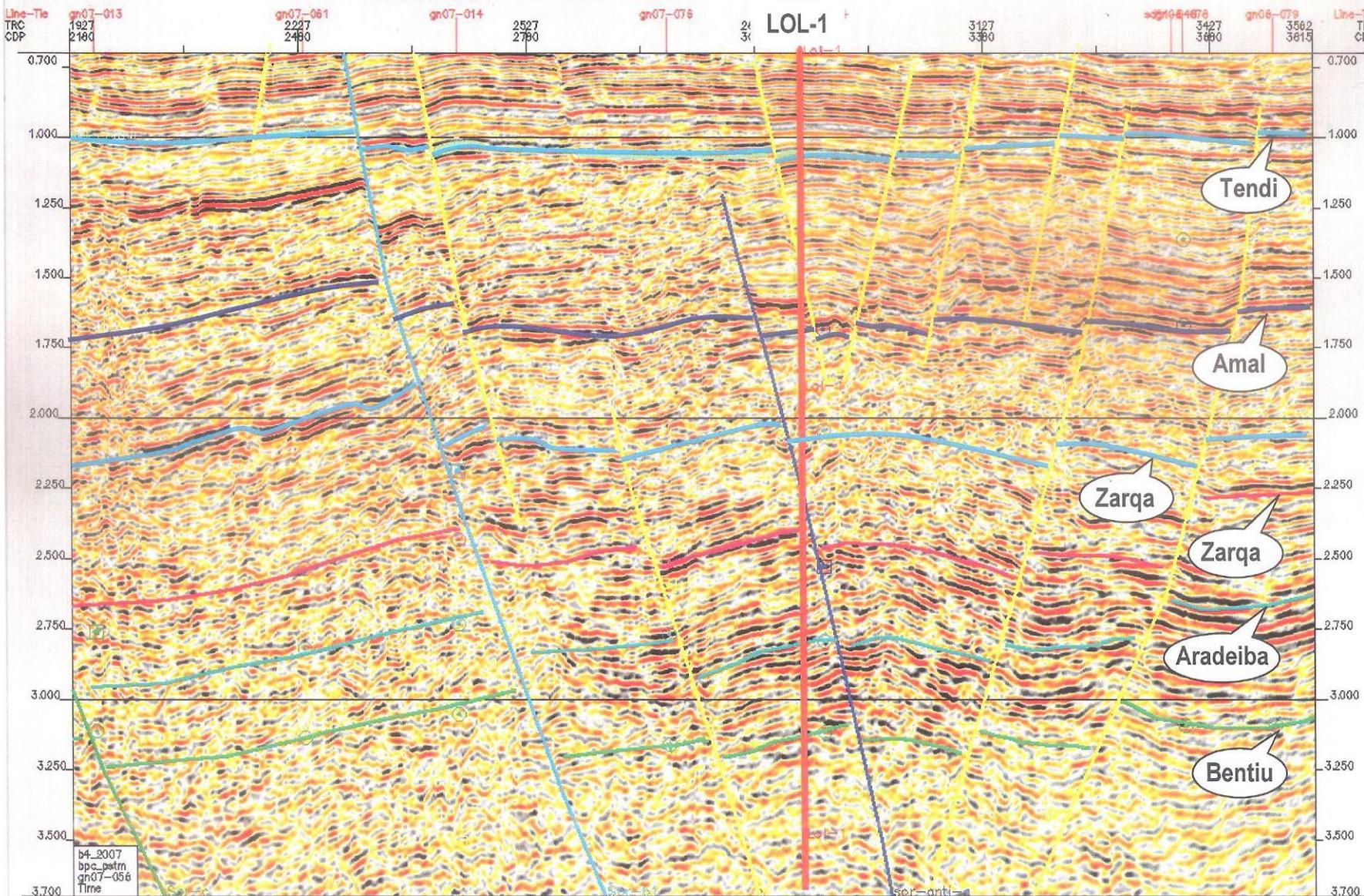
В большинстве случаев крупные разломы в глубинах выполаживаются и сливаются друг с другом



# 2D Dip Line gn07-056

NW

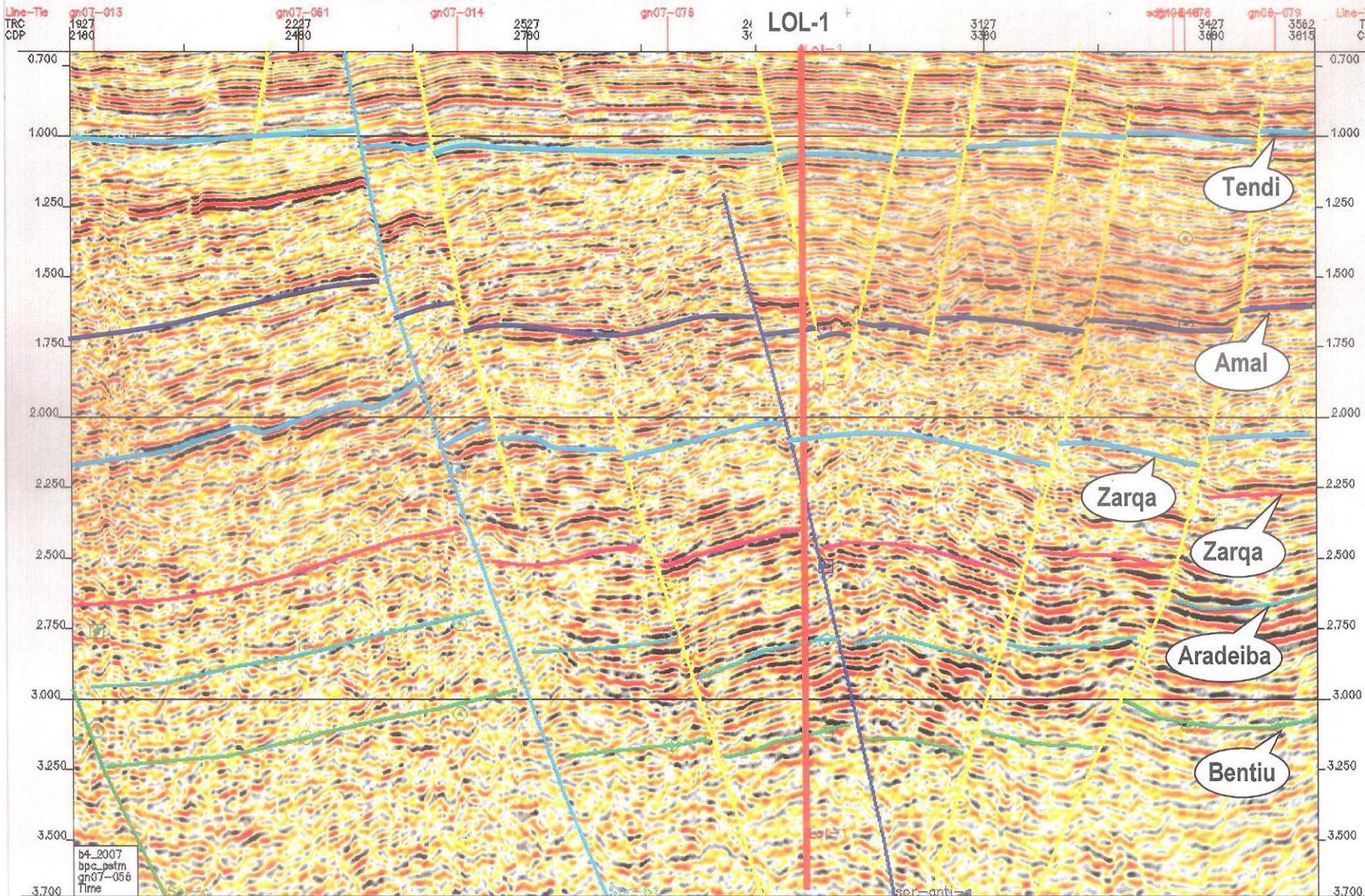
SE



# 2D Dip Line gn07-056

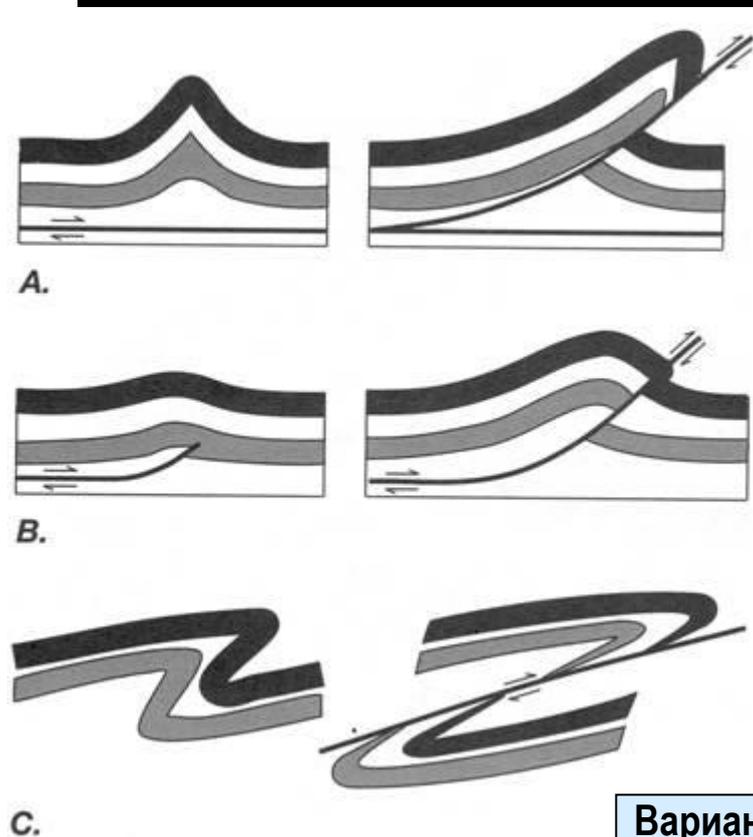
NW

SE



# Взаимоотношения разрывов и складок

В складчатых сооружениях морфологические особенности разрывов и складок практически всегда зависят друг от друга, причем бывает, что складки возникают как вторичные структуры по отношению к разрывам (например, штамповые складки), а бывает, что разрывы формируются как вторичные структуры по отношению к складкам.



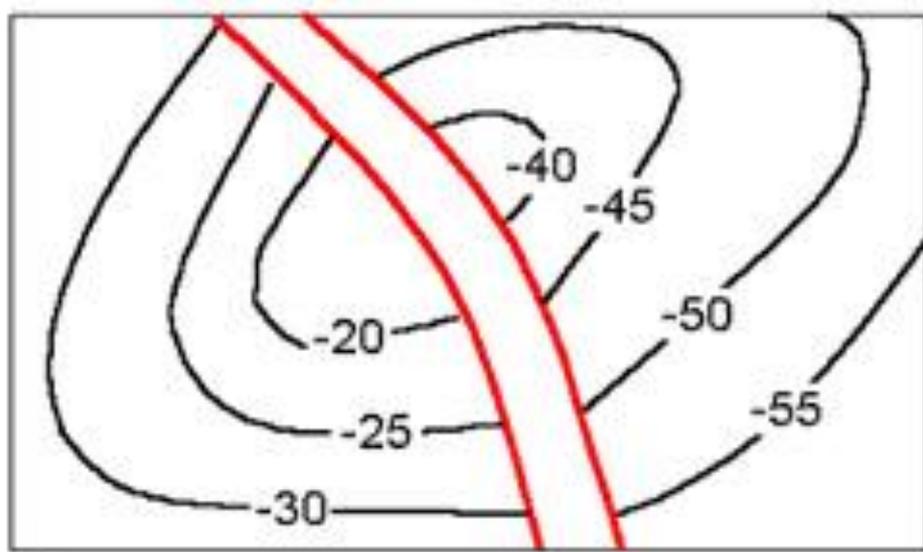
Складка, переходящая в разрыв.  
Северо-западная Африка

Варианты формирования разрывов при развитии складок (Twiss, Moor, 2000)

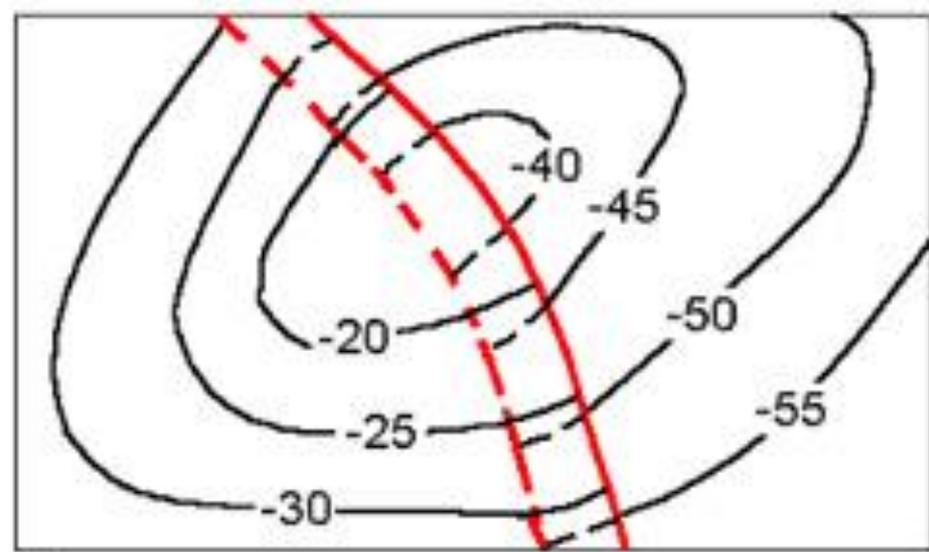
# Черепашковая структура (радиально-концентрическая)



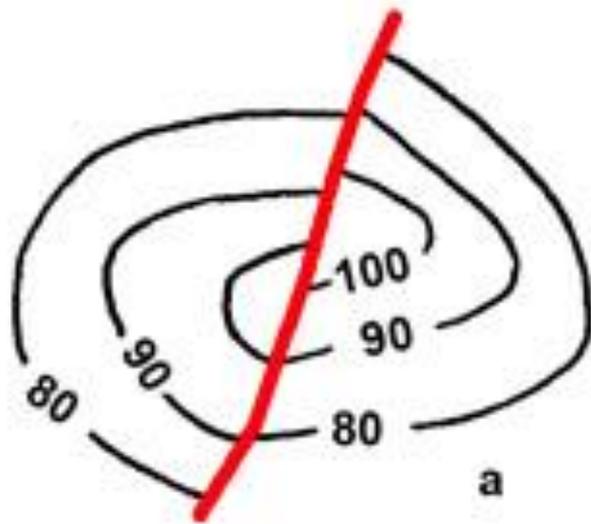
Система  
радиальных и  
концентрических  
трещин. Купол  
Хаукипс в Техасе



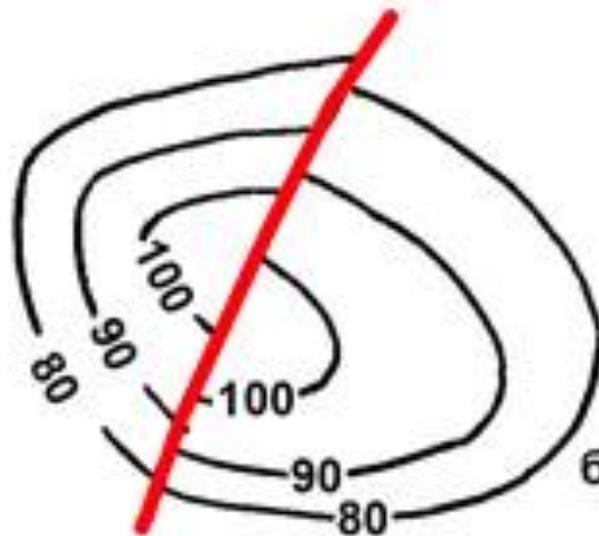
a



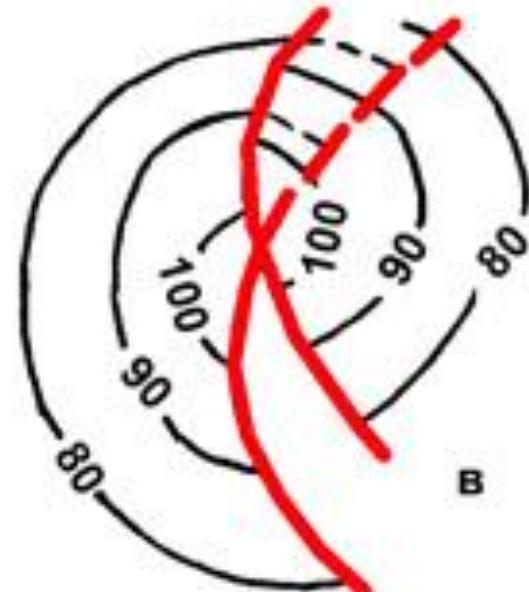
б



a

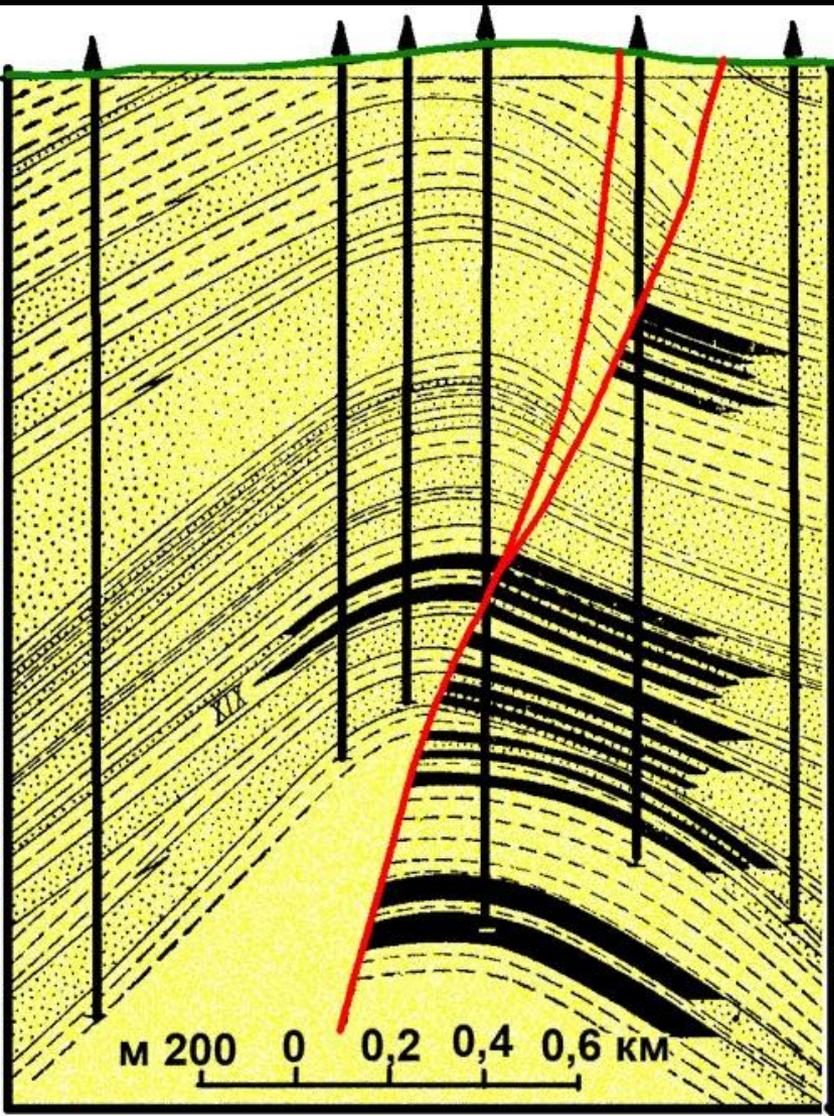


б

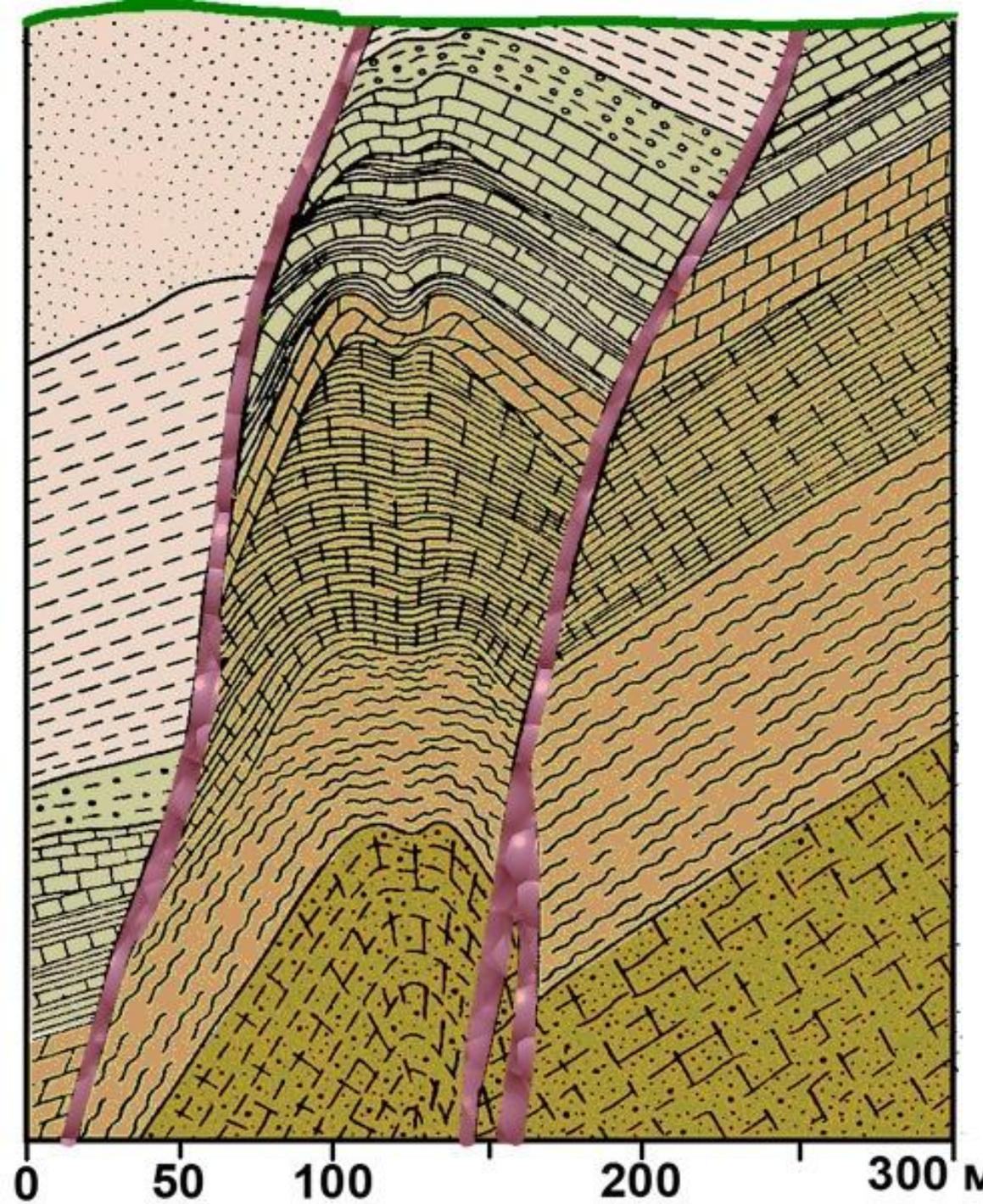


в

# К разломам часто оказываются приурочены месторождения нефти и газа

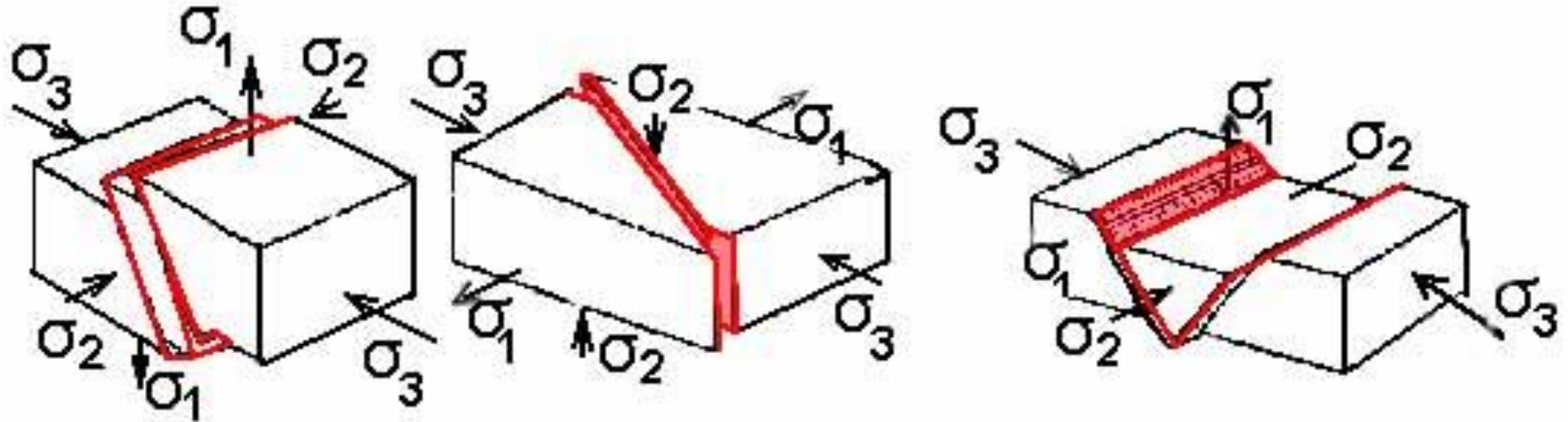


**Пример тектонически экранированного месторождения нефти. Разрез через месторождение Эхаби, Северный Сахалин**



**Полиметаллические жилы Иоганн-Фридрих (Гарц, Германия) приуроченные к сбросам, смещающим осадочные толщи (по Н.Майеру**

