

Лекция 9

Разрывы со смещениями

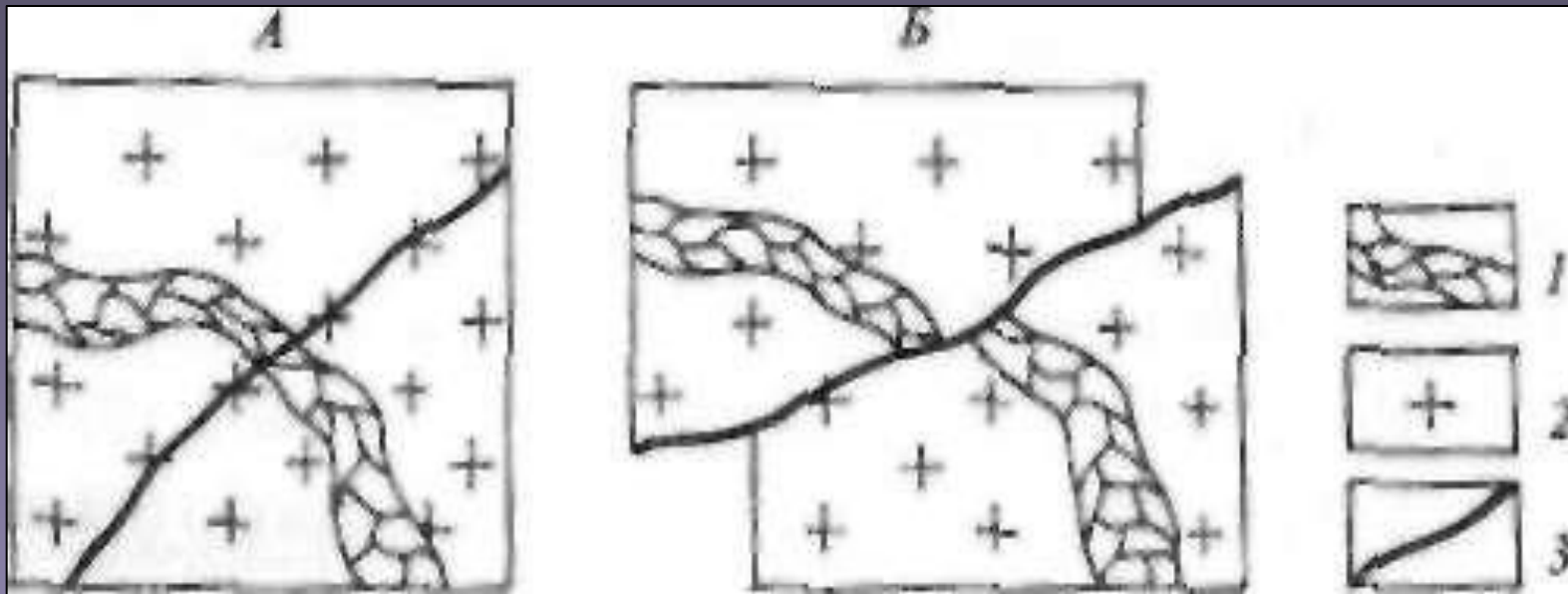


Разрывы

- это нарушения сплошности пород при деформирующих силах, превышающих предел их прочности.
- Разрывы разбивают породы на блоки.
- Если блоки не перемещаются относительно друг друга или смещаются на небольшие расстояния (мм — несколько см), то такие разрывы называют *без смещения*, или трещинами
- Если блоки смещаются относительно друг друга на значительные расстояния (метры, километры и более), то говорят о разрывах со *смещением*
- Деформации пород, сопровождающиеся нарушением их сплошности и образованием разрывов, получили название *дизъюнктивных деформаций*.



Разрывы



Граниты (2) с жилой кварца (7) пересекаются разрывом (3):

А — без смещения (трещиной);

Б — со смещением (разрывным нарушением)

Элементы строения разрывов со смещением

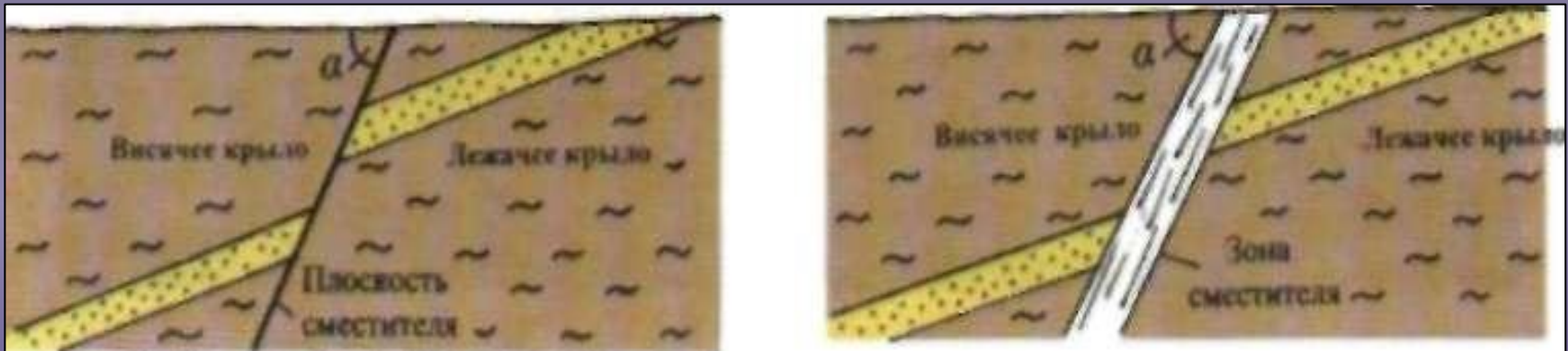
- Нарушение сплошности проявляется как в виде одной поверхности, так и в виде зон разной мощности, в пределах которых породы дробятся и перетираются.
- Для мелких разрывных нарушений с маленькой амплитудой смещения (см и несколько м) характерны единичные поверхности смещения, для крупных (сотни м и более) - зоны нарушения сплошности пород.



Элементы строения разрывов со смещением

Строение разрывных нарушений: висячее и лежащее крылья:

- А - сместитель представлен плоскостью;
- Б - сместитель представлен зоной нарушения сплошности пород
- а - угол наклона сместителя.



Слабо сцементированная
разломная брекчия и глина
трения в известняках. Ю Урал

Висячее крыло

Лежачее крыло

http://www.374.ru/image/2007-09/12/50_1.jpg



Висячее крыло

Лежачее крыло

http://www.minimegeology.com/shop/wpimages/Fault_photo.jpg

Лежачее крыло

Висячее крыло

<http://geology.csupomona.edu/.../SplitMtnNormalFault.jpg>



Разрывные нарушения

- не всегда хорошо видны на поверхности.
- Чаще всего это обусловлено тем, что они перекрываются рыхлыми четвертичными отложениями.
- Обнаружить их в этом случае на местности можно по прямым и косвенным признакам.



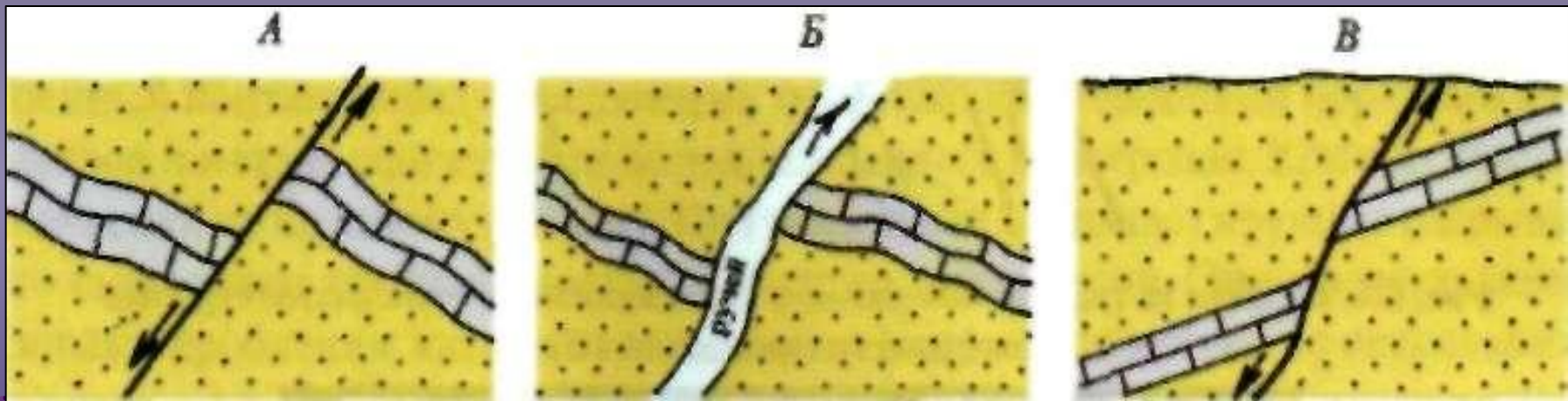
Прямые признаки

- это отдельные проявления на местности разрывных нарушений, скрытых на глубине. Они часто однозначно указывают на наличие разрывных нарушений.



