

Разрывные нарушения в горных породах

Лекция 14
2 марта 2016
г.

Содержание лекции

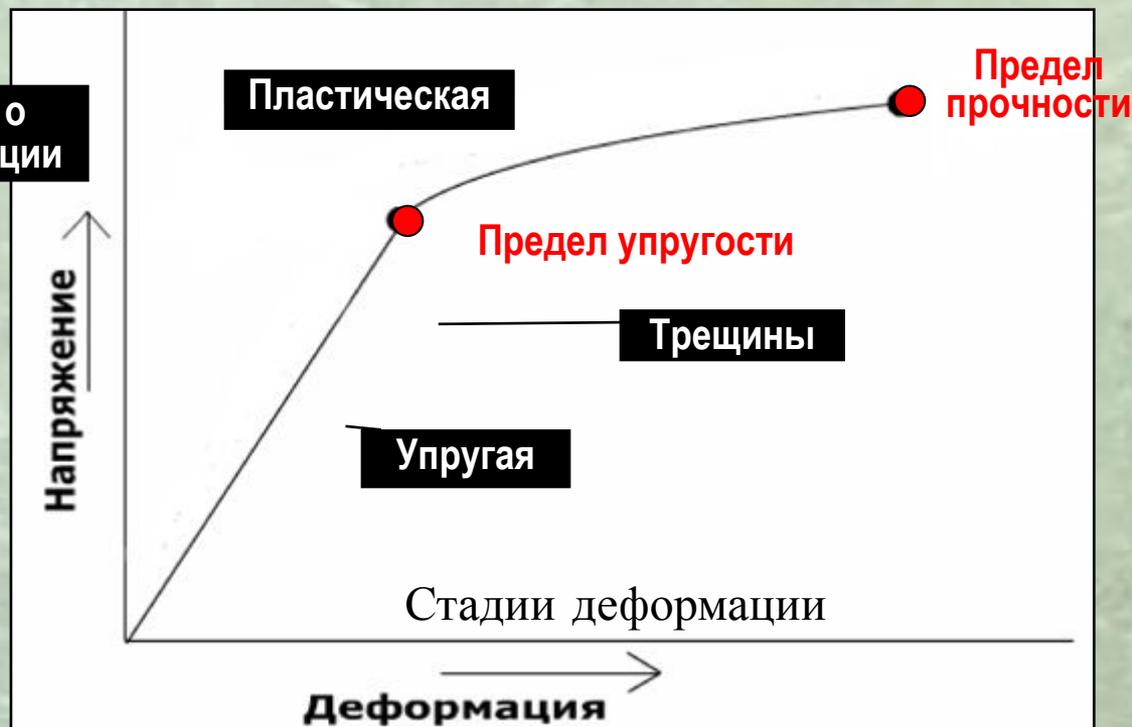
- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

Разрывные дислокации в горных породах, нарушающие сплошность слоёв, **являются результатом** деформаций, превышающих предел прочности пород.

Представление о стадиях деформации



Разрывные дислокации разделяются на две основные группы: **разрывы без смещения** (трещины) и **разрывы со смещением** (разрывы, разломы).

Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах



Трещины.
(разрывы без видимого
смещения)

По степени проявления трещины делятся на три группы:
открытые, закрытые, скрытые.



Открытые трещины обладают заметной полостью

Закрытые трещины лишены заметной полости.



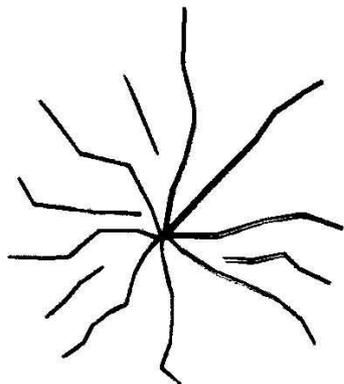
Скрытые трещины в свежей породе не видны. Становятся **заметны** лишь **при её раскалывании**, когда обнаруживается, что колется порода по некоторым преимущественным направлениям.



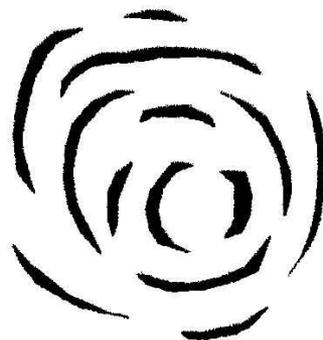
Скрытые трещины кливажа,
подчеркнутые
выветриванием.

Трещины, имеющие одинаковую или близкую ориентировку в пространстве, объединяют в **системы трещин**. Обычно в горных породах развивается несколько систем трещин.

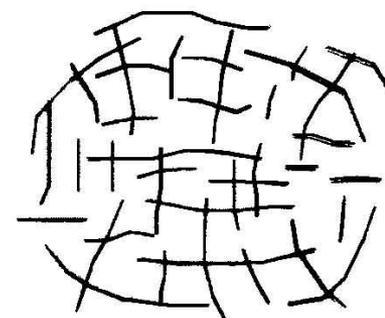
системы трещин



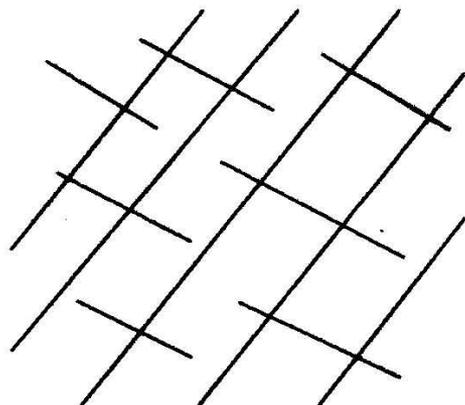
радиальная



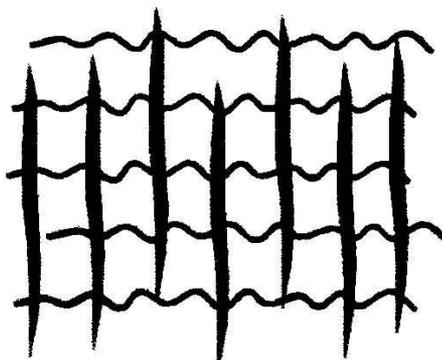
концентрическая



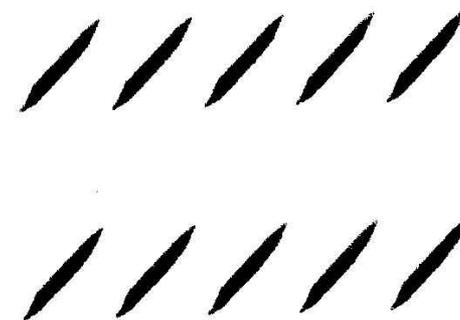
"черепаховая структура"



сопряженные системы сколов



*сопряженные системы
"трещин сжатия" и отрывов*



кулисные ряды трещин отрыва



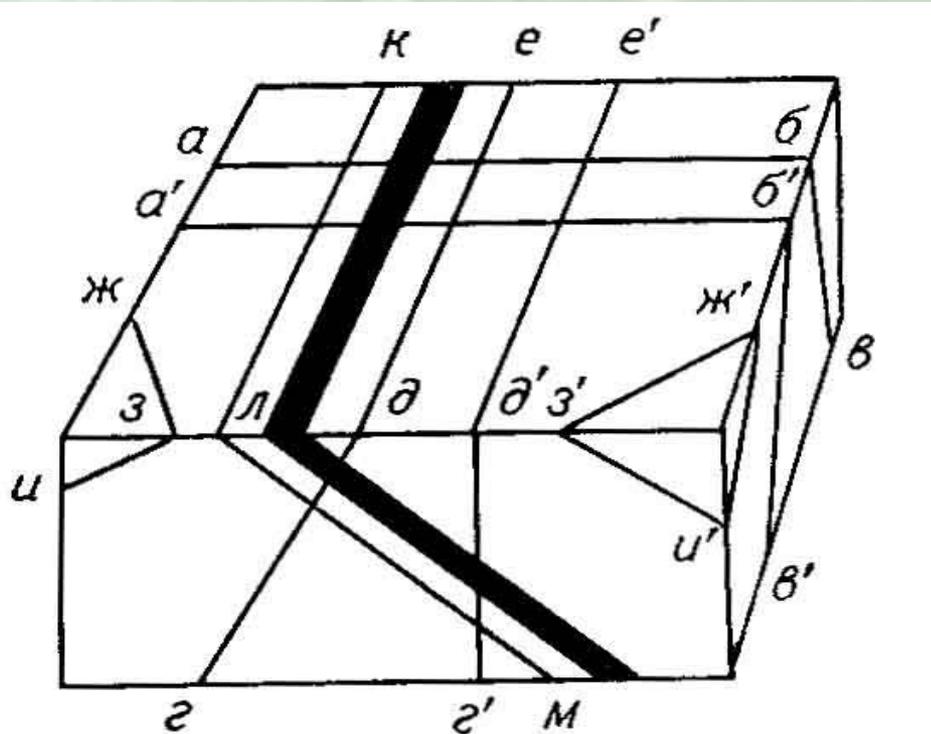
Радиальная система трещин

Система трещин отрыва



Классификация трещин.

Геометрические классификации.



1). По отношению к слоистости осадочных пород:

- а). Поперечные трещины.
- б). Продольные трещины.
- в). Косые трещины.

Геометрическая классификация трещин.

Черный слой — слоистость;
 $абв$ — и $а'б'в'$ — поперечные трещины, где и $г'д'е'$ — продольные, $жзи$ и $ж'з'и'$ — косые, $клм$ — согласные

2). По углу падения:

- а). Вертикальные (с углами падения от 80 до 90°),
- б). Крутые (с углами падения 45 – 80°),
- в). Пологие (с углами падения 10 – 45°),
- г). Слабонаклонные и горизонтальные (с углами падения от 0 до 10°).

Генетическая классификация.

1). Нетектонические трещины:

- а). первичные трещины,
- б). трещины выветривания,
- в). трещины оползней, обвалов и провалов,
- г). трещины расширения пород при разгрузке.

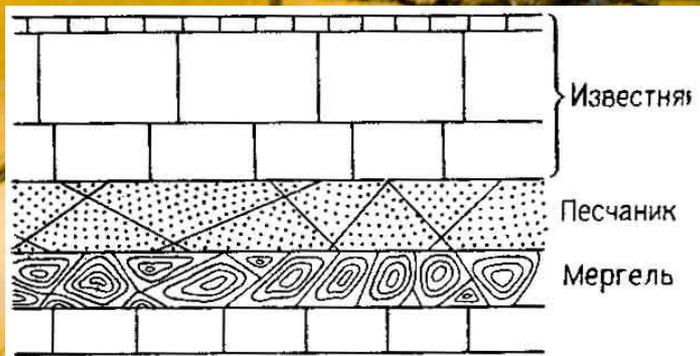
2). Тектонические трещины:

- а). трещины отрыва,
- б). трещины скалывания,
- в). трещины сжатия.

Нетектонические трещины

а). Первичные трещины

Диагенетические трещины



Диагенетические трещины в глинах



Диagenетические трещины
в известняках.



Диagenетические трещины в
мергелях

Первичные трещины в эффузивных породах.

Столбчатая отдельность в базальтах при наземных излияниях.



Подушечная отдельность в базальтах при
подводных излияниях.



Первичные трещины в интрузивных породах.



Матрацевидная отдельность в гранитах.

б). Трещины выветривания.

При выветривании порода теряет свою монолитность. Разрушение происходит из-за раскрытия и расширения ранее существовавших в породе трещин и образования **НОВЫХ.**

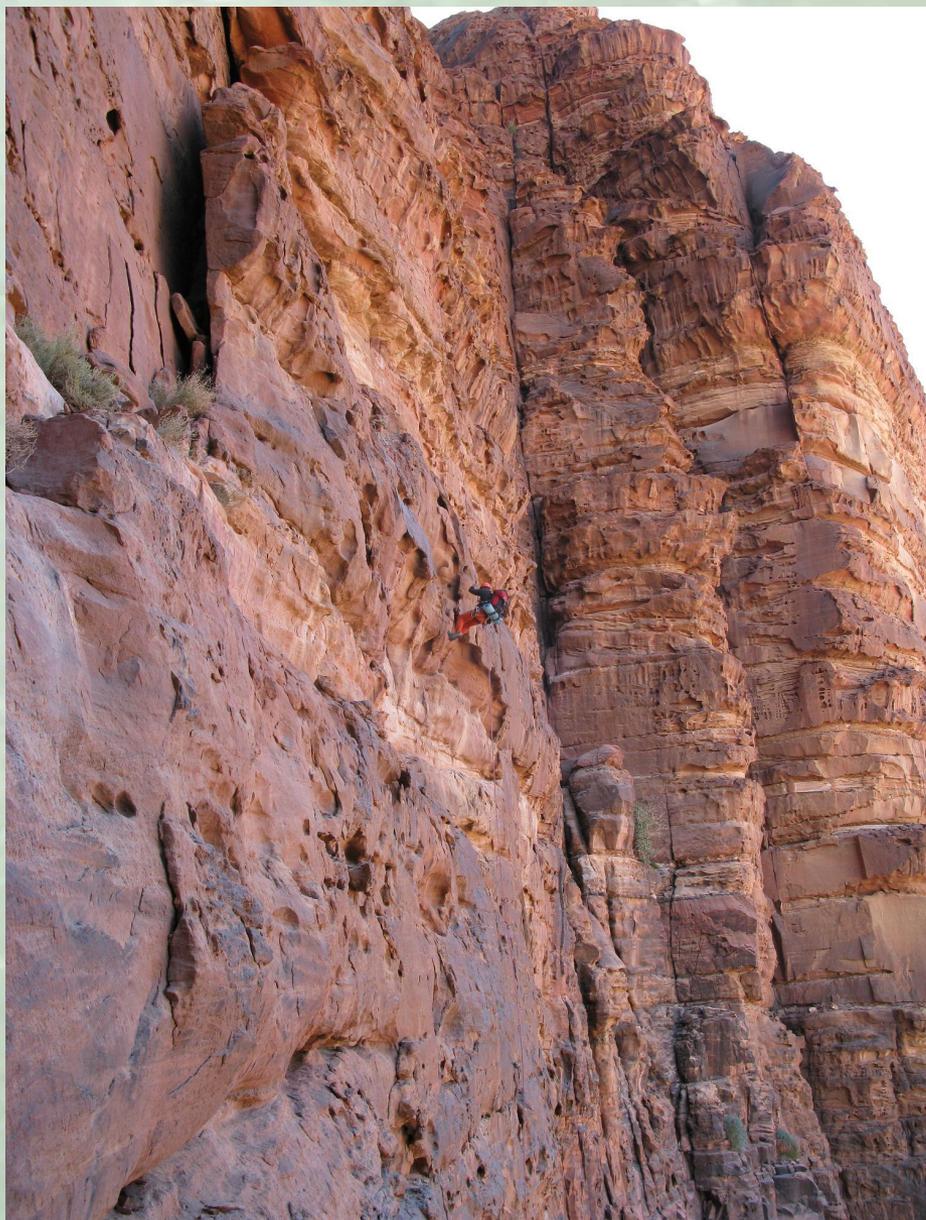


в). Трещины оползней, обвалов и провалов.



Обвал на г. Демерджи (Крым). Фото М.А. Блюмкиной.

г). Трещины расширения пород при разгрузке.



Образование трещин бортового отпора (отседания) связано с отсутствием силы со стороны открытого пространства, способной уравновесить внутреннее напряжение в горных породах.

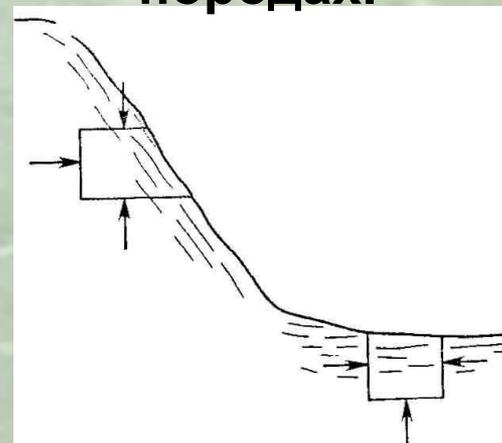


Схема распределения давления при образовании трещин бортового отпора.



Трещины бортового отпора.

Исландия



Трещины бортового отпора. Западный Крым. Фото М.Ю. Никитина.

Содержание лекции

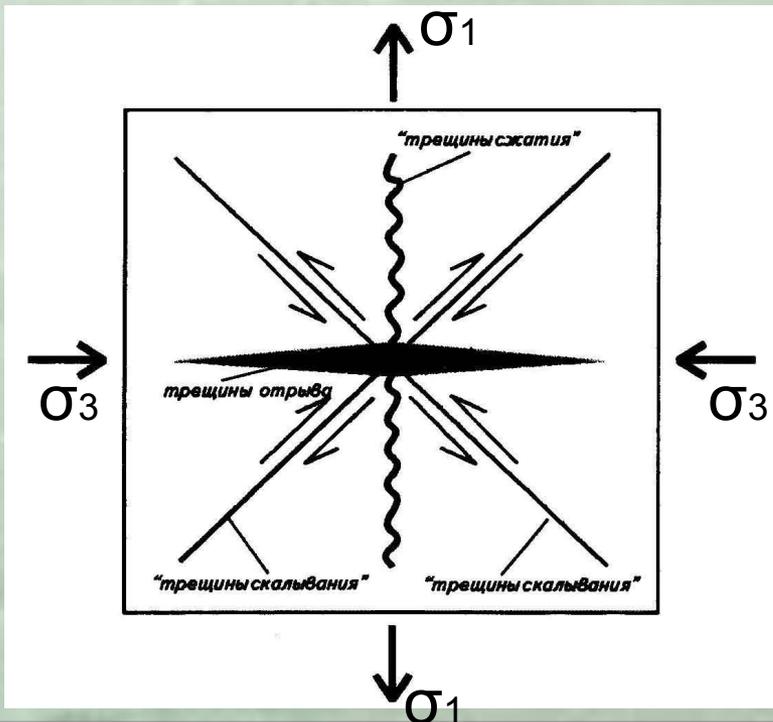
- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- **Тектонические трещины**
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

Тектонические трещины



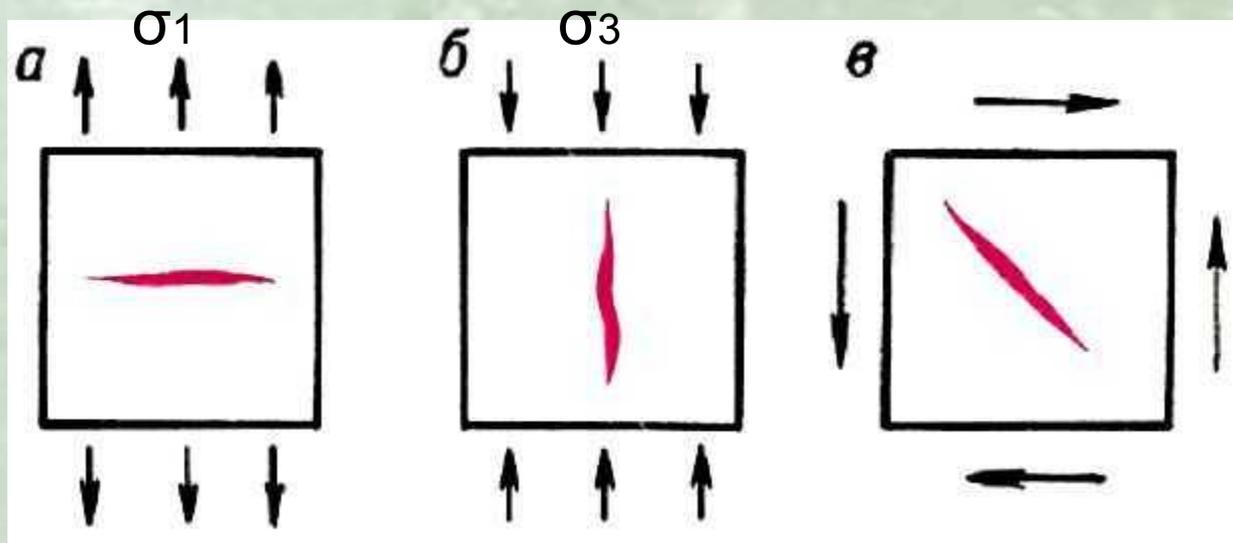
Появляются в горных породах под действием тектонических деформаций.