# Тектонодинамическая характеристика разломов



Анализ ассоциаций разломов  
служит для восстановления полей  
напряжений

# Иерархия структурных форм

Иерáрхия — порядок  
подчинённости низших звеньев  
высшим, организация их в  
структуру типа «дерево»

**Виды**

**классификаций**

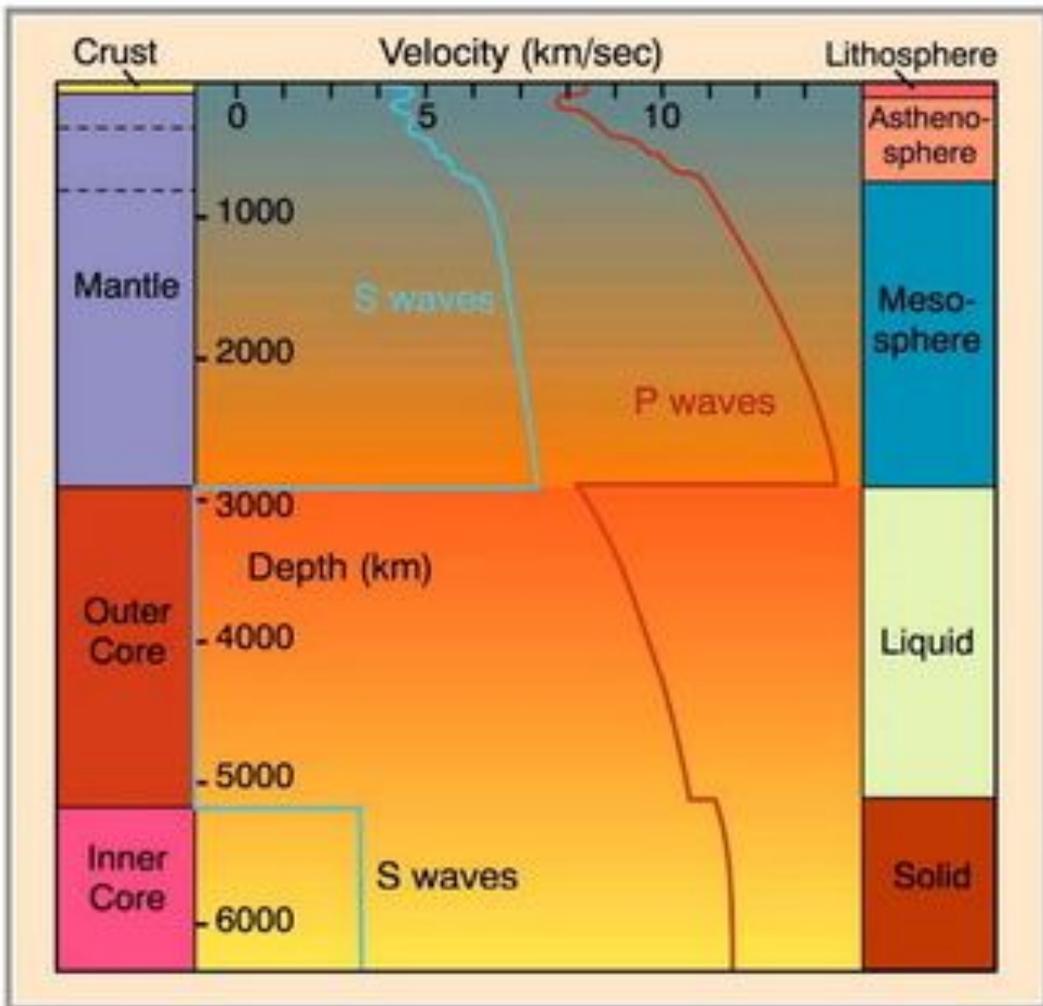
**Геофизическая**

**Геодинамическая**

**Морфологическая**

# Геофизическая

Земля разделяется на оболочки по комплексу физических свойств, главное из которых – разная скорость прохождения сейсмических волн от поверхности Земли до её центра. Только по этому параметру выделяются внутреннее и внешнее **ядро**, **мантия**, состоящая из множества отдельных слоев, **литосфера**, **земная кора**. Земная кора, в свою очередь делится на континентальную (трехслойную) и океаническую (двухслойную).



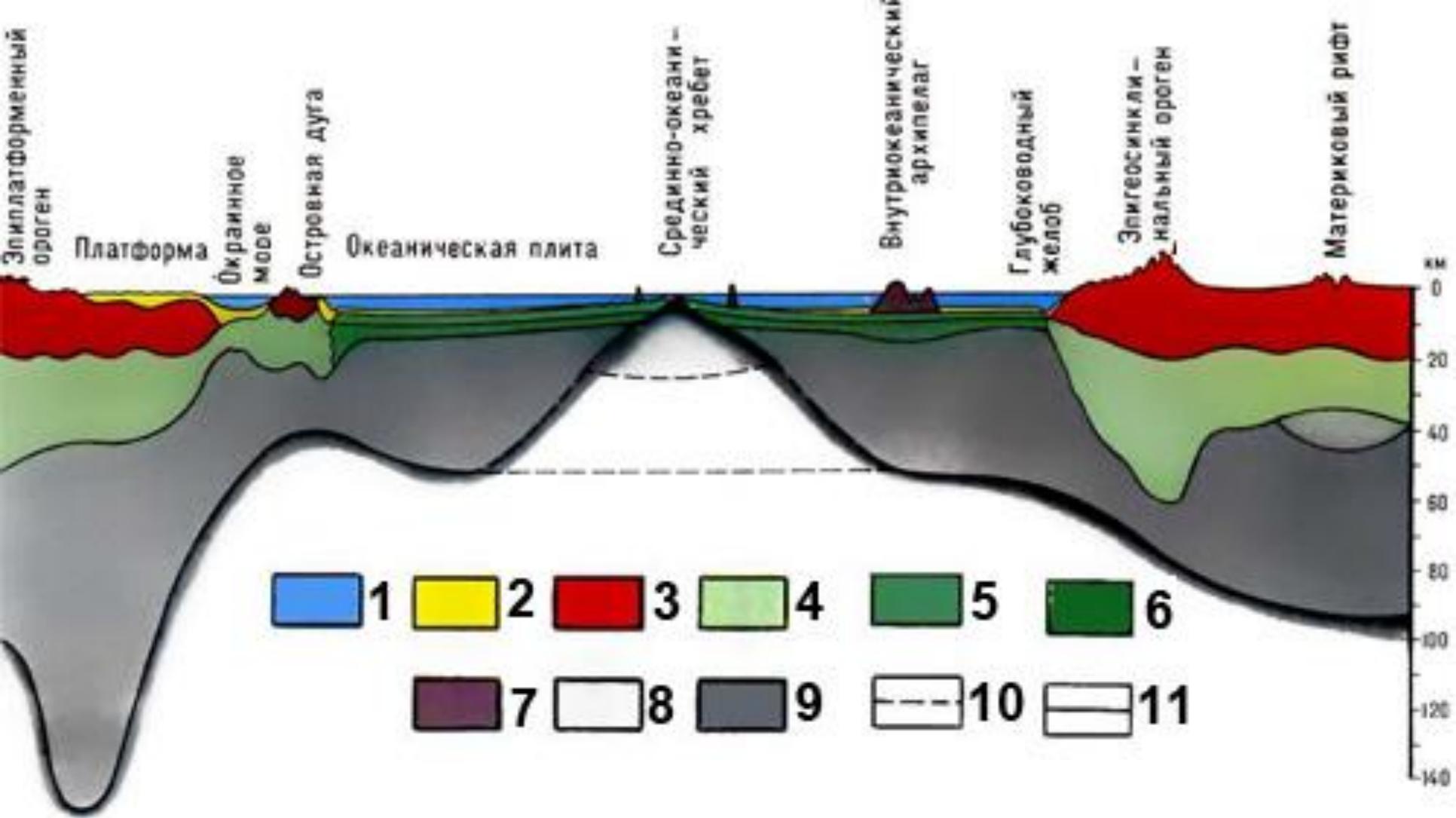
## Геофизическая

Во внешнее ядро поперечные (**S**) волны не проникают, что свидетельствует о его жидком состоянии. Резкие изменения скоростей, преломления и отражения волн свидетельствуют о границах раздела

(по А.Аллисону и Д. Палмеру, 1984).

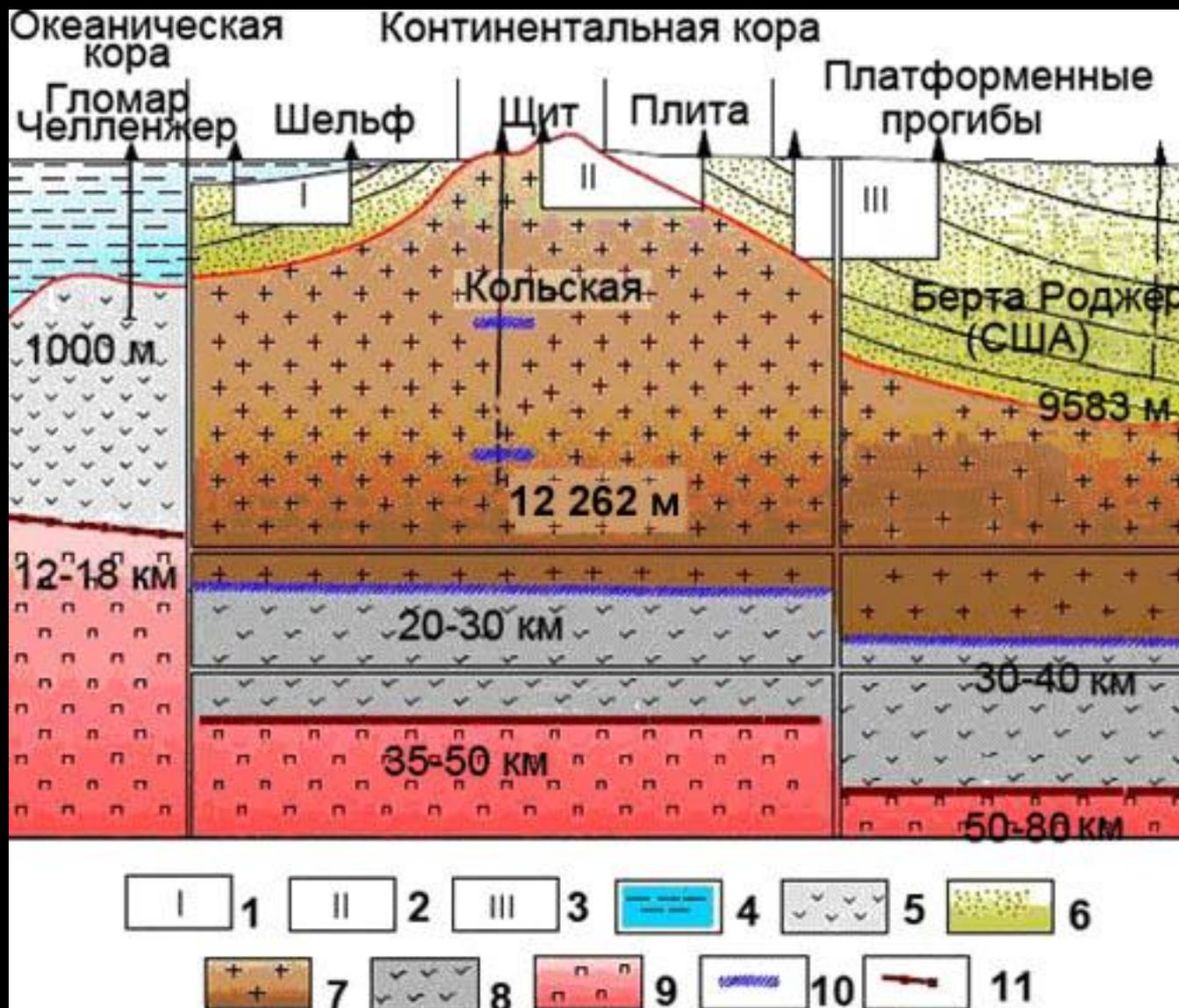
### ГЛАВНЫЕ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ:

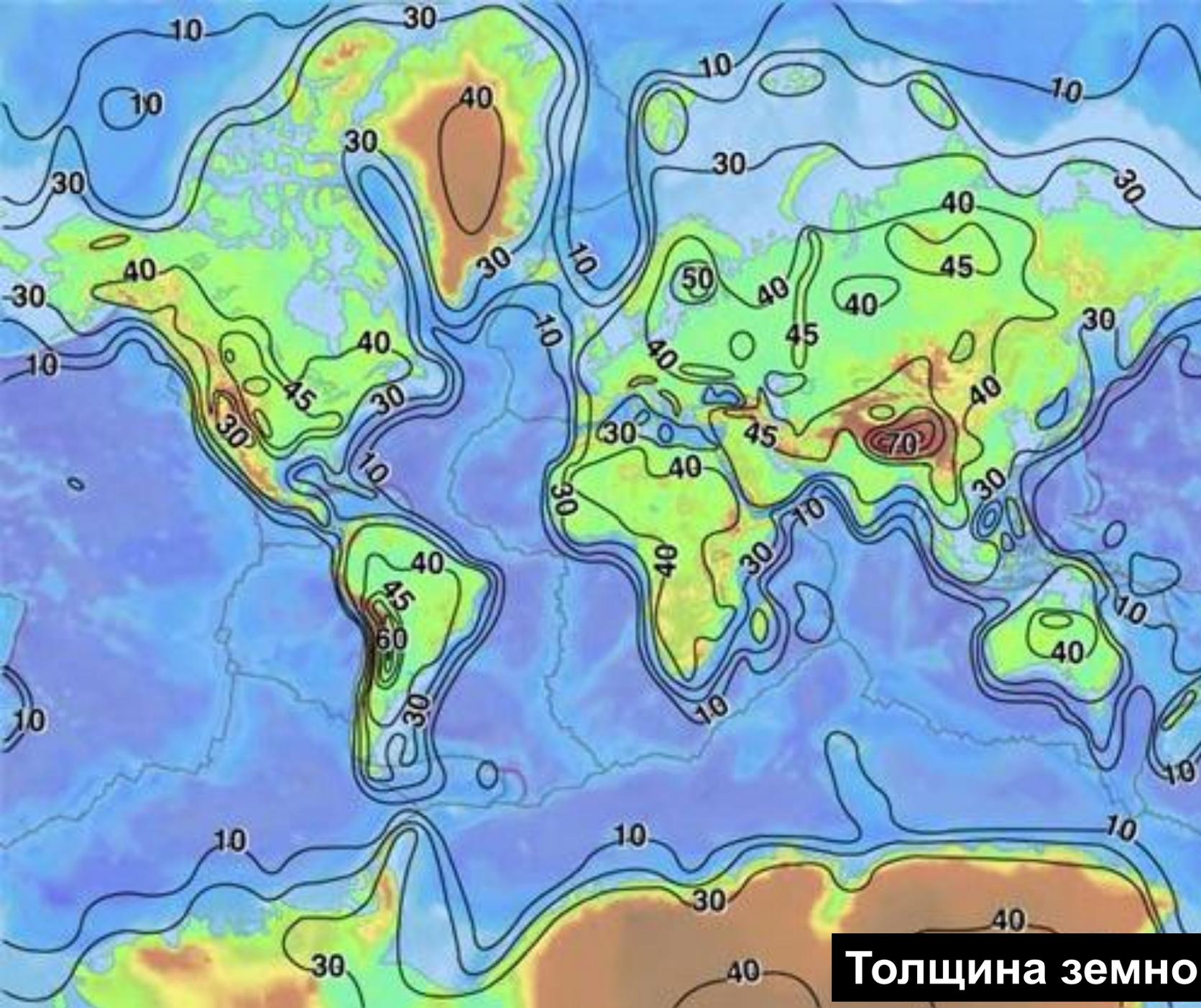
слева - подразделения по составу,  
справа - по реологическим свойствам  
(вязкости и плотности), см. работу [Kearey  
and Vine (1990), *Global Tectonics*]