Прямые признаки

1. Резкое смещение геологических границ.
 - А - нарушение выходит на поверхность (план)
 - Б - нарушение скрыто руслом реки (план)
 - В - смещение границ пород в разрезе





- Смещение геологических границ на карте

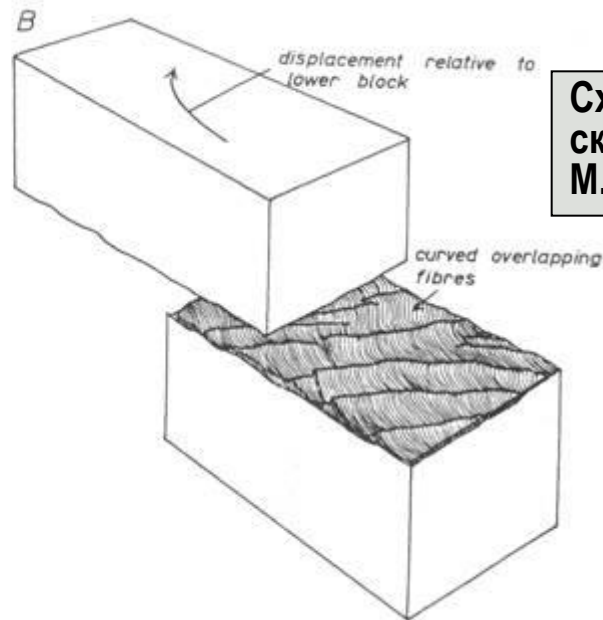
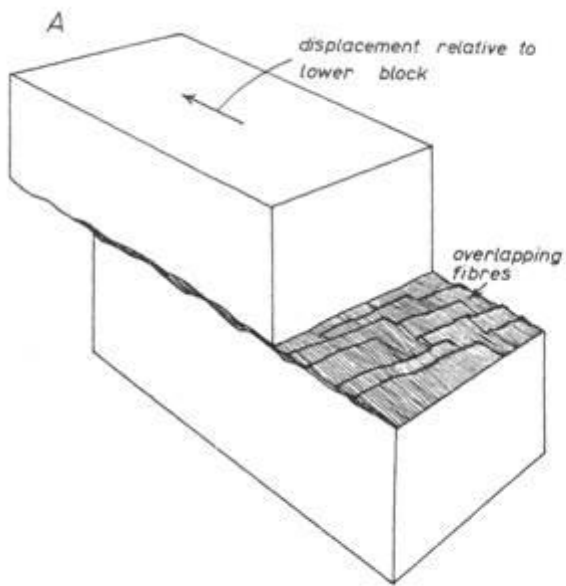
Прямые признаки

- **2.** Наличие в породах зеркал и борозд скольжений ступенчатых поверхностей :
- **Зеркала скольжения** представляют собой гладкие площадки. Гладкая, блестящая поверхность образуется за счет того, что поверхность сместителя покрывается тонким налетом мягких минералов (галенита, хлорита, серпентина, графита).
- **Борозды скольжения** образуются в том случае, когда на поверхность сместителя попадают зерна твердых минералов. В начале перемещения твердые зерна оставляют на поверхности узкие, но глубокие царапины. По мере того, как они раздавливаются, глубина царапин становится меньше, а ширина их увеличивается.
- По **ориентировке борозд скольжения** можно устанавливать относительное перемещение блоков. Если борозды имеют горизонтальное положение, то и смещение блоков происходило в горизонтальной плоскости, вертикальная ориентировка говорит о вертикальных движениях. По относительному расположению вершин и оснований борозд можно судить о том, перемещался блок вверх или вниз.

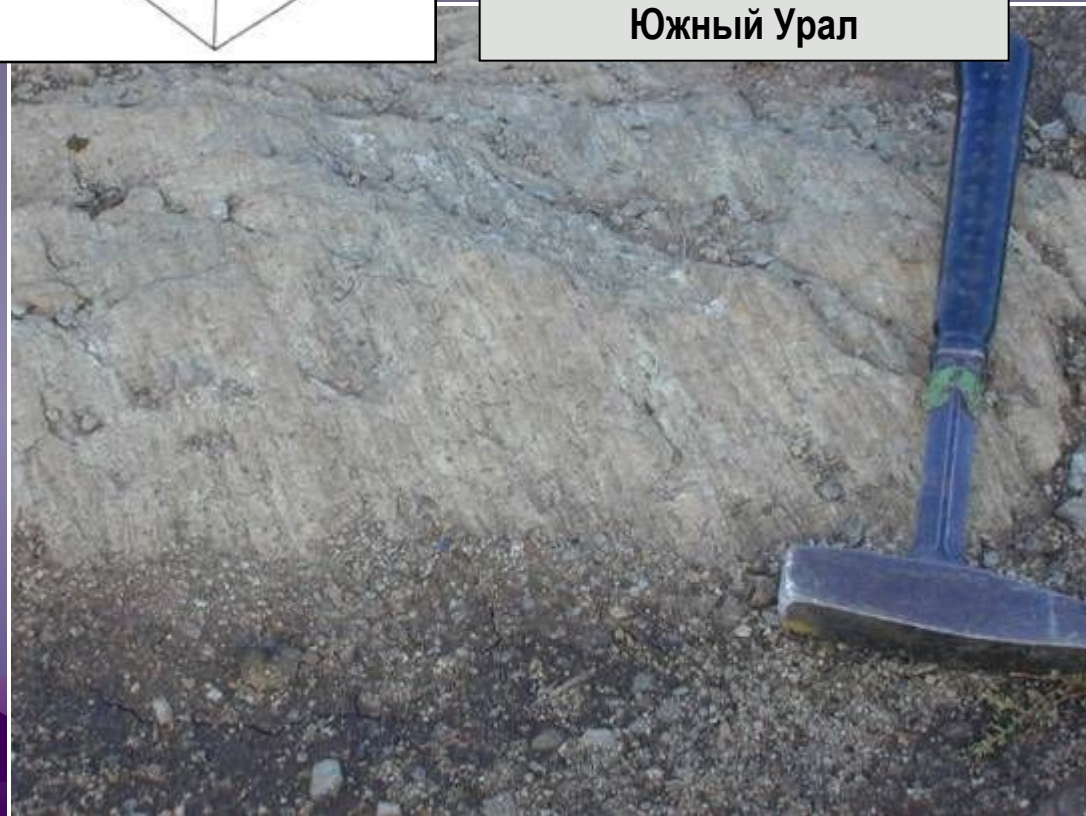
Зеркала скольжения

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

Надвиговое зеркало скольжения, штрихи направлены по падению пологого сместителя. Южный Урал



