

Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 8

«Разрывные нарушения»

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

fault — **разрыв** [структ. геол]. Поверхность или зона сближенных поверхностей, разделяющая массу горных пород на две части, смещенные одна относительно другой [Толковый словарь английских геологических терминов] .

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

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

Элементы геометрии разрывов

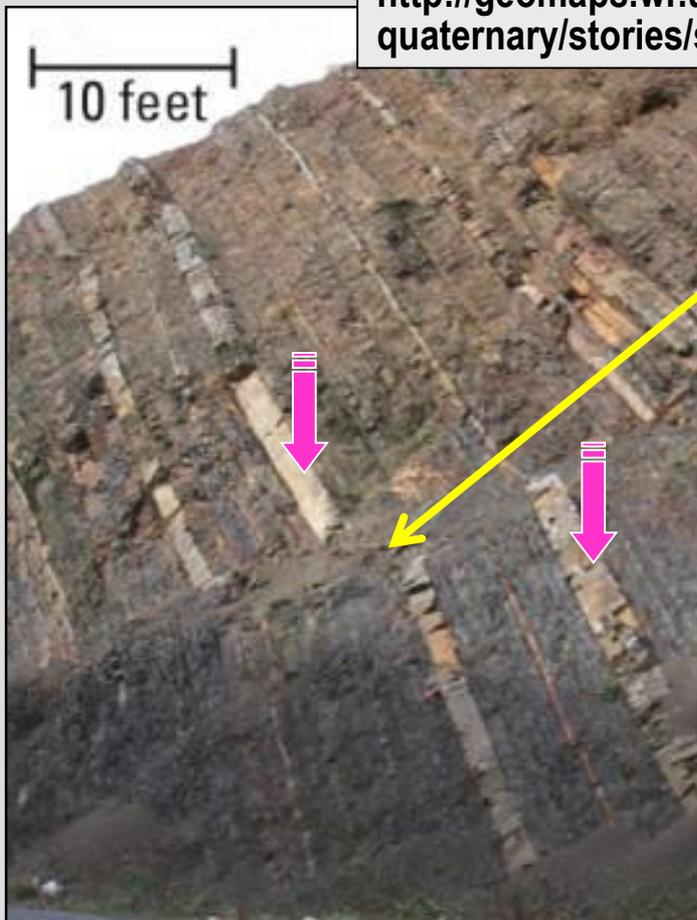
Собственная геометрия разрывов сводится к трем элементам:

- поверхность разрыва, или **сместитель** [*fault surface*];
- два **блока**, или **крыла**, или **бока** [*fault wall*]. Их смещение относительно друг друга определяется по маркерам.

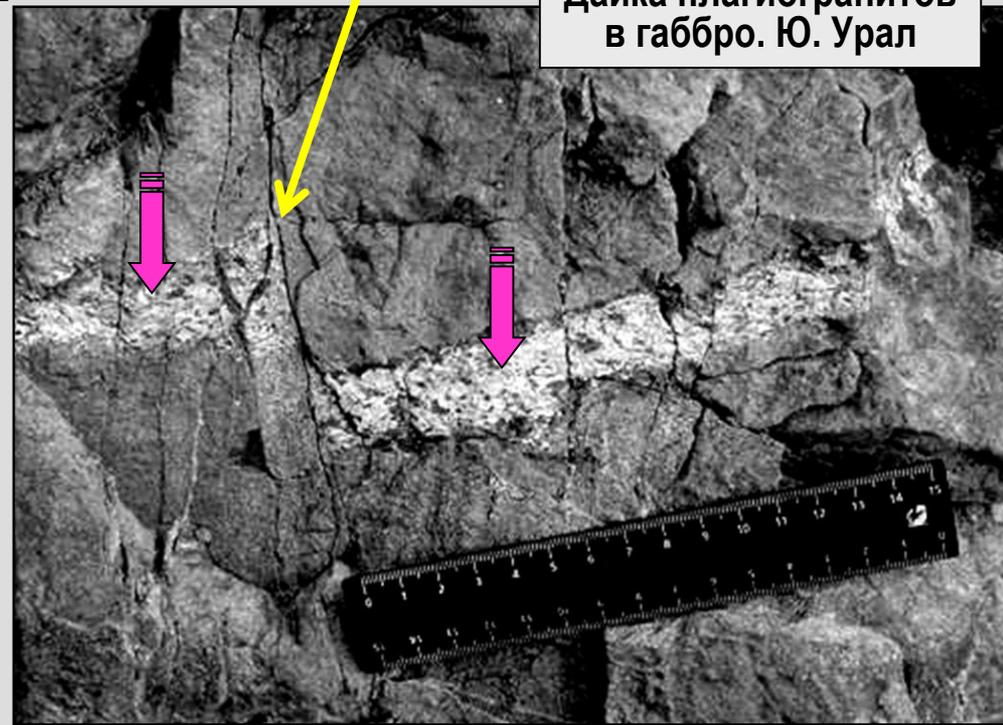
Маркер – любой геологический объект, образовавшийся *до разрыва* и уверенно опознаваемый в обоих его крыльях.



http://geomaps.wr.usgs.gov/sfgeo/quaternary/stories/sanmateo_fault.html



Разрыв



Классификация

крыльев разрыва относительно
наклонного сместителя:

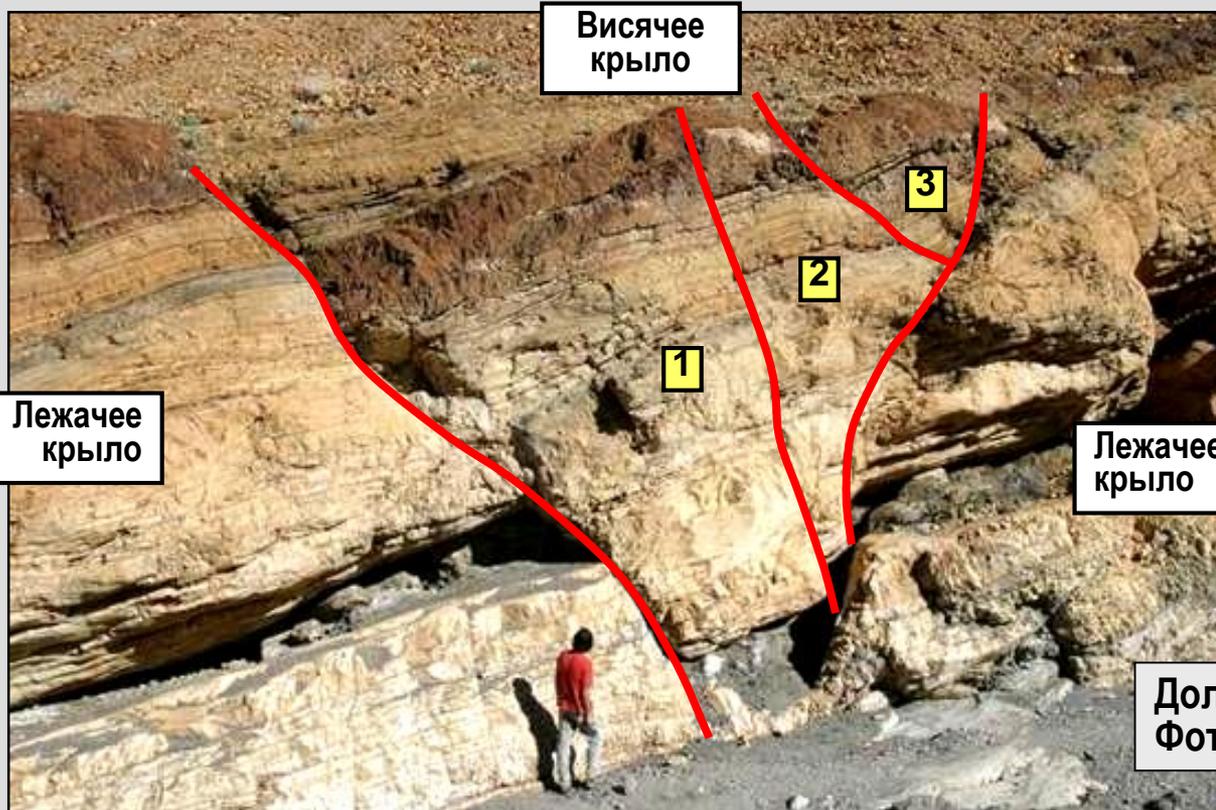
а) блок, расположенный **над сместителем** –
висячее крыло [*hanging wall, hanging side*];

б) блок, расположенный **под сместителем** –
лежащее крыло [*footwall, heading wall*].

NB! Тип крыльев не зависит от направления их относительного смещения!



Рисунок с сайта
the University of Tromsø, Norway



NB! При вертикальном сместителе эта классификация не работает!

Как называются крылья, помеченные цифрами 1, 2, 3?

Долина Смерти. Калифорния.
Фото Марли Б. Миллер

NB!

Мнемоническое правило:
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

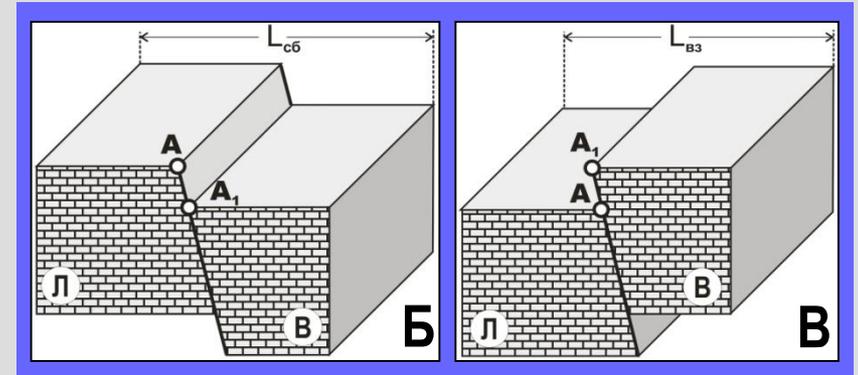
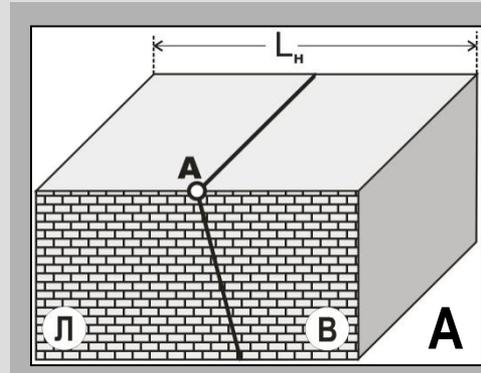
[http://www.minimegeology.com/s
hop/wpimages/Fault_photo.jpg](http://www.minimegeology.com/s
hop/wpimages/Fault_photo.jpg)

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

Морфологические классификации разрывов

Классификация разрывов с крутым ($90^\circ > \alpha > 45^\circ$) сместителем по относительному смещению крыльев

А – условный блок с ненарушенным залеганием слоев.



Б – сброс [*normal fault*] – **висячее крыло опущено** относительно лежащего,

блок испытывает **удлинение** поперек разрыва (крылья разъезжаются) – **обстановка растяжения**.

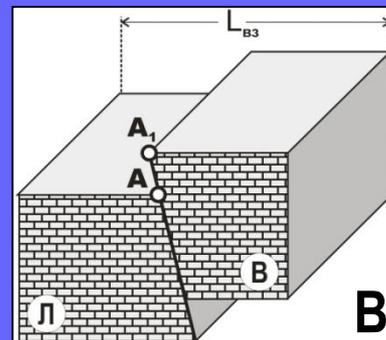
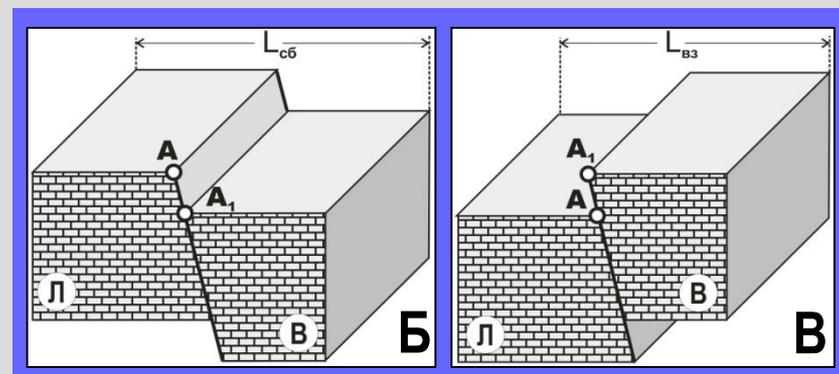
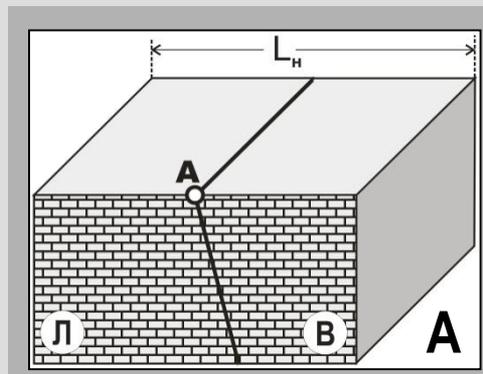
В – взброс [*reverse fault*] – **висячее крыло поднято** относительно лежащего,

блок **А** испытывает **укорочение** поперек разрыва (крылья съезжаются) – **обстановка сжатия**.

Морфологические классификации разрывов

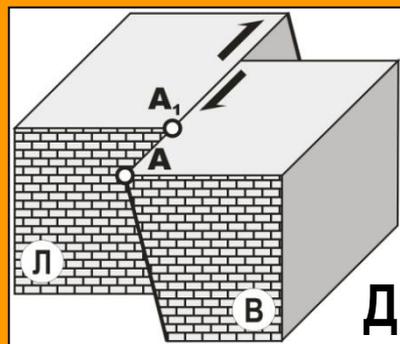
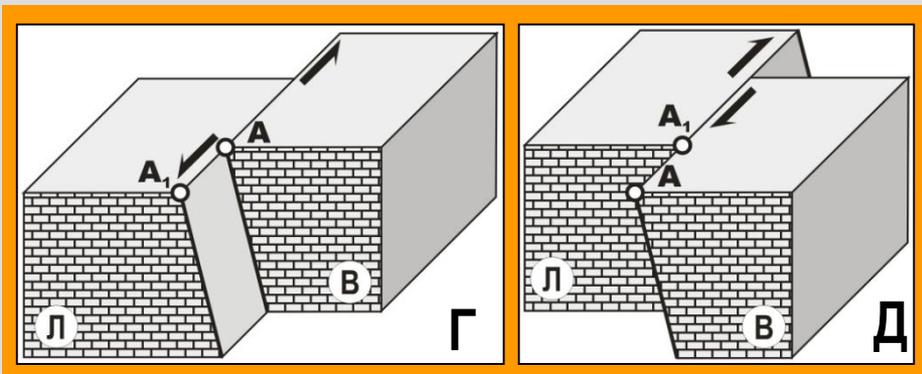
Классификация разрывов с крутым ($90^\circ > \alpha > 45^\circ$) сместителем по относительному смещению крыльев

А – условный блок с ненарушенным залеганием слоев.



