

# Структурная геология и геологическое картирование

## Лекция № 8

### «Разрывные нарушения. Общие сведения. Морфология »

Разрыв – деформация **пластов** горных пород с нарушением их сплошности, возникающая в случае превышения предела прочности пород тектоническими напряжениями [Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова ] – **генетическое** определение

Разрыв – **плоскость** или зона в породе, по которой произошло смещение [Э.У. Спенсер ] – **морфологическое** определение

Разрыв – нарушение сплошности горных пород со смещением пород по поверхности разрыва [Википедия] – **тавтологическое** определение

Разрыв – **поверхность** или **зона** в горных породах, по которой произошло смещение разделяемых этой поверхностью блоков [почти по Э.У. Спенсеру]

Представление о стадиях деформации

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



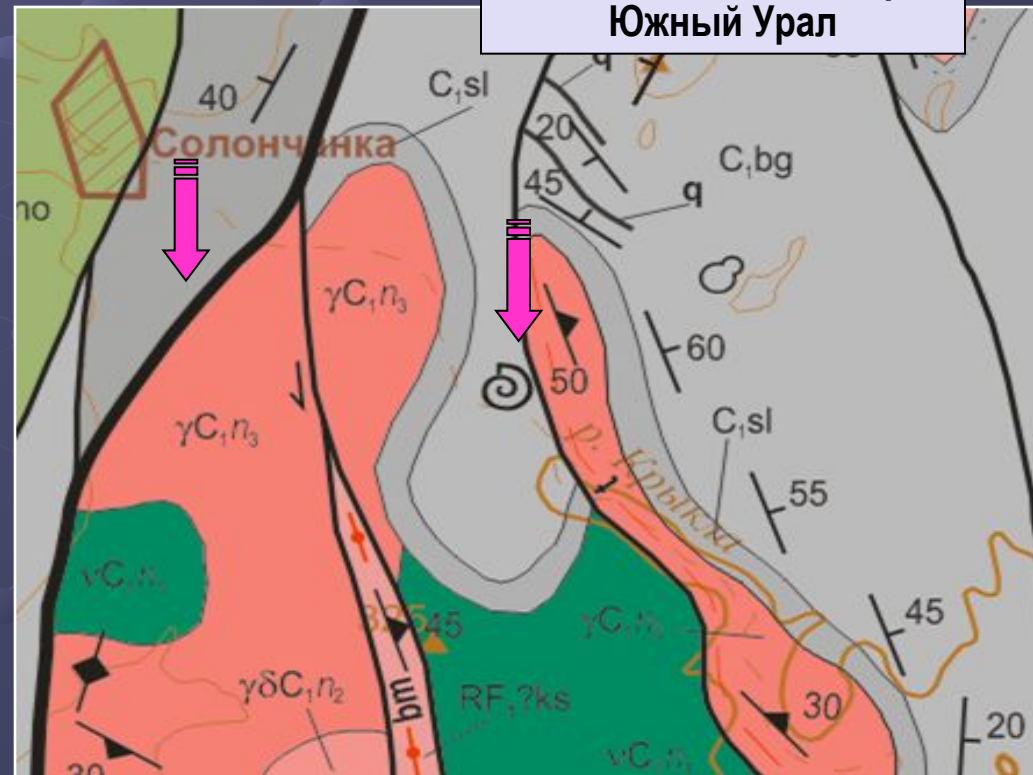
# Элементы геометрии разрывов

**Собственная геометрия** разрывов сводится к трем элементам:

- поверхность разрыва, или сместитель;
- два блока, или крыла. Их смещение относительно друг друга определяется по маркерам.

Маркер – любой геологический объект, образовавшийся **до разрыва** и уверенно опознаваемый в обоих крыльях разрыва.

[http://geomaps.wr.usgs.gov/sfgeo/quaternary/stories/sanmateo\\_fault.html](http://geomaps.wr.usgs.gov/sfgeo/quaternary/stories/sanmateo_fault.html)





# Классификация

крыльев разрыва относительно наклонного сместителя:

- а) блок, расположенный **над сместителем** – висячее крыло;
- б) блок, расположенный **под сместителем** – лежащее крыло.

**NB!** Тип крыльев не зависят от их относительного расположения!

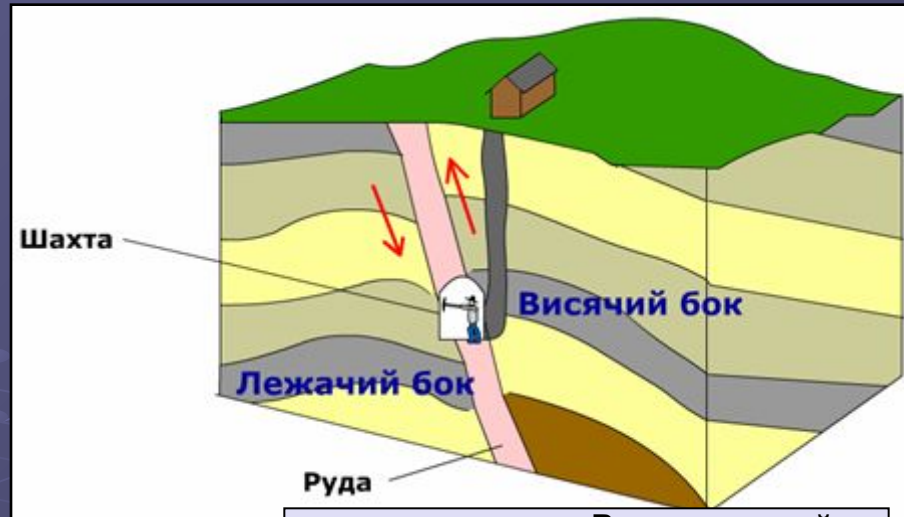
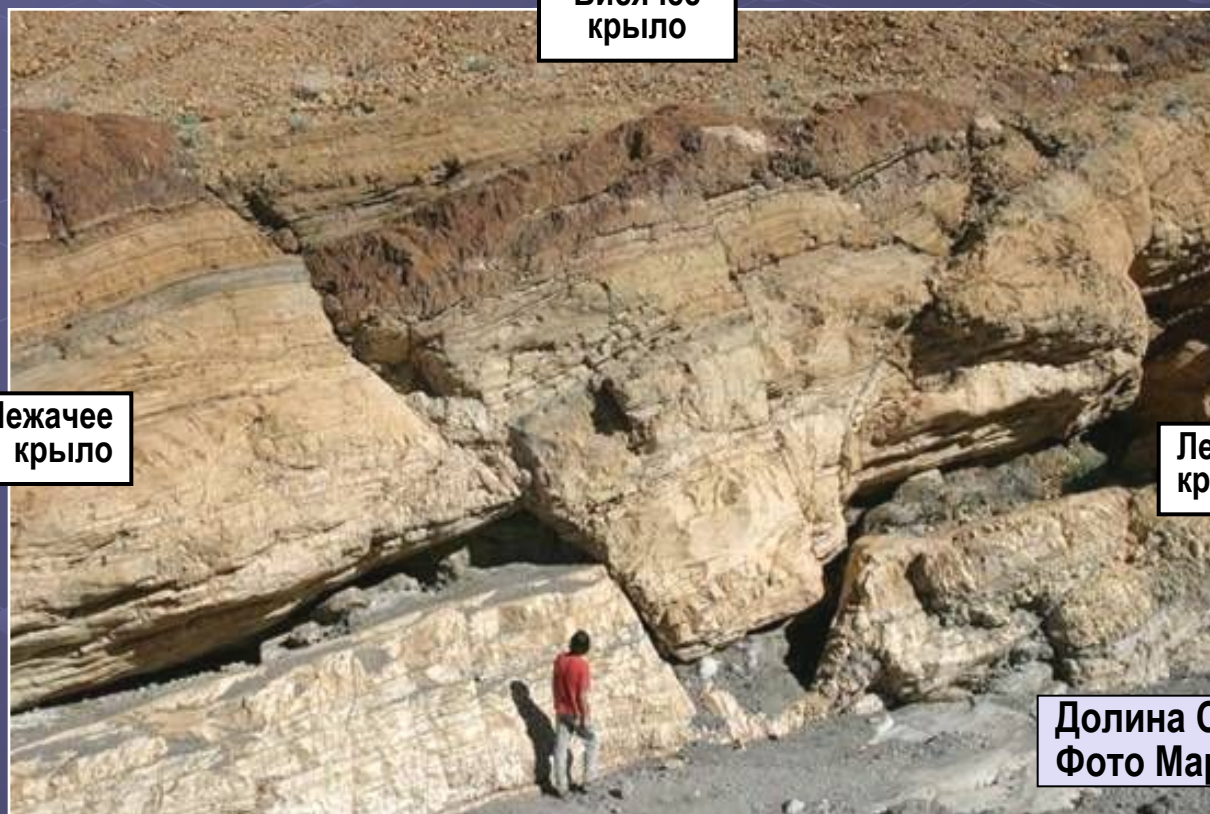


Рисунок с сайта the University of Tromsø, Norway

Висячее крыло



Лежачее крыло

Лежачее крыло

**NB!** При вертикальном сместителе эта классификация не работает!

Долина Смерти. Калифорния. Фото Марли Б. Миллер



**NB!** Под лежащий камень вода не течет.  
Вода течет под  
висячий камень !

Висячее крыло

Лежачее крыло

[http://www.374.ru/images/  
2007-09/12/50\\_1.jpg](http://www.374.ru/images/2007-09/12/50_1.jpg)