Отличаются от нетектонических тем, что **более выдержаны** как по простиранию, так и по падению и **ориентированы по единому плану в разных по составу породах.**



Тектонические трещины делятся на **трещины отрыва, скальвания и сжатия.**

а). Трещины отрыва

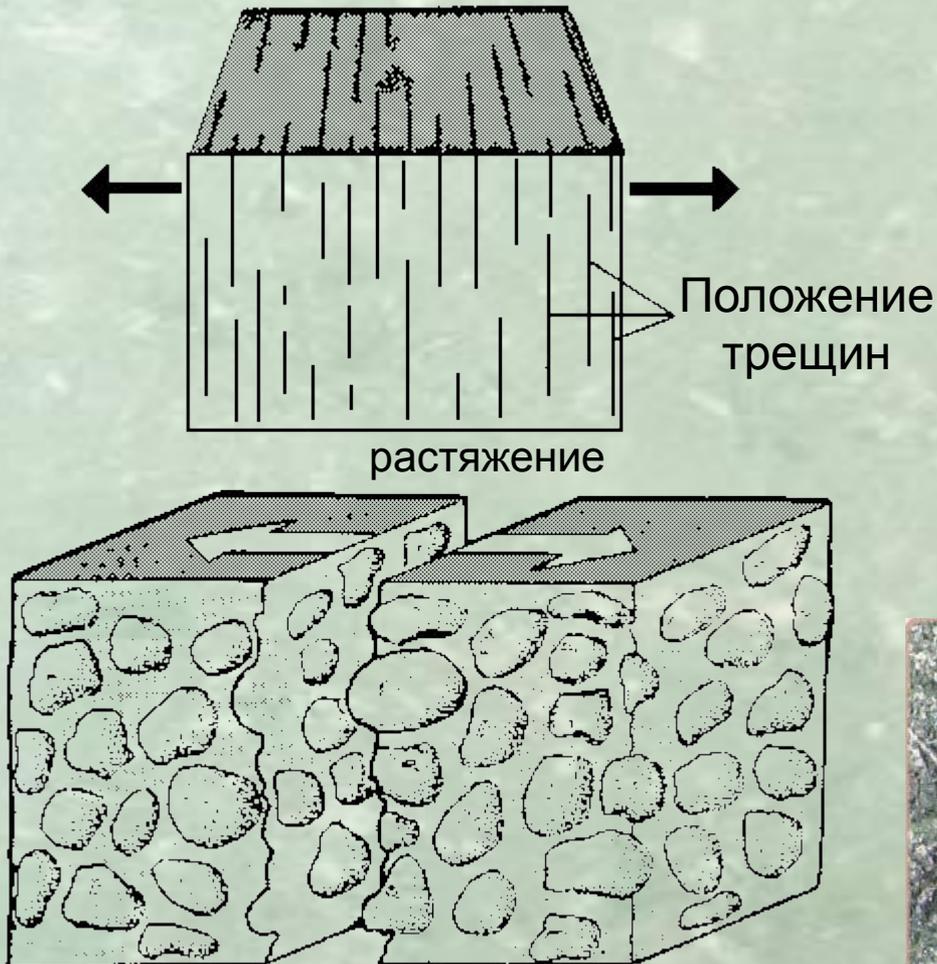


Механические
обстановки
формирования
трещин отрыва:
а). Растяжение,
б). Сжатие,
в). Сдвиг.

Возникают при появлении в породе нормальных растягивающих напряжений, превышающих пределы её прочности на отрыв.

Ориентированы перпендикулярно к оси максимального растяжения.

Трещины отрыва обычно приоткрыты, обладают неровной зернистой поверхностью и лишены следов перемещений.



Обычно крутые или вертикальные.

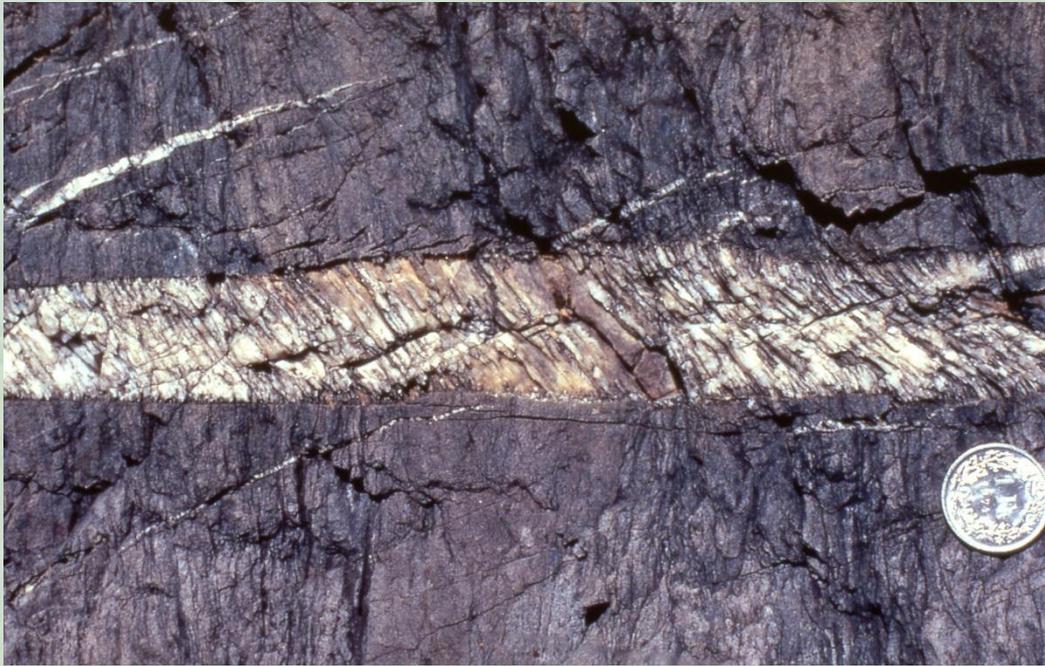
Быстро выклиниваются по простиранию.

Извилистые в плане.



**Вертикальные извилистые трещины
отрыва**

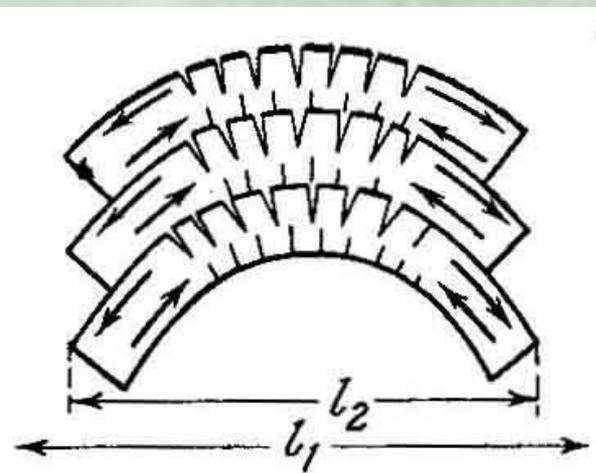




Часто заполнены
жильным материалом
(кварцем,
карбонатными и
рудными минералами.

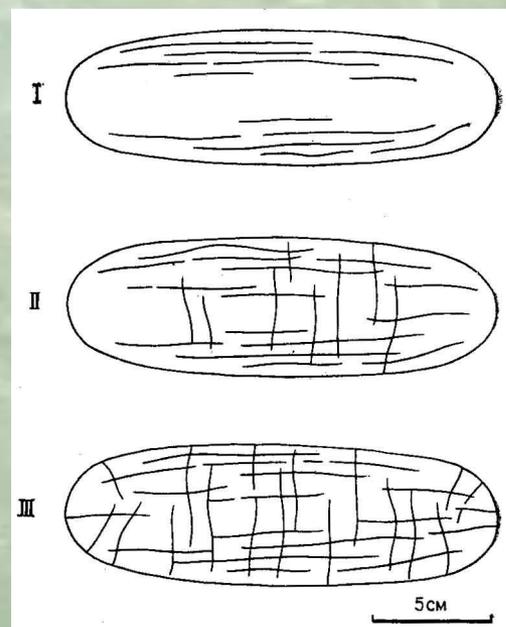


Трещины отрыва хорошо развиты в чехлах платформ, на смыкающихся крыльях флексур, в бортах платформенных прогибов. Очень часто овражная и речная сеть вырабатывается согласно с планом расположения таких трещин.



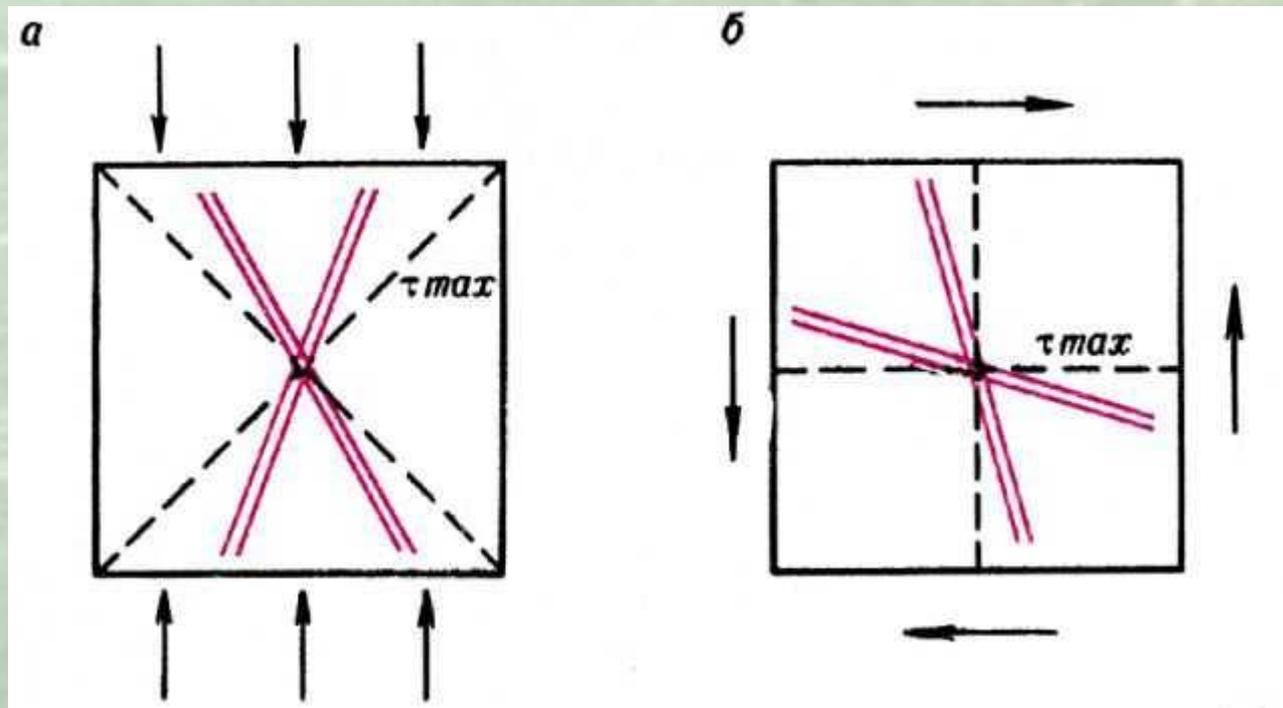
Часто трещины отрыва возникают на сводах антиклиналей, испытывающих растяжение.

Последовательные стадии развития трещин отрыва в антиклиналях поперечного изгиба по М. В. Гзовскому.



б). Трещины скалывания

Образуются в направлении максимальных касательных напряжений при нагрузках, превышающих прочность пород на сдвиг.



Образование трещин скалывания: а). При сжатии, б). При сдвиге.



Часто трещины скалывания образуют сопряжённые системы, ориентирующиеся под углом, несколько меньшим 45° к направлению оси сжатия. Трещины обычно плотно сжаты и имеют гладкие поверхности.



Нередко их поверхности несут следы перемещения в виде царапин, борозд, "зеркал скольжения"

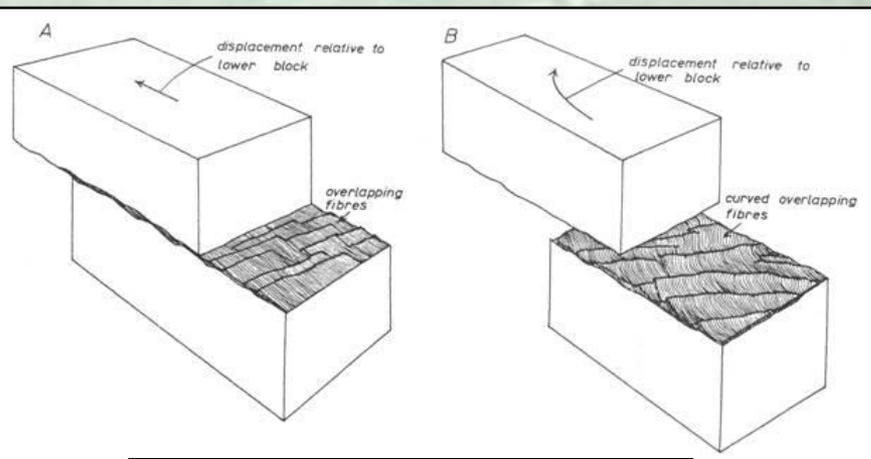


Схема формирования зеркал скольжения. По J.G. Ramsay, M.I. Huber, 1983

Зеркала скольжения образуются за счет трения между перемещаемыми блоками пород и представляют собой борозды на поверхности сместителя. По положению зеркала в пространстве и характеру борозд можно определить тип разлома и направление смещения



в). Трещины сжатия

Образуются в результате растворения пород в местах повышенного давления.

Кливаж

Наиболее часто распространён в **глинистых породах** (глинах, аргиллитах).



Макроскопически выражен в расщеплении горных пород на тонкие параллельные пластинки, происходящем при их деформации.

СТИЛОЛИТЫ

Стилолиты (стилолитовые швы) возникают при растворении карбонатных пород.

Стилолиты образуют поверхности, которые на поперечном срезе породы выглядят как зубчатые швы.



Верхний мел Крыма. Фото Ю.О. Гаврилова.

Нерастворимые примеси – глинистые частицы, оксиды железа – остаются на зубчиках СТИЛОЛИТОВ.



Верхний мел Крыма. Фото Ю.О. Гаврилова.



Разрывы со смещением

Разрыв – **поверхность** или **зона** в горных породах, по которой произошло смещение разделяемых этой поверхностью блоков.

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

Классификация разрывов со смещениями разработана **на основе многолетней практики.**

Среди разрывных смещений в зависимости от пространственного положения разрыва и от направления смещения блоков выделяется

шесть основных типов :

раздвиги, сбросы, взбросы, надвиги, покровы, сдвиги.

Основными группами разрывов со смещением являются **раздвиги и разрывы со скольжением.**

Раздвиги

Под раздвигом понимается **смещение**, выраженное в **раздвигании** краёв **трещины**.



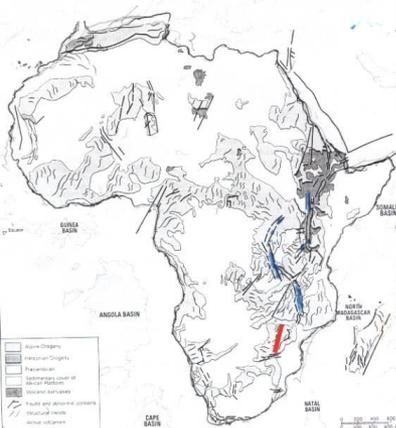
Перемещение блоков происходит **под прямым углом** к поверхности отрыва, вследствие чего **увеличивается полость** трещины.

Раздвиг характеризуется размером полости (зияния).

Раздвиги чаще, чем другие типы разрывов, **заполняются горными породами и минералами.**

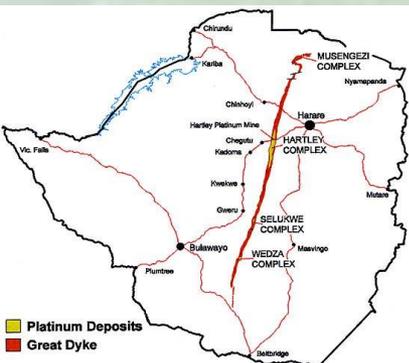
С раздвигами связаны одиночные крупные вертикальные **дайки или дайковые пояса.**

В большинстве случаев амплитуды отдельных раздвигов измеряются долями метра или несколькими метрами.

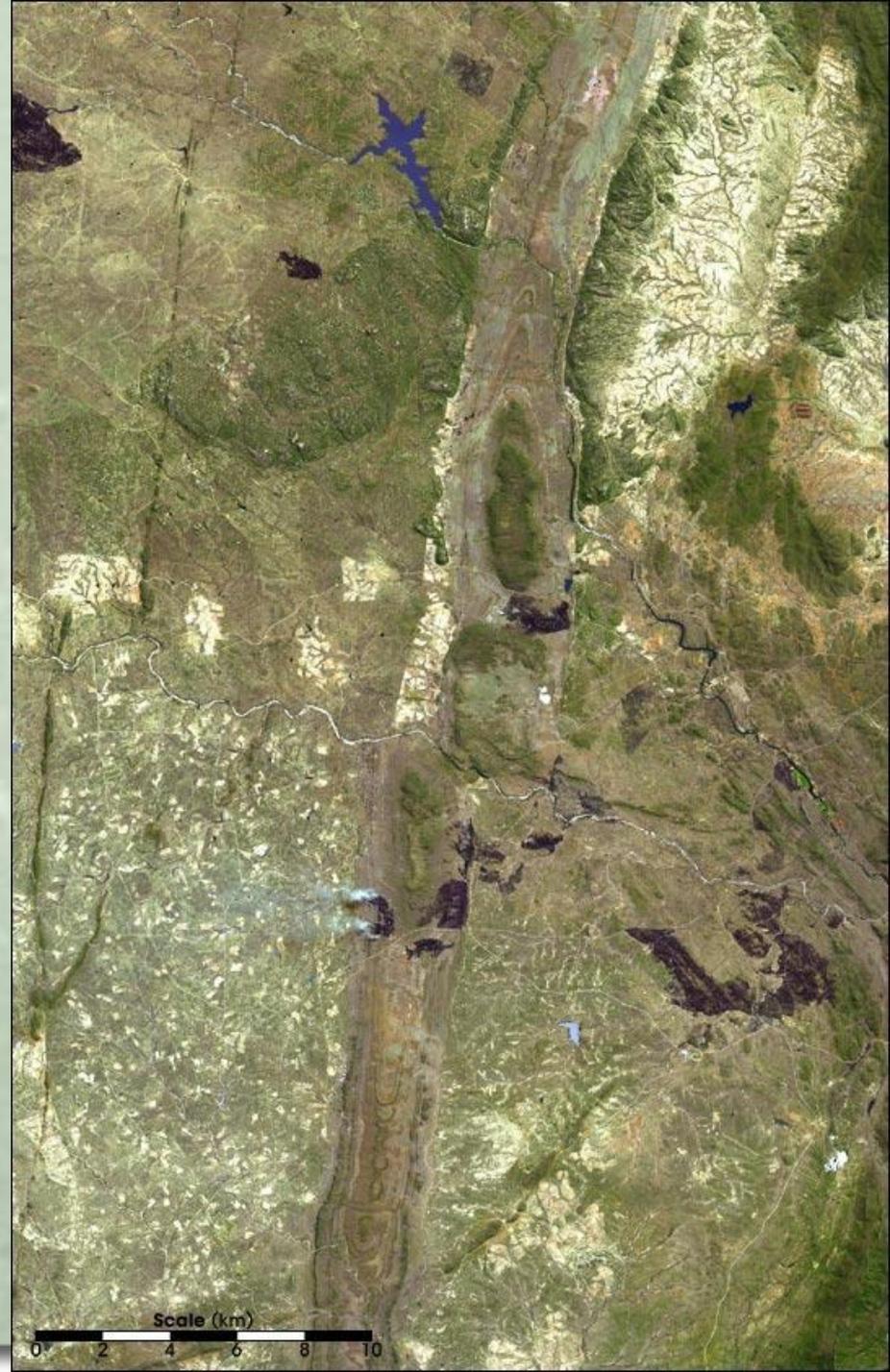


Самый большой
раздвиг на
материках –
Великая дайка
Зимбабве.

Протягивается на
560 км при зиянии
от **3,2** до **12,3 км**.



Интрузивный
массив с
крупнейшими по
запасам
месторождениями
хромовых руд.



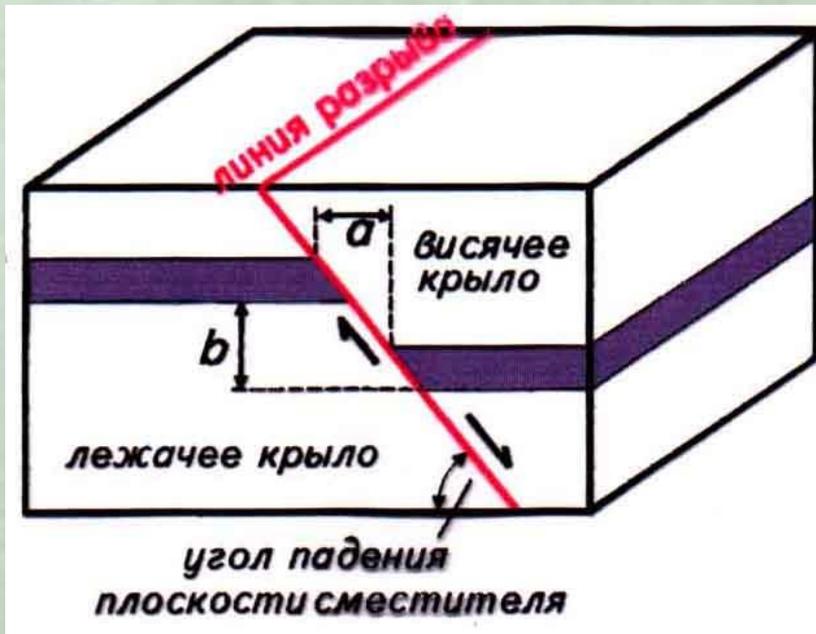
Разрывы со скольжением

Эта группа характеризуется скольжением блоков пород, разделенных разрывом, относительно друг друга.

