

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Лекция 10

- Геологическая (генетическая) классификация складок
- 2 и 3 самостоятельные работы
- Иерархия структурных форм



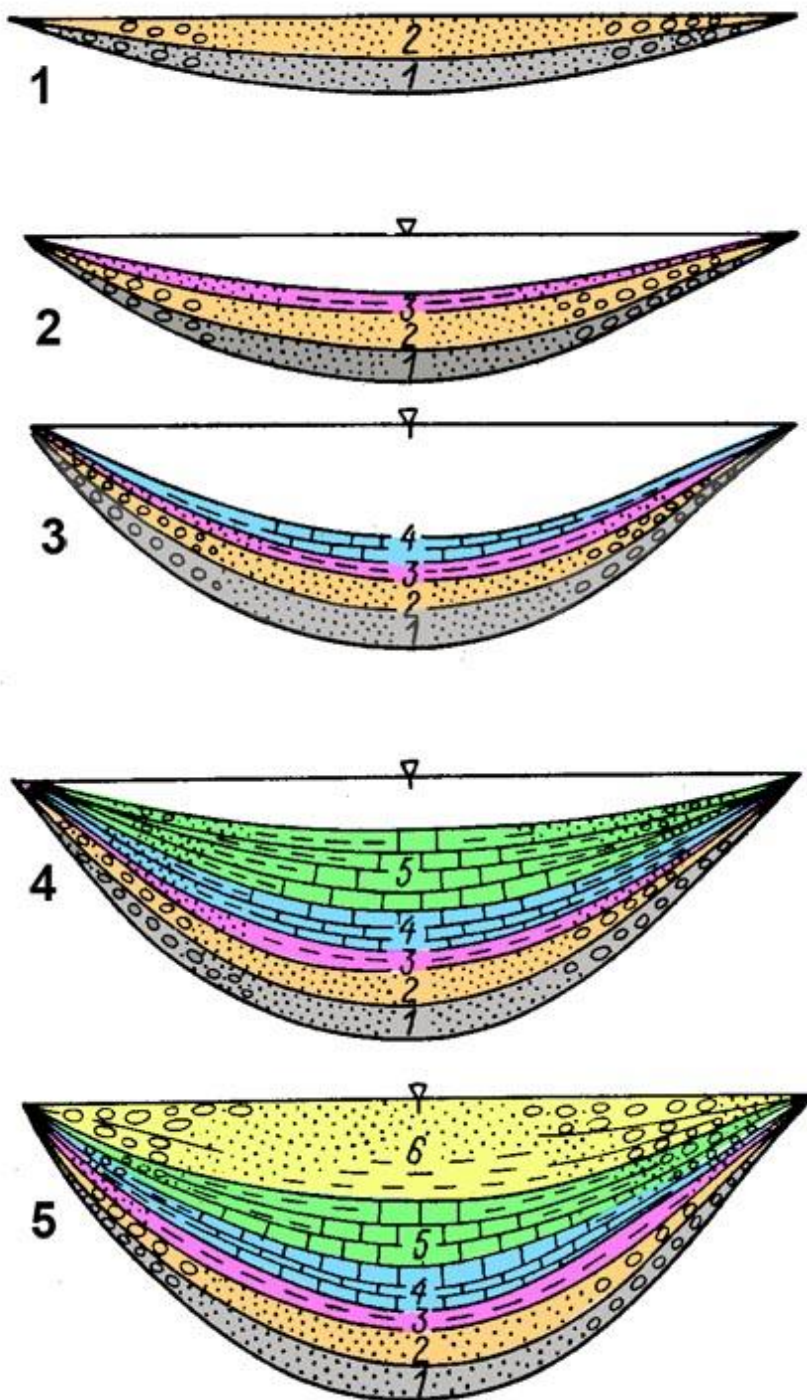
Геологическая классификация складок



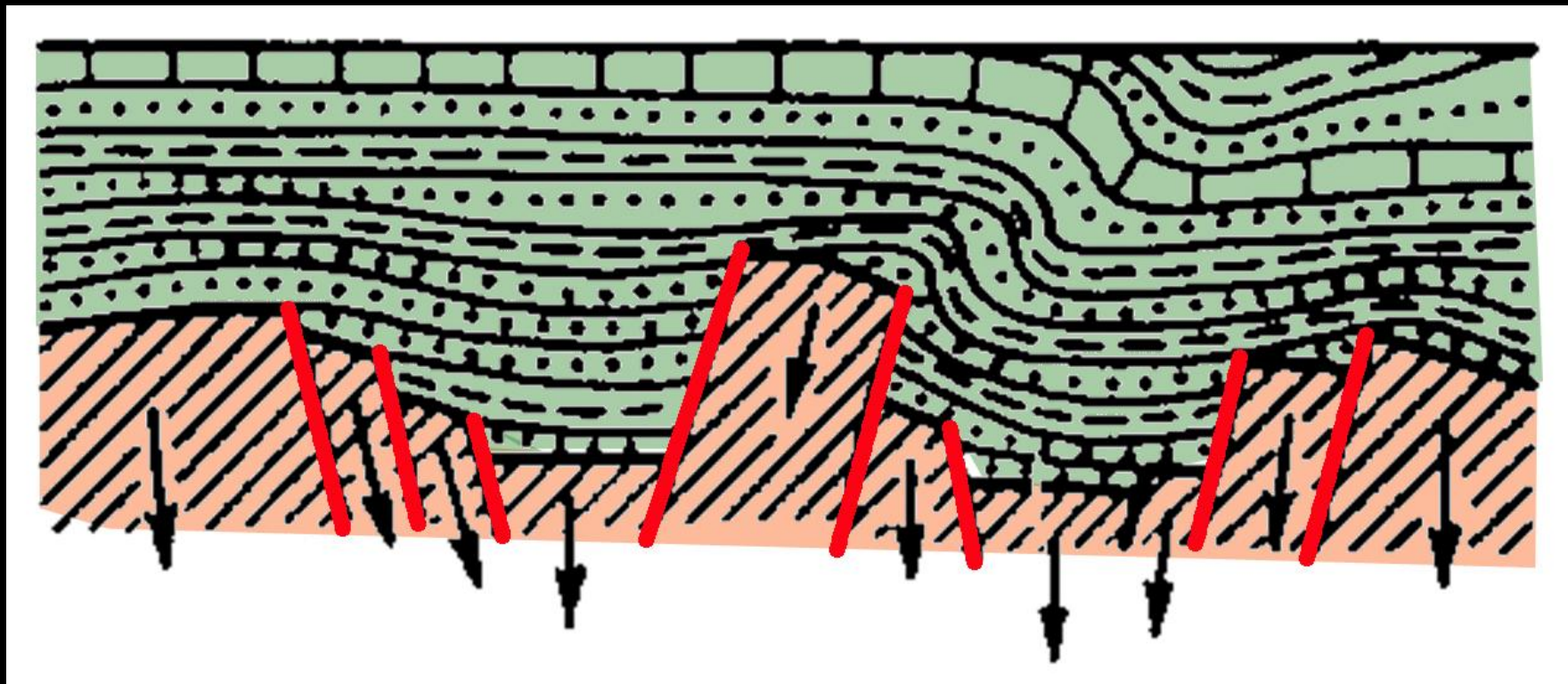
Геологическая классификация складок

Эндогенная (тектоническая)			Экзогенная (нетектоническая)
Конседимента- ционная	Постседиментационная		
	Поверхностная	Глубинная	
1.! Погружения (складки трансгрессий) 2.! Связанная с неравномерными вертикальными движениями 3.! Складки ингрессий	1.! Регионального сдавливания (Общего смятия) 2.! Облекания (глыбовая, отраженная) 3.! Гравитационного скольжения 4.! Приразрывная Связанная с внедрением магмы 5.! Диапировая	Вертикального течения Горизонтального течения	1. Подводнооползнева я 2. Наземнооползнева я 3. Диагенетическая 4. Разгрузки 5. Обрушений 6. Гляциодислокации 7. Структуры облекания 8. Сейсмичность

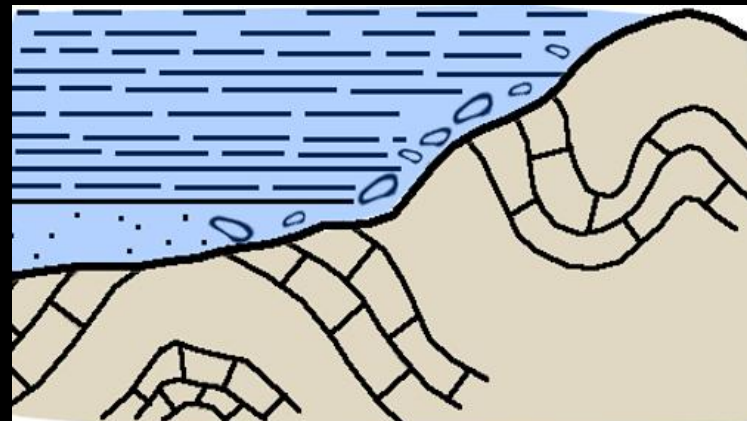
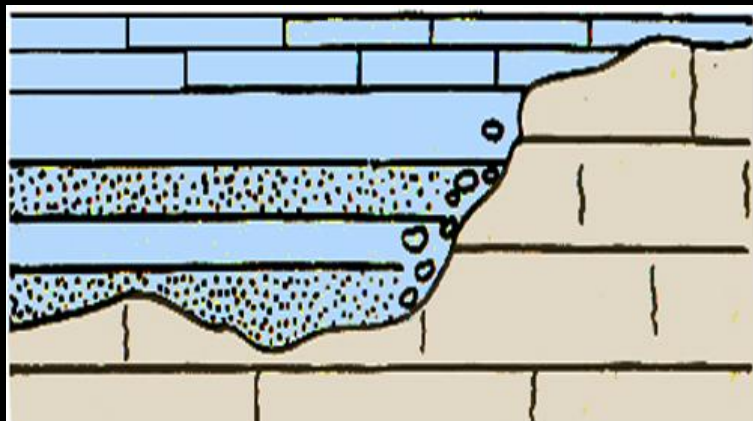
Схема формирования конседиментационных синклиналийных складок (по С.С.Шульцу)



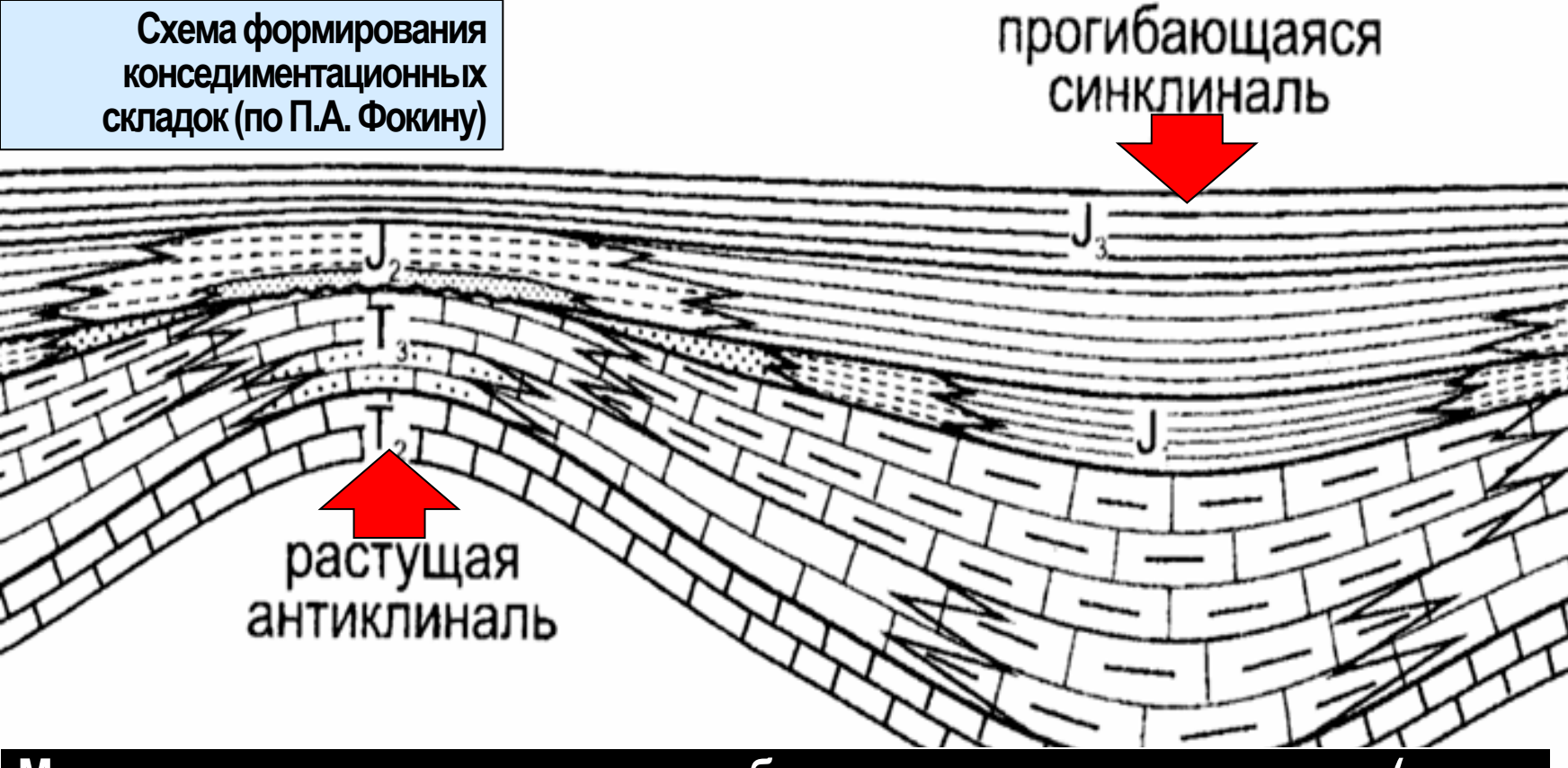
Связанная с неравномерными вертикальными движениями



Ингрессии – начальные стадии трансгрессий



Прилегание а – параллельное, б – угловое (по А.А.Богданову, 1949)



Мощности слоев и размерность обломочного материала в них (в общем случае – фации) зависят от того, в какой части складки они накапливаются

1. Погружения (складки трансгрессий) – крупные (гигантские) складки, в результате которых формируются осадочные бассейны
2. Связанная с неравномерными вертикальными движениями – части осадочного бассейна, в результате чего формируются очаги нефтегазообразования, происходит миграция и формируются ловушки
3. Складки ингрессий – начальной стадии трансгрессии – характерны прилегания, обтекания и т.д.



Полная , или голоморфная складчатость

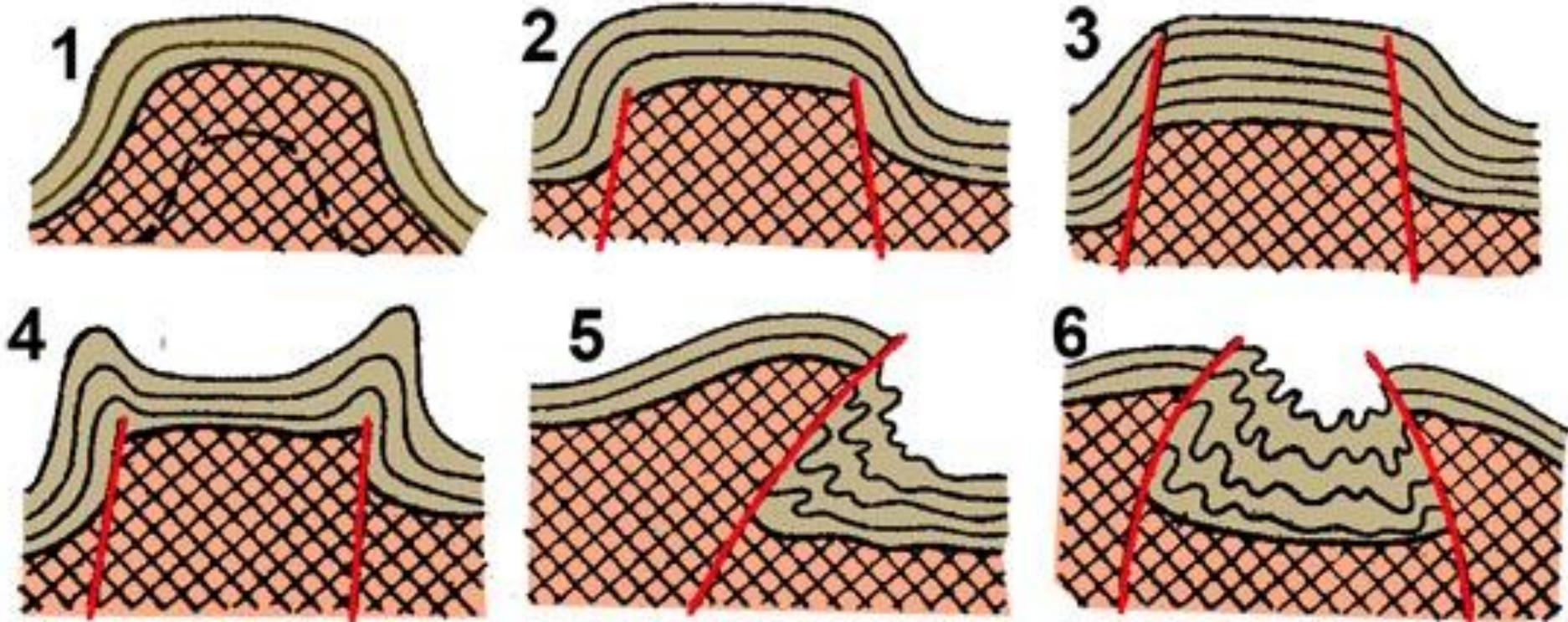
Полная (голоморфная) складчатость.
С. Прибалхашье.
Казахстан. GoogleEarth

Она же складчатость продольного изгиба по кинематике

Промежуточная складчатость – в пределах блока земной коры складчатость проявлена неравномерно



Отраженные складки: 1 - унаследованная, 2 –
штамповая, 3 – горст-антиклиналь, 4 – надразломные
(шовные, рубцовые), 5 – приразломные, 6 -
межразломные



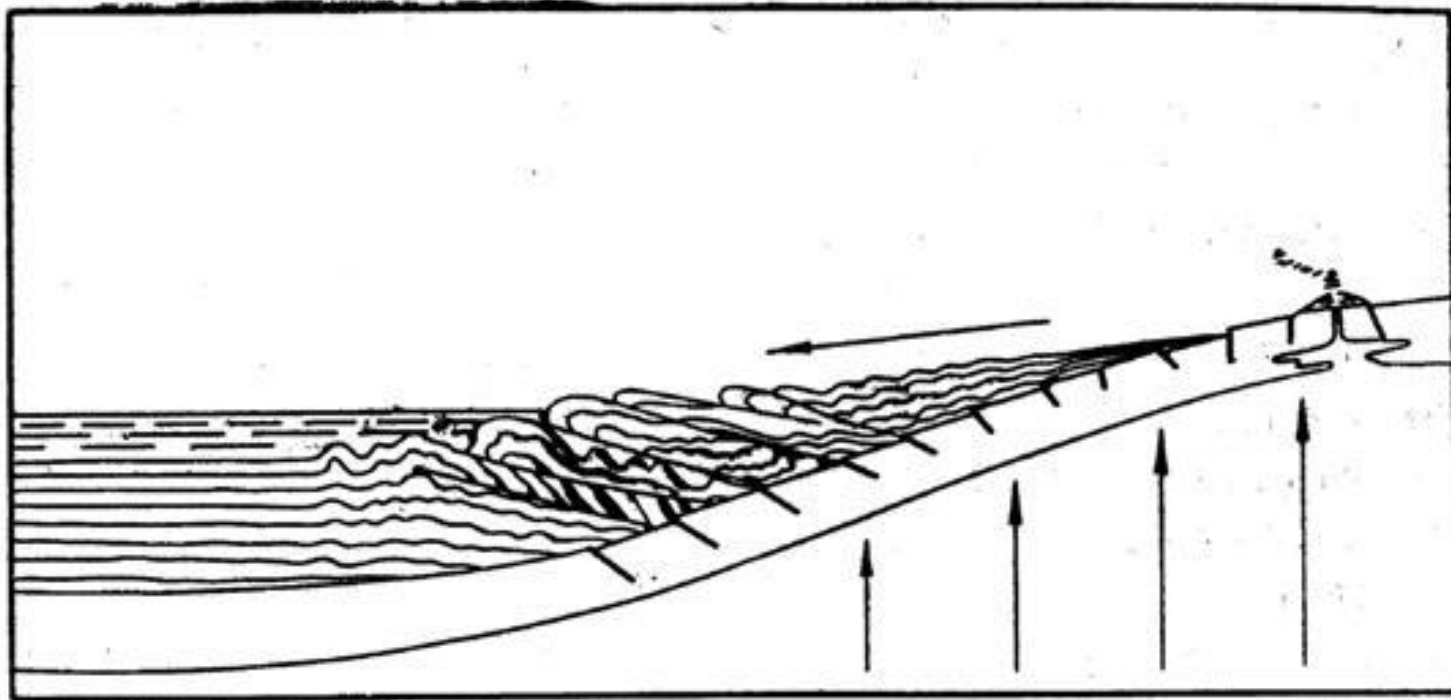


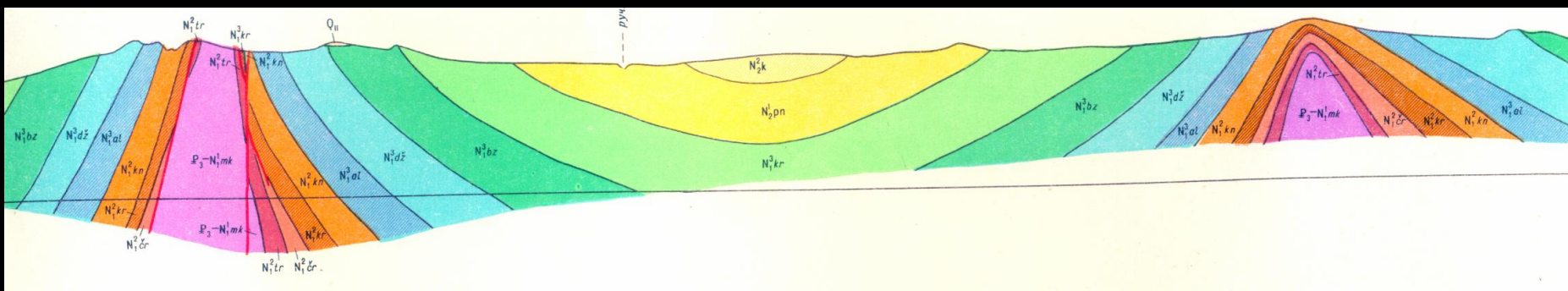
Рис. 140. Схема образования складок «свободного течения» в слоистых толщах под действием тангенциальной составляющей их веса (по Э. Хаарману с упрощениями)

Складки гравитационного скольжения образуются на склонах поднятий под действием силы тяжести. Эти складки отнесены к классу тектонических, хотя главные действующие силы в их образовании - гравитационные. Особенно благоприятные условия для развития таких складок возникают в условиях контрастного рельефа бассейна осадконакопления. Максимальные амплитуды перемещений при их образовании достигают первых десятков километров.