Лежачее крыло

Висячее крыло

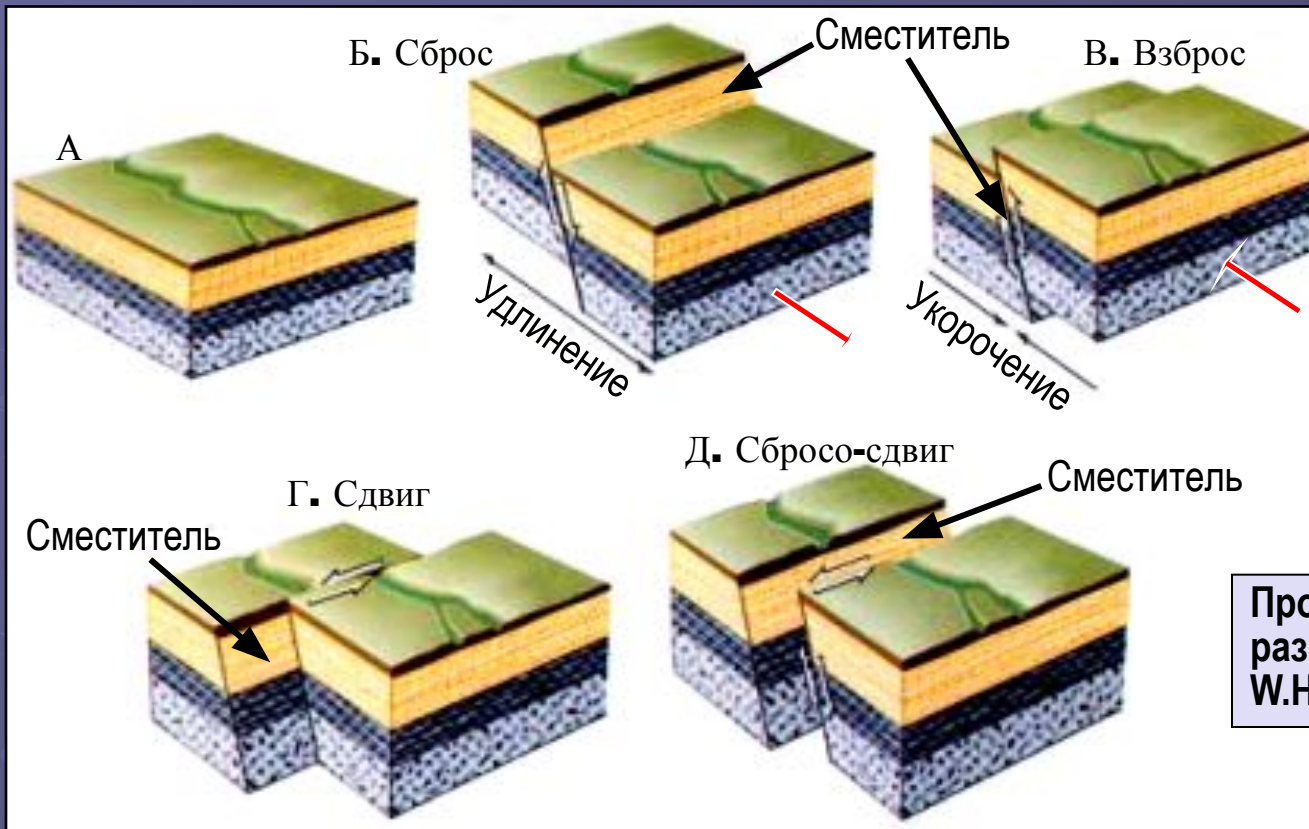
Висячее крыло

Лежачее крыло

[http://www.minimegeology.com/s  
hop/wpimages/Fault\\_photo.jpg](http://www.minimegeology.com/s<br/>hop/wpimages/Fault_photo.jpg)

[http://geology.csupomona.edu/  
.../SplitMtnNormalFault.jpg](http://geology.csupomona.edu/<br/>.../SplitMtnNormalFault.jpg)

# Морфологические классификации разрывов



Классификация разрывов с крутым ( $> 60^\circ$ ) сместителем по относительному смещению крыльев

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

- А – условный блок с ненарушенным залеганием слоев.  
Б – сброс – **висячее крыло опущено** относительно лежачего, блок А испытывает **удлинение** поперек разрыва (крылья разъезжаются).  
В – взброс – **висячее крыло поднято** относительно лежачего, 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.





Схема с сайта Новосибирского университета

Взброс – висячее крыло **поднято**;  
 Сбро́с – висячее крыло **опущено**;  
 Сдвиг – висячее и лежащее крылья находятся на **одной высоте**  
 Взбросо-сдвиг, сдвиго-взброс,  
 сбро́со-сдвиг, сдвиго-сбро́с

**NB!** Компоненту с большей амплитудой пишут в конце!

Тест № 1  
 Найдите на картинке две неточности

### Классификация разрывов с вертикальным сместителем:

- сбро́с (взрез) – разрыв с вертикальным смещением крыльев (первоначально ненарушенный блок **не удлиняется и не укорачивается** поперек разрыва);
- сдвиг – разрыв с горизонтальным смещением крыльев вдоль сместителя;
- раздвиг – разрыв с горизонтальным смещением крыльев поперек сместителя, при котором первоначально ненарушенный блок испытывает **удлинение** поперек разрыва (крылья разъезжаются).

# Классификация сдвигов

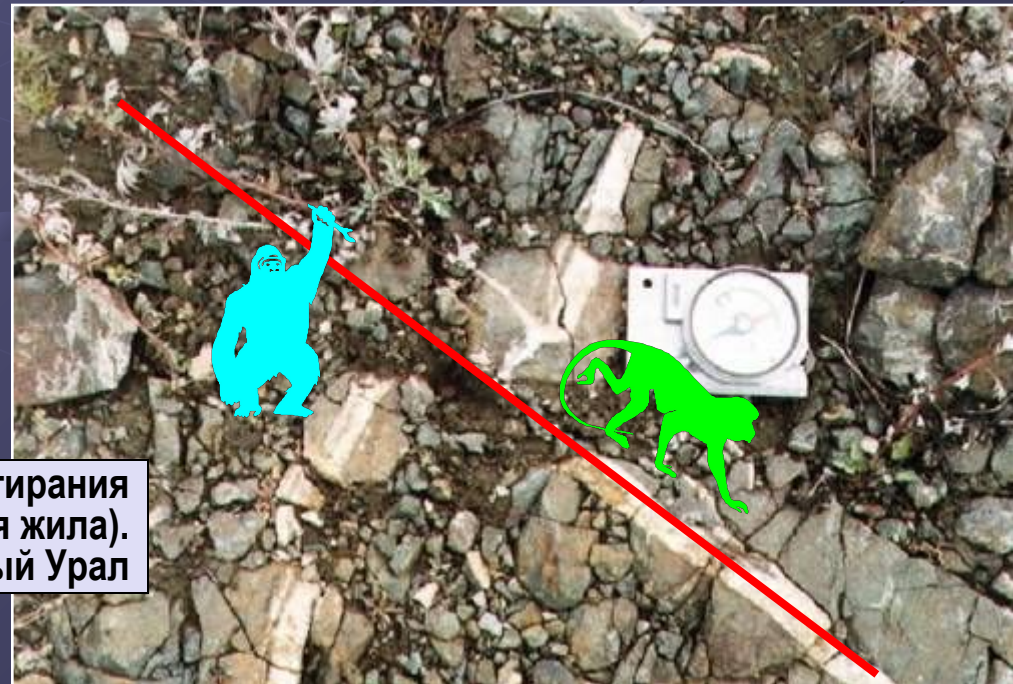
Для классификации сдвигов вводится понятие наблюдателя.

Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **влево от наблюдателя**, сдвиг – левый.

Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – правый.



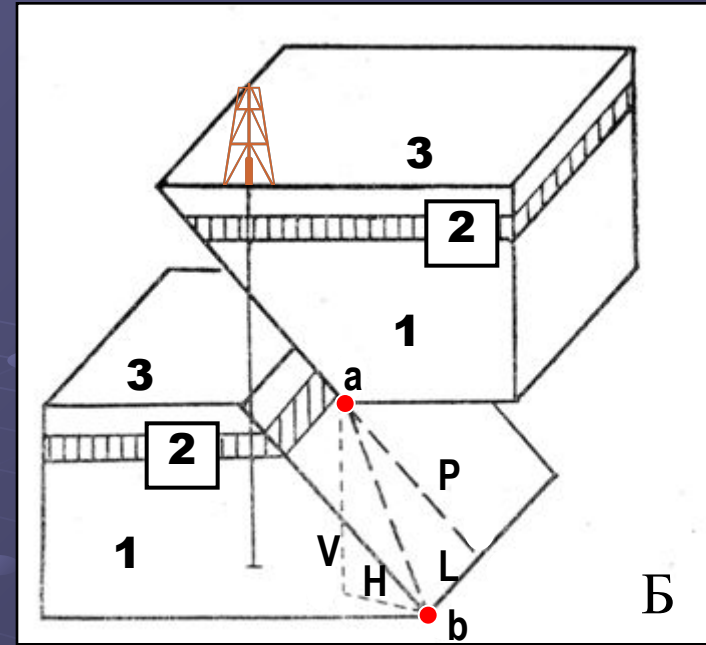
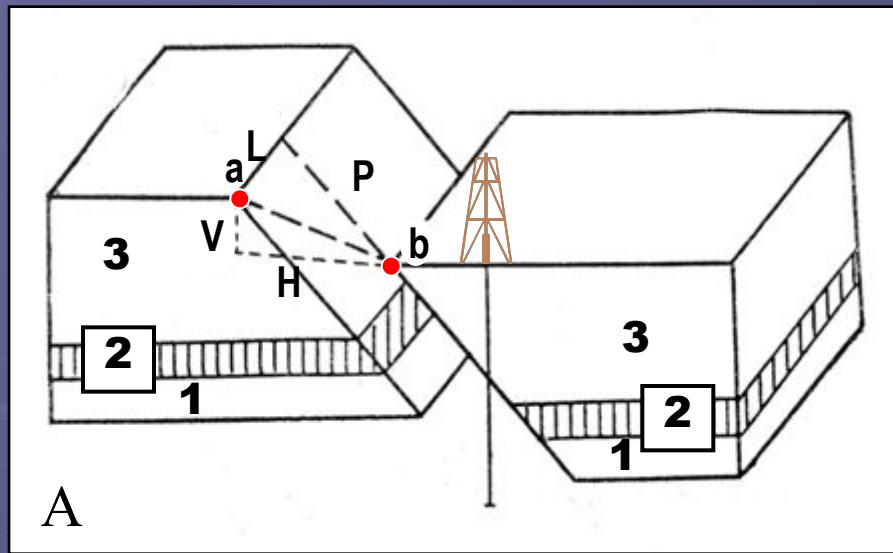
Левый сдвиг С3 простираения  
(маркер – кварцевая жила).  
Южный Урал



Правый сдвиг СВ простираения  
(маркер – кварцевая жила).  
Южный Урал



# Геометрия сдвига-сброса и сдвига-взброса



Амплитуды смещения (по маркеру **a-b**):  
**a-b** – **полная** (расстояние между **a** и **b** в разных крыльях)  
**V** – **вертикальная** (расстояние между абсолютными отметками **a** и **b**);  
**H** – **горизонтальная** (расстояние между координатами **a** и **b**, замеренное в горизонтальной плоскости);  
**L** – **продольная** (расстояние между координатами **a** и **b**, замеренное по простиранию сместителя);  
**P** – **поперечная** (расстояние между координатами **a** и **b**, замеренное по падению сместителя).  
А – сдвига-сброс. Скважина, пробуренная через сдвига-сброс в области зияния, **не встретит** пласта "2"  
Б – сдвига-взброс. Скважина, пробуренная через сдвига-взброс в области перекрытия, **дважды встретит** пласт "2"

# Морфологическая классификация разрывов с пологим ( $< 60^\circ$ ) сместителем по относительному смещению крыльев

Надвиг – пологий взброс. При небольших углах наклона надвига теряет смысл представление о поднятом и опущенном крыльях. Различают автохтон (**лежащее крыло**) и аллохтон (**висячее крыло**).