Сбросы.

Элементы сброса:

- 1). Поверхность разрыва, или сместитель.
- 2). Блок расположен над сместителем - висячее крыло (опущено).
- 3). Блок расположен под сместителем - лежачее крыло (поднято).
- 4). Угол падения сместителя.



Амплитуды смещения: а) горизонтальная амплитуда, б) вертикальная амплитуда.



Висячее крыло

Лежачее крыло

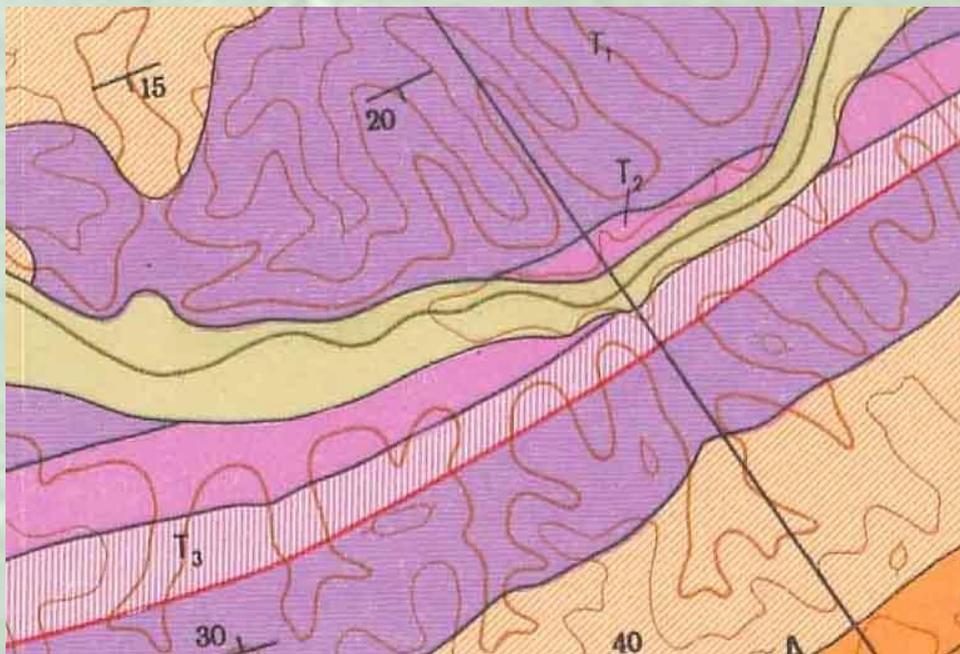
flickr.com/

Сброс – тектонический разрыв, у которого сместитель падает под опущенное (висячее) крыло.

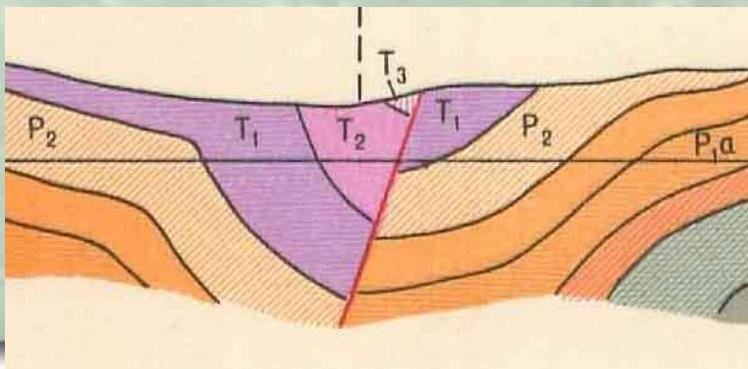
Классификация сбросов.

1). По отношению к простиранию нарушенных пород.

а). Продольные сбросы

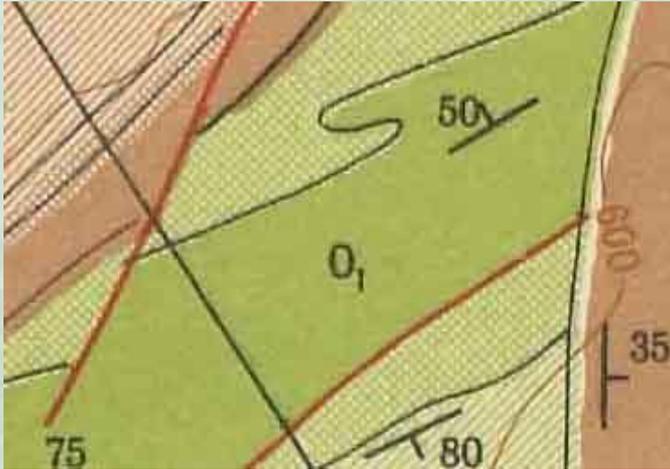


Общее простирание поверхности сместителя в плане совпадает с простиранием пород.



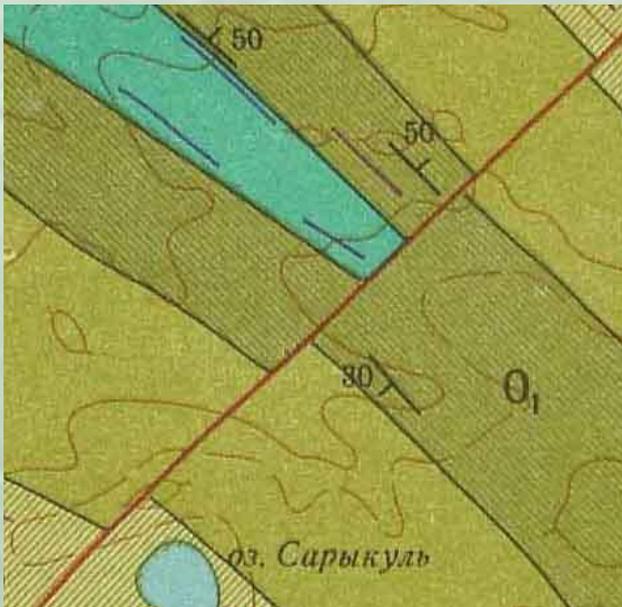
Разрез.

б). Косые (диагональные) сбросы.



Сместитель в плане ориентирован под углом к простиранию пород.

в). Поперечные сбросы.



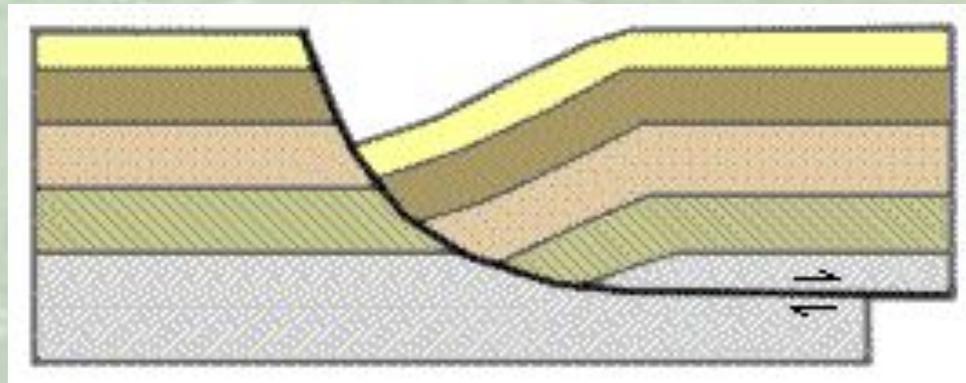
Сместитель в плане ориентирован вкрест (под прямым углом) простирания пород.

2). По углам падения сместителя:

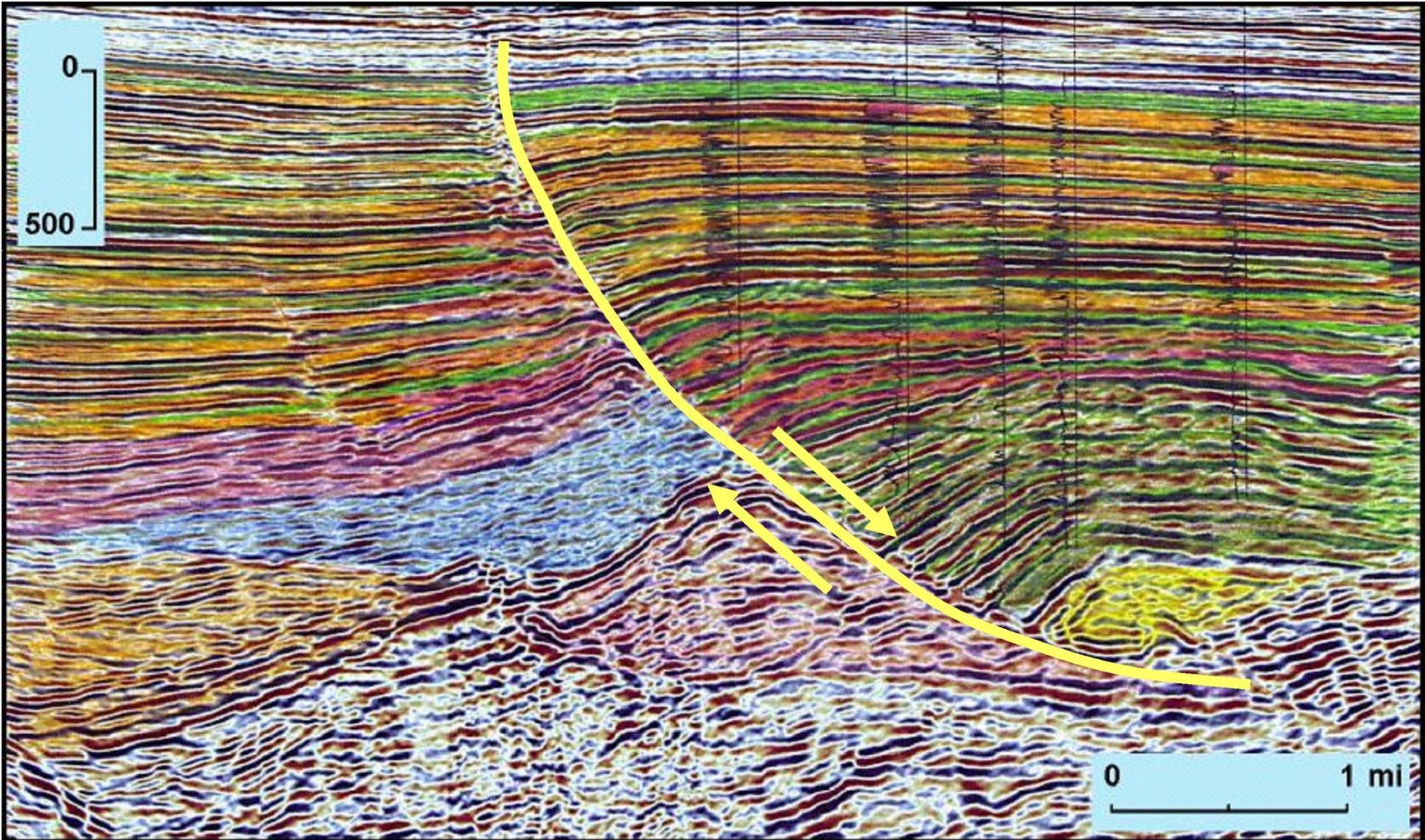
а) пологие сбросы (до 30°),

б) крутые (30 – 80°),

в) вертикальные (80 – 90°).

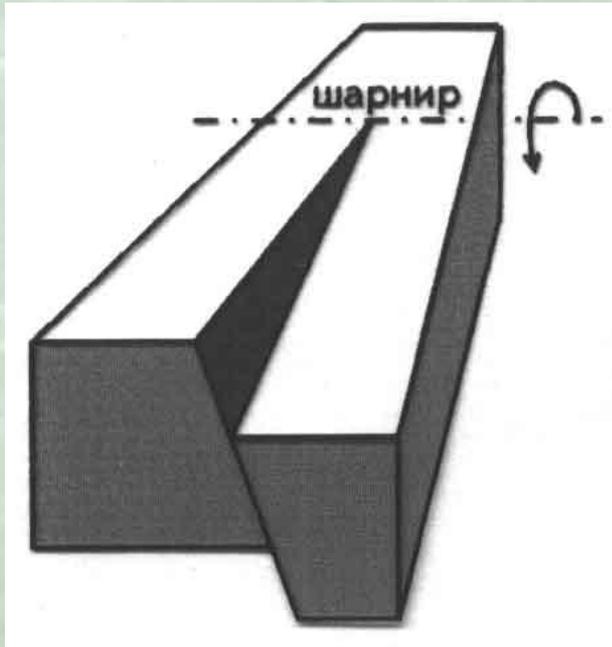


Листрические сбросы – чашеобразные сбросы, крутые на поверхности и выполаживающиеся на глубине, где сливаются в одну горизонтальную поверхность срыва.



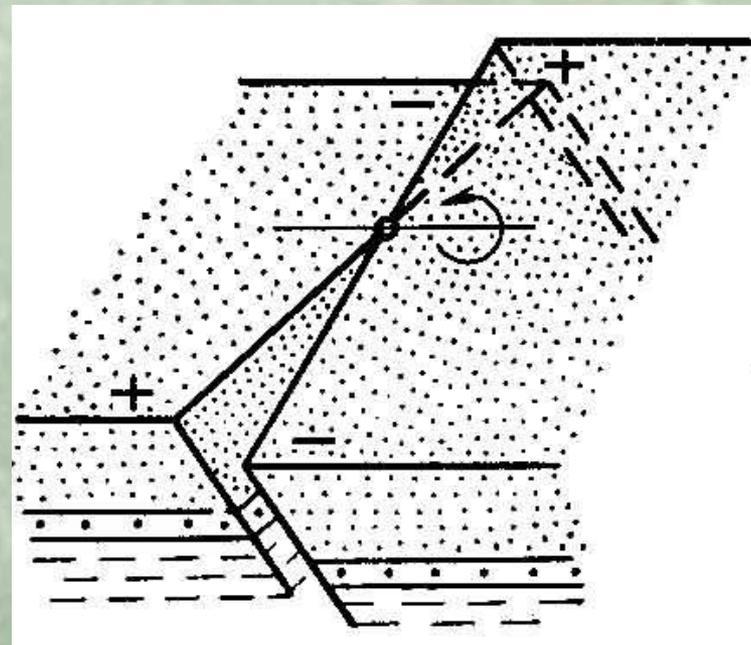
Листрический сброс по данным сейсморазведки.

Шарнирные сбросы.



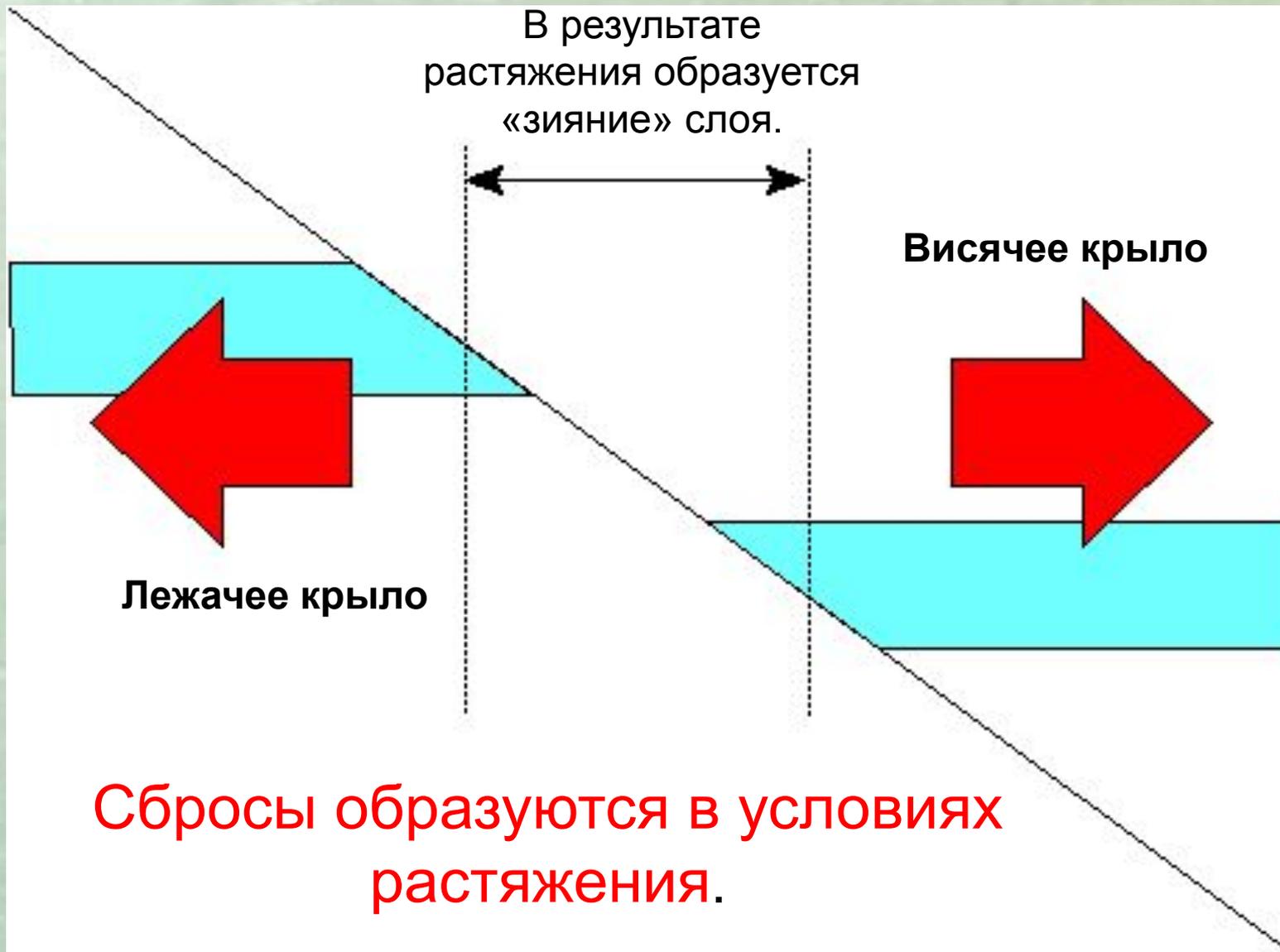
Крылья шарнирного сброса поворачиваются вокруг оси, перпендикулярной к простиранию сместителя

Если ось вращения расположена не у конца сброса, его крылья могут двигаться в разных направлениях.



Условия образования сбросов.





С общим растяжением связано появление систем сбросов – **ступенчатых сбросов**.

