



Лекция 7

Дизъюнктивные дислокации (разрывы)

Разрывы

(дизъюнктивные дислокации)

Параклазы

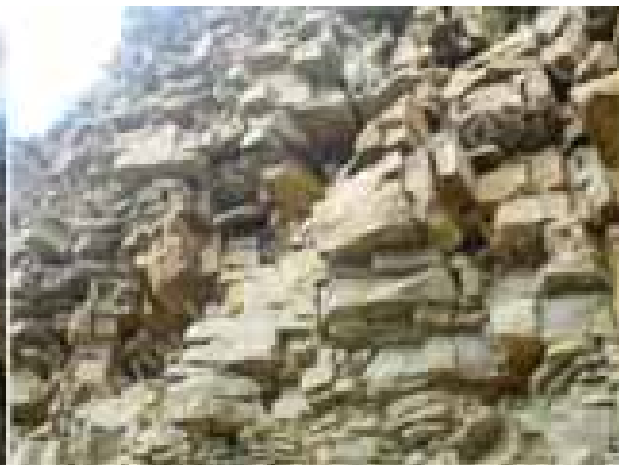
с видимым смещением
крыльев со сложным
сместителем

- Разломы

Диаклазы

разрывы без видимого
смещения крыльев, с
элементарным сместителем

- Трещины
- Кливаж

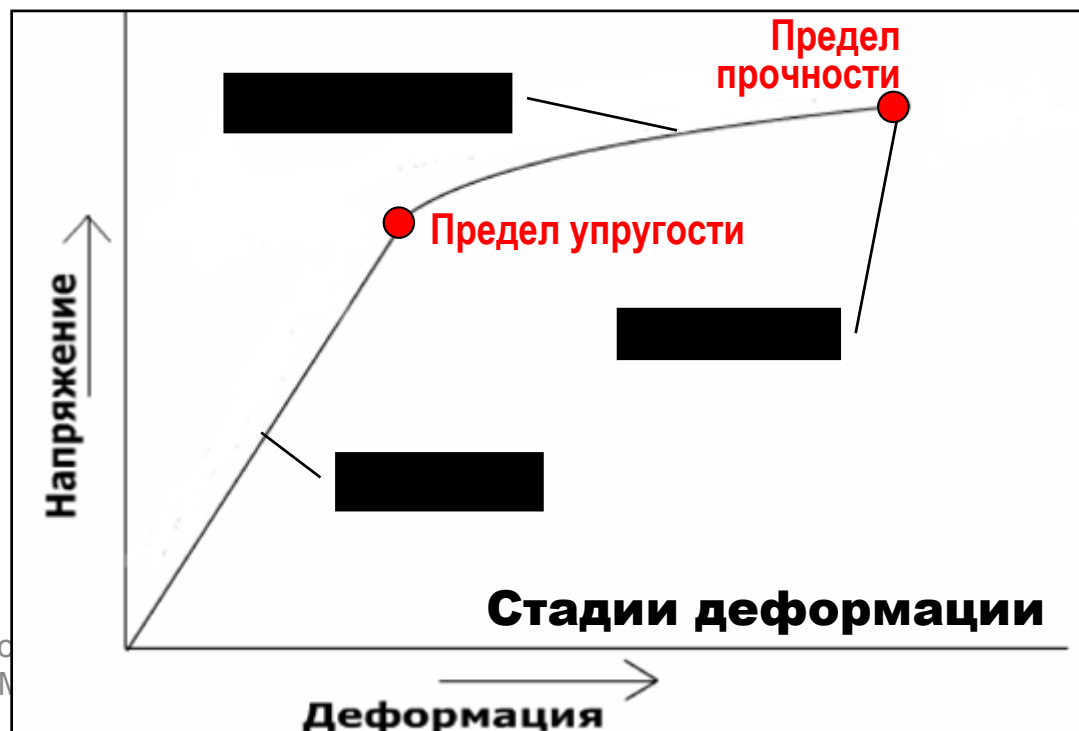


Разрыв – деформация геологических тел с нарушением их сплошности, возникающая в случае превышения предела прочности пород тектоническими напряжениями

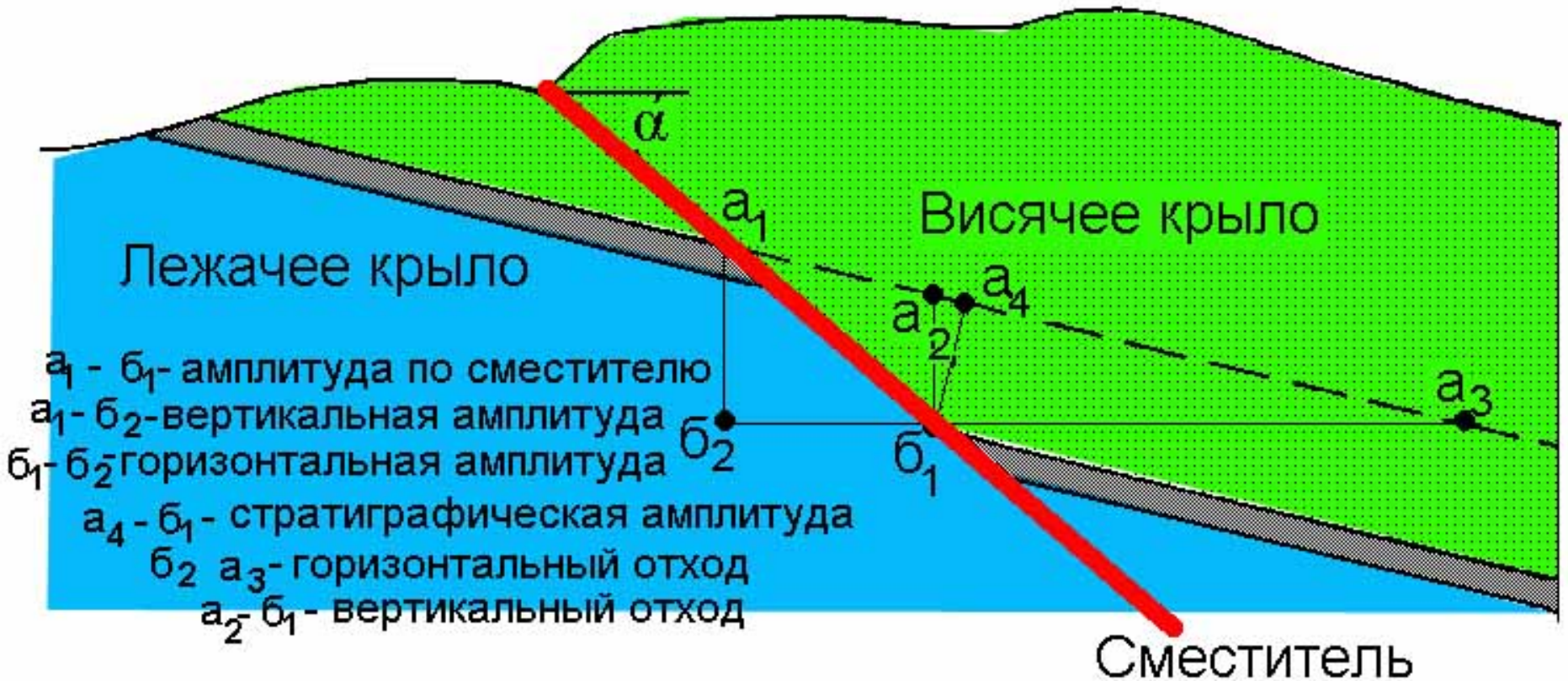
Разрыв – плоскость или зона в породе, по которой произошло смещение