Шарьяж – крупный пологий надвиг с волнообразным сместителем. Изолированные выходы автохтона внутри аллохтона – окна, изолированные участки аллохтона внутри автохтона – останцы, или клиппы.

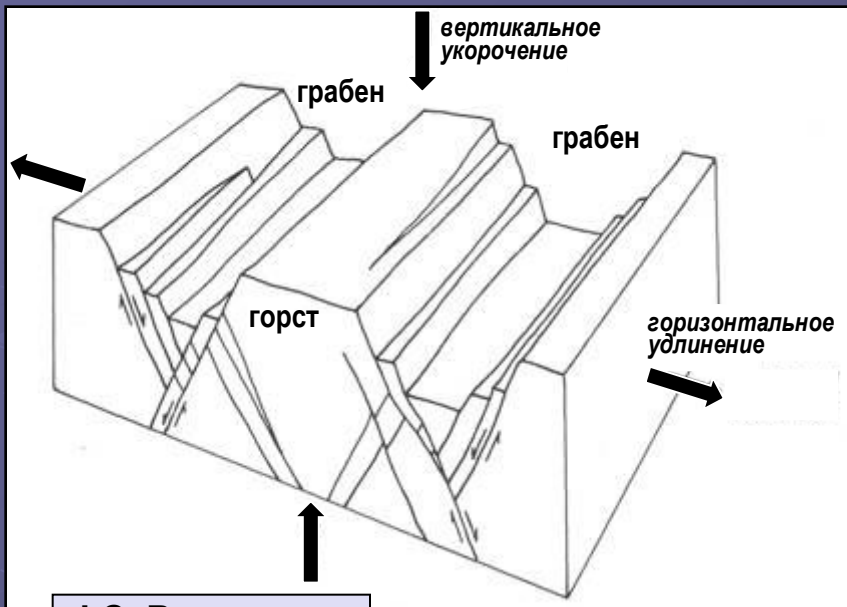
Пологий сдвиг – сдвиг со сместителем, имеющим небольшой угол наклона. При почти горизонтальном сместителе пологий сдвиг не отличим от надвига.



J.G. Ramsay,  
M.I. Huber, 1983



# Структуры, ограниченные разрывами



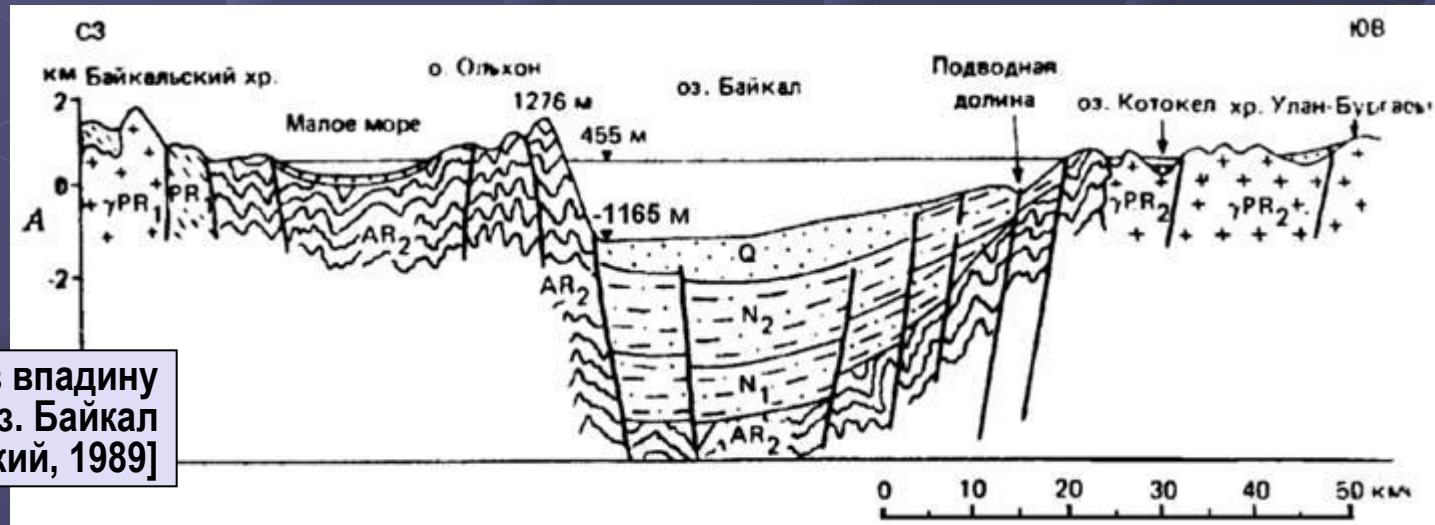
J.G. Ramsay,  
M.I. Huber, 1983

Структуры зон растяжения, ограниченные сбросами:

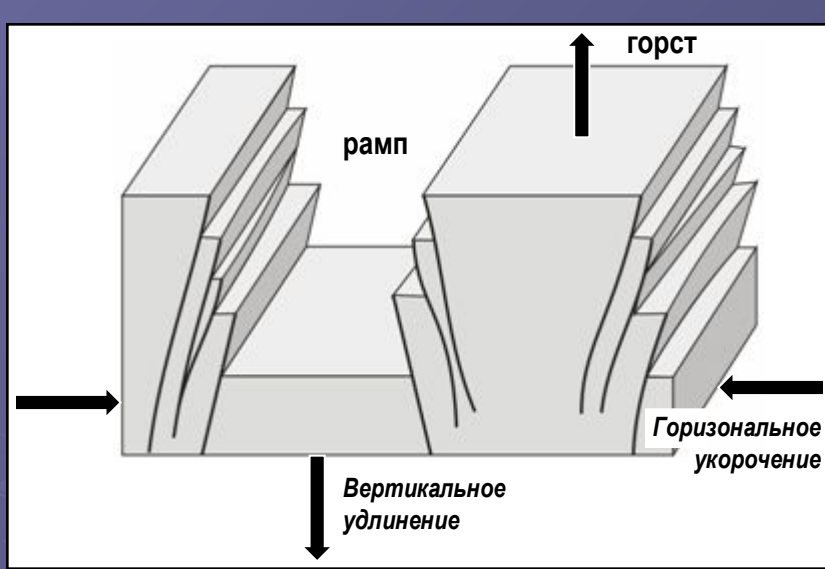
а) грабен – симметричная отрицательная структура, ограниченная сопряженной парой **встречных сбросов**,

б) горст – симметричная положительная структура, ограниченная сопряженной парой **расходящихся сбросов**,

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



Разрез через впадину  
оз. Байкал  
[Милановский, 1989]

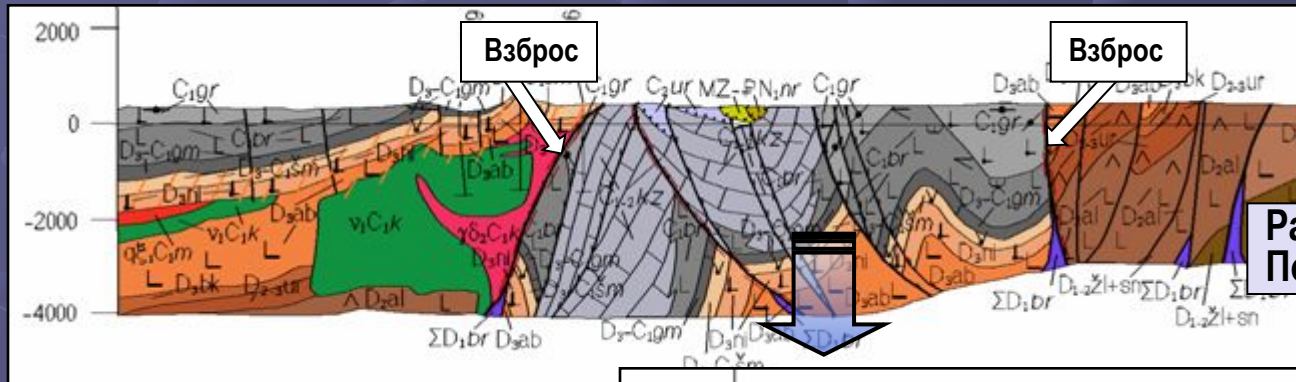


# Структуры зон сжатия, ограниченные взбросами:

а) рампы – симметричная отрицательная структура, ограниченная сопряженной парой **расходящихся взбросов**,