# Континентальная и океаническая земная кора

# ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ



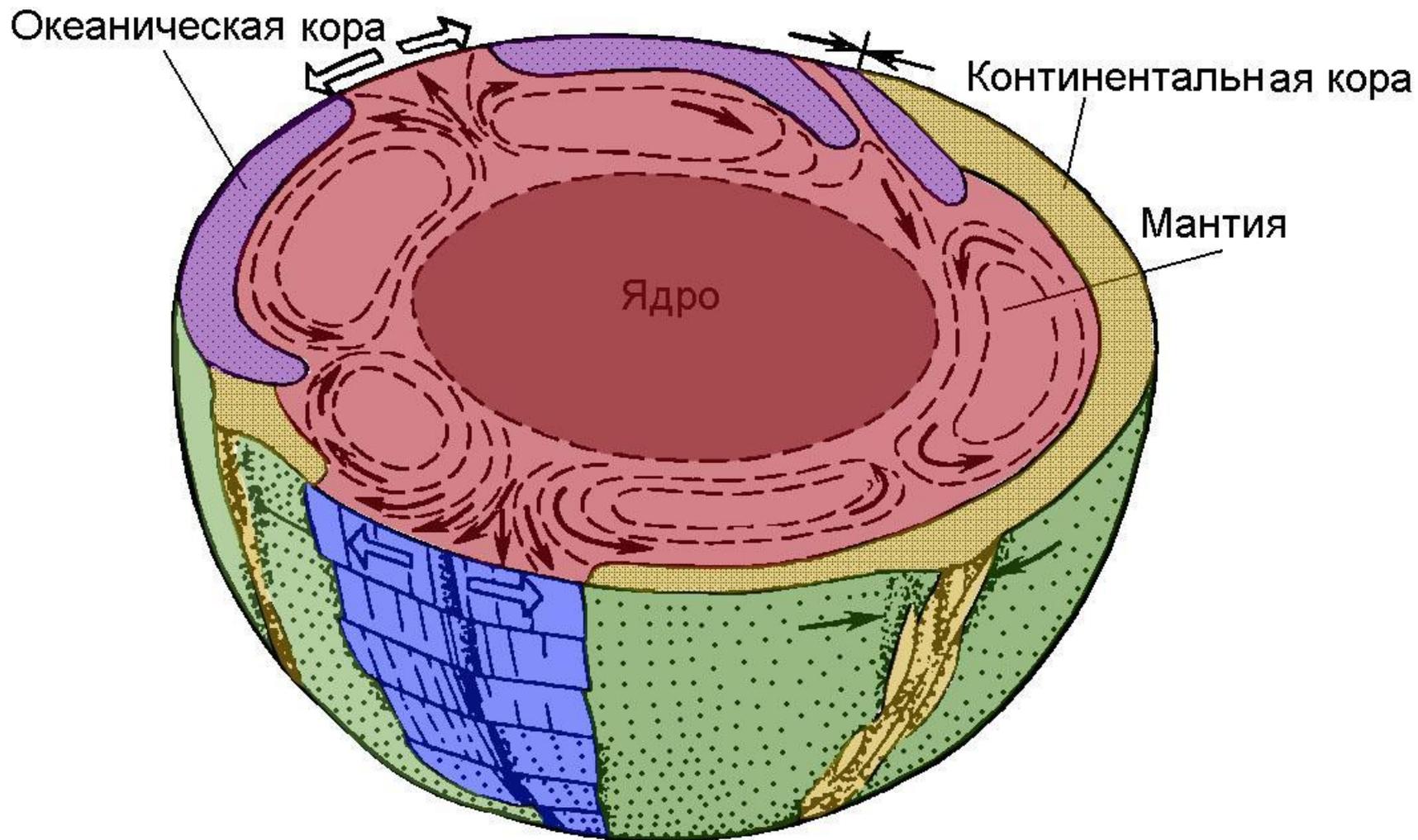


**Толщина земной коры**

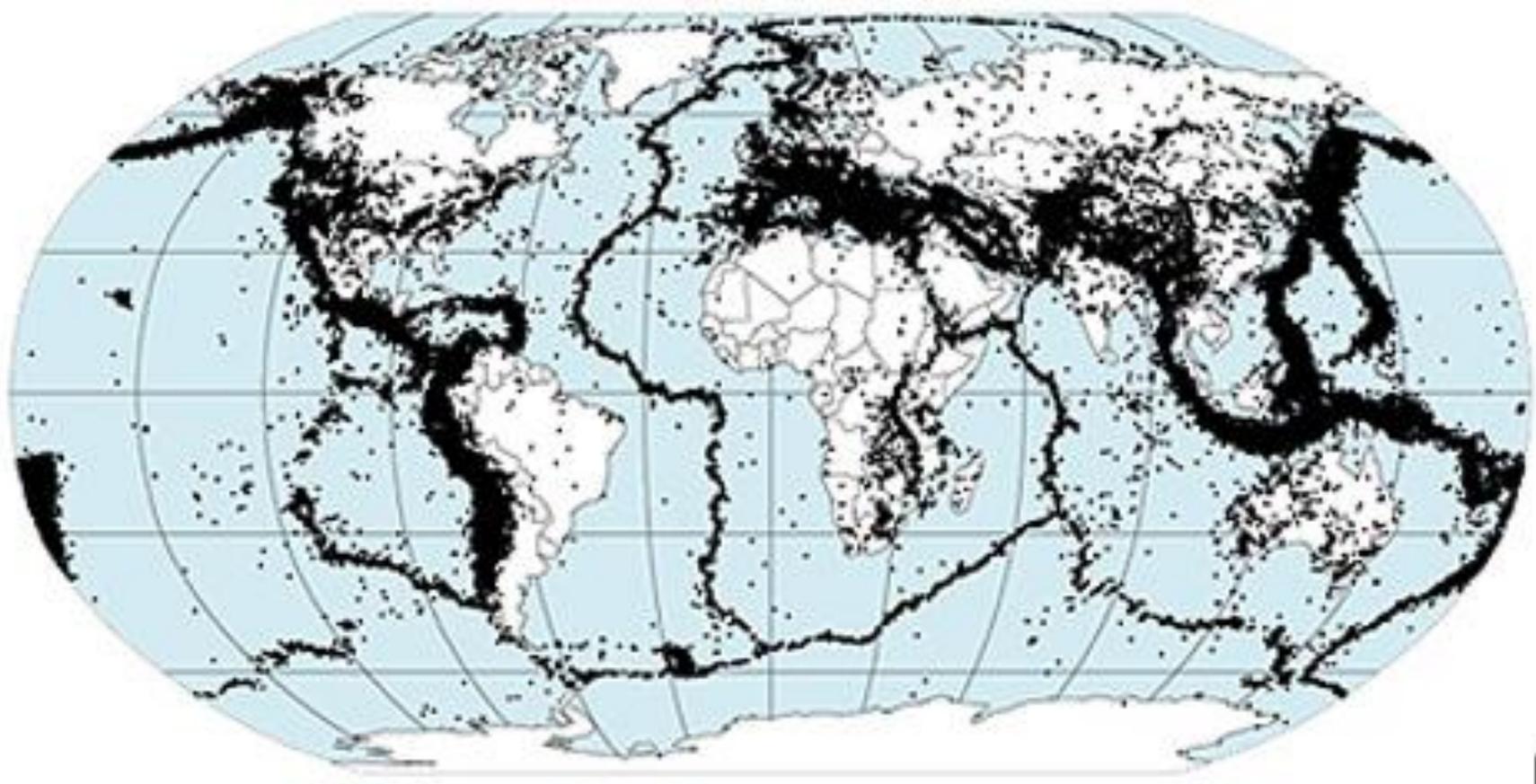
# Геодинамическая

## классификация:

над мантией **литосферные плиты**, испытывающие преимущественно горизонтальные и второстепенные вертикальные перемещения. Границы смыкающихся плит представляют собой сложнопостроенные **зоны субдукции обдукции** или **зоны коллизии**. Граница раздвигающихся плит представляет собой также сложнопостроенные **зоны спрединга** (рифтогенеза).



# Геодинамическая



Распределение глубокофокусных землетрясений по земному шару  
(plus.maths.org)

## Литосферные плиты

Литосферная плита — это крупный стабильный участок земной коры, ограниченный

зонами сейсмической зонами сейсмической, вулканической и тектонической активности. Границы

между литосферными плитами проводят по сгущению очагов глубокофокусных землетрясений



**ГРАНИЦЫ ПЛИТ**

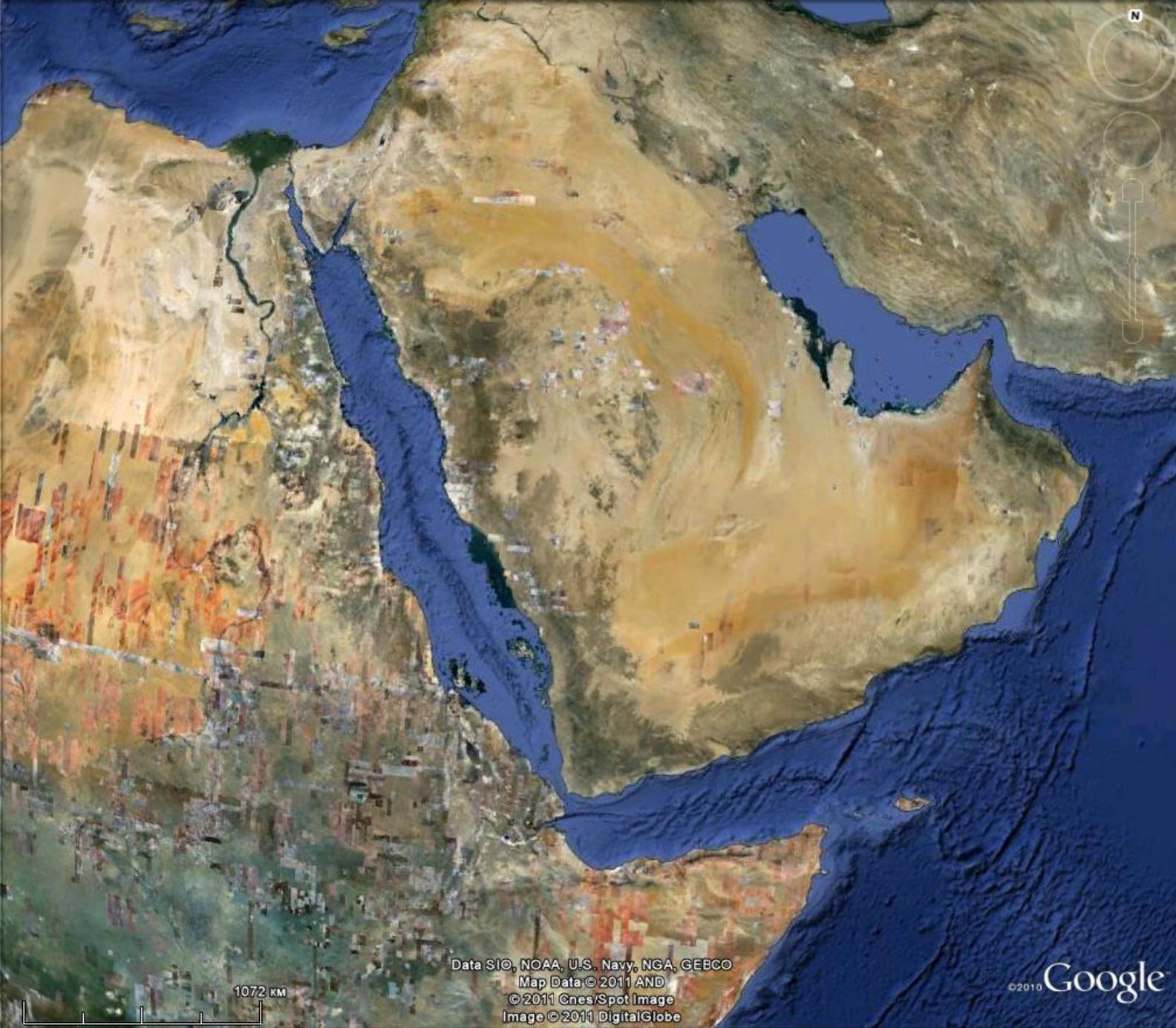
- РАСШИРЯЮЩИЙСЯ ХРЕБЕТ
- ЗОНА СУБДУКЦИИ
- ТРАНСФОРМНЫЙ РАЗЛОМ
- ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ ГРАНИЦА
- НАПРАВЛЕНИЕ СДВИГА

© ООО «Кирилл и Мефодий»

Литосферные плиты Земли.



**Система рифтов (по [mining-enc.ru/m/mirovoj-ocean/](http://mining-enc.ru/m/mirovoj-ocean/))**

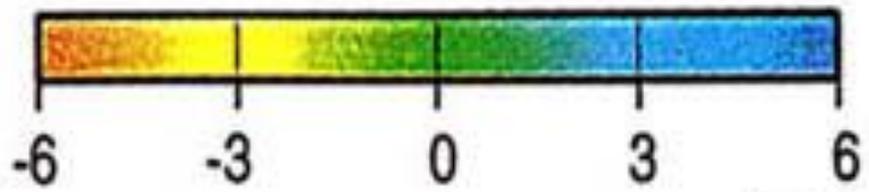
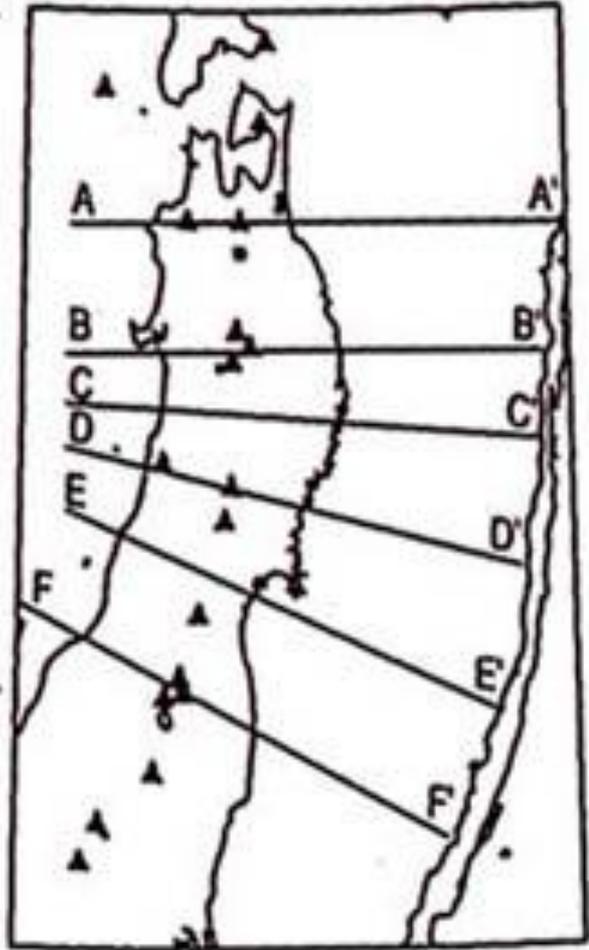
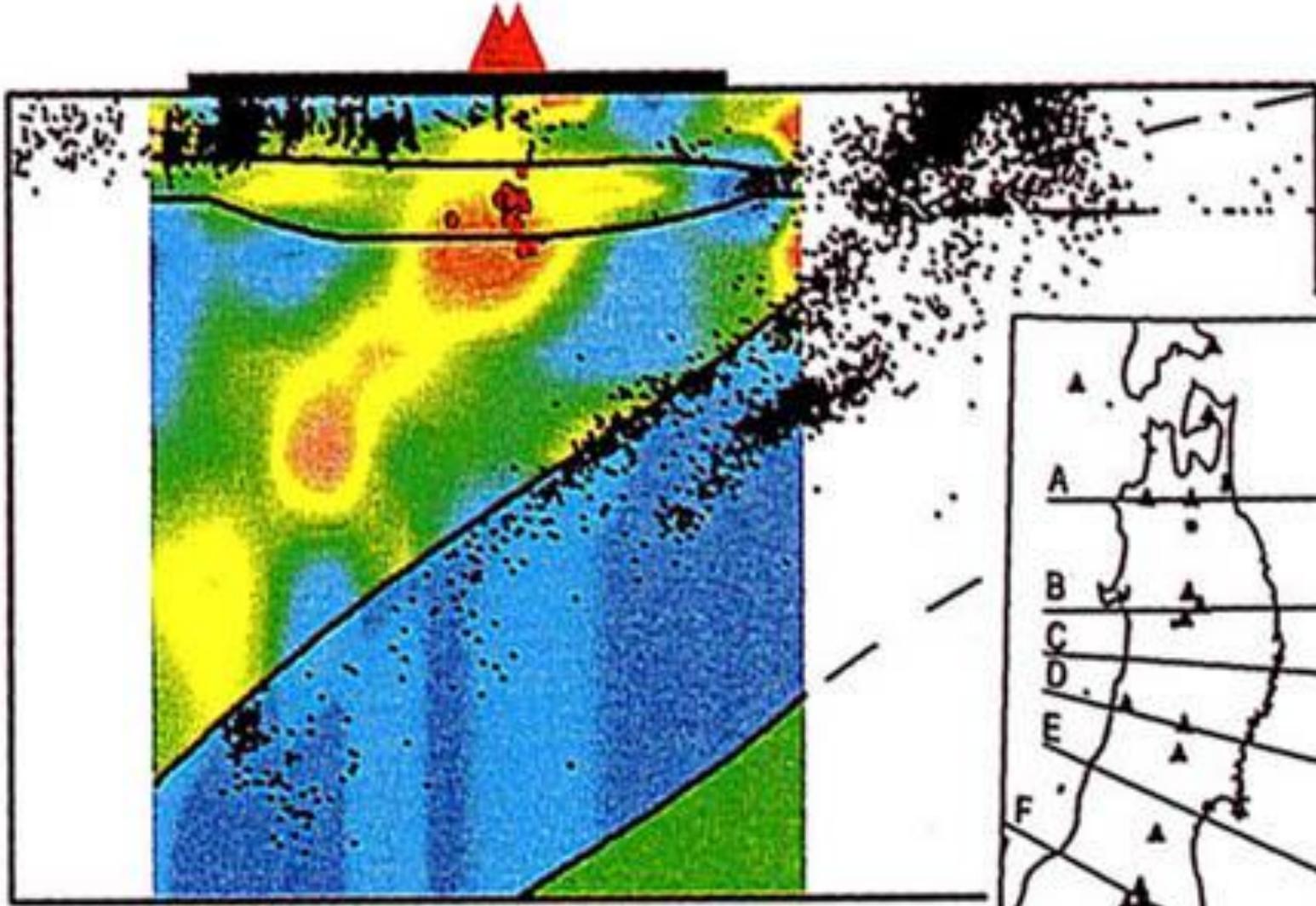


1072 KM

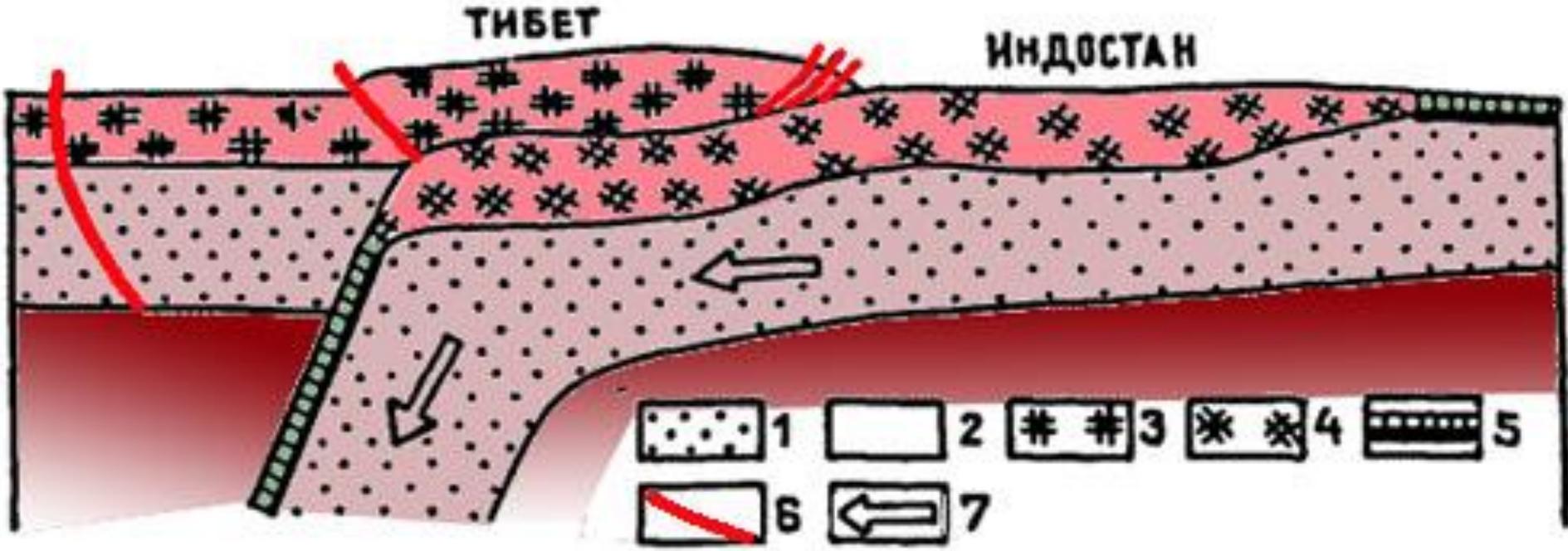
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Map Data © 2011 AND  
© 2011 Cnes/Spot Image  
Image © 2011 DigitalGlobe

©2010 Google

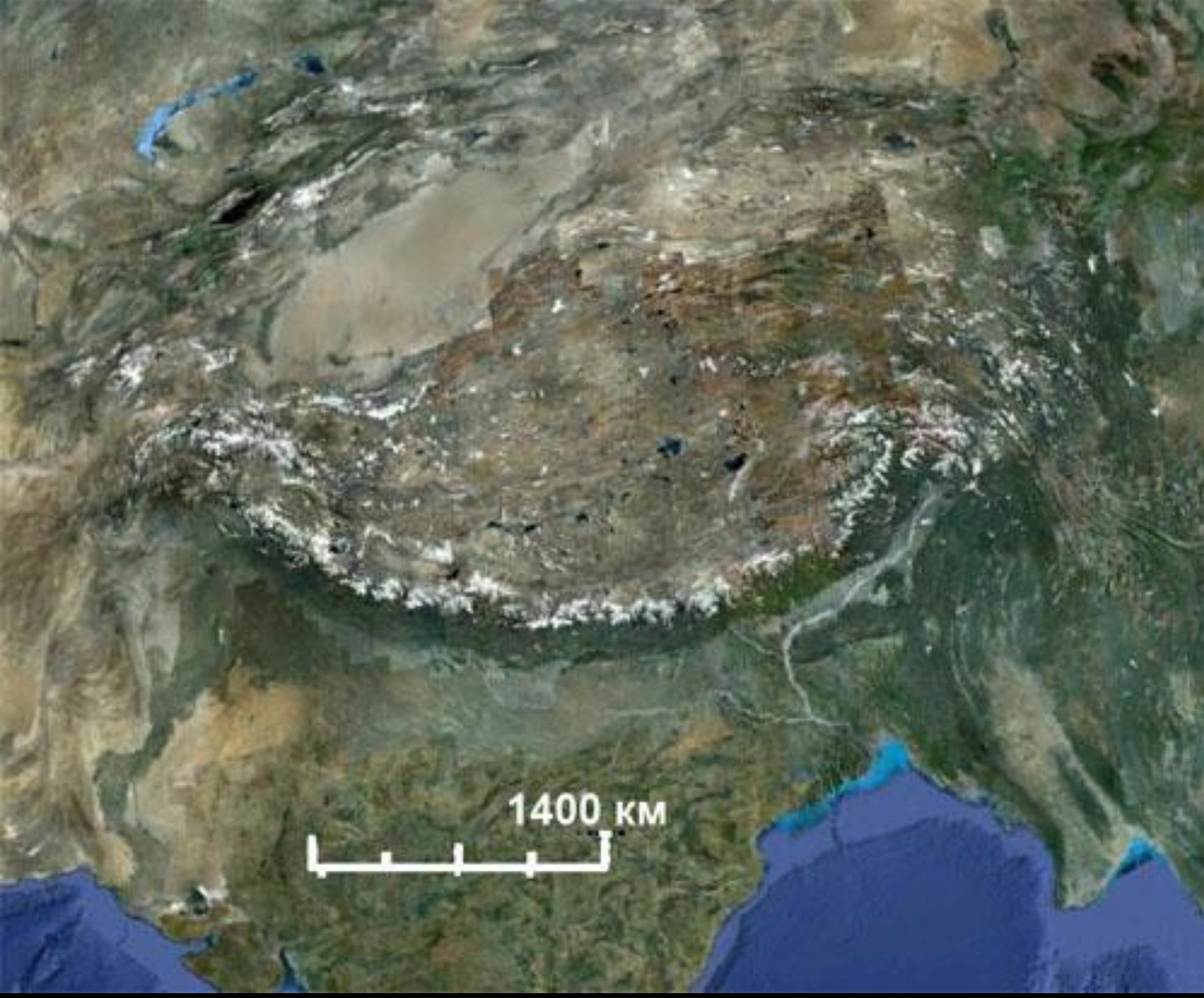
20°24'43.66" С 43°39'39.61" В Высота над уровнем моря: 31935м камеры над уровнем моря: 3196.92 км



Изменение скорости (%)



**Коллизионная граница (по Л.И. Лобковскому, 1990):** 1 – мантийная часть литосферы, 2 – астеносфера, 3,4 – континентальная кора без расчленения в пределах Евразии (3) и Индостана (4), 5 – океанская кора, 6 – разломы, 7 – направление движения литосферной плиты.