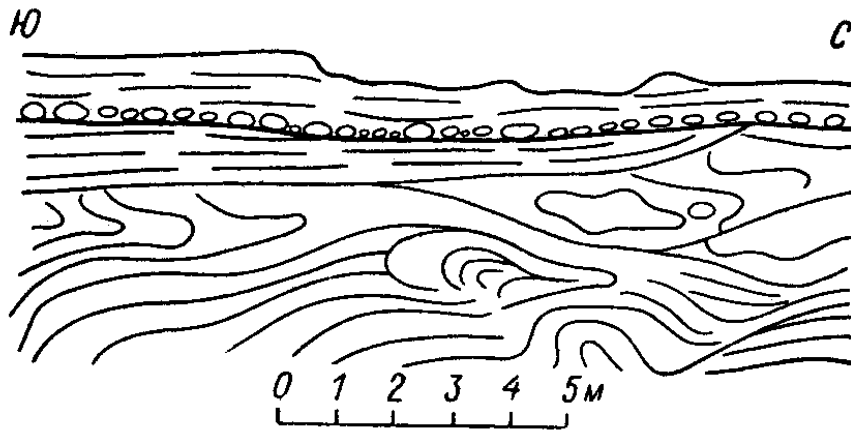
ПРИАЗРЫВНАЯ СКЛАДЧАТОСТЬ

A 3D block diagram illustrating the stages of magma rising through the crust. The diagram shows a cross-section of the Earth's crust with a magma chamber at the base. As magma rises, it forms a dike (1), a sill (2), and a volcano (3). The magma chamber is labeled 4.



Геологи-2017_л10

Подводные оползни (складки течения)



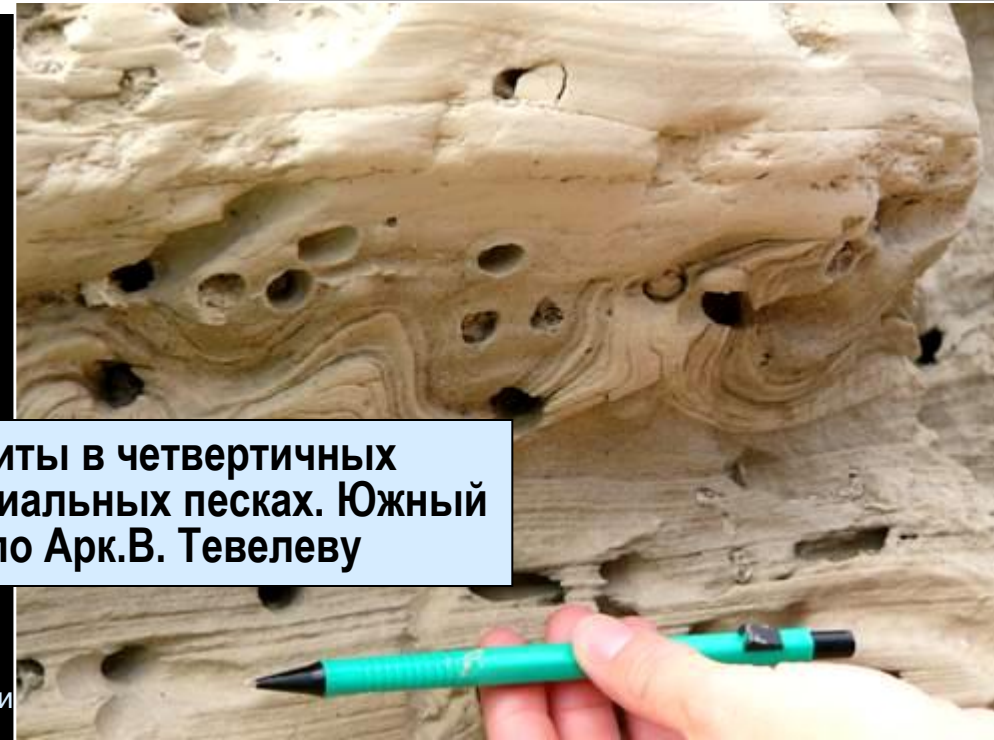
Горный Алтай
(по Е.В. Дееву и др.)



Южный Урал
(по Арк.В. Тевелеву)

Сейсмиты в четвертичных
аллювиальных песках. Южный
Урал (по Арк.В. Тевелеву)

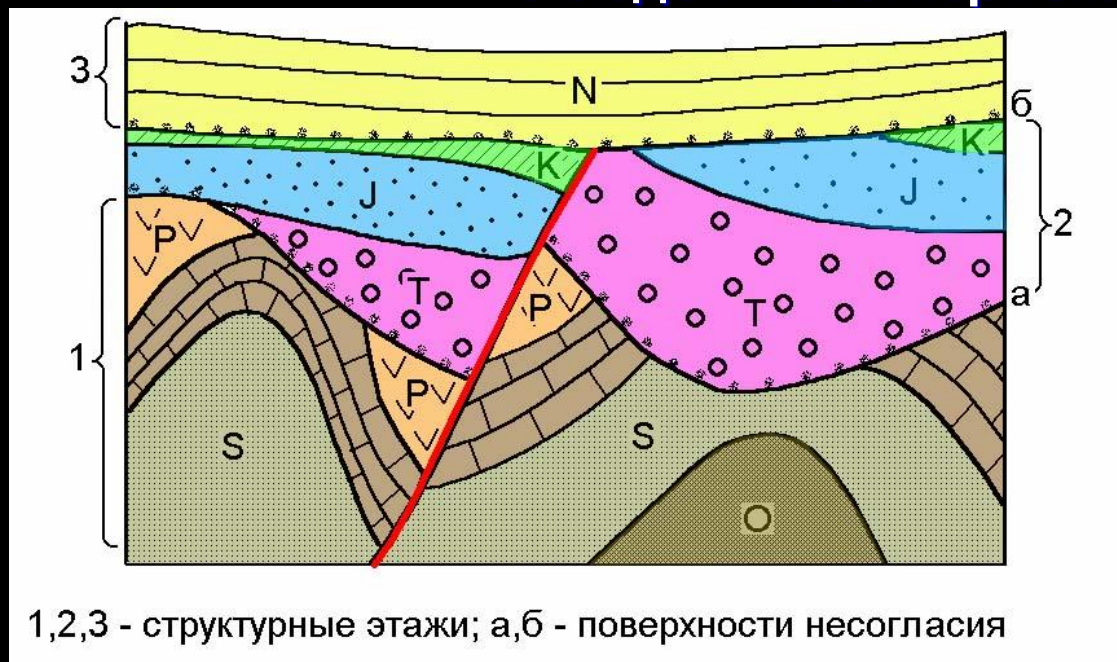
Геологи



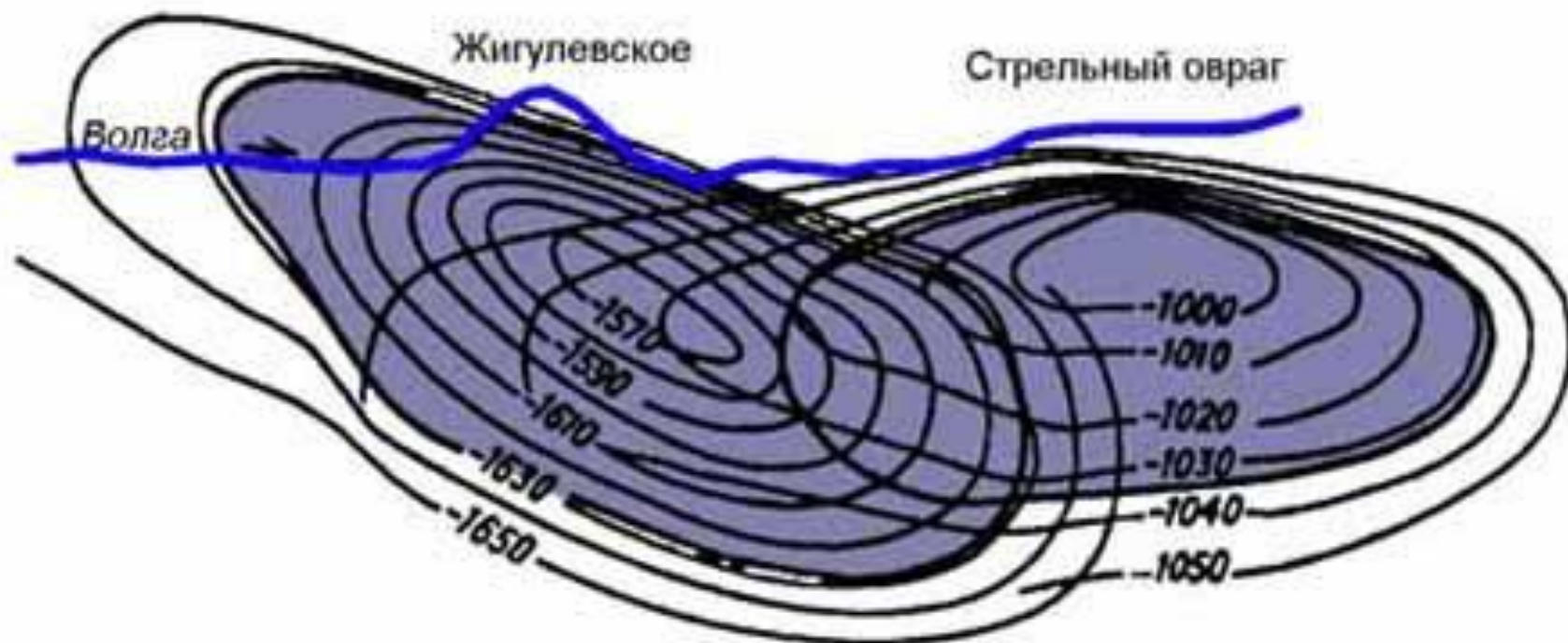
Возраст постседиментационной складчатости

Складка моложе самых молодых пород, смятых в складку, и древнее самых древних, не затронутых складчатостью. Две генерации складок – постпермская дотриасовая, и

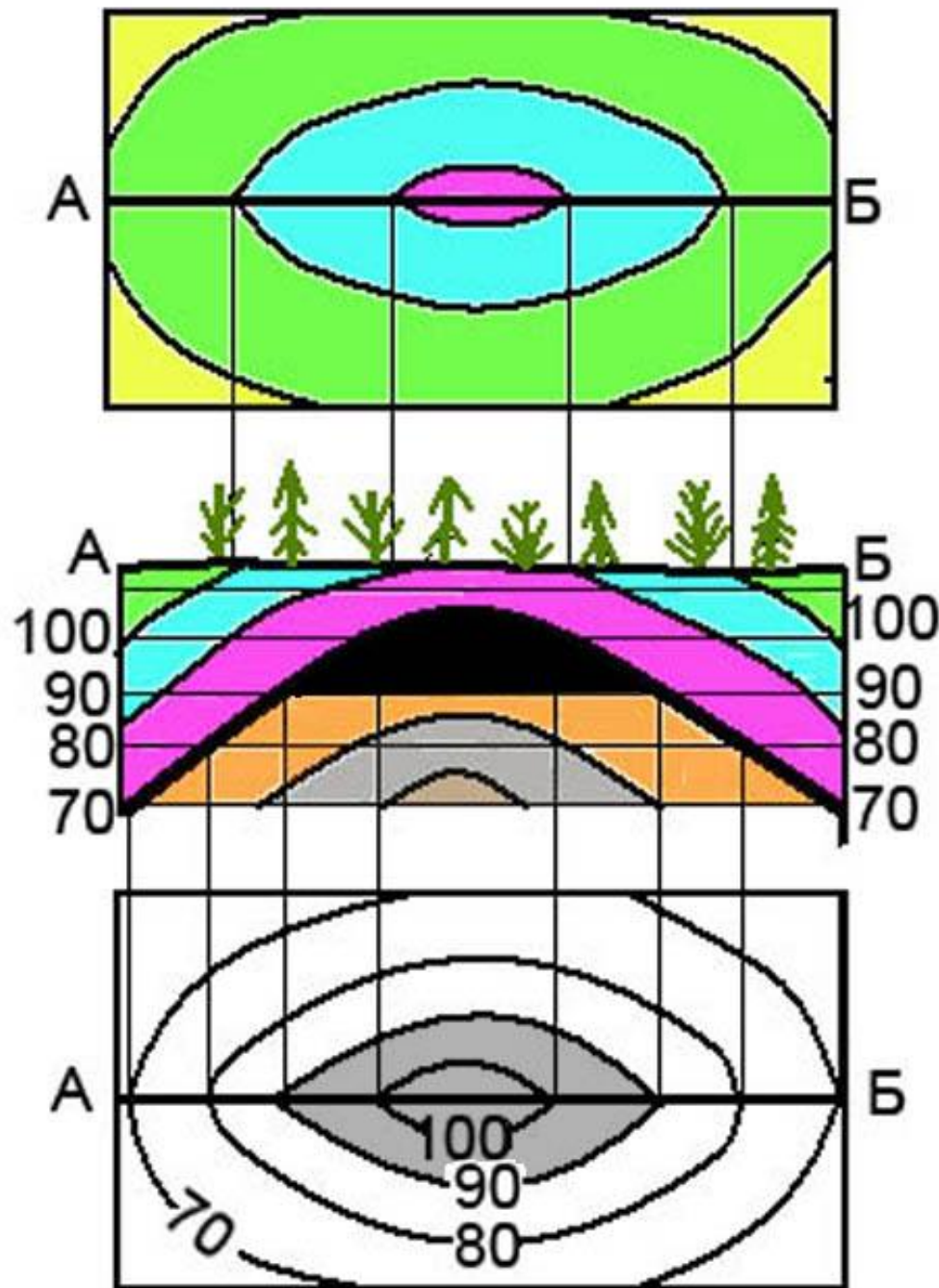
новая



Возраст конседиментационной складчатости совпадает с возрастом всех накопившихся в процессе неравномерного прогибания пород.



Складки и залежи углеводородов



**Эталонный образ
залежи
углеводородов –
залежь в
симметричной
брахиморфной
антиклинальной
складке**

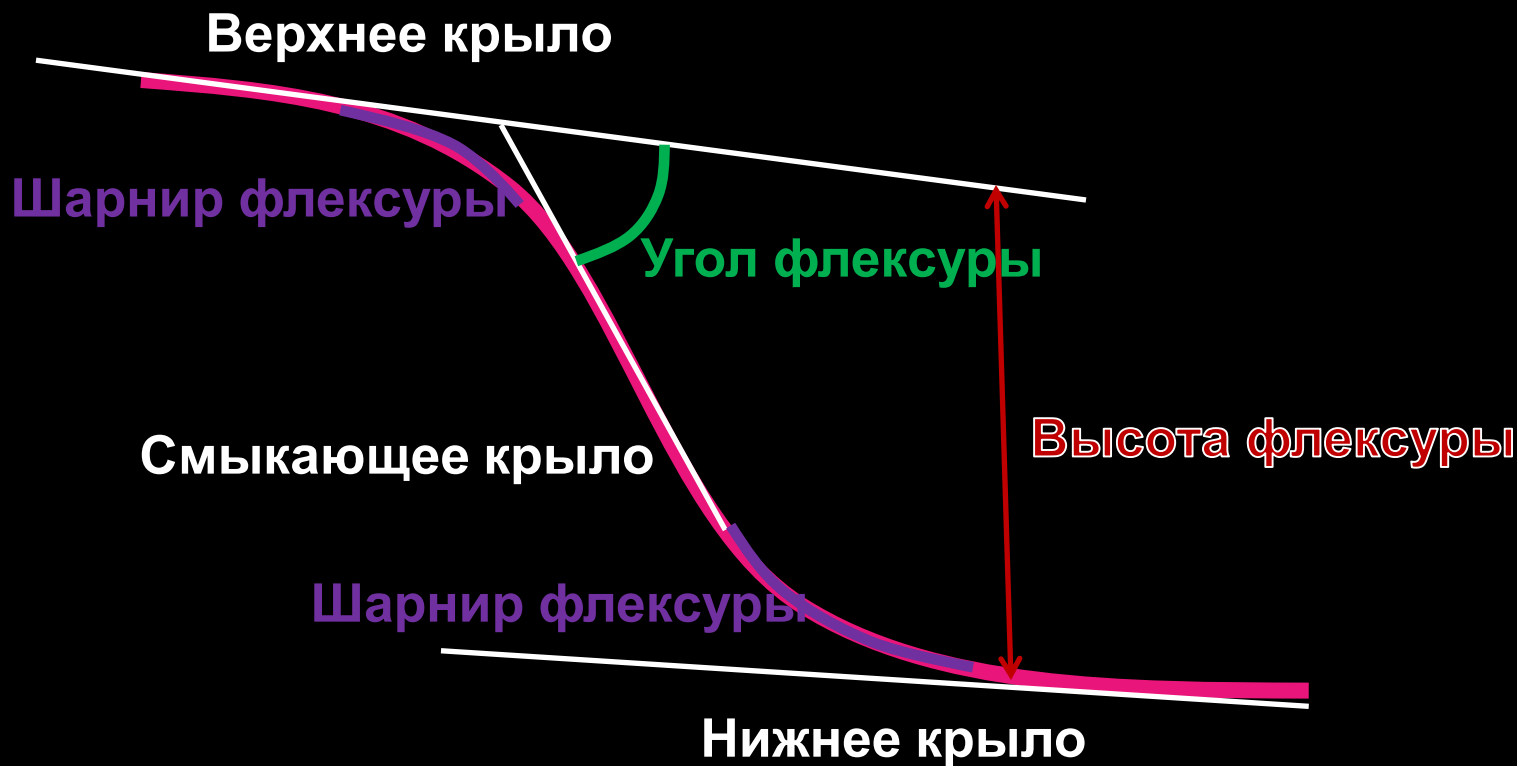
Самостоятельная работа 2.

Пликативные нарушения

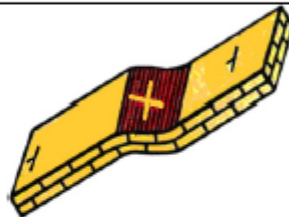
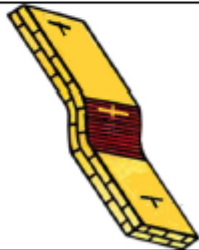
К пликативным структурам относят разнообразные изгибы – флексуры, структурные носы и заливы, седла, складки. Для геологов-нефтяников удобно использовать геометрическую классификацию пликативных структур, основанную на замкнутости очертаний стратоизогипс

Пликативные структуры		
Незамкнутые (не образуют ловушек)	Полузамкнутые (могут образовывать незначительные ловушки)	Замкнутые (могут образовывать ловушки)
Флексуры	Структурные носы, структурные заливы, седла	Складки

Элементы флексур



Классификация флексур по соотношениям наклонов крыльев

Название флексуры	Характеристика флексуры	Рисунок
Согласная	Крылья падают в одну сторону	
Несогласная	Крылья падают в разные стороны	
Структурная терраса	Смыкающее крыло горизонтально	
Горизонтальная	Верхнее и нижнее крылья горизонтальны	
Вертикальная	Смыкающее крыло вертикально	
Наклонная	Крылья наклонены, шарнир наклонен	

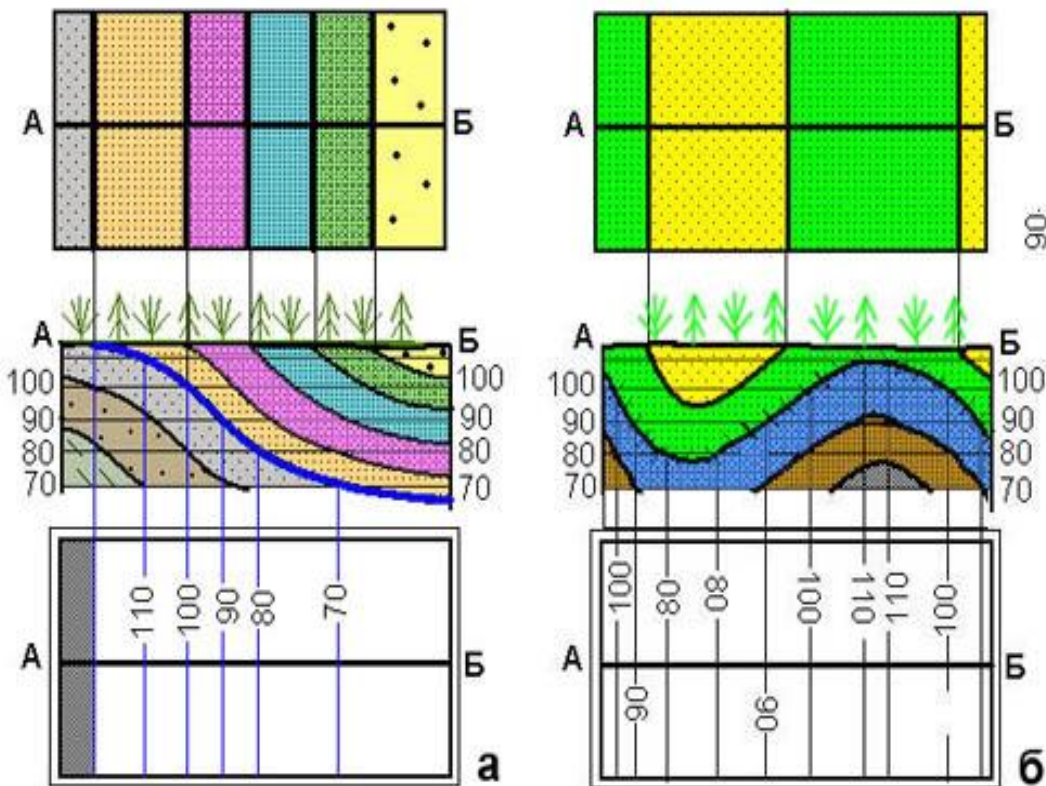
Упражнение 2.1

Изобразите геологический разрез, геологическую и структурную карту флексуры с характеристиками, приведенными в таблице. Остальные параметры выбирайте произвольно. Построения выполнить для конседиментационной и постседиментационной флексур.