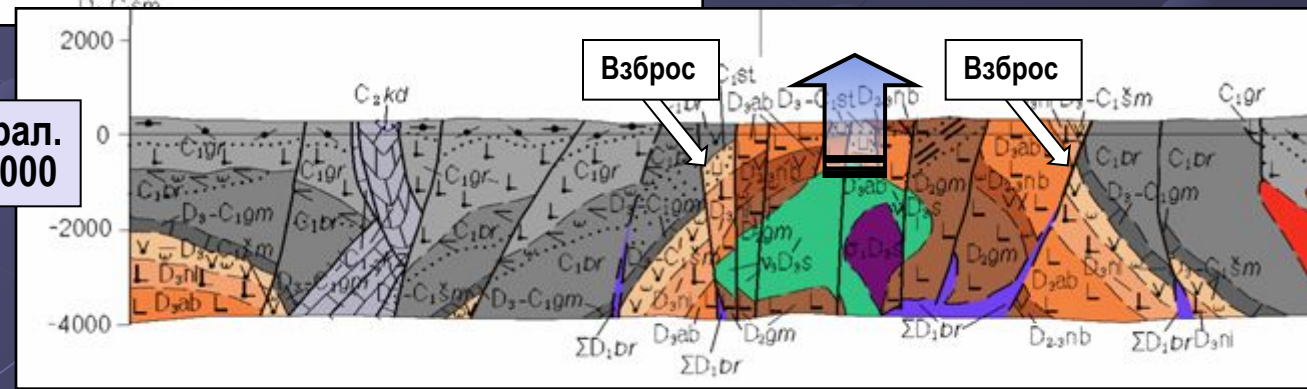
б) горст – симметричная положительная структура, ограниченная сопряженной парой **встречных взбросов**,

в) полурампы – асимметричная отрицательная структура, ограниченная **одним крупным взбросом**



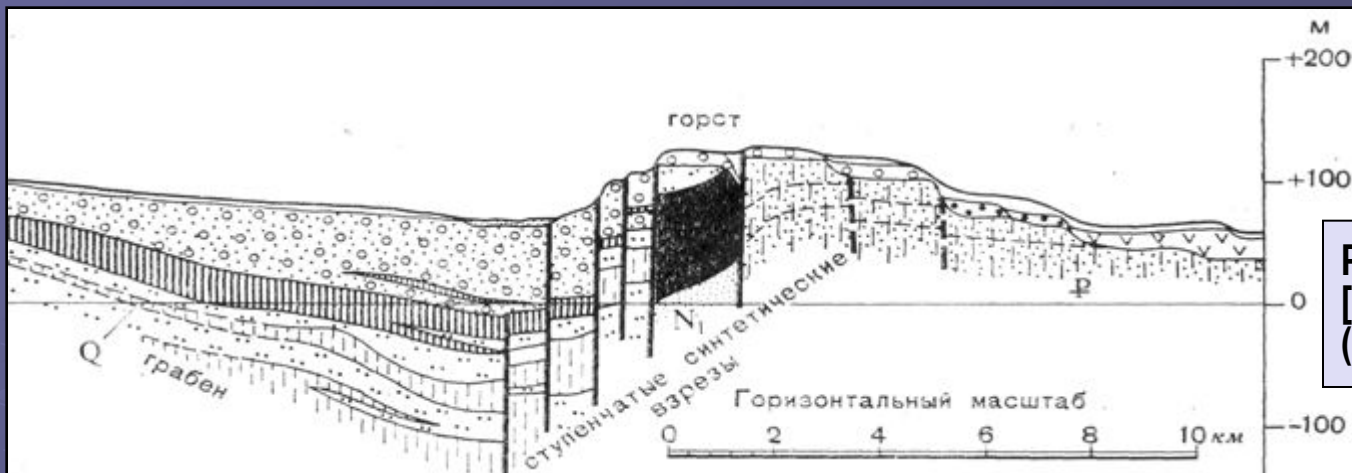
Рампы. Южный Урал.  
По В.М. Мосейчуку, 2000

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



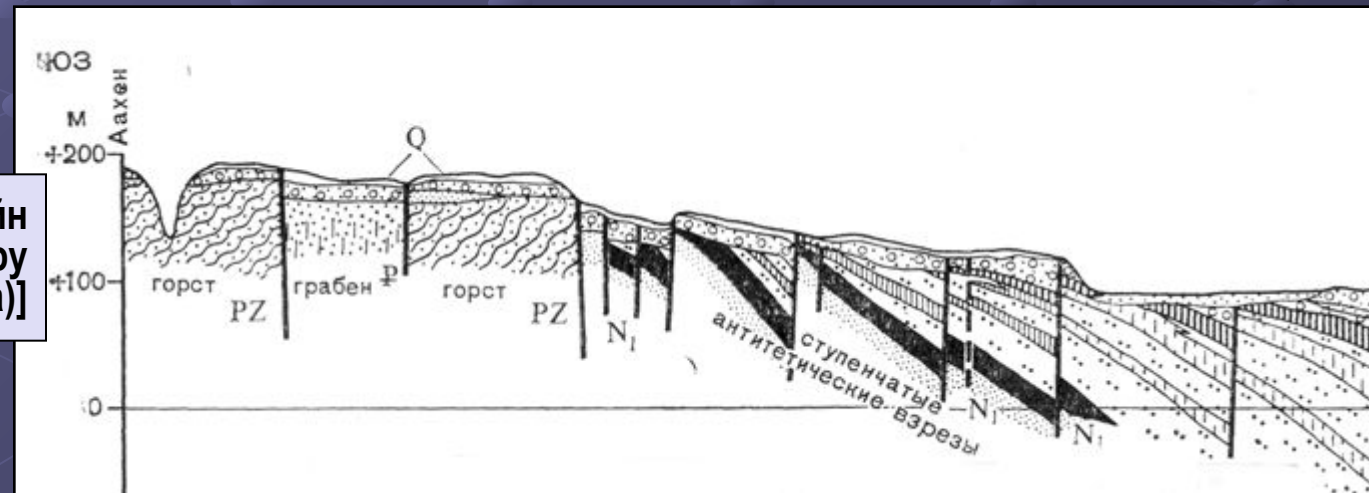


# Классификация систем сбросов и взбросов



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

Синтетическими называются ступенчатые системы сбросов в крыле складки, в которых крылья **последовательно опущены** в направлении падения пластов.

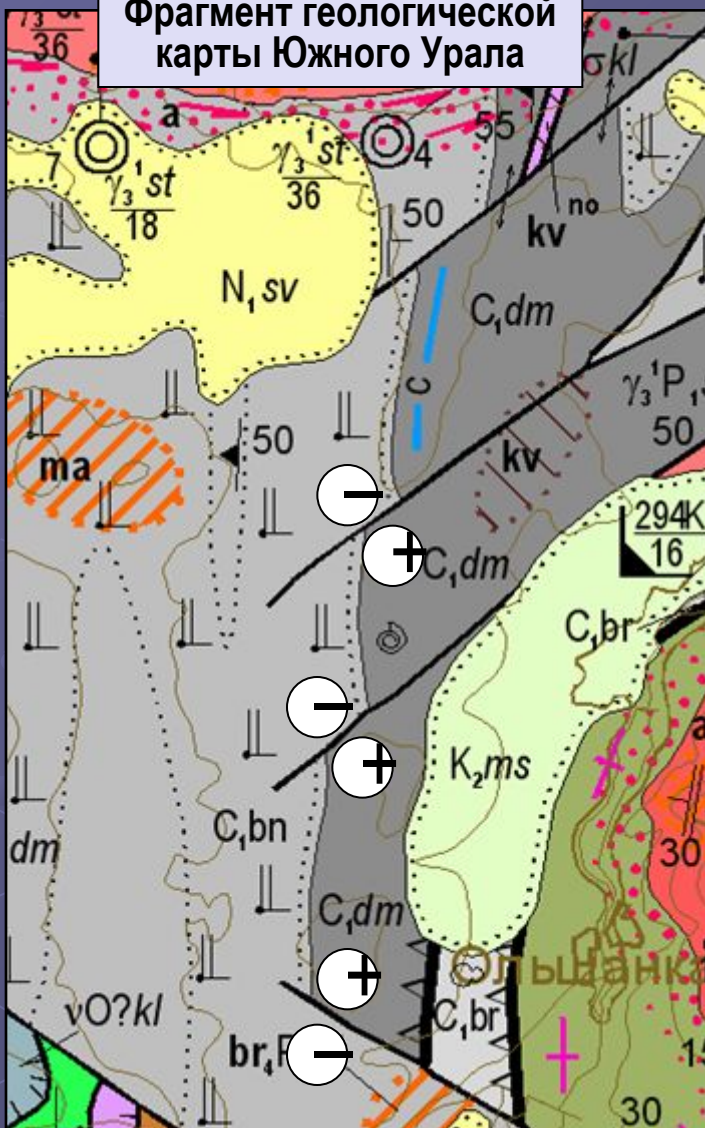


Рурский бассейн  
[по Л. Ахорнеру  
(из В.В. Белоусова)]

Антитетическими называются ступенчатые системы сбросов в крыле складки, в которых крылья **последовательно подняты** в направлении падения пластов.

# Разрывы на геологической карте

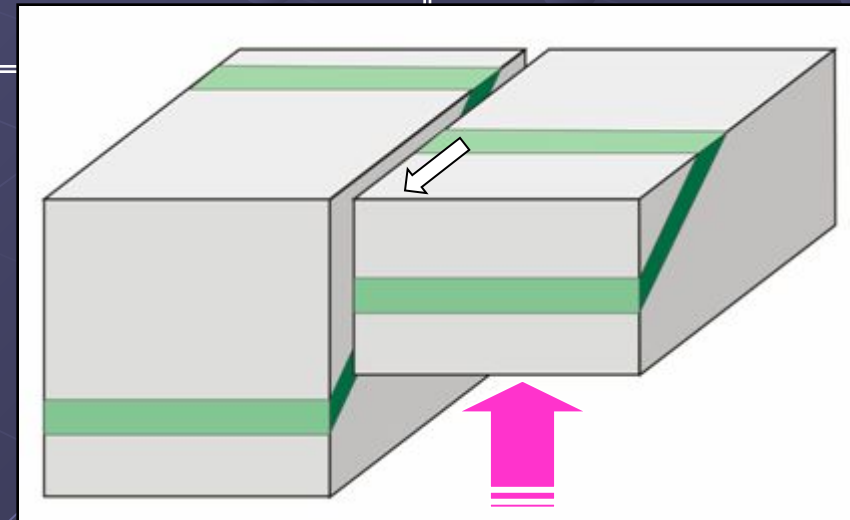
Фрагмент геологической карты Южного Урала



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.