[Э.У. Спенсер]

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

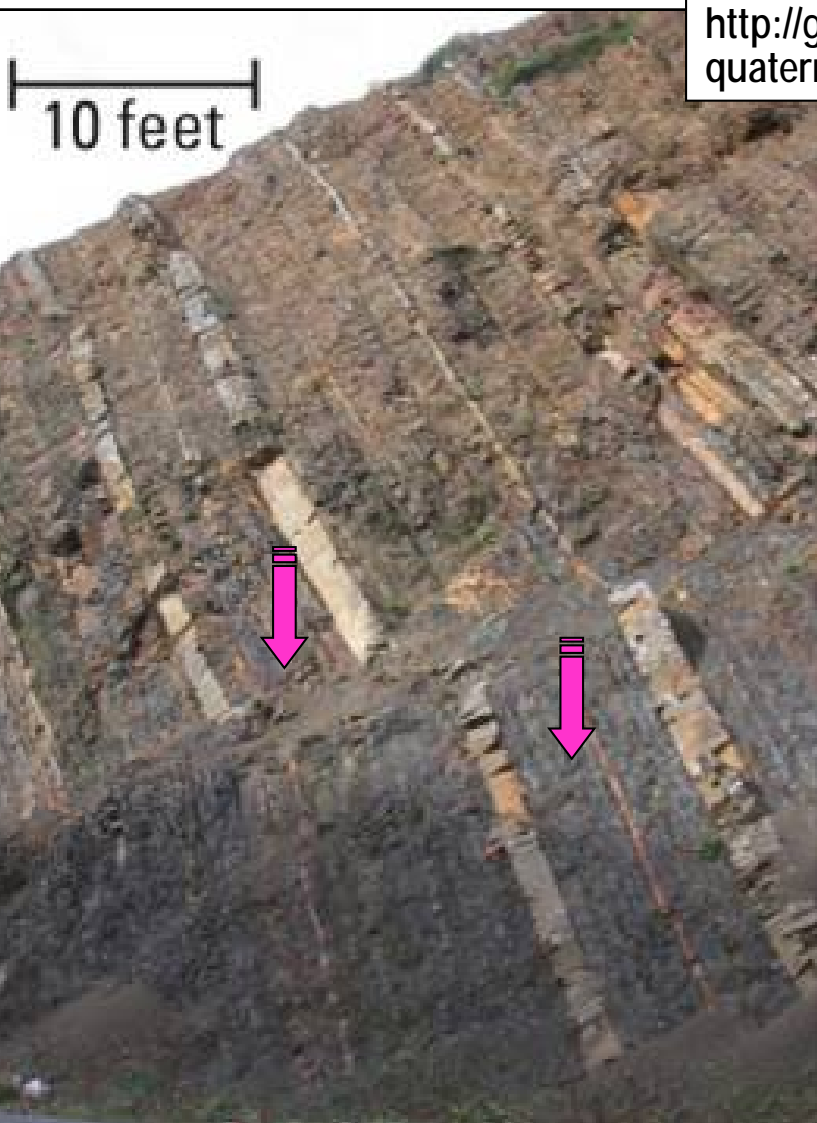


Элементы разрыва

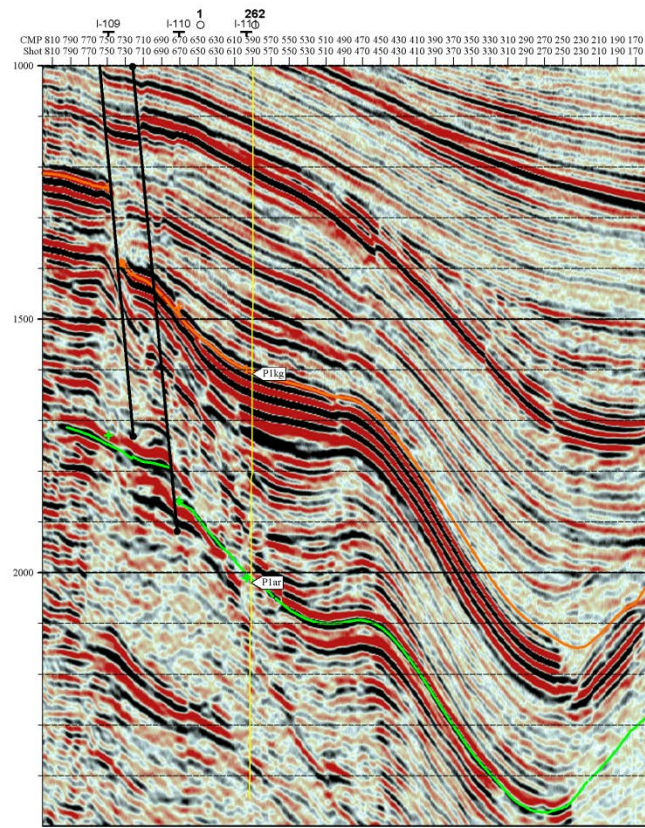


В разрыве выделяются крылья (блоки, бока) - висячее и лежащее, сместитель, характеризующийся элементами залегания направлением и амплитудой смещения