Б – сброс [*normal fault*] – **висячее крыло опущено** относительно лежащего, блок испытывает **удлинение** поперек разрыва (крылья разъезжаются) – **обстановка растяжения**.

В – взброс [*reverse fault*] – **висячее крыло поднято** относительно лежащего, блок **А** испытывает **укорочение** поперек разрыва (крылья съезжаются) – **обстановка сжатия**.



Г, Д – сдвиг [*strike-slip fault*] – **оба крыла** находятся на **одном гипсометрическом уровне**, но смещены по простиранию разрыва.

Левый сдвиг СЗ простирания
(маркер – кварцевая жила).
Южный Урал



Классификация сдвигов

Для классификации сдвигов вводится понятие **наблюдателя**.
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **влево от наблюдателя**, сдвиг – **левый** [*left-lateral fault, sinistral fault*].
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – **правый** [*right-lateral fault, dextral fault*].

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



Левый сдвиг СЗ простирания
(маркер – кварцевая жила).
Южный Урал



Классификация сдвигов

Для классификации сдвигов вводится понятие **наблюдателя**.
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **влево от наблюдателя**, сдвиг – **левый** [*left-lateral fault, sinistral fault*].
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – **правый** [*right-lateral fault, dextral fault*].



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

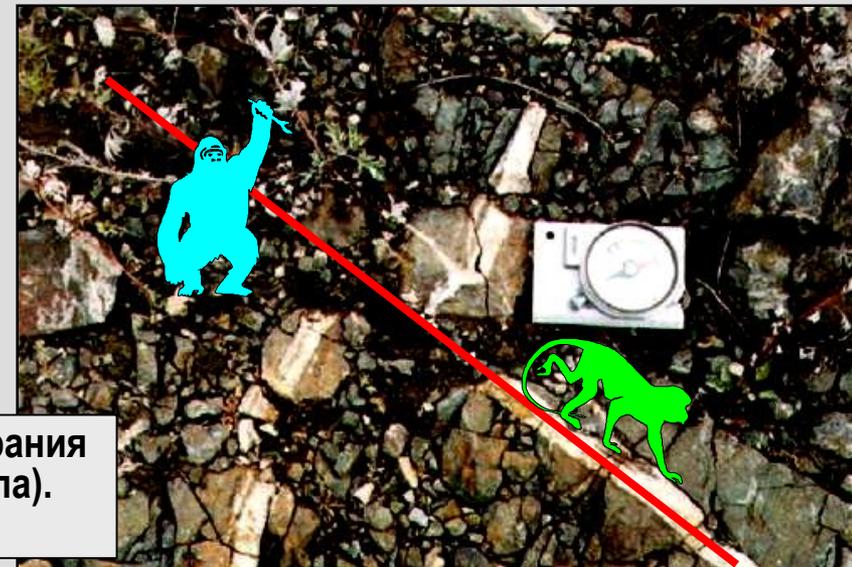
Левый сдвиг СЗ простирания
(маркер – кварцевая жила).
Южный Урал



Классификация сдвигов

Для классификации сдвигов вводится понятие **наблюдателя**.
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **влево от наблюдателя**, сдвиг – **левый** [*left-lateral fault, sinistral fault*].
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – **правый** [*right-lateral fault, dextral fault*].

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

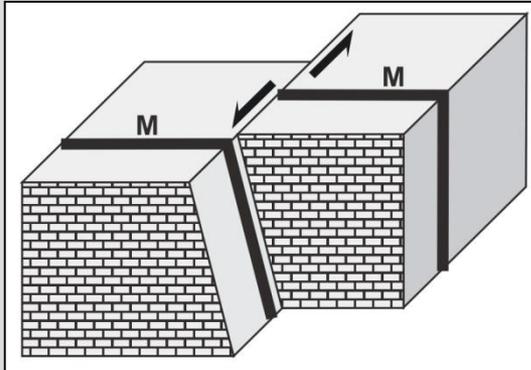


Левый сдвиг СЗ простирания
(маркер – кварцевая жила).
Южный Урал



Классификация сдвигов

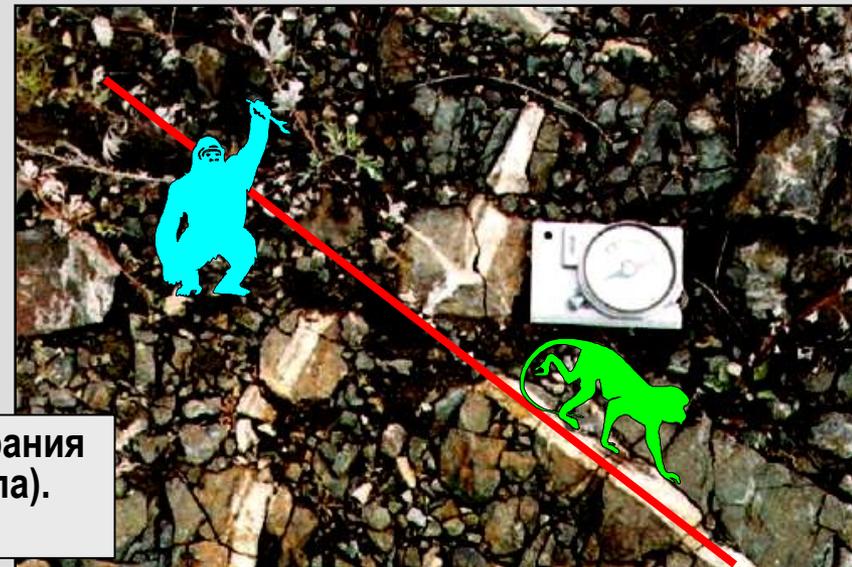
Для классификации сдвигов вводится понятие **наблюдателя**.
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **влево от наблюдателя**, сдвиг – **левый** [*left-lateral fault, sinistral fault*].
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – **правый** [*right-lateral fault, dextral fault*].



NB!
Сдвиги достоверно
диагностируются
только по
вертикальным
маркерам!

NB!
Без представления о кинематике
разрыва определение его типа по
геологической карте в большинстве
случаев невозможно!

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



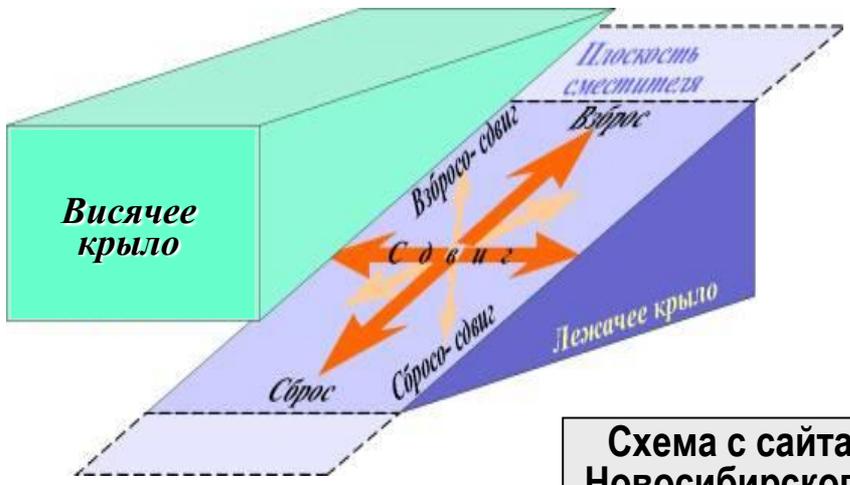
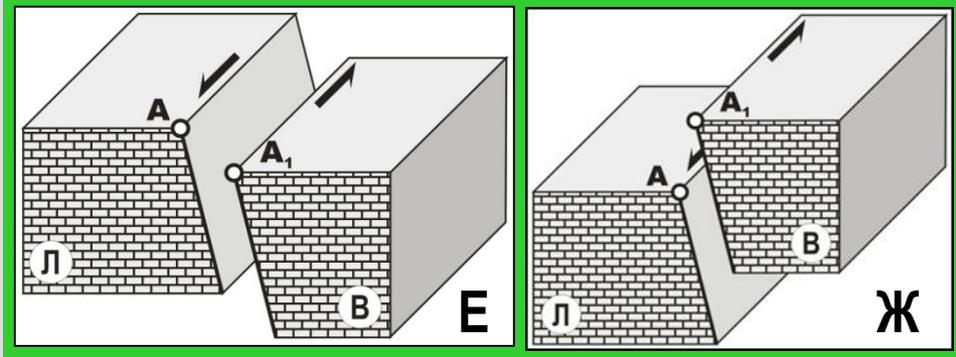


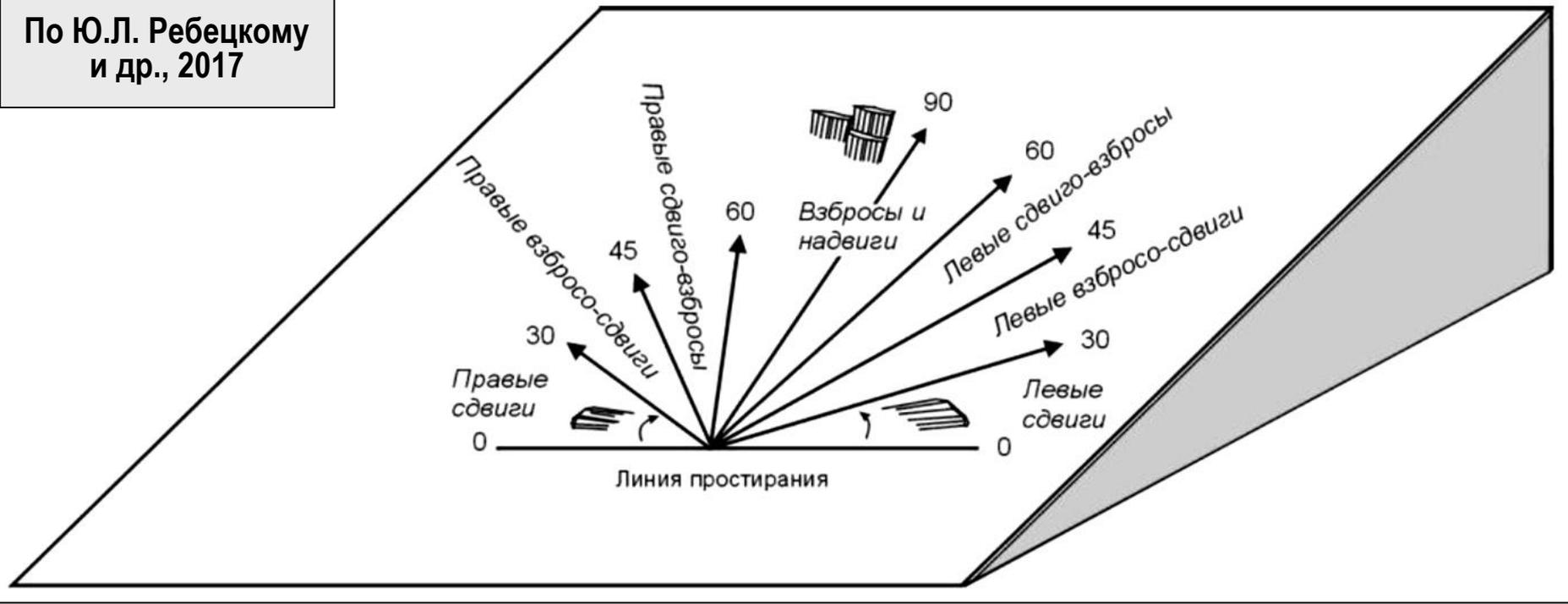
Схема с сайта Новосибирского университета

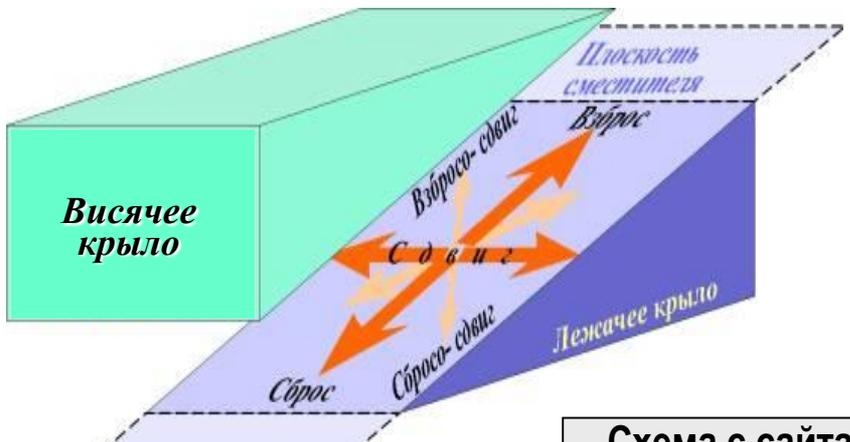


Комбинированные разрывы:
Е – сбросо-сдвиг; Ж – взбросо-сдвиг.

NB! Компоненту с большей амплитудой пишут в конце!