1400 KM





**Трансформные разломы в атлантическом океане смещают срединноокеанический рифт**

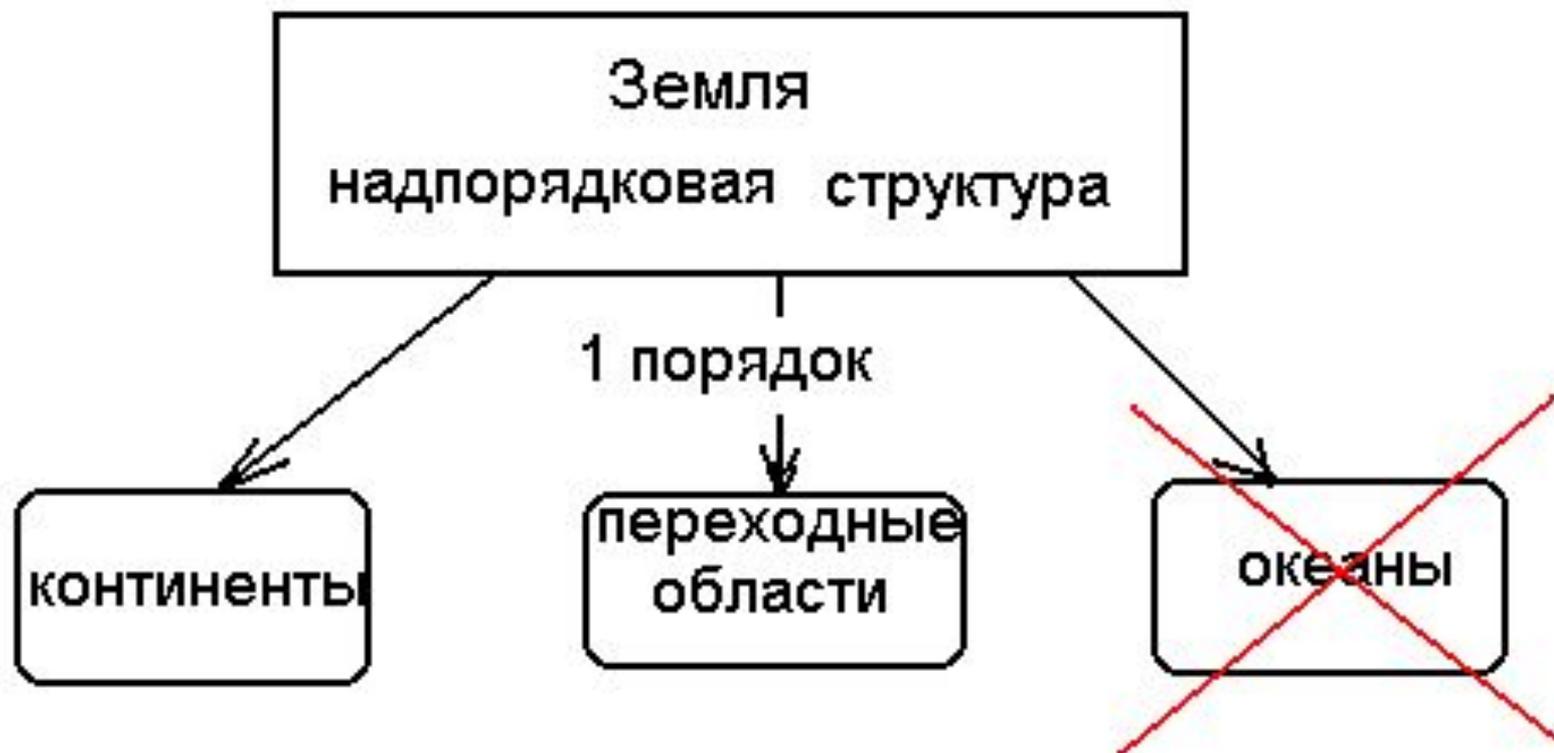


## Конвергентная граница на космическом изображении

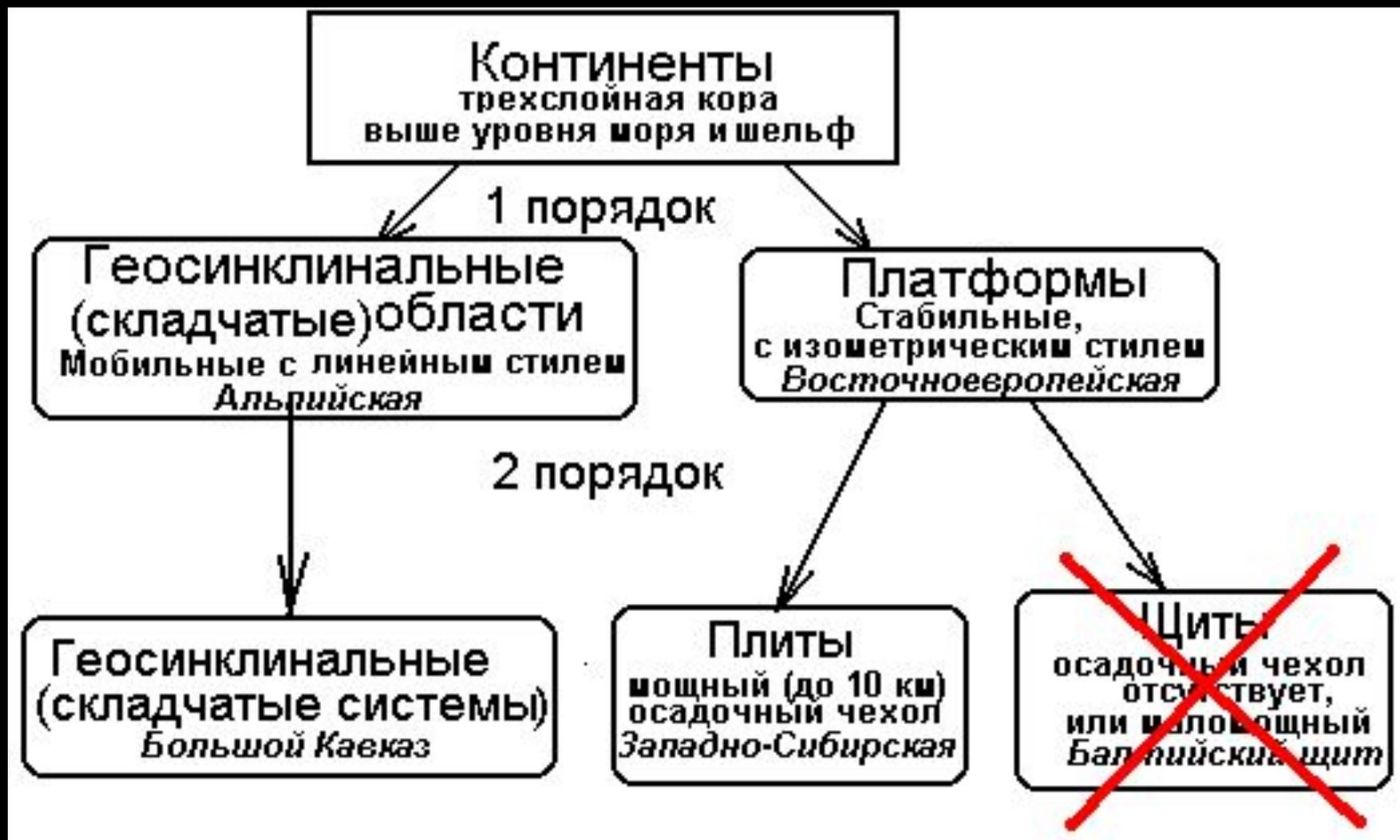
# Морфологическая (структурная) классификация:

рассматривает основные элементы земной коры, главным образом, по её внешним признакам. Самые крупные из них (структуры первого ранга) – **платформы**, **складчатые пояса** (геосинклинали), **рифтовые системы** и **области возрожденной тектонической активности** (эпиплатформенные орогены). Каждая из вышеперечисленных структурных форм состоит из более мелких, характерных для той или иной структуры форм.

# Морфологическая классификация структур



# Структуры континентов

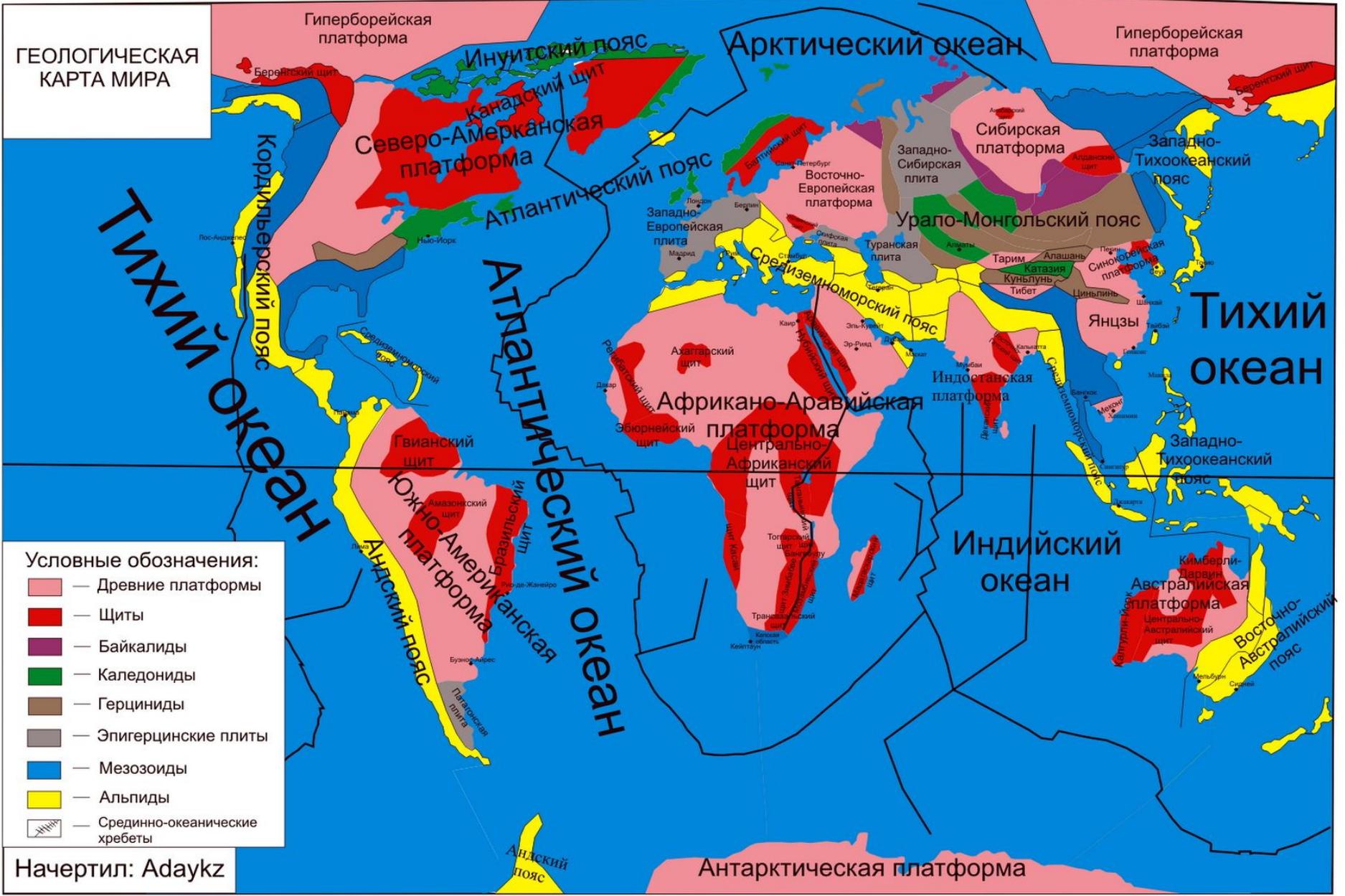




# Платформы

**относительно тектонически устойчивые несейсмические структуры континентальной земной коры. В строении платформ выделяется **два** структурных этажа: *фундамент*, сложенный дислоцированными метаморфическими породами, прорванными интрузиями, и *чехол*, состоящий из слабо дислоцированных, почти неизмененных осадочных пород преимущественно морского генезиса**

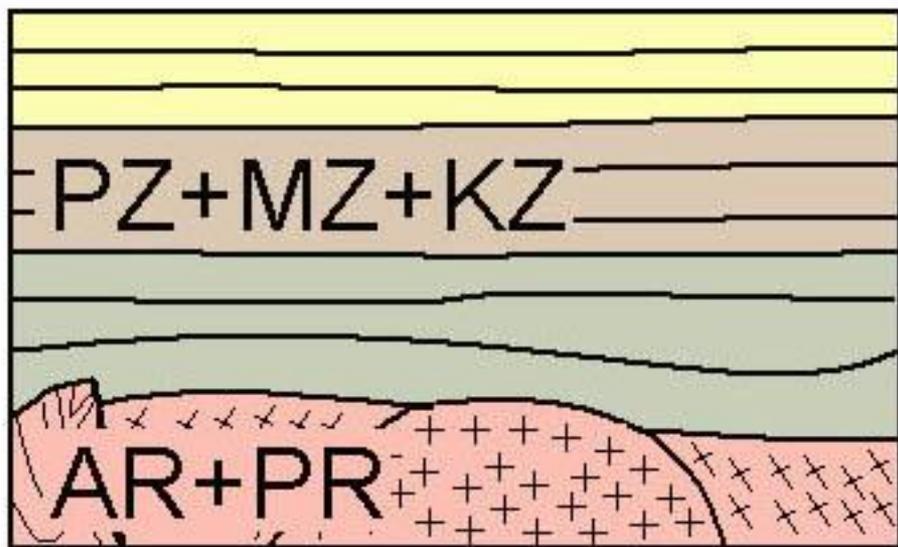
ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
КАРТА МИРА



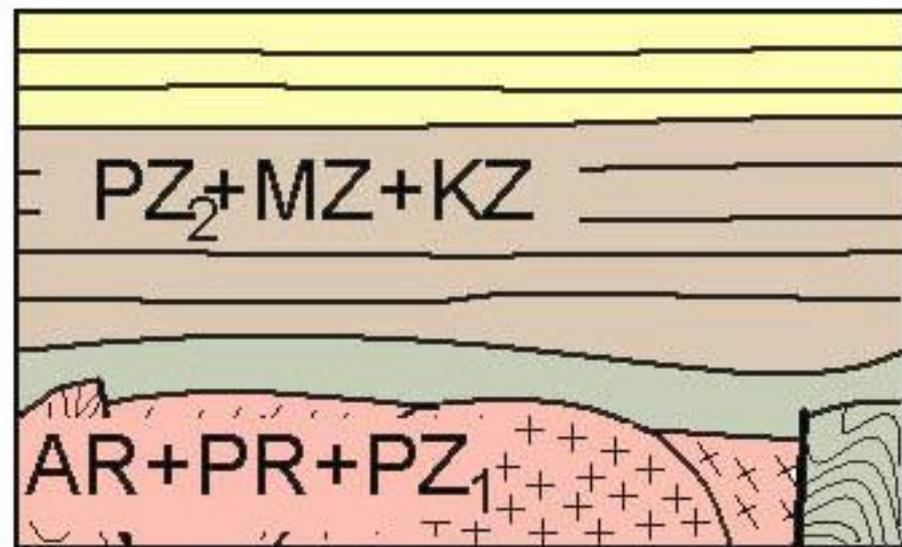
Условные обозначения:

- Древние платформы
- Щиты
- Байкалиды
- Каледониды
- Герциниды
- Эпигерцинские плиты
- Мезозоиды
- Альпиды
- Срединно-океанические хребты

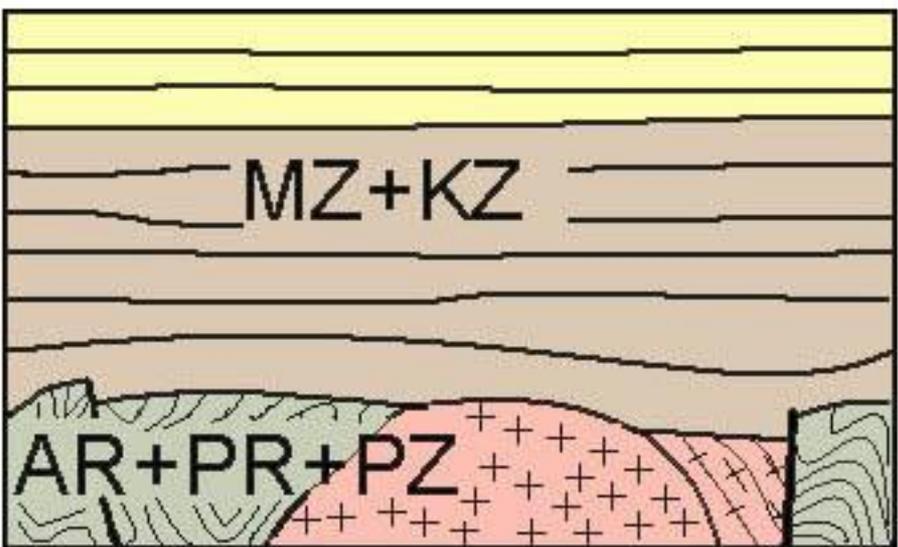
Начертил: Adaykz



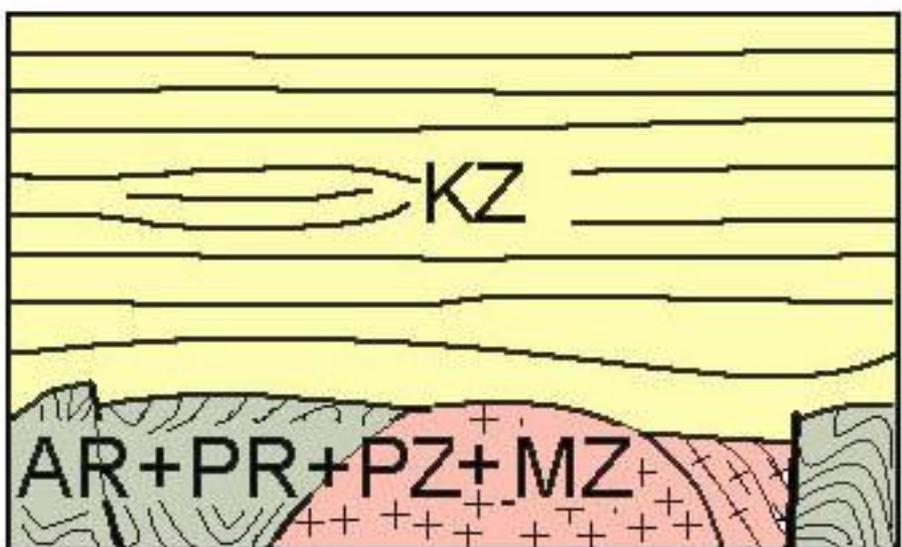
Древняя



Эпикаледонская



Эпигерцинская



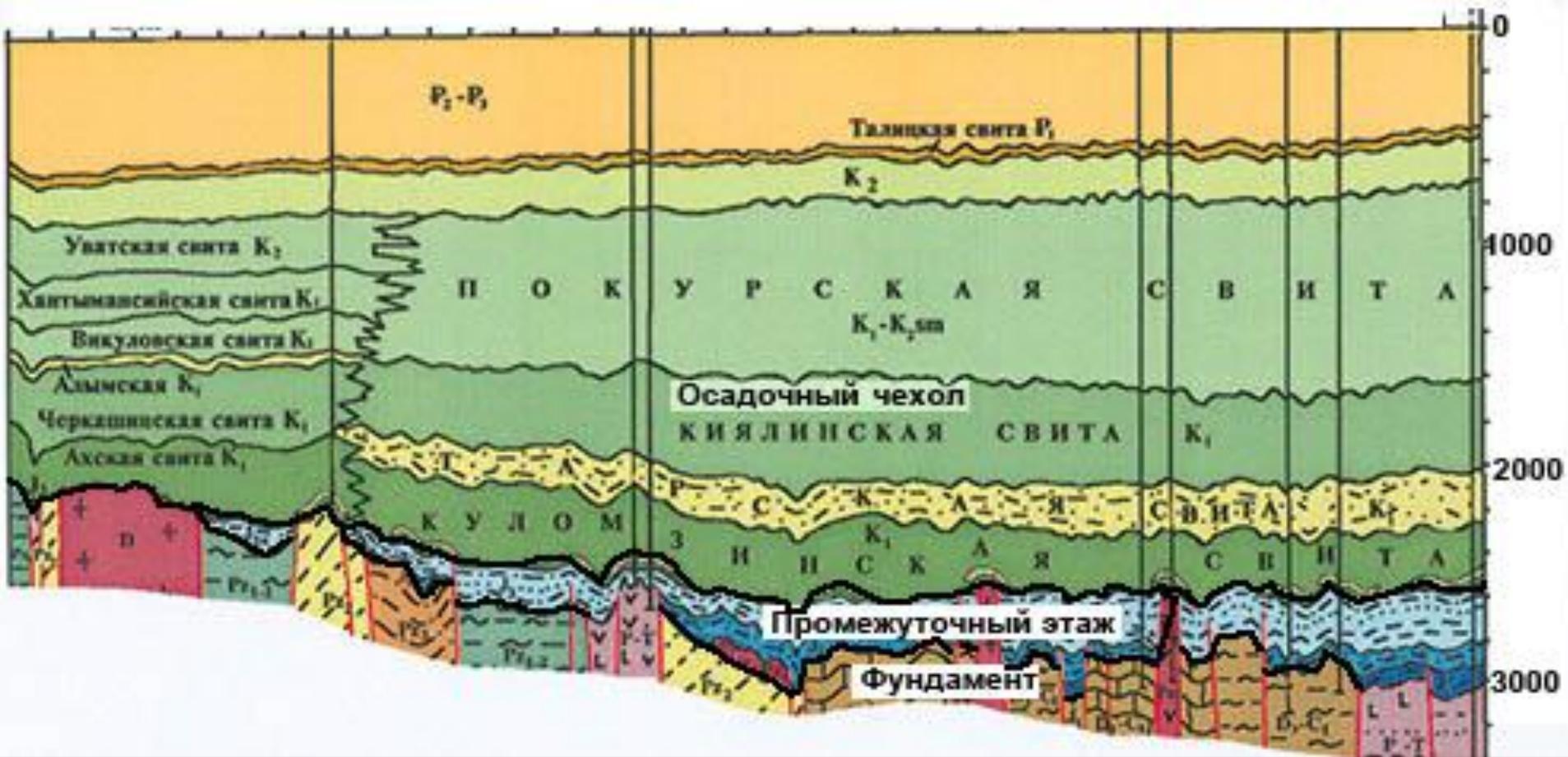
Эпимезозойская

# ЩИТЫ

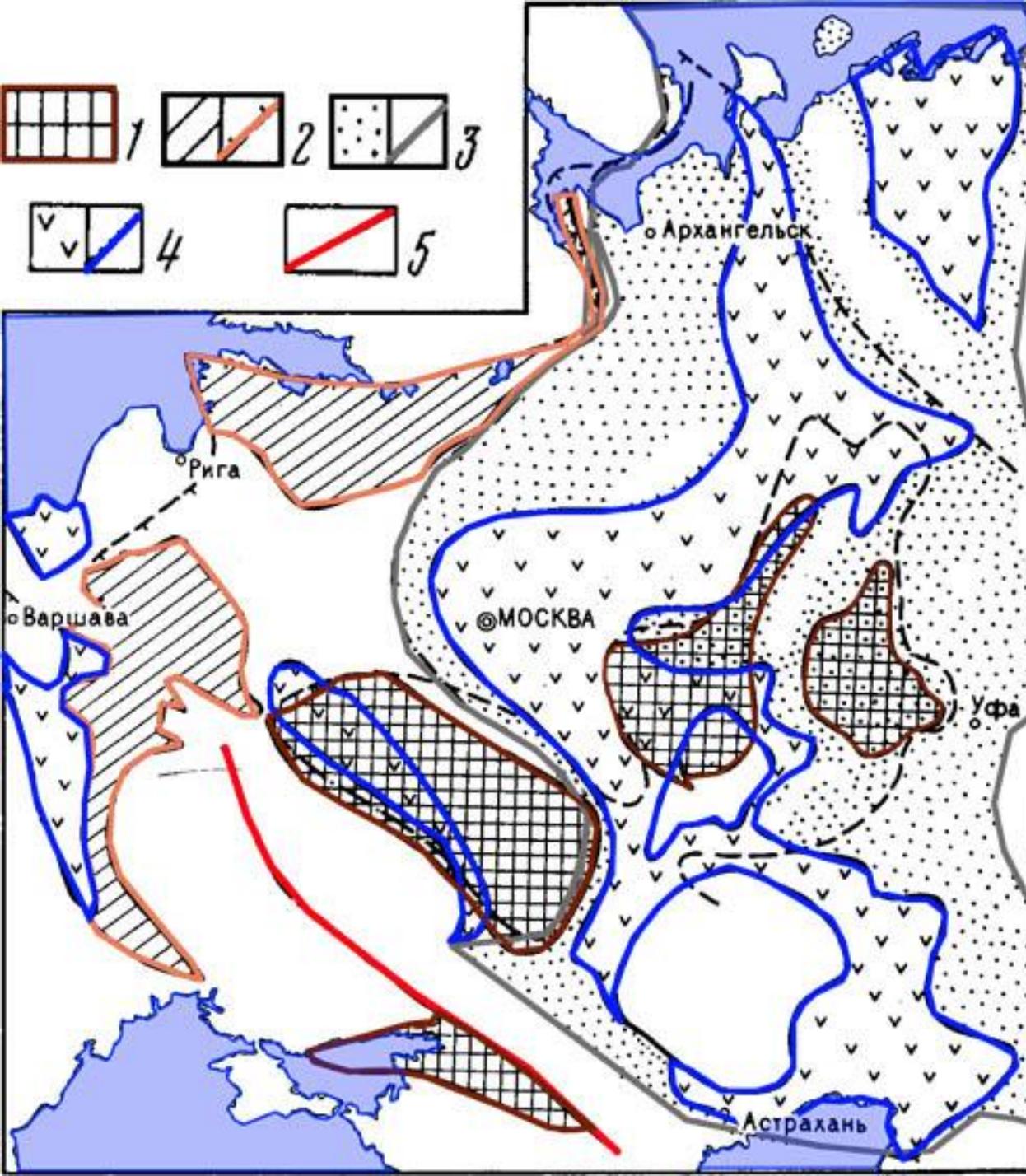
Части платформ, *лишенные осадочного чехла* или *обладающие маломощным чехлом*. Многочисленными разрывами щиты разбиты на более мелкие блоки. *Примеры – Алданский, Украинский, Балтийский.*