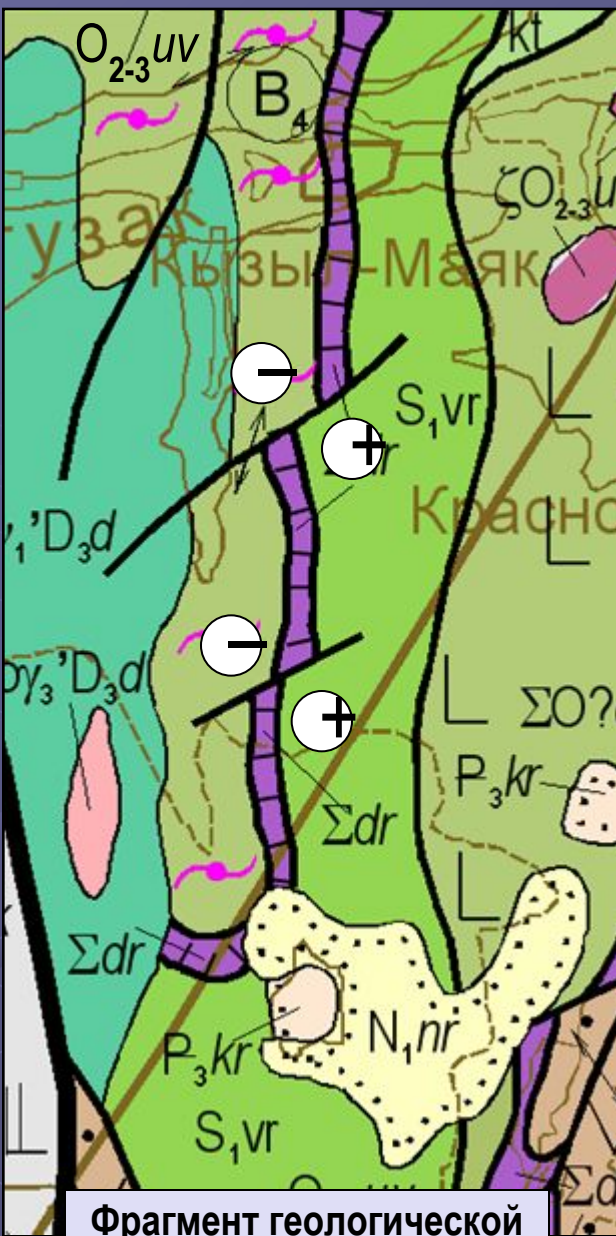
**ВВ!**

**Правило 5П**  
(определение поднятого крыла для сбросов и взбросов):  
Поднятый  
Пласт  
Перемещается  
По  
Падению!





Серия крутых сбросов, смещающих пластообразное тело серпентинитов в подошве надвига. В аллохтоне выходят более древние отложения, но граница между ними не стратиграфическая, она смещается в поднятом блоке по направлению падения тела серпентинитов.



Фрагмент геологической карты Южного Урала

Мелкие разрывы в крыле складки. Запрос. GoogleEarth



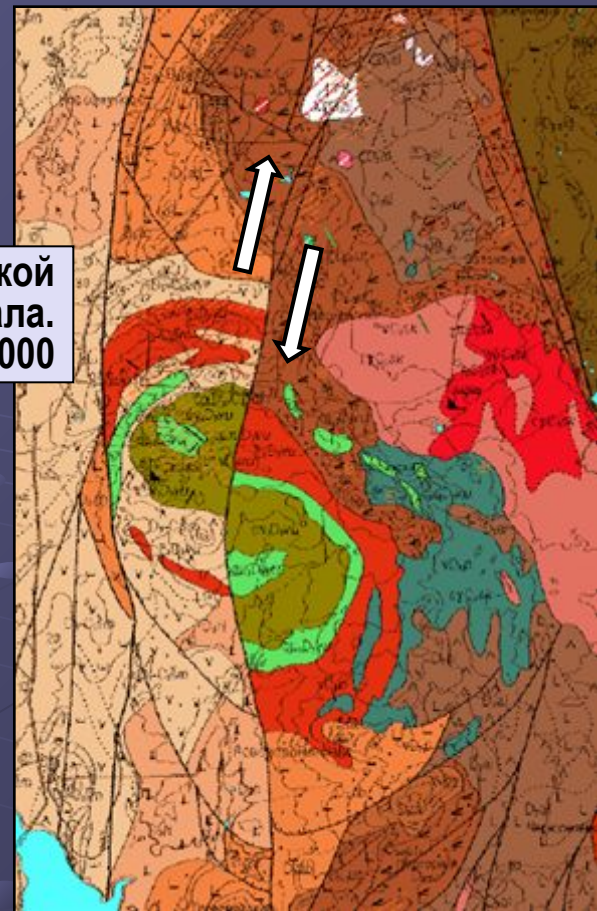
По простиранию разрывы могут "затухать" и даже менять морфологию и знак смещения



# 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

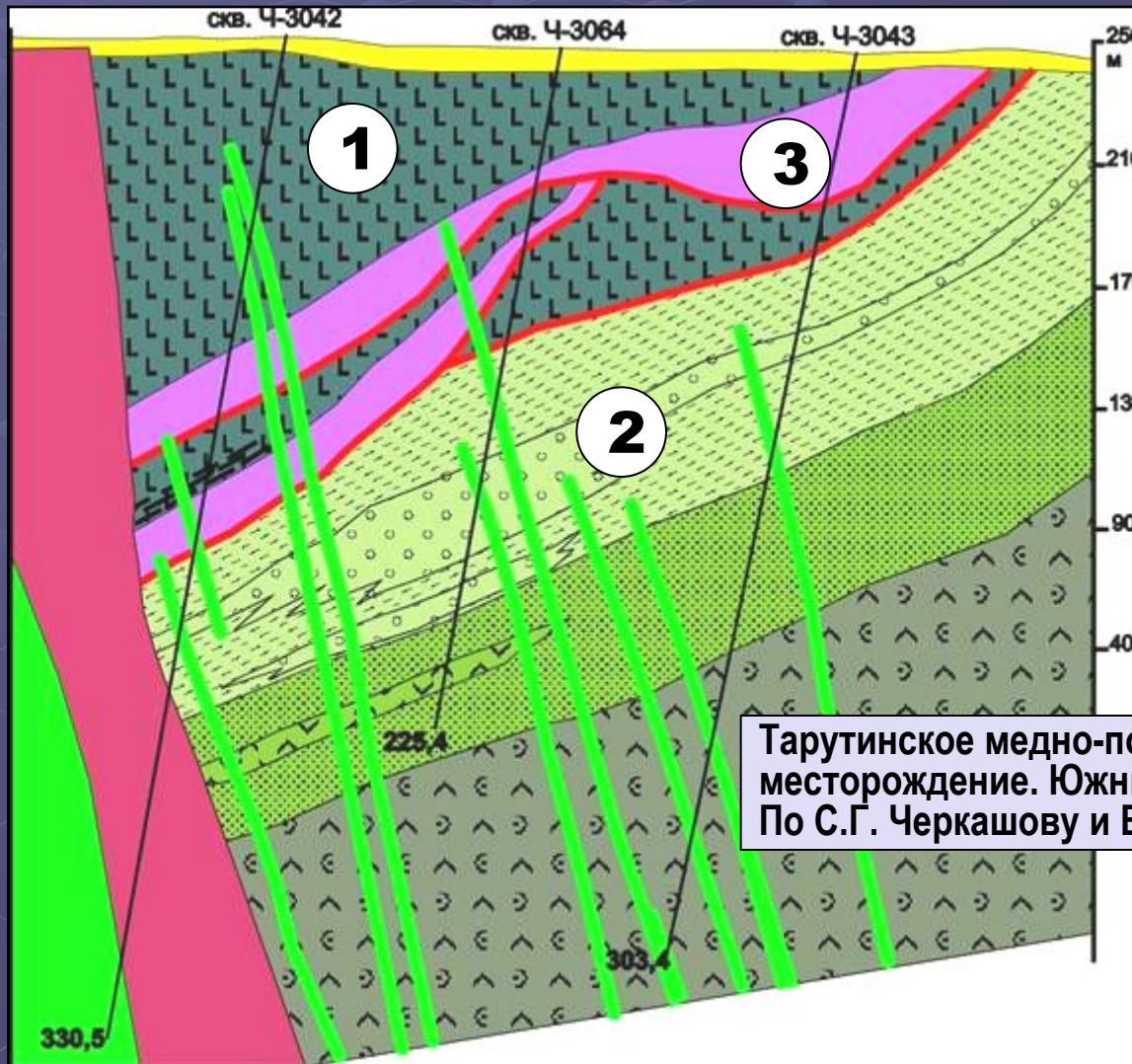
Фрагмент геологической карты Казахстана.  
По В.Ф. Беспалову, 1968



Гранитоидный массив Толкудук. Северо-Западное Прибалхашье. GoogleEarth

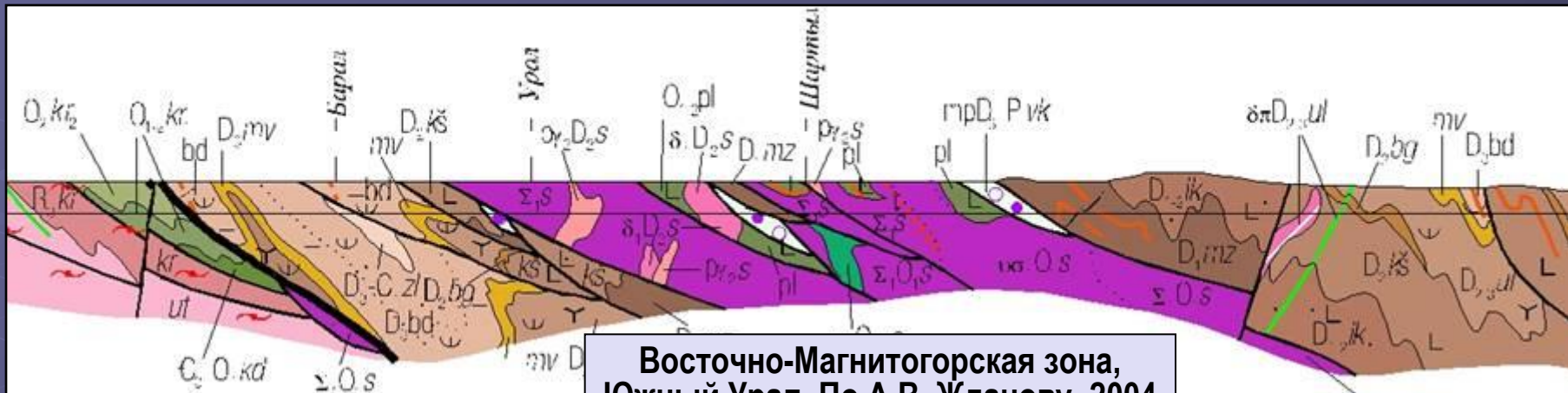
# Примеры надвигов

Тарутинский надвиг: ордовикские базальты (1) надвинуты на терригенный силур (2). В основании аллохтона расположена пластина серпентинитов (3). Надвиг пробурен и доказан скважинами.