Характеристики флексур для построения

Название флексуры	Элементы залегания верхнего крыла		
Согласная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
Несогласная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
Структурная терраса	Аз. пад. 45 ∠ 30	Аз. пад. 135 ∠ 45	Аз. пад. 0 ∠ 60
Вертикальная	Аз. пад. 45 ∠ 30	Аз. пад. 135 ∠ 45	Аз. пад. 0 ∠ 60
Наклонная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60
	Элементы залегания смыкающего крыла		
Горизонтальная	Аз. пад. 90 ∠ 30	Аз. пад. 0 ∠ 45	Аз. пад. 270 ∠ 60

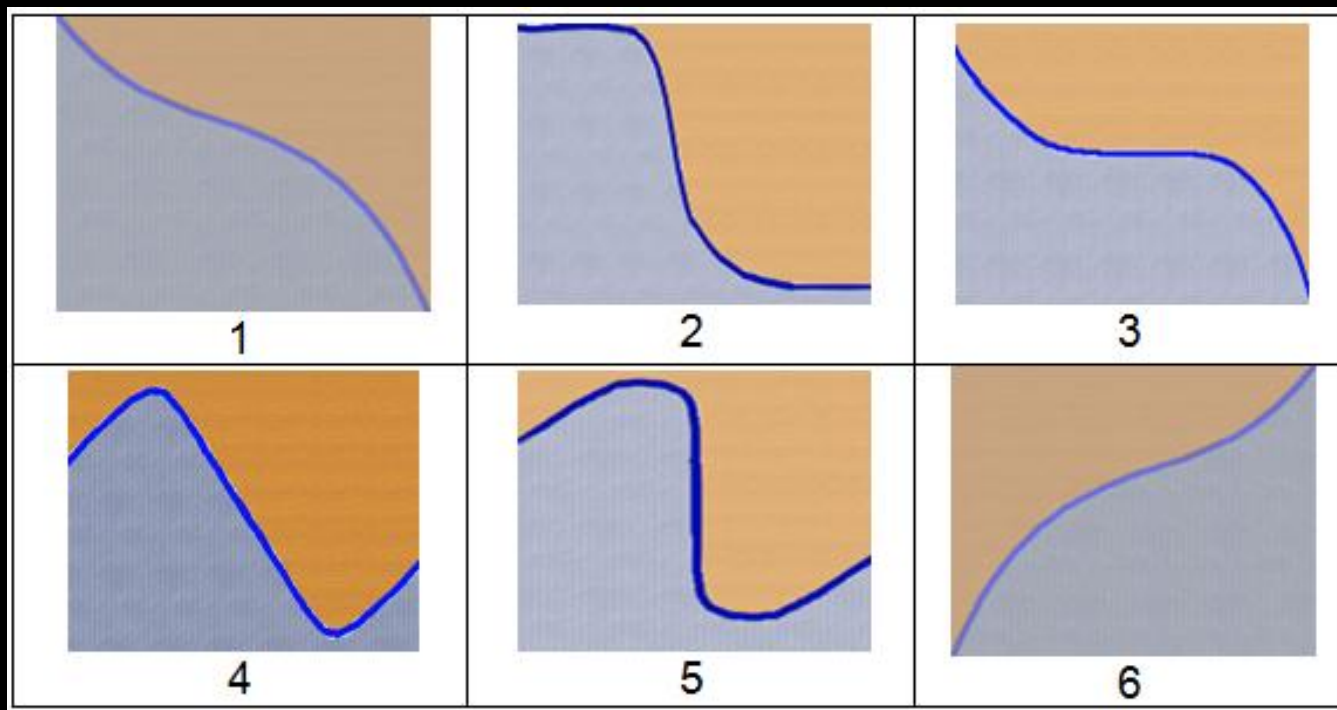
Построение геологических разрезов согласной и несогласной флексур



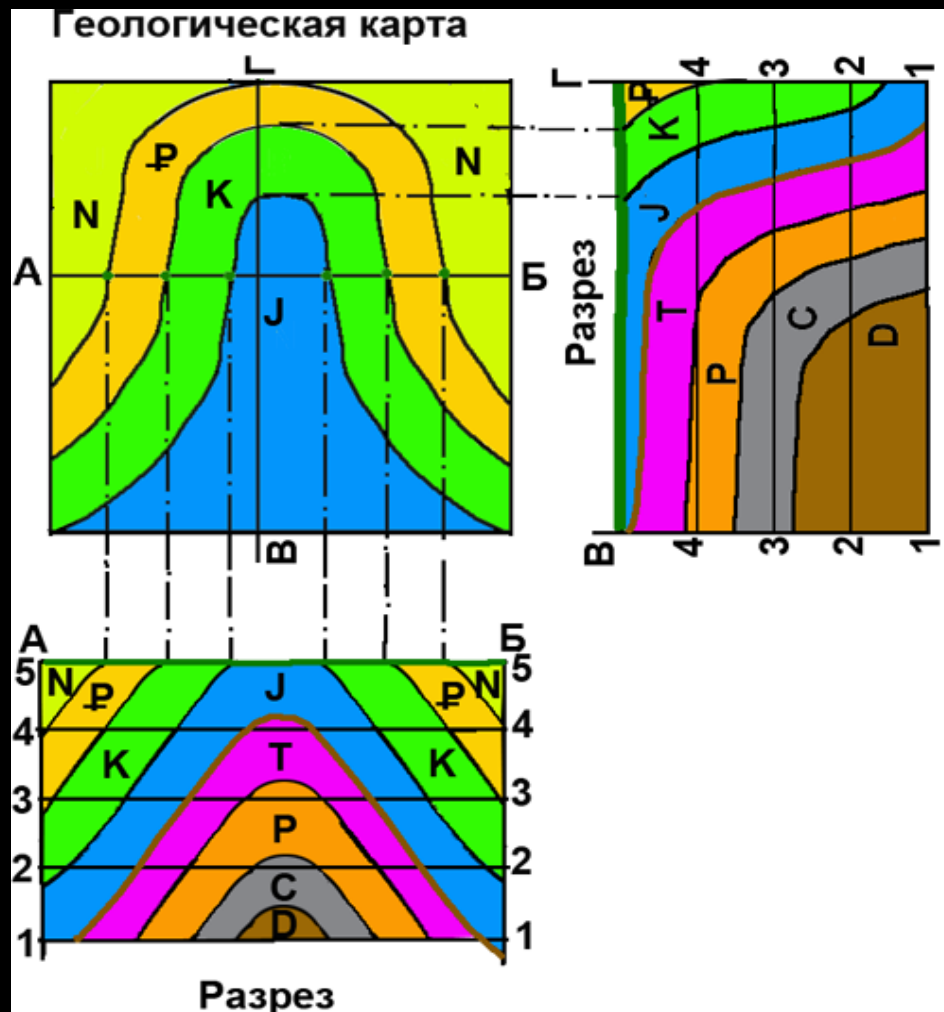
- Линию разреза таких флексур правильно провести вкрест простирания (в широтном направлении в данном примере).
- Выделим поверхность, по которой будем строить структурные карты. Предположим, это будет подошва перми у согласной флексуры (а), и подошва мела у несогласной флексуры (б).
- Спроецируем абсолютные отметки этих границ на линию разреза на структурной карте и проведем параллельные линии.
- Надпишем соответствующие стратоизогипсы. На рис. а западнее стратоизогипсы 110, там, где пермские отложения на геологической карте выходят на дневную поверхность, граница будет размыта, что на структурной карте показано соответствующим знаком.

Упражнение 2.2

Назовите вид флексуры по изображению её профиля



II. Полузамкнутые структуры

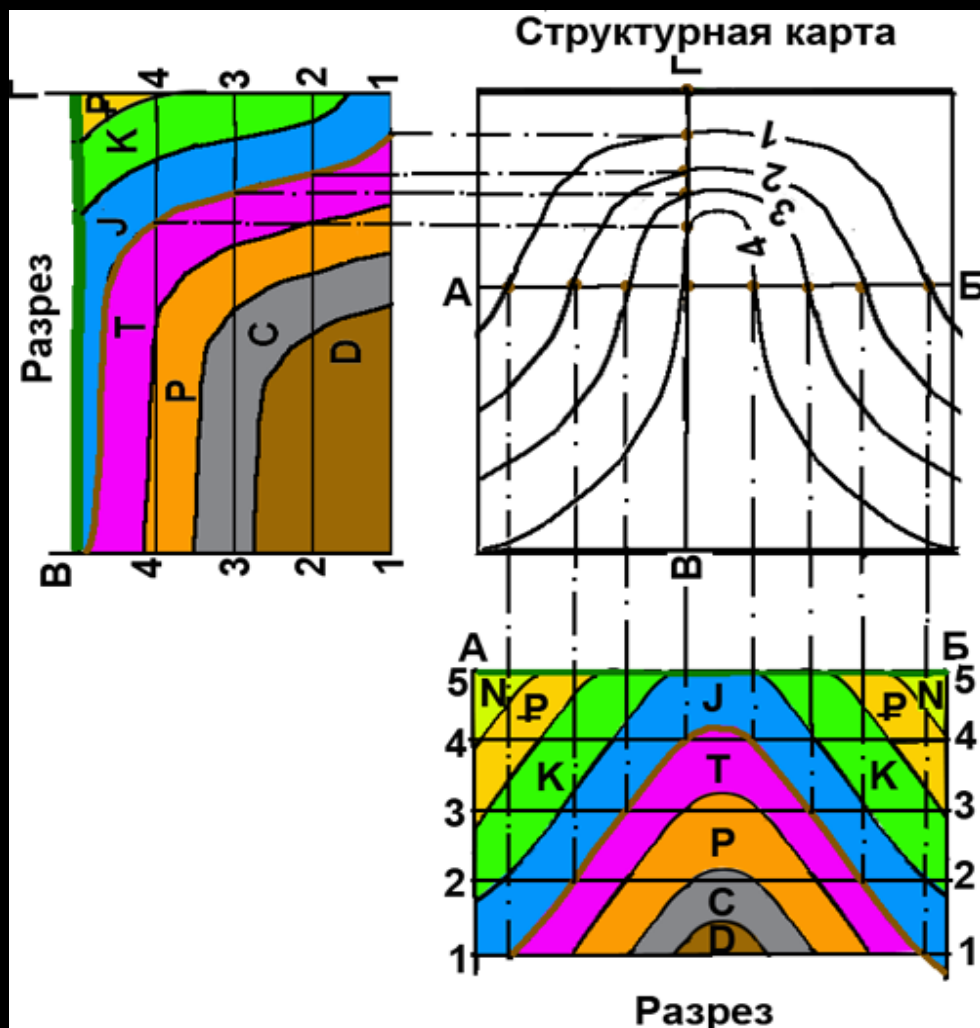


Построение геологической карты и двух взаимно перпендикулярных разрезов структурного носа

Построение структурного носа

- **Построение структурного носа следует начинать с изображения его геологической карты**
- **затем провести две взаимно перпендикулярные линии разрезов (АБ и ВГ)**
- **построить рамки разрезов**
- **спроецировать на условную поверхность рельефа геологические границы**
- **построить два взаимно перпендикулярных разреза**

Построение структурного носа



Построение структурной карты структурного носа

- После этого следует выделить структурную поверхность, по которой будет строиться структурная карта.

Удобно выбрать её так, чтобы она не выходила на поверхность земли и пересекала бы максимальное число высотных отметок. На нашем рисунке это кровля триаса (показано коричневым цветом на рисунке).

- Затем необходимо построить рамку будущей структурной карты, перенести на неё линии разрезов и спроецировать на них точки пересечения структурной поверхности и высотных отметок.

Алгоритм построения полузамкнутых структур

Начало

Изображение заданной структуры на геологической карте

**Проецирование геологических
границ на линию разреза**

Построение двух взаимно перпендикулярных геологических разрезов

Выбор структурной поверхности

**Построение рамки
структурной карты**

Нанесение линий разрезов

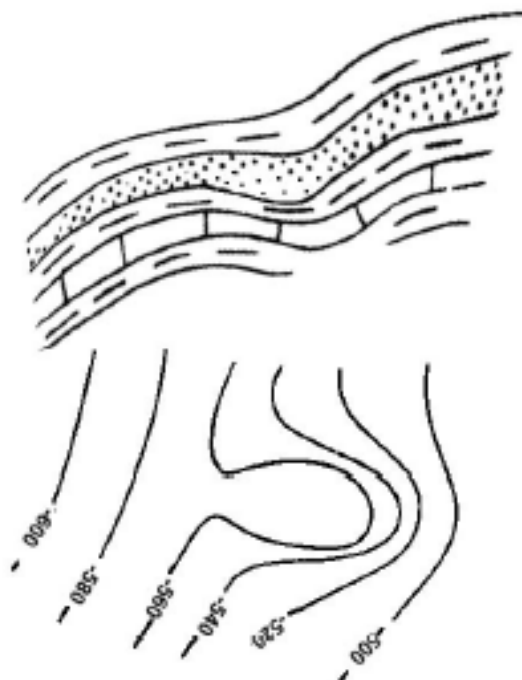
**Проецирование высотных отметок
на линии разрезов**

Построение структурной карты (соединение одновысотных отметок)

Конец

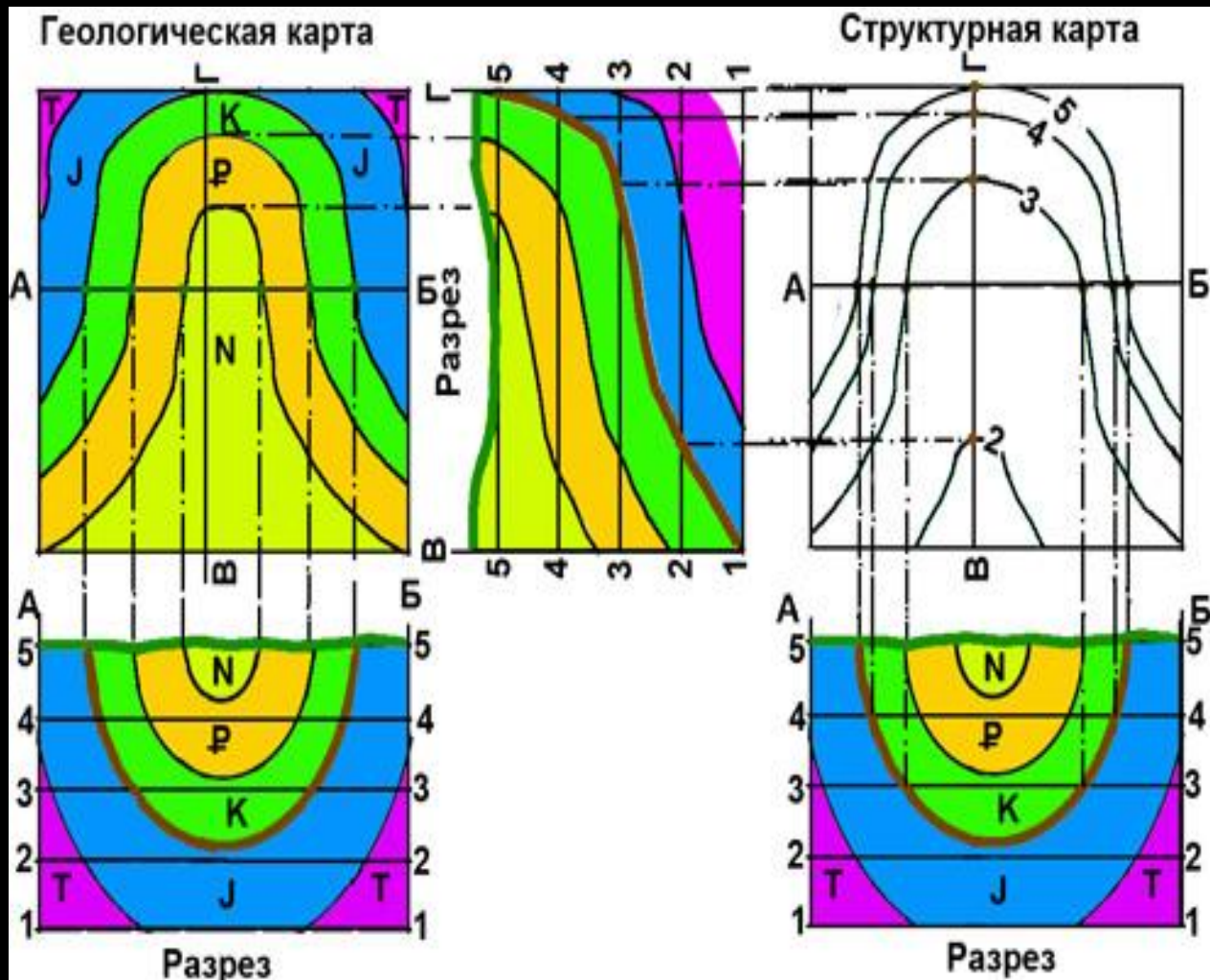
СТРУКТУРНЫЙ ЗАЛИВ

Структурный залив это половина синклинали, «сидящая» на моноклинали. В рельефе аналогией структурного залива может служить рельеф залива водоема



Структурный залив

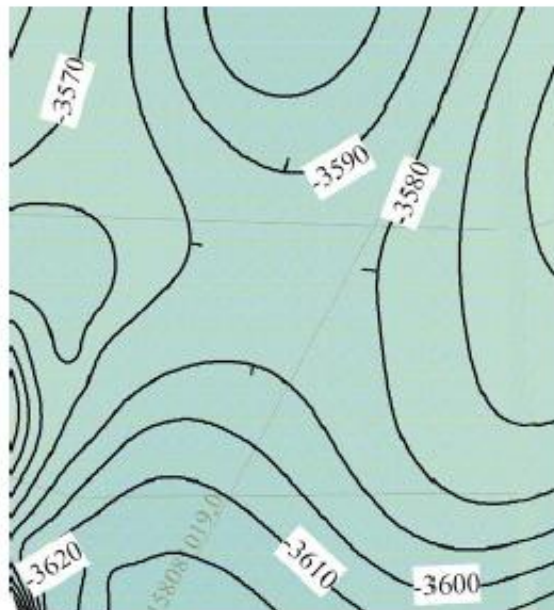
Структурные заливы обычно встречаются как локальные осложнения моноклиналей и флексур на платформах. К элементам структурного залива так же, как и у структурного носа, относят его длину, ширину, высоту и амплитуду.



Построение геологической карты, разрезов и структурной карты структурного залива

Структурное седло (седловина)

Структурное седло (седловина) – структурная форма, похожая на конское седло для верховой езды, или горный перевал. С двух сторон от него находятся вершины, а с двух других – пониженные участки

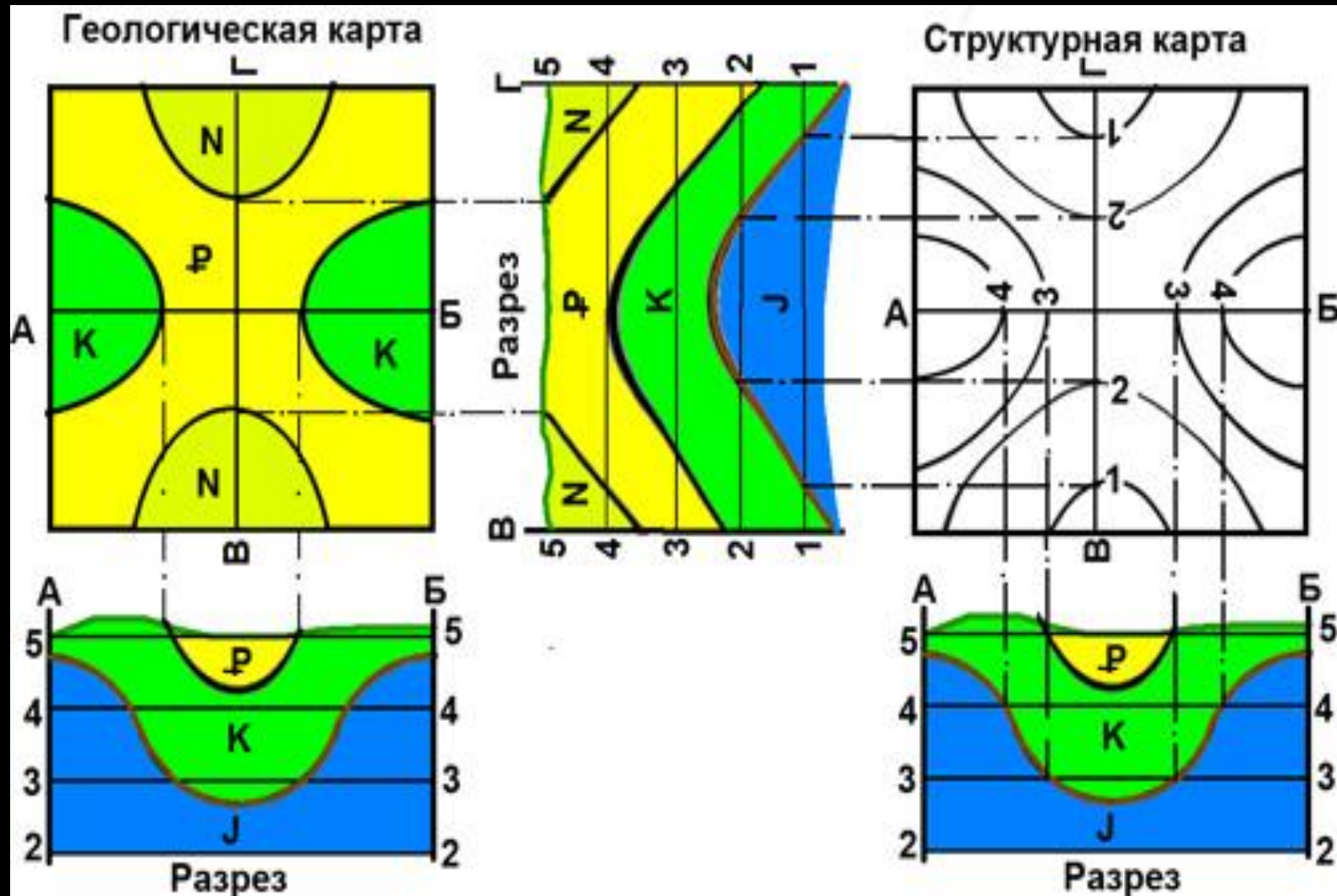


Изображение седловины на структурной карте. Фрагмент карты одного из продуктивных горизонтов Дружного месторождения

Также седло можно представить, как сочетание замыкающих частей двух синклиналей и двух антиклиналей. На геологической карте с плоским рельефом выходы геологических границ седла образуют своеобразный рисунок

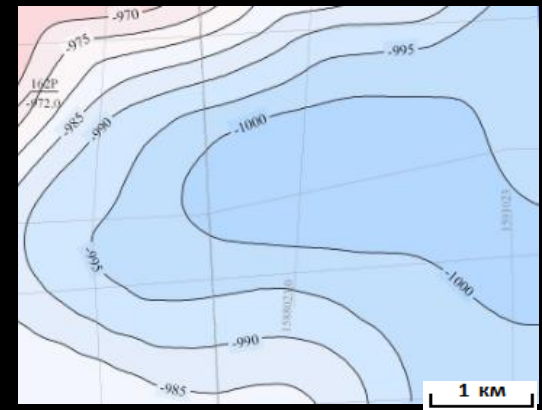
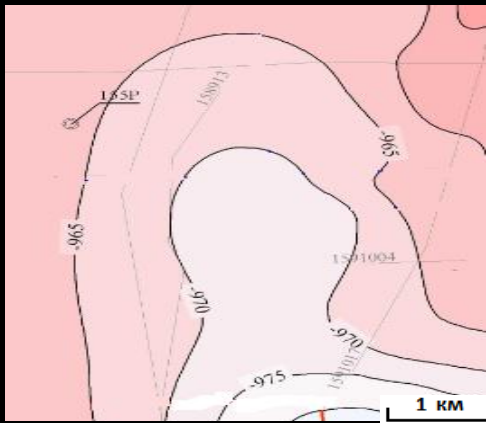
На структурных картах седла изображаются подобным же очертанием стратоизогипс. Так же, как структурный залив, седловину невозможно охарактеризовать единственным разрезом - в одном сечении она выглядит как синклинальная складка, а в другом - как антиклинальная.