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

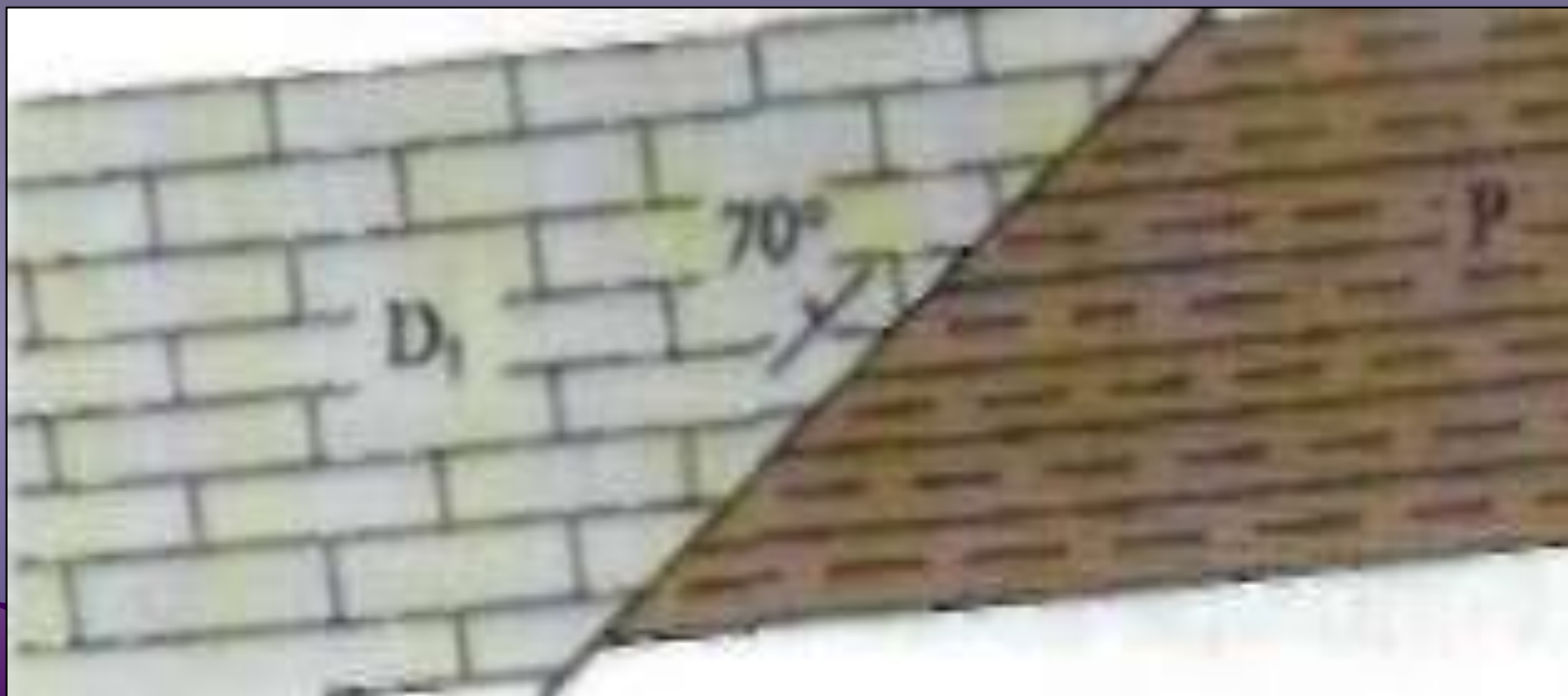


Прямые признаки

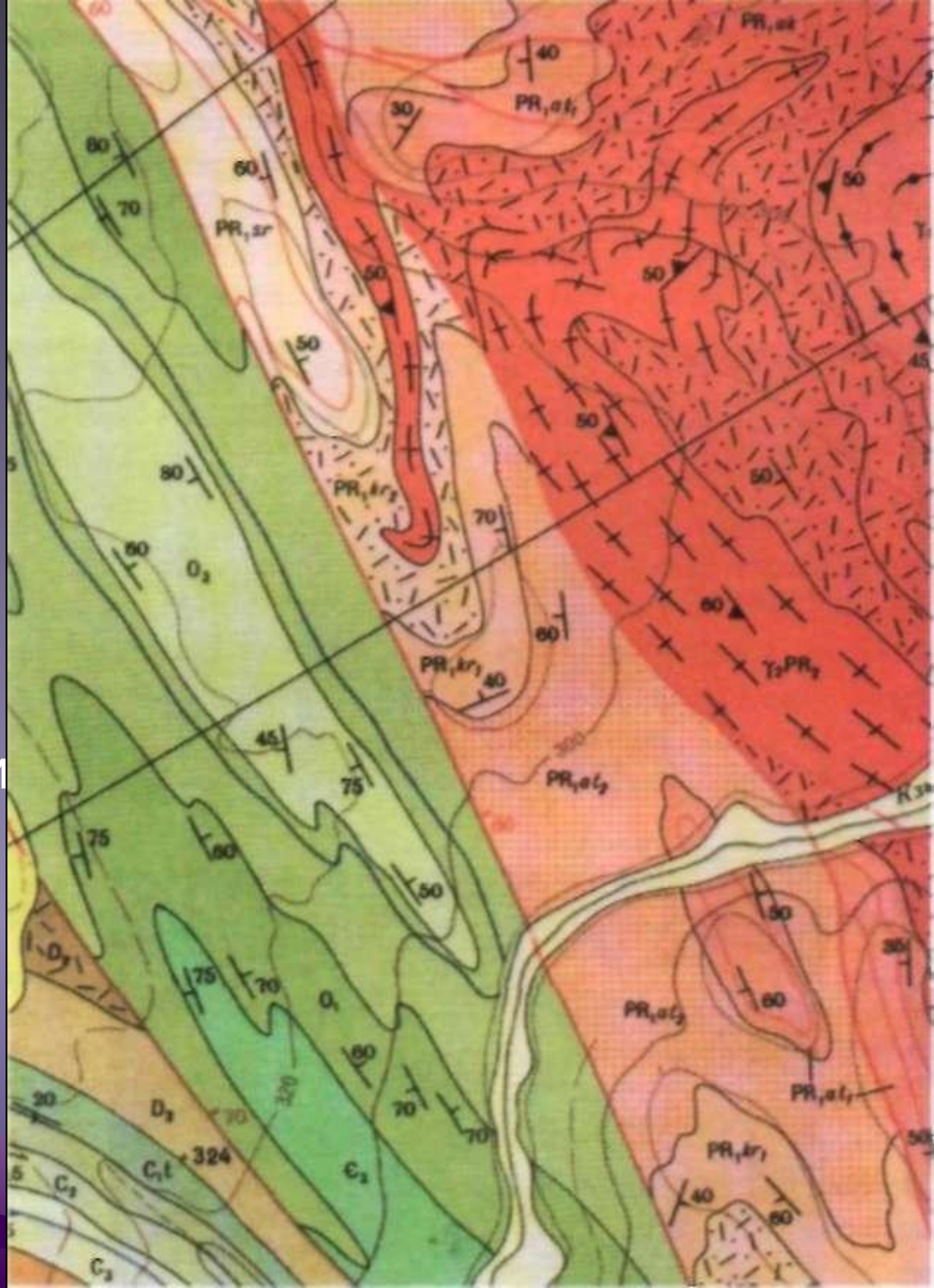
- **3. Прямолинейные контакты между породами, резко отличающимися по возрасту, составу или степени метаморфизма.**
- Стратиграфические прямолинейные в плане контакты между толщами пород встречаются редко, обычно только при вертикальном залегании.
- При наклонном и горизонтальном залегании на морфологию контактов влияет рельеф местности, что в итоге приводит к их криволинейным очертаниям.
- Протяженный прямолинейный контакт между толщами, скорее всего, указывает на его тектоническую природу.
- Особенно велика эта вероятность в том случае, когда между собой контактируют породы, резко отличающиеся по возрасту и степени метаморфизма.



- Прямолинейный контакт между породами, резко отличающимися по возрасту (раннедевонскими известняками и пермскими аргиллитами) и составу указывает на его тектоническую природу.
- Породы контактируют по разрывному нарушению, падающему на северо-запад под углом 70°



- На фрагменте учебной г/ карты показан прямолинейный контакт между осадочными и метаморфизованными породами Pz и метаморфическими породами PR.
- Контакт тектонический по крупному разлому.
- Под разломами понимают крупные разрывы со смещением протяженностью в десятки км. Они представлены зонами дробления, катаклаза мощностью от десятков м до неск.км.
- Это пример тектонического несогласия.



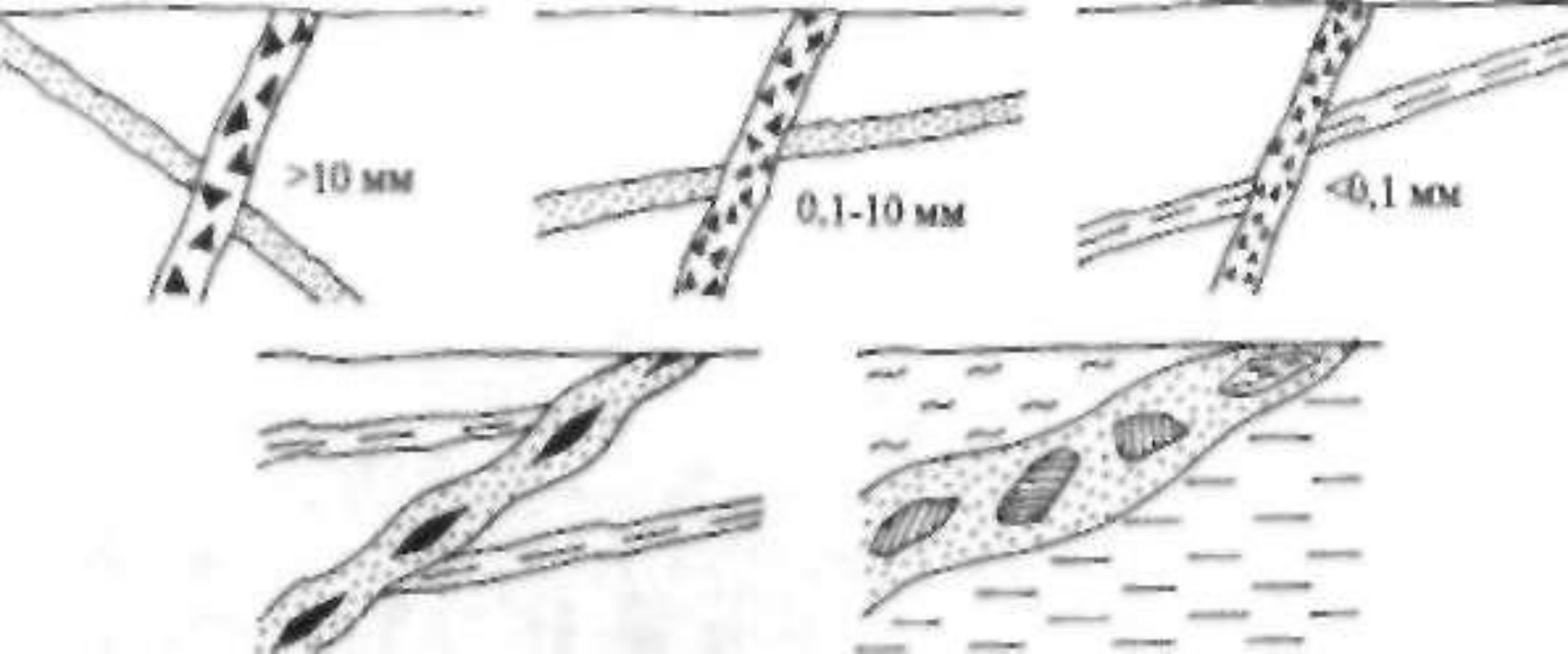
Прямые признаки

- 4. Наличие тектонитов - деформированных и раздробленных пород в зонах разрывов. По размеру обломочного материала выделяют следующие их виды:
- А. Тектонические брекчии с размером обломков более 1 см, чаще всего это глыбовые брекчии. Обломки могут быть не сцементированными или сцементированы. Цементом часто служит мелко раздробленный материал окружающих пород, реже продукты гидротермальной деятельности (кварц, кальцит и др.).
- Б. Катаклазыты с размером обломков от 0,1 до 10 мм.
- В. Милониты с размером раздробленного материала менее 0,1 мм. Это может быть как рыхлая, так и сцементированная масса. Первая часто называется глиной трения.

Зоны разрывных нарушений

представленные:

- А - тектоническими брекчиями; Б - катаклазитами; В - милонитами; Г - бластомилонитами; Д - хаотическими комплексами.