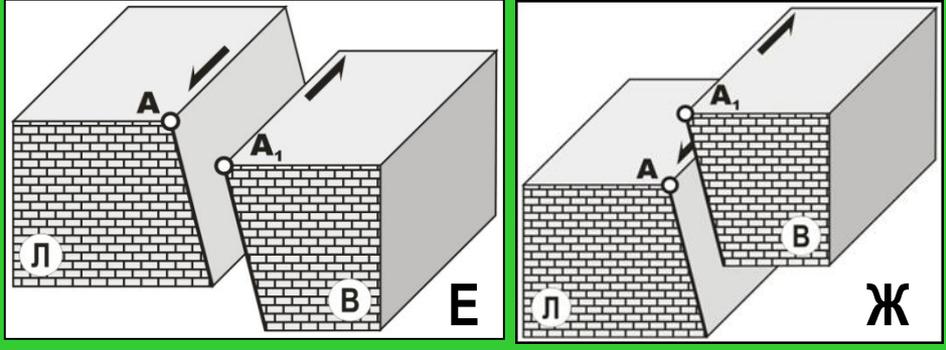
По Ю.Л. Ребецкому и др., 2017





Найдите на картинке две неточности

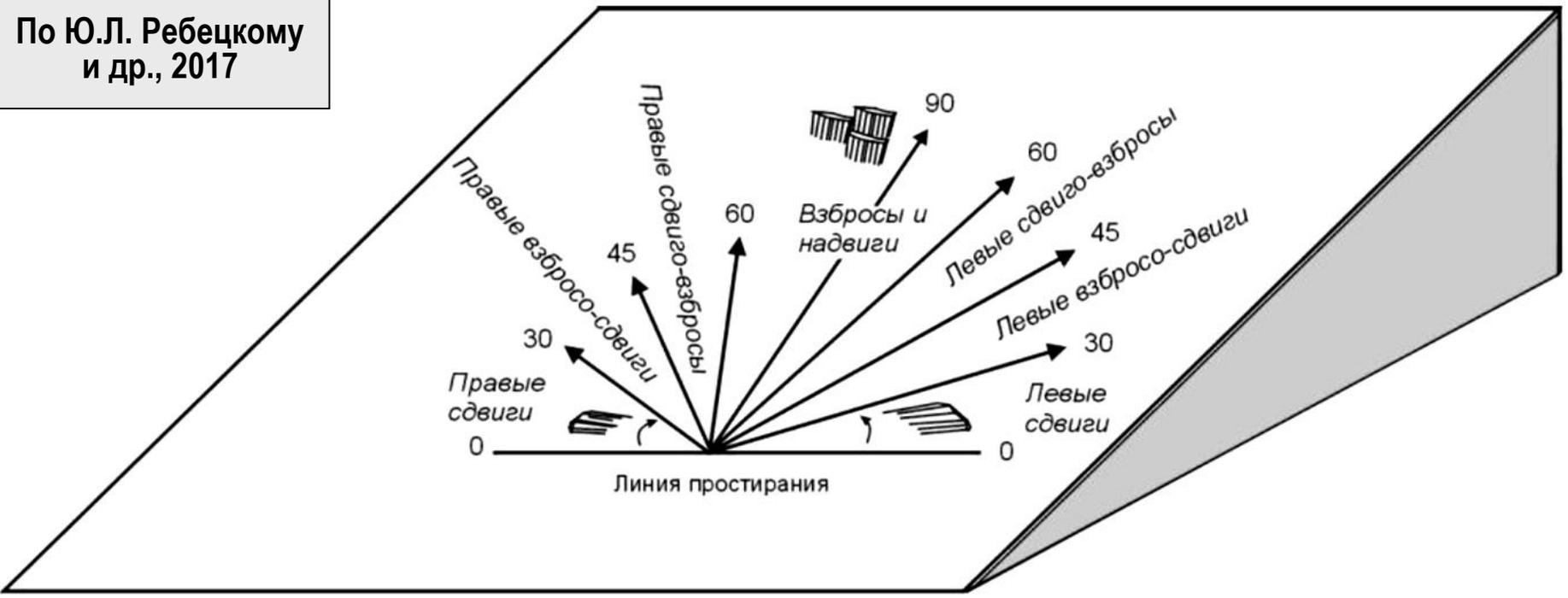
Схема с сайта Новосибирского университета



Комбинированные разрывы:
 E – сбросо-сдвиг; Ж – взбросо-сдвиг.

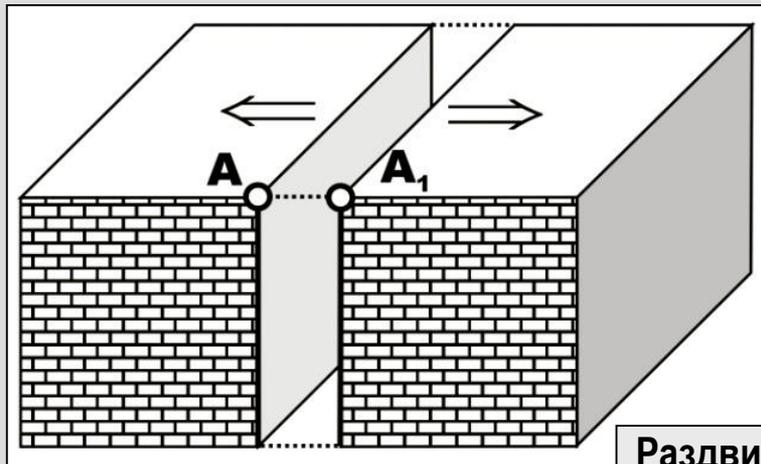
NB! Компоненту с большей амплитудой пишут в конце!

По Ю.Л. Ребецкому и др., 2017

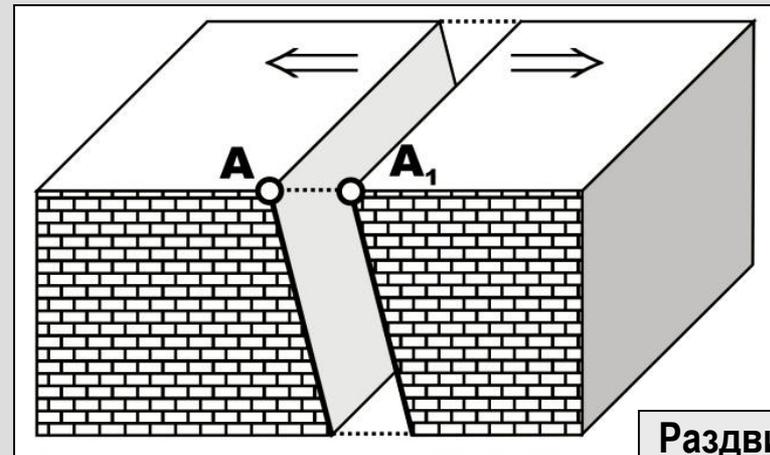


Классификация разрывов с вертикальным сместителем:

- **сброс (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) – **обстановка растяжения**.

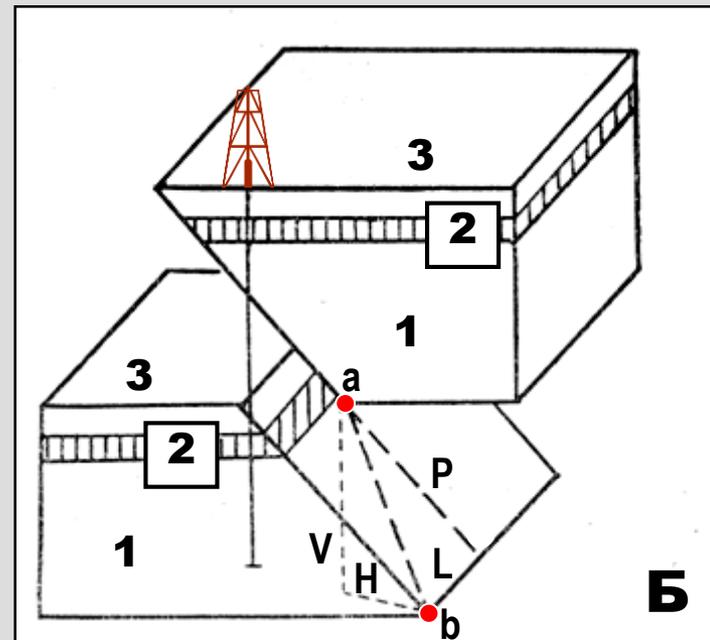
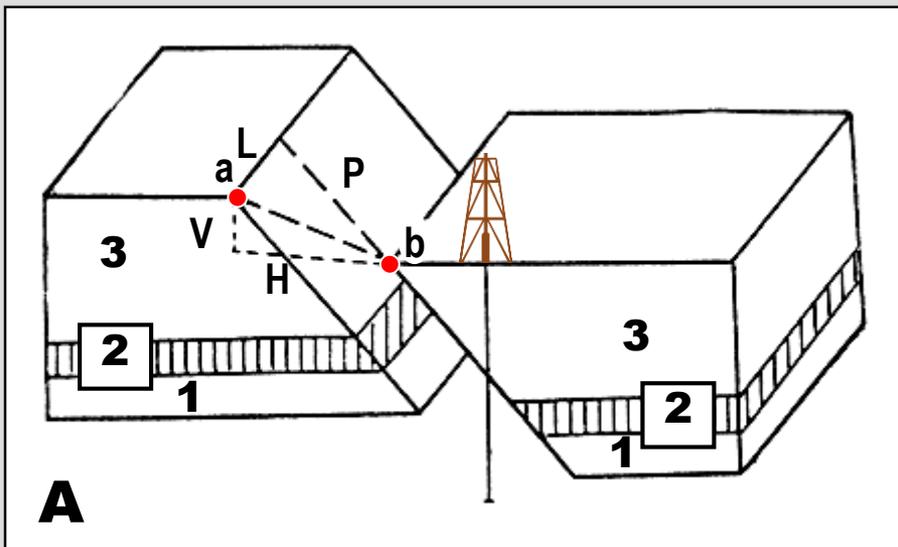


Раздвиг с вертикальным сместителем



Раздвиг с наклонным сместителем

Геометрия сдвиго-сбросов и сдвиго-взбросов



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 – сдвиго-сброс. Скважина, пробуренная через сдвиго-сброс в области зияния, не встретит пласта "2"

Б – сдвиго-взброс. Скважина, пробуренная через сдвиго-взброс в области перекрытия, пласт "2" встретит дважды

Морфологическая классификация разрывов с пологим ($< 45^\circ$) сместителем по относительному смещению крыльев

Надвиг [*thrust fault*] – пологий взброс. При небольших углах наклона надвига теряет смысл представление о поднятом и опущенном крыльях. Различают **автохтон** [*autochthon*] (лежащее крыло) и **аллохтон** [*allochthon*] (висячее крыло). *Условия сжатия!*

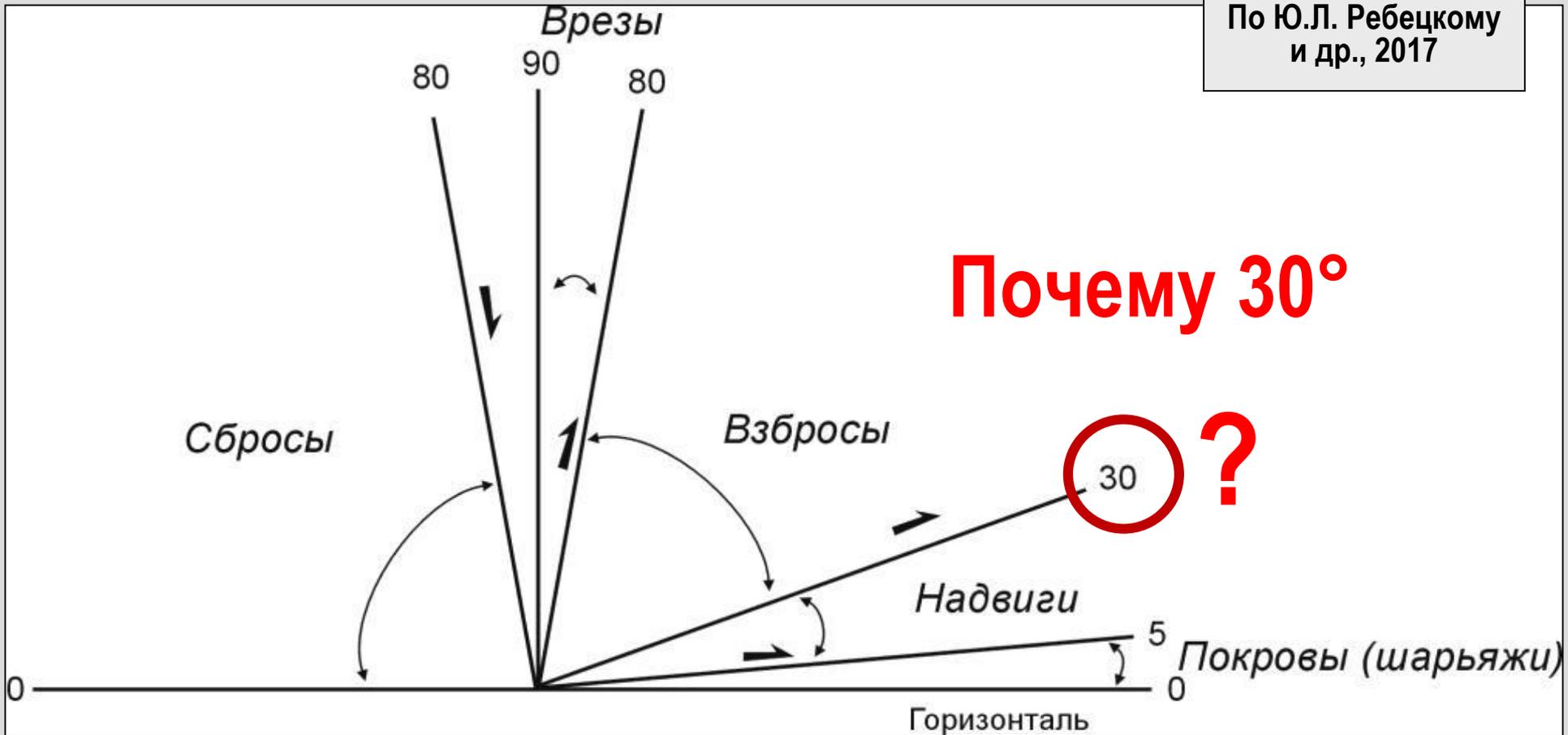
Шарьяж [*overthrust fault*] – крупный пологий надвиг с волнообразным сместителем. **Окно** [*window, fenster*] – изолированный выход автохтона внутри аллохтона, **останец**, или **клипп** – [*klippe*] – изолированный участок аллохтона внутри автохтона.