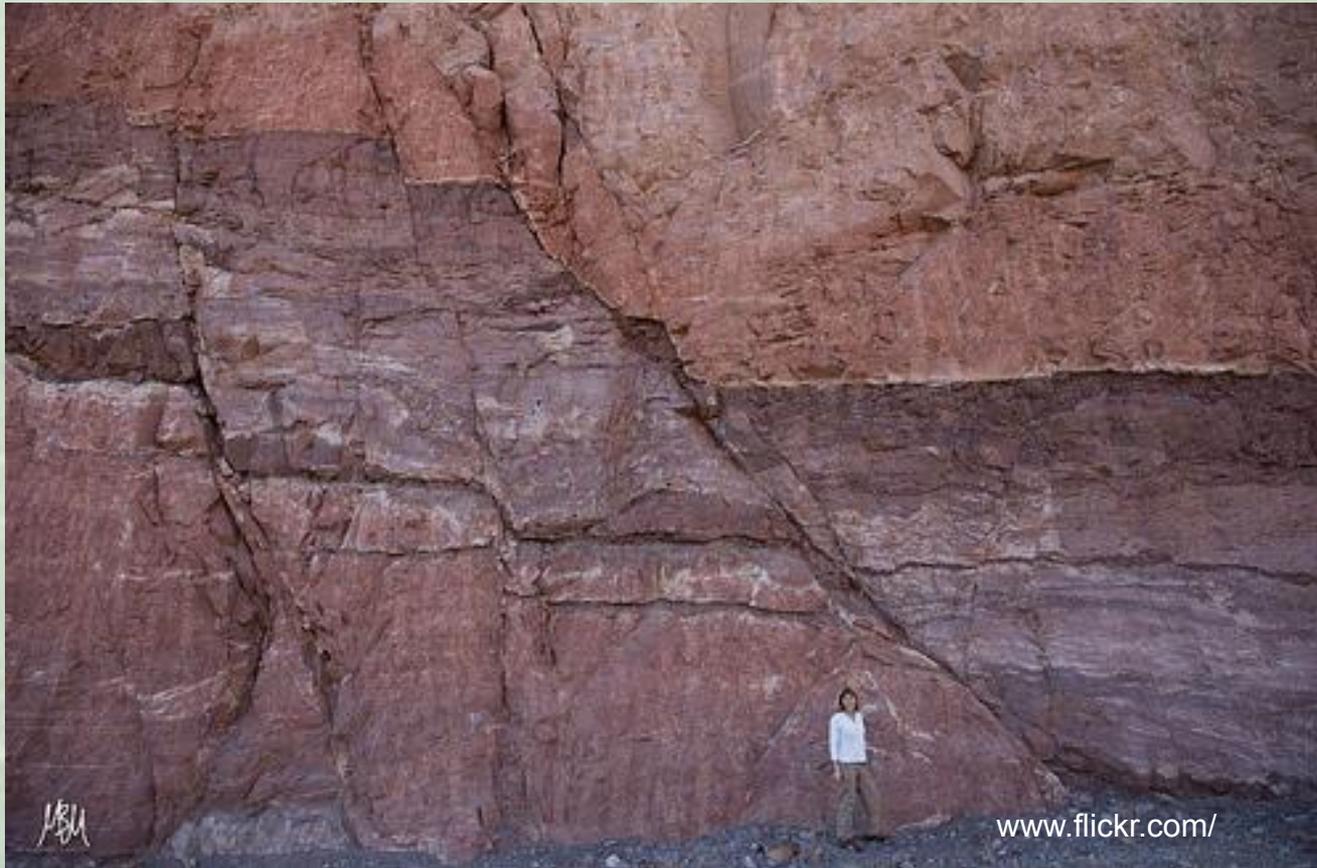
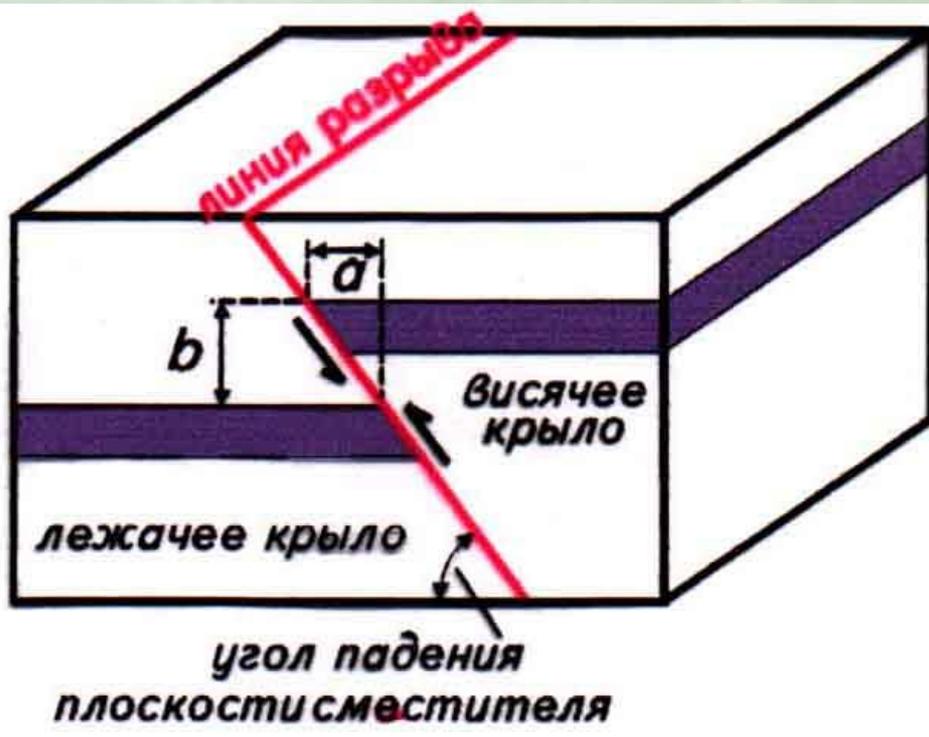


Схема.

Взбросы.



Элементы взброса:

- 1). Поверхность разрыва, или сместитель.
- 2). Блок расположен над сместителем - висячее крыло (поднято).
- 3). Блок расположен под сместителем - лежащее крыло (опущено).
- 4). Угол падения сместителя.

Амплитуды смещения: а) горизонтальная амплитуда, б) вертикальная амплитуда.



висячее крыло

лежащее крыло

www.indiana.edu

Взброс – тектонический разрыв, у которого сместитель падает под поднятое (висячее) крыло.

Классификация взбросов.

1). По отношению к простиранию нарушенных пород.

- а). Продольные взбросы.
- б). Косые или диагональные.
- в). Поперечные.

2). По углу падения сместителя:

- а) пологие взбросы (до 30°),
- б) крутые ($30-80^{\circ}$),
- в) вертикальные ($80-90^{\circ}$).

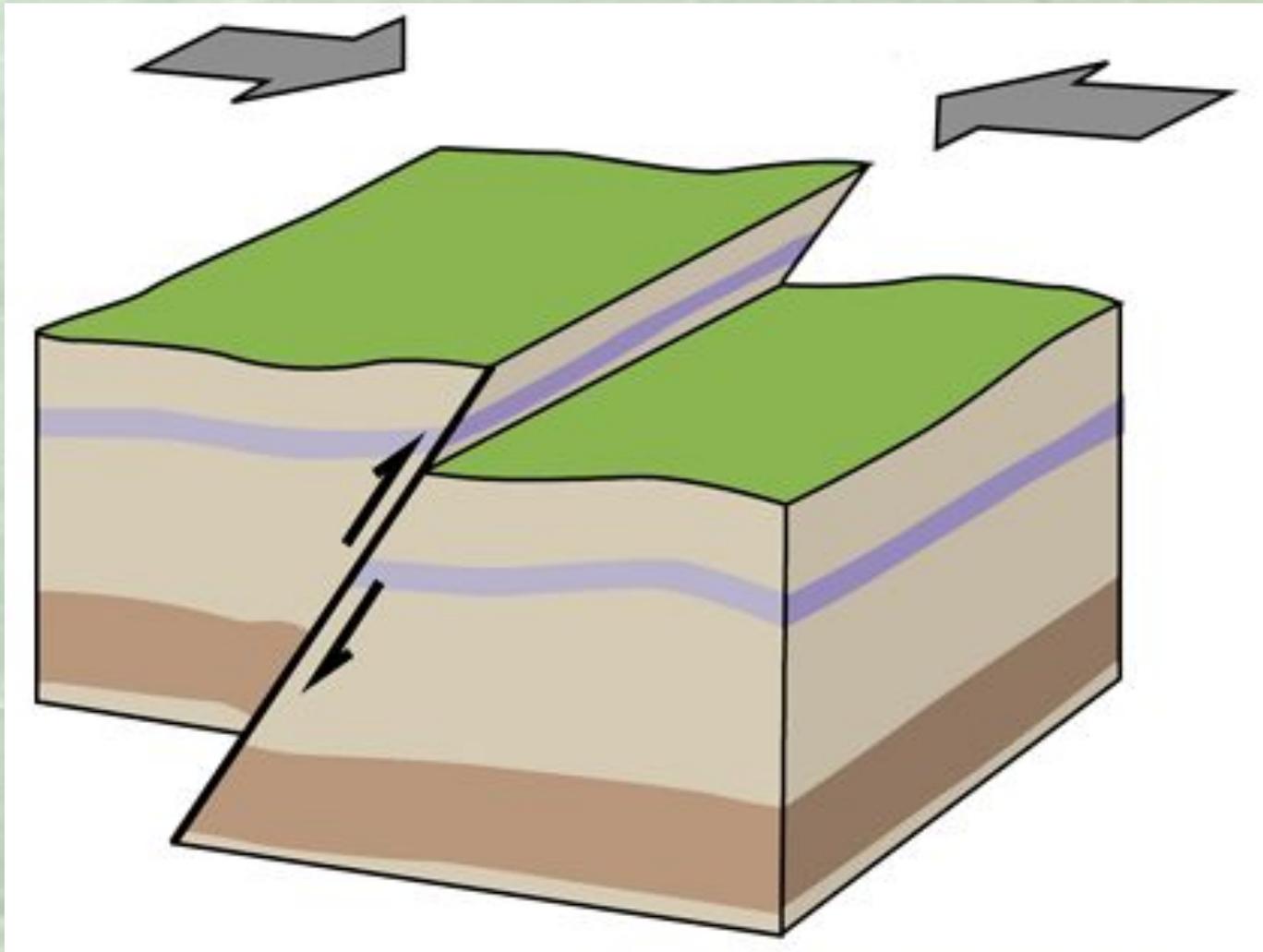
Условия образования взбросов.



висячее крыло

лежащее крыло

Перекрытие одного крыла другим указывает на сближение крыльев в обстановке



общего сжатия!

С общим сжатием связано появление систем взбросов –
ступенчатых взбросов.

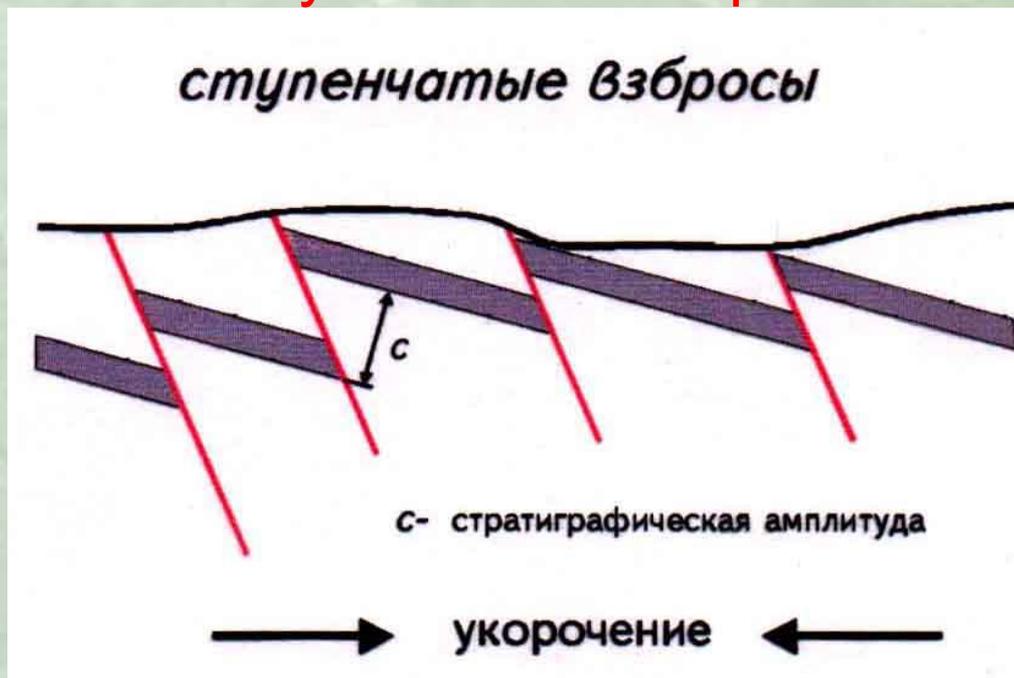


Схема.



Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг, сдвиговые структуры
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

Системы сбросов и взбросов.

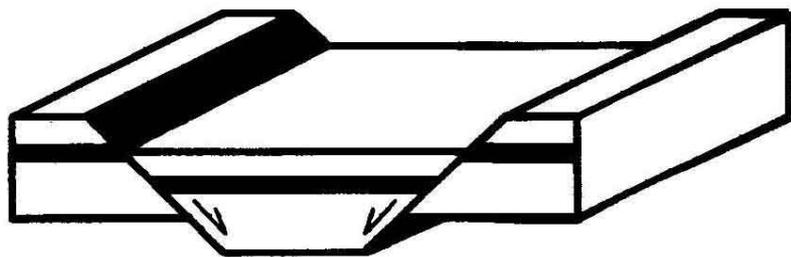
Сбросы и взбросы нередко развиваются группами, образуя структуры, получившими названия **грабенов** и **горстов**.

Грабен (нем. – ров) – линейная структура, ограниченная сбросами (реже взбросами), центральная часть которой опущена и на поверхности сложена породами более молодыми, чем в поднятых краевых частях.



Грабен может быть образован как двумя сбросами в обстановке растяжения (а), так и двумя взбросами в обстановке относительного сжатия (б).

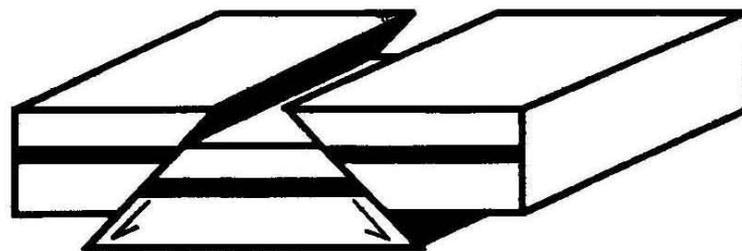
грабен, образованный двумя сбросами



← удлинение →

а

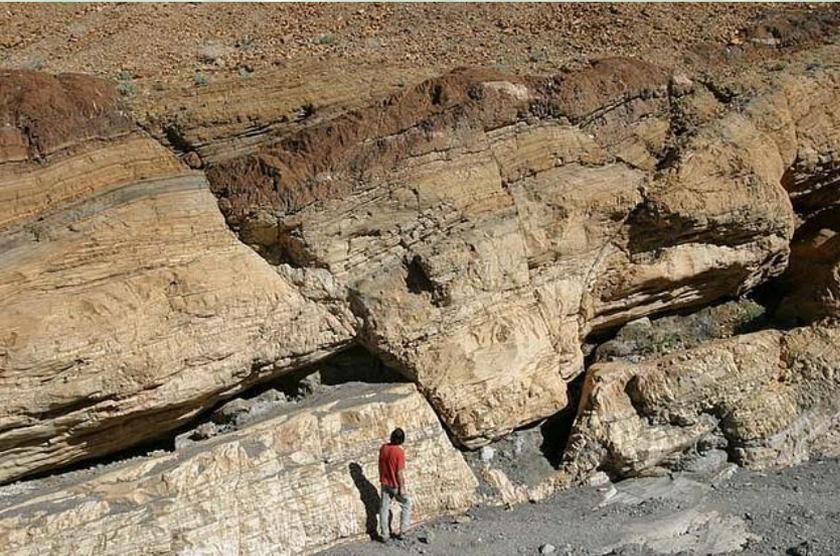
грабен, образованный двумя взбросами



→ укорочение ←

б

Небольшие грабены



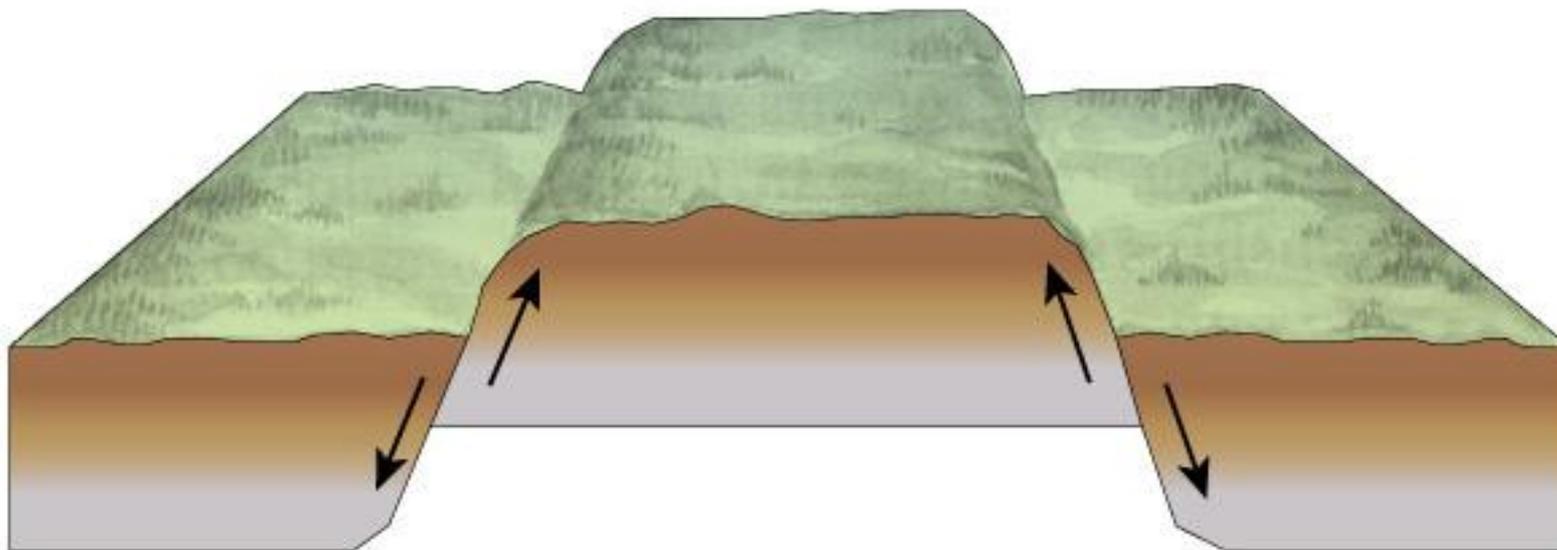
Долина Смерти. Калифорния. Фото
Марли Б. Миллер



Иран

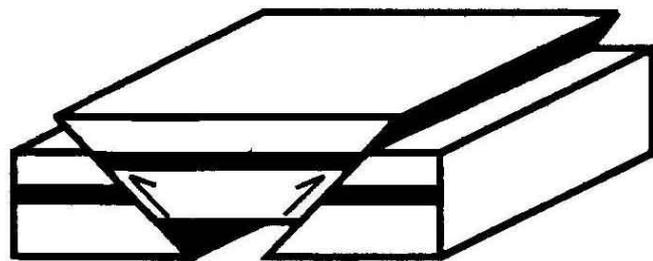
Горст (нем. – возвышенность, холм) – линейная структура, образованная взбросами, (реже сбросами), центральная часть которой приподнята и на поверхности сложена более древними породами, чем в относительно опущенных краевых частях.

Горст



Горст может быть образован как двумя взбросами в обстановке сжатия (**а**), так и двумя сбросами в обстановке относительного растяжения (**б**).

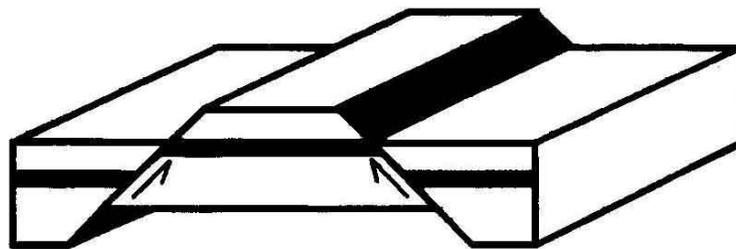
горст, образованный двумя взбросами



→ укорочение ←

а

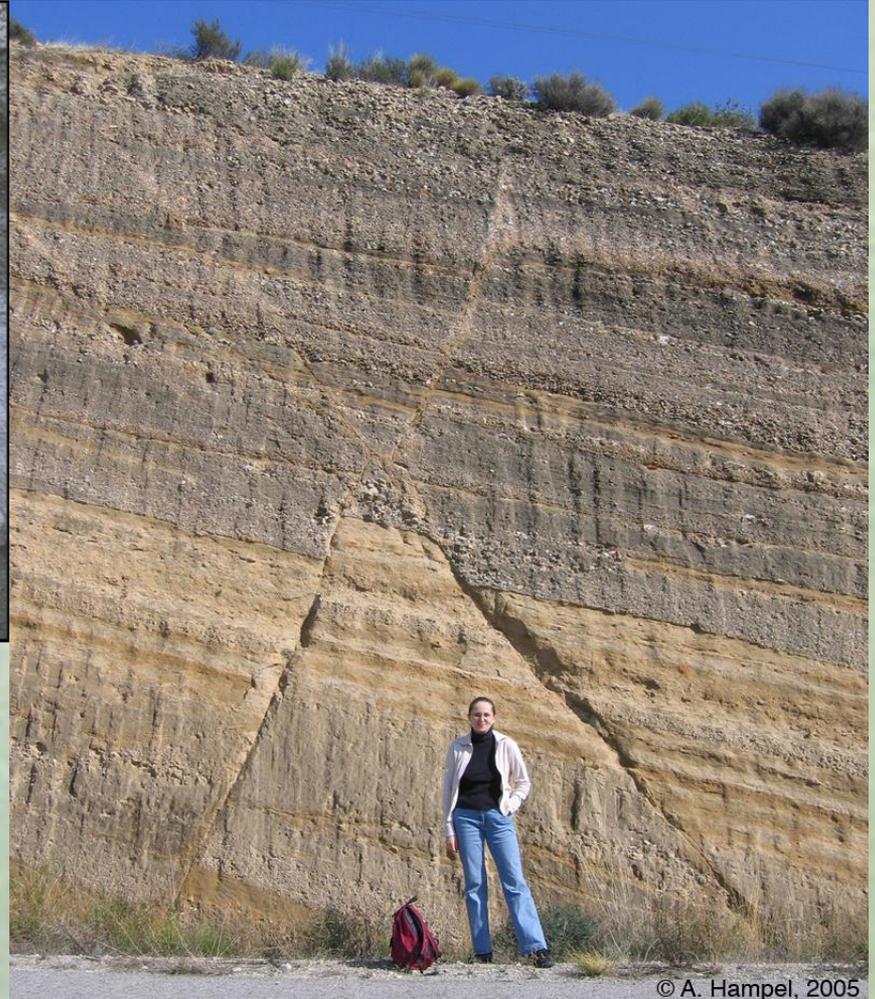
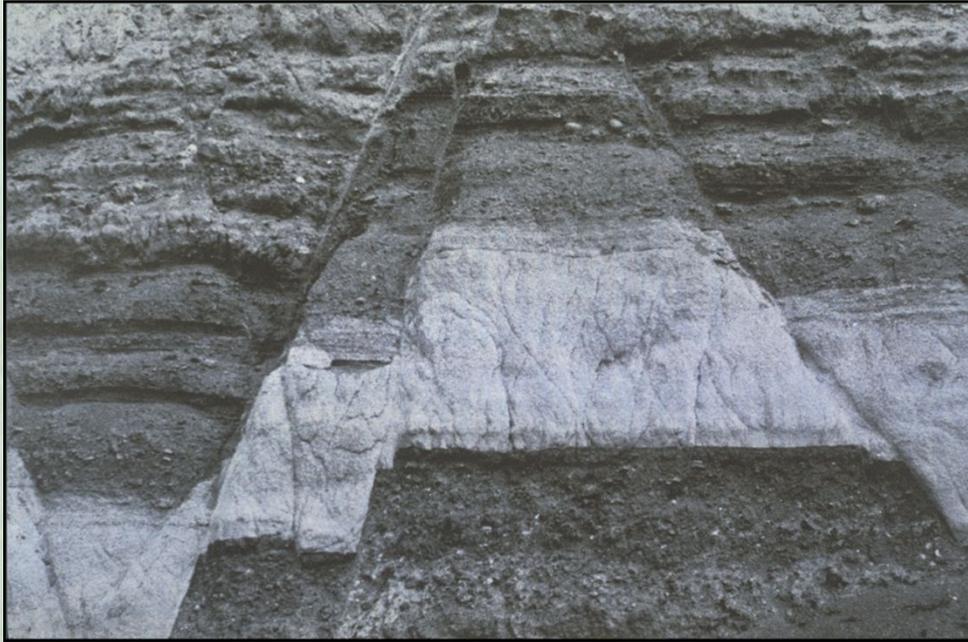
горст, образованный двумя сбросами