Построение структурного седла



Построение геологической карты, разрезов и структурной карты структурного седла (седловины)

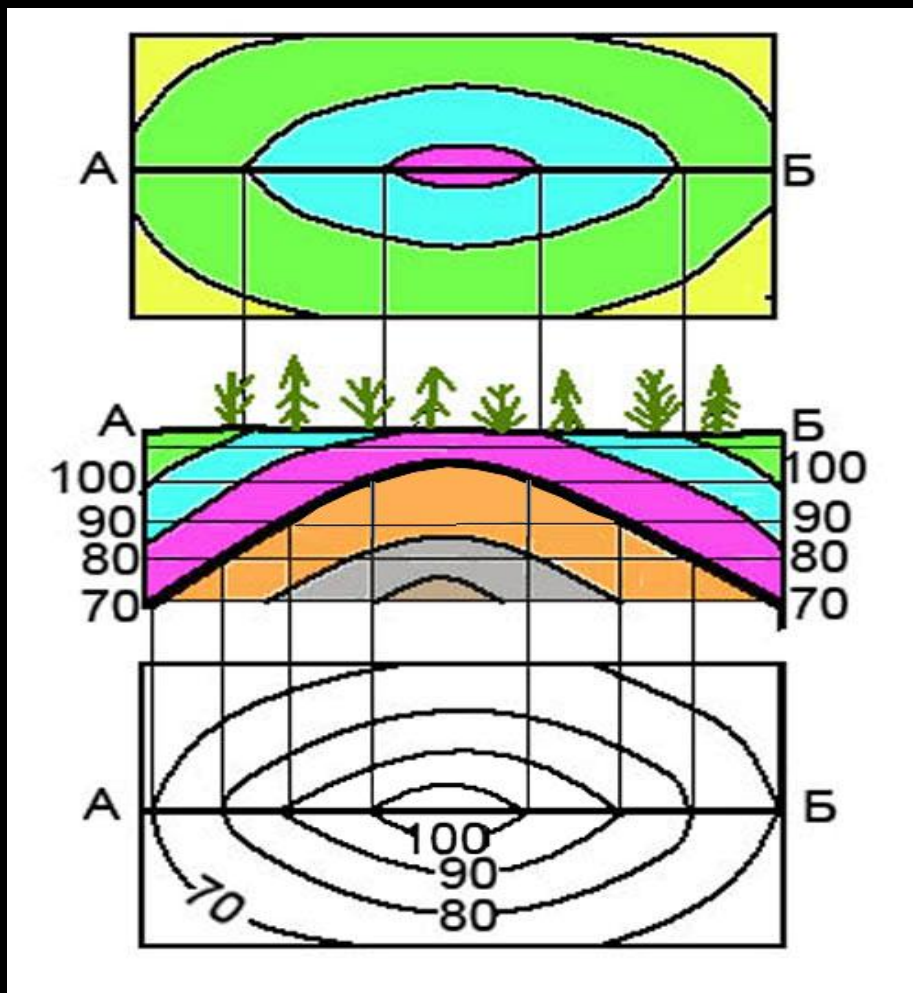
1111



Упражнение 2.4

Изобразить геологическую и структурную карту и разрез (разрезы):

- симметричной брахиморфной антиклинали,**
- симметричной брахиморфной синклинали,**
- наклонной брахиморфной антиклинали,**
- наклонной брахиморфной синклинали,**
- опрокинутой (перевернутой) брахиморфной антиклинали,**
- опрокинутой (перевернутой) брахиморфной синклинали.**



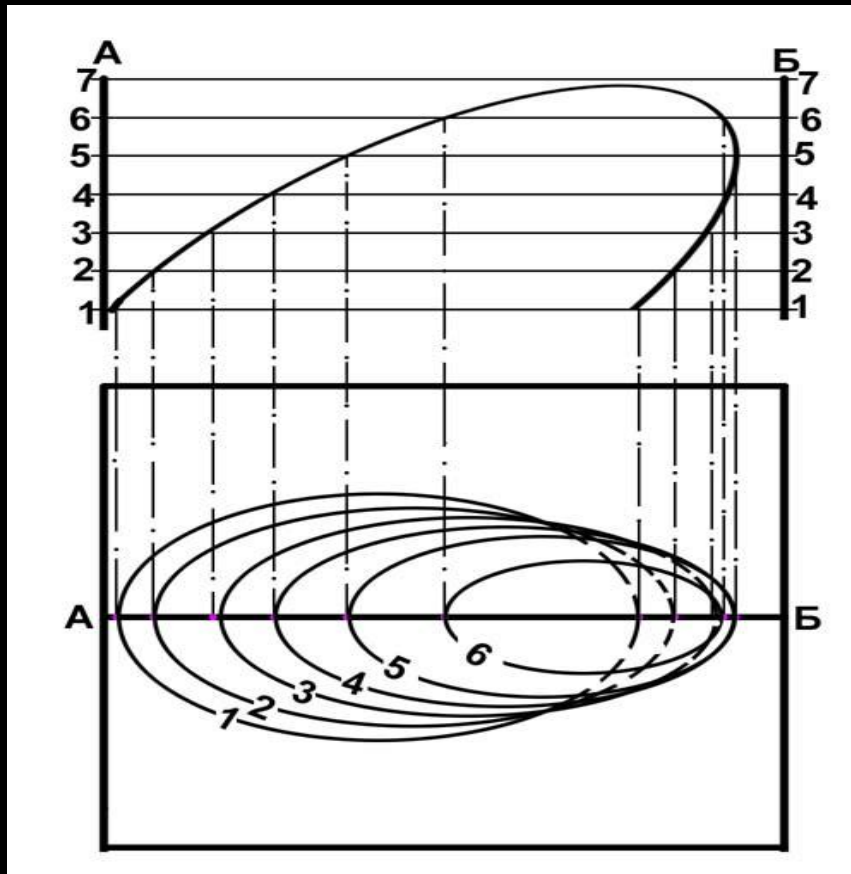
Построение геологической и структурной карт и разреза антиклинальной складки

Построение антиклинальной складки

- Построение складки следует начинать с изображения его геологического разреза.
- Затем выбрать структурную поверхность (в нашем случае это условно кровля перми).
- Построить рамку будущих карт
- провести линии разрезов
- спроецировать на них положение структурной поверхности.

Величина брахиморфности выбирается произвольно – складка может быть изометричной или линейной. Однако, если мы на геологической карте изобразили брахиморфную складку, на структурной карте, должны изобразить такую же брахиморфную – с таким же радиусом кривизны.

Изображение взаимно согласованных разреза и структурной карты опрокинутой складки

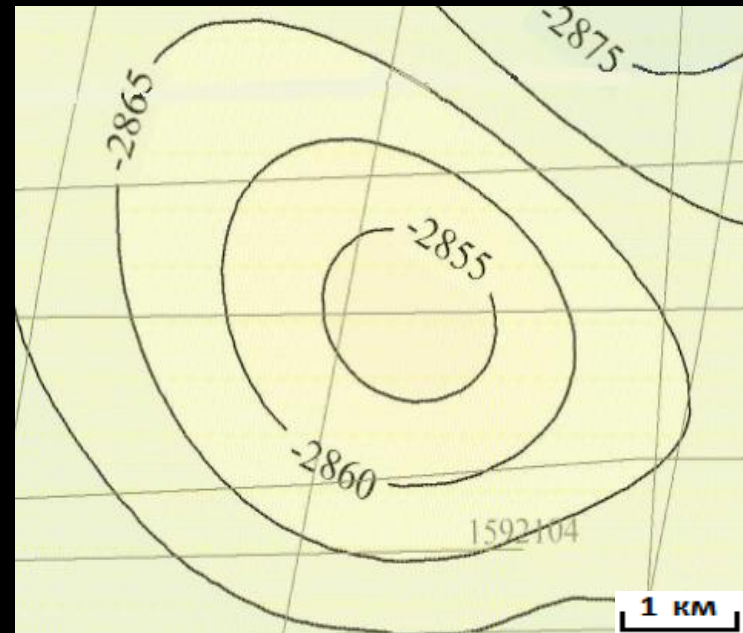
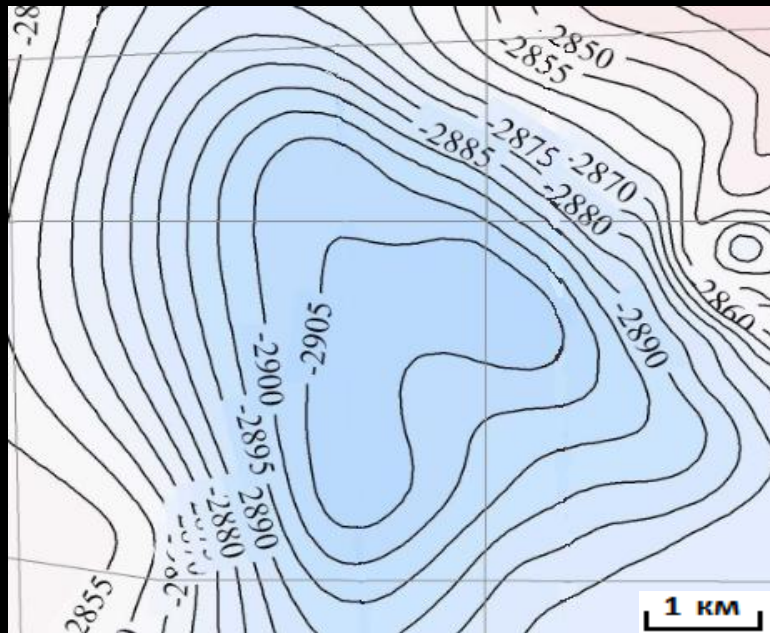
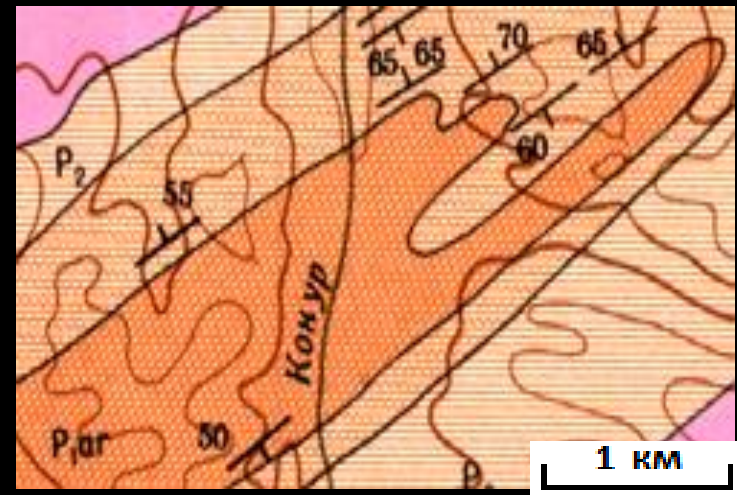
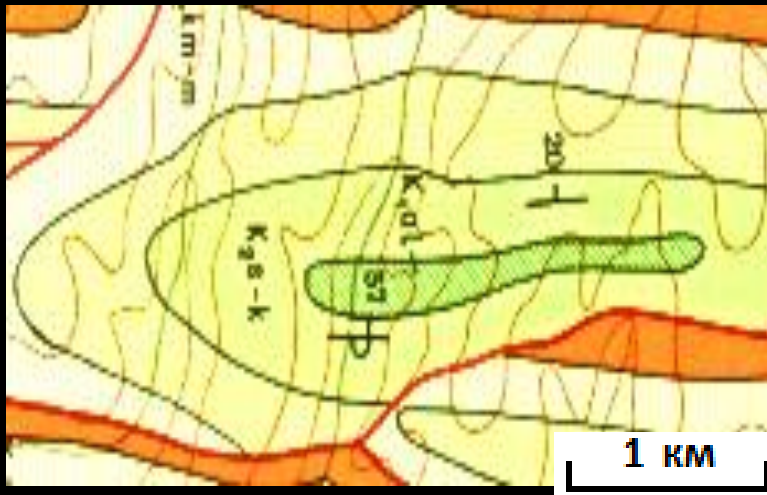


- Величина заложения стратоизогипс тем больше, чем положение лежит слой.
- В случае опрокинутых складок стратоизогипсы заходят одна под другую.

Строго говоря, они не могут быть проведены, потому что в этом случае нарушается принцип однозначности топографических поверхностей. Поэтому "невидимые" стратоизогипсы изображаются условно, прерывистой линией.

Упражнение 2.5

Рассмотрите рисунки и назовите складки, показанные на геологических картах



Самостоятельная работа № 3

Структуры, осложненные разломами

ИЗОБРАЖЕНИЕ МОНОКЛИНАЛИ, ОСЛОЖНЕННОЙ НАКЛОННЫМ РАЗЛОМОМ

Построим разрез, геологическую и структурную карты моноклинали, осложненной продольным несогласным сбросом (простираие продольного сброса совпадает с простираием моноклинали).

1. Строим геологический разрез. Соотношение простираий моноклинали и сброса на разрезе не видно. Раскраска – условная, высотные отметки также условные.

2. Строим рамки карт и показываем на картах линию разреза.

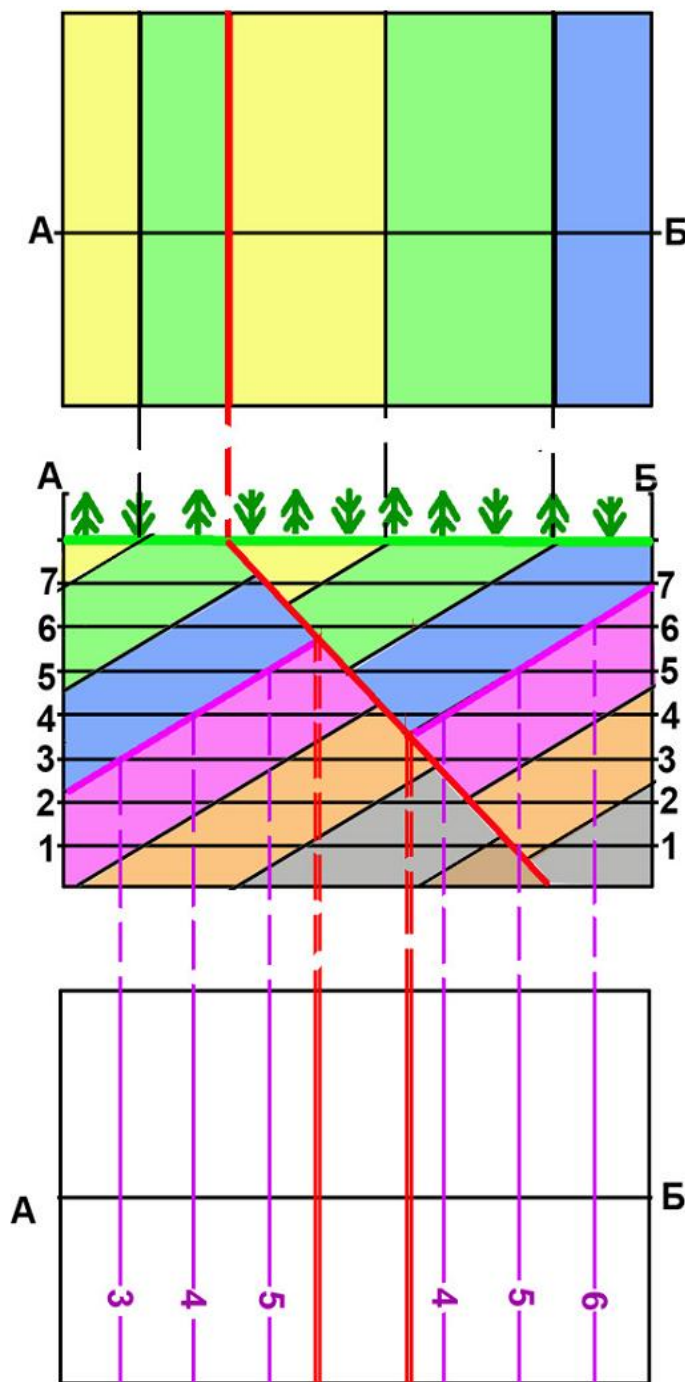
3. Проецируем на линию разреза положение выхода на дневную поверхность геологических границ и разлома

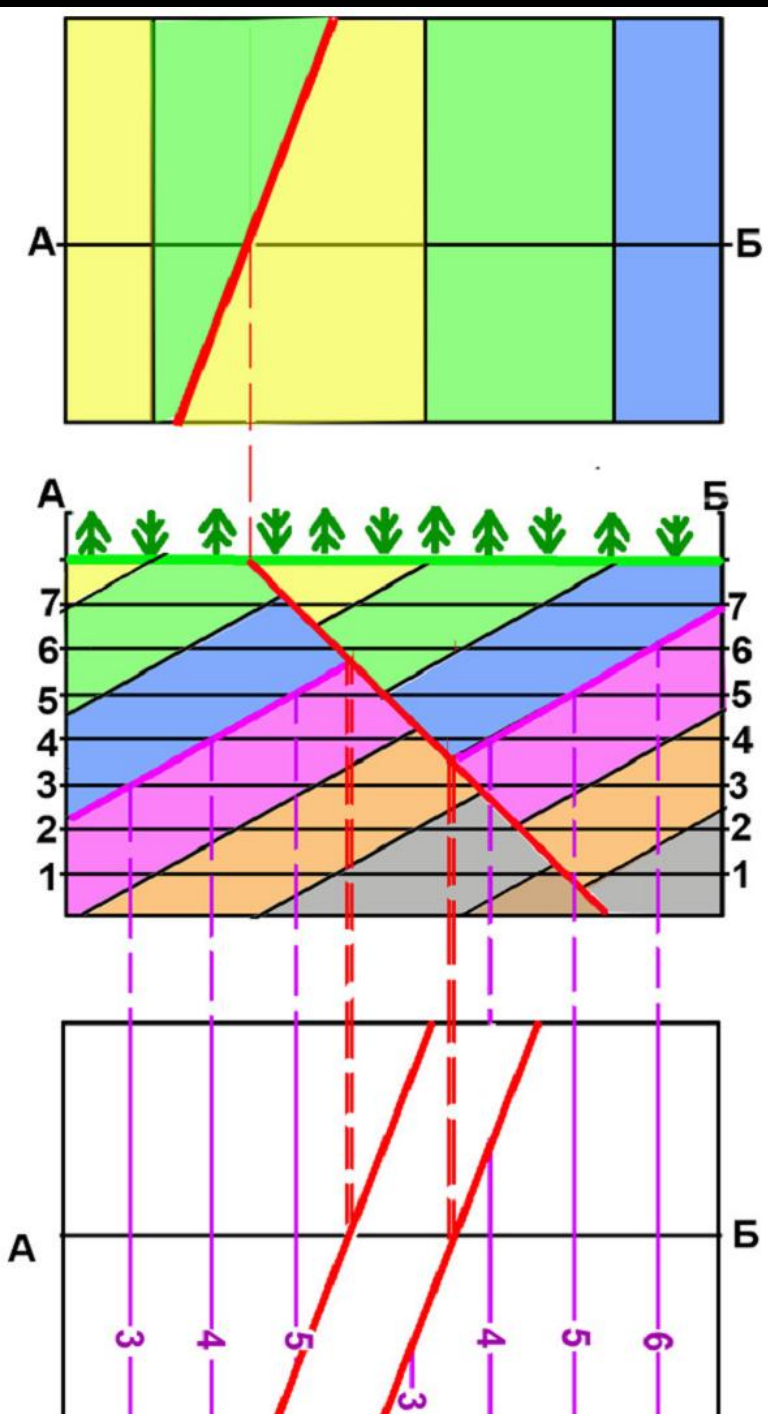
4. Строим геологическую карту

5. Выбираем структурную поверхность. В нашем примере это кровля триаса.

6. Проецируем на разрез в рамке структурной карты точки пересечения выбранной поверхности и высотных отметок, а также точек пересечения структурной поверхности и разлома.

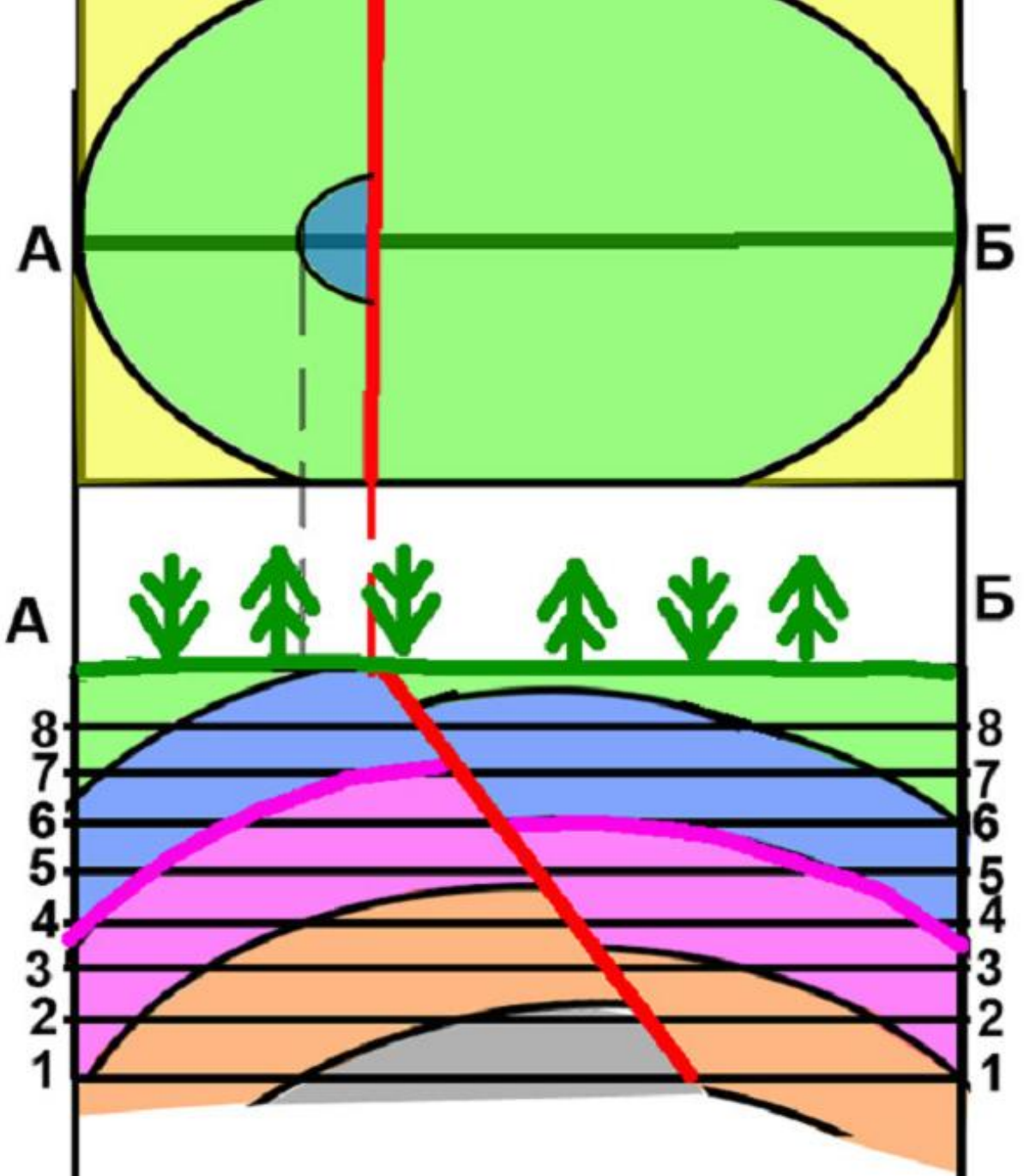
7. Проводим через полученные точки стратоизогипсы и область разрыва, равную горизонтальной амплитуде смещения.





Если простирание разлома под углом к простиранию моноклинали, алгоритм построения остается прежним, а карты будут выглядеть, например, так, как показано на слайде.

Простирание геологических границ на геологической и структурной картах должны совпадать, также, как и линий пересечения разлома и пласта.