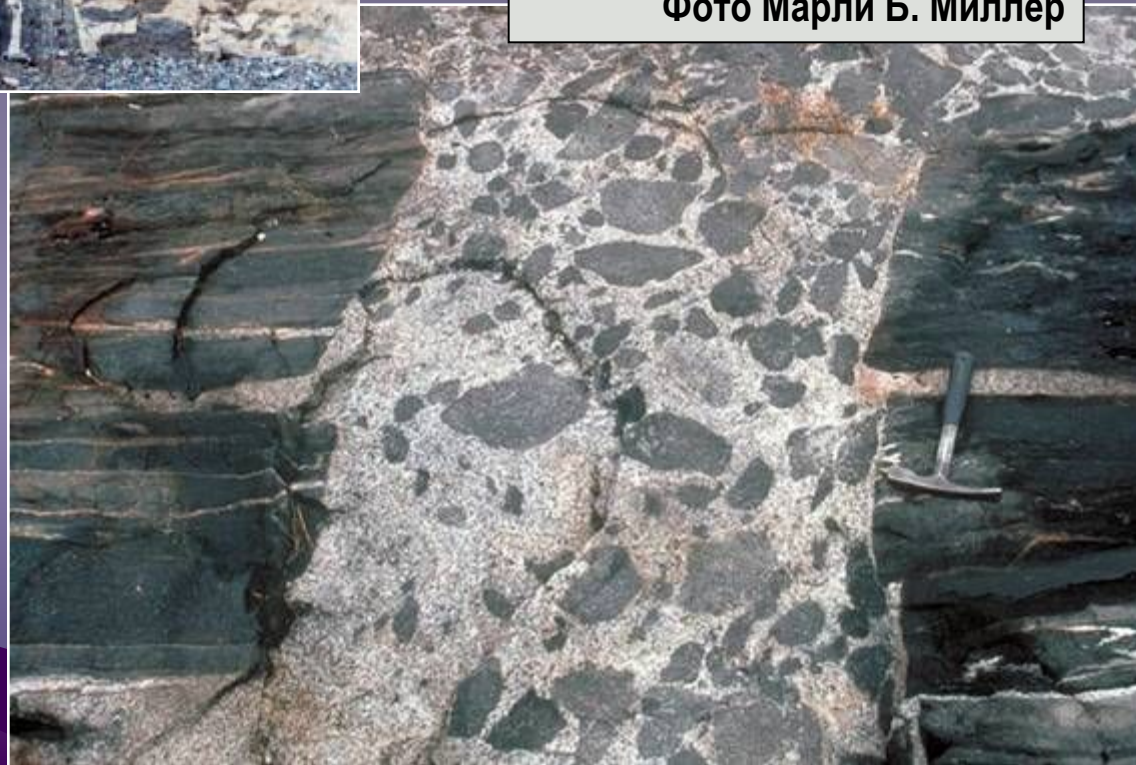


Тектонические брекчии

Долина Смерти. Калифорния.
<http://www.portervillecollege.edu/richardgoode/.../Breccia202.JPG>

Долина Смерти. Калифорния.
Фото Марли Б. Миллер

Тектонические брекчии образуются за счет разрушения пород, соприкасающихся по разрыву. Обломки имеют угловатую форму, обычно они сцементированы гидротермальными минералами (кварц, кальцит)



Прямые признаки

- Степень дробления пород зависит от масштаба и вида разрывного нарушения. Для крупных нарушений характерна большая степень дробления материала. В таких зонах встречаются тектонические брекчии, катаклазиты и милониты. Наибольшая степень дробления пород присуща центральным частям зон. Для мелких разрывных нарушений больше характерны брекчии.
- Г. Бластомилониты представляют наиболее древние разрывные нарушения, они образуются в метаморфических породах еще до метаморфизма в виде зон тонкоперетертых пород — милонитов. В процессе метаморфизма тонкоперетертый материал подвергается перекристаллизации с образованием основной тонкозернистой массы и крупных кристаллов — бластов, отсюда и название «бластомилонит». Таким образом, наличие в метаморфических породах зон бластомилонитов указывает на разрывные нарушения дометаморфического заложения.



Прямые признаки

- Д. Наличие хаотических комплексов — микститов.
- Они представляют собой образования, состоящие из основной тонкообломочной массы (тектонического или осадочного происхождения) — матрикса и обломков разного состава, размера и происхождения. Хаотические комплексы характерны для крупных разрывных нарушений — тектонических покровов.

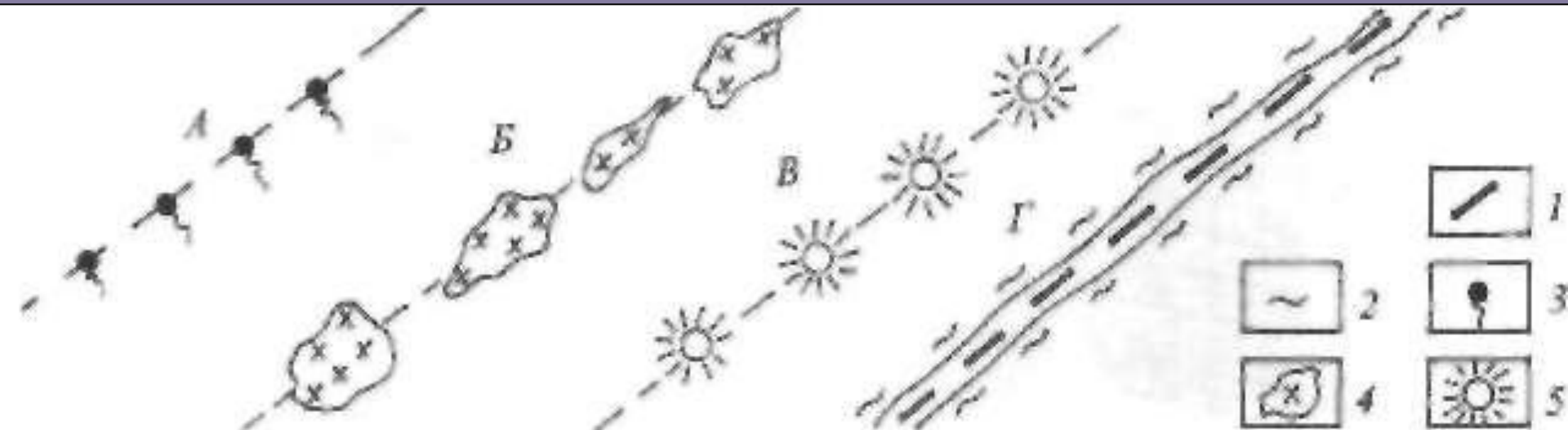


К косвенным признакам

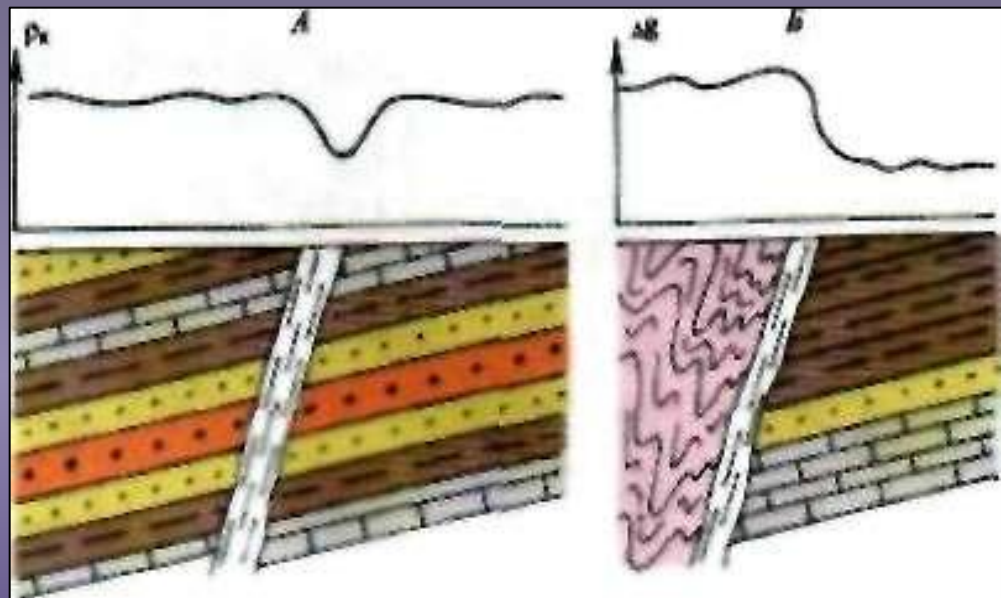
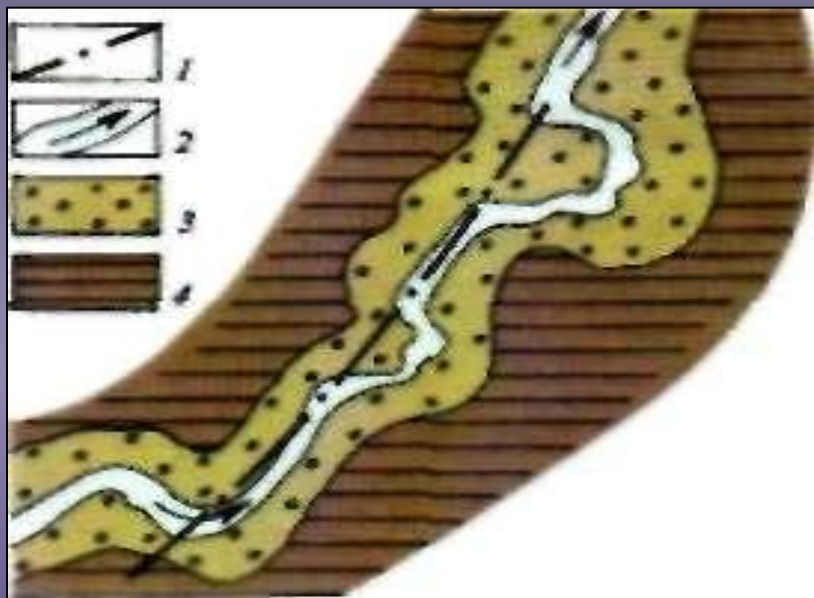
- относятся особенности строения и расположения геологических тел, вызванные разрывными нарушениями, не выраженными на дневной поверхности.
- К таковым относят прямолинейное расположение *геологических тел*, поскольку разрывные нарушения, особенно крутопадающие, в плане имеют относительно прямолинейные очертания и отличаются повышенной проницаемостью для подземных вод и магматических расплавов.
- В качестве примеров можно рассматривать:
 - линейное расположение источников подземных вод;
 - линейное расположение интрузивных тел и зон повышенного теплового потока (вулканы);
 - линейное расположение зон высокоградиентного метаморфизма;
 - прямолинейные участки речных долин,
 - геофизические признаки: зоны повышенной проводимости и др.