← удлинение →

б

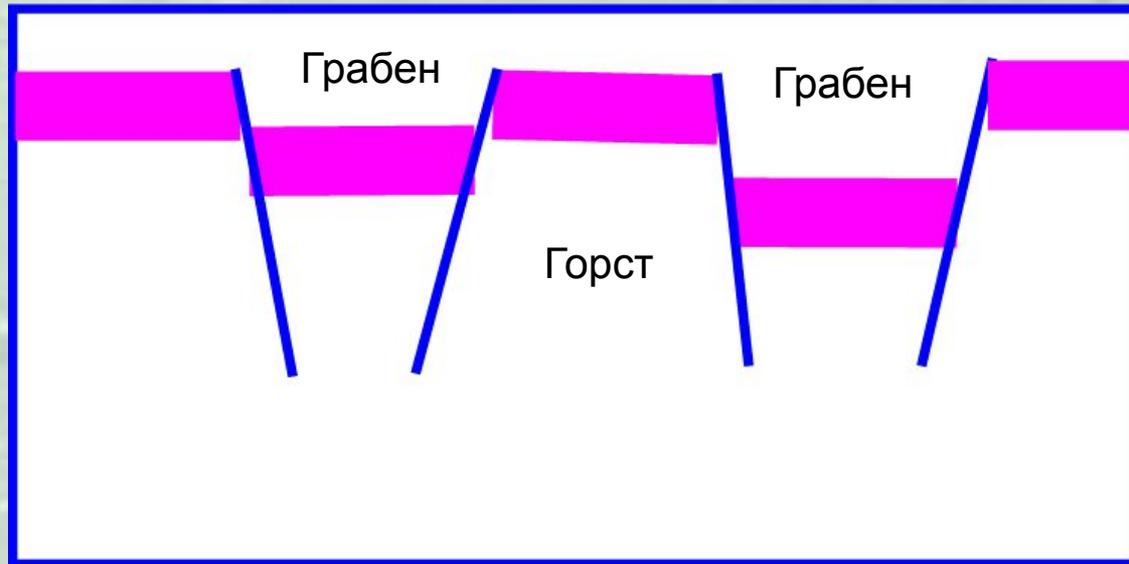
Горст, образованный системой сбросов.



© А. Hampel, 2005

Горст. Южная Испания

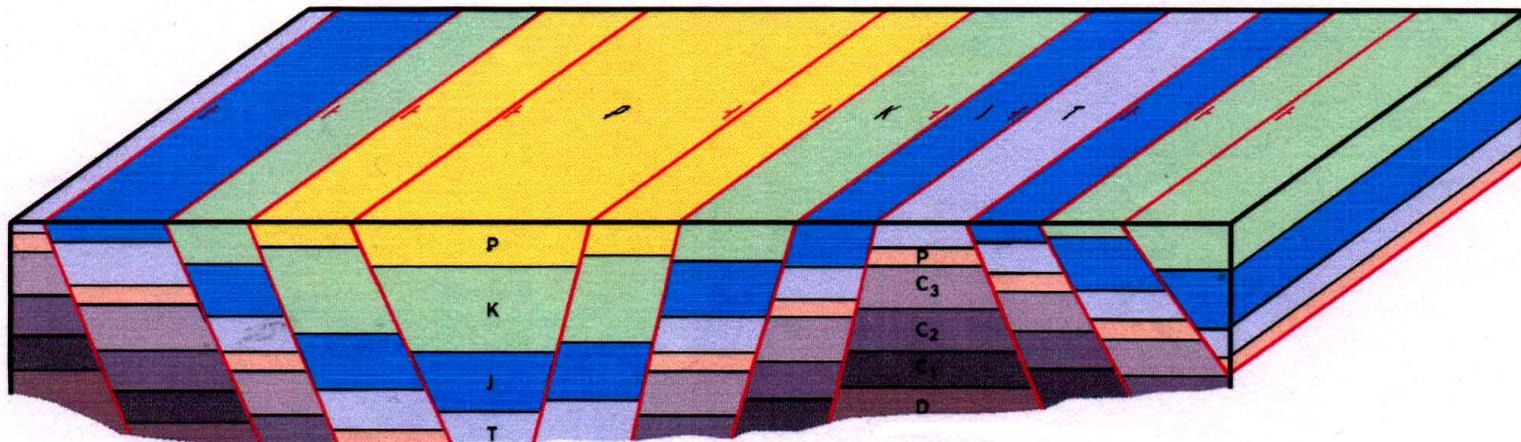
Схема сопряженных горстов и грабенов.



блокдиаграмма сопряженных горста и грабена

грабен

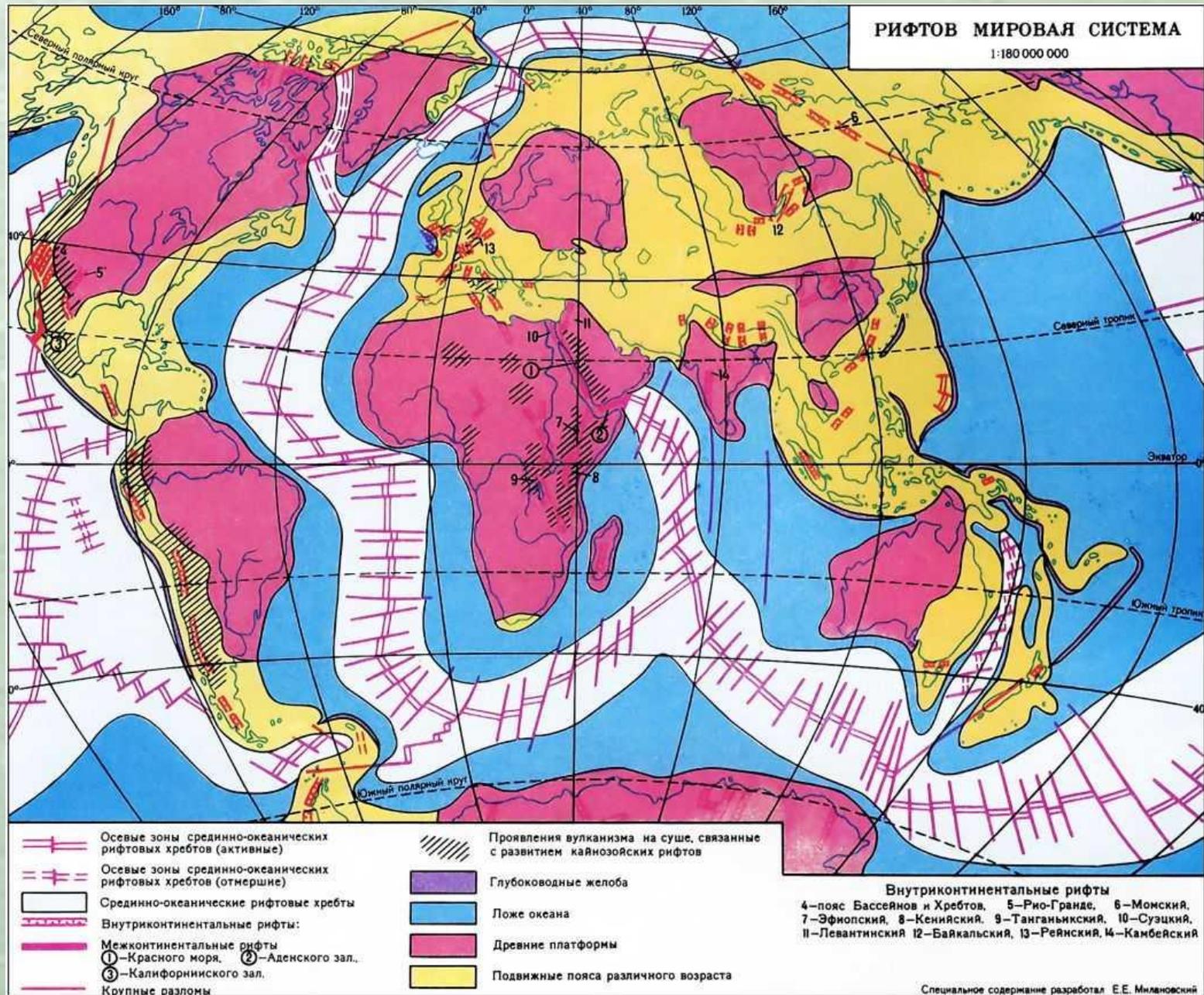
горст





Система грабенов и горстов, образованных сбросами.

Глобальные грабены и горсты.



Большая рифтовая долина (The Great Rift Valley).



Ещё...

Карта

Спутник

Ландшафт



Усолъе-Сибирское

Ангарск

Иркутск

Улан-Удэ

Байкальский рифт.

Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- **Сдвиг, сдвиговые структуры**
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

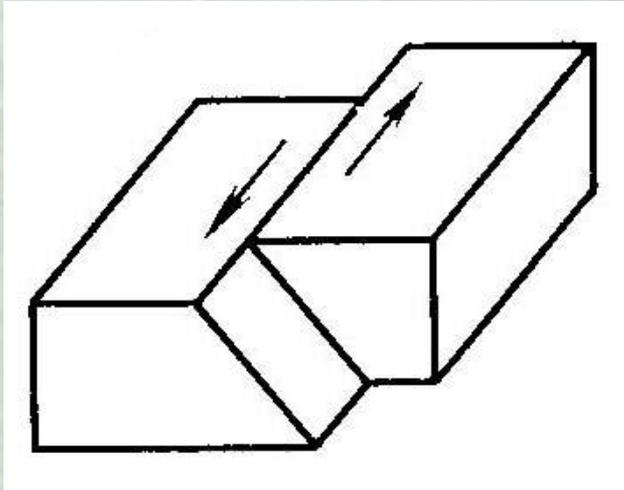
Сдвиги.

Сдвигами называются разрывы, смещение по которым происходят в горизонтальном направлении вдоль поверхности сместителя.

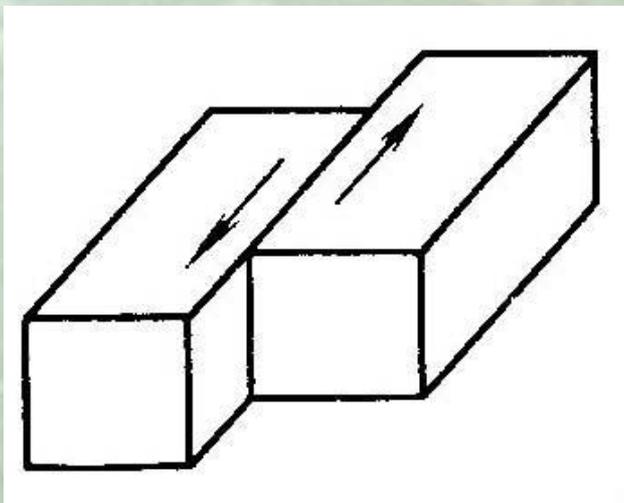


В сдвигах различаются **крылья**, **сместитель**, **угол наклона сместителя** и **амплитуда смещения**.

По углу наклона поверхности сместителя сдвиги делятся на:

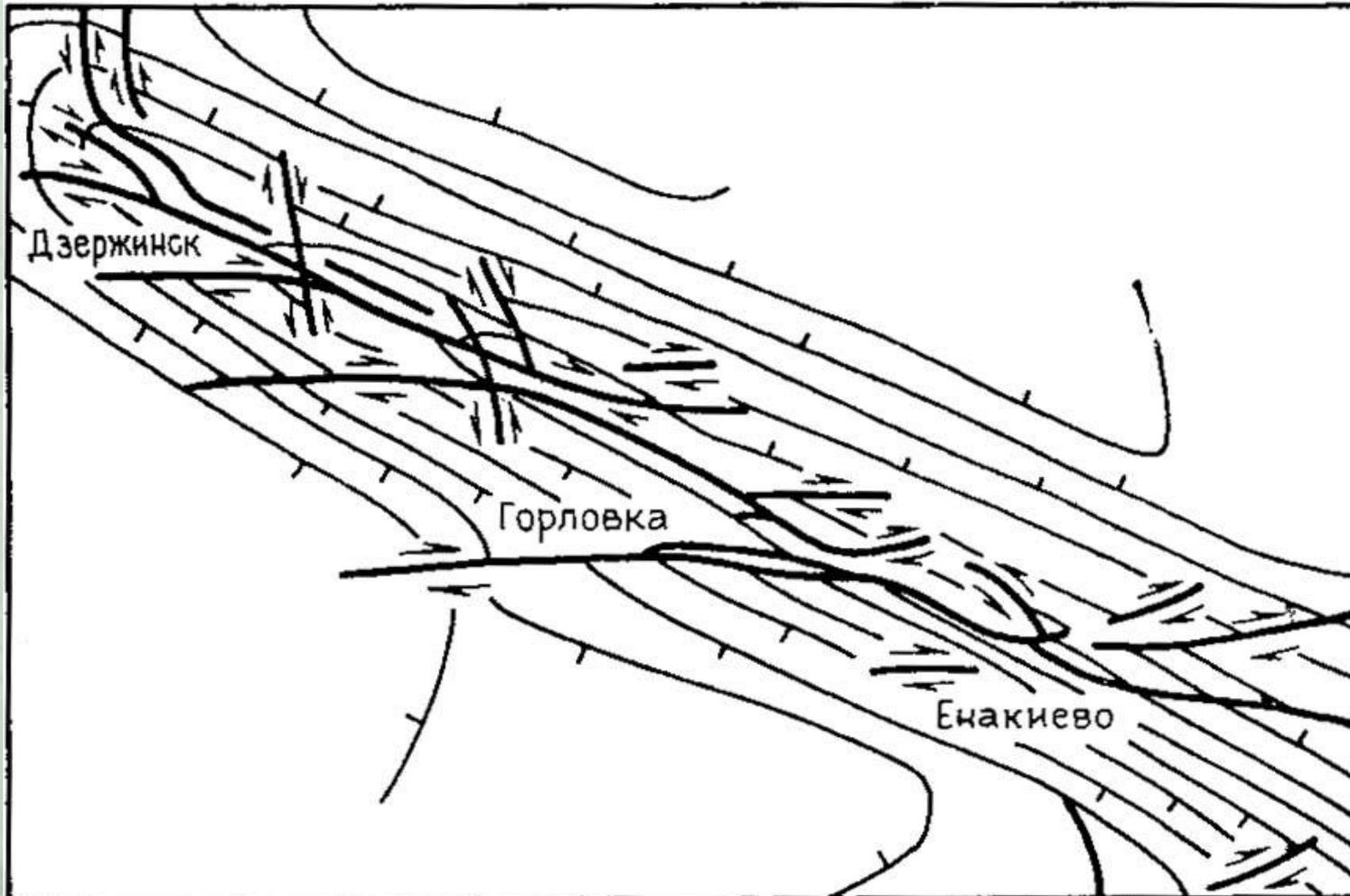


1). Пологие (угол наклона от до 45°).



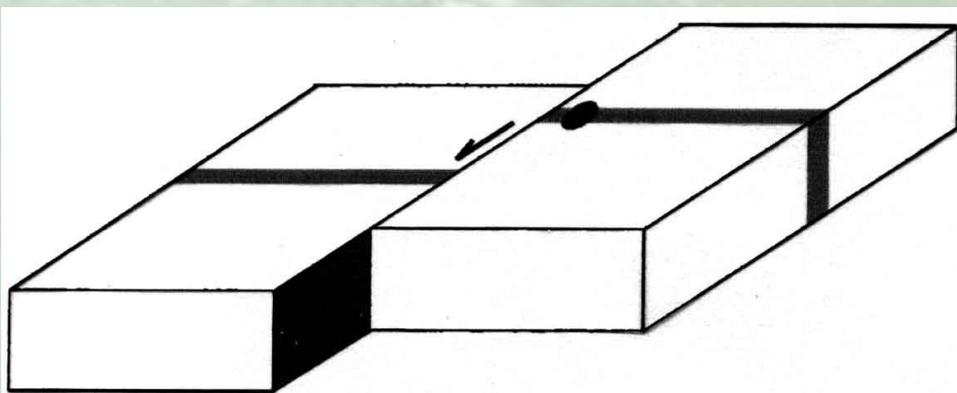
2). Крутые и вертикальные (угол наклона до 90°).

По отношению к простиранию нарушенных пород сдвиги могут быть продольными, косыми (диагональными) и поперечными.

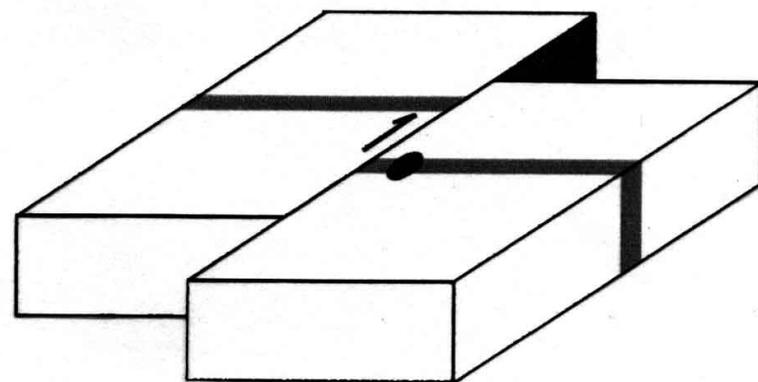


Сдвиги
Главной
антиклинали
Донбасса по
В.В. Эзу.

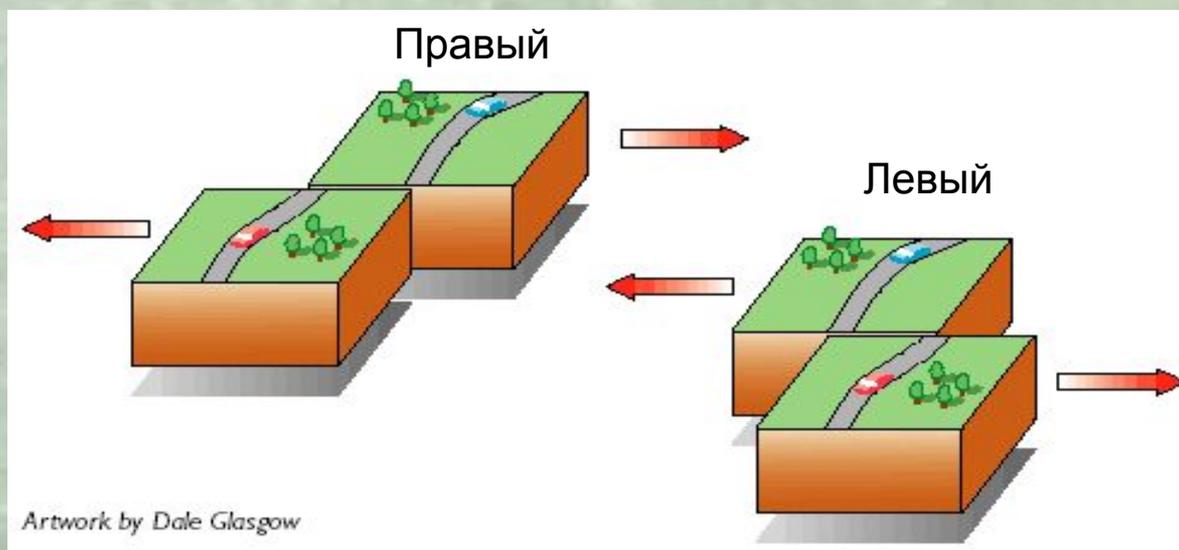
По направлению смещения различают
левые и **правые** сдвиги.