Смещение крыльев 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



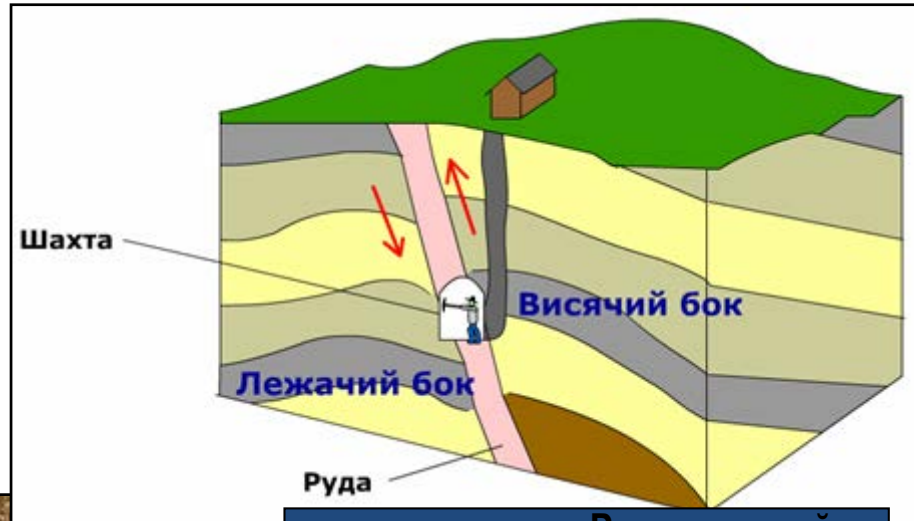
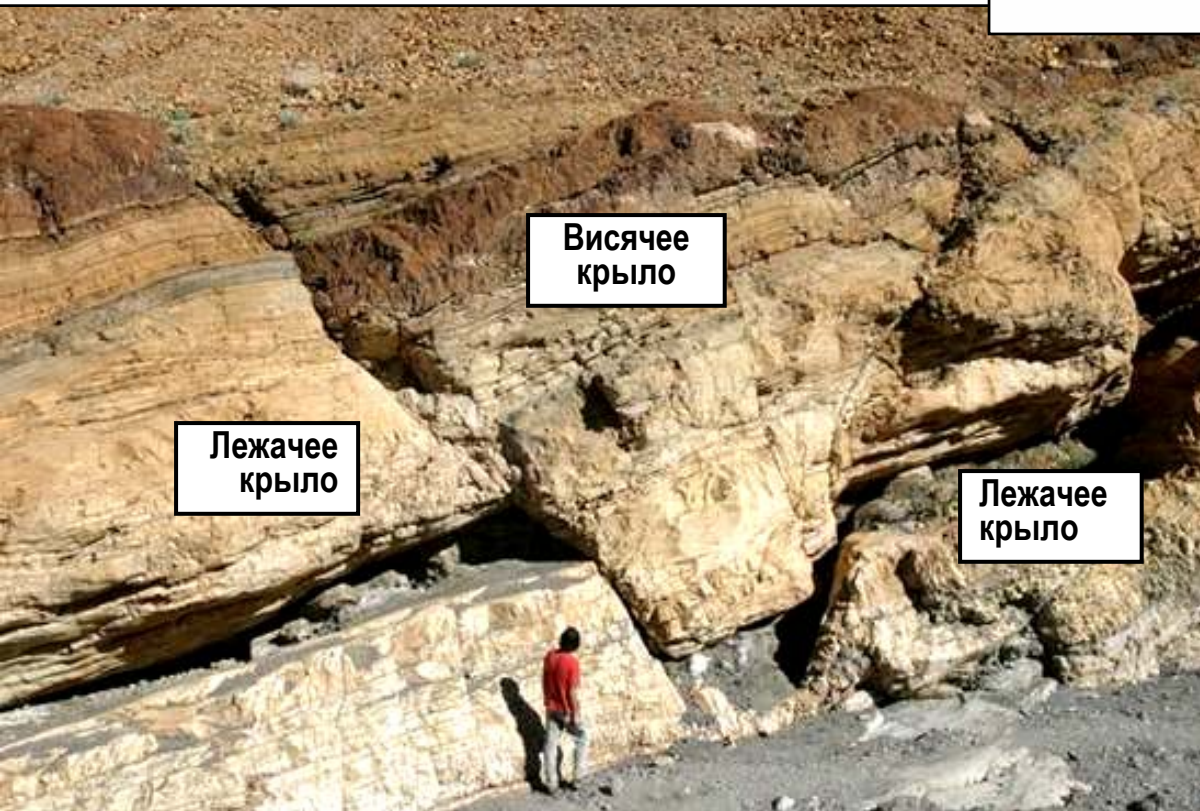


Рисунок с сайта the University of Tromsø, Norway



При вертикальном сместителе это определение не имеет смысла

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

Висячее крыло

Лечащее крыло

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

Лечащее крыло

Висячее крыло

Висячее крыло

Лечащее крыло

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

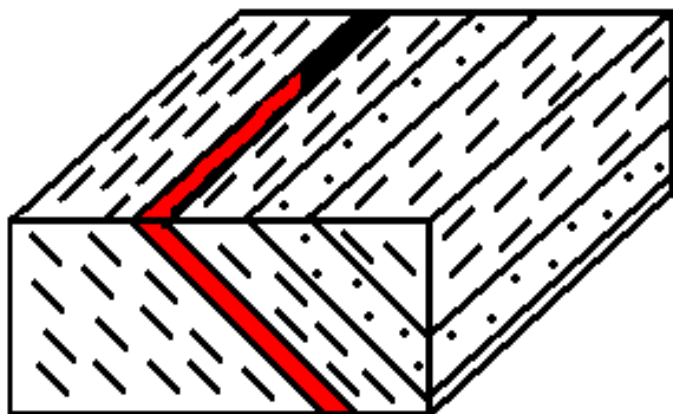
вы

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

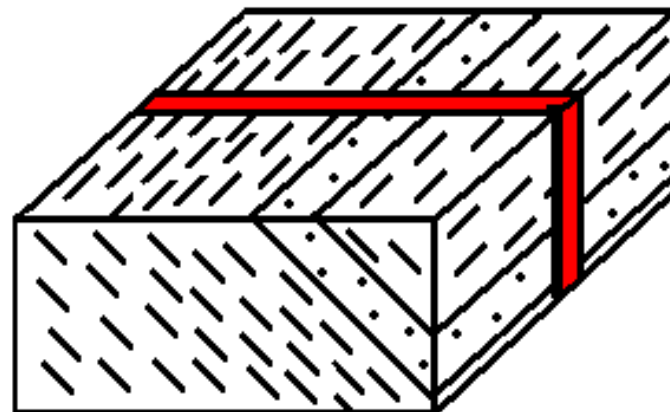
Классификации разрывов.

- Ориентировка сместителя по отношению к слоистости и горизонту
- Направление перемещения по разрыву
- Очертания ассоциаций разрывов в плане
- Соотношение с осями главных нормальных напряжений
- Величина смещения крыльев
- Время осадконакопления

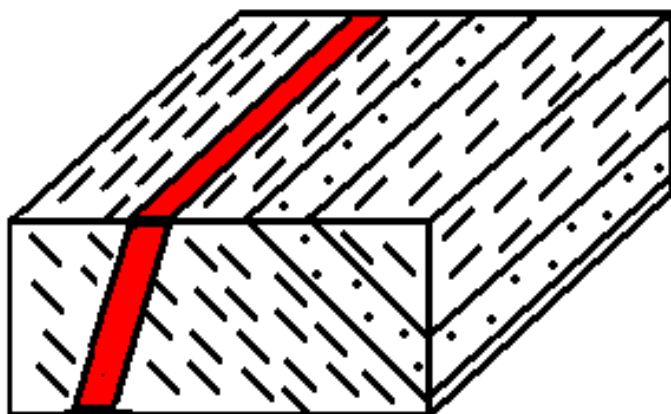
Ориентировка сместителя по отношению к слоистости и горизонту