Косвенные признаки разрывных нарушений:

- А - линейное расположение источников подземных вод;
- Б - линейное расположение интрузивных тел;
- В - зоны повышенного теплового потока (вулканы);
- Г - линейное расположение зон высокоградиентного (быстро изменяющегося) метаморфизма.
- 1- породы высоких фаций метаморфизма; 2 - породы низких фаций метаморфизма; 3 - родники; 4 - интрузивные тела; 5 - вулканы



- **Прямолинейные участки русла реки** указывают на возможное наличие разрывного нарушения: 1 - предполагаемое разрывное нарушение; 2 - русло реки; 3 - аллювиальные отложения; 4 - коренные породы
- **Геофизические признаки разрывных нарушений:** А - низкое кажущееся электрическое сопротивление пород над зонами разрывных нарушений; Б - границацы по разлому блоки горных пород резко отличаются по значениям



Классификация разрывов со смещением

Разрывные нарушения классифицируются по следующим признакам:

- угол наклона сместителя;
- относительное положение крыльев разлома;
- положение плоскости, в которой происходит перемещение крыльев;
- взаимоотношение простирания зоны разрывного нарушения и простирания пород и др.



По углу наклона сместителя

разрывы делятся на:

- горизонтальные (0-10 градусов),
- пологие (10-45),
- крутые (45-80)
- вертикальные (80-90)



По относительному положению крыльев разлома

выделяют следующие разрывные нарушения:

- сбросы,
- взбросы,
- сдвиги,
- надвиги,
- раздвиги,
- тектонические покровы или шарьяжи,
- групповые разрывы (ступенчатые сбросы, грабены, горсты и др.).

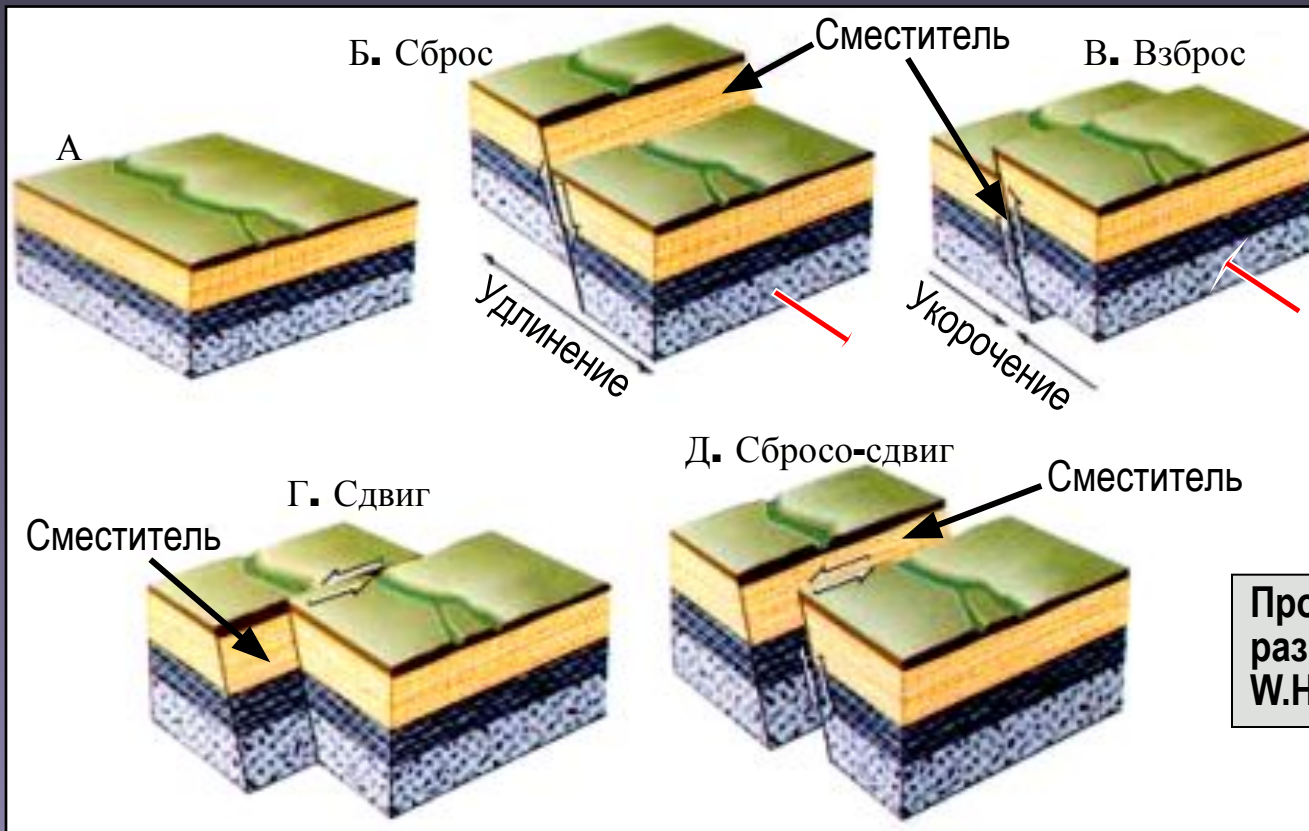


Под сбросами и взбросами

- понимают разрывные нарушения, как правило, с крутопадающей поверхностью сместителя.
- Относительные перемещения крыльев (блоков) при этом происходят в вертикальной или близкой к ней плоскости.
- Под сбросами понимают разрывные нарушения, у которых поверхность сместителя наклонена в сторону опущенного крыла (висячее крыло опущено),
- а под взбросом — разломы, у которых сместитель наклонен в сторону приподнятого крыла (висячее крыло приподнято).



Морфологические классификации разрывов

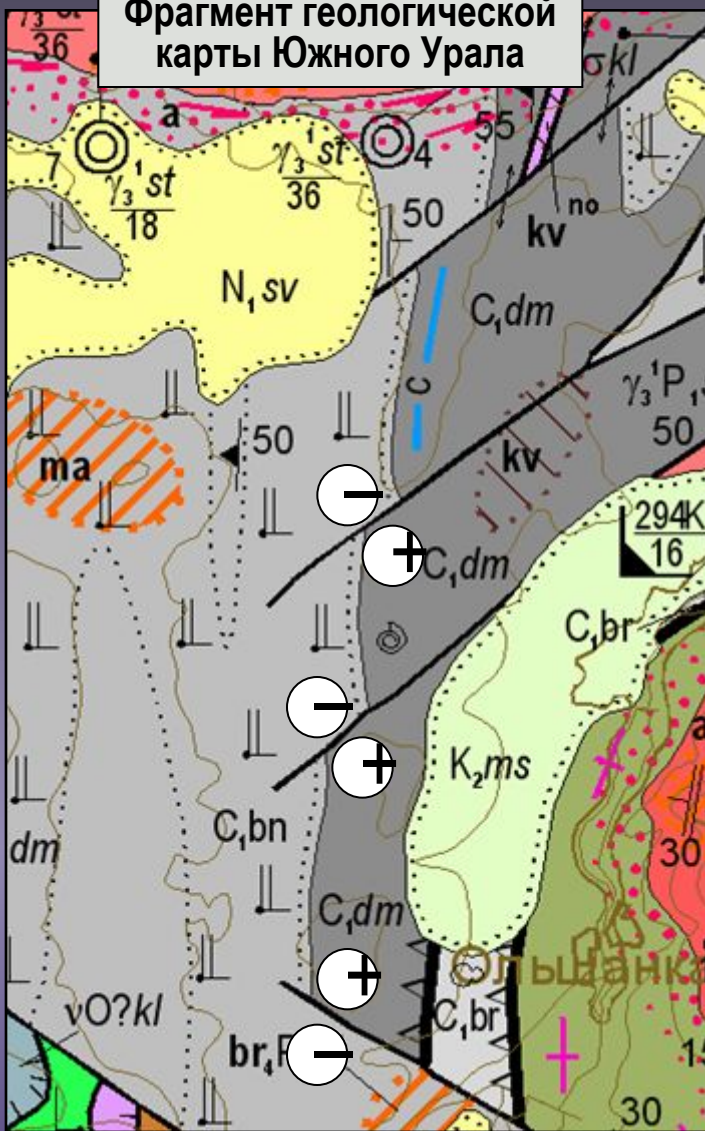


Простейшие типы крутых разрывов [Understanding Earth. W.H. Freeman@C°]

- А – условный блок с ненарушенным залеганием слоев.
- Б – сброс – **висячее крыло опущено** относительно лежащего, блок А испытывает **удлинение** поперек разрыва (крылья разъезжаются).
- В – взброс – **висячее крыло поднято** относительно лежащего, блок А испытывает **укорочение** поперек разрыва (крылья съезжаются).
- Г – сдвиг – **оба крыла** находятся на **одном гипсометрическом уровне** относительно друг друга, но смещены по простиранию разрыва.
- Д – сбросо-сдвиг.