левый сдвиг



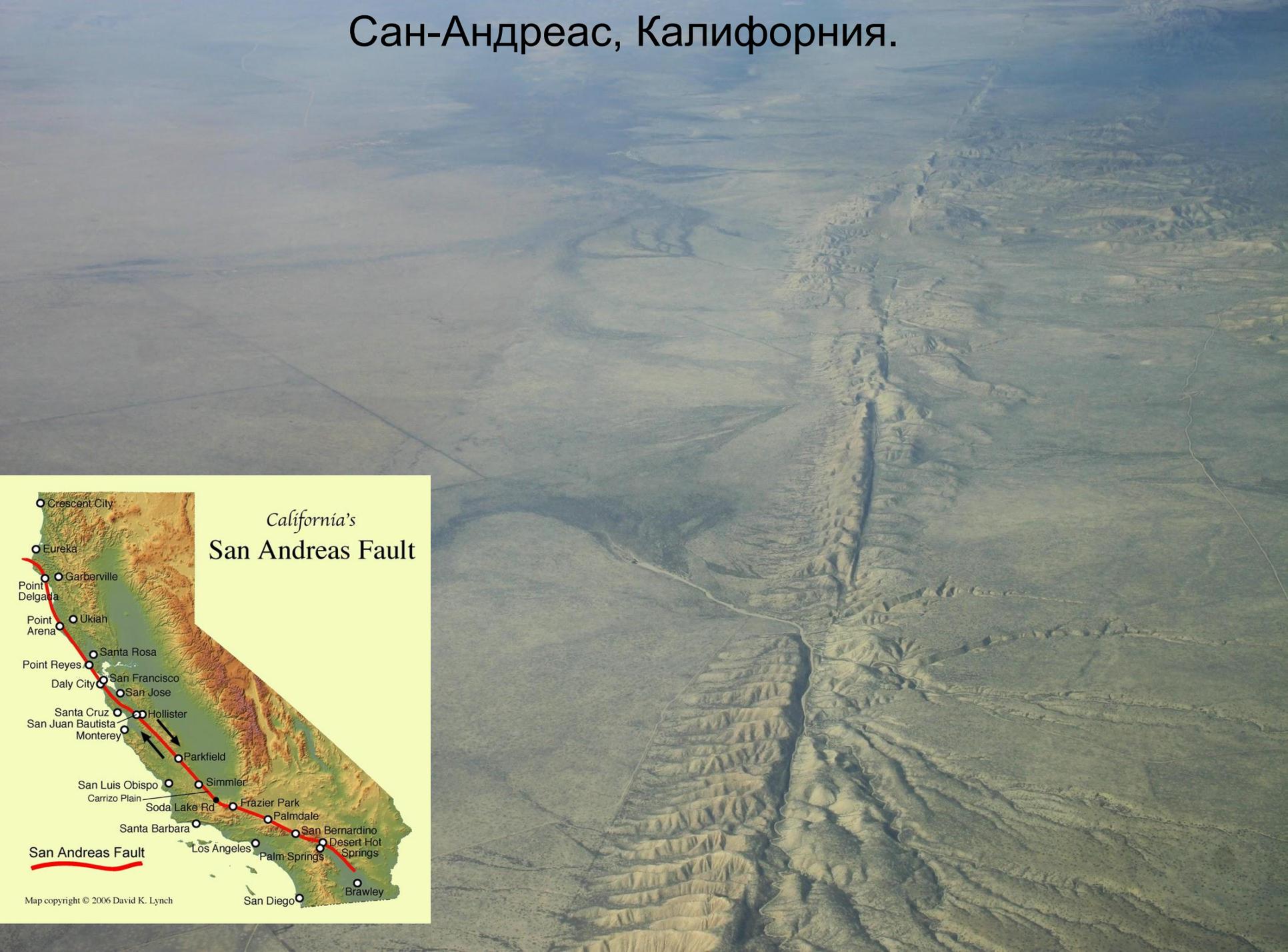
правый сдвиг



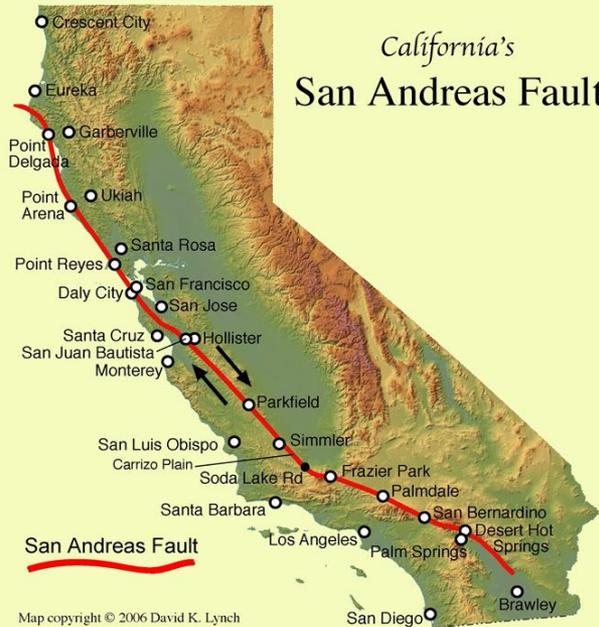
Artwork by Dale Glasgow

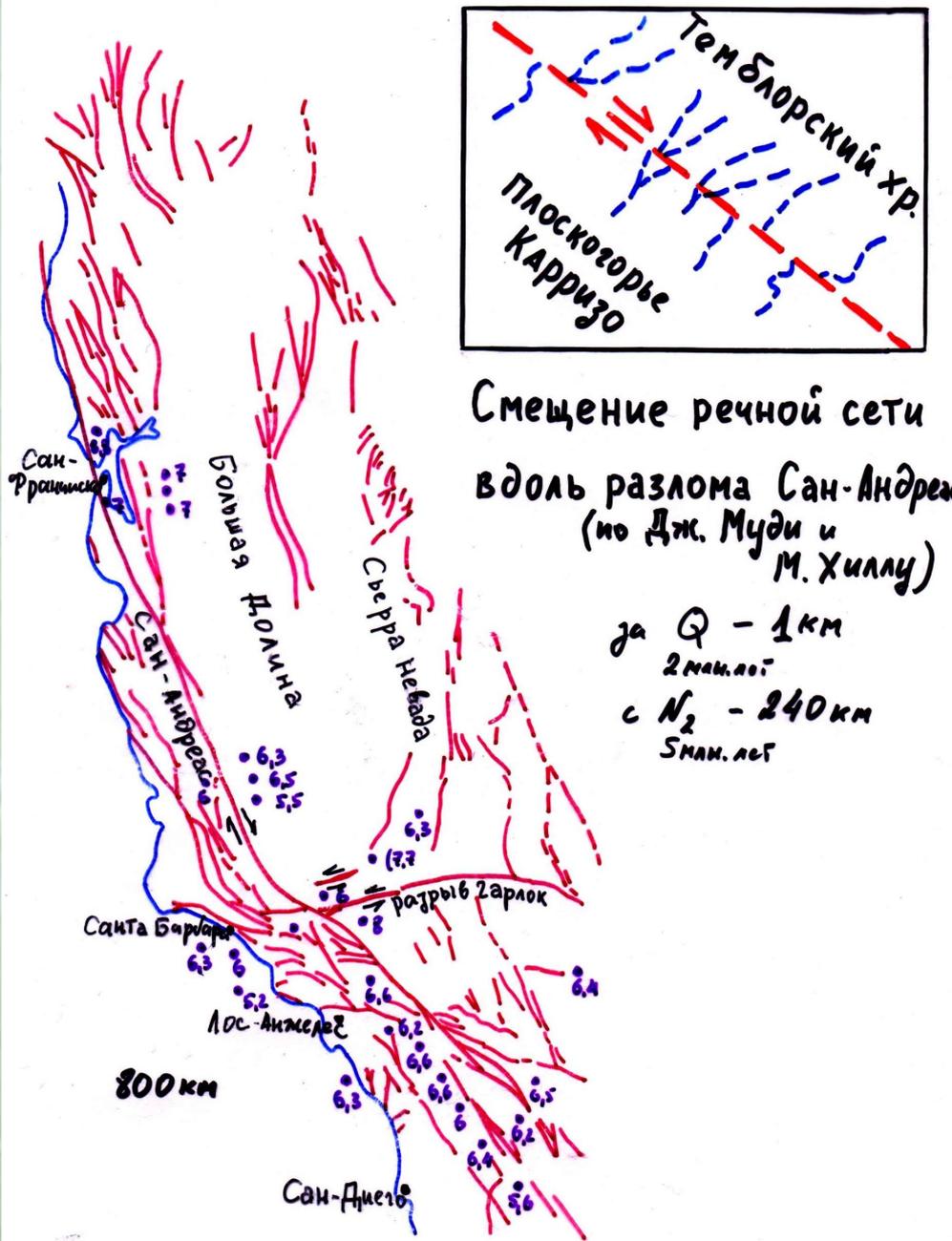


Сан-Андреас, Калифорния.



California's San Andreas Fault



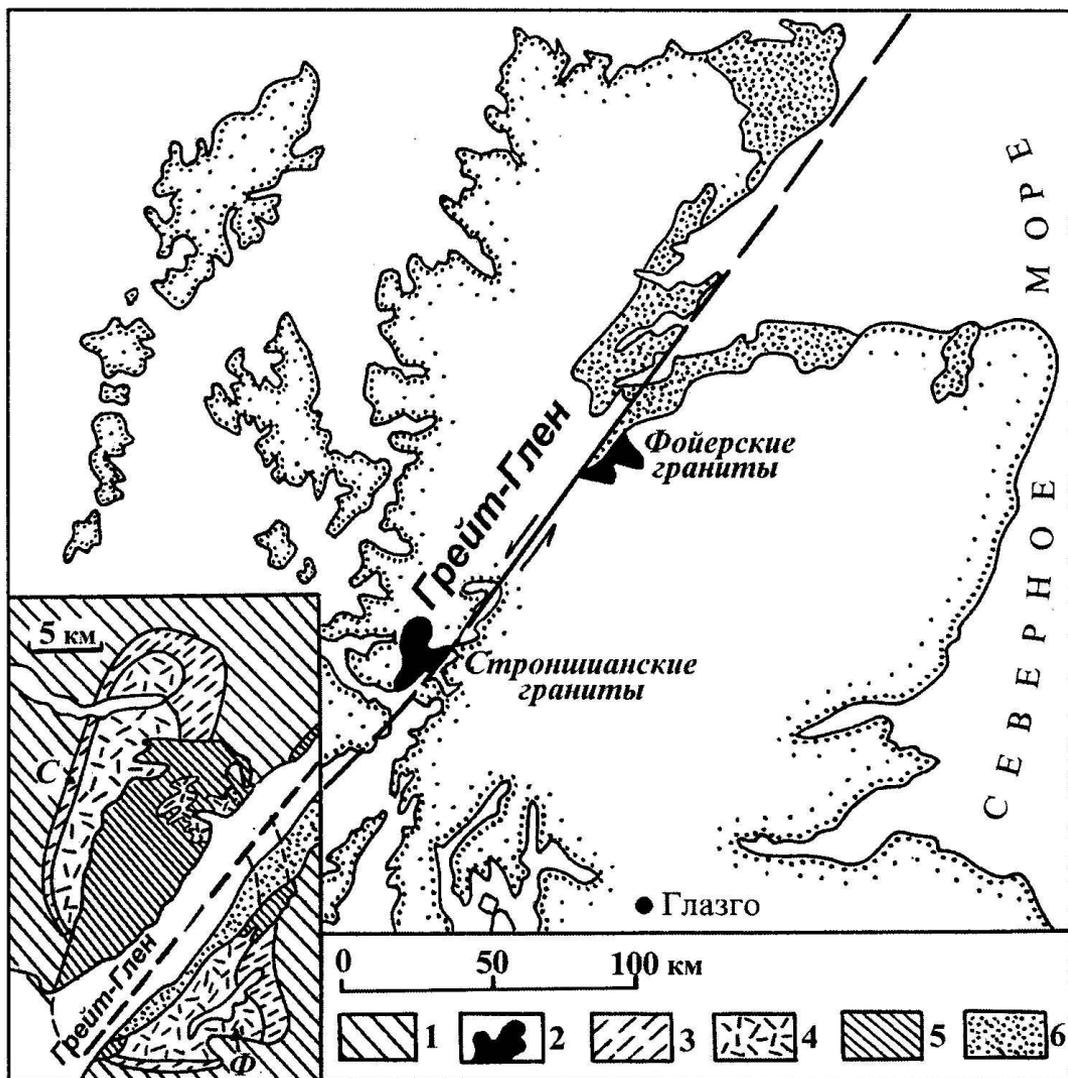


Смещение речной сети
вдоль разлома Сан-Андреас
(по Дж. Муди и
М. Хиллу)

за Q - 1 км
2 млн. лет

с N₂ - 240 км
5 млн. лет

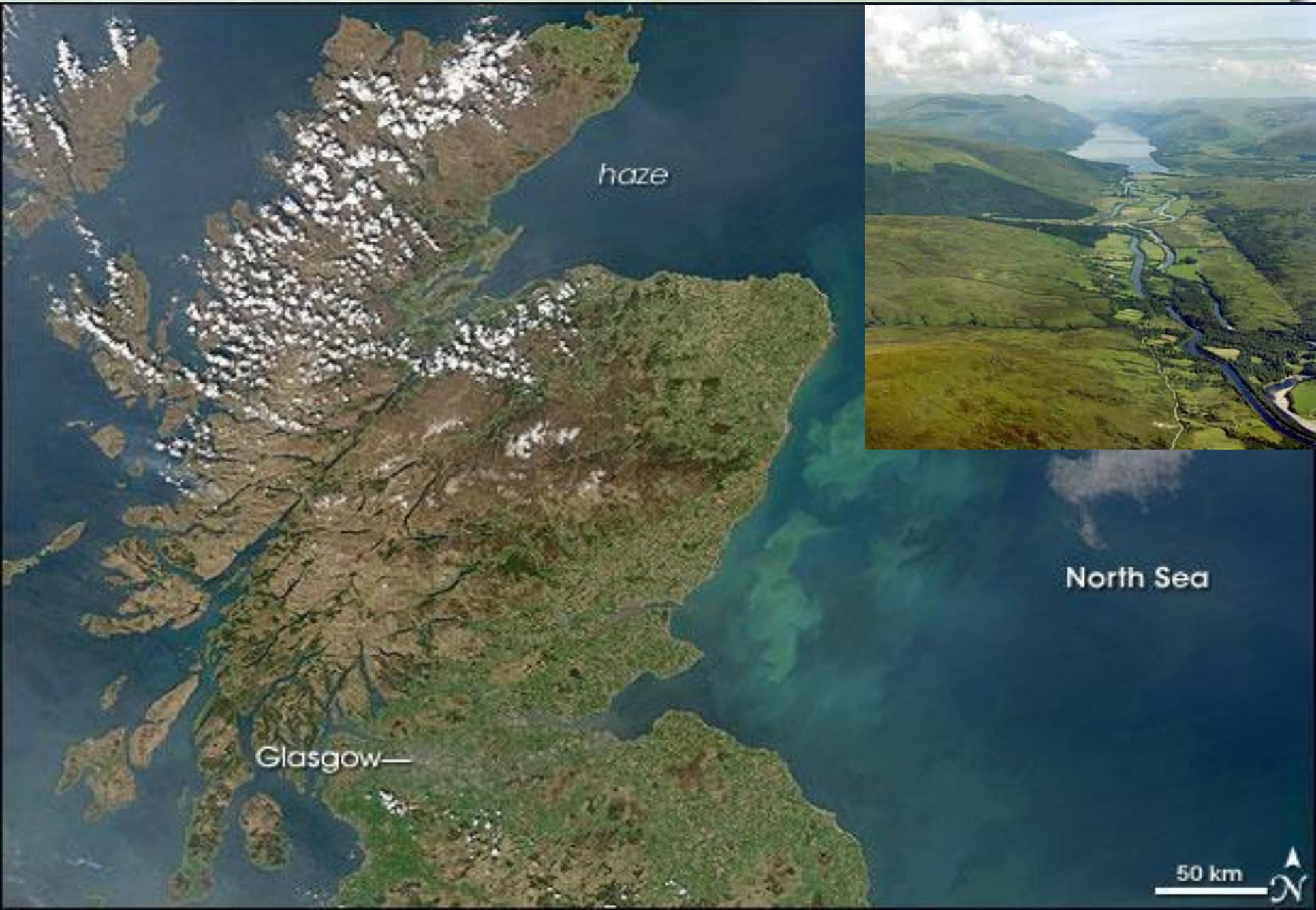




Система сдвигов Шотландии по В. Ярошевскому.

Разлом Грейт-Глен в Шотландии — палеозойский сдвиг. Пересек многофазный массив каледонских гранитоидов (см. реконструкцию на врезке) и сместил две его части более чем на 100 км, где они известны под названием Строншианских (С) и Фойерских (Ф) гранитов. По У. Кеннеди (1951), с изменениями:
 1 — метаморфические сланцы серии Мойн, протерозой; 2–5 — каледонские гранитоиды: без расчленения (2), тоналиты (3), порфириовидные гранодиориты (4), мелкозернистые биотитовые граниты (5); 6 — песчаники девона (олдред), перекрывающие гранитоиды

Грейт-Глен, Шотландия.



Раздвиги, сбросы, взбросы и сдвиги характеризуются хрупким отрывом или вязким разрушением горных пород без заметных предварительных пластических деформаций.

Они не связаны с образованием складчатой структуры. Обычно являются более поздними по отношению к ней.

Но есть разрывы, которые образуются и развиваются одновременно со складками, т. е. являются результатом длительных пластических деформаций.

Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг, сдвиговые структуры
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

Надвиги.

Разрывы взбросового строения, возникающие и развивающиеся одновременно с образованием складок.