# ПЛИТЫ

части платформ, перекрытые мощным (километров) осадочным чехлом..  
Внутри плит выделяют более мелкие структуры – *синеклизы*, геологически отрицательные структуры. *Примеры – Московская, Прикаспийская, Вилюйская.* Наклон крыльев синеклиз -  $1^\circ$  и менее, поперечные размеры – до тысячи километров. Мощность чехла в их пределах – 3-5 км. Фундамент под синеклизами прогибается.

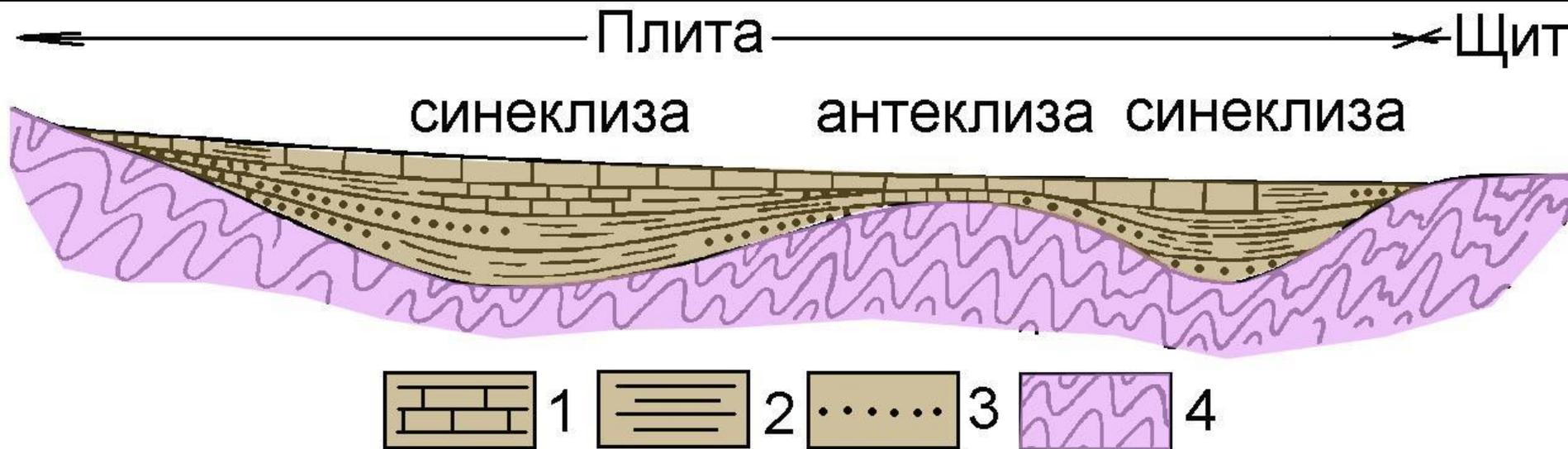


Геологический разрез платформы с промежуточным этажом (Омская область) (<http://neftegaz.ru/science/view/454>, с упрощениями).



**Очертания синеклиз и антеклиз на Восточно-Европейской платформе:**

1 – антеклизы по современной структуре фундамента,  
 2 – синеклизы валдайского (вендского) времени и их границы под более молодыми отложениями,  
 3 – синеклизы в конце карбона, 4 – синеклизы в поздней юре,  
 5 – разломы (по М.В.Муратову)



1,2,3 - породы осадочного чехла

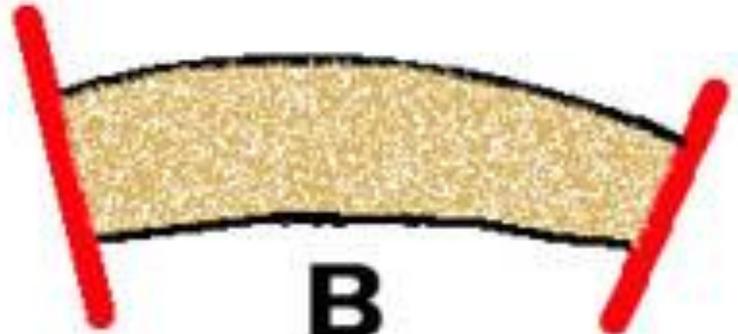
4 – породы складчатого фундамента



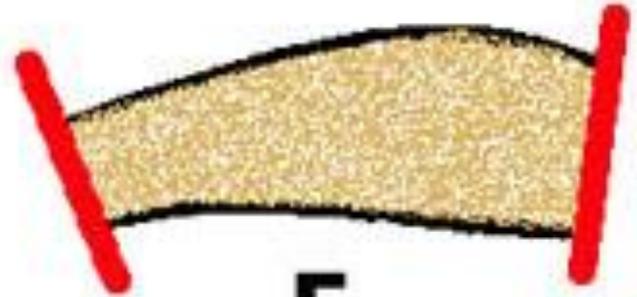
**а**



**б**

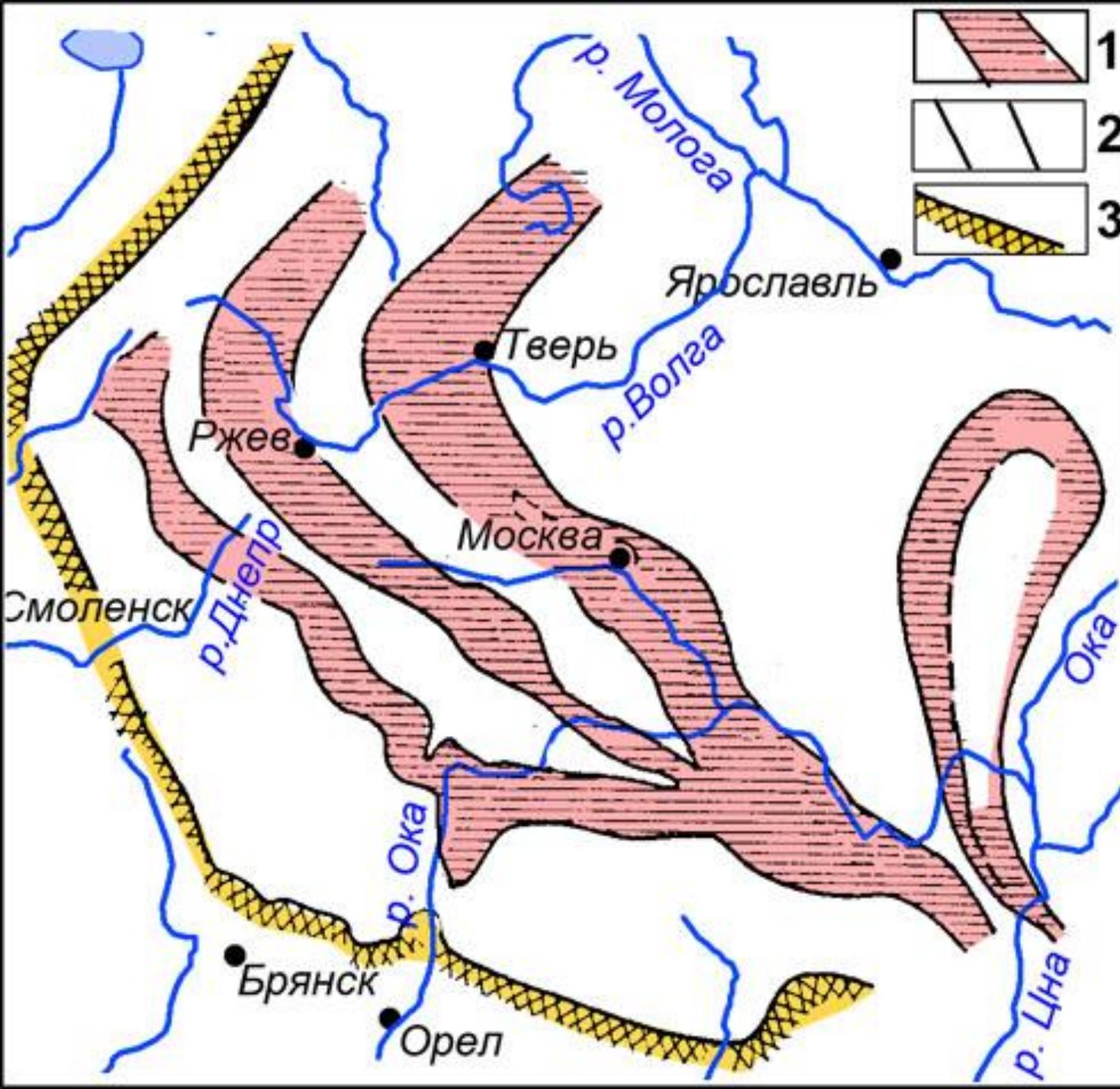


**в**

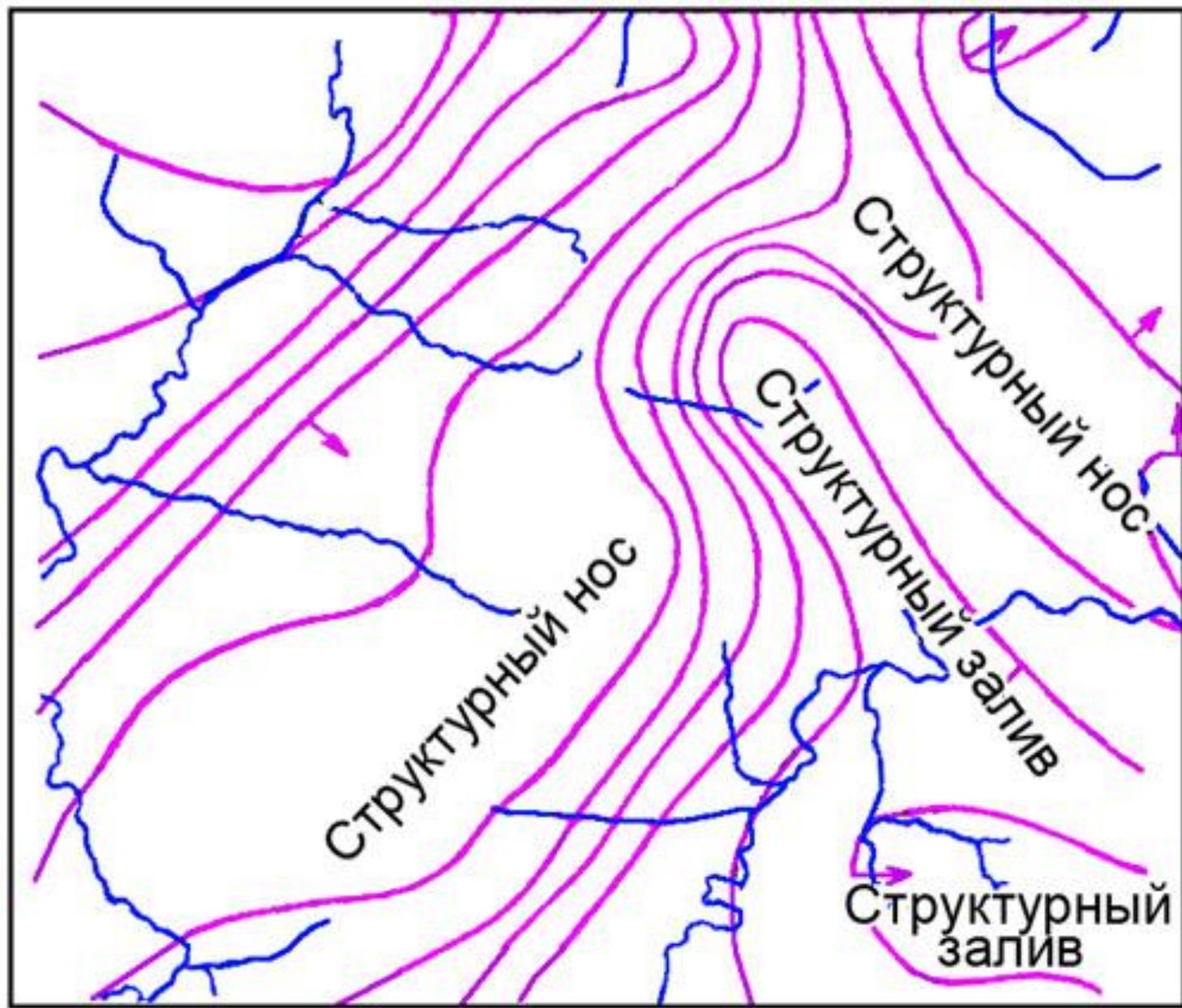


**г**

**Поперечная форма плит: а – Западно-Сибирская плита, б – Большой артезианский бассейн (Австралия), в – Туранская плита, г – Скифская плита (по В.А.Кулындышеву)**

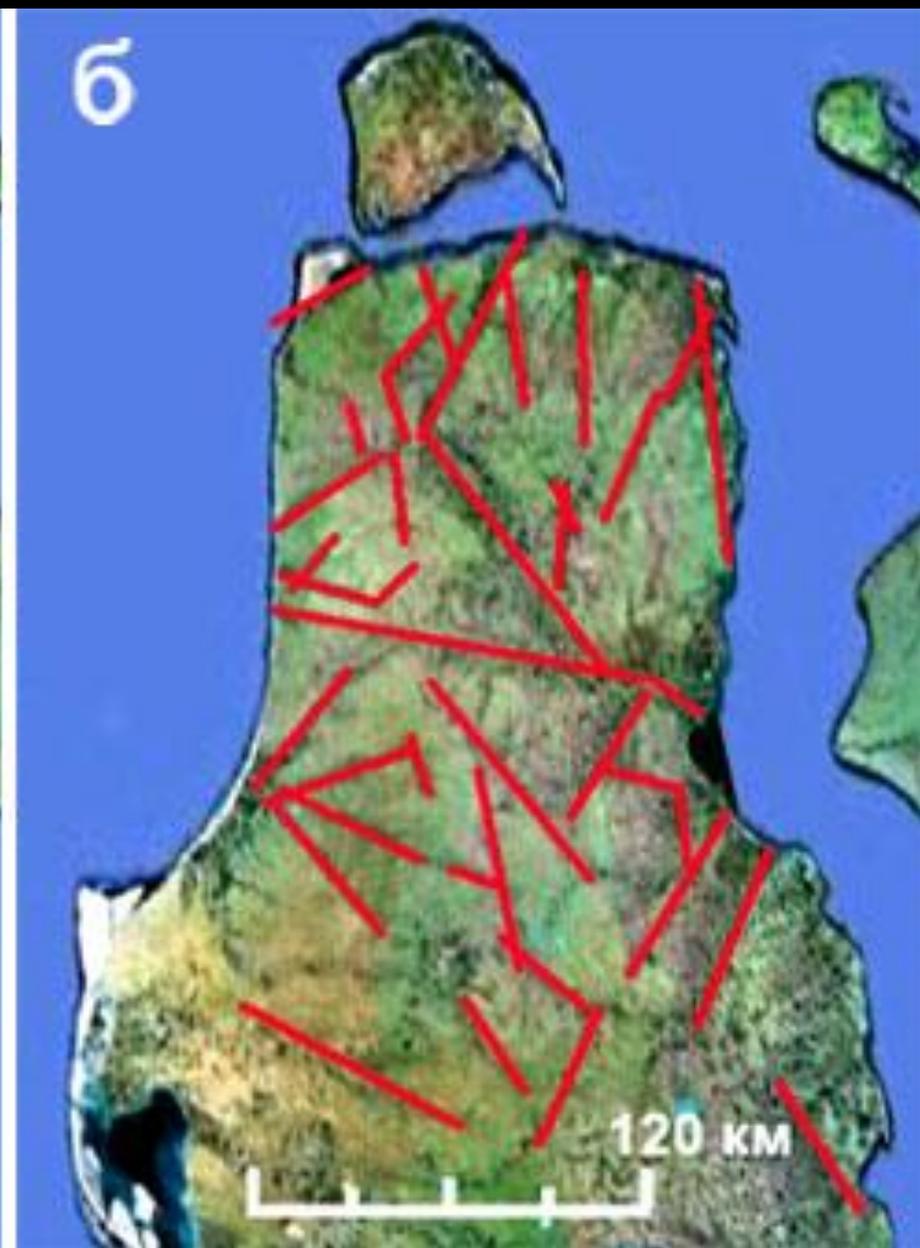


**Флексуры на юго-западе Московской синеклизы**  
 1 – смыкающие (крутые) крылья,  
 2 – горизонтальные крылья,  
 3 – граница синеклизы  
 (по В.А. Жукову)



**Структурные носы и структурные заливы на  
Тресвянско-Петровской полосе поднятий (по Е.В. Чибриковой)**

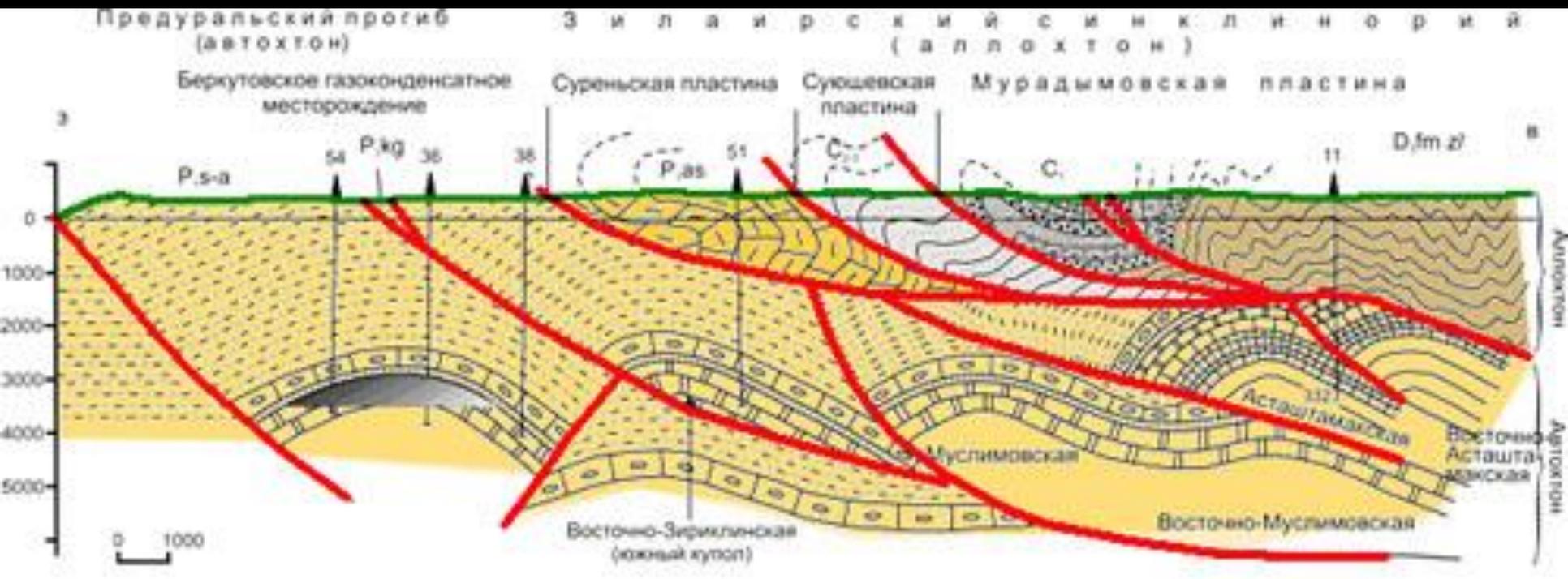
# Особенности платформенных структур



# Мифы общей геологии о характеристике структур на платформах

1. Структуры имеют изометричный облик – *неправда*. Часто присутствуют валы, впадины. Оси структур могут быть расположены в разном направлении
2. Углы залегания структур маленькие – *неправда*. Для локальных структур – сундучных, диапировых складок – до  $90^\circ$ . В общем случае – чем меньше размер структур, тем больше может быть угол залегания слоев
3. Цоколи (фундамент) платформ имеют все признаки складчатых областей