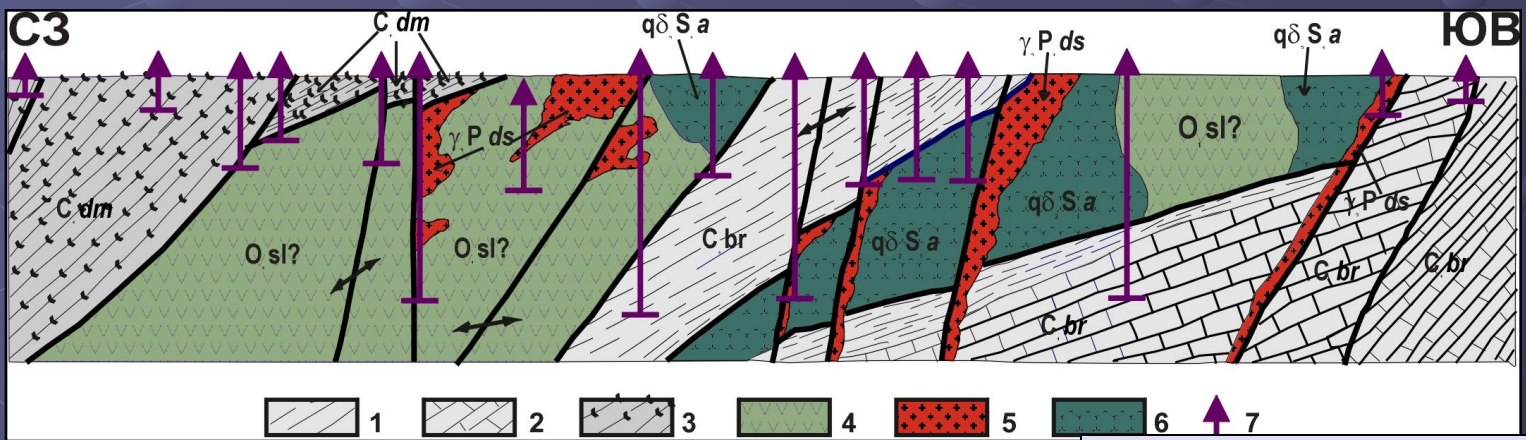




Обычно надвиги составляют пакеты тектонических пластин, или чешуи. Пакеты часто подстилаются или разделяются мощными пластинами меланжированных ультрамафитов. Вергентность складок чаще всего совпадает с направлением надвигания



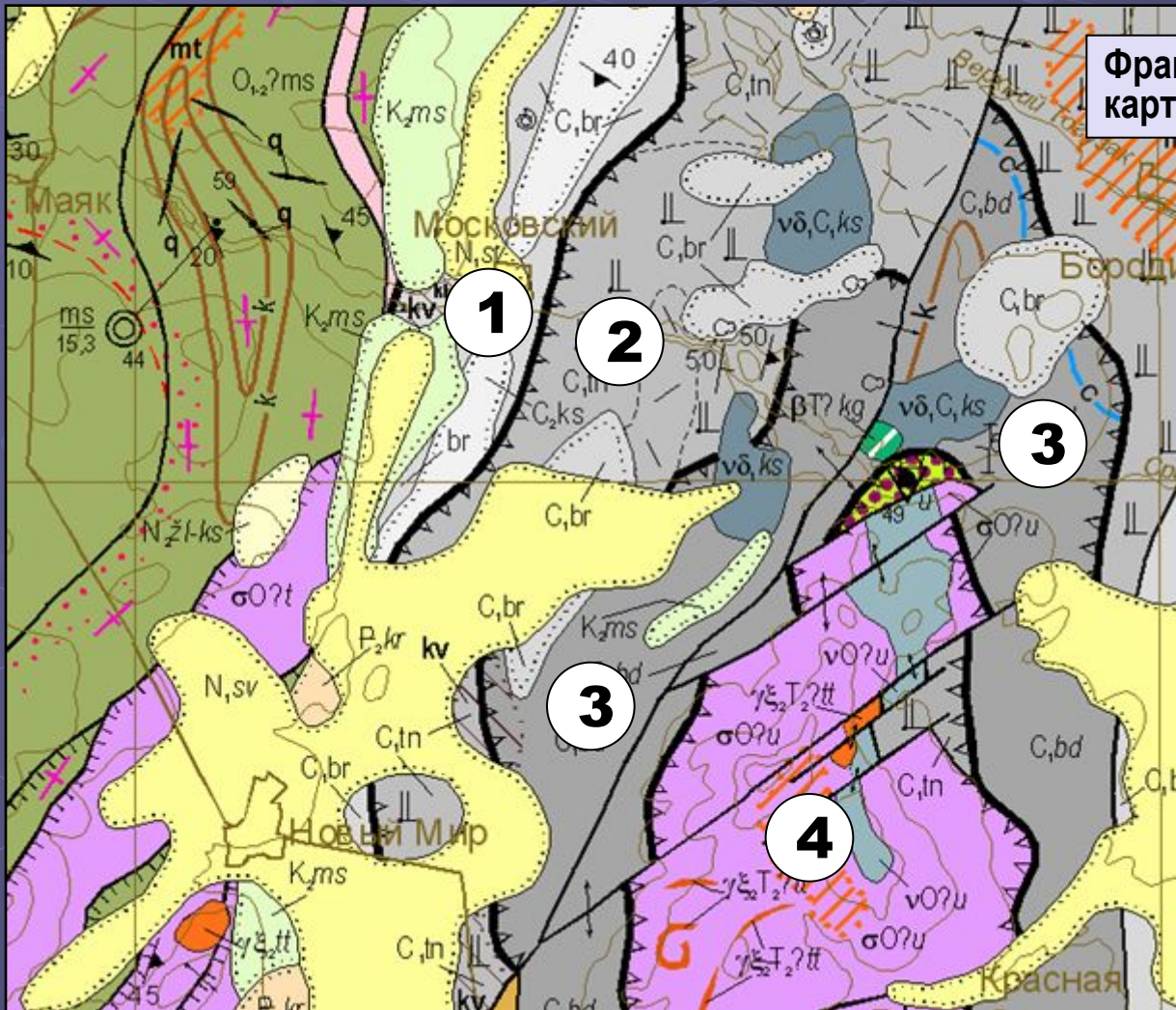
Восточно-Магнитогорская зона, Южный Урал. По А.В. Жданову, 2004



Структура Астафьевского пьезокварцевого месторождения. Южный Урал. По Б.И. Агееву, А.П. Хохлачеву, 1995



На геологических картах надвиги распознаются по обратной последовательности комплексов в складчатых структурах. Как правило, более древние комплексы бывают надвинуты на более молодые, поэтому в ядрах синформных тектонических пакетов могут залегать самые древние породы, а в ядрах антиформных пакетов – самые молодые.