Разрывы на геологической карте

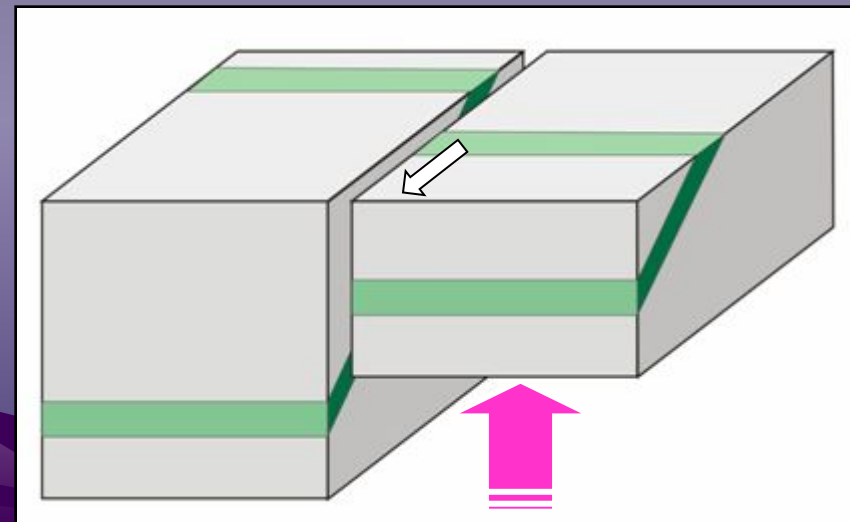
Фрагмент геологической карты Южного Урала



Серия крутых сбросов, смещающих границу нижнекаменноугольных свит. В поднятых крыльях выходят более древние отложения, поэтому на карте граница в них смещается по направлению падения пластов.

Правило 5П
(определение поднятого крыла для сбросов и взбросов):

**Поднятый
Пласт
Перемещается
По
Падению!**



Маркирующий горизонт (маркер)

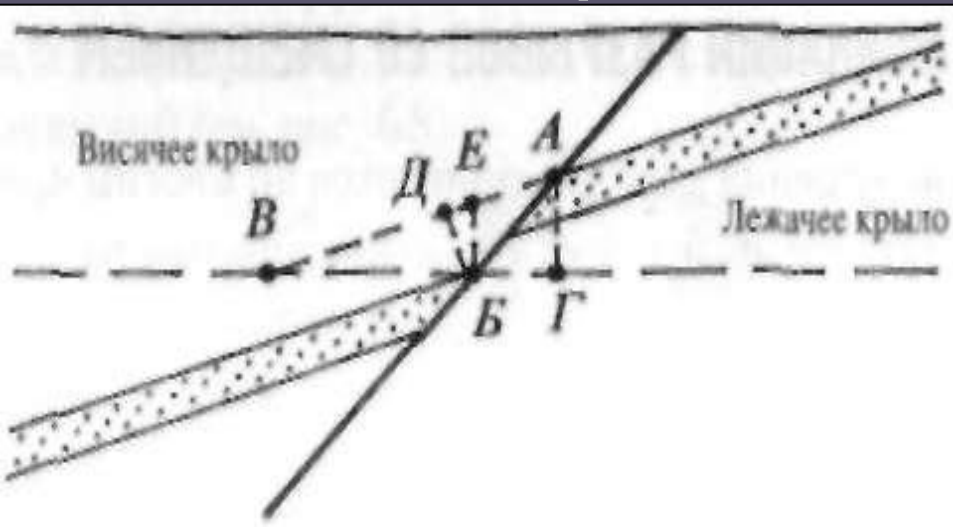
- Для определения относительного смещения крыльев разрыва и диагностики сбросов и взбросов необходимо, чтобы в разрезе были легко узнаваемые (маркирующие) породы или тела, по которым это можно установить.



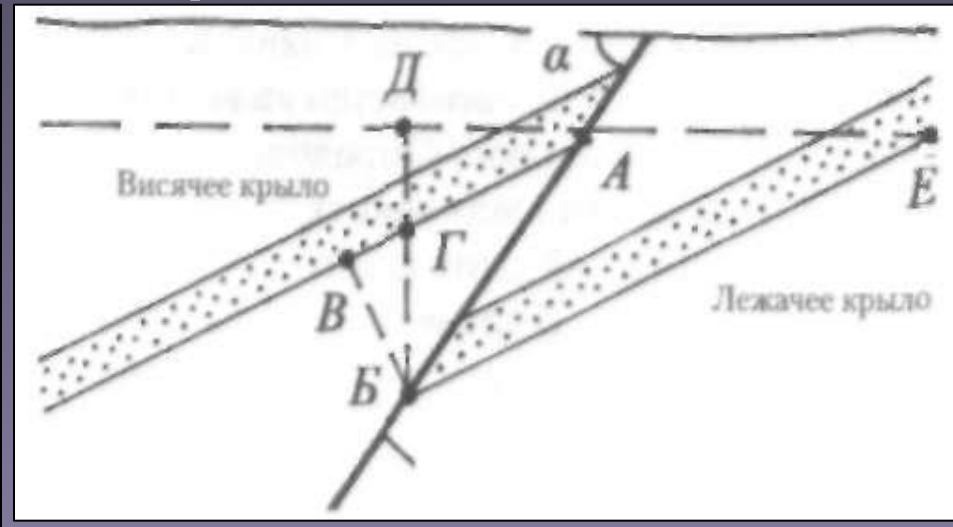
Роль маркирующих пород в определении опущенного и поднятого крыльев:

А - по разрезу без маркирующего слоя нельзя сказать, какое крыло поднято, а какое опущено; Б - маркирующий слой позволяет сказать, что висячее крыло опущено, а лежащее поднято

Элементы строения сбросов и взбросов:



АБ - амплитуда по сместителю;
АГ - вертикальная амплитуда;
БГ - горизонтальная амплитуда;
БД - стратиграфическая амплитуда;
БЕ - вертикальный отход;
ВГ - горизонтальный отход.



АБ - амплитуда по сместителю;
БД - вертикальная амплитуда;
АД - горизонтальная амплитуда;
БВ - стратиграфическая амплитуда;
БГ - вертикальный отход;
ДЕ - горизонтальный отход;
а - угол

наклона сместителя

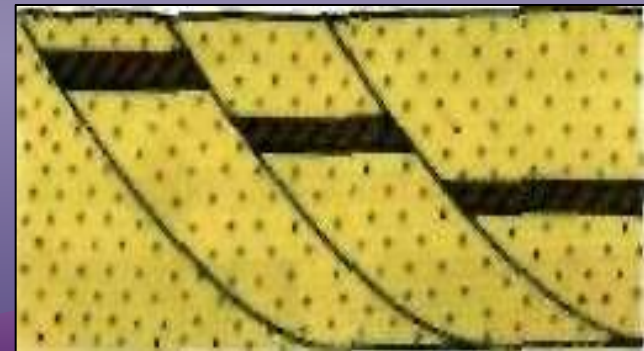
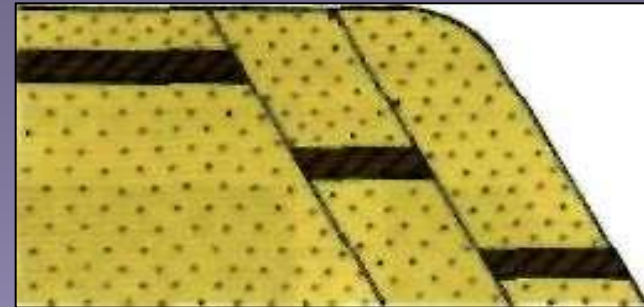
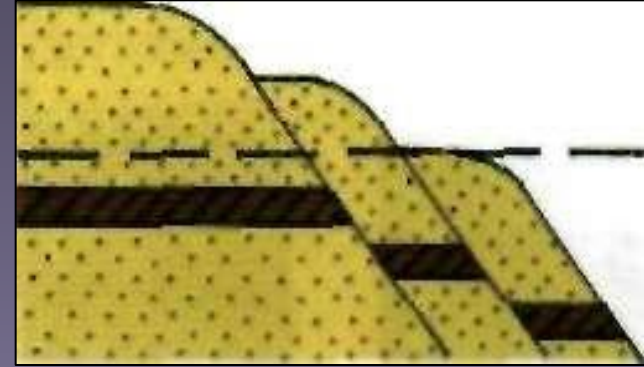
Система разрывных нарушений

- Разрывные нарушения сбросового и взбросового типов могут встречаться не только по одиночке, но и группами.
- В этом случае есть несколько сместителей, которые разбивают горную породу на отдельные блоки, смещенные относительно друг друга, образуя ступенчатые сбросы, грабены и горсты.



Ступенчатые сбросы

- представляют собой сочетание отдельных сбросов.
- Молодые ступенчатые сбросы могут образовывать уступы в рельефе и напоминают лестничные ступеньки.
- Древние ступенчатые сбросы в результате денудационных процессов не выражены в рельефе.
- Выполаживающиеся на глубине сбросы называют литрическими, глубина их проникновения составляет километры.