# Границы платформ

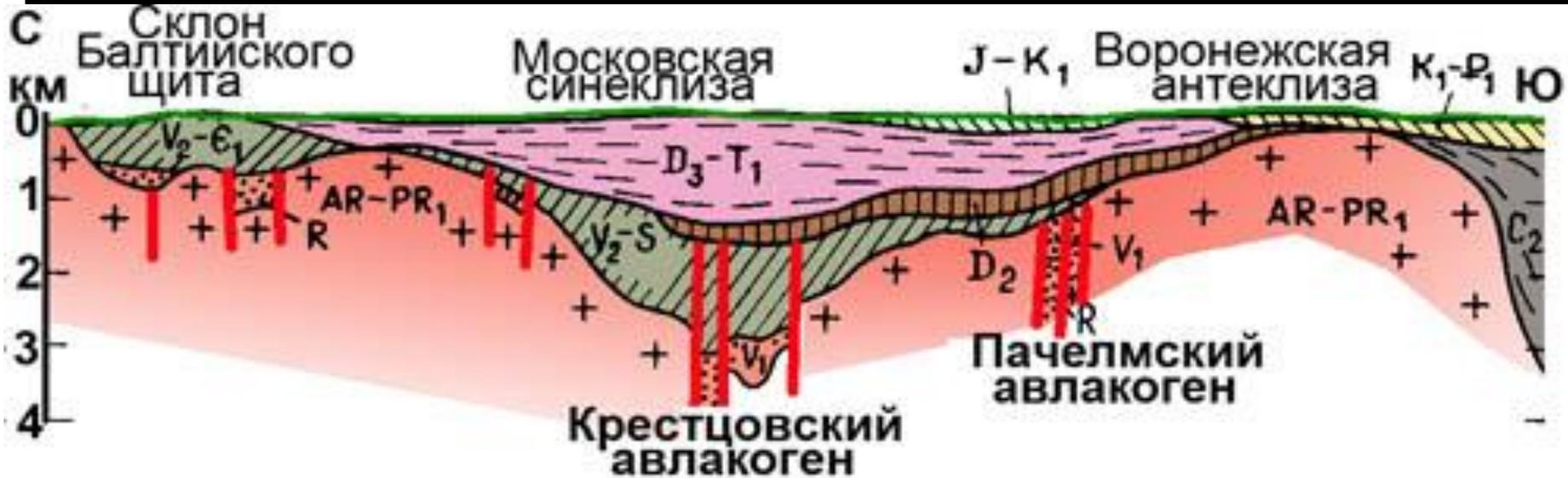


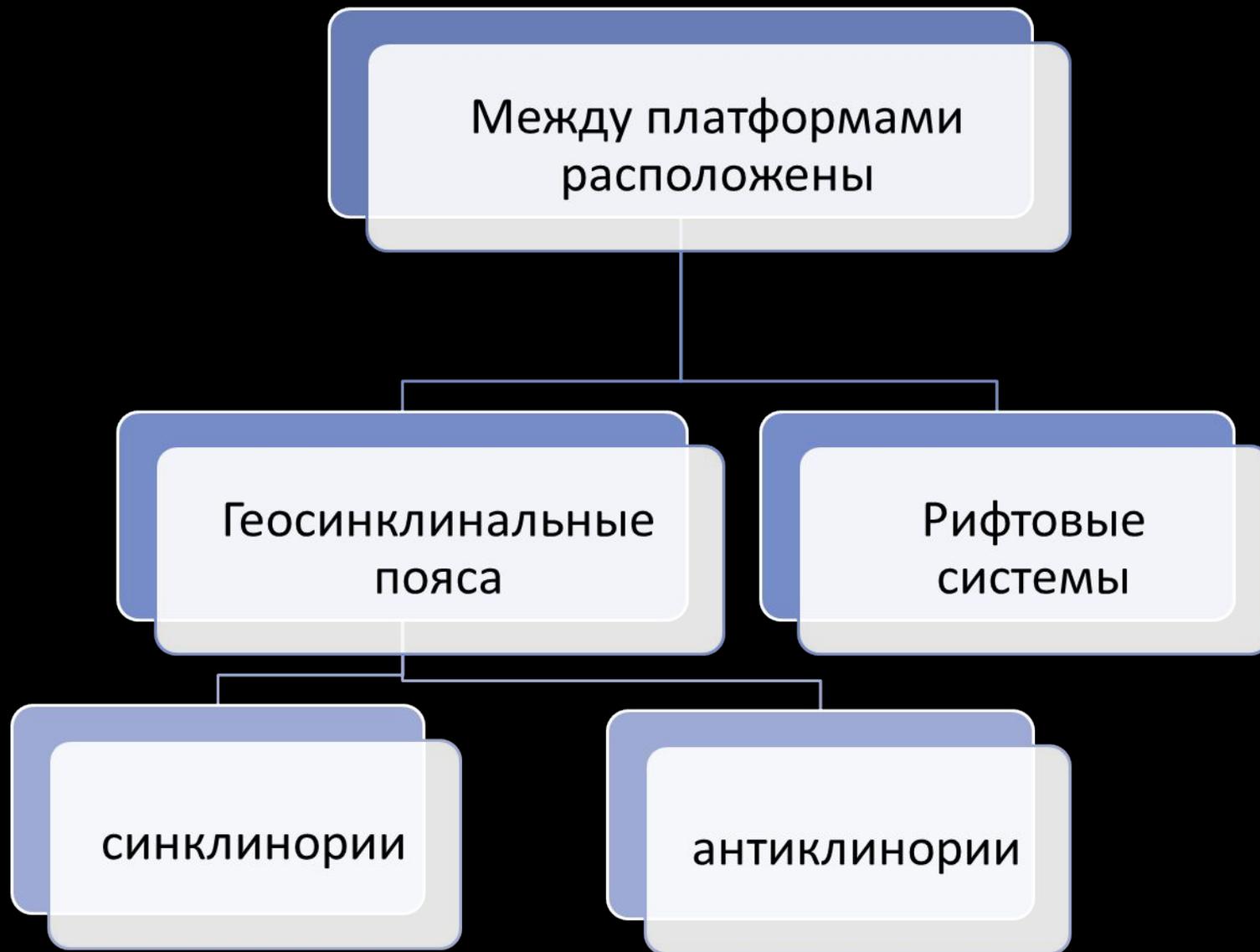
Предуральский краевой прогиб (по Р.А. Исмагилову)



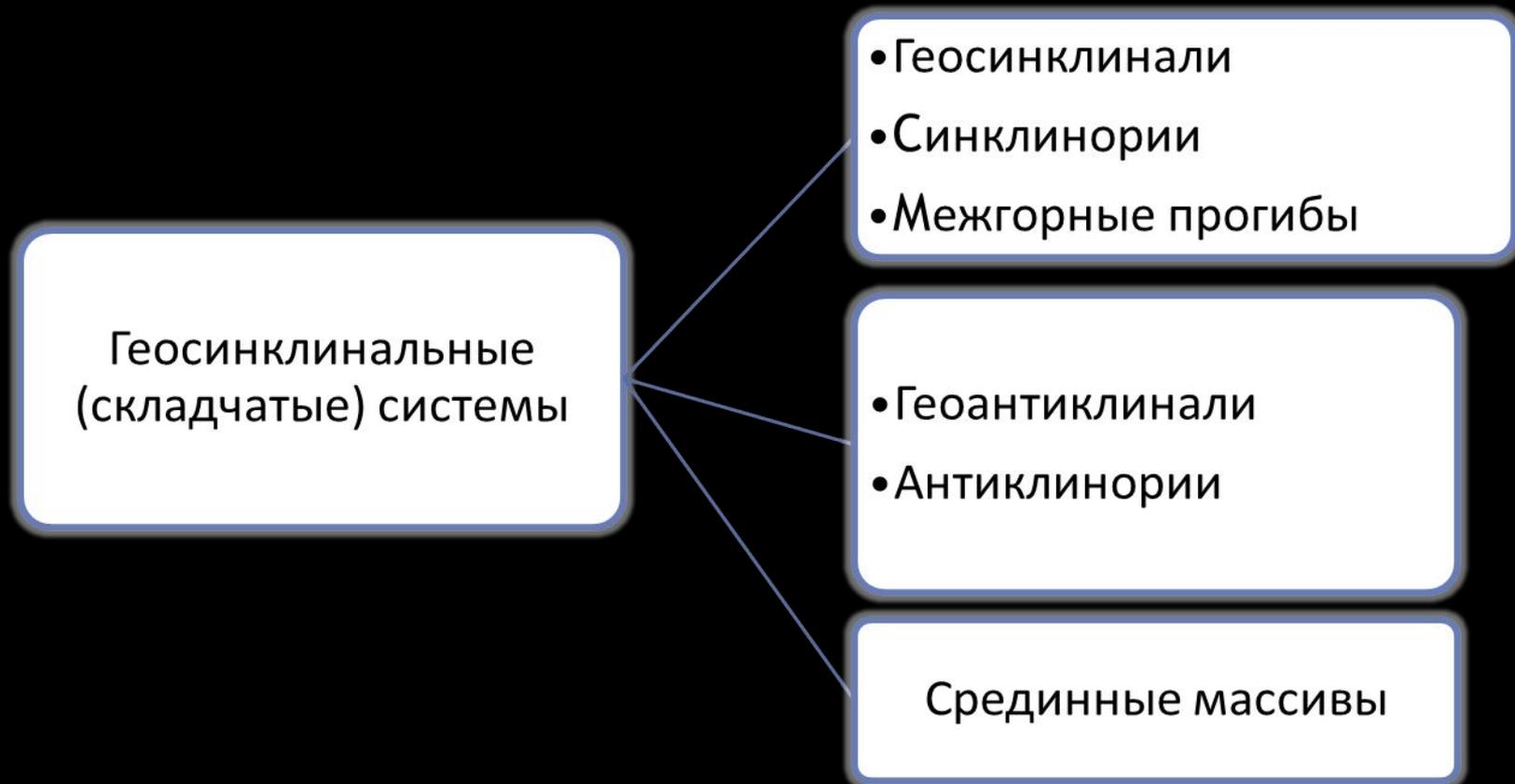
**Краевой шов между Балтийским щитом и Скандинавскими каледонидами («Планета Земля», граница проведена по С.В.Богдановой)**

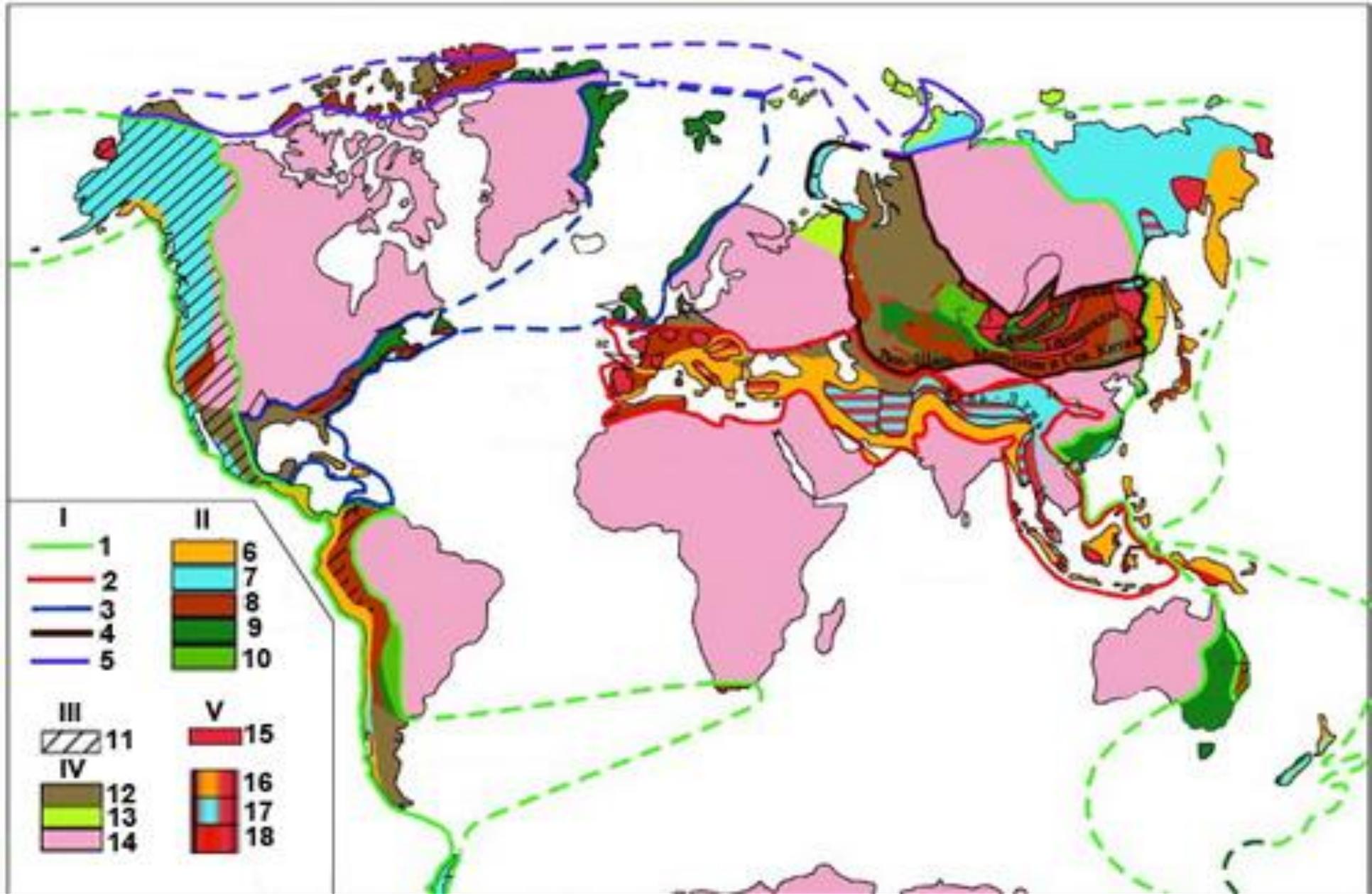
почти всегда, под центральной частью синеклиз в  
 им есть *авлакогены* – гигантские погребенные  
 рабены. Глубина залегания фундамента в  
 центральной части авлакогена достигает 10-12 км  
 разломы, образующие грабен, часто проникают в  
 садочный чехол. Такую структуру, состоящую из  
 авлакогена и расположенной над ним синеклизой  
 называют *грабен-синеклизой* или *грабен-  
 инклиналью*





Складчатые области соответствуют зонам субдукции по геодинамической классификации структурных форм. **Нефтегазоносность** складчатых областей связана, как правило, с антиклинальными складками синклинориев.





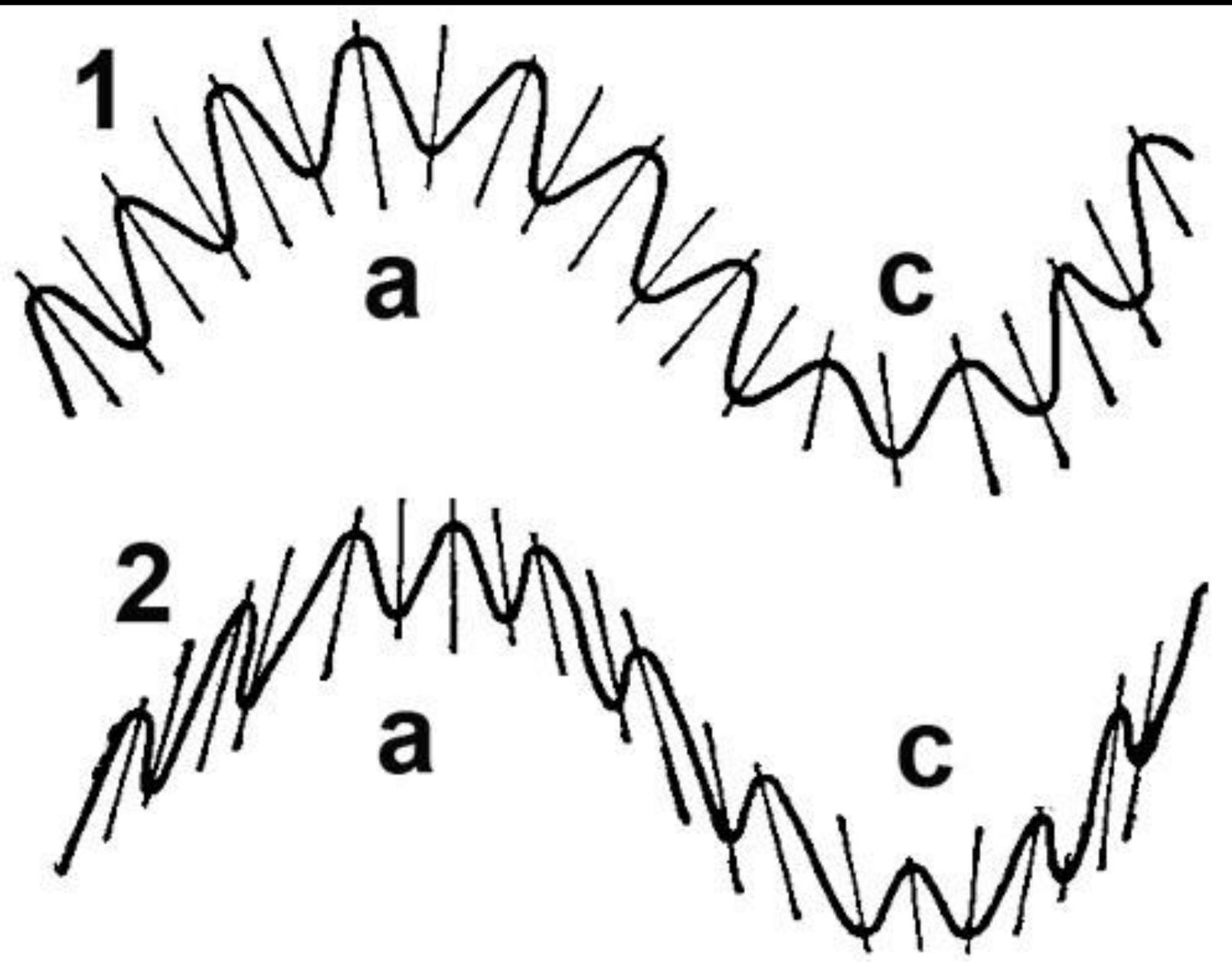
**Складчатые пояса фанерозоя и молодые платформы**  
(упрощенная схема), по П.В. Федорову, 2006), I

# Складчатые (геосинклинальные) пояса

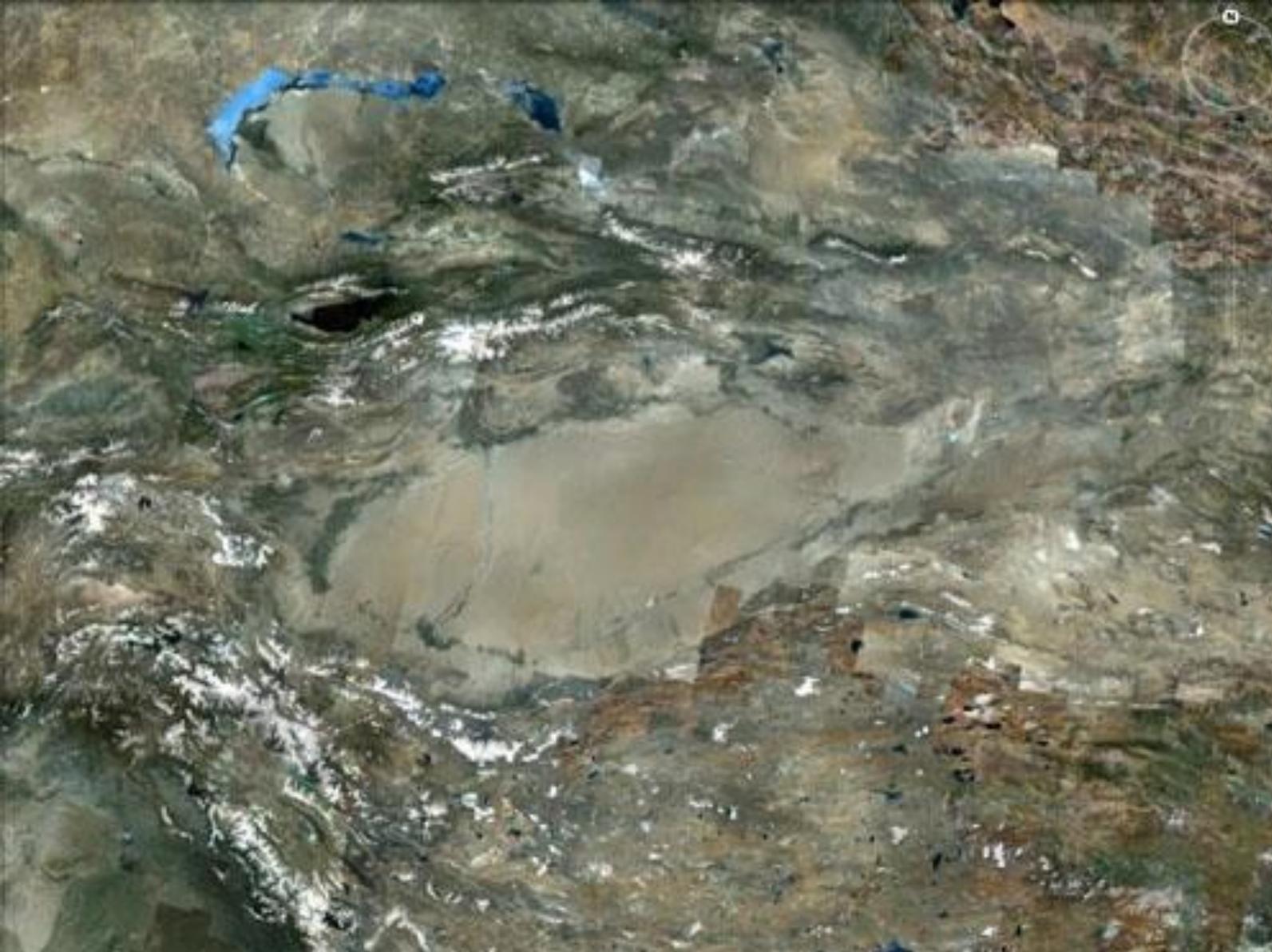
Планетарные структуры, характеризующиеся большой мощностью (километры). *Пример – Большой Кавказ, Урал.* Внутренняя структура пояса сложная, мозаичная. Зоны интенсивной линейной складчатости, магматизма и метаморфизма чередуются с зонами сравнительно слабодислоцированных пород без проявления магматизма. Широко проявлена разрывная тектоника. На границах с платформой часто встречаются краевые прогибы, покровы, надвиги.