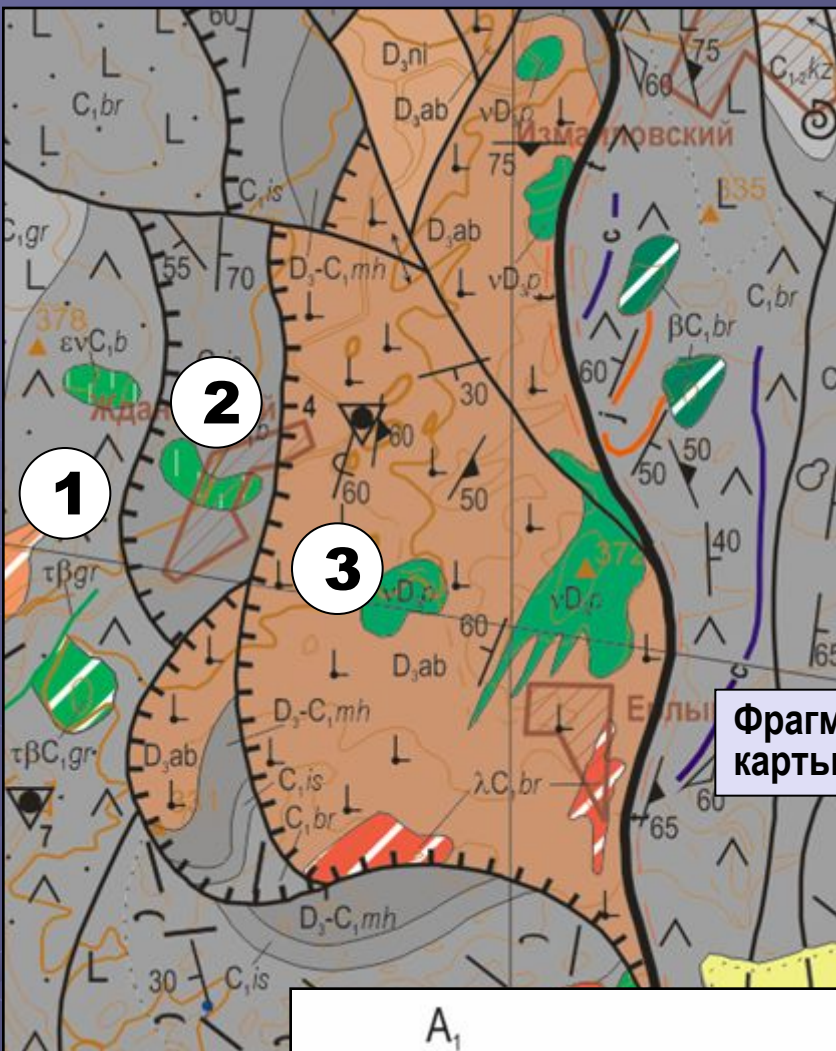


Фрагмент геологической карты Южного Урала

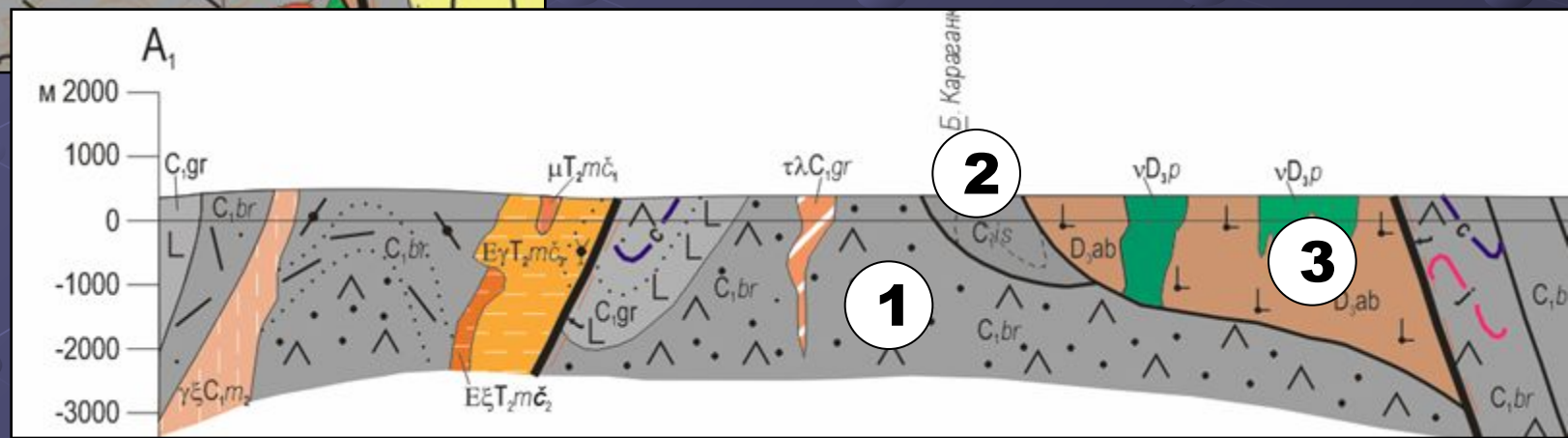
В Успенковском пакете надвигов нижние тектонические пластины сложены известняками среднего карбона (1), на них залегают вулканиты визейского яруса (2), затем – угленосные толщи турнейского яруса нижнего карбона (3), а в ядре синформы – серпентинитовый массив ордовикского возраста (4). Контакты тектонические



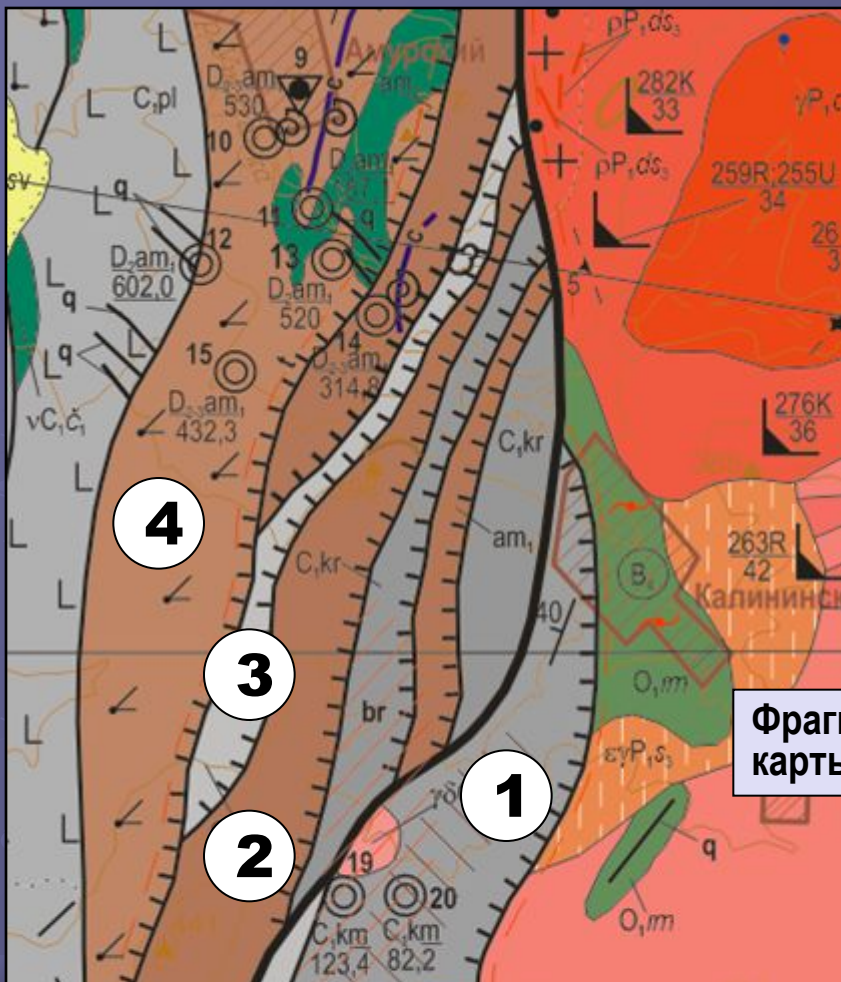
В Ждановском пакете надвигов нижние тектонические пластины сложены вулканитами визейского яруса (1), выше расположены угленосные толщи фамена – турне (2), а верхние пластины представлены абсарокитами франского яруса верхнего девона (3)



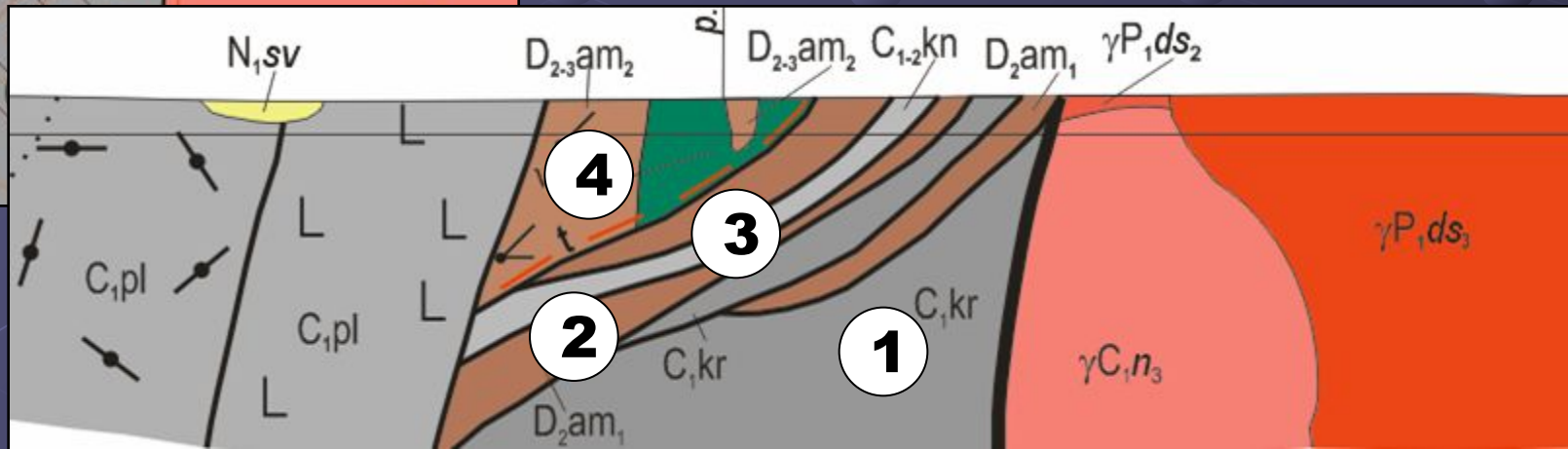
Фрагмент геологической карты Южного Урала



В Амурском пакете надвигов нижние тектонические пластины представлены терригенно-карбонатными породами нижнего карбона (1), а выше чередуются тектонические пластины, сложенные средним девоном (2), средним карбоном (3) и верхним девоном (4)



Фрагмент геологической карты Южного Урала



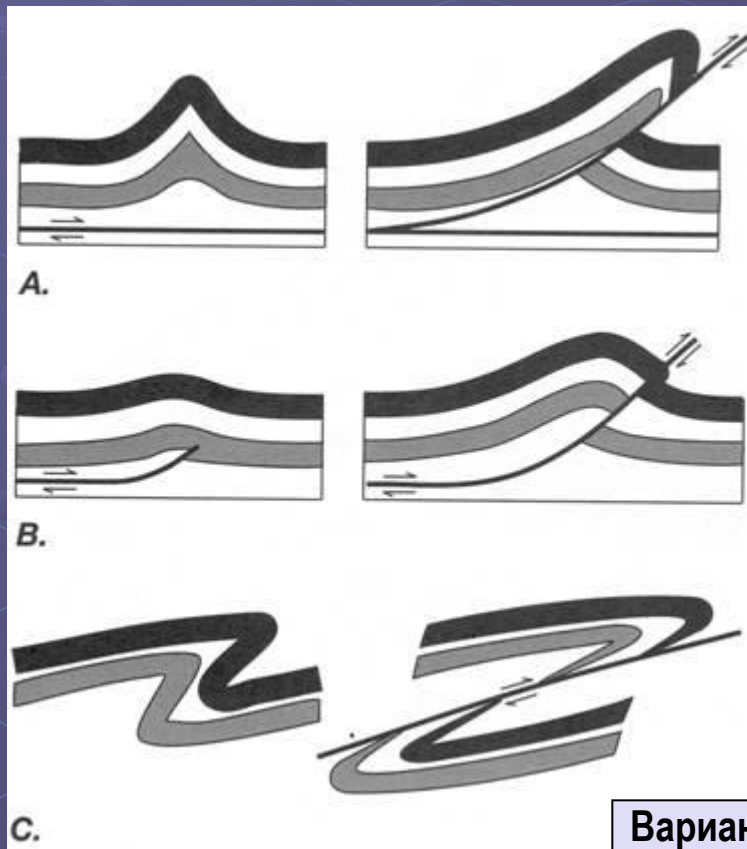


# Разрывы и складки

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)



Принадвиговая складка  
<http://www.uwsp.edu/geo/faculty/ritter/images/...>  
Urubu\_Brazil\_DDS21.jpg

Привзбросовая складка. Южный Урал

В складках, сопряженных со взбросами и надвигами, антиклинали формируются в висячем крыле (аллохтоне), а синклинали "прячутся" под разрыв в лежащем крыле (автохтоне). При этом вергентность складчатого комплекса всегда совпадает с направлением надвигания.