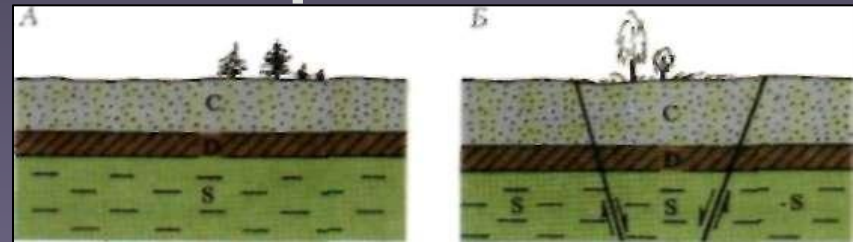


Грабены

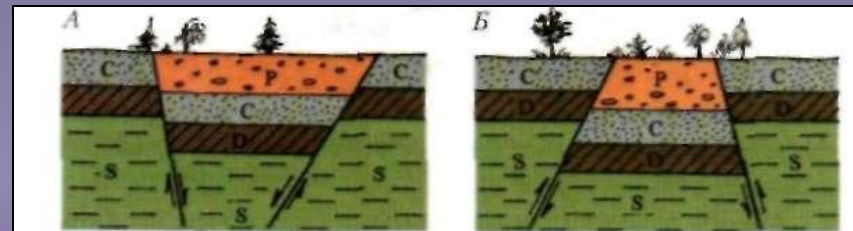
- это линейные в плане структуры, образованные системой разрывных нарушений, у которых центральный блок опущен .
- Они могут быть образованы системами взбросов и сбросов.
- Грабены по протяженности могут достигать тысячи и более км при ширине от десятков до нескольких сотен км.
- Различают простые и сложные грабены. Первые образуются двумя разрывными нарушениями, а вторые - большим количеством нарушений.

Стадии образования грабена:

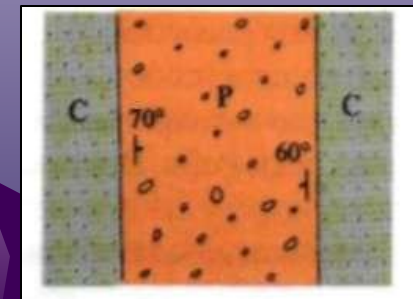
- накопление слоистой толщи,
- образование плоскостей сместителя,
- опускание центрального блока,
- накопление осадков в центральном опущенном блоке и денудация пород в соседних блоках



Грабены двух видов: ограниченные сбросами (А) и взбросами (Б)



Грабен в плане. Центральный блок опущен, так как в его пределах обнажаются более молодые породы Р возраста, а плечи приподняты, так как сложены более древними отложениями С возраста.



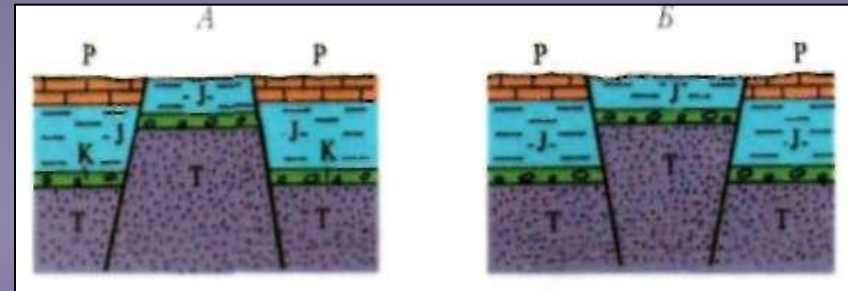
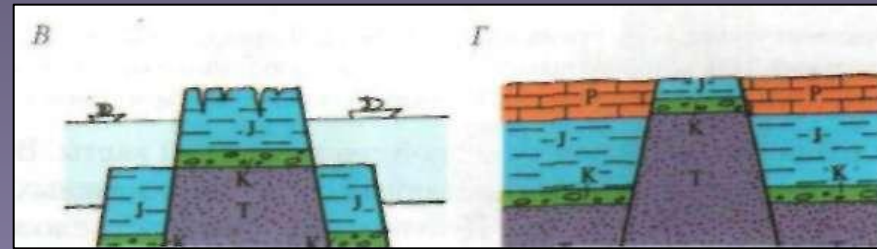
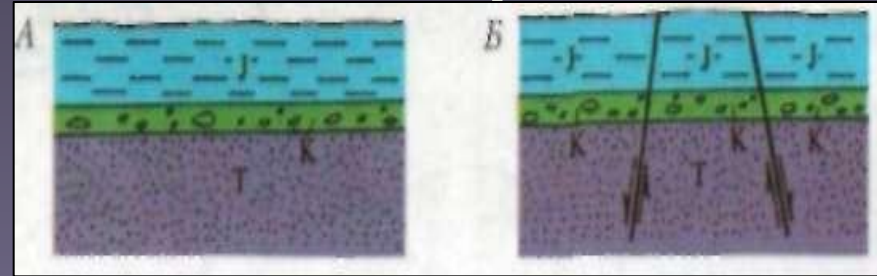
Горсты

- линейные в плане структуры, образованные системами разрывных нарушений, у которых центральный блок приподнят .
- Горсты распознаются на геологических картах по наличию группы параллельных или субпараллельных нарушений, в пределах которых центральный блок будет представлен более древними породами, нежели периферийные.
- Горсты, как и грабены, могут быть образованы как системой взбросов, так и сбросов



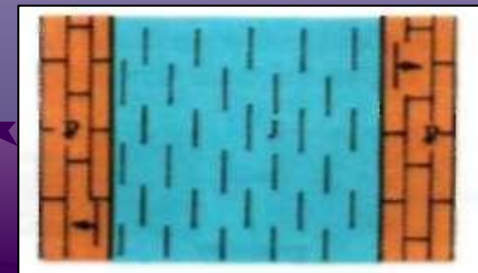
Стадии формирования горста:

- накопление слоистой толщи (А);
- заложение поверхностей сместителя (Б);
- поднятие центрального блока (В);
- выравнивание поверхности, денудация центрального блока и накопление слоев более молодых пород по периферии (Г)



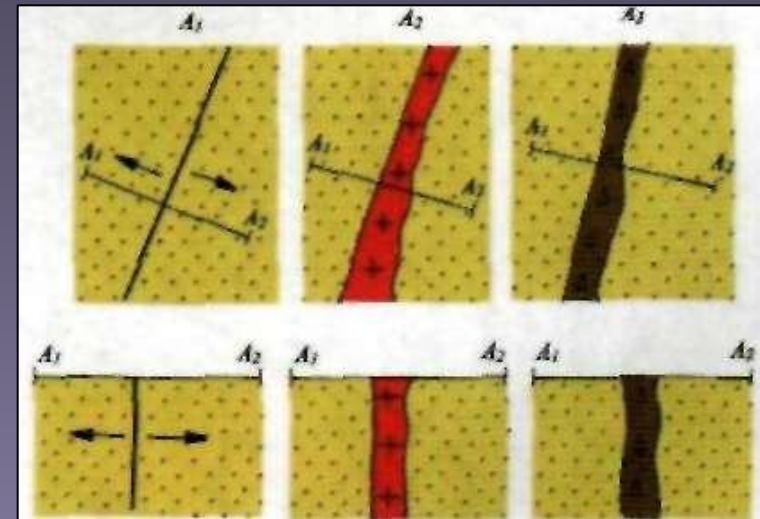
Горсты, образованные системой сбросов (А) и взбросов (Б)

Горст, образованный системой сбросов в плане. Центральный блок горста сложен более древними отложениями юрской системы по сравнению с плечами (отложения палеогена)



Раздвиги

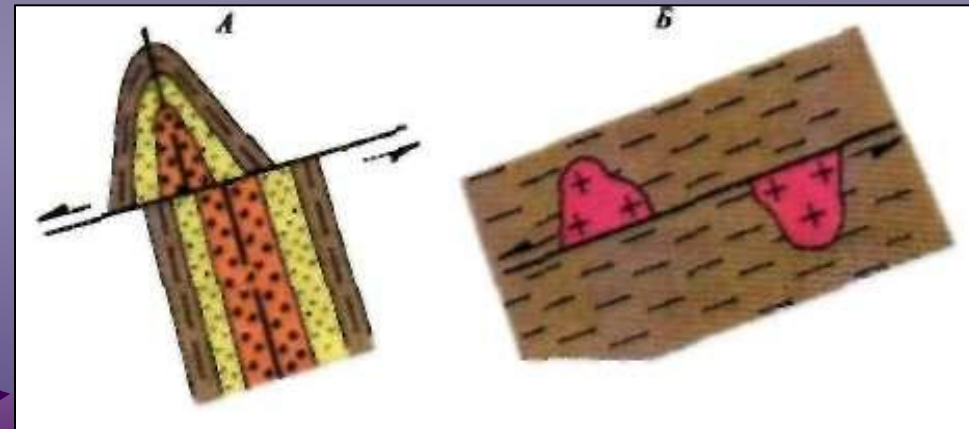
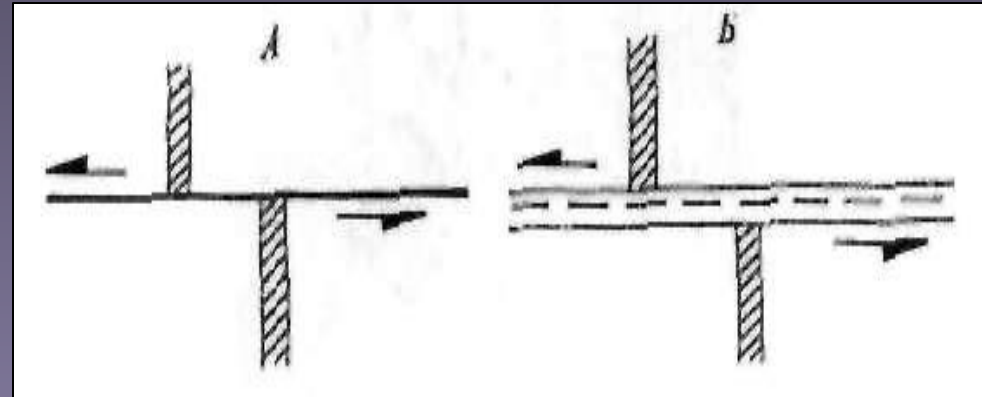
- представляют собой разрывные нарушения, у которых перемещение блоков происходит в направлении, перпендикулярном плоскости отрыва, т. е. в горизонтальной плоскости
- При дальнейшем раздвижении стенки разрыва расходятся, и образуется зияющая трещина, пропасть, что можно иногда наблюдать сразу после землетрясений.
- Зияющие полости часто заполняются поднимающимся с глубины магматическими расплавами с образованием даек -плитообразных магматических тел.