Внутри складчатых областей выделяются **синклинии** и **антиклинории** - сложнопостроенные, в общем выпуклые и вогнутые структуры от десятков до первых сотен километров. Крылья таких структур, в свою очередь, смяты в синклинальные и антиклинальные складки более мелкого ранга. Часто они бывают осложнены горстами и грабенами и называются, соответственно, горст-антиклинориями и грабен-синклинориями.





Схемы строения антиклинориев (а), и синклинориев (с) 1 – унаследованные, 2 - опрошенные



**Таримский срединный массив («Планета Земля»)**

550 км



© 2014 Google. All rights reserved.  
38°22'24.77"С 64°05'16.30"В Высота - ад. уровнем моря - 1218 миллим. над. уровнем моря - 2000.87 м

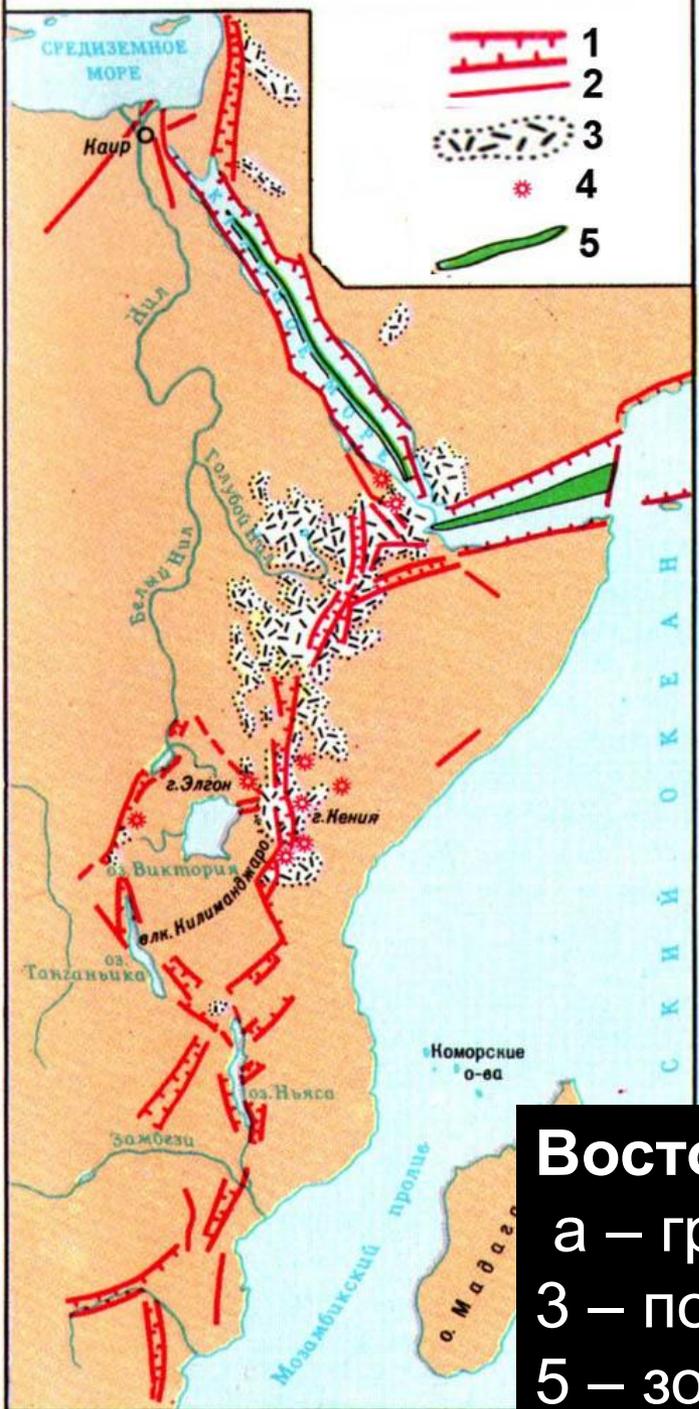
Google Earth



# Рифтовые системы

## континентов

Системы линейно вытянутых грабенов планетарного масштаба, выходящие на дневную поверхность. *Примеры – Байкальская система, Красное море.* Ширина опущенных блоков на континентах колеблется от нескольких до десятков километров, на океанах – до сотен км. Для рифтов характерна современная сейсмическая и вулканическая активность. Заполнены рифтовые впадины либо кайнозойскими отложениями, либо водой.



## Кенийский рифт

**Восточно-Африканская рифтовая система**  
 а – грабены (рифты), 2 – разломы,  
 3 – поля молодых вулканитов, 4 – вулканы,  
 5 – зоны отсутствия гранитного слоя

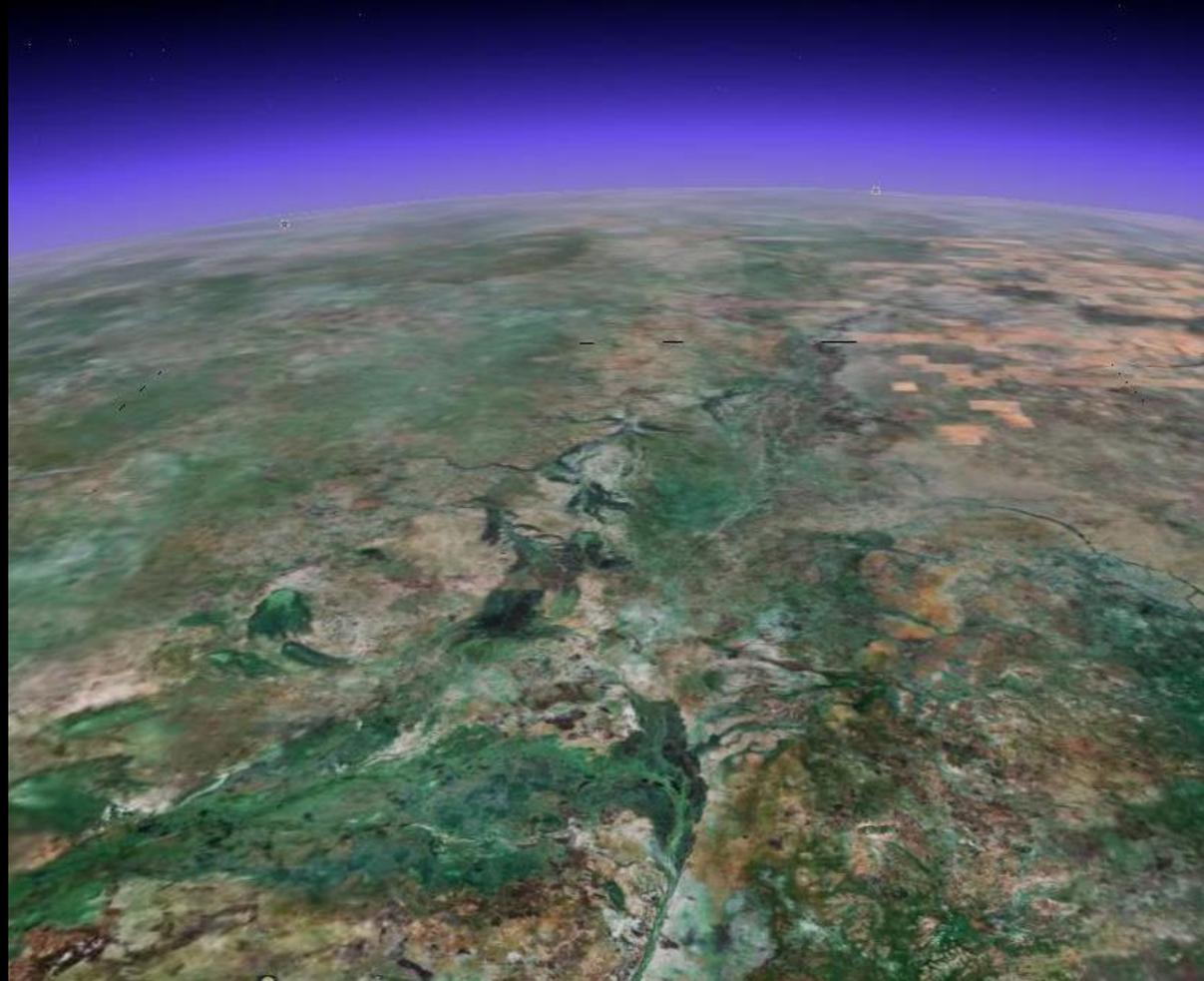
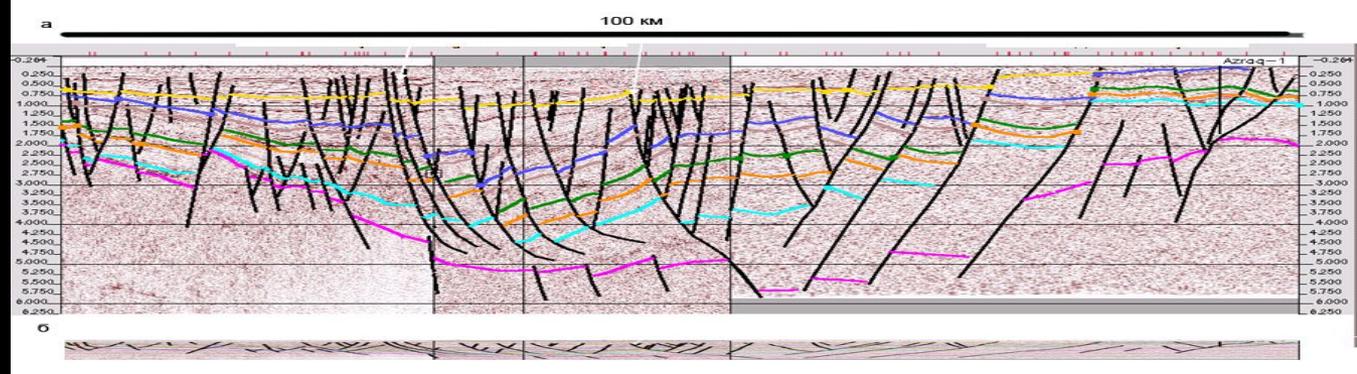
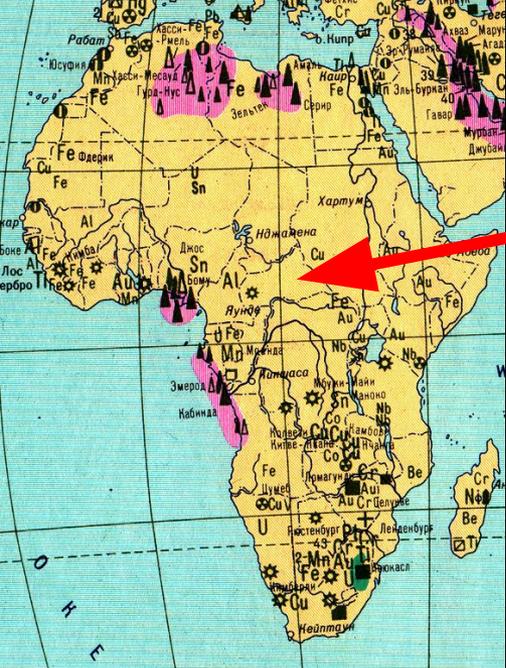


## Байкальская система рифтов



Глубинные  
разломы на  
космических  
снимках.

Оз. Байкал и  
Тункинская  
долина



# Области возрожденной тектонической активности

структуры, образующиеся в результате активных тектонических движений в отдельных частях платформ (тогда они называются *эпиплатформенные орогены*) или складчатых областей. Примеры – *Памир, Тянь-Шань, Плато Путорана, Лабино-Малкинская моноклиналильная зона*. Для них характерны общие поднятия, интенсивная разломная тектоника.