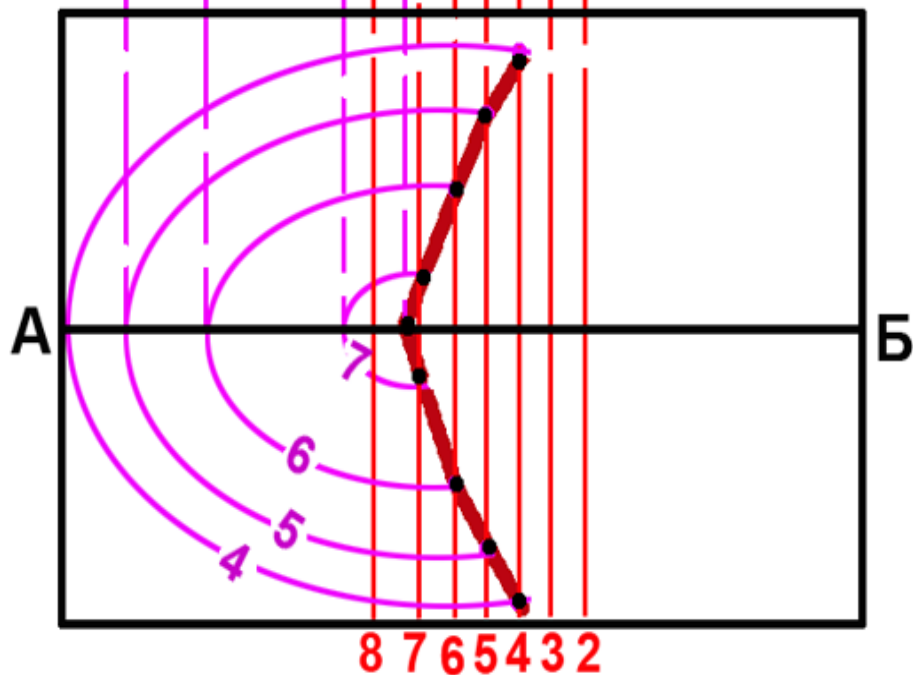
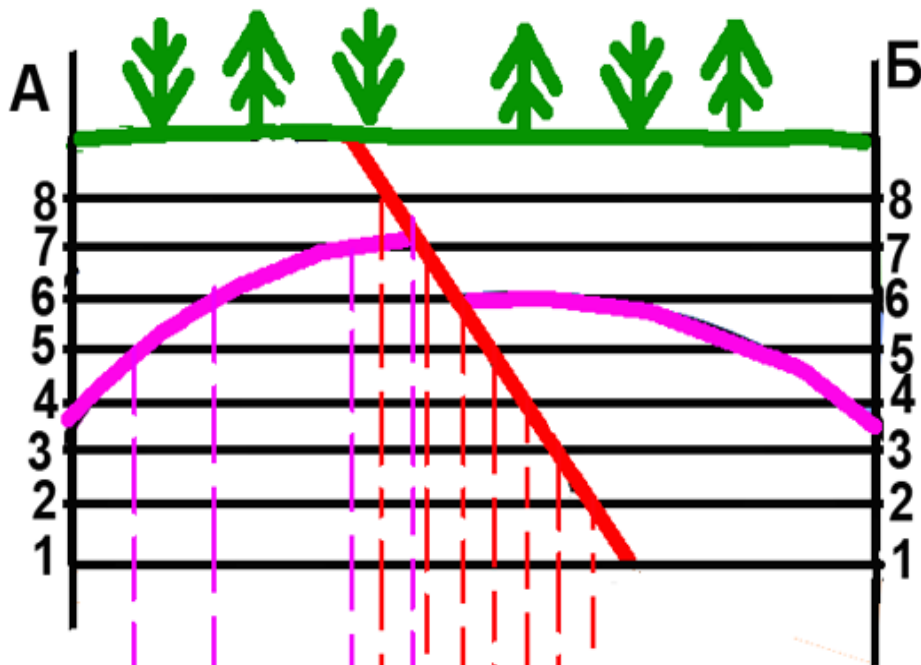


ИЗОБРАЖЕНИЕ АНТИКЛИНАЛИ, ОСЛОЖНЕННОЙ НАКЛОННЫМ РАЗЛОМОМ

1. Построение
геологического разреза

2. Изображаем рамку будущей
геологической карты и
обозначаем линию разреза (АБ).
Проецируем на эту линию выход
разлома и геологических границ.

3. Через точку,
соответствующую границе,
выходящей на дневную
поверхность проводим часть
овала, соответствующего
очертаниям брахискладки,
срезаемого разломом.
Так как на поверхности у нас
больше не выходит никаких
других границ, условно
изображаем фрагменты овала,
срезаемого границами карты.



Построение структурной карты

1. Выбираем структурную поверхность.

2. Рисуем рамку будущей карты и линию разреза на ней.

3. Затем сносим на эту линию разреза точки пересечения разлома и высотных отметок

4. Проводим серию линий, перпендикулярных линии разреза.

Получается структурная карта разлома – наклонной плоскости.

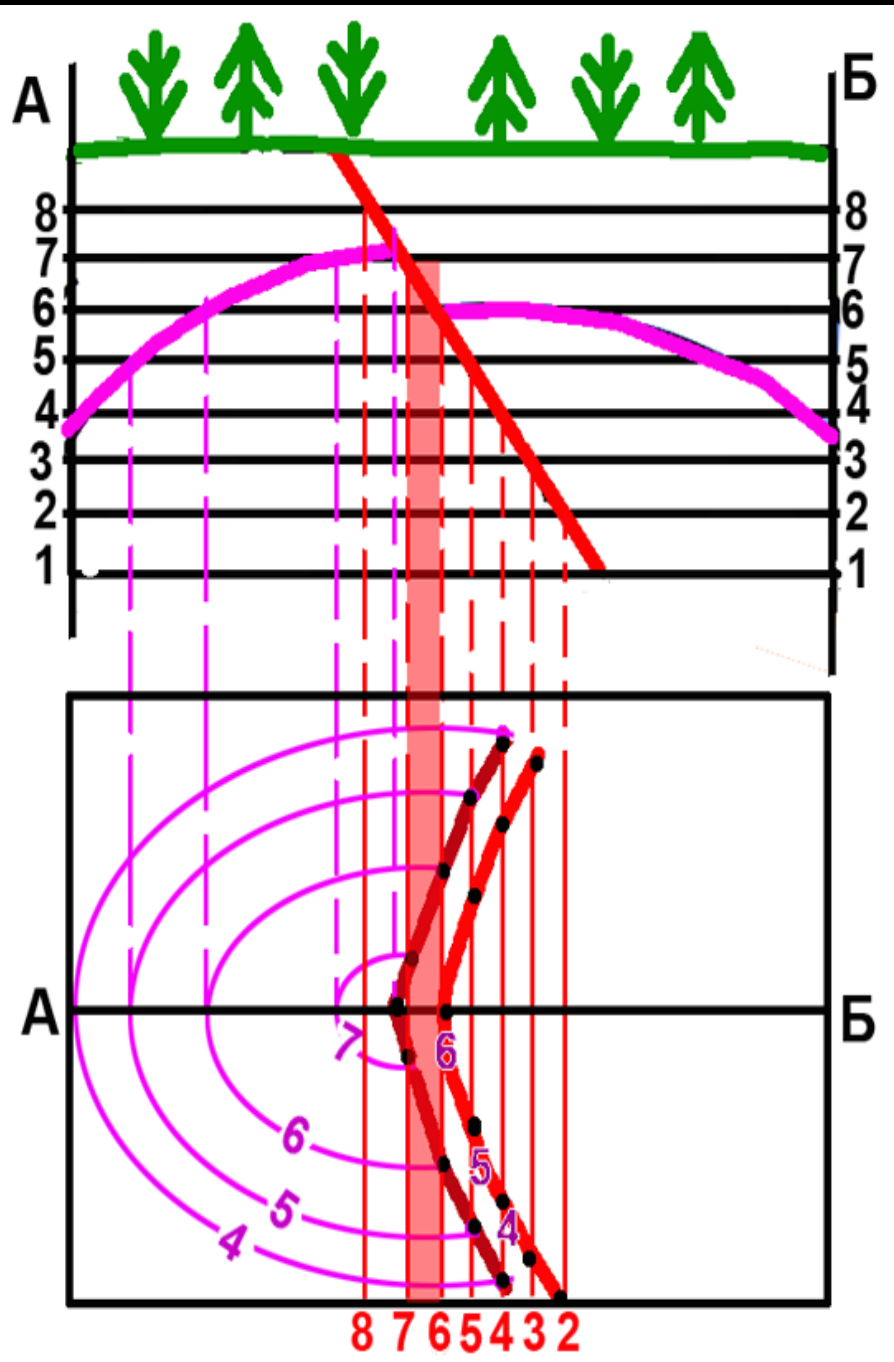
Строим структурную карту западного крыла складки.

5. Через точки пересечения западного крыла картируемой поверхности и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Вытянутость овалов должна быть такой же, как на геологической карте,

6. Проецируем на линию разреза точку пересечения разлома и кровли триаса.

7. В точках пересечения стратоизогипс западного крыла складки с одновысотными стратоизогипсами разломов они срезаются разломом и дальше не прослеживаются.

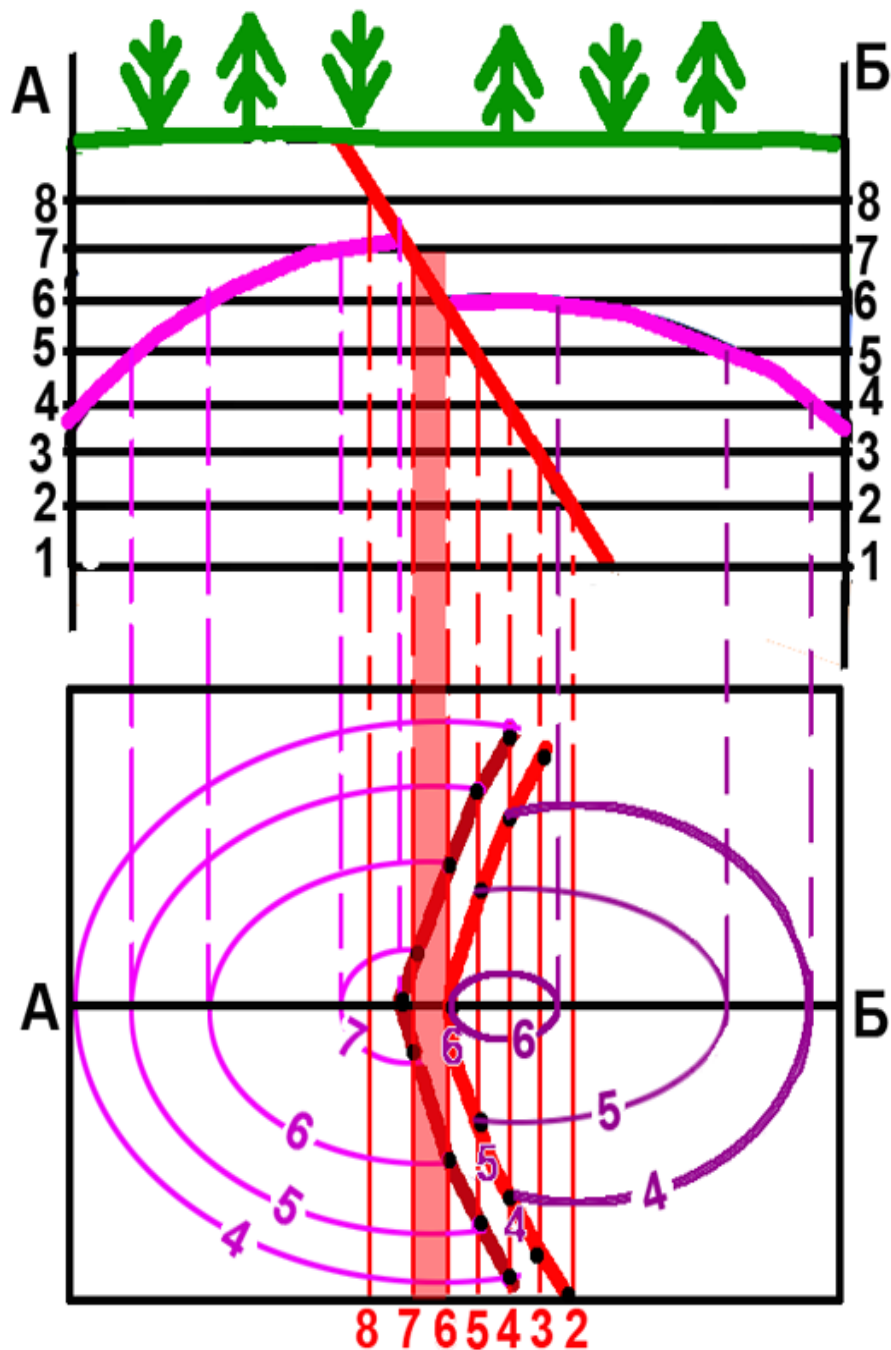
8. Соединив их плавной линией, получим линию пересечения западного крыла антиклинали и разлома.



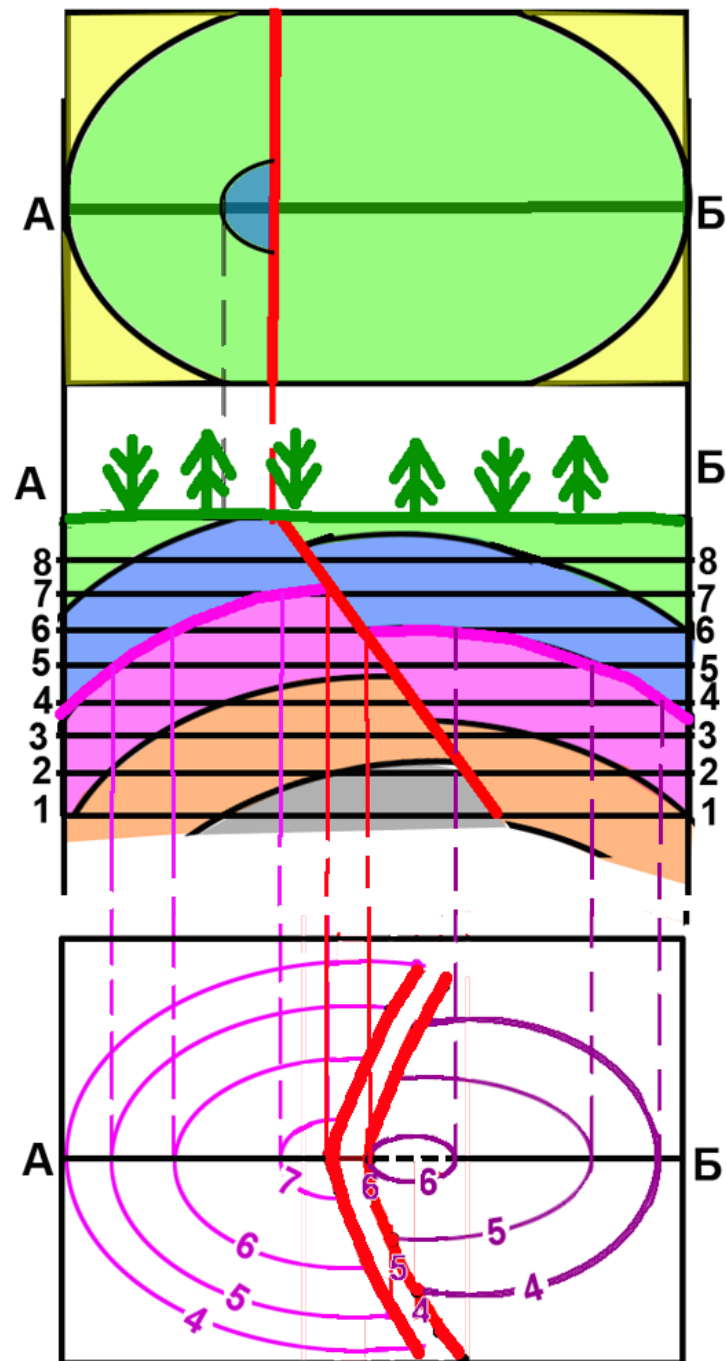
9. Проецируем на линию разреза точку пересечения разлома и восточного крыла складки – это величина зияния, равная горизонтальной амплитуде сброса.

10. Проводим через полученную точку дугу, параллельную первой – линии пересечения разлома и западного крыла. Это будет линия пересечения разлома и восточного крыла.

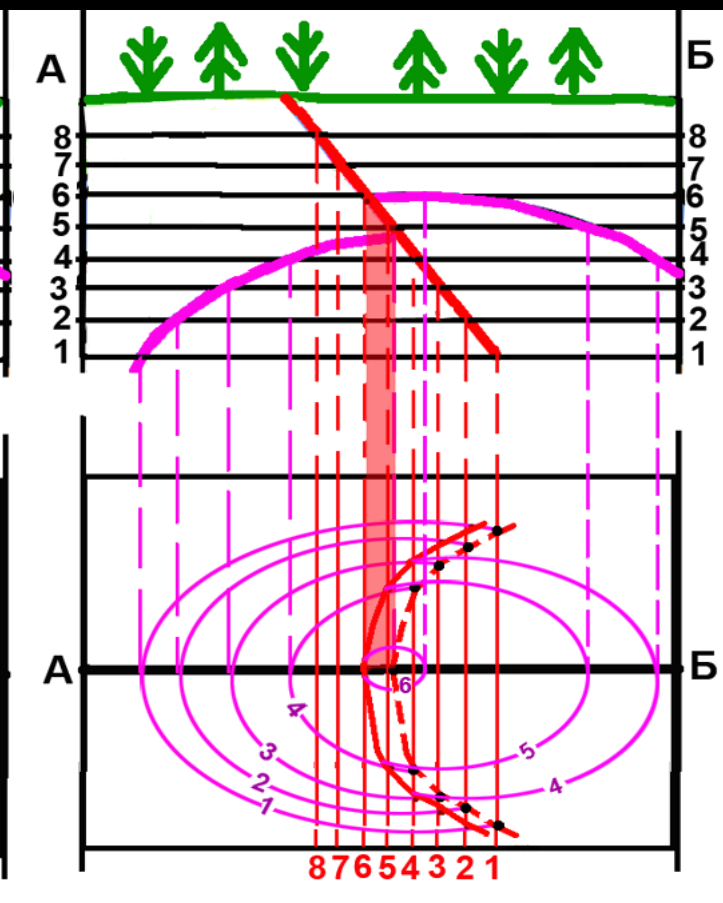
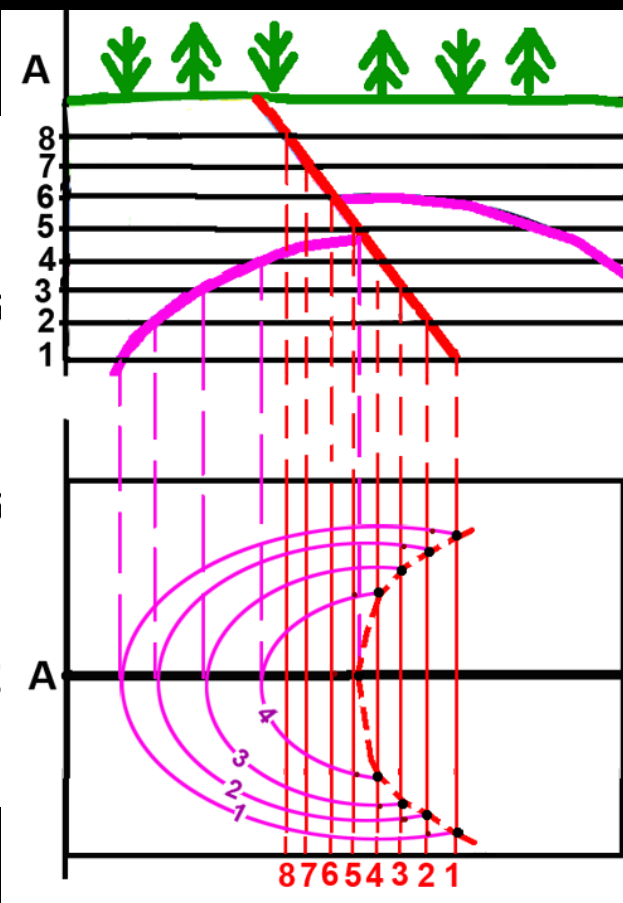
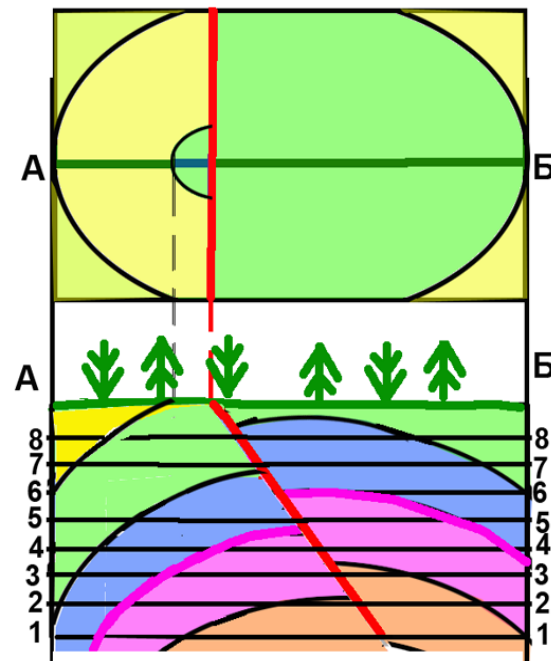
11. Там, где она пересекает стратоизогипсы разлома эта дуга имеет соответствующую высоту.



12. Через точки пересечения картируемой поверхности восточного крыла и высотных отметок проводим серию концентрических овалов, соответствующих стратоизогипсам кровли триаса. Дуги полученных овалов должны пересекаться с соответствующими высотными отметками на линии пересечения разлома и восточного крыла.

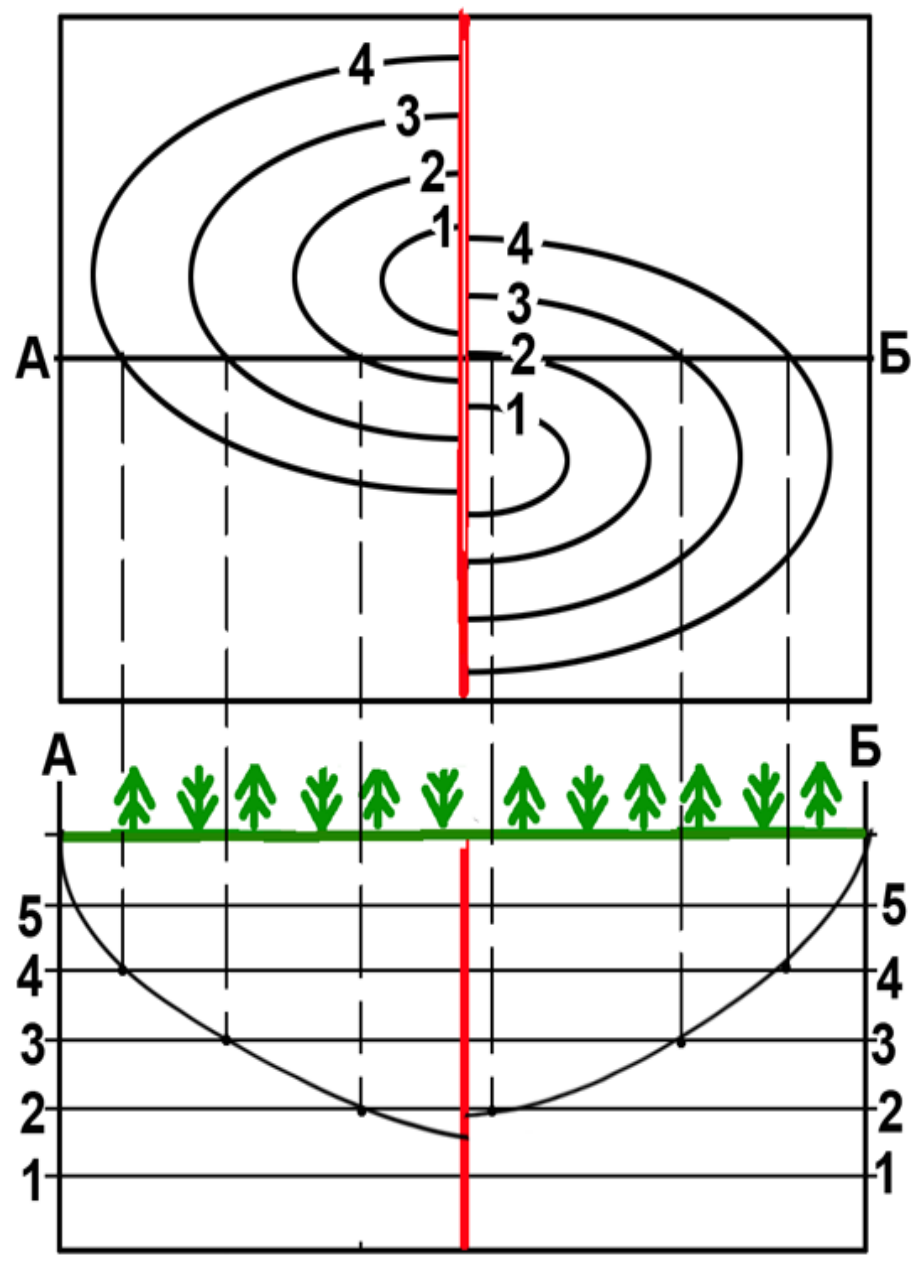


После того, как убраны вспомогательные построения, в целом разрез, геологическая и структурная карты брахиморфной антиклинали, осложненной сбросом, будет выглядеть так. Это – не единственно возможный вариант изображения. Складка может быть круглее или длиннее, разлом не обязательно перпендикулярен длинной оси складки, быть более или менее крутым.