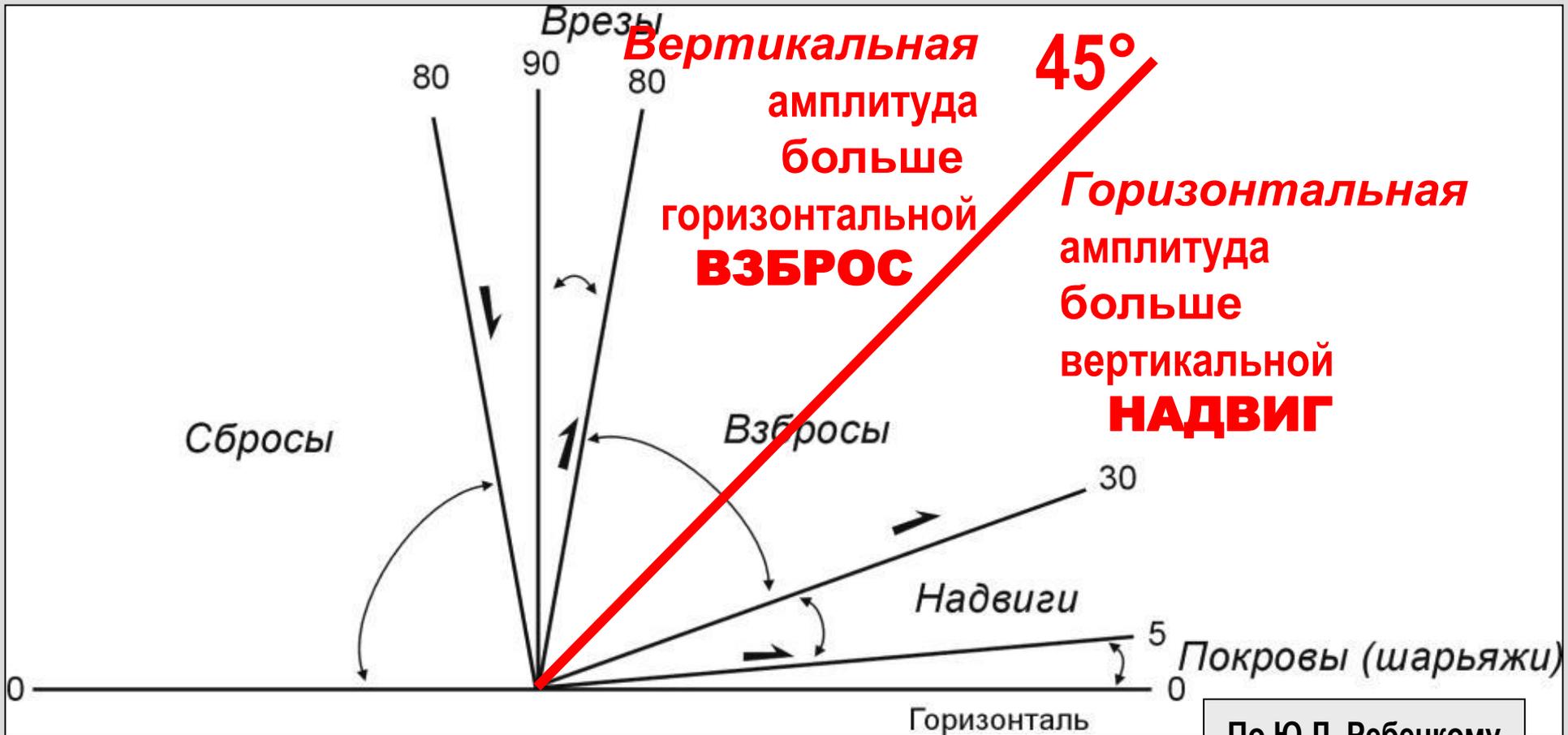


Пологий сброс – сброс с пологим сместителем. *Условия растяжения!*

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

По Ю.Л. Ребецкому
и др., 2017





По Ю.Л. Ребецкому
и др., 2017

Примеры надвигов



Верхняя юра, надвинутая на альб.
Турция. Фото А.М. Никишина

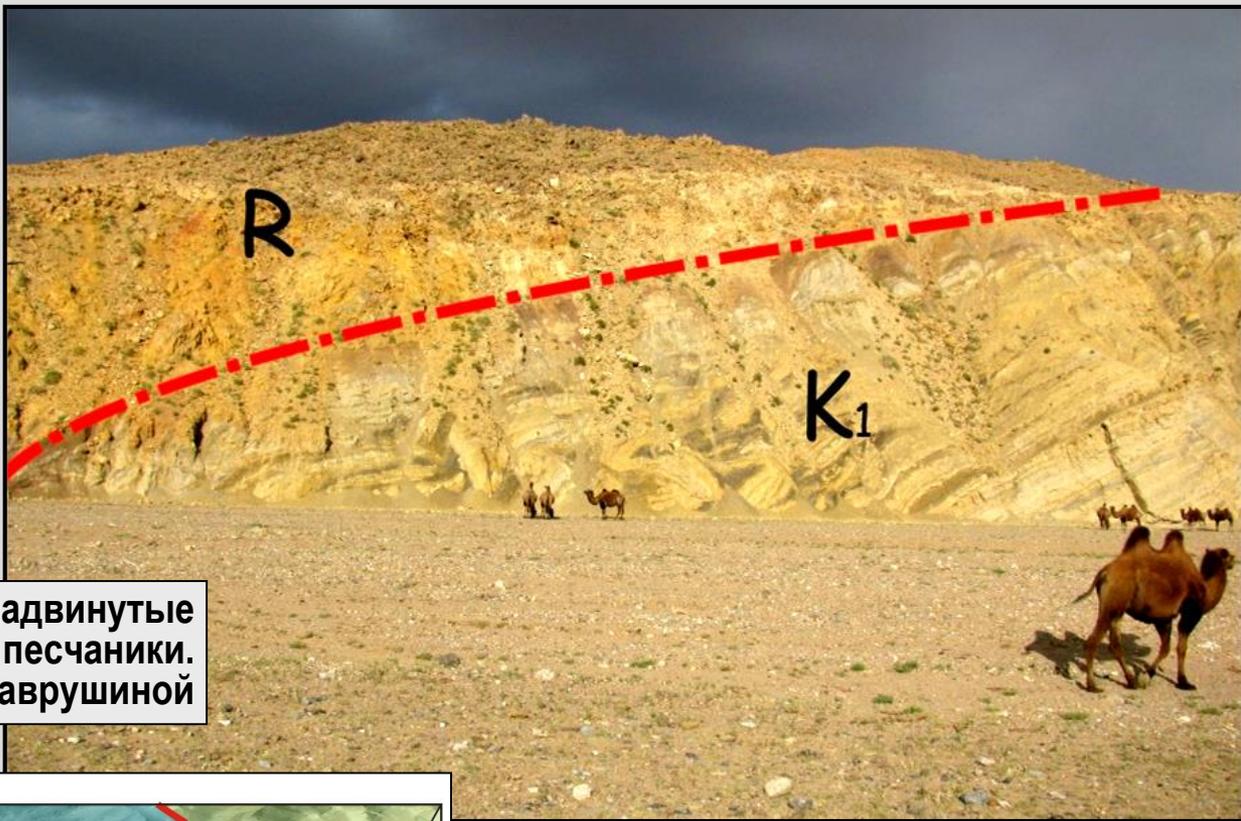


Верхняя юра, надвинутая на мел.
Турция. Фото А.М. Никишина

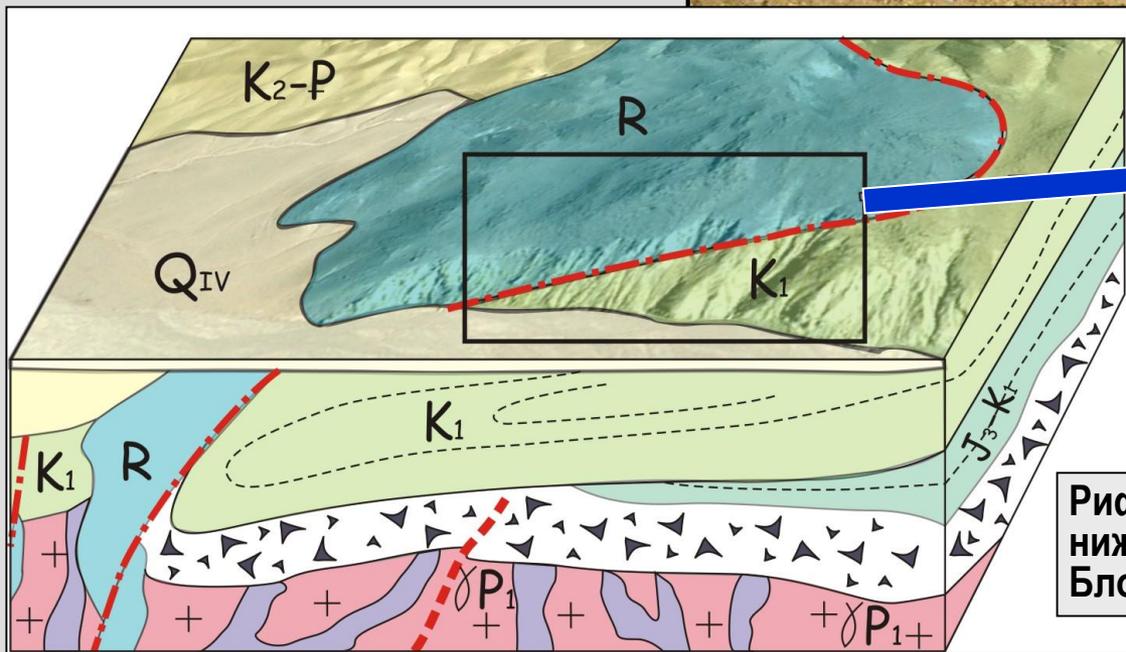


Верхняя юра, надвинутая на сантон.
Турция. Фото А.М. Никишина

Примеры надвигов

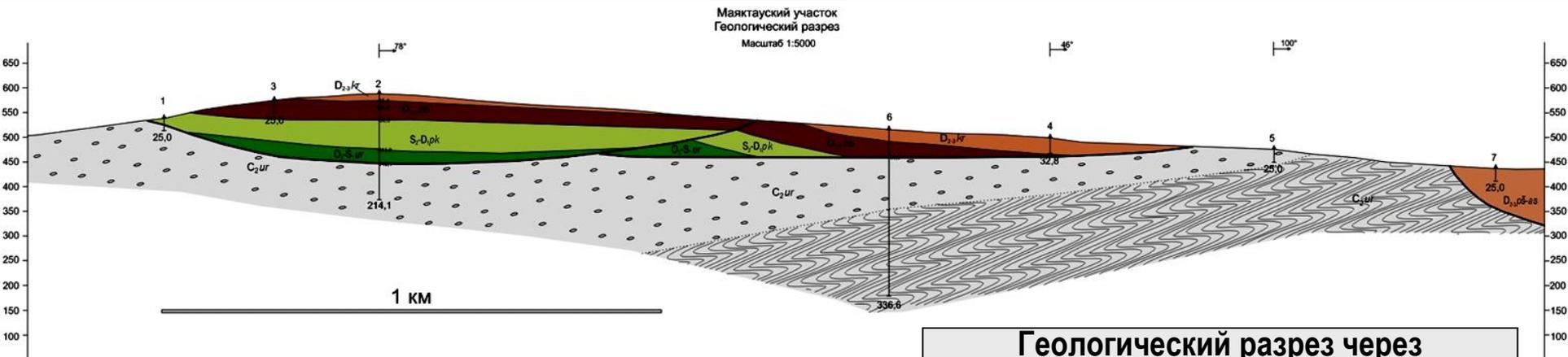


Рифейские мраморы, надвинутые
на нижнемеловые песчаники.
Монголия. Фото Е.В. Лаврушиной

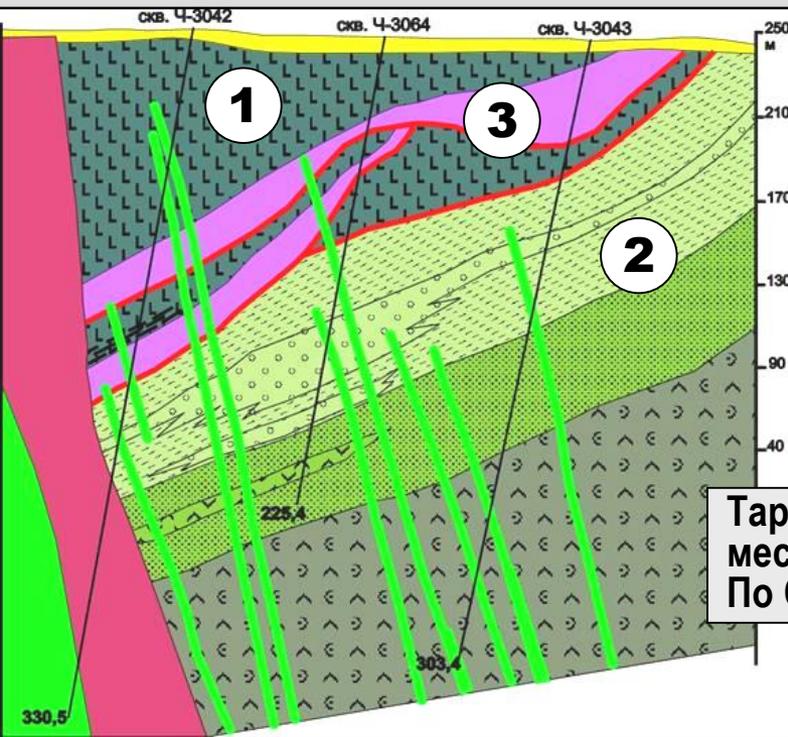


Рифейские мраморы, надвинутые на
нижнемеловые песчаники. Монголия.
Блок-схема Е.В. Лаврушиной

Примеры шарьяжей



Геологический разрез через
Маяктауский аллохтон. Южный Урал.
По В.М. Мосейчуку, 2012



Тарутинский надвиг: ордовикские
базальты (**1**) надвинуты на
терригенный силур (**2**).
В основании аллохтона расположена
пластина серпентинитов (**3**).

Тарутинское медно-порфировое
месторождение. Южный Урал.
По С.Г. Черкашину и В.В. Бабкину.

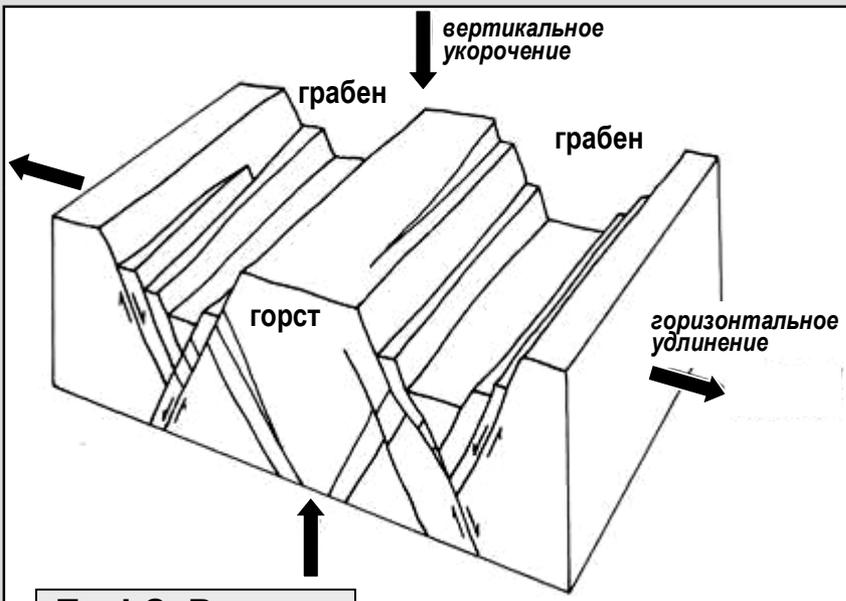
Простейшие структуры, ограниченные разрывами

Структуры зон растяжения:

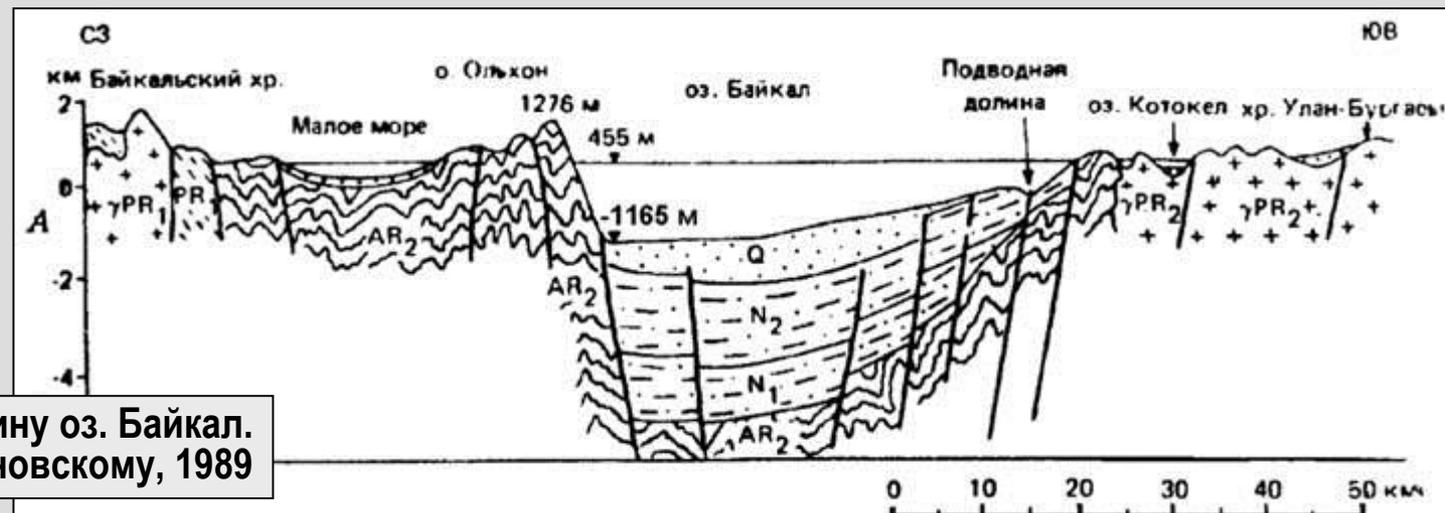
а) **грабен** [*graben*] – симметричная отрицательная структура, ограниченная сопряженной парой **сходящихся сбросов**,

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

в) **полуграбен** [*half graben*] – асимметричная отрицательная структура, ограниченная **одним крупным сбросом**, другое крыло полуграбена представляет собой моноклираль или флексуру



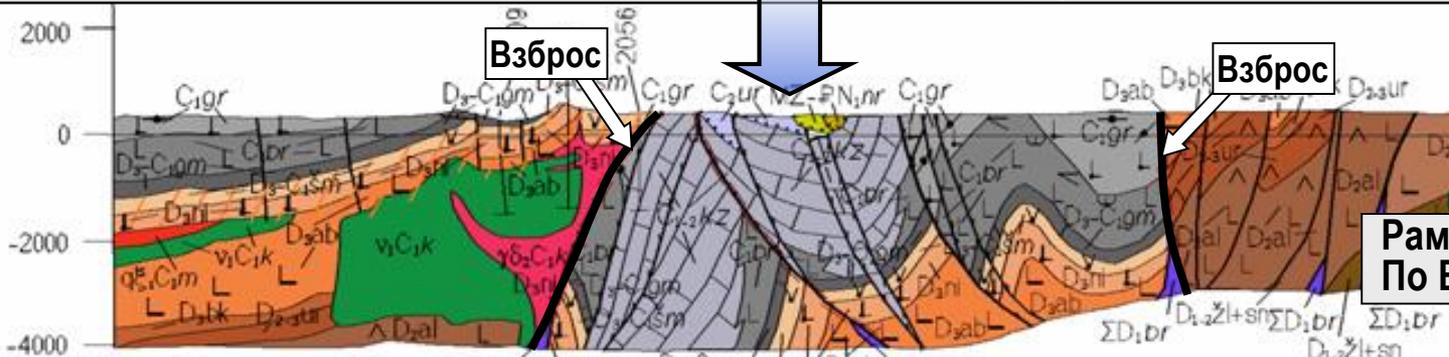
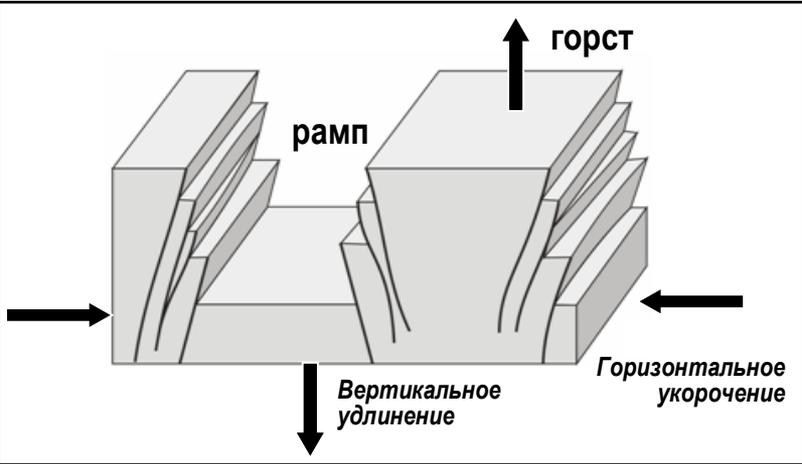
По J.G. Ramsay,
M.I. Huber, 1983



Разрез через впадину оз. Байкал.
По Е.Е. Милановскому, 1989

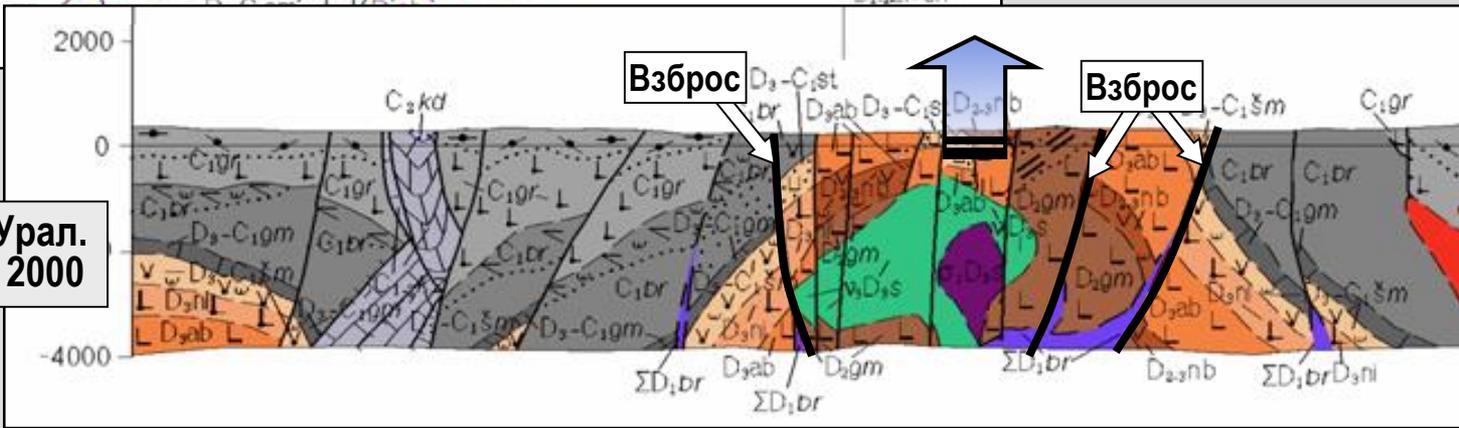
Структуры зон сжатия:

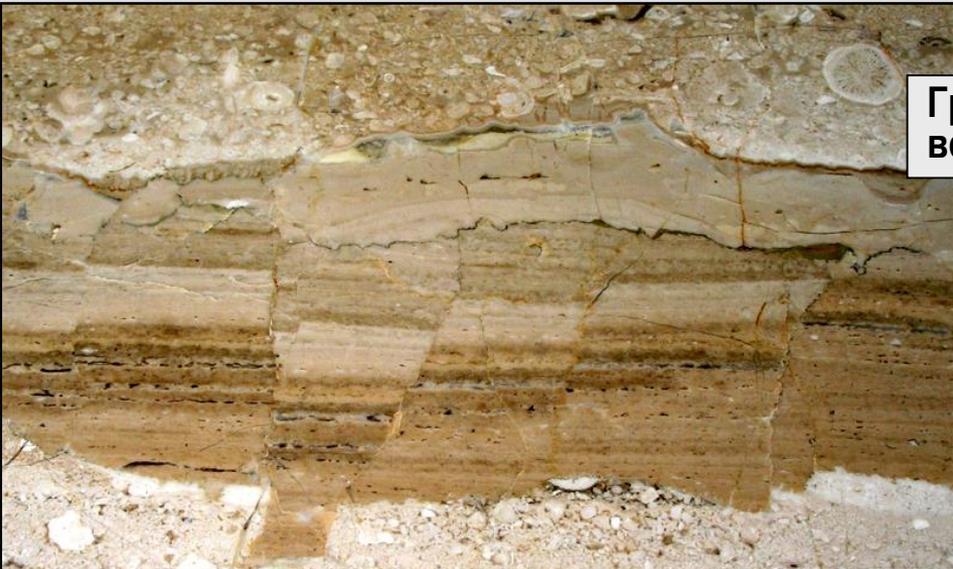
- а) **рамп** [*ramp*] – симметричная отрицательная структура, ограниченная сопряженной парой **расходящихся взбросов** или **надвигов**,
- б) **горст** – симметричная положительная структура, ограниченная сопряженной парой **сходящихся взбросов**,
- в) **полурамп** [*ramp*] – асимметричная отрицательная структура, ограниченная **одним крупным взбросом** или **надвигом**



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

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



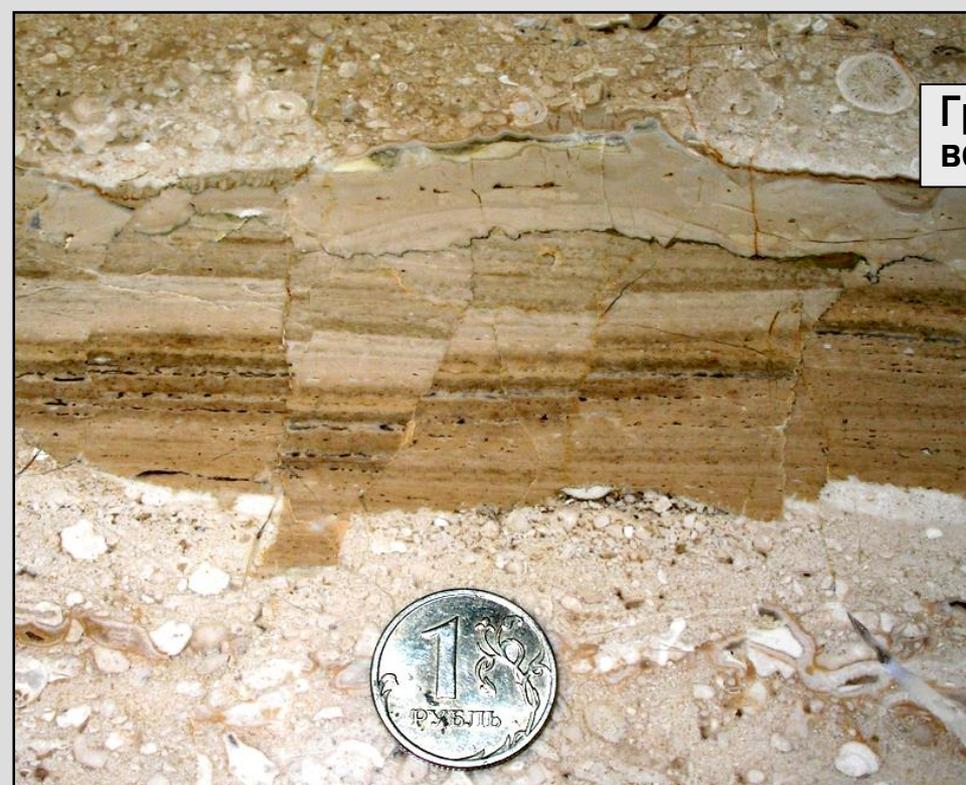


Грабен и система
встречных сбросов



Горст и грабен,
ограниченные сбросами

Где такое можно
сфотографировать?