**Эпиформенный ороген - плато Путорана**



**Область возрожденной складчатости - Памир**

# ОКЕАНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ

## 1. Подводные окраины материков

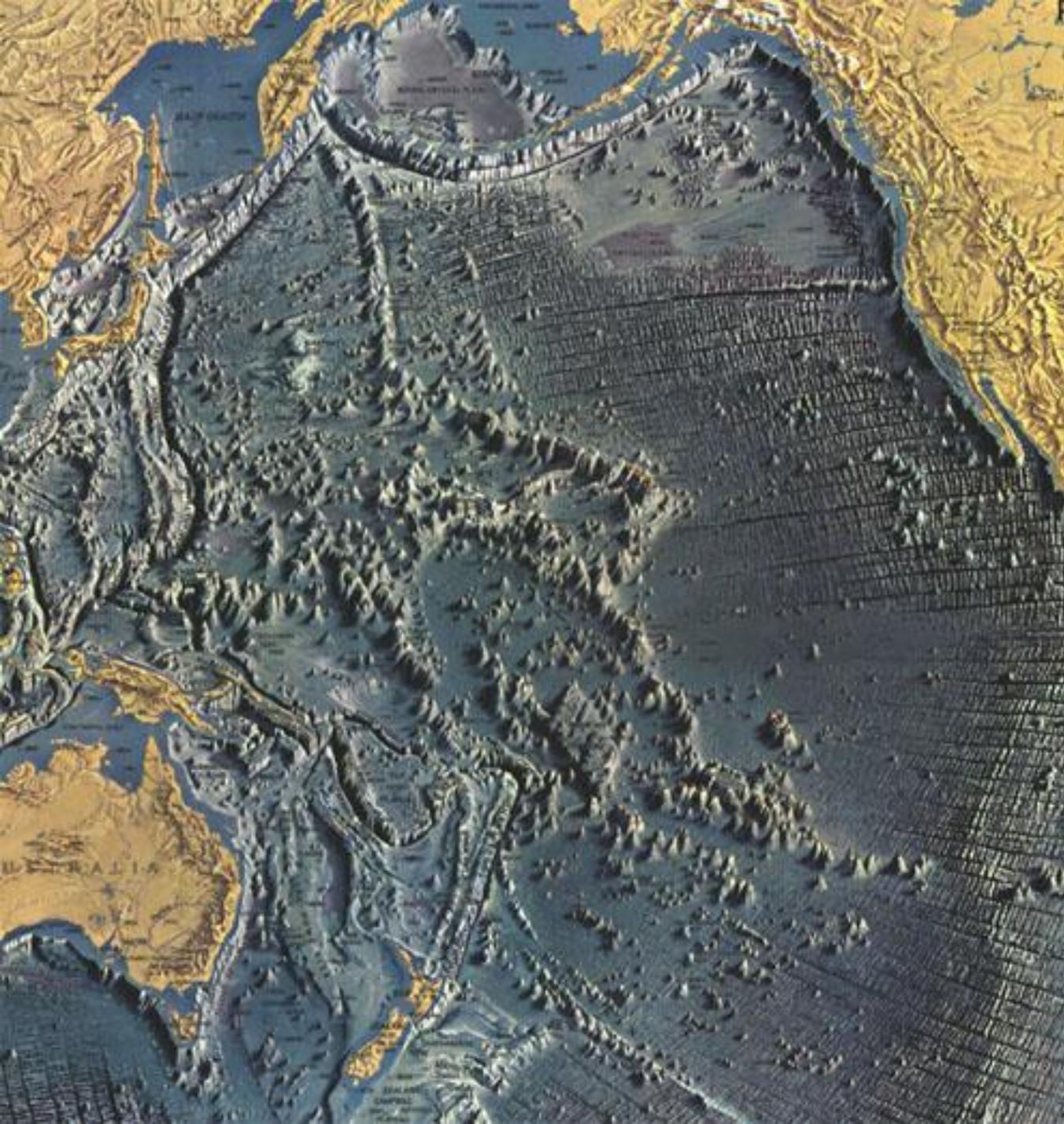
## 2. Переходная зона

## 3. Ложе океана

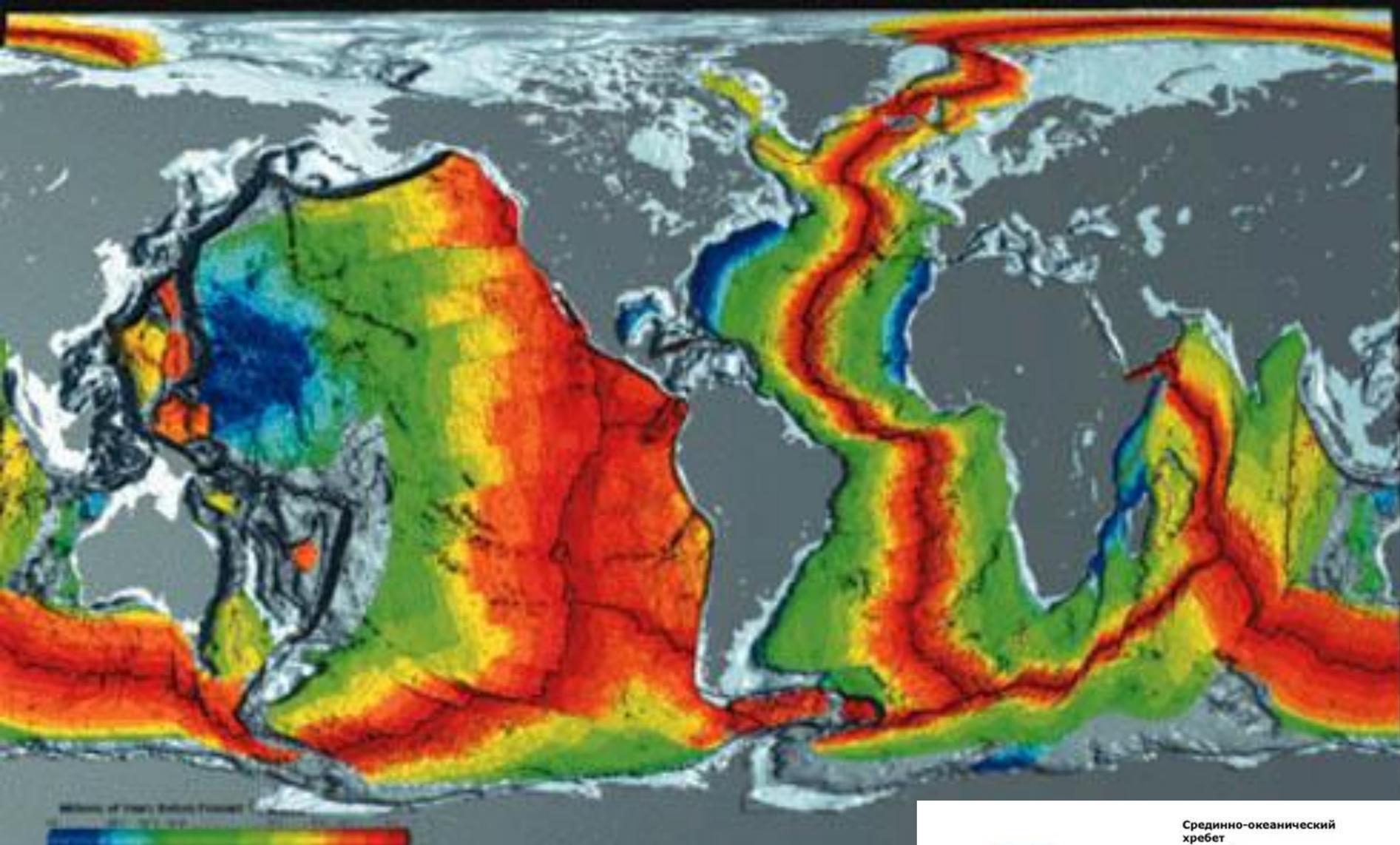


Формы рельефа дна океана

Формы рельефа дна океана

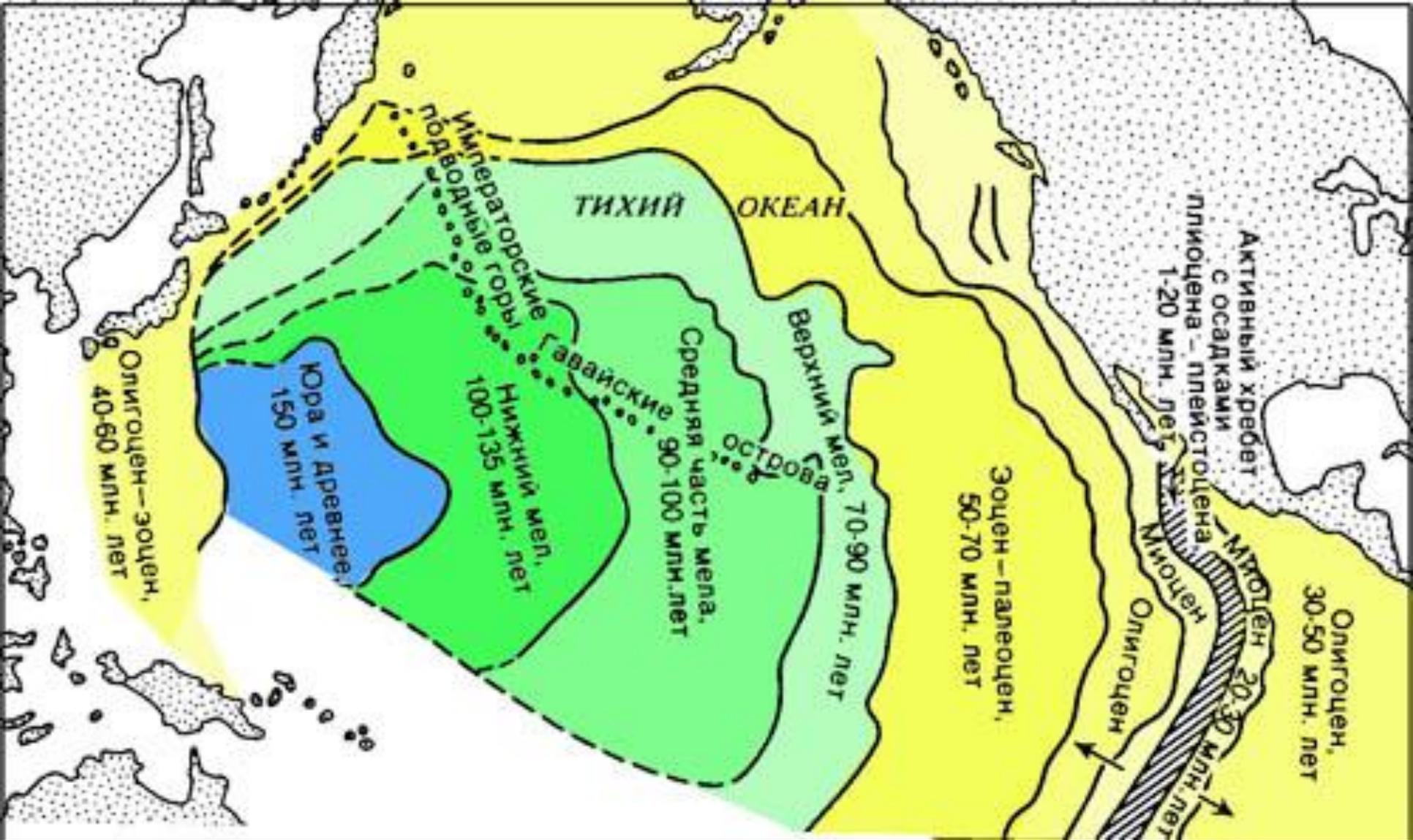


**Фрагмент карты  
рельефа дна  
Тихого океана**



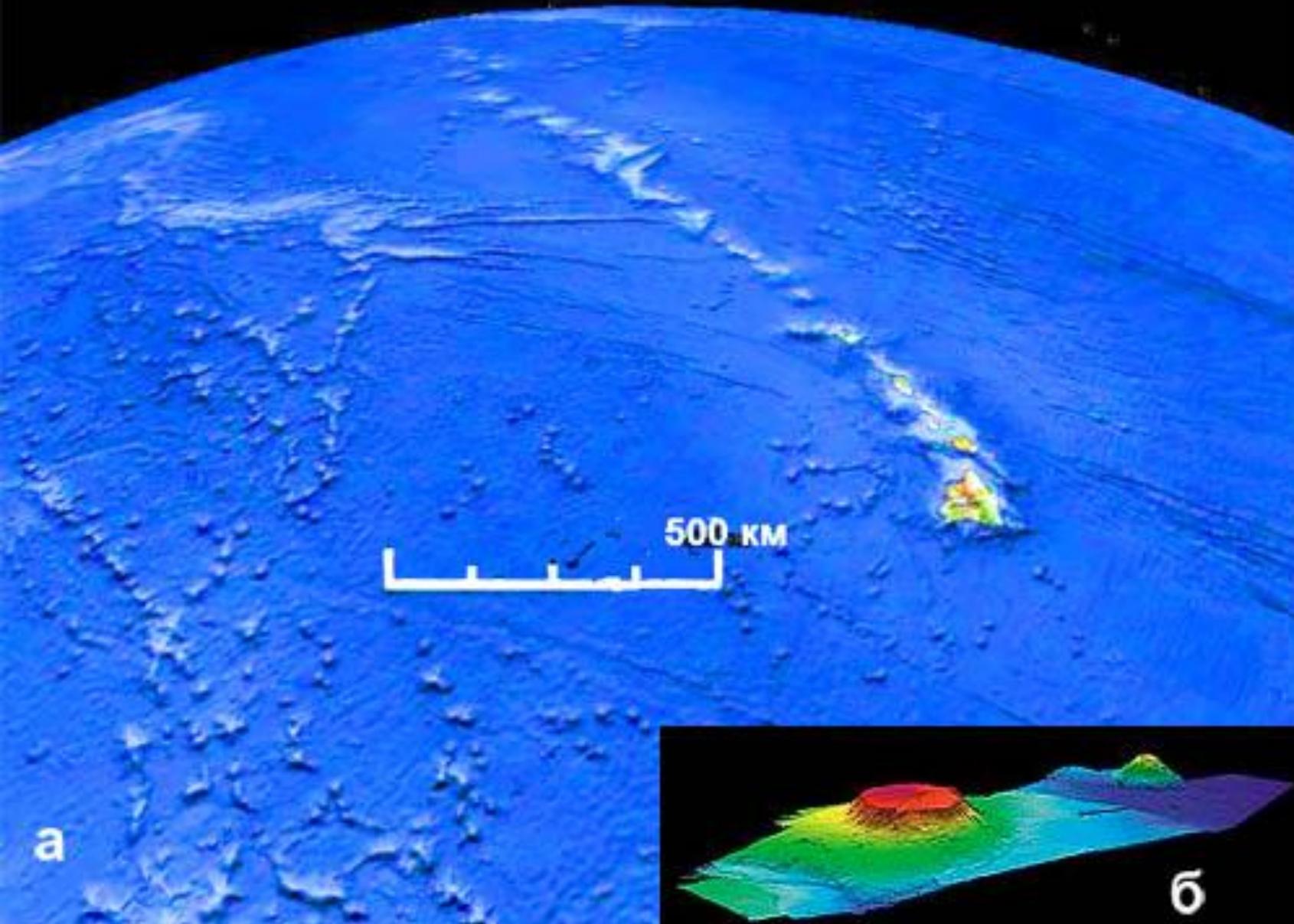
**Полосовые магнитные аномалии океанского дна.**  
 Последовательность цветов красный —  
 желтый — зеленый — синий —  
 указывает на возрастание возраста пород

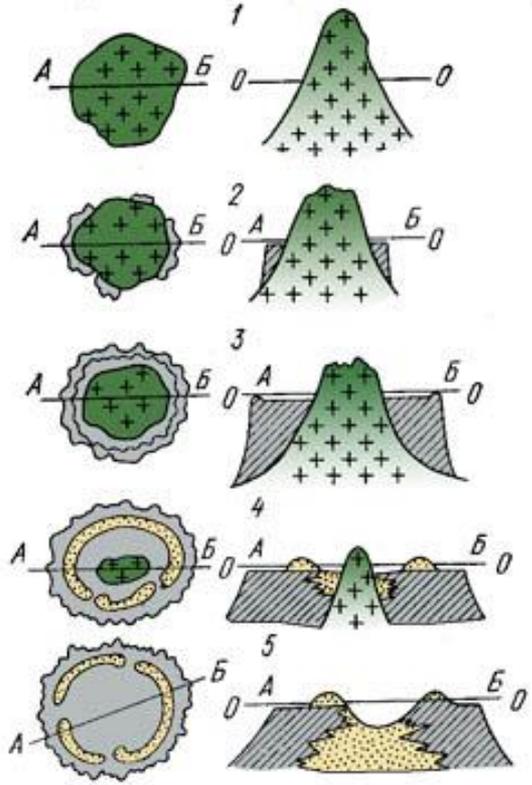
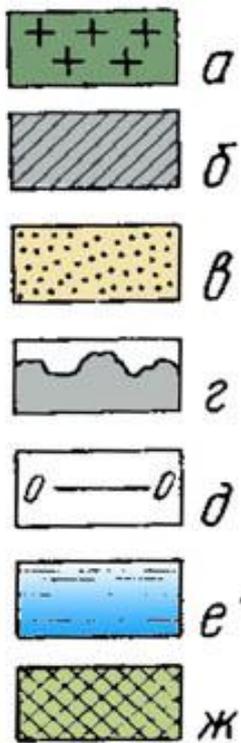




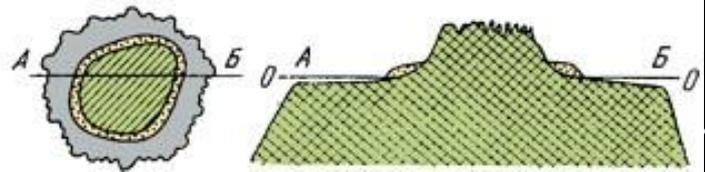
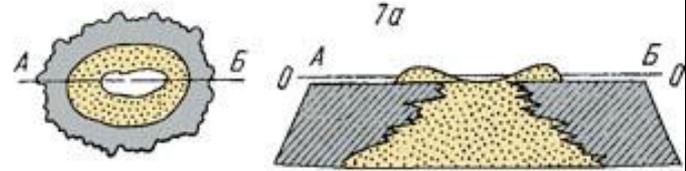
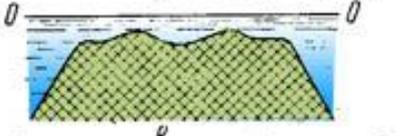
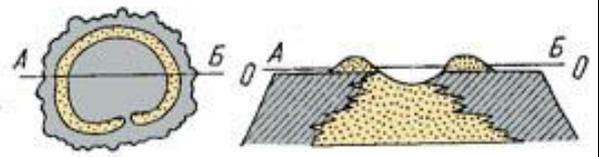
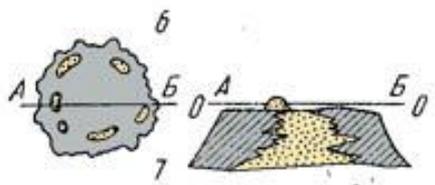
**Возраст осадков морского дна на площади между осью спрединга в Восточно-Тихоокеанском поднятии (современные) и западной части Тихого океана (юрские осадки)**

# Гайоты Тихого океана

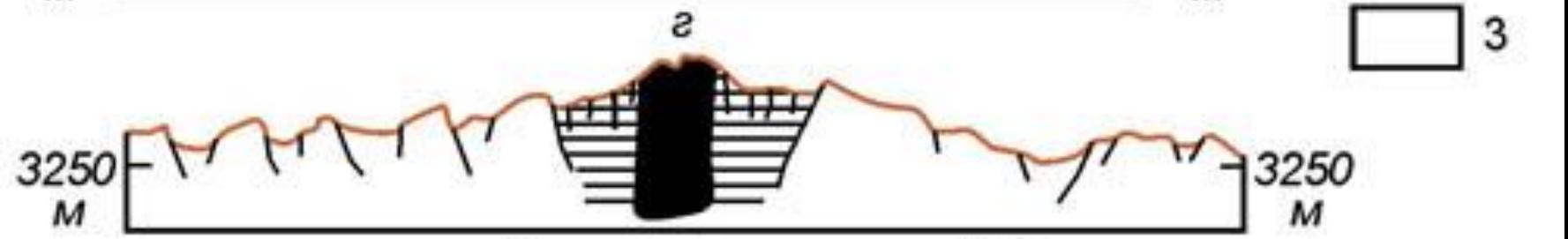
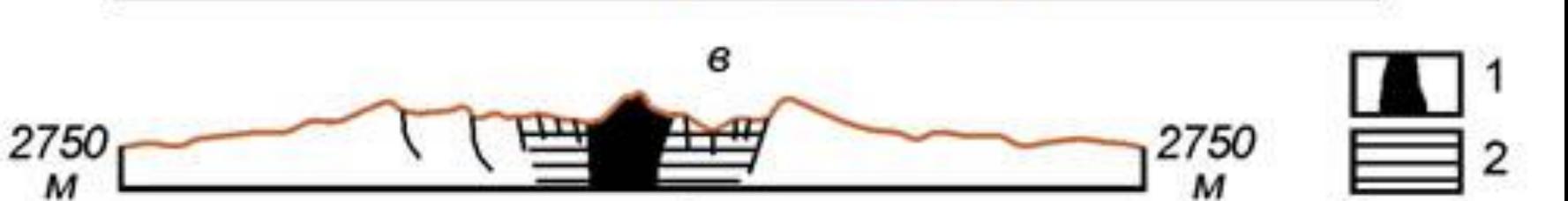
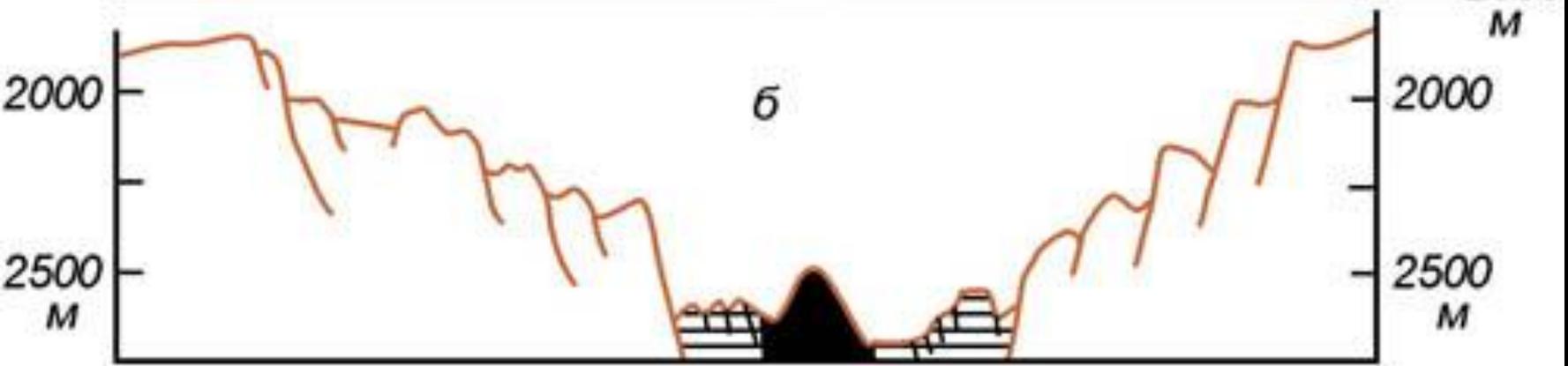




**Схема эволюции коралловых рифов (объяснение в тексте)**  
 а – вулканические породы,  
 б – коралловые известняки,  
 (на разрезах), в – рыхлые осадки  
 слагающие острова и днища  
 лагун, г – коралловый риф  
 (на плановых рисунках),  
 д – уровень океана,  
 е – толща воды, ж – древние  
 коралловые известняки

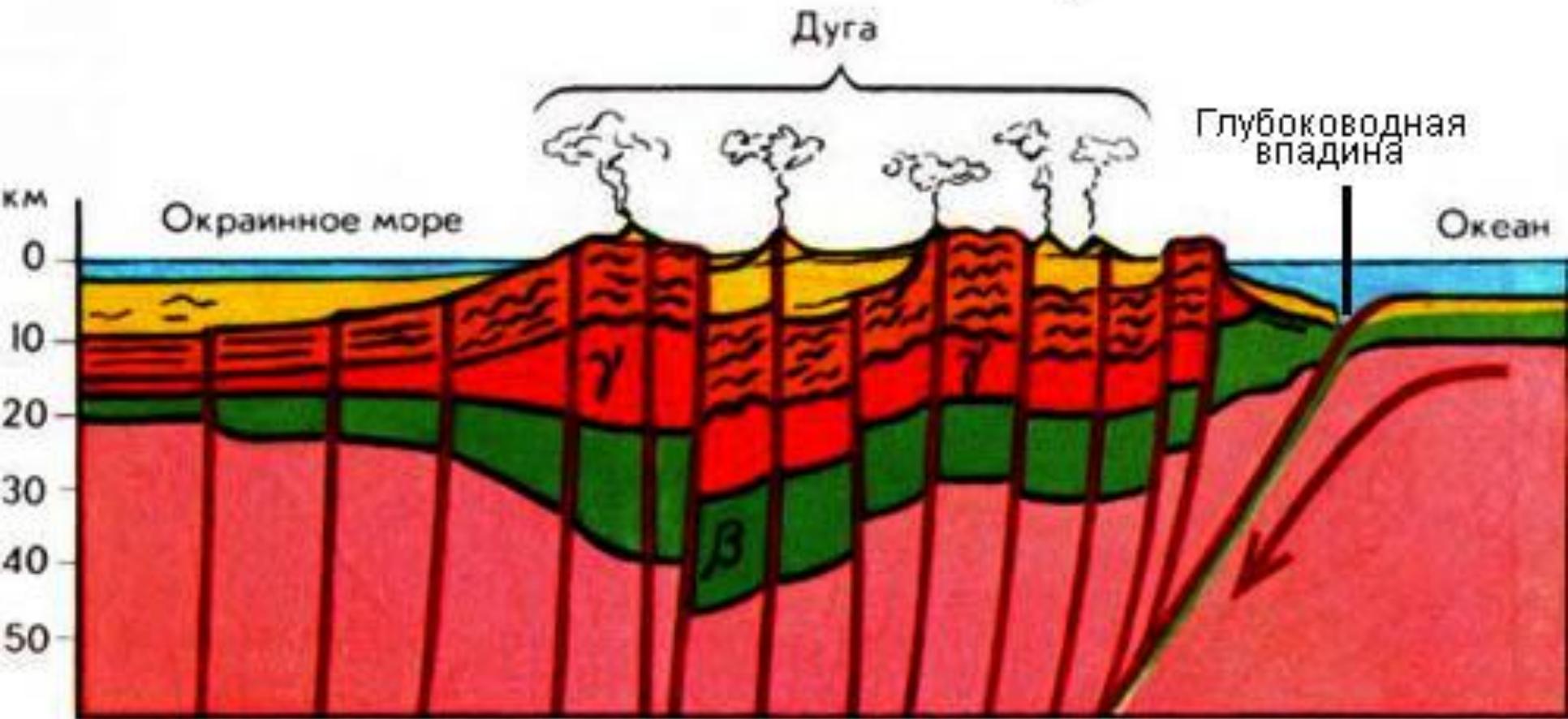


# Срединноокеанические хребты

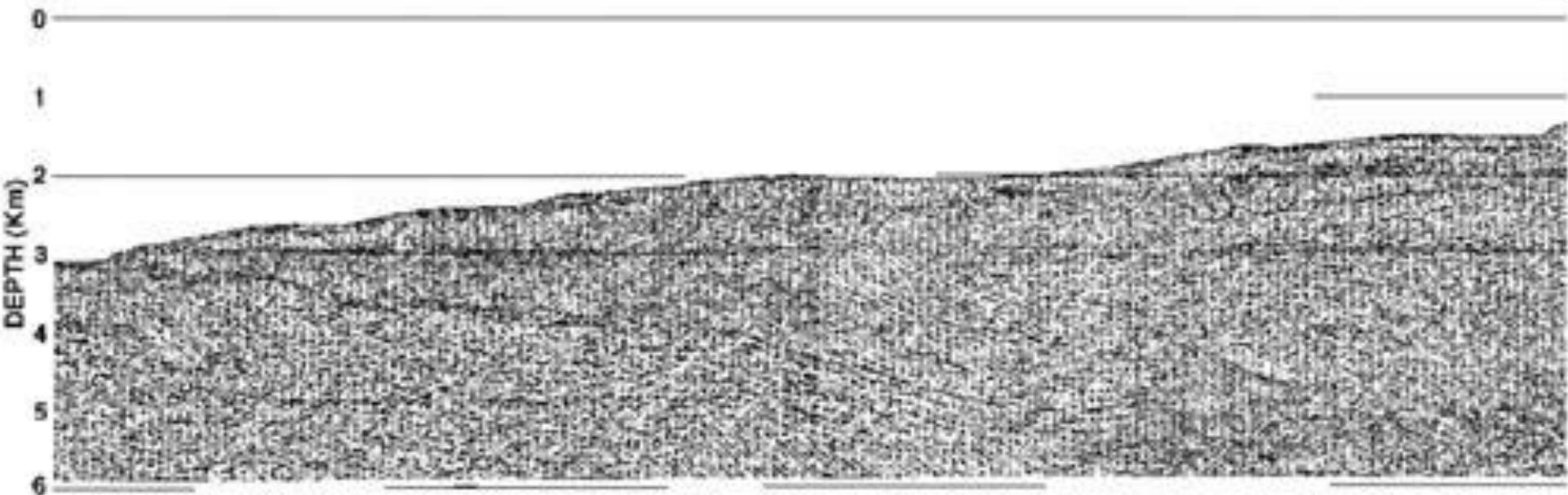


- 1
- 2
- 3

0 5 км



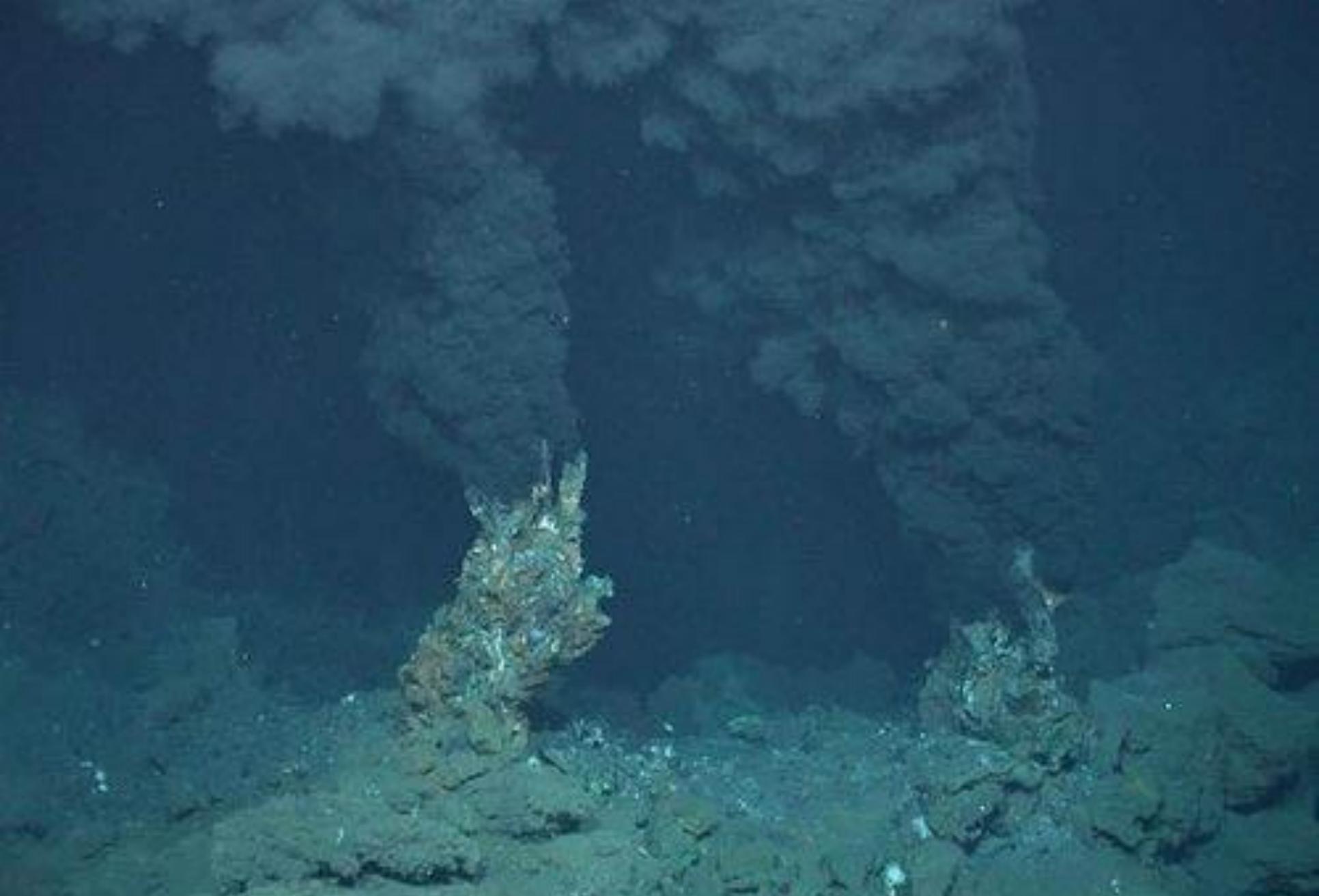
## Принципиальный разрез островной дуги



**Сеismicкий и геологический профиль**

**аккреционной призмы**

**у побережья южной части Чили**



Черные курильщики в Марианской впадине. Температура воды - 382°C  
геологи-лекция-12-2013

# Основные закономерности изменения структур с уменьшением их размера

- Увеличение углов залегания
- Уменьшение роли силы тяжести в формировании структуры
- Усиление роли неоднородности и анизотропности