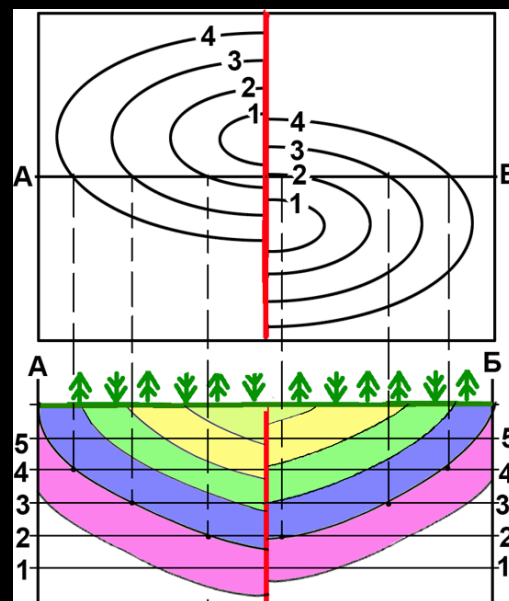


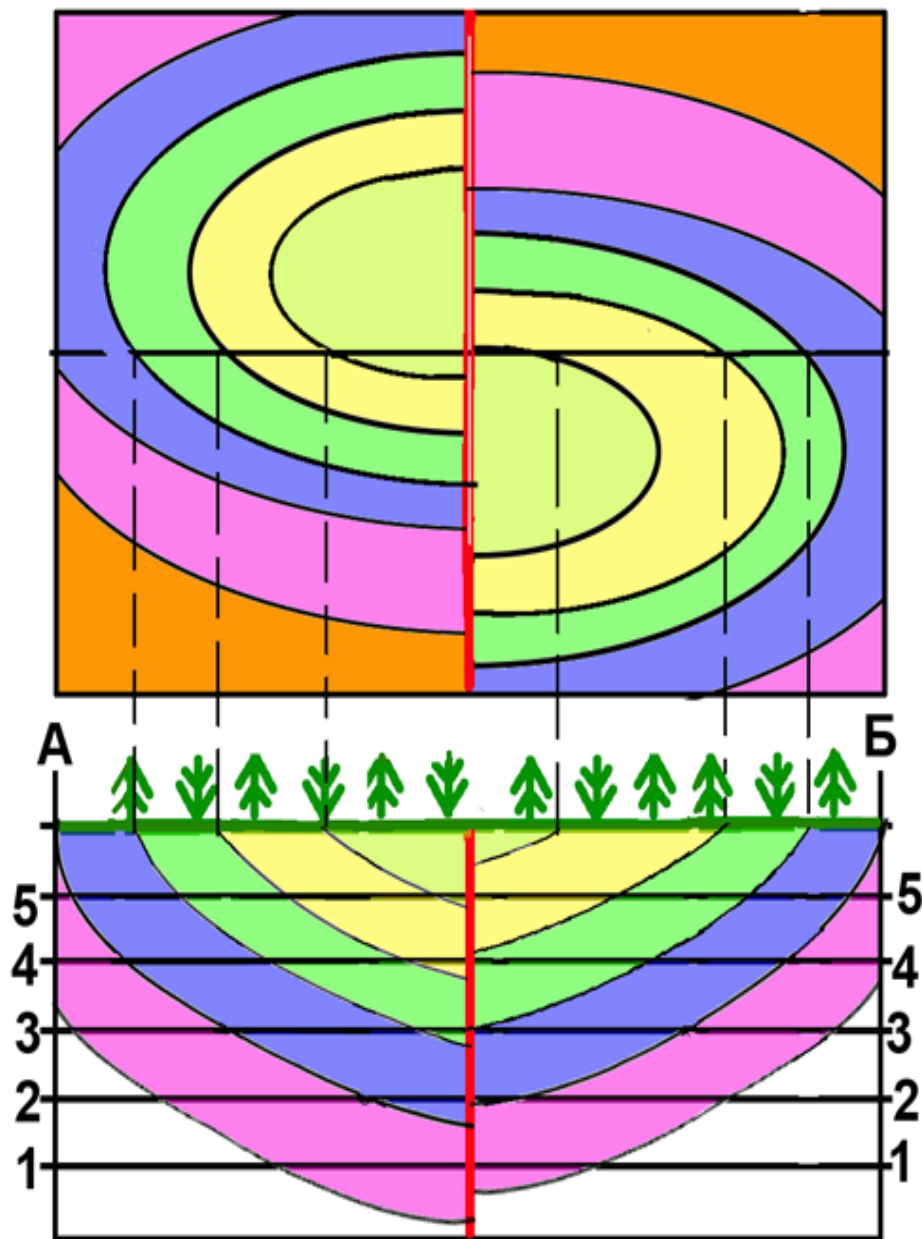
Антиклиналь, осложненная взброс

Изображение синклинали, сложенной вертикальным движом



1. Строим структурную карту
2. Изображаем рамку будущего геологического разреза.
3. По структурной карте строим профиль структуры аналогично тому, как строят профиль рельефа.
4. Дополняем профиль до геологического разреза.





1. Строим рамку геологической карты и линию разреза на ней.
2. Проецируем на линию разреза выходы геологических границ.
3. Проводим через полученные точки геологические границы, выдерживая чертания такими же, как ватертоизогипсы структурной карты



Иерархия структурных форм

Виды классификаций



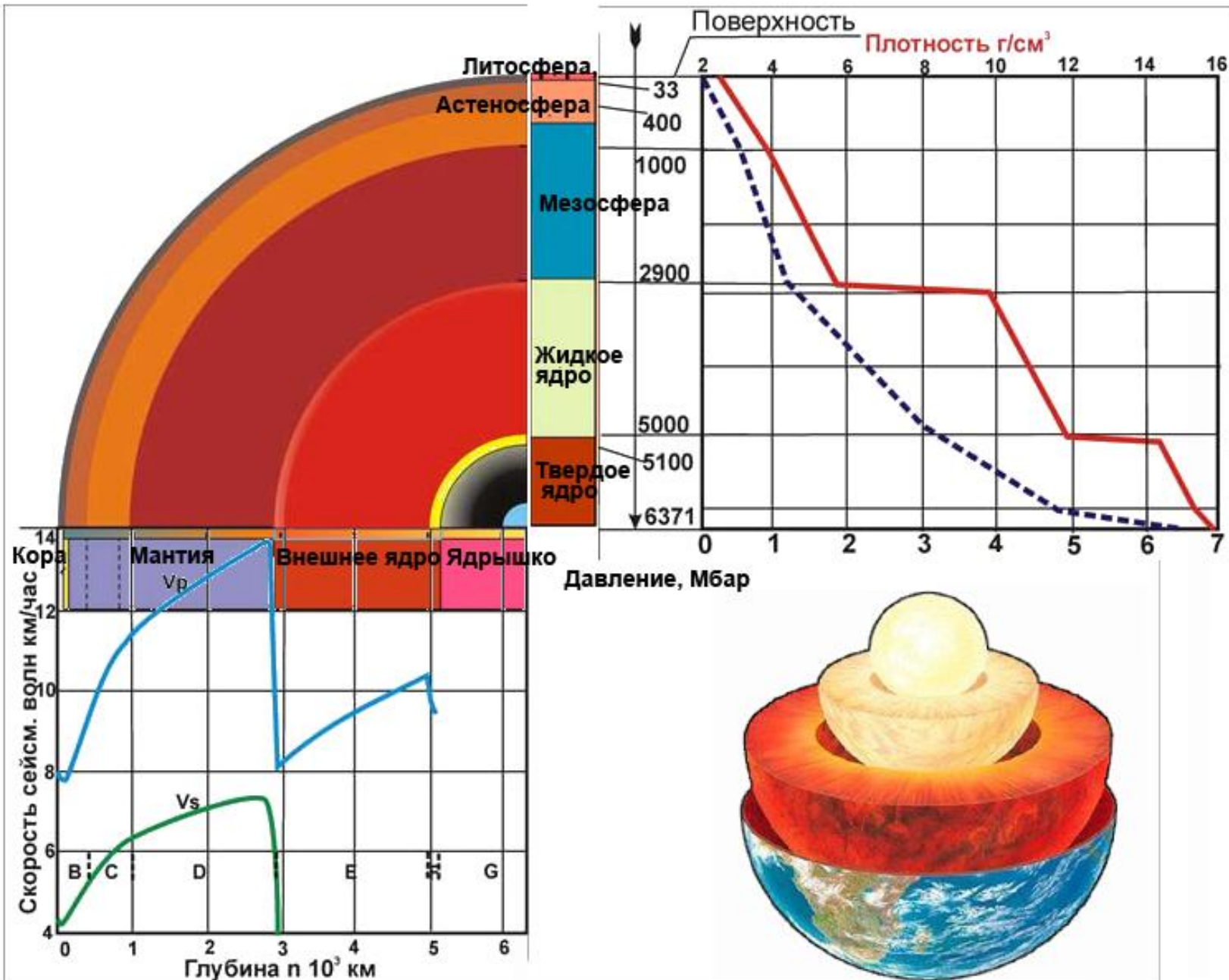
Геодинамическая

Геофизическая

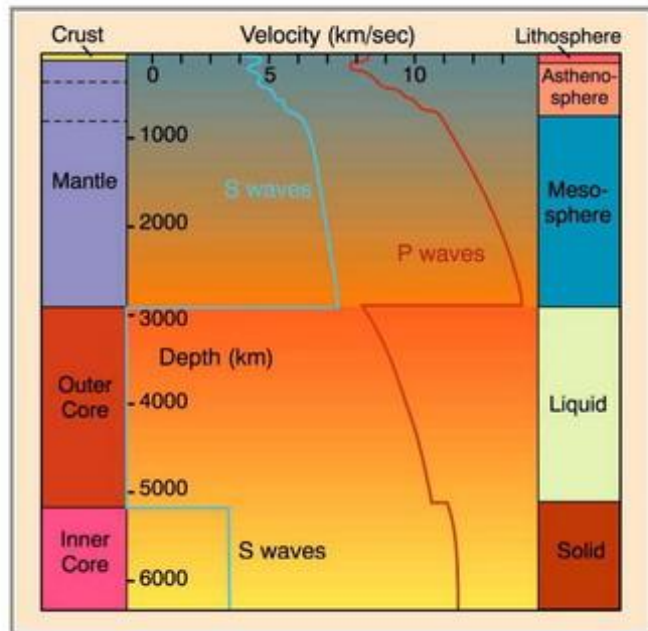
Морфологическая

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 делиться на континентальную (трехслойную) и океаническую (двухслойную).



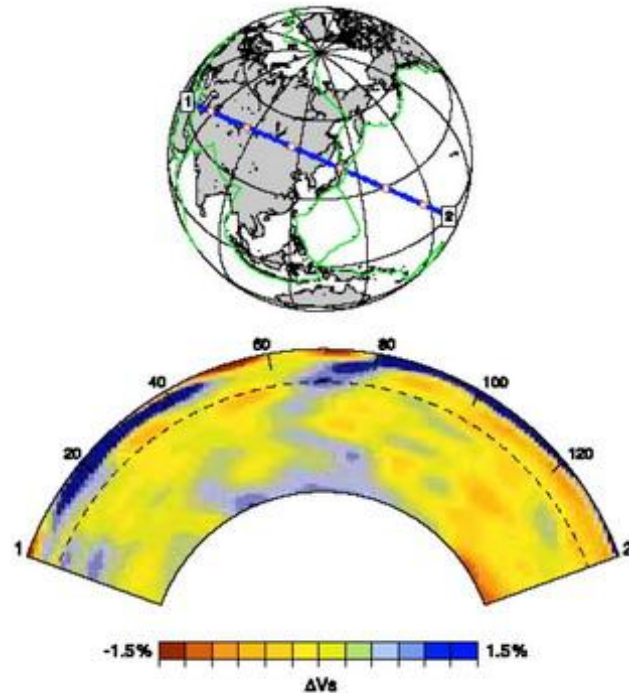
КАНОНИЧЕСКИЙ ПРИМЕР ВАРИАЦИЙ ПРОДОЛЬНЫХ (P) И ПОПЕРЕЧНЫХ (S) СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН С ГЛУБИНОЙ



ГЛАВНЫЕ ОБОЛОЧКИ ЗЕМЛИ:

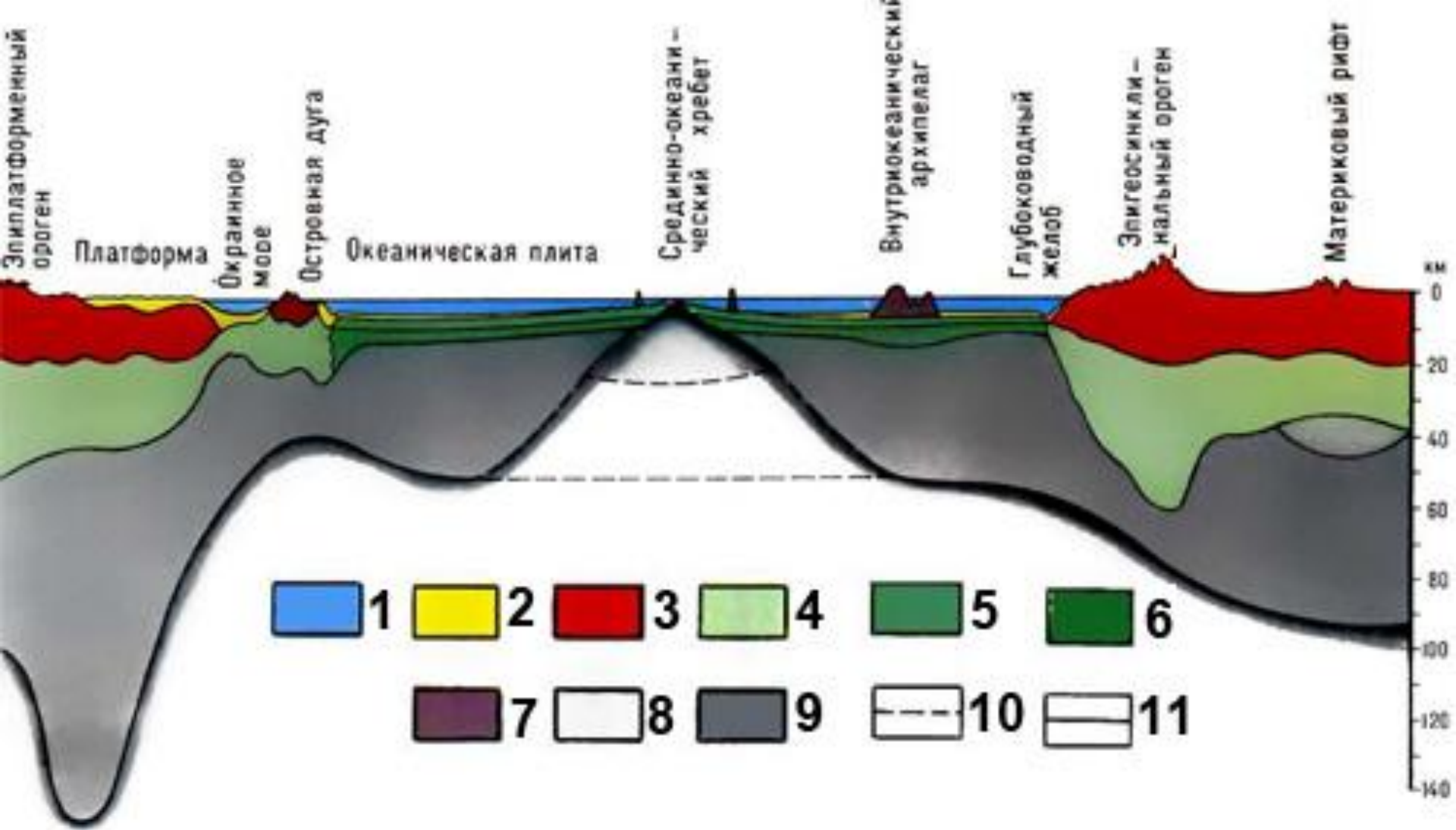
слева - подразделения по составу,
справа - по реологическим свойствам
(вязкости и плотности), см. работу [Kearey
and Vine (1990), *Global Tectonics*]

ПРИМЕР СОВРЕМЕННОЙ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ТОМОГРАФИИ



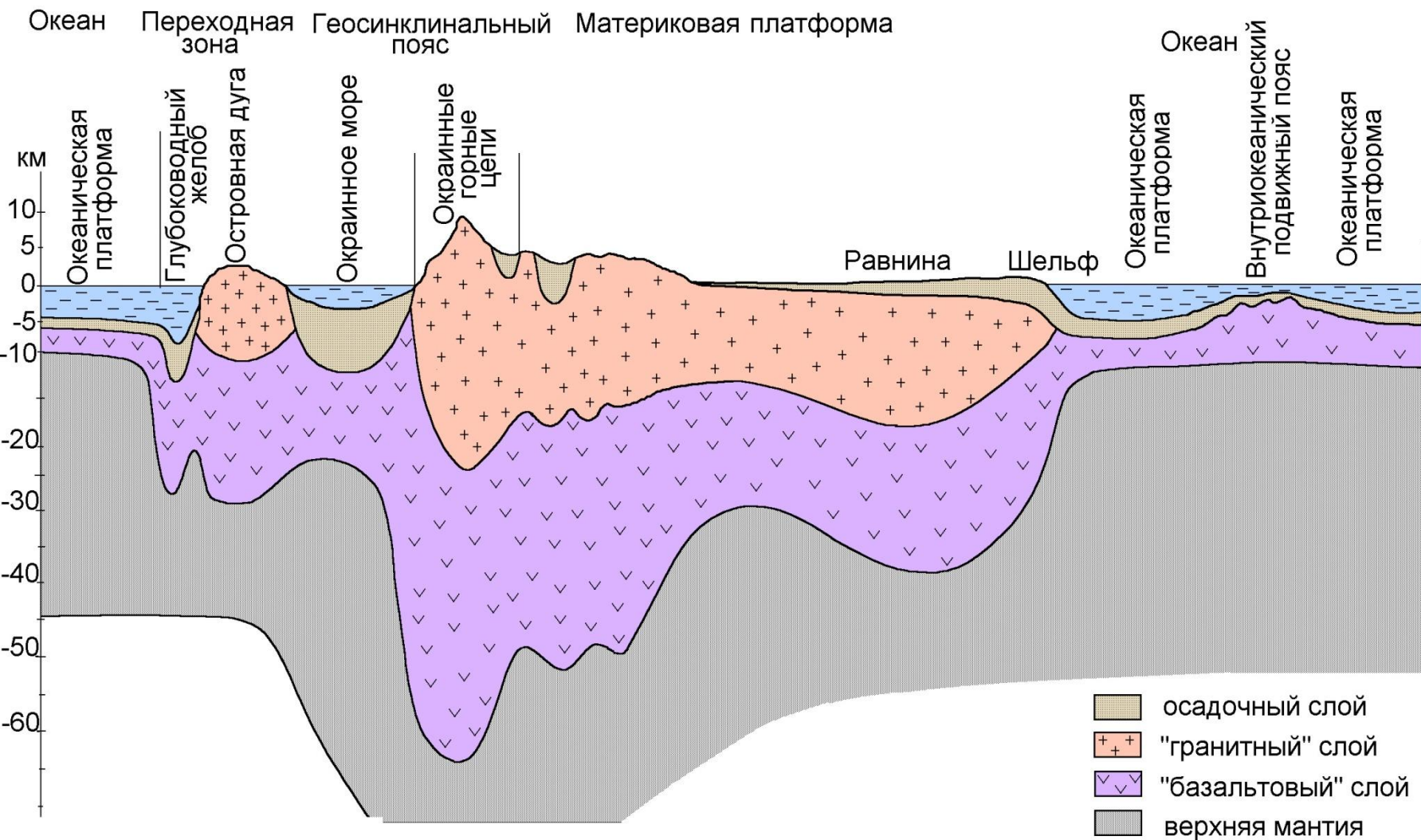
Протяженные положительные аномалии S -волн под субдукционной зоной Японских о-вов указывают на погружение относительно холодной и плотной океанической литосферы (возможно до границы ядро - мантия)

о внешнее ядро поперечные (S) волны не проникают, что свидетельствует о жидком состоянии. Резкие изменения скоростей, преломления и отражения волн свидетельствуют о границах раздела (по А.Аллисону и Д. Палмеру, 1984).