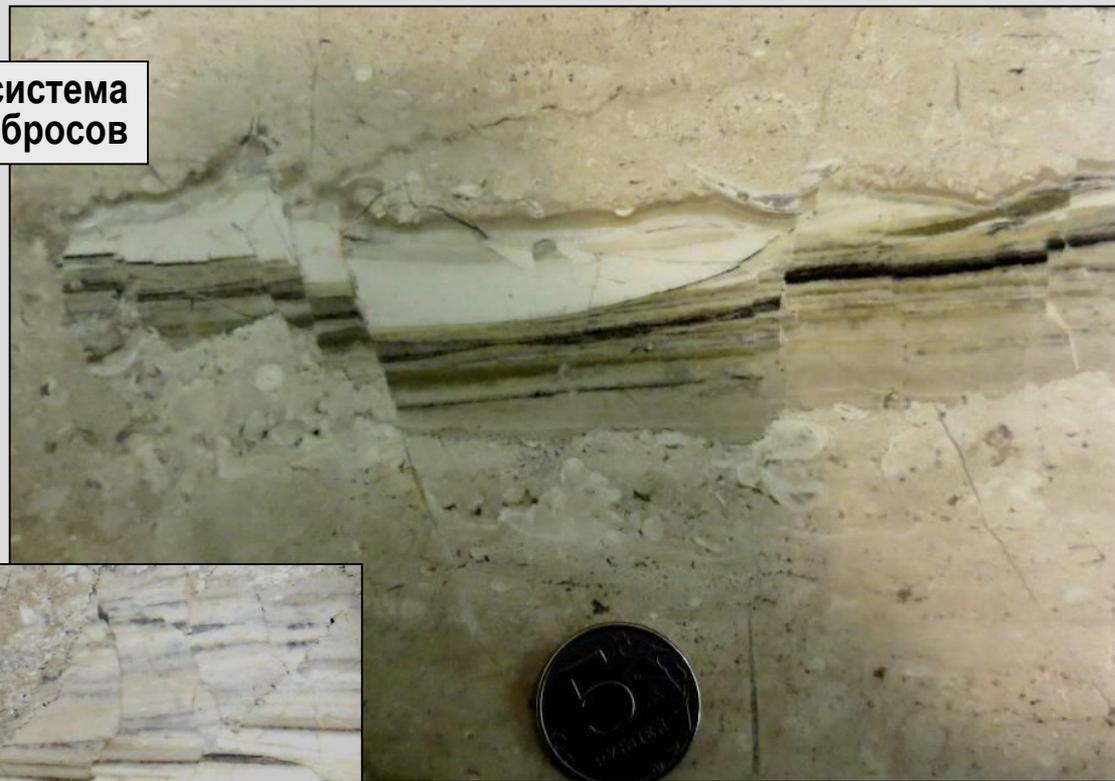
**Грабен и система
встречных сбросов**

**Мраморная облицовка
столешницы
в гардеробе Музея
частных коллекций
(ГМИИ им. А.С. Пушкина)**



**Горст и грабен,
ограниченные сбросами**

**Грабен и система
встречных сбросов**



Серия сбросов

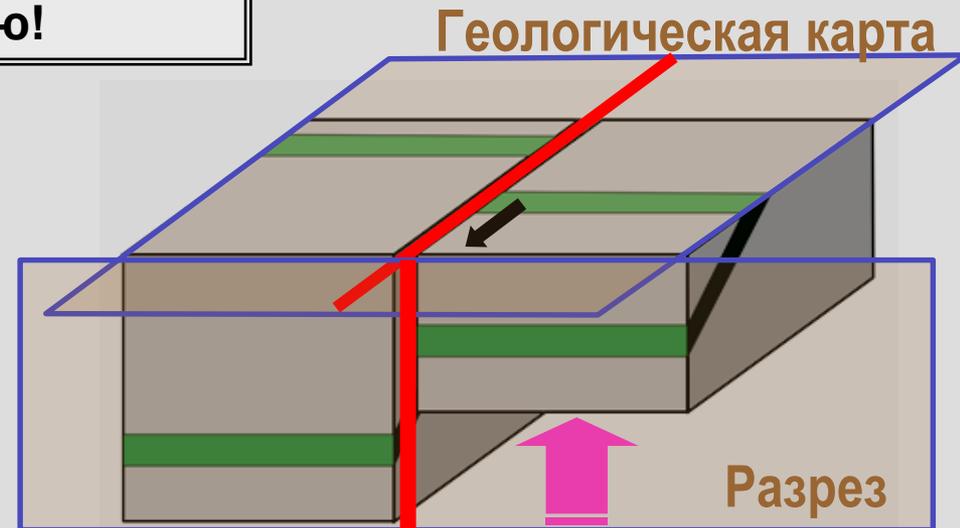
Разрывы на геологической карте

Фрагмент геологической карты Южного Урала

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

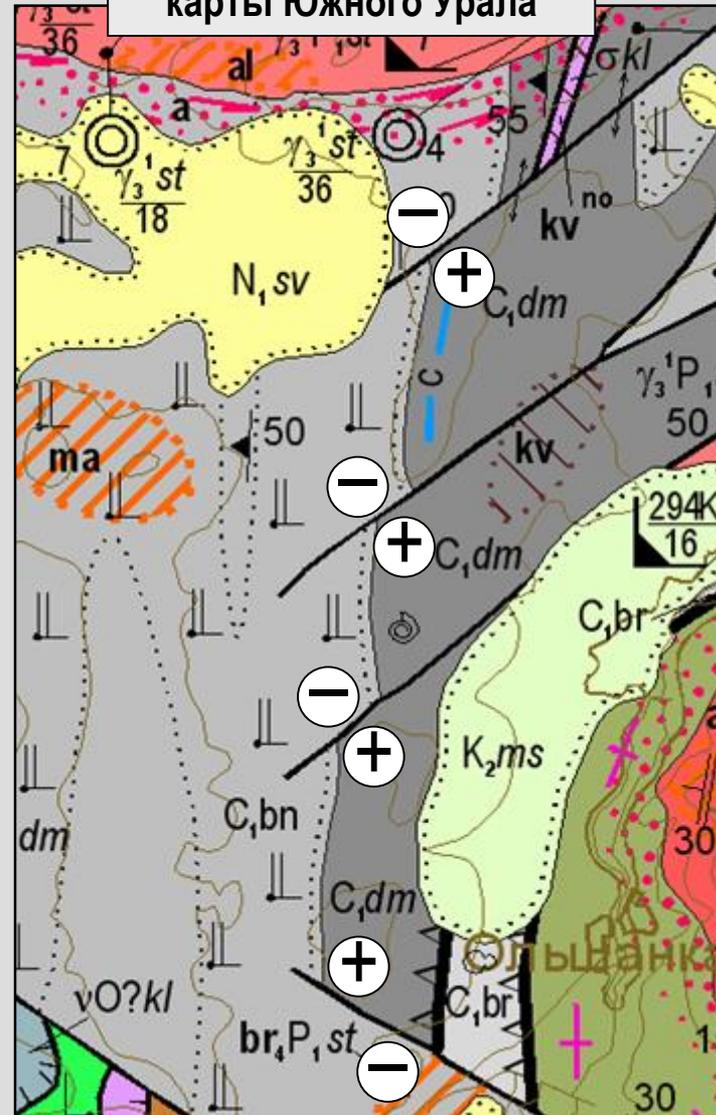
Правило 5П:

Поднятый
Пласт (маркер!)
Перемещается
По
Падению!



ВВ!

Правило 5П для определения поднятого крыла работает *только для сбросов и взбросов!*



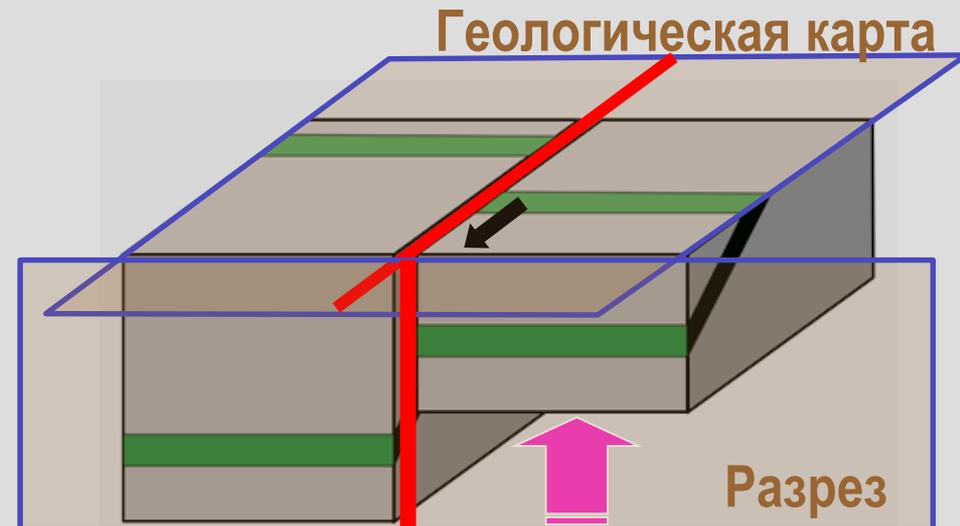
Разрывы на геологической карте

Фрагмент геологической карты Южного Урала

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

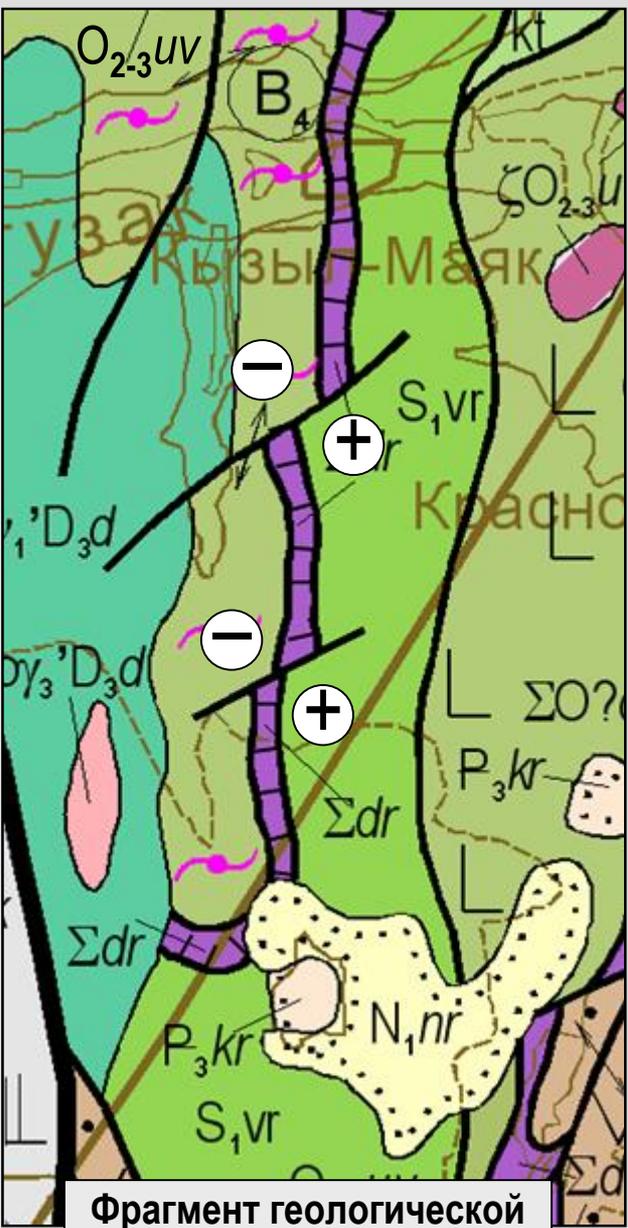
NB!
Геометрически эта система **инвариантна!**

NB!
Правило 5П для определения поднятого крыла работает **только для сбросов и взбросов!**



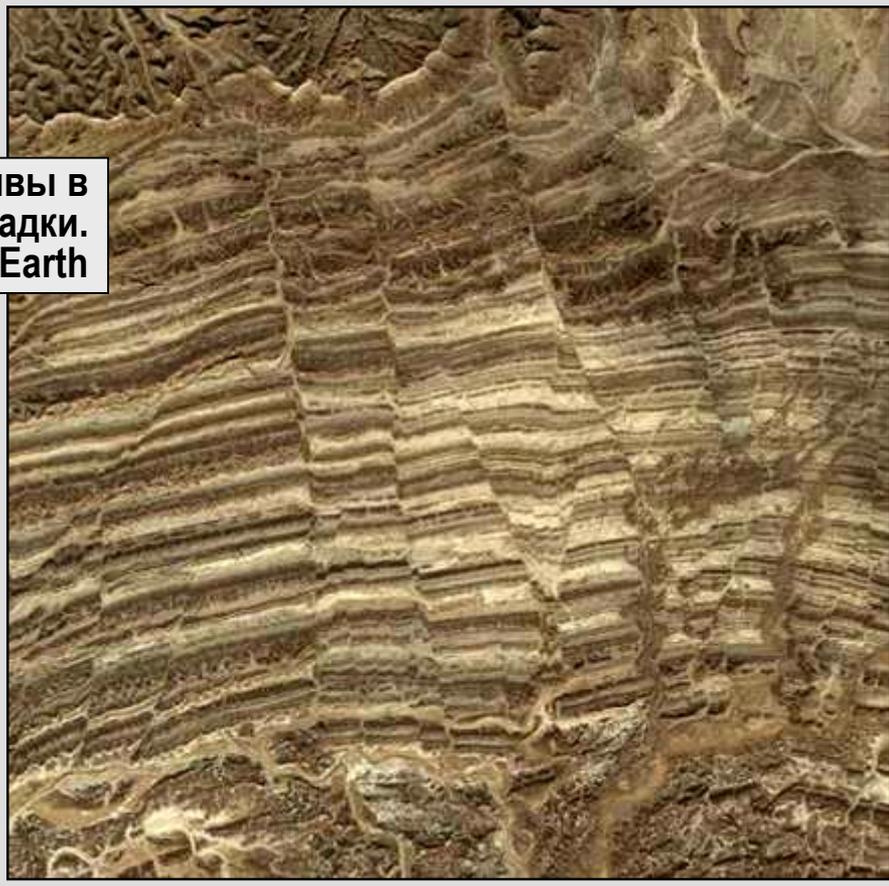
NB!
Сдвиг на разрезе будет выглядеть как сброс или взброс!

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.



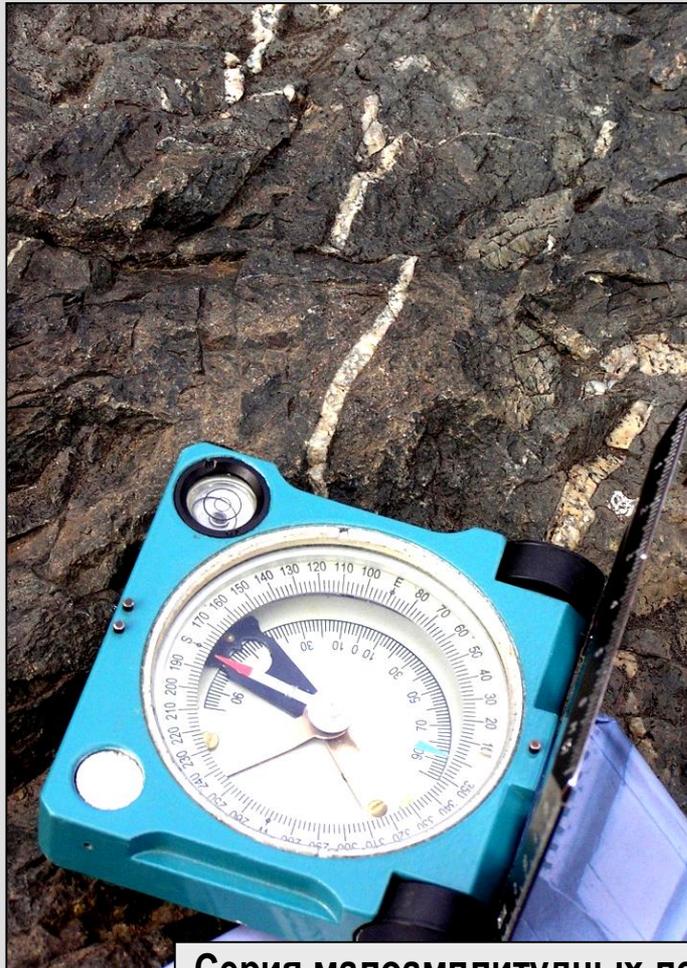
Фрагмент геологической карты Южного Урала

Мелкие разрывы в крыле складки. Запрос. GoogleEarth



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

Примеры сдвигов



Серия малоамплитудных левых сдвигов, смещающих вертикальную кварцевую жилу в андезитах нижнего карбона. Дно оврага. Ю. Урал



Правый сдвиг, смещающий гранитный массив Сусызкара. С. Прибалхашье. Google Earth



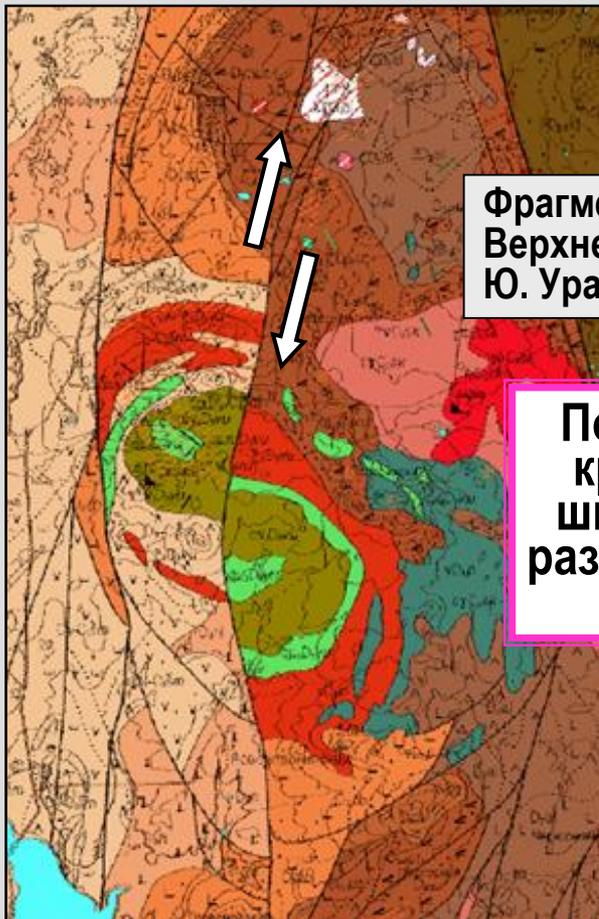
Фрагмент геологической карты Казахстана. По В.Я. Кошкину, 1986