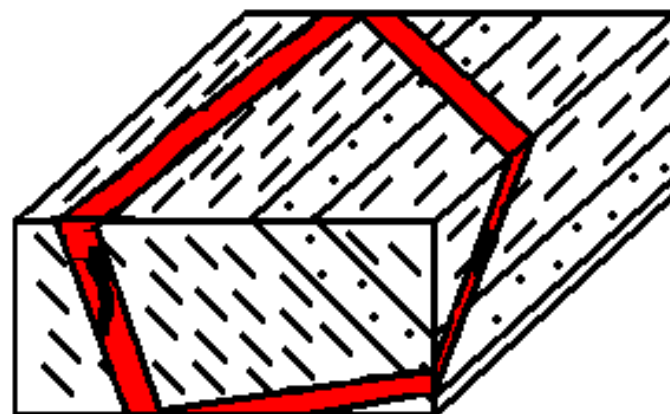
Послойные



Поперечные



Продольные

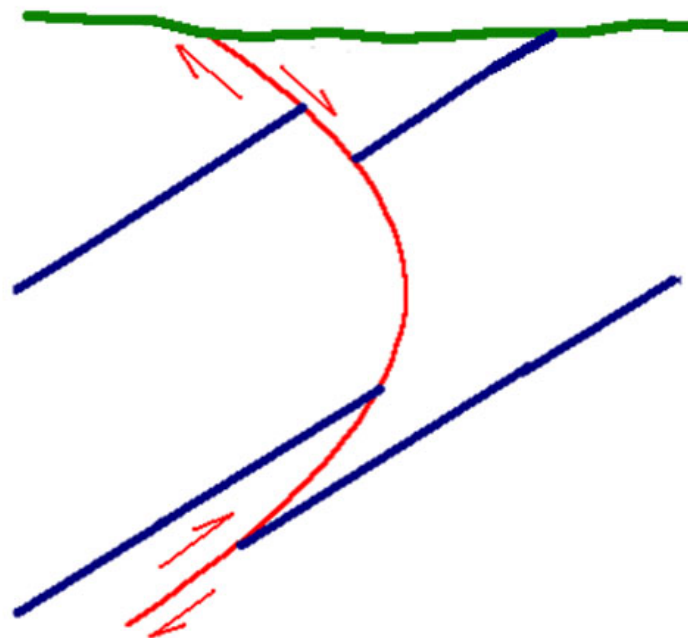
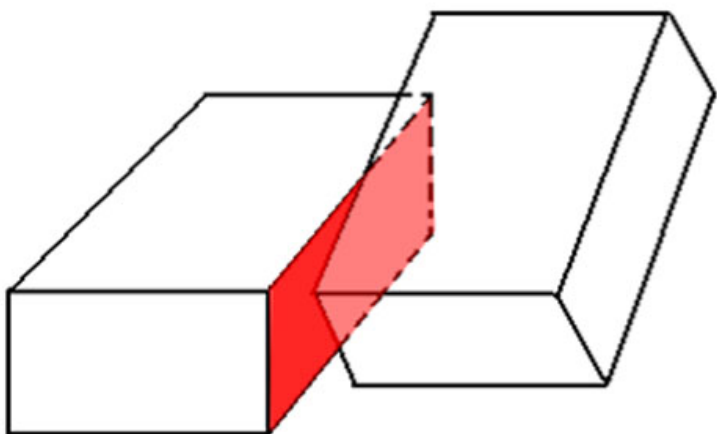


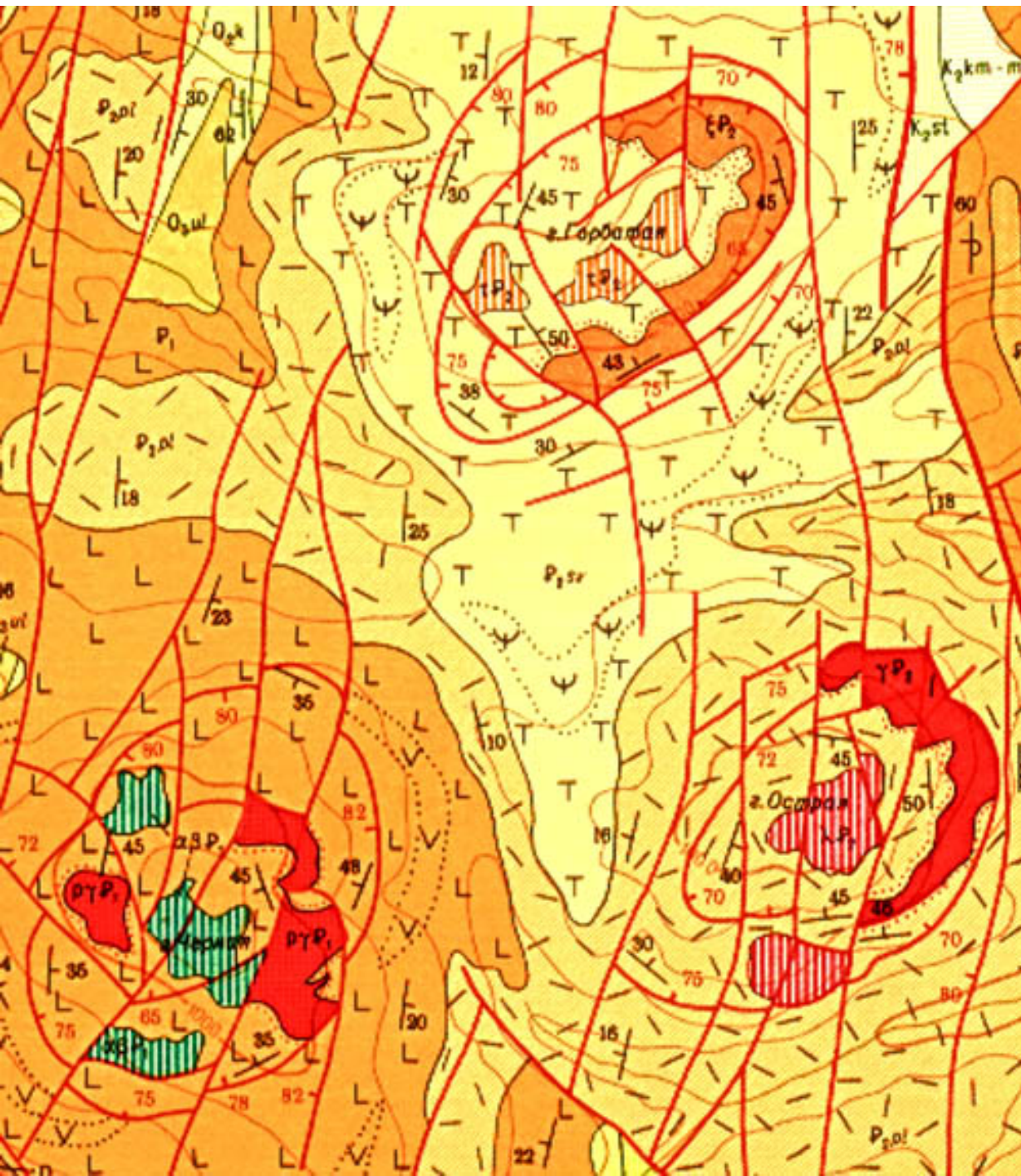
Диагональные

По отношению к горизонту

разрывы делятся на пологие ($0-30^\circ$), крутые ($30-80^\circ$), вертикальные ($80-90^\circ$)