A_1 - начало образования раздвига (возникновение разлома);
 A_2 — раздвиг, «залеченный» магматической дайкой;
 A_3 — раздвиг, «залеченный» кластической дайкой.
Вверху планы, внизу - разрезы

Сдвигами

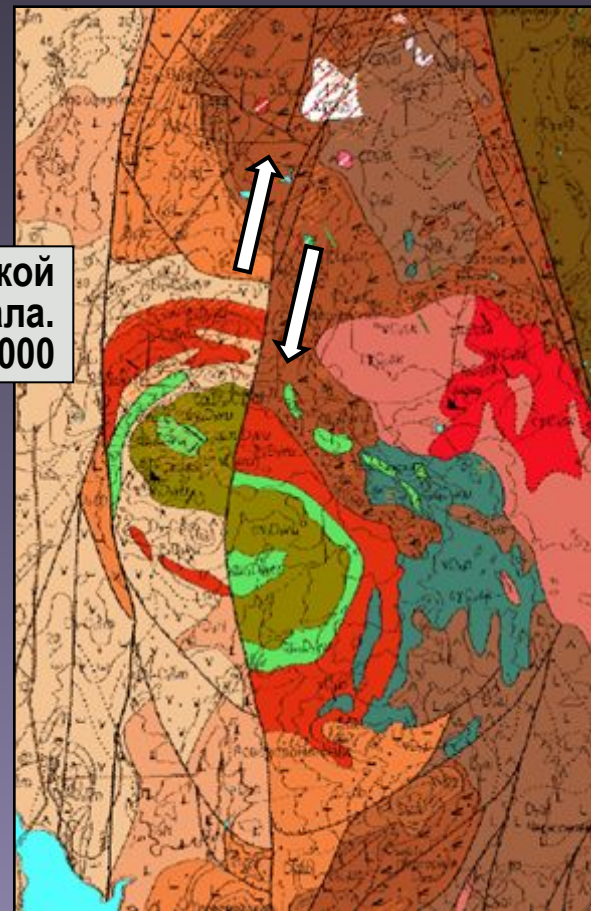
- называются разрывы, смещения по которым происходят в горизонтальном направлении, по простиранию сместителя.
- Сместитель у сдвигов может быть представлен как одной плоскостью, так и сдвиговой зоной, состоящей из системы сближенных плоскостей.
- В зависимости от направления перемещения крыльев сдвиги бывают левые и правые



Примеры сдвигов

Правым сдвигом смещен многофазный позднедевонский Верхнеуральский интрузив с концентрическим строением

Фрагмент геологической карты Южного Урала.
По В.М. Мосейчуку, 2000



Правым сдвигом смещен позднепермский гранитный массив Сусызкара



Гранитный массив Сусызкара. Северное Прибалхашье.
GoogleEarth



Фрагмент геологической карты Казахстана.
По В.Я. Кошкину, 1986

Правым сдвигом смещены интрузивы раннего карбона с крутыми контактами, а также крылья раннекаменноугольной Толкудукской мульды

Фрагмент геологической карты Казахстана.
По В.Ф. Беспалову, 1968



Гранитоидный массив Толкудук. Северо-Западное Прибалхашье. GoogleEarth

Надвиги

- Разрывы взбросового типа, возникающие одновременно со складчатостью или накладывающиеся на складчатые структуры, называются **надвигами**.
- Они развиваются в сильно сжатых наклонных или опрокинутых складках, возникают в замках и ориентированы параллельно осевым поверхностям складок.
- Отдельные надвиги могут объединяться, охватывая две и более складок.
- В складчатых комплексах, опрокинутых в одну сторону, развиваются параллельные надвиги, создавая чешуйчатую структуру. Амплитуды смещения по ним редко превышают сотни метров.



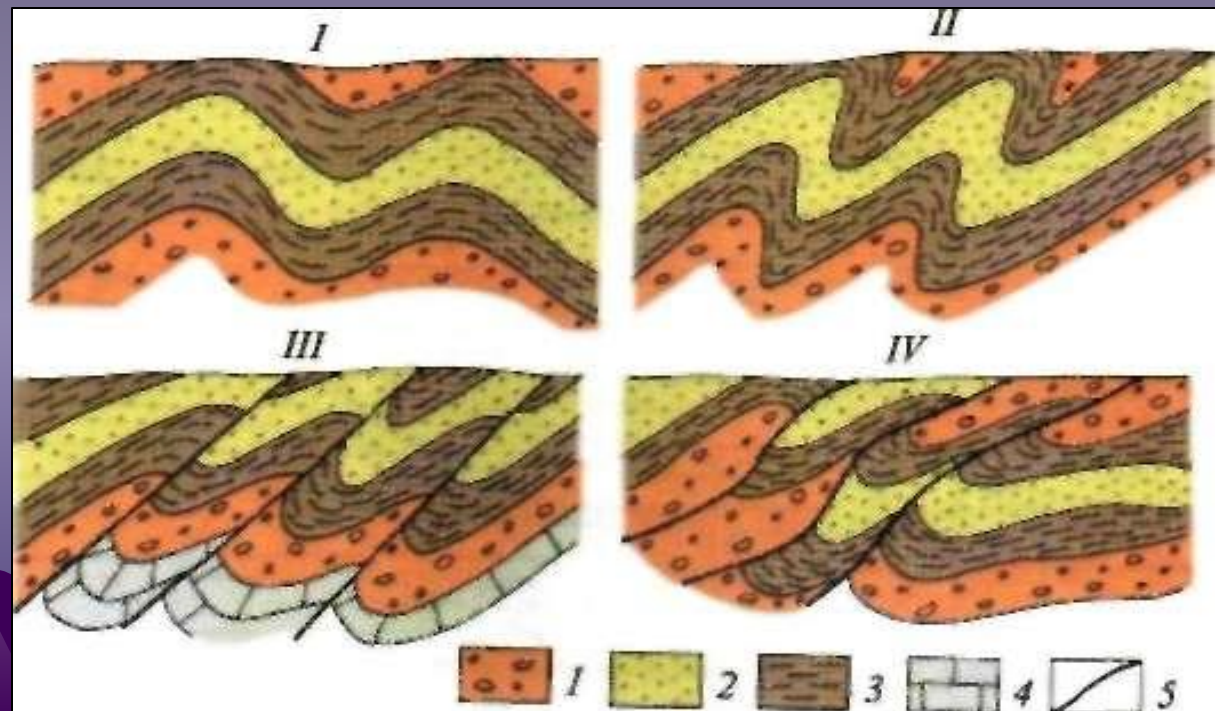
По наклону поверхности надвигов:

- крутые надвиги (угол наклона более 45°),
- пологие (угол наклона менее 45°),
- горизонтальные - с субгоризонтальной поверхностью
- ныряющие - с изогнутой поверхностью разрыва, меняющей на отдельных участках падение на противоположное.



Стадии формирования надвига:

- I - складчатые деформации с образованием прямых складок;
- II - продолжение деформаций с образованием опрокинутых складок;
- III - параллельно со складчатыми деформациями образование разрывных нарушений;
- IV - складчатые деформации поверхностей надвигания.



- 1- конгломераты;
- 2 - песчаники;
- 3 - аргиллиты;
- 4 - известняки;
- 5 - разрывные нарушения.

Тектонический покров или шарьяж

- это горизонтальный или пологий надвиг с перемещением пород на расстояния в десятки и даже сотни км по волнистой поверхности.
- От обычного надвига он отличается дальностью перемещения масс, большой мощностьюдвигающихся пород, значительными площадями покровообразования, сложностью строения надвигового комплекса.

В строении покровов выделяют два яруса:

- **нижний** (автохтон) — представляет собой недеформированные и неперемещенные породы основания.
- на нем залегает **верхний** (аллохтон), который именуется надвиговой системой. Породы аллохтона деформированы и перемещены в пространстве.



Небольшой шарьяж (Аннабергская лежачая складка) (по Белоусову).

Нижний триас представлен очень пластичными породами.

А-В - тело аллохтона,

В - голова, лоб аллохтона;

1 - останец; 2 - тектоническое окно; 3 - корни аллохтона