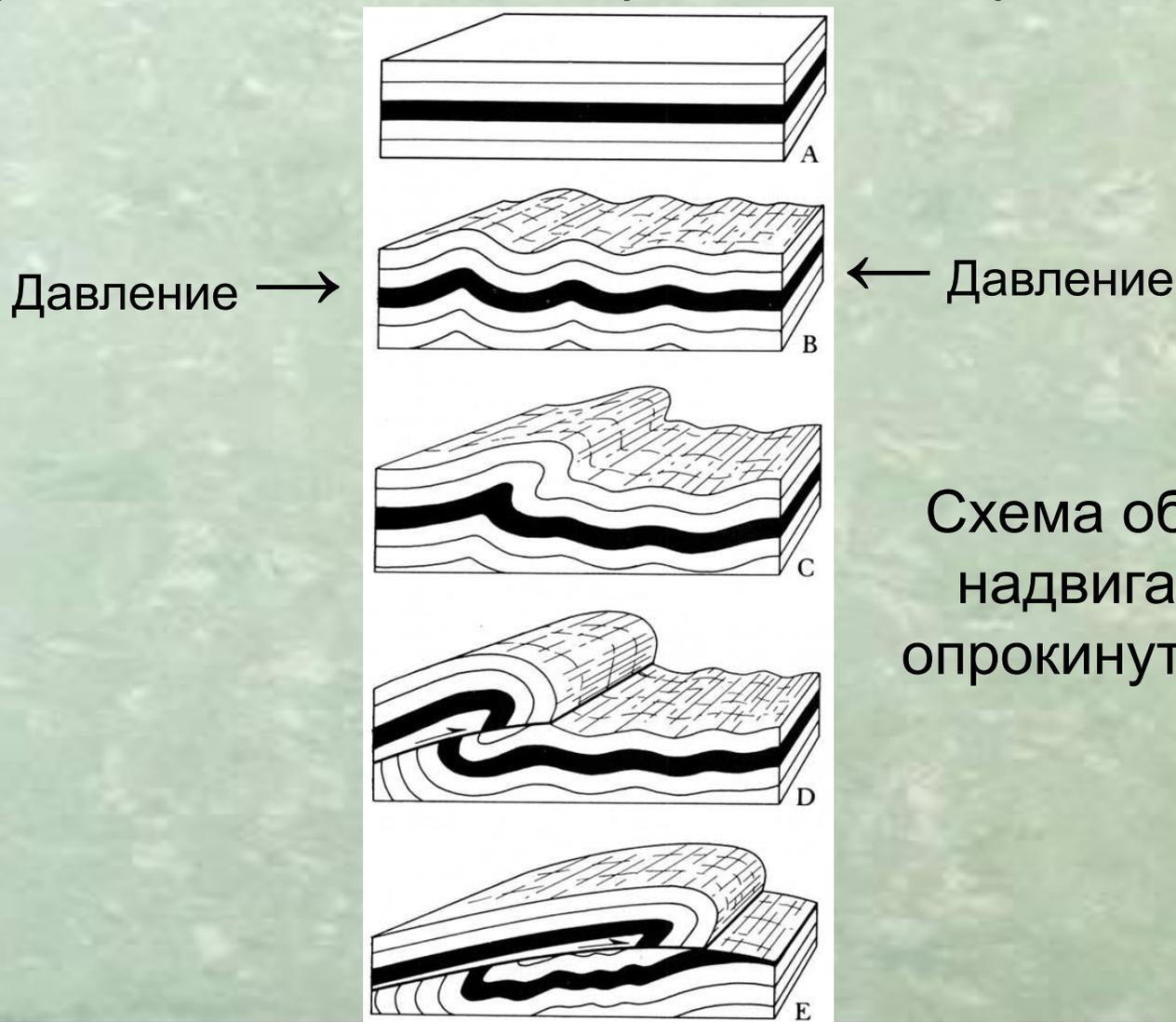
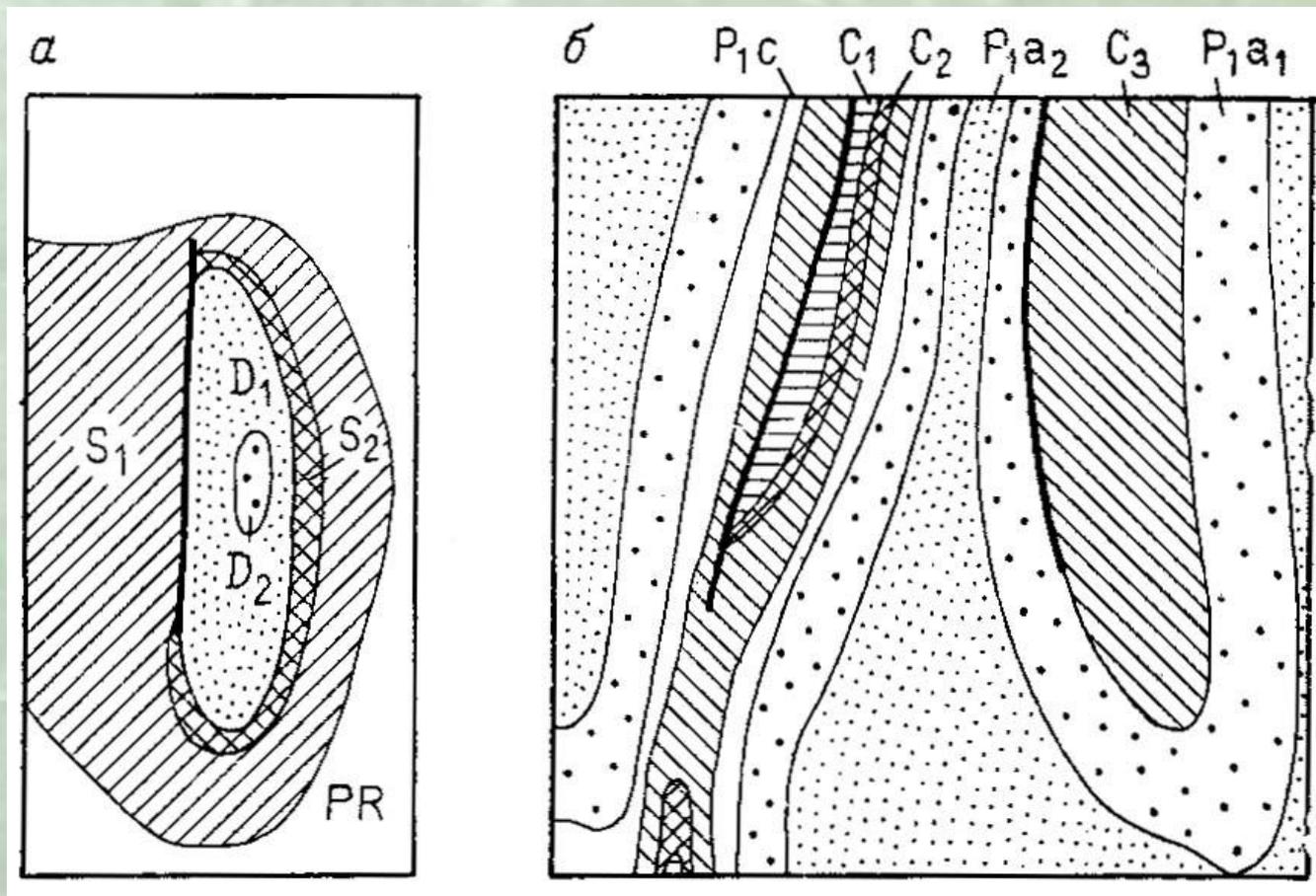


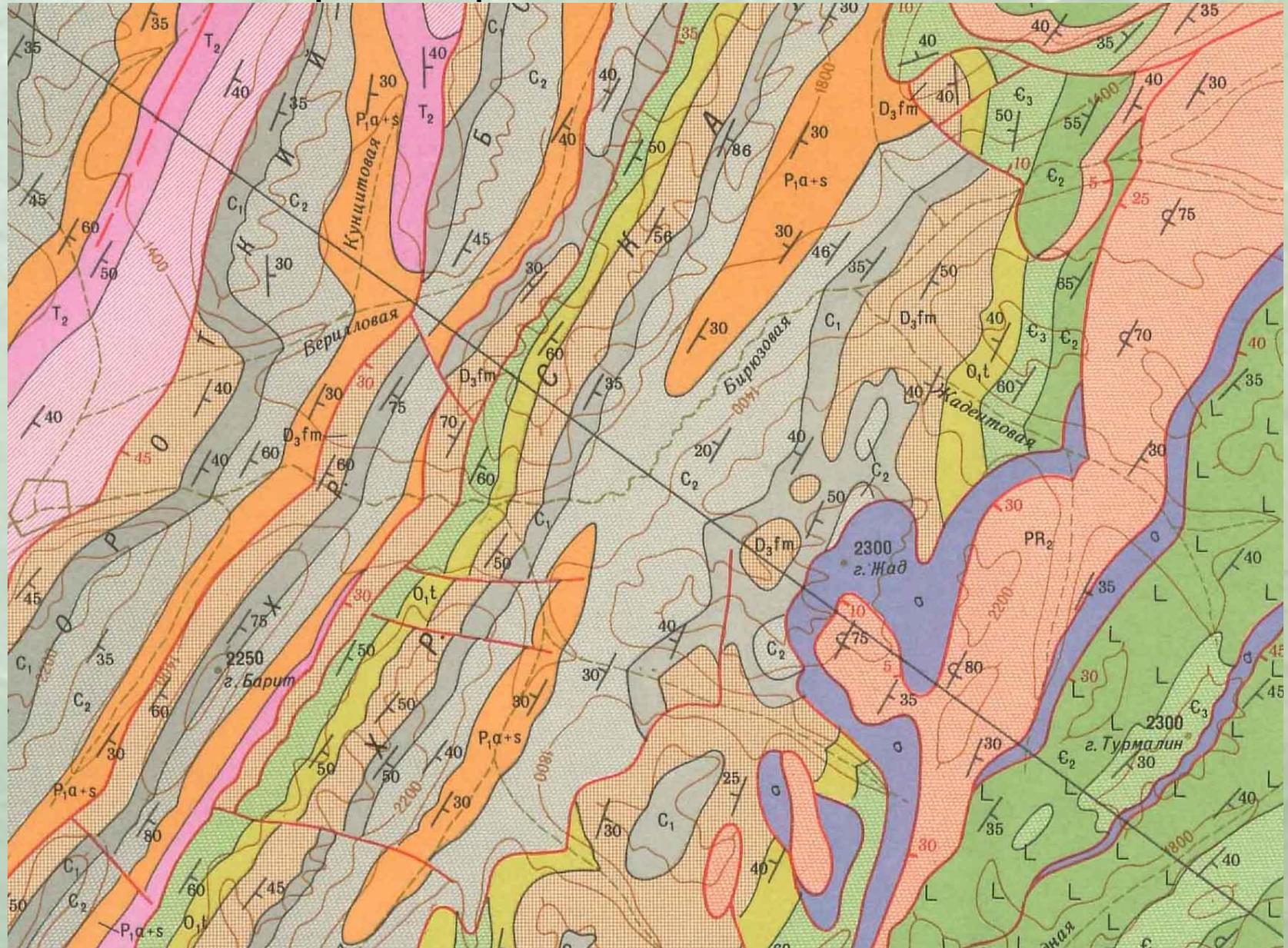
Схема образования надвига на крыле опрокинутой складки.

Надвиги развиты преимущественно в замках или на крыльях сжатых наклонных или опрокинутых складок.

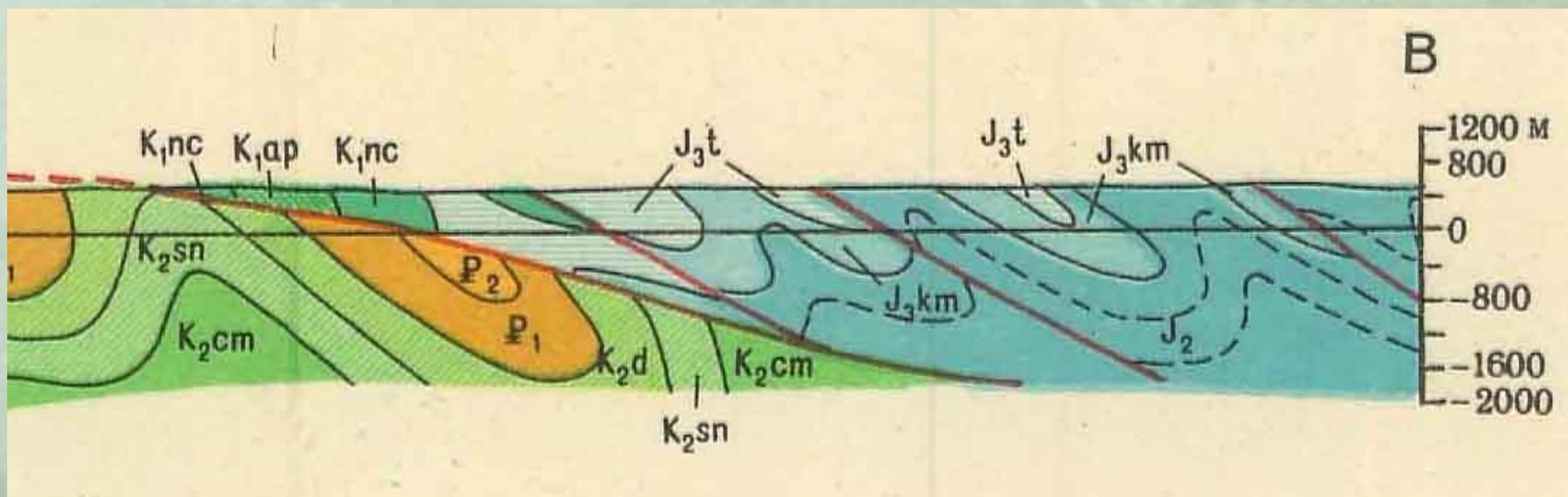
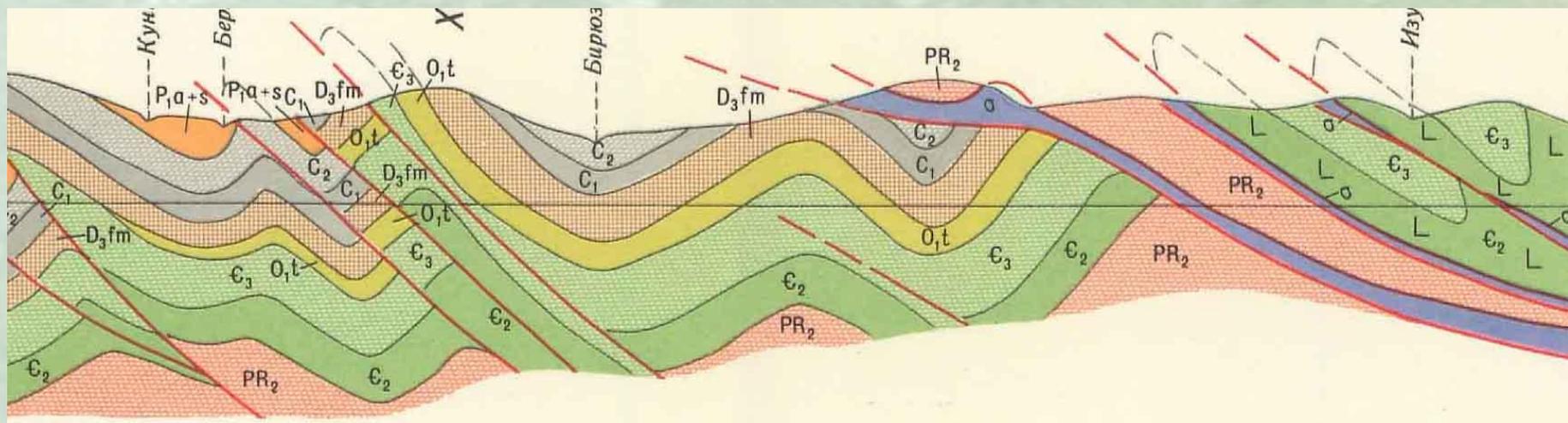


Надвиги, осложняющие крылья синклинали (а) и антиклинальных (б) складок.

Надвиги тесно связаны со складчатой структурой, в плане они ориентированы вдоль осей складок.



В разрезе всегда связаны с явлением вергентности (наклон осевых поверхностей) складок.

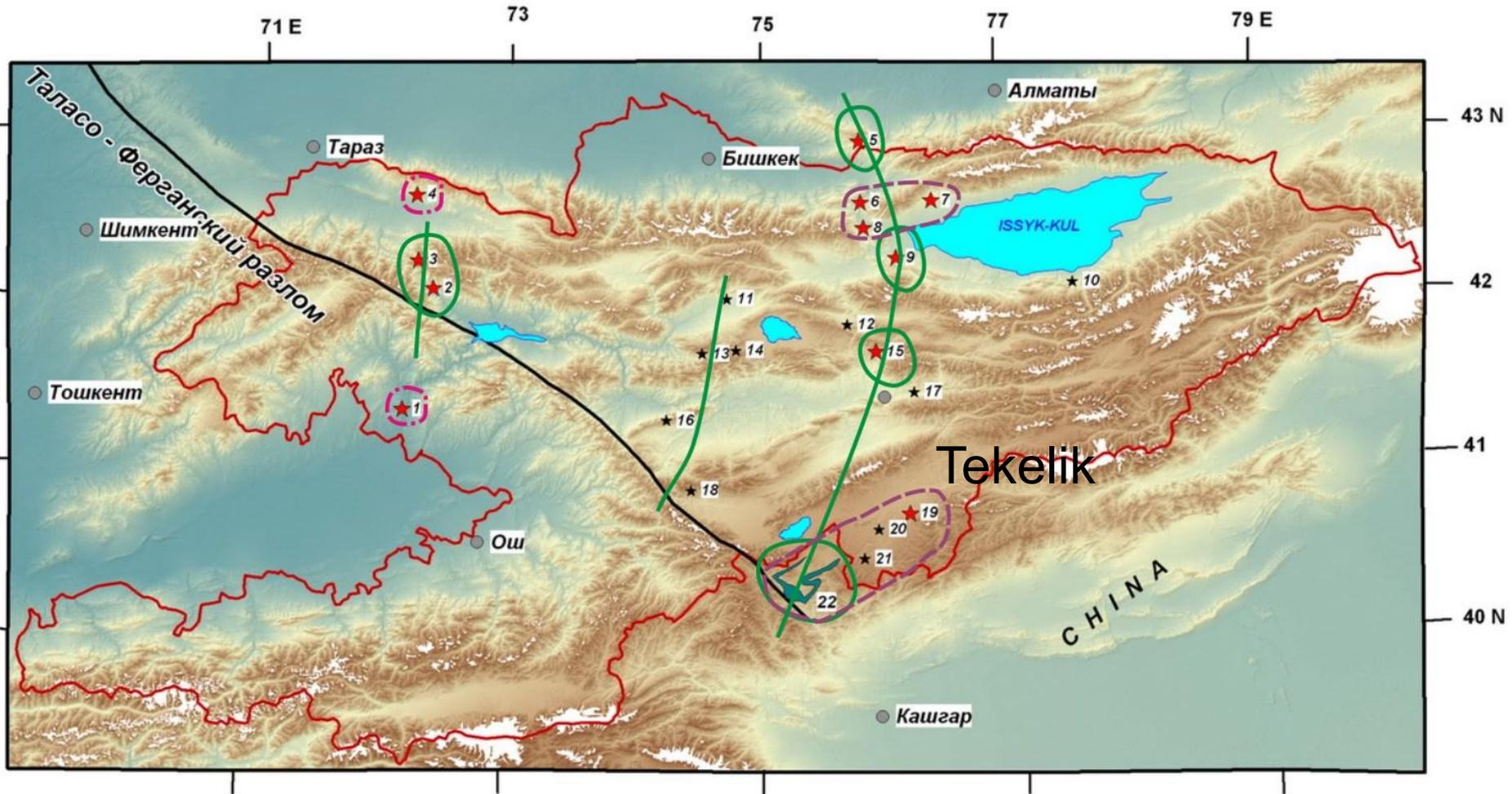


Создают чешуйчатое строение.

Надвиг. Западный Китай



This study



Mantle sources for
basanites of axial zone



Mantle sources for
distal magmatic sites
of a basanite zone



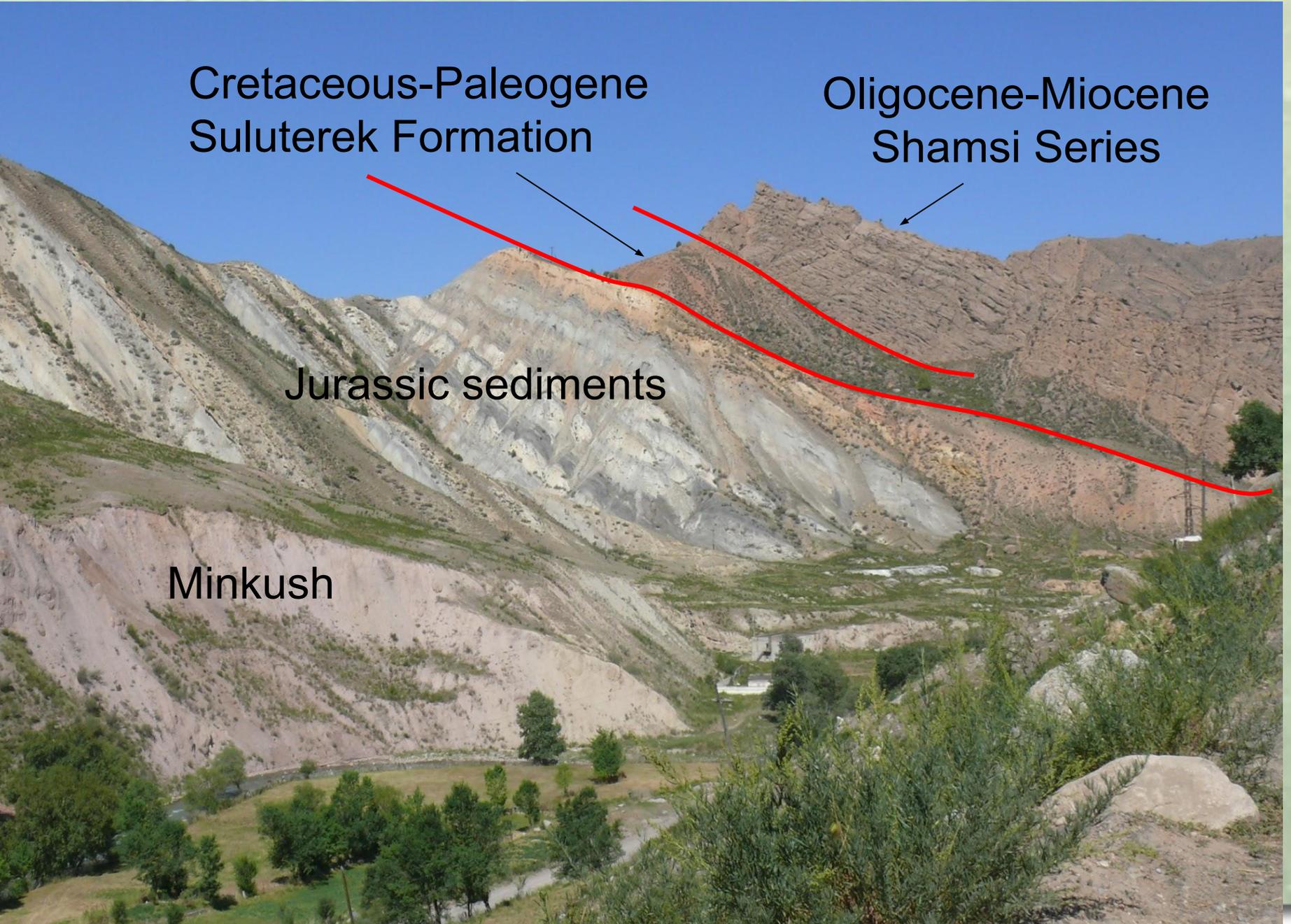
Mantle and crustal sources
for lateral magmatic sites
of a basanite zone