Направление перемещения по разрыву (прямые, обратные, шарнирные и цилиндрические)

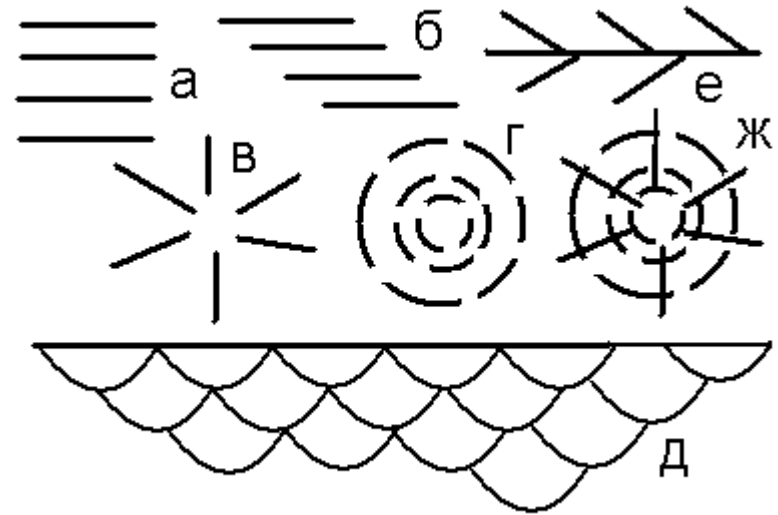




Цилиндрические и конические разломы над вулканическими очагами.
Фрагмент учебной геологической карты

Ассоциации разрывов в плане

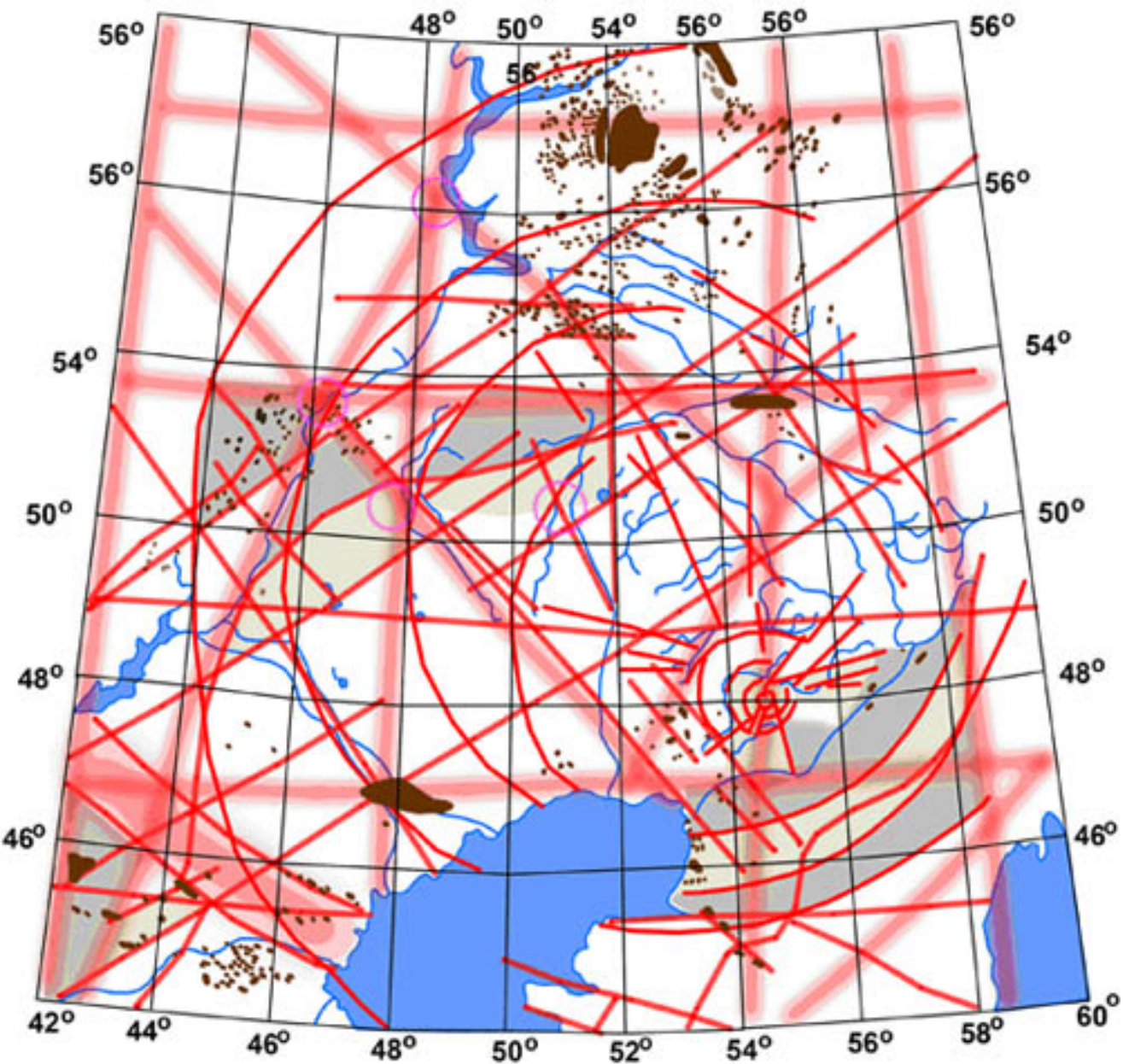
- Параллельные (а)
- Перистые (е)
- Радиальные (в)
- Концентрические (г)
- Кулисообразные (б)
- Чешуйчатые (д)



Системы разрывов одного направления называются «ряды»