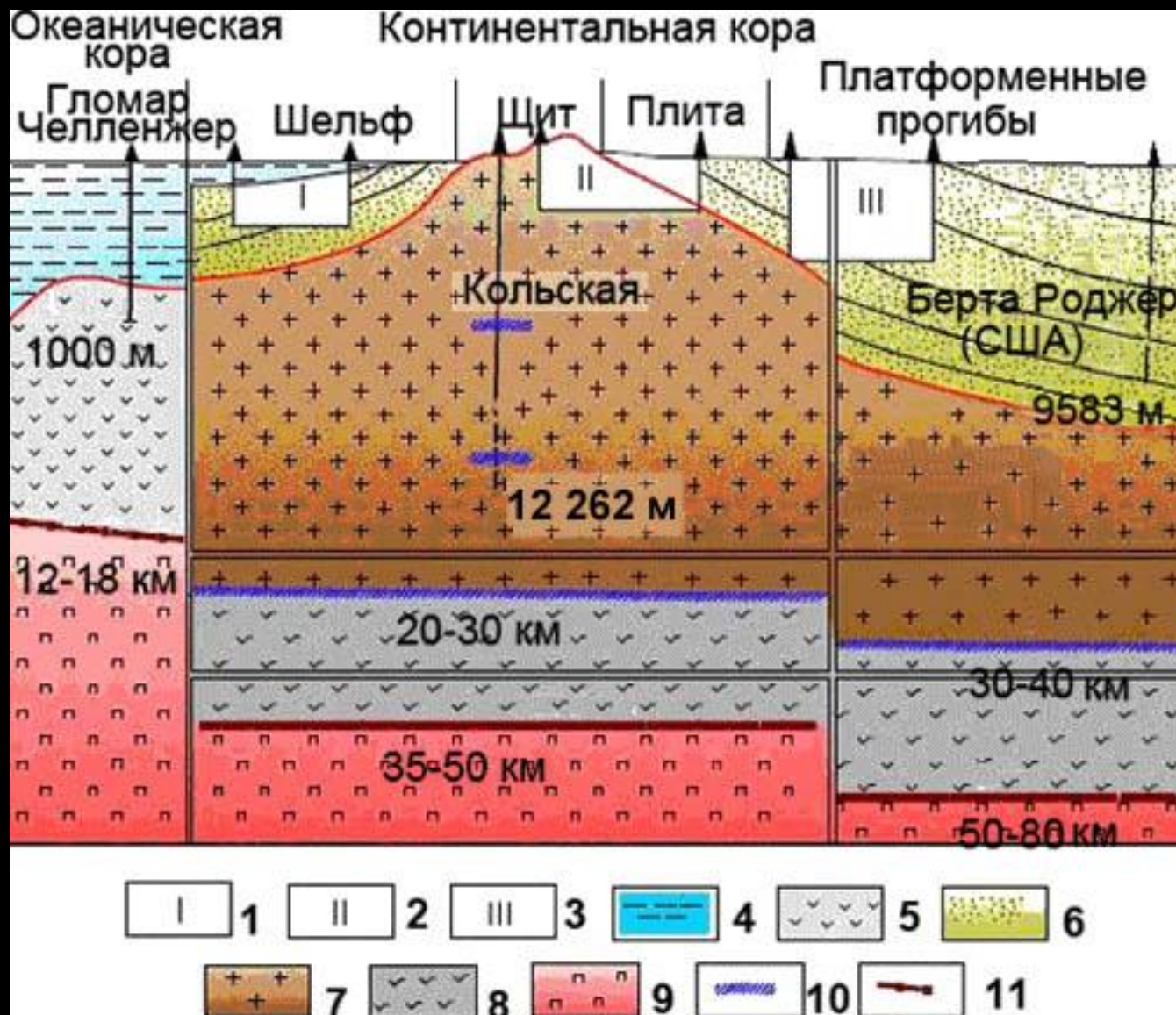


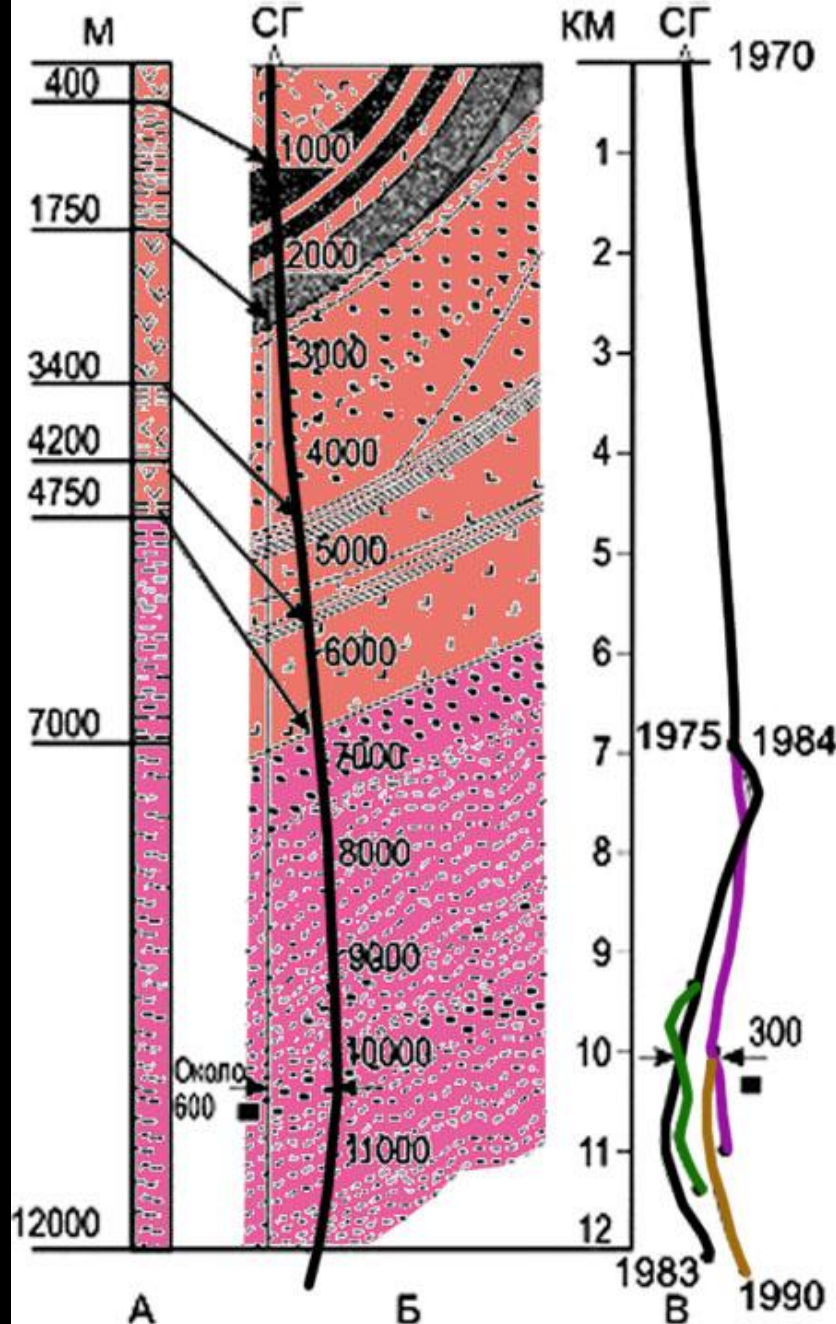
Континентальная и океаническая земная кора

Строение Земной коры



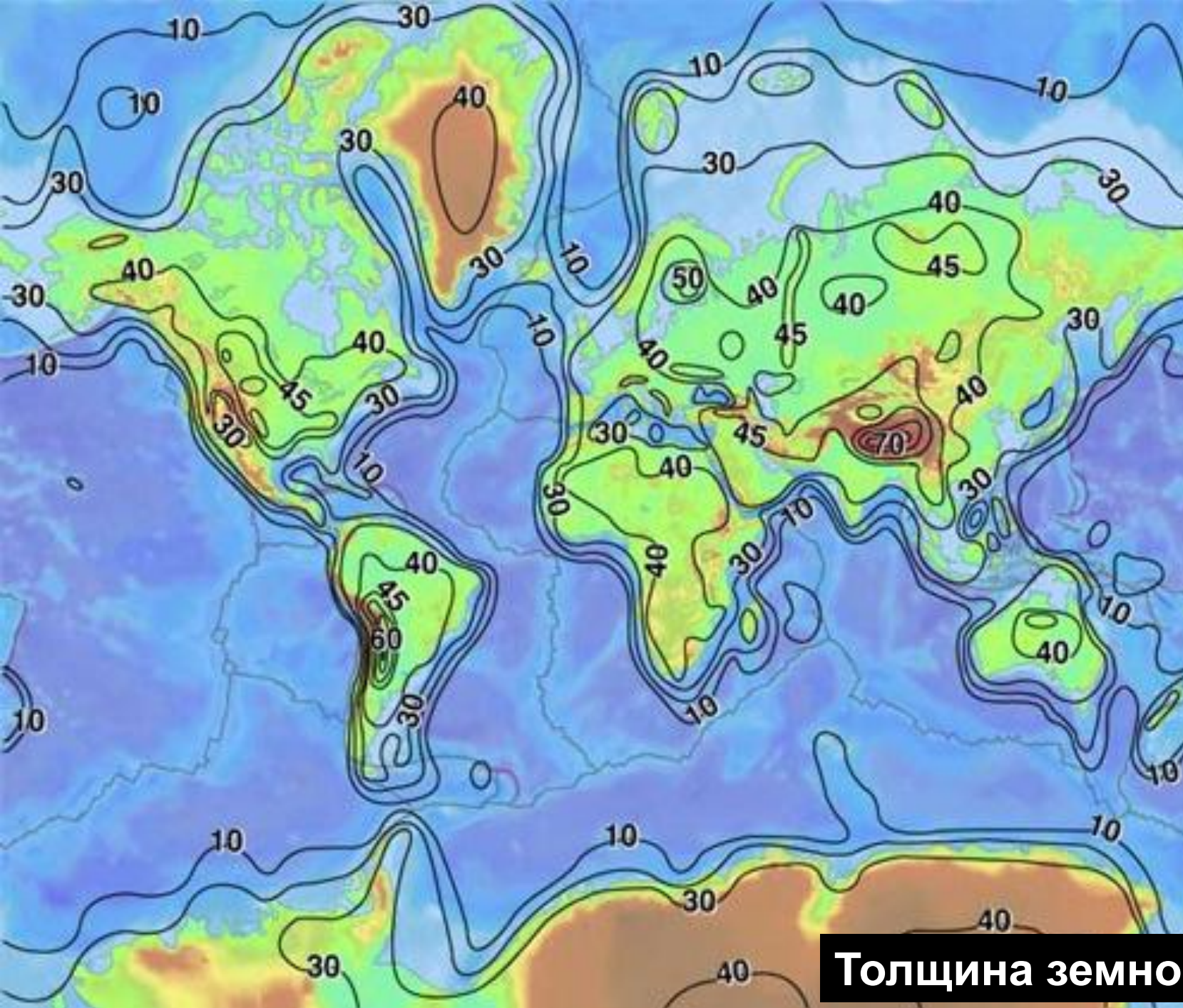
ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ



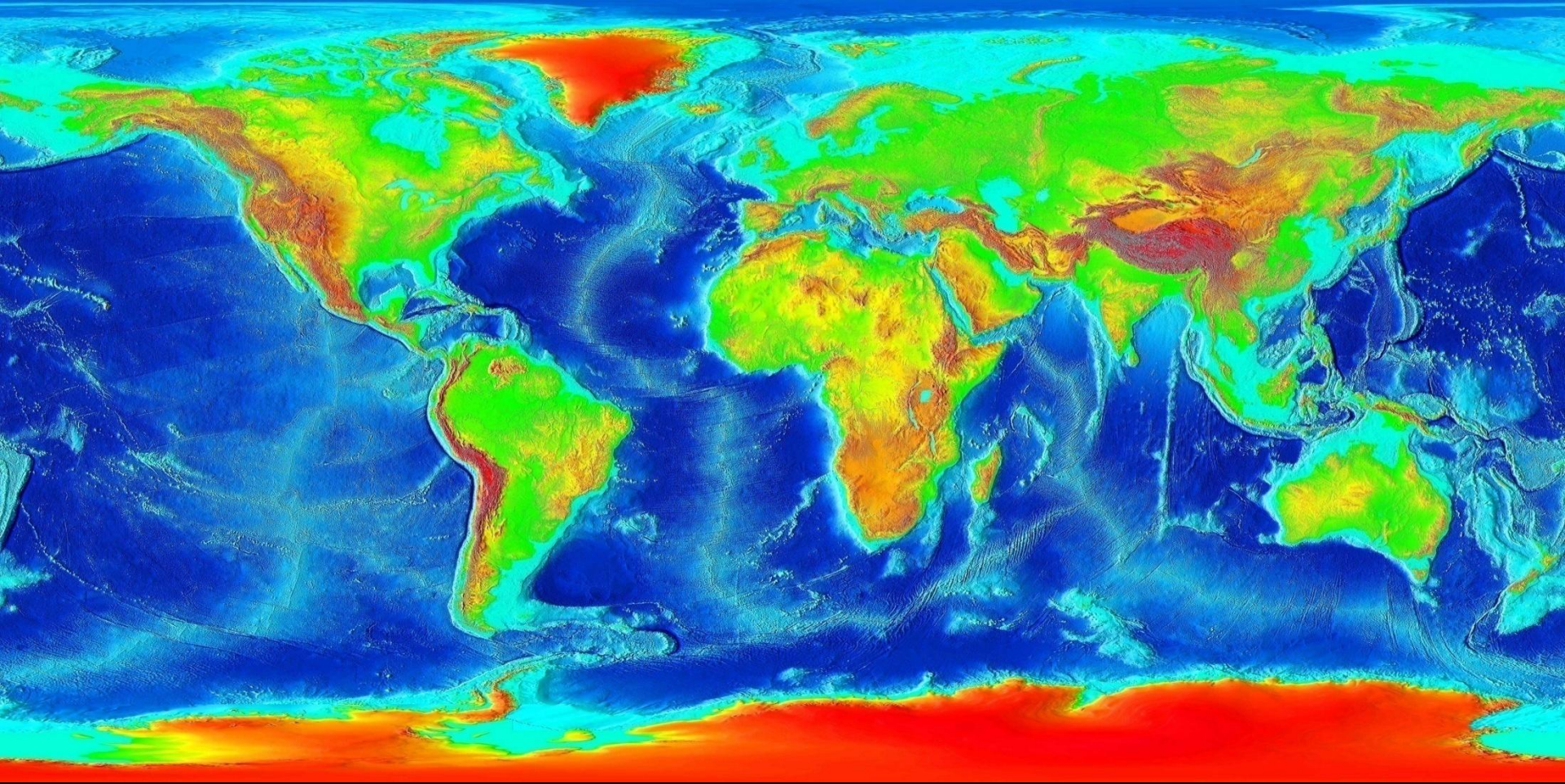


Кольская сверхглубокая скважина

Верхняя часть (до 7 км) - толща протерозоя со слоями вулканических (диабазы) и осадочных пород (песчаники, доломиты). Ниже 7 км - толща архея с повторяющимися пачками пород (в основном гнейсы и амфиболиты).

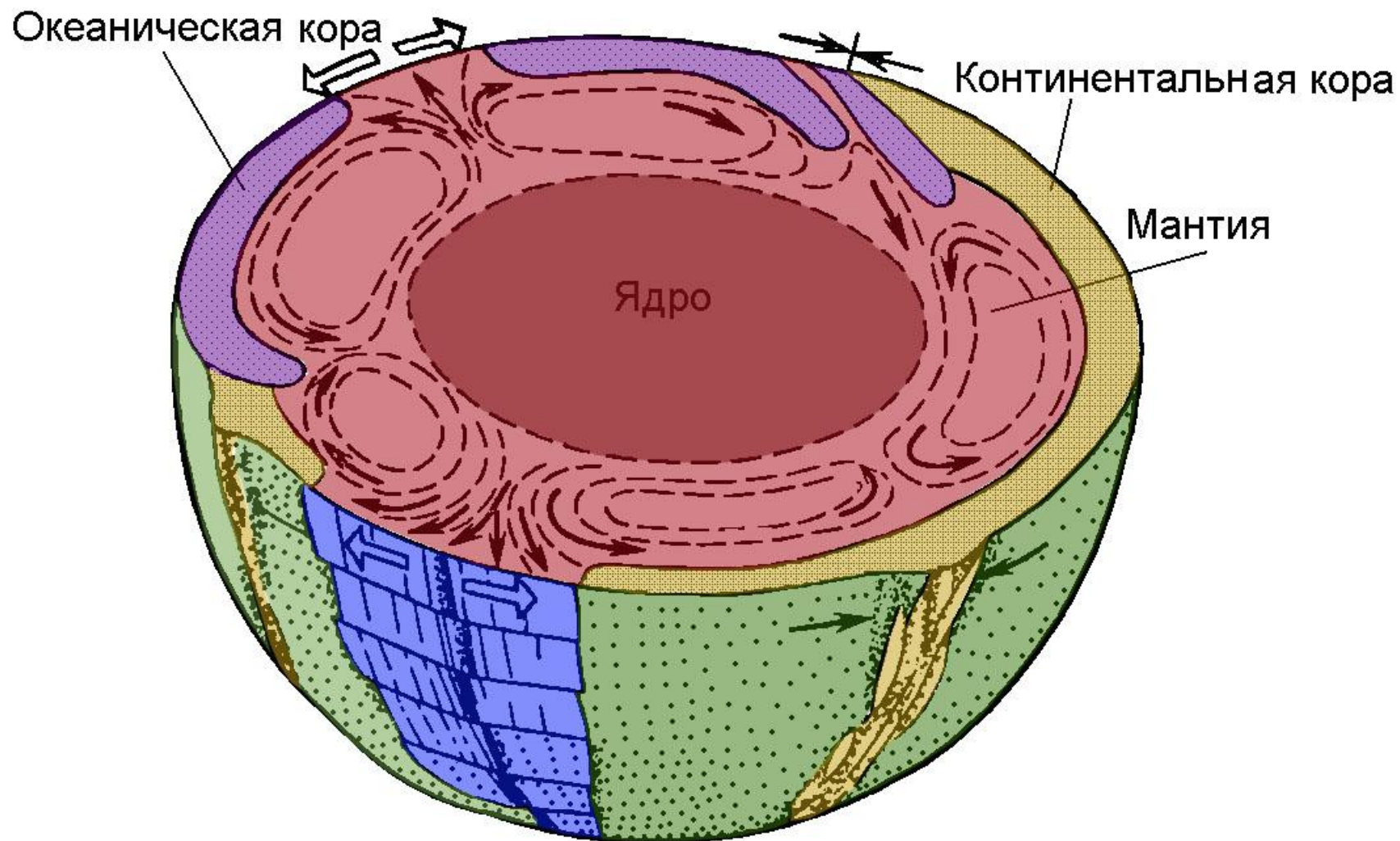


Толщина земной коры



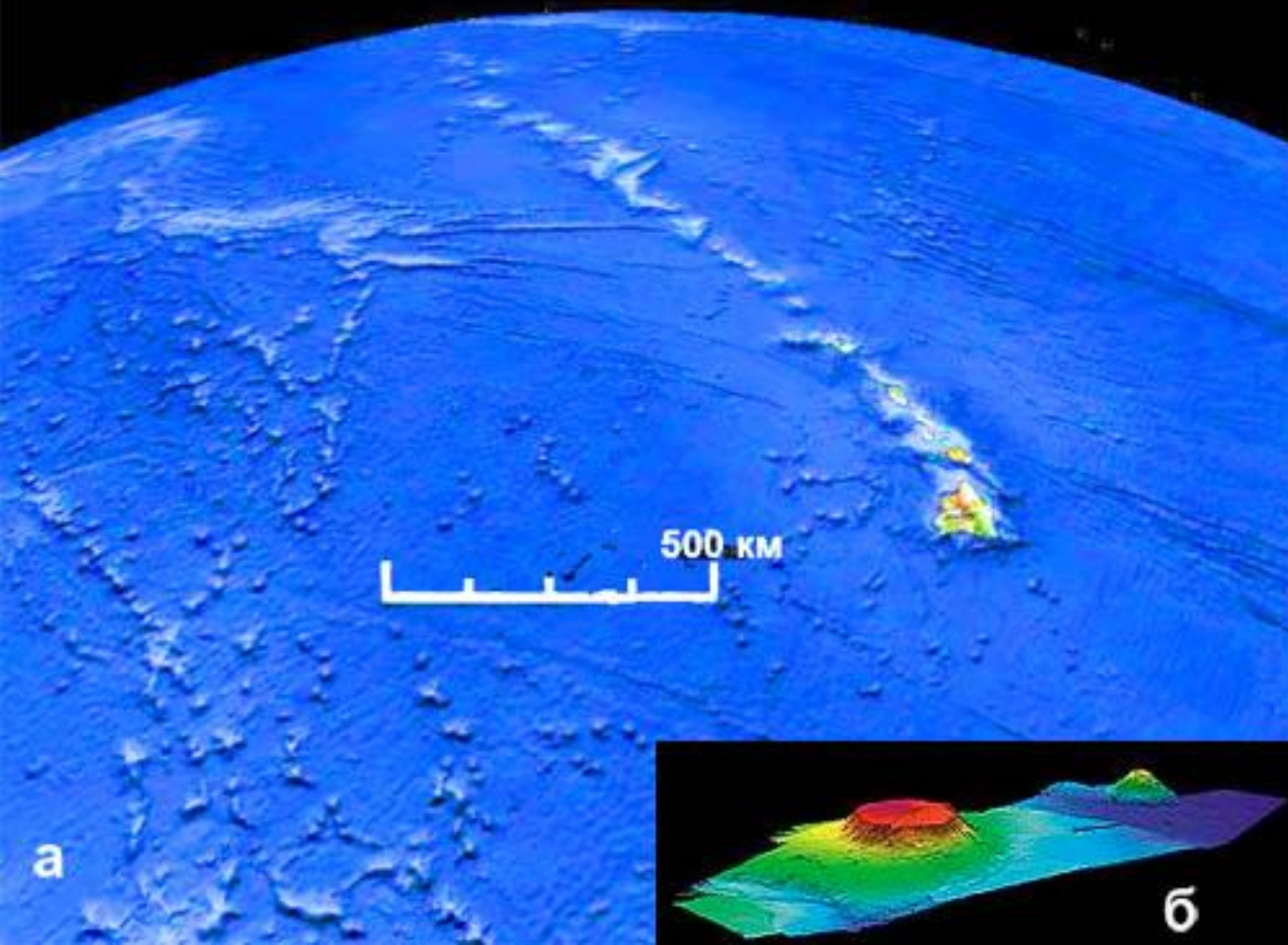
Геодинамическая классификация:

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).





http://en.wikipedia.org/wiki/Plate_tectonics Границы плит





ГРАНИЦЫ ПЛИТ

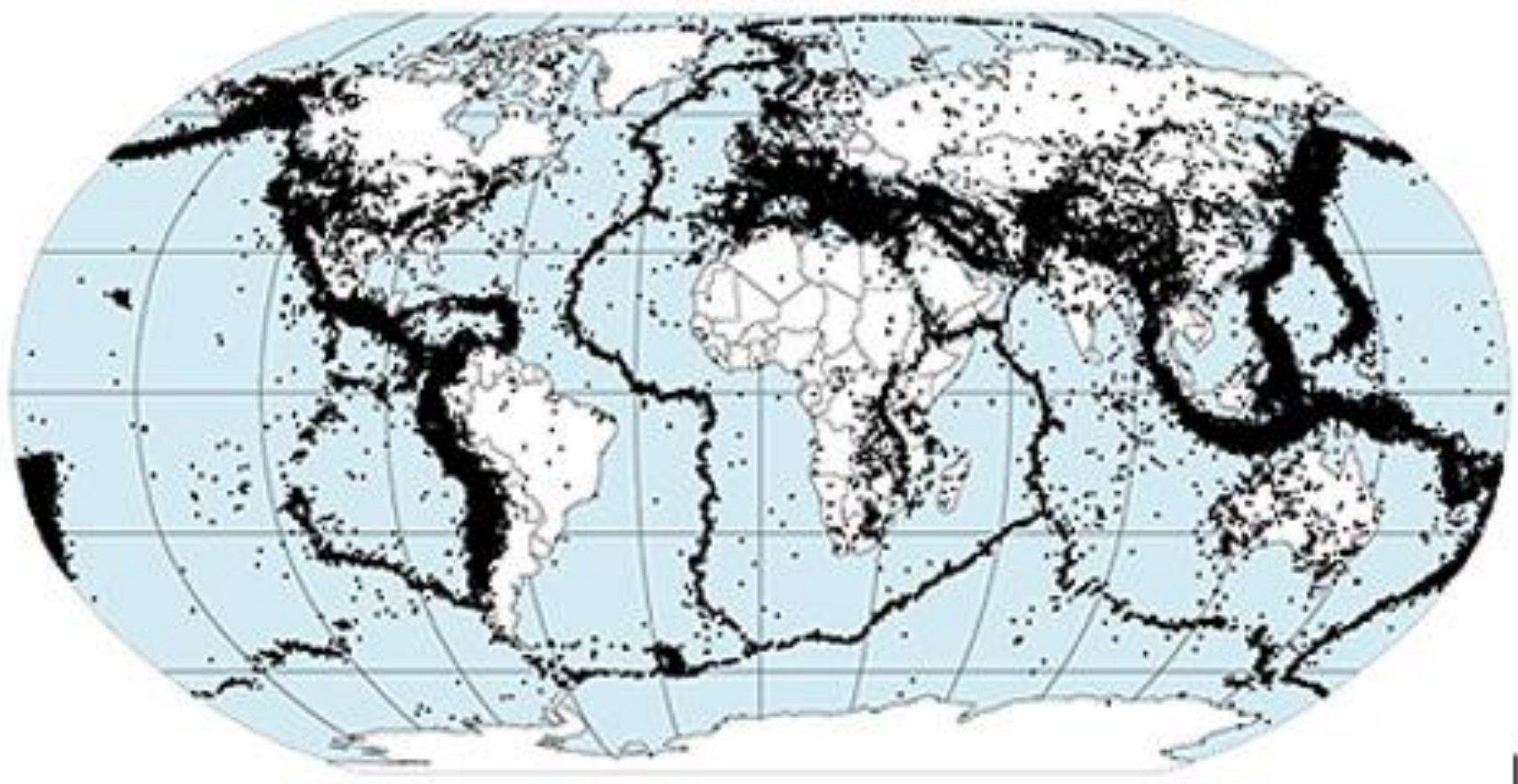
— РАСШИРЯЮЩИЙСЯ ХРЕБЕТ
 ↑↑↑↑↑ ЗОНА СУБДУКЦИИ