Правый сдвиг, смещающий
гранитоидный массив
Толкудук. СЗ. Прибалхашье.
GoogleEarth



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



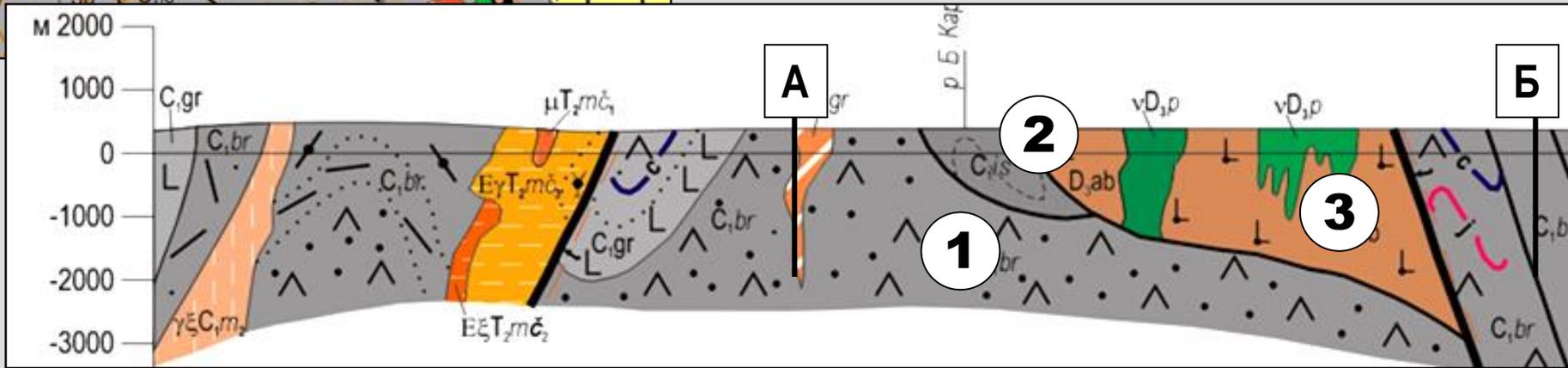
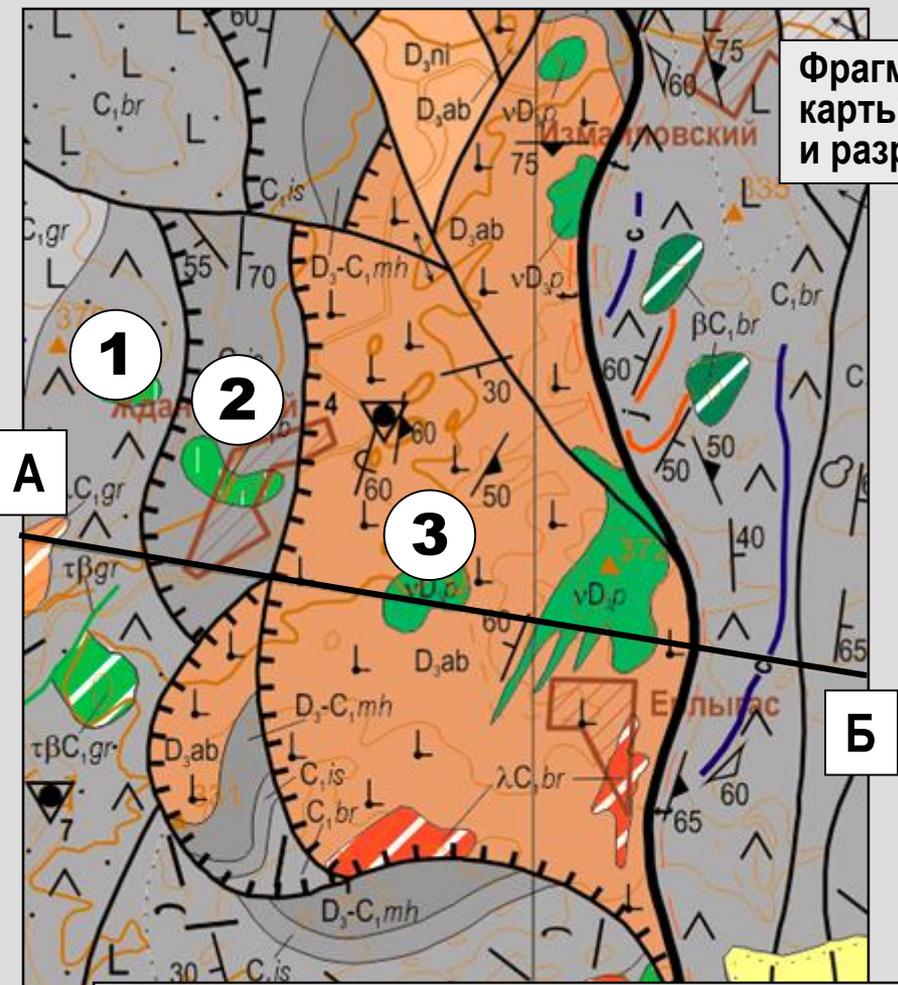
Фрагмент геологической карты
Верхнеуральского плутона.
Ю. Урала. По В.М. Мосейчуку, 2000

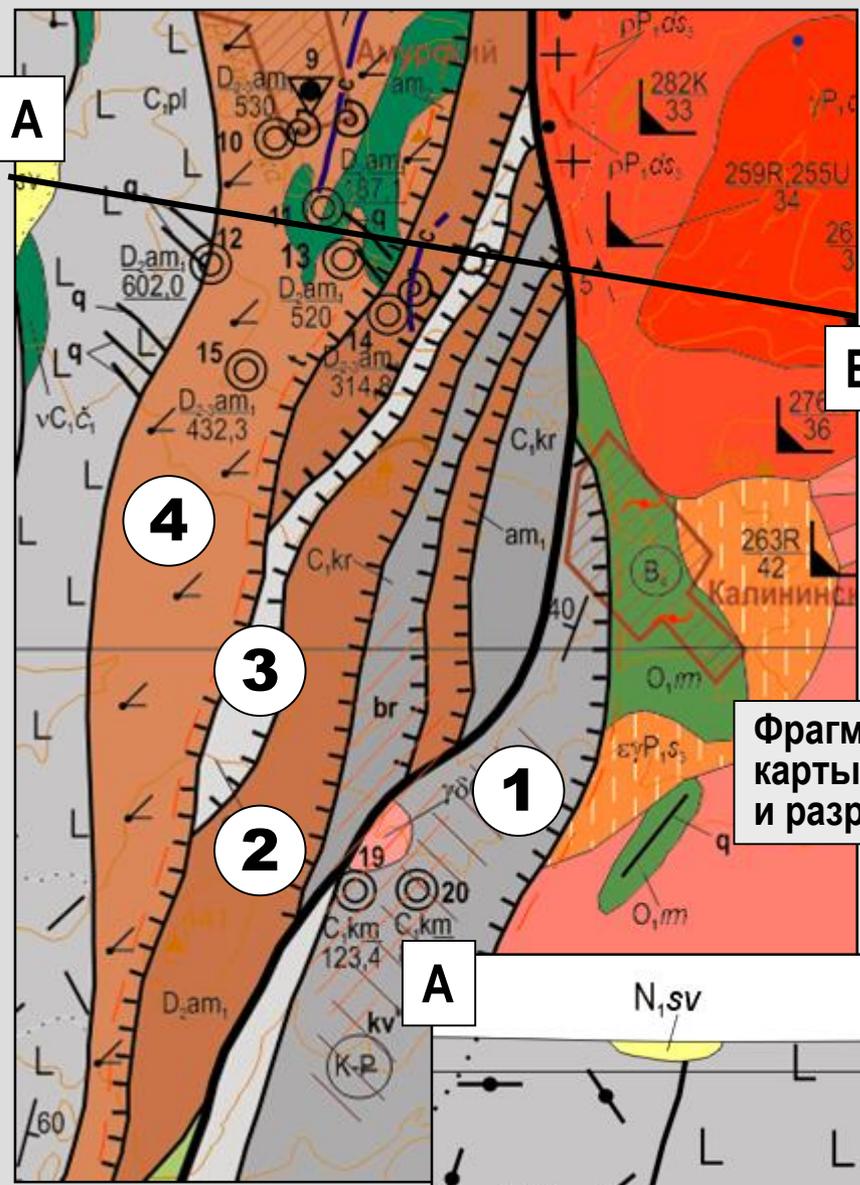
Почему в разных
крыльях разная
ширина выхода и
разные вмещающие
породы?

NB!
Наиболее удобны для
определения смещения по
сдвигам интрузивные тела
с крутыми контактами!

Фрагмент геологической карты Южного Урала и разрез А-Б

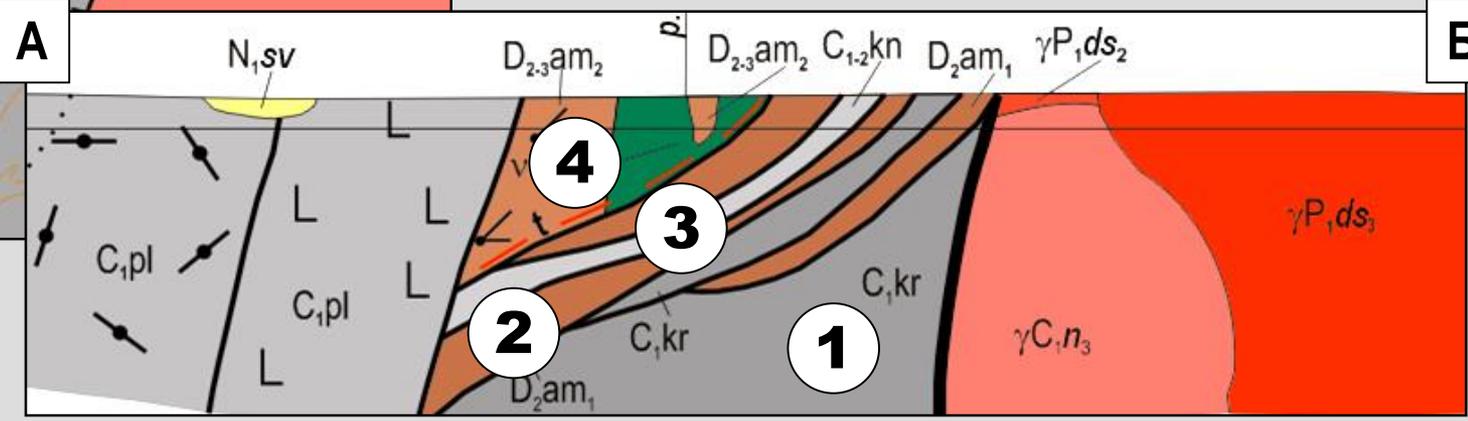
В Ждановском пакете надвигов нижние тектонические пластины сложены вулканитами визейского яруса (1), выше расположены угленосные толщи турнейского яруса (2), а верхние пластины представлены субщелочными базальтами франского яруса верхнего девона (3)

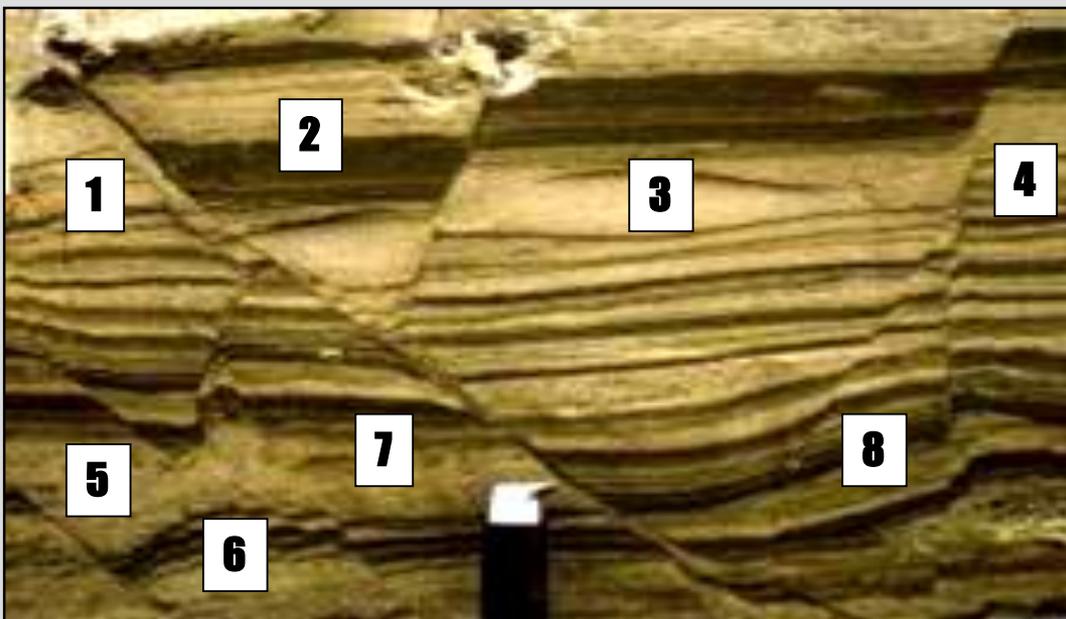




В Амурском пакете надвигов нижние тектонические пластины представлены терригенно-карбонатными породами нижнего карбона (**1**), а выше чередуются тектонические пластины, сложенные средним девоном (**2**), средним карбоном (**3**) и верхним девоном (**4**)