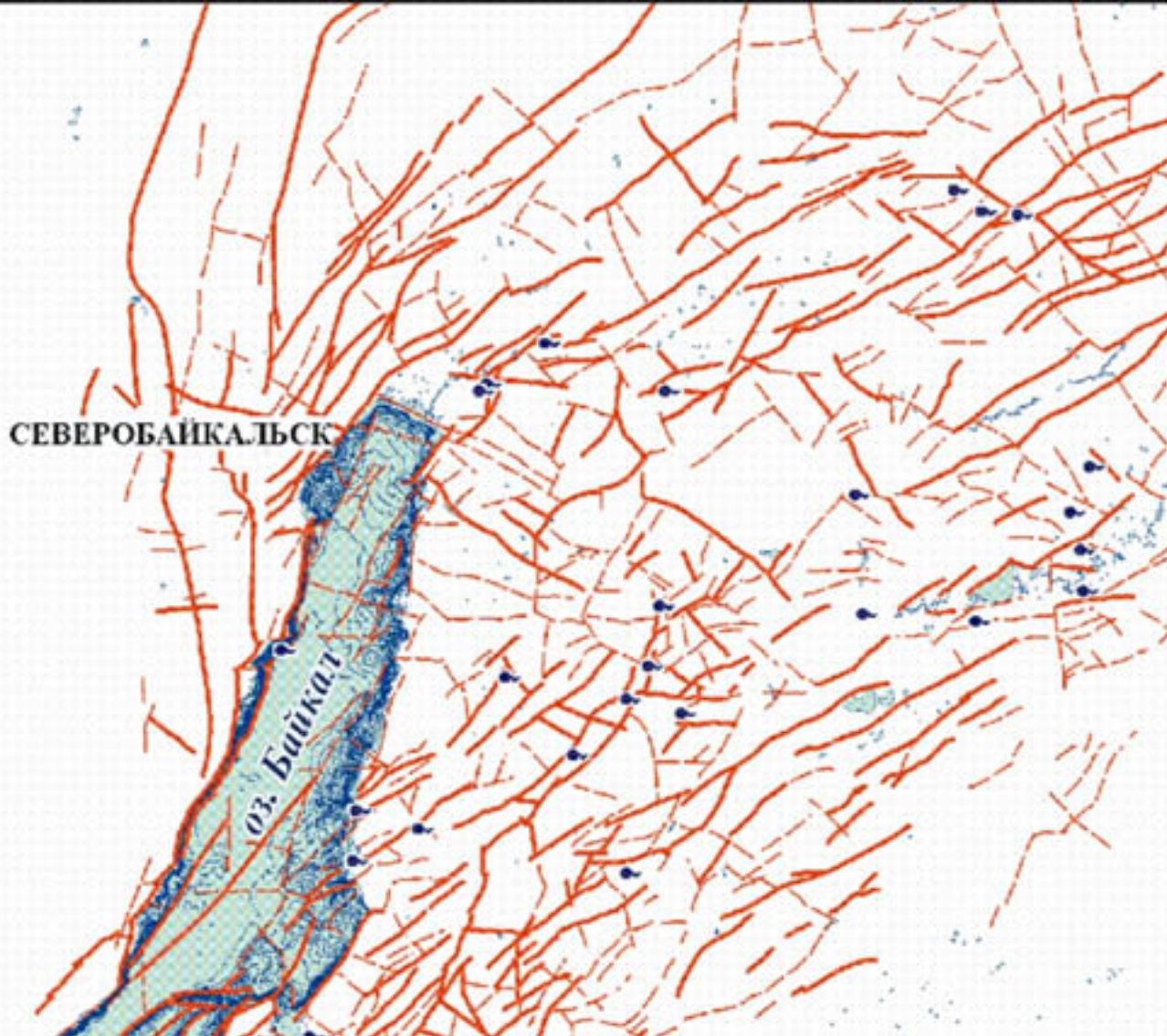


Радиальные системы трещин вокруг грязевого вулкана
(по <http://www.azovskoe.com/vulkan3.html>)