— ТРАНСФОРМНЫЙ РАЗЛОМ
 ПРЕДПОЛАГАЕМАЯ ГРАНИЦА

➔ НАПРАВЛЕНИЕ СДВИГА

© ООО «Кирилл и Мефодий»

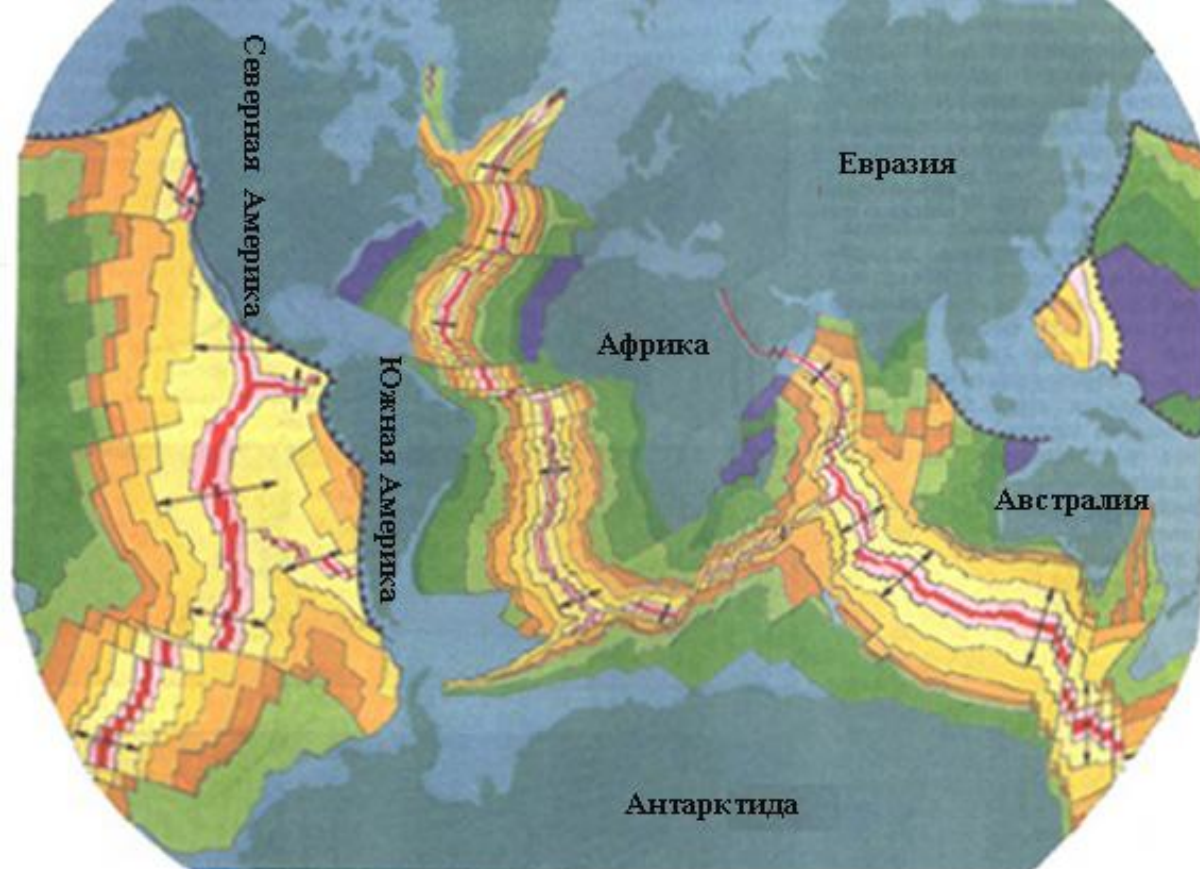
Литосферные плиты Земли.



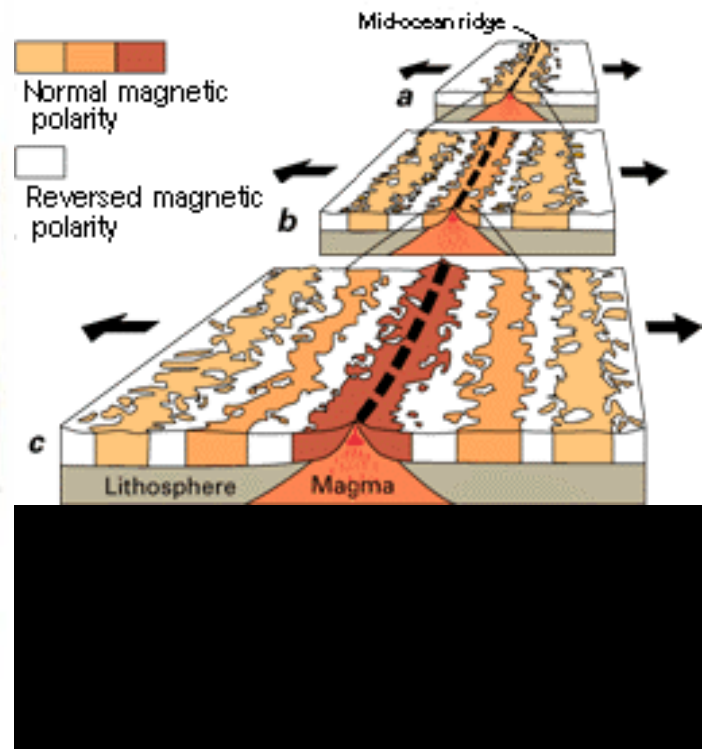
Распределение глубокофокусных землетрясений по земному шару
(plus.maths.org)

Литосферные плиты

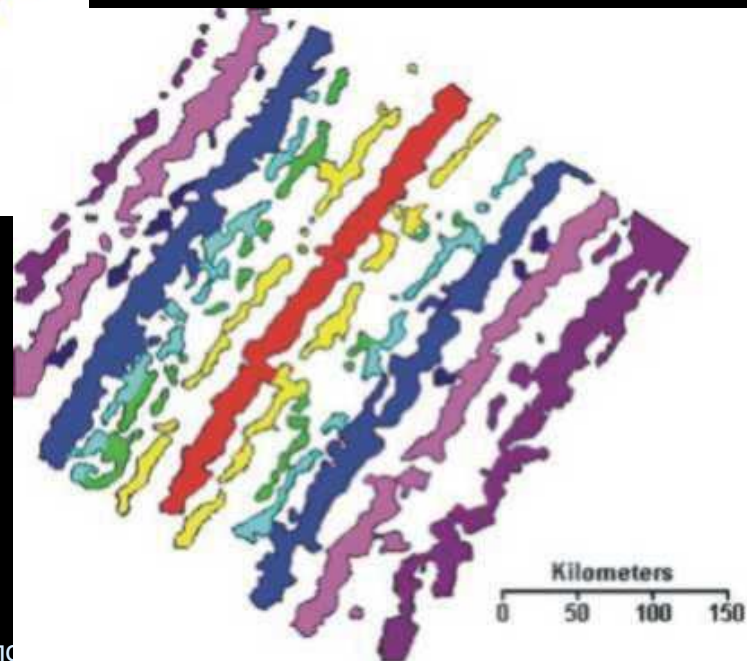
Литосферная плита — это крупный стабильный участок земной коры, ограниченный зонами сейсмической, вулканической и тектонической активности. Границы между литосферными плитами проводят по сгущению очагов глубокофокусных землетрясений



3,4 6,5 24,2 37,7 59,2 66,2 84,0 118,7 143,8 млн. лет

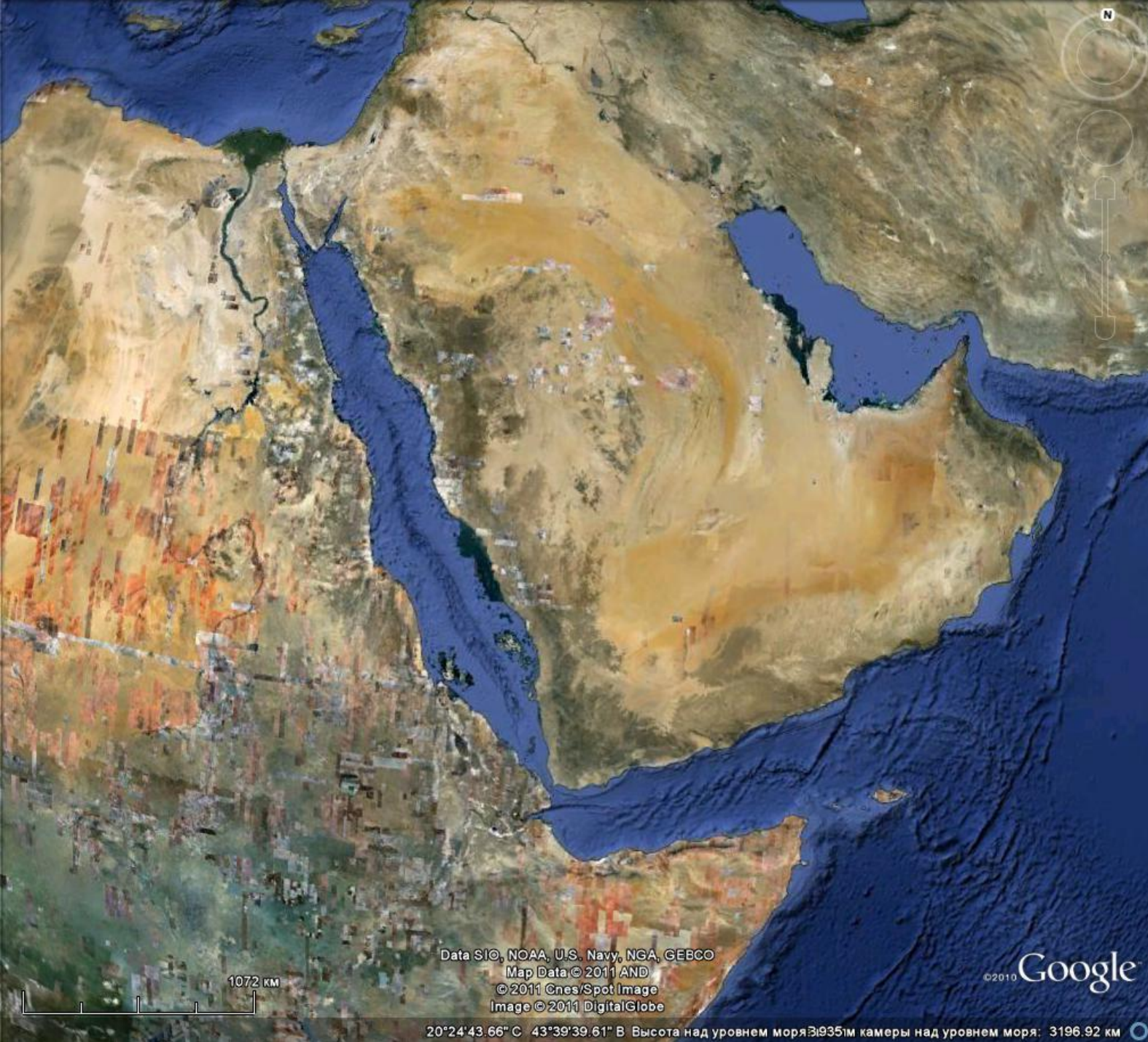


Полосовые аномалии





Система рифтов (по mining-enc.ru/m/mirovoj-ocean/)



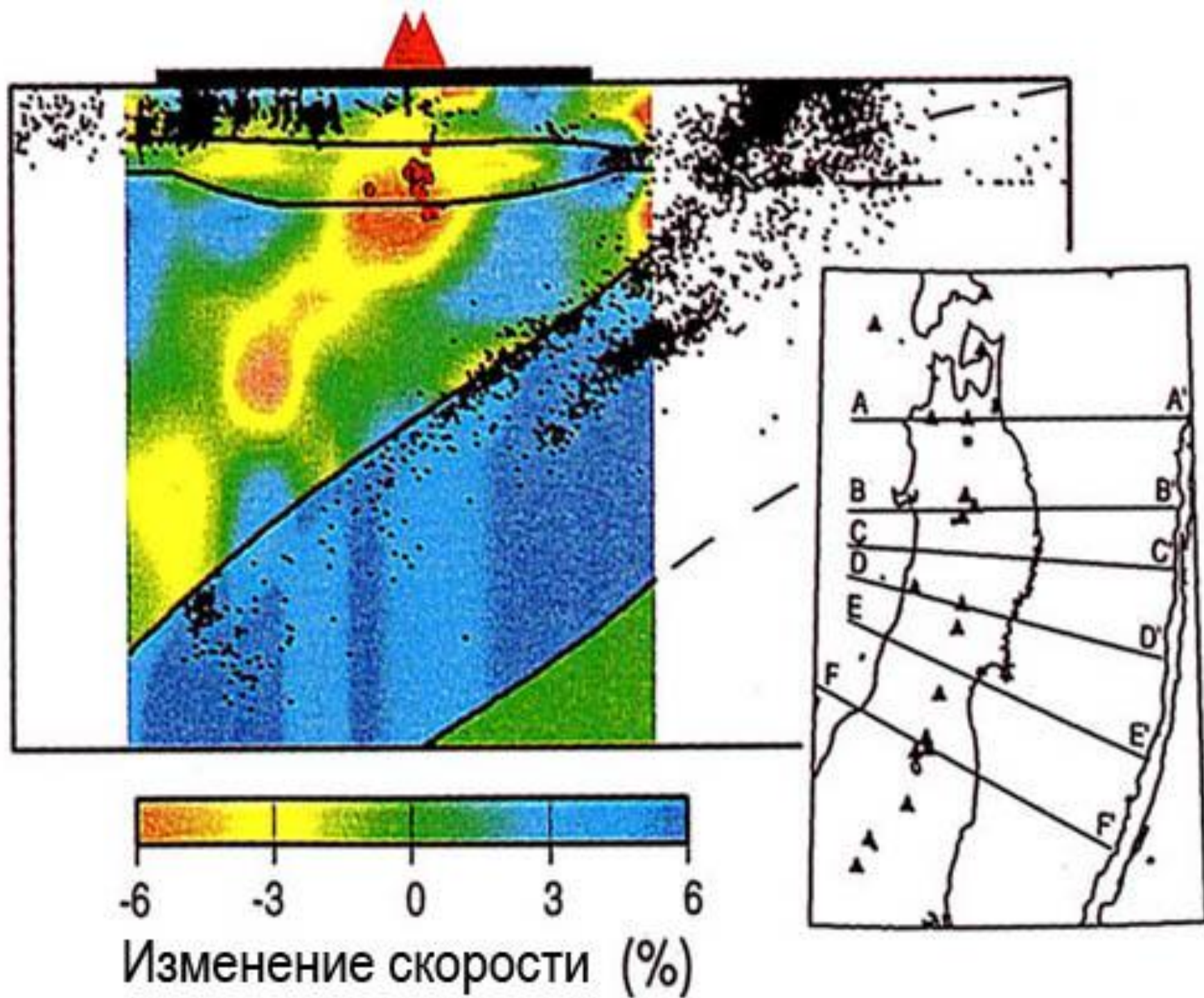
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Map Data © 2011 AND
© 2011 Cnes/Spot Image
Image © 2011 DigitalGlobe

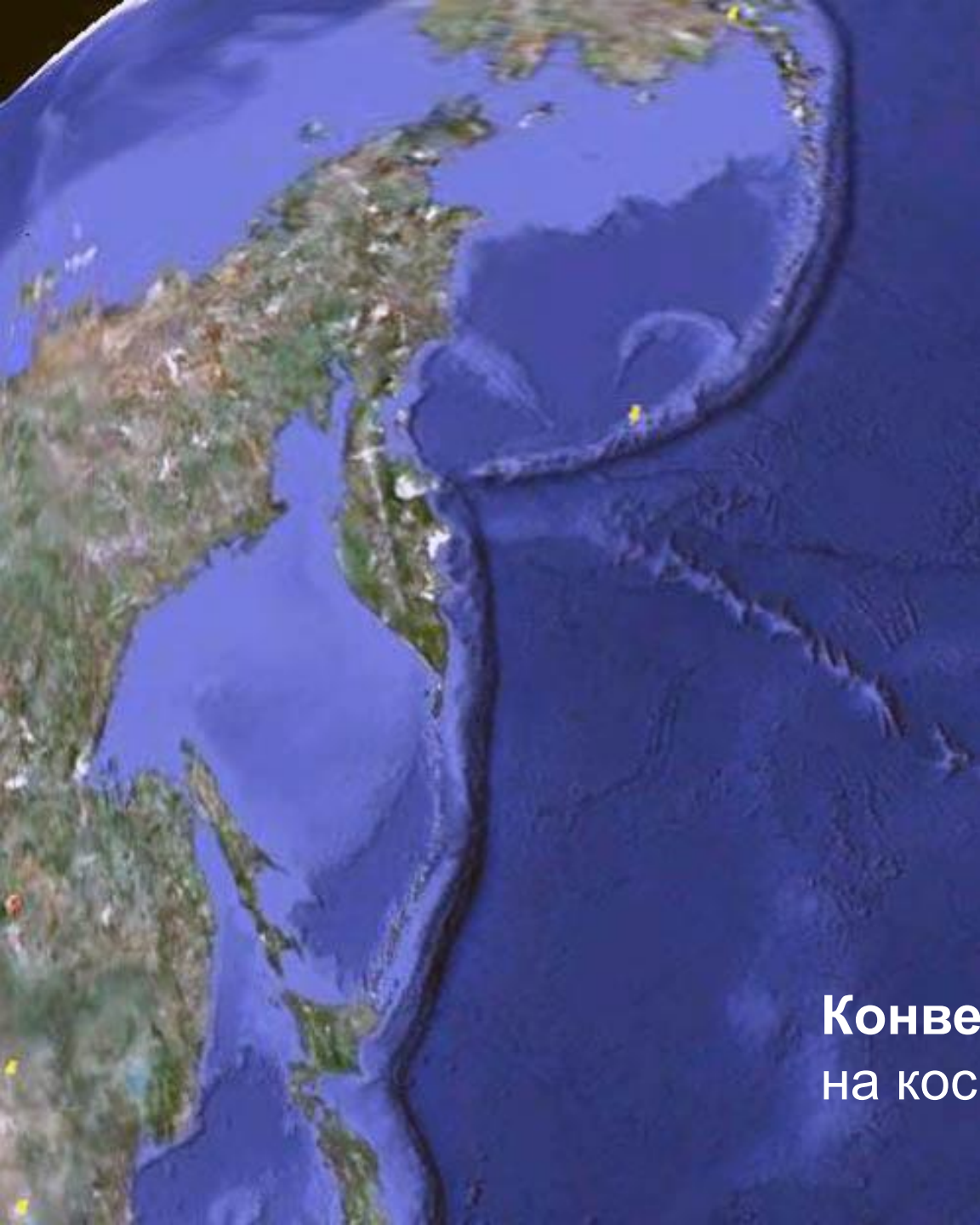
© 2010 Google

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

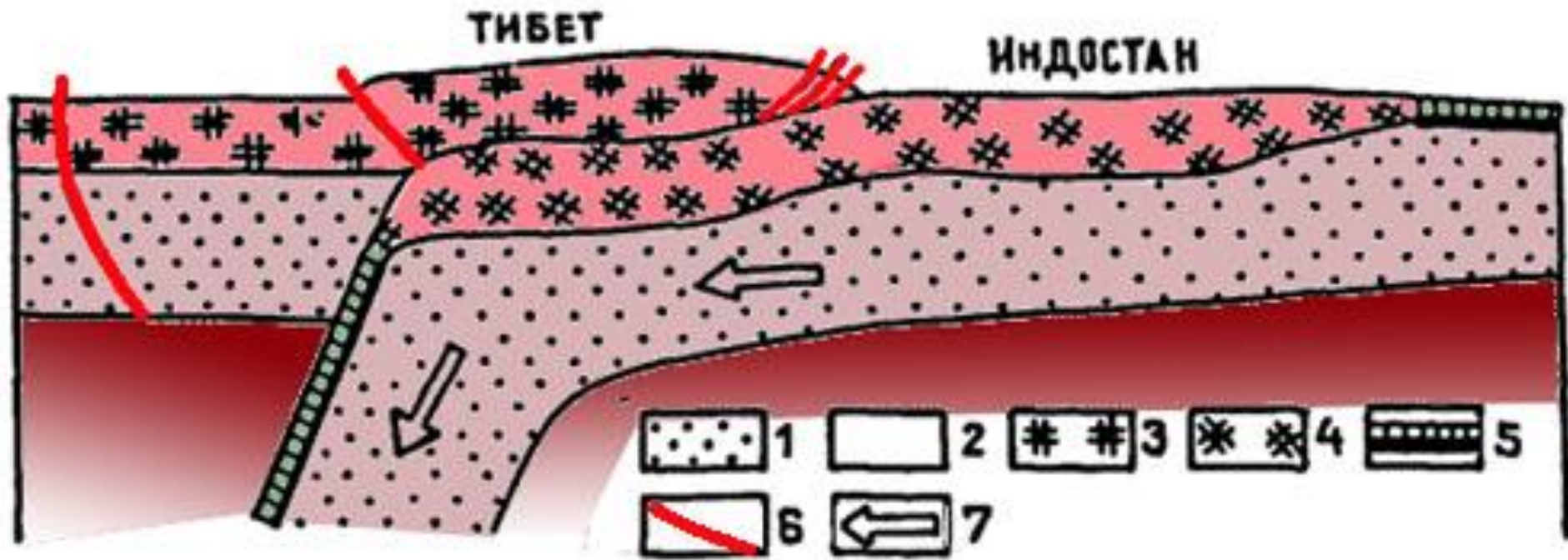


Трансформные разломы в атлантическом океане смещают срединноокеанический рифт





**Конвергентная граница
на космическом изображении**



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.