Фрагмент геологической карты Южного Урала и разрез А-Б

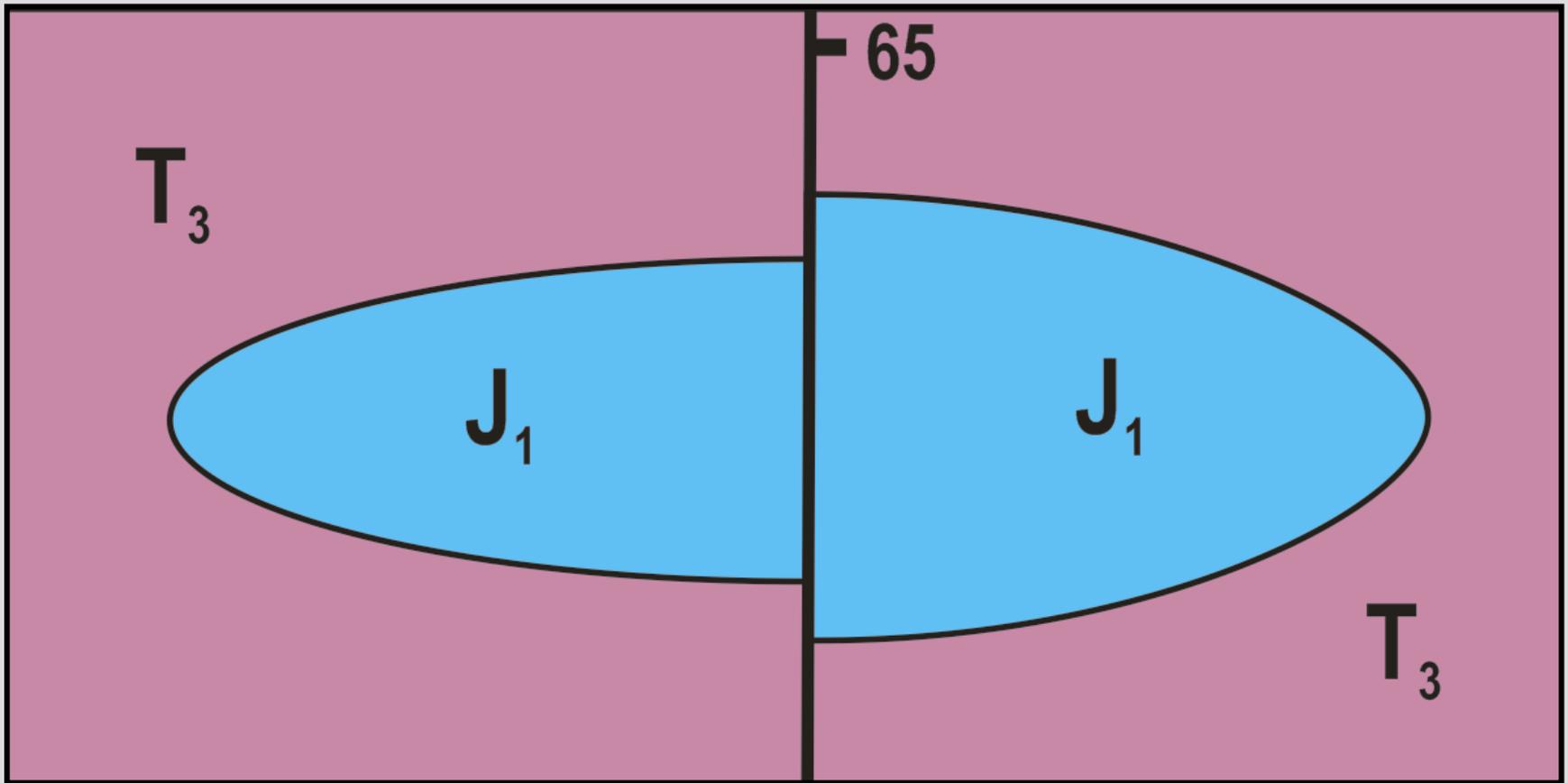




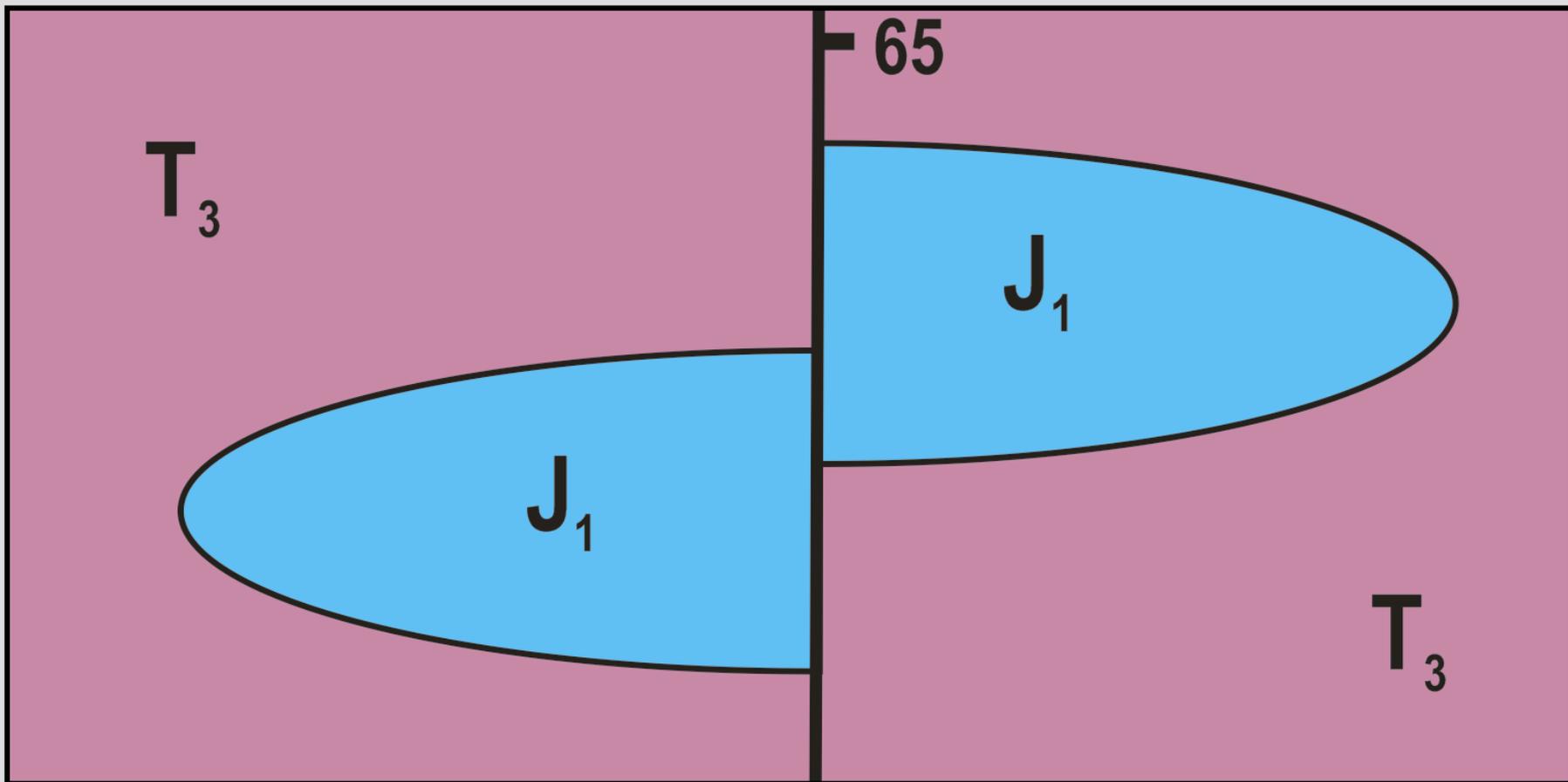
На фото – стенка. Определите тип разрывов. Где какое крыло?

На фото – стенка. Дайка плагиогранитов прорывает габбро. Она перпендикулярна стенке. Определите тип разрывов. А если это дно оврага?

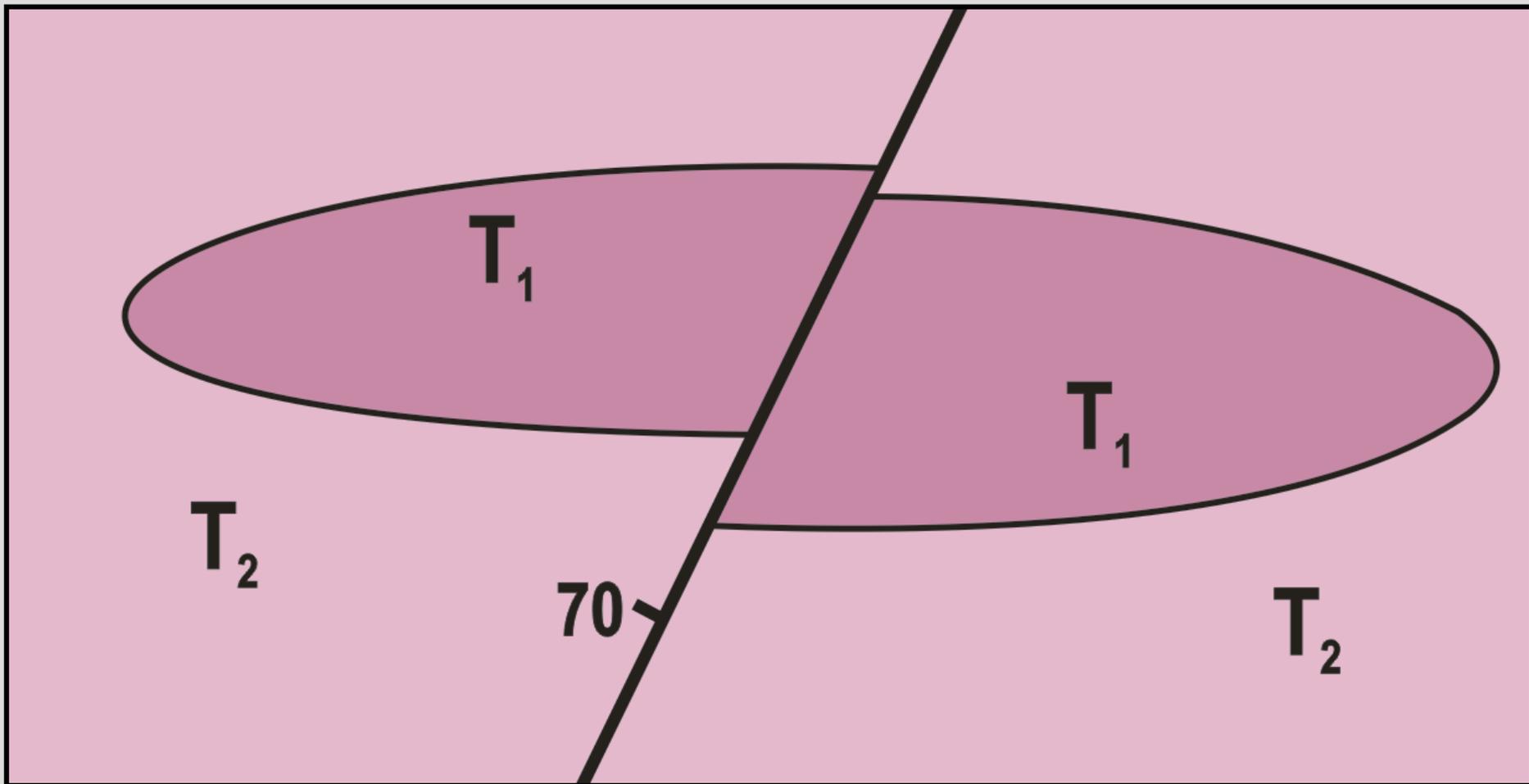




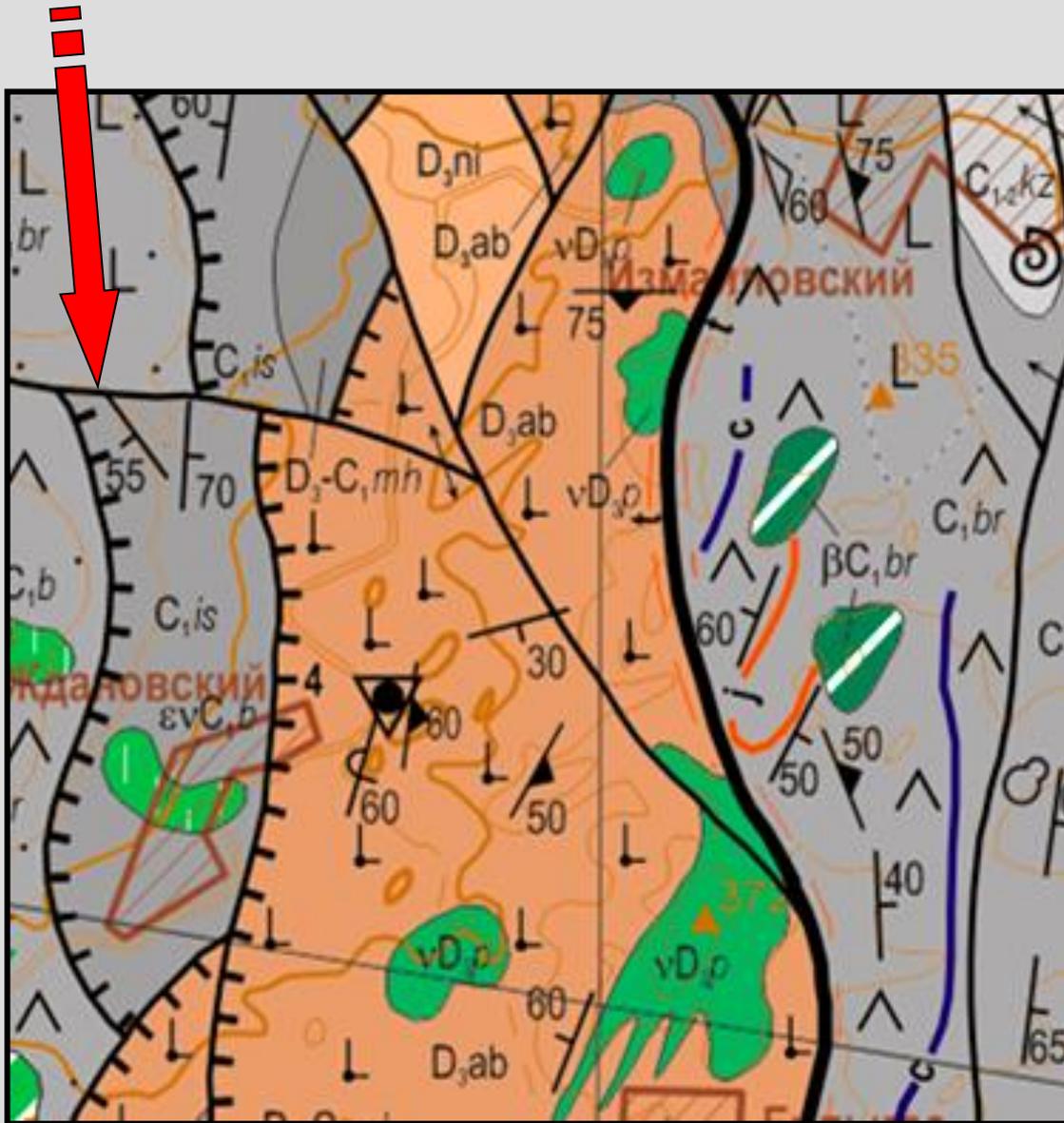
**Если это сброс,
то что это за складка?
А если это взброс?
А сдвиг?**



**Если это сдвиг,
то что это за складка?
А если это сброс?
А если это взброс**



**Если это сброс?
А если это взброс?
А сдвиг?
А вообще что может быть?**



На фрагменте карты –
пакет надвигов.
А какое крыло поднято у
взброса, помеченного
стрелкой?
В какую сторону он падает?