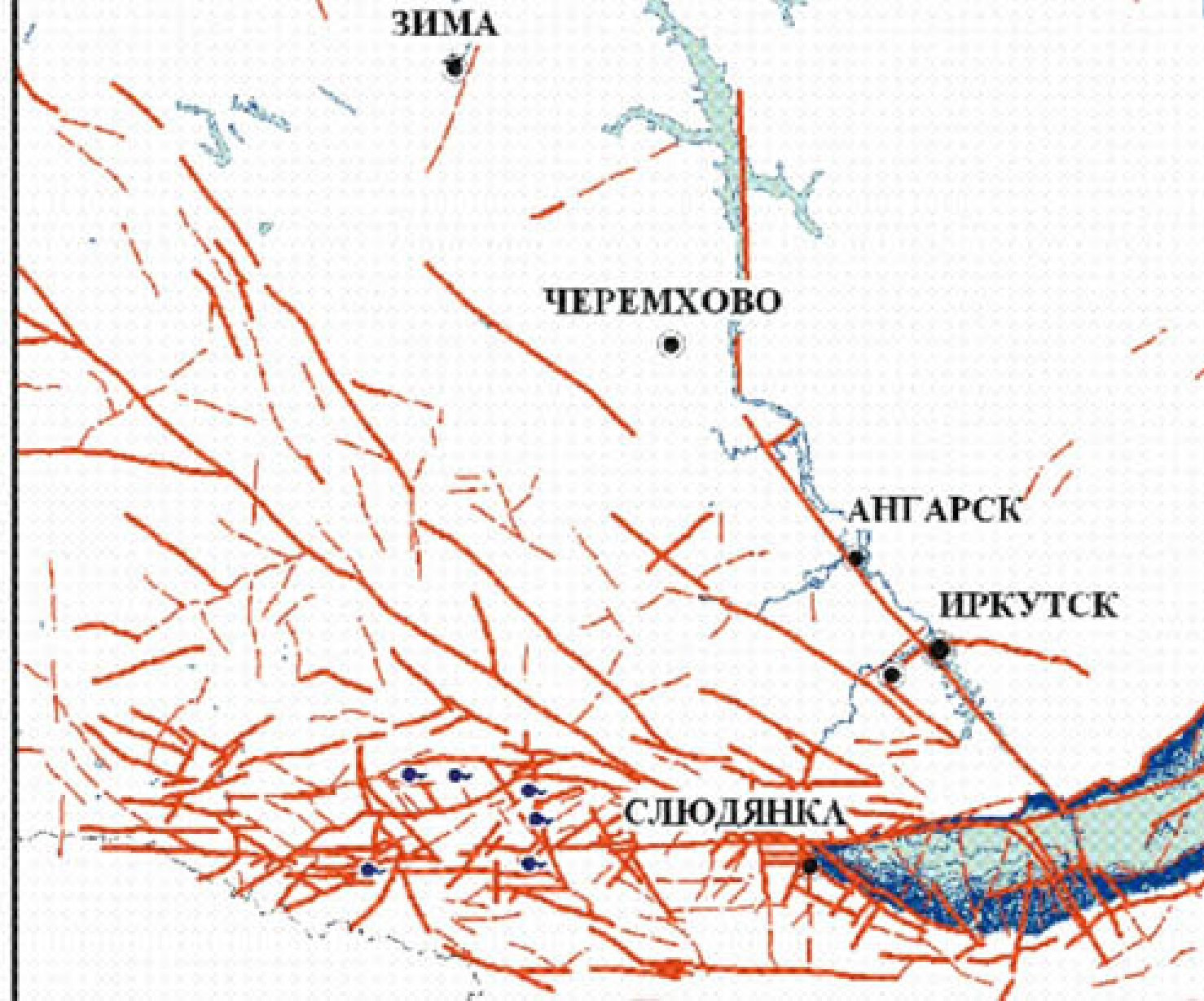


Концентрическая система разломов Прикаспия

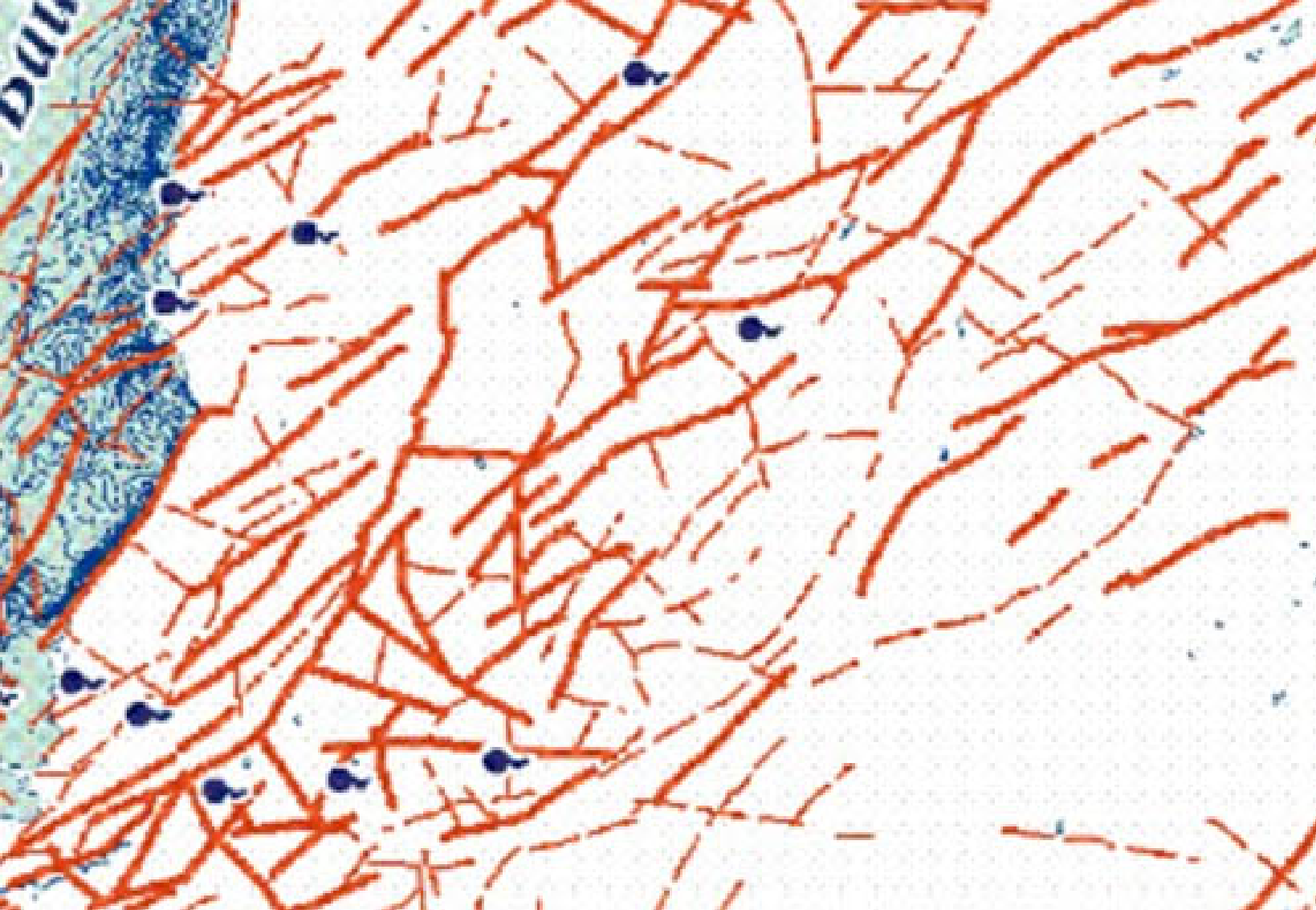
геологи-2022-дизъюнктивы
Милосердова Л.В.



Решетчатая система активных разломов Северного Забайкалья.
Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири
(по <http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/>

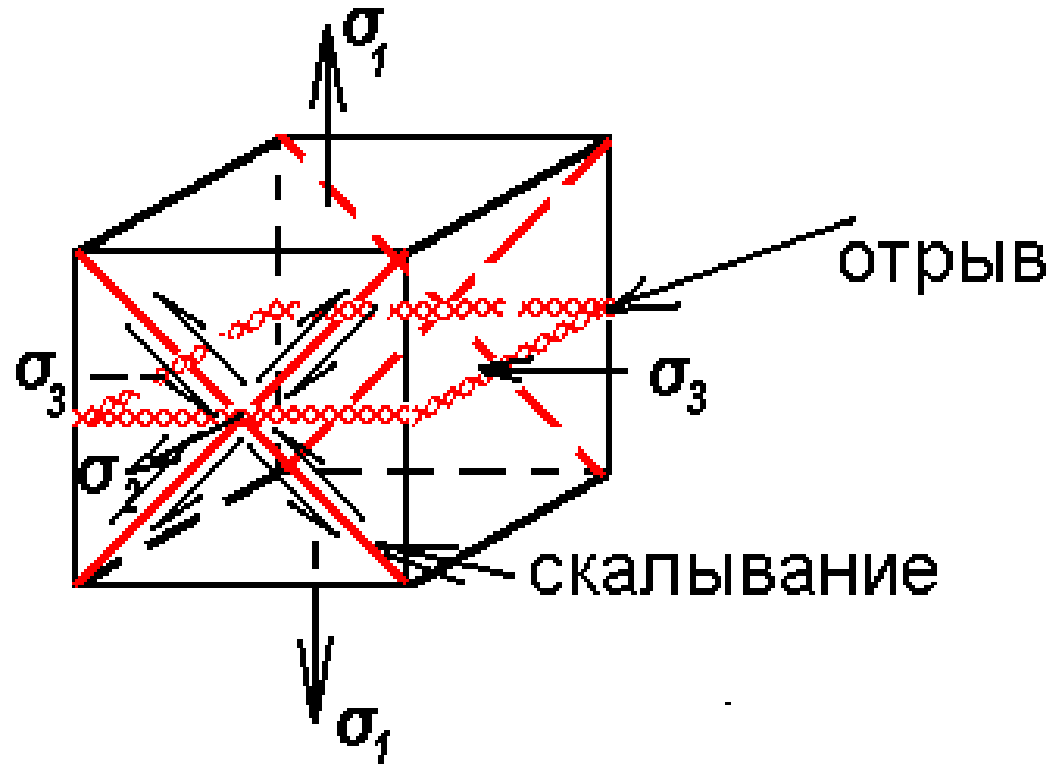


Перистая система активных разломов Прибайкалья. Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири (по <http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/>



Чешуйчатая система активных разломов Восточного Забайкалья. Фрагмент электронной карты активных разломов юга Восточной Сибири (по <http://lab.crust.irk.ru/proekt/pages/>)

По отношению к главным осям напряжений



- Отрыва
- Скалывания

Величине смещения крыльев

- Сильно нарушенная разломом структура (больше, чем мощность продуктивного горизонта)
- Слабо нарушенная разломом структура (меньше, чем мощность продуктивного горизонта)
- В метрах

По соотношению с временем осадконакопления

- Конседиментационные
- Постседиментационные

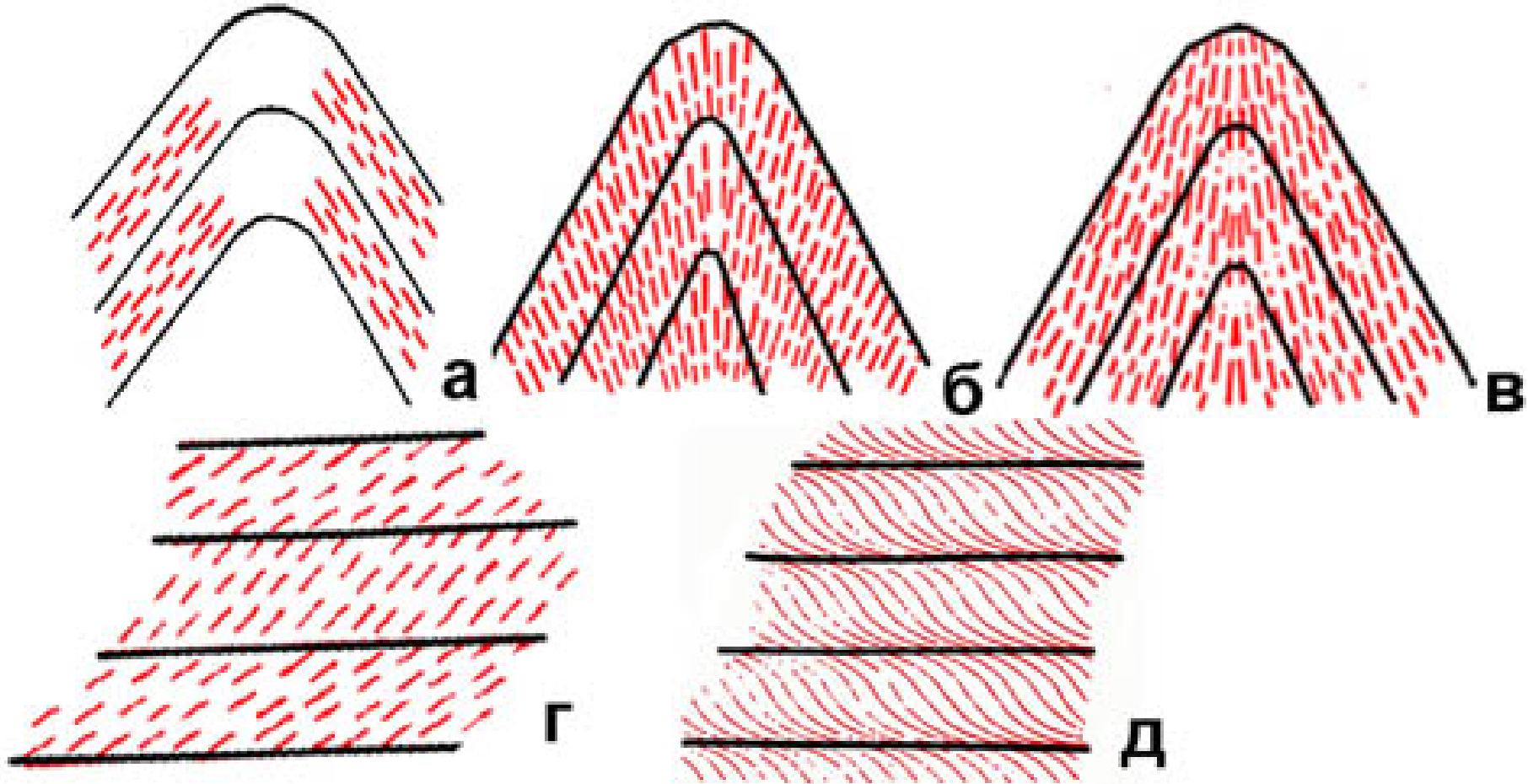
Признаки те же, что у флексур

Диаклазы

- Кливаж
- Трещины







Виды кливажа: а – послойный, б – веерообразный, прямой, в – веерообразный обратный, г – S-образный, д – образы (по В.В.Белюсову)

Трещины

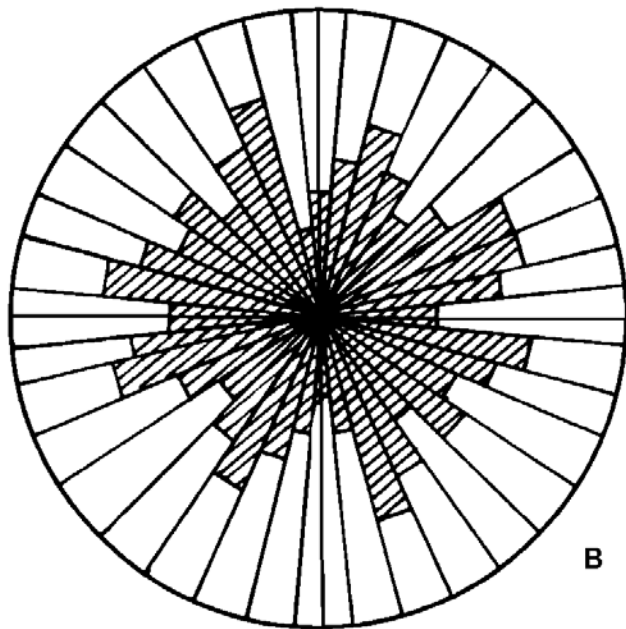
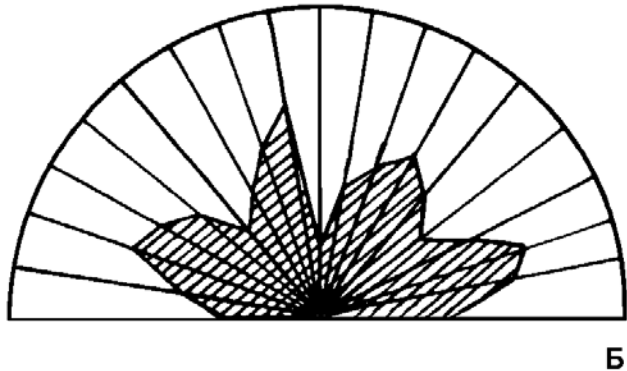