Складки, сопряженные со сдвигами, обычно имеют вертикальные шарниры, чаще всего, это асимметричные складки.

Смещения по разрывам иногда происходят неоднократно, причем их направление может меняться. На первой фазе могут образоваться приразрывные складки, а на второй просто происходит смещение по готовому разрыву.

В разрывах часто локализуются гидротермальные жилы и магматические дайки.



Присдвиговая складка с вертикальным шарниром.  
Южный Урал



Разрыв с повторными смещениями в обратную сторону  
[www.nvcc.edu/home/cbentley/geobl...0\(5\).jpg](http://www.nvcc.edu/home/cbentley/geobl...0(5).jpg)



# Строение зон разломов

Разрывы не всегда (и даже в большинстве случаев) имеют вид одной поверхности, обычно они представляют собой различной мощности зоны, имеющие сложное строение. Разрывы сопровождаются различными структурными элементами (мезоструктурами):

Наиболее распространены:

- зоны рассланцевания;
- зоны дробления (тектонические брекчии, катаклазиты);
- зеркала скольжения;
- зоны истирания (милониты).

## Зоны рассланцевания



**Зона пологого рассланцевания в основании надвига, сложенного серпентинитами. Южный Урал**

Сланцеватость – плоскостная текстура горных пород, образованная планпараллельным расположением пластинчатых или листоватых минералов.



# Тектонические брекчии

Долина Смерти. Калифорния.  
[http://www.portervillecollege.edu/  
richardgoode/.../Breccia202.JPG](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)

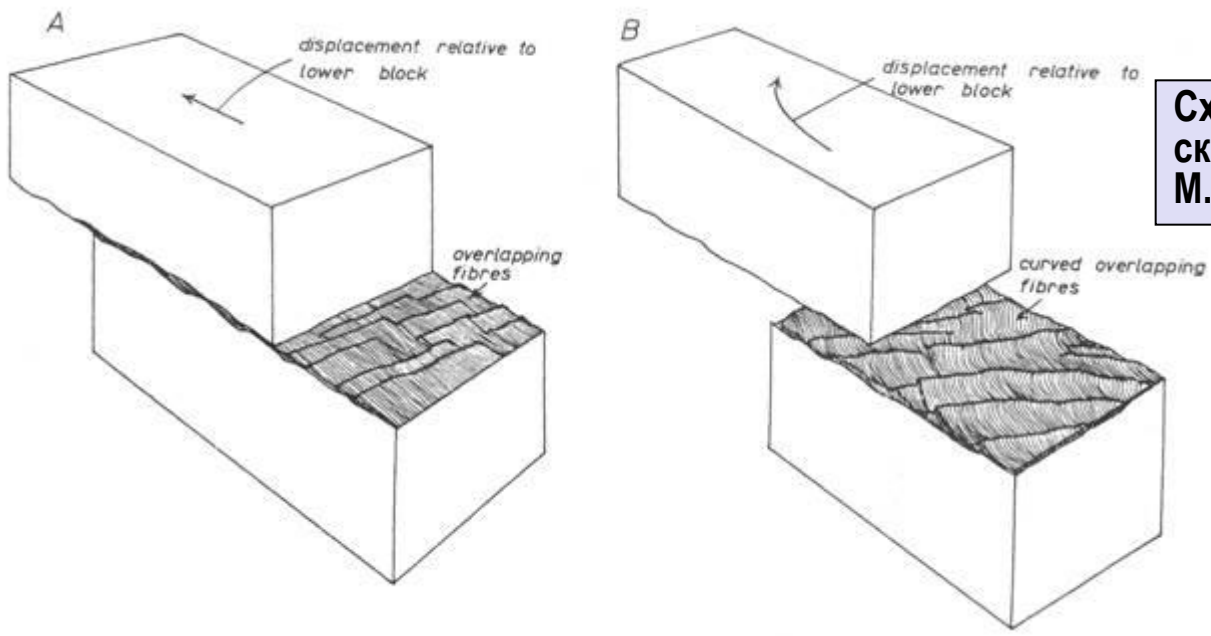




# Зеркала скольжения

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





# Зеркала скольжения

Зеркало скольжения вертикального сдвига, штрихи расположены горизонтально на вертикальном сместителе. Южный Урал



Зеркало скольжения пологого сдвига, штрихи расположены горизонтально на полого залегающем сместителе. Южный Урал



Милониты образуются при фрикционном скольжении по поверхности сместителя, они представлены агрегатом тонкоперетертых зерен (до муки), частично перекристаллизованных. Милониты формируются под давлением и могут проникать в трещины вмещающей породы.

Определять милониты в обнажениях довольно трудно, они похожи то на тонкофлюидалные магматические породы, то на тонколистоватые аргиллиты. Иногда плохо определяются даже под микроскопом. Основной признак милонитов – секущие контакты с вмещающими породами, выклинивания, переходы в поверхность разрыва.



**Смятые в складки милониты по долеритам. Фото Кирмасова**





**Тест № 2**  
На фото – стенка. Определите тип разрывов? Почему одни слои подвернуты в складку, а другие нет?

**Тест № 3**  
На фото – стенка. Определите тип разрывов? К какому типу относятся серии разрывов одного знака и направления падения?





Тест № 4

Определите тип разрыва и направление смещения по зеркалу скольжения.

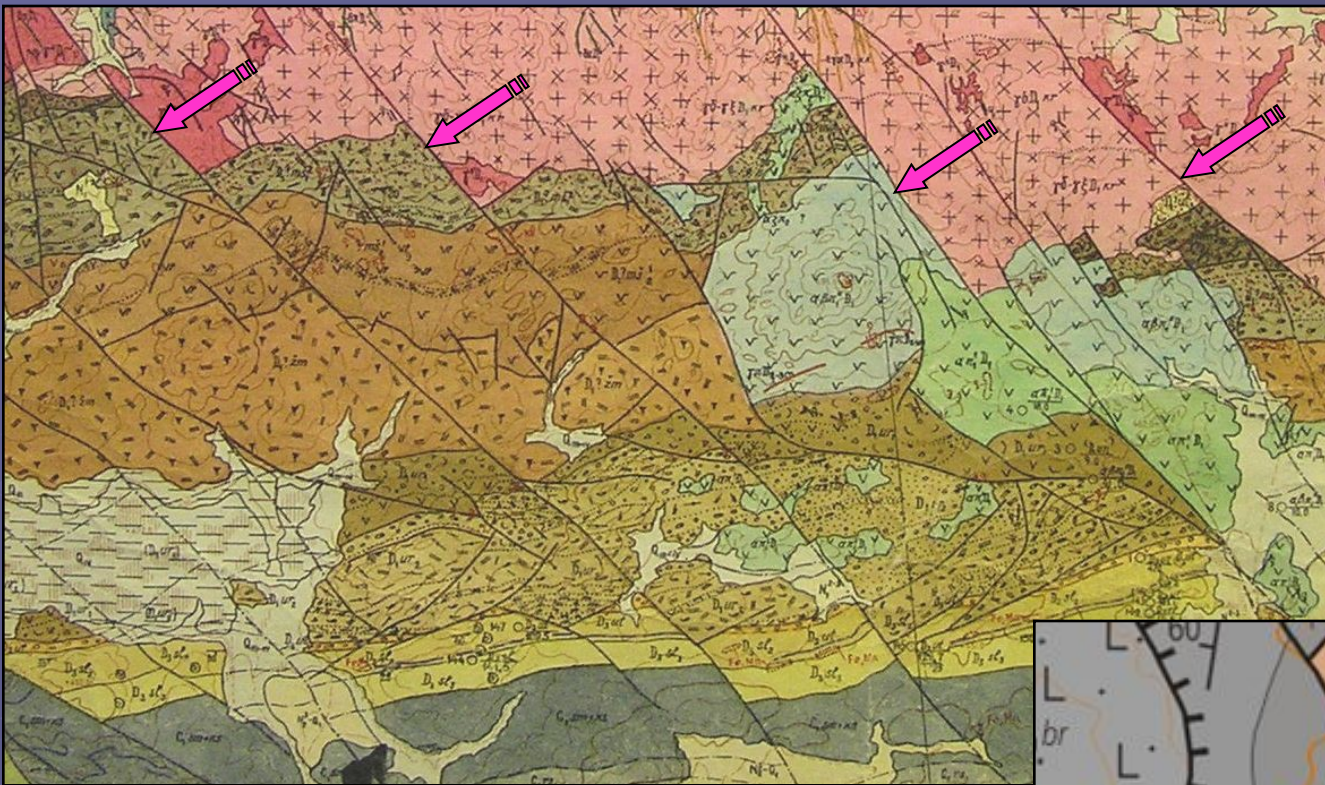


Тест № 5

Определите тип разрыва и направление смещения по зеркалу скольжения.







Тест № 6  
Какое крыло поднято у разрывов, помеченных стрелками?

Тест № 7  
Какое крыло поднято у разрыва, помеченного стрелкой?