Cretaceous-Paleogene
Suluterek Formation

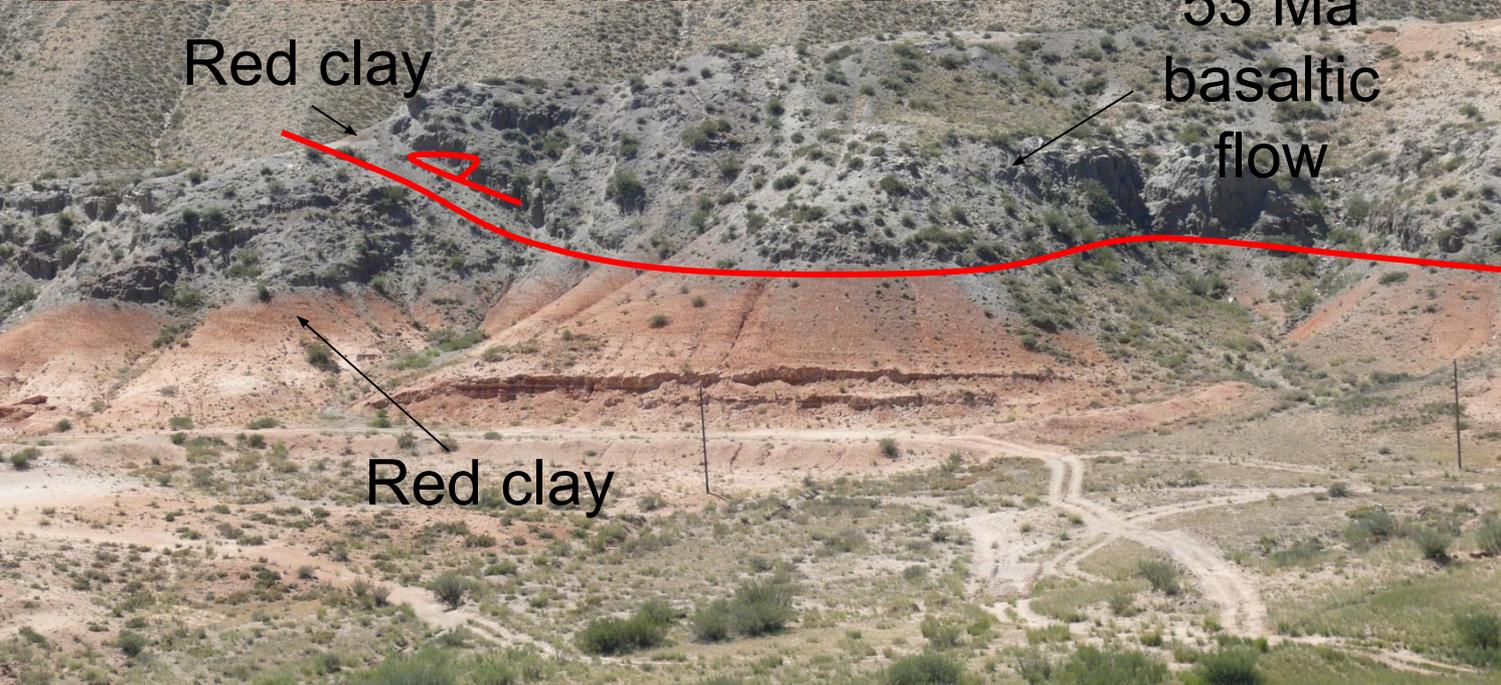
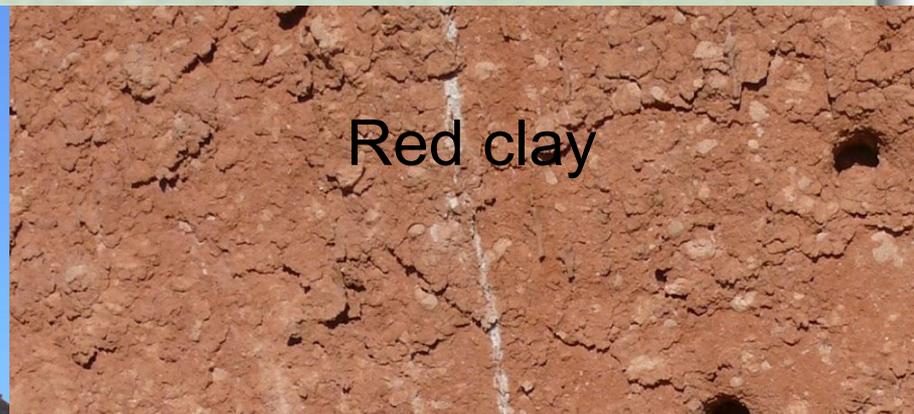
Oligocene-Miocene
Shamsi Series

Jurassic sediments

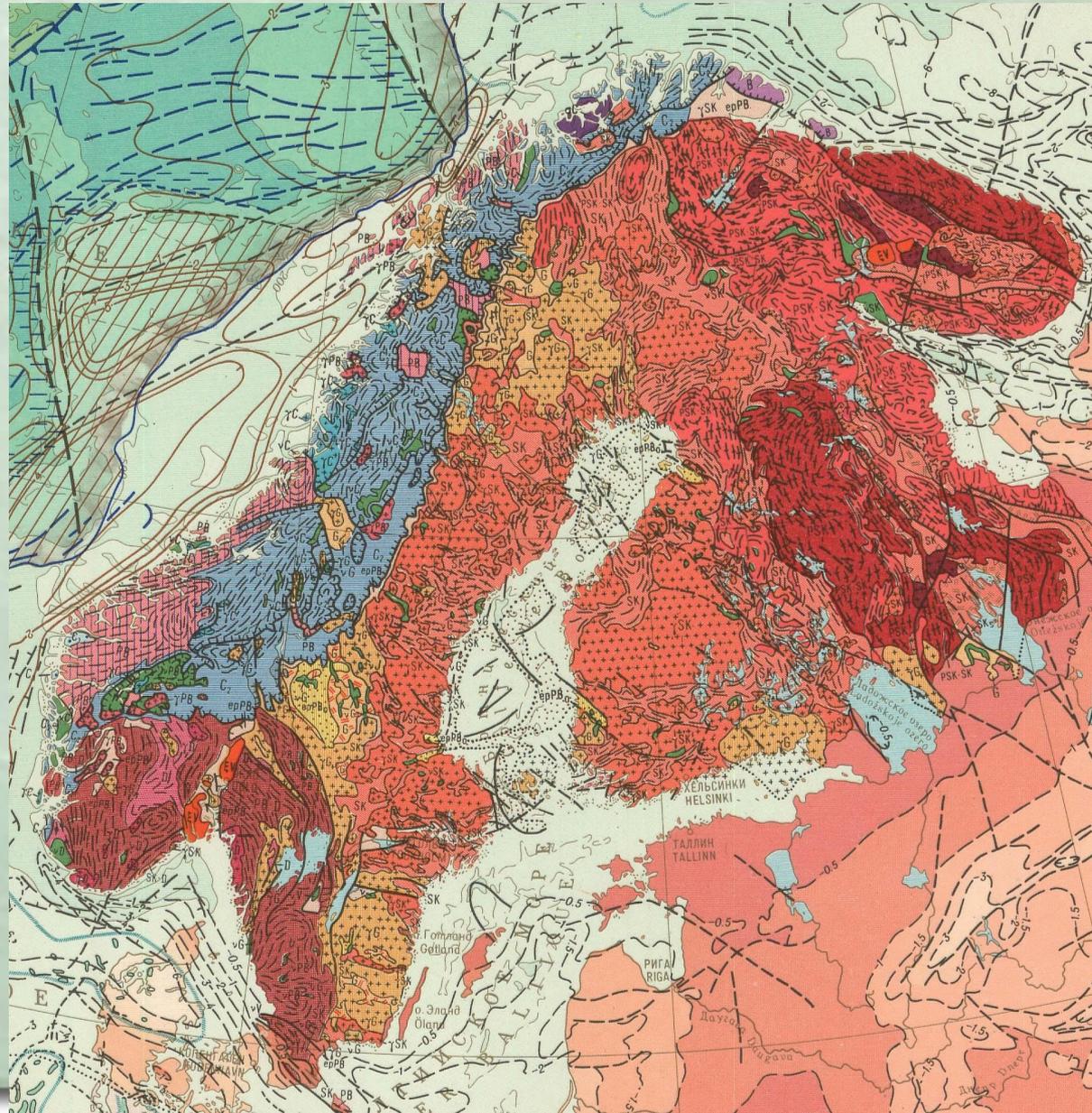
Minkush



A package of 53 Ma (Ar-Ar age) basaltic flows (dark gray)



Тектонические покровы (шарьяжи).



Покровы –
надвиги с очень
большим
горизонтальным
перемещением
(до сотен км) по
пологим
волнистым
поверхностям
скольжения.

Каледониды
Скандинавии.

тектонический покров (шарьяж)

надвиг с субгоризонтальной волнистой поверхностью перемещения



Автохтон – непеременные породы, подстилающие покров и находящиеся на месте.

Аллохтон – породы, перемещенные, образующие тело покрова.

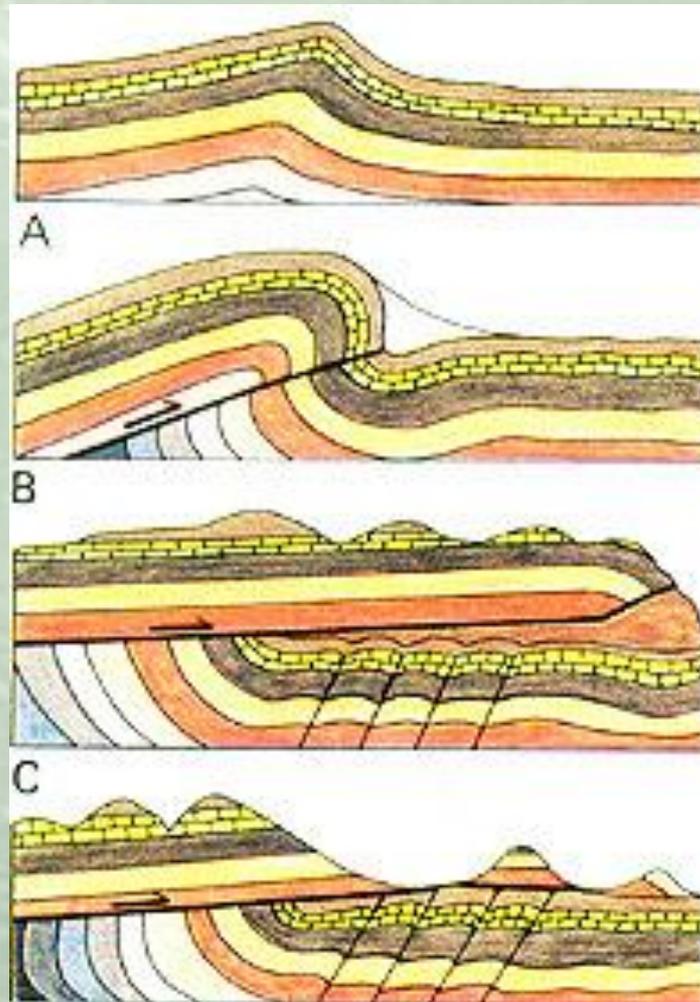
Лоб (фронт) покрова (шарьяжа) – передний край покрова.

Корень покрова – место, где породы, слагающие покров, находятся еще в непеременном коренном залегании.

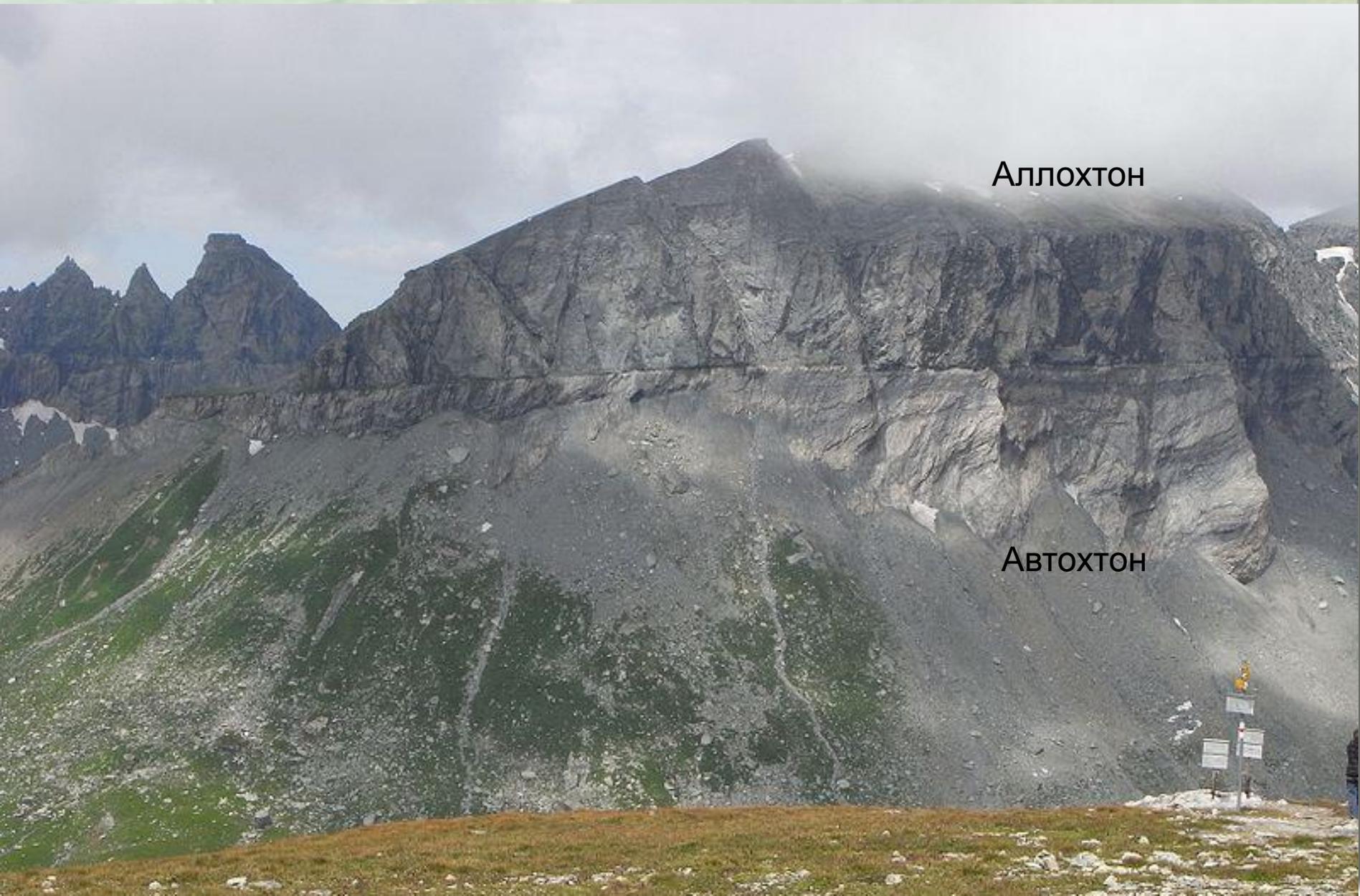
Тектоническое окно – участок, где тело покрова размыто до автохтона.

Тектонический останец (отторженец, клиппен) – часть покрова, отчлененная от его тела эрозией.

Схема образования покрова



Гларнский покров. Швейцария



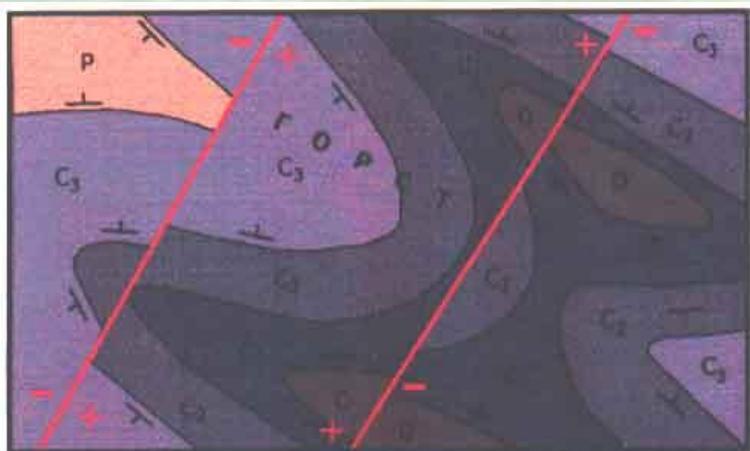
Аллохтон

Автохтон

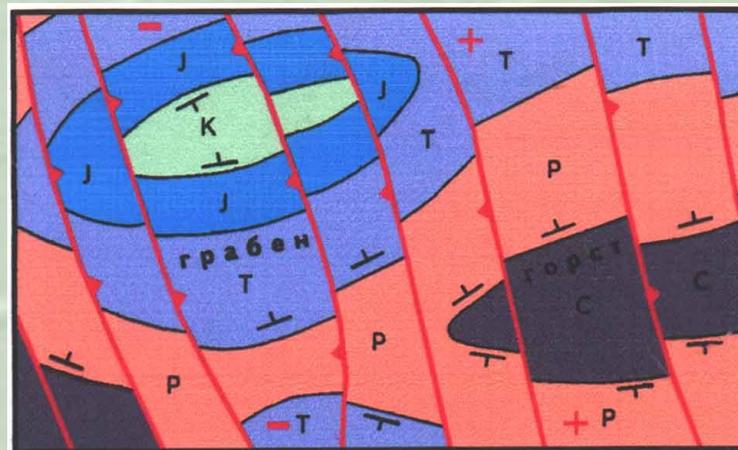
Содержание лекции

- Трещины и разрывы (разломы)
- Классификация трещин
- Классификация разрывов
- Грабен и горст
- Сдвиг, сдвиговые структуры
- Надвиг, взброс, тектонический покров (шарьяж)
- Разрывы на геологических картах

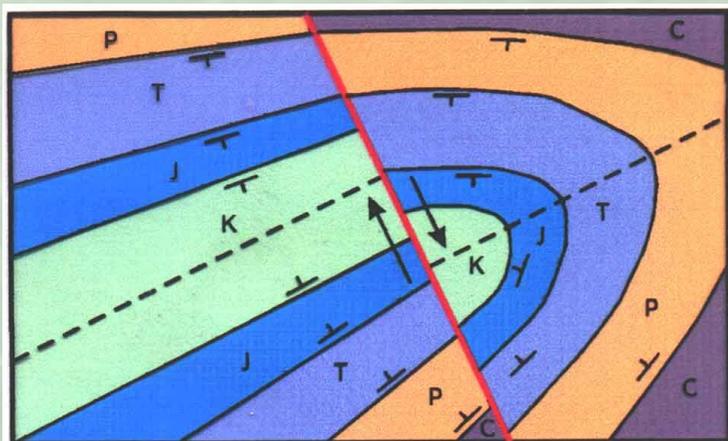
Разрывы на геологических картах.



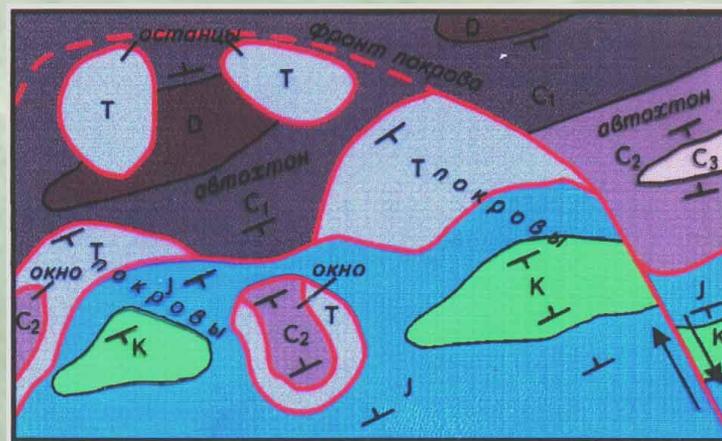
горст



сопряженные грабен и горст



сдвиг



шарьяж

Заключение

- Разрывные дислокации разделяются на две основные группы: **разрывы без смещения** (трещины) и **разрывы со смещением** (разрывы, разломы).
- Трещины делятся на открытые, закрытые, скрытые; нетектонические трещины - на первичные, трещины выветривания, трещины оползней, обвалов и провалов, трещины расширения пород при разгрузке; тектонические трещины – на трещины отрыва, скалывания, сжатия.
- Выделяется **шесть основных кинематических типов** разрывных смещений : **раздвиги, сбросы, взбросы, надвиги, покровы, сдвиги**.
- Грабены, горсты, сдвиговые структуры, надвиги, взбросы, тектонические покровы (шарьяжи) отражают тектонические движения коры, выявляемые при чтении геологической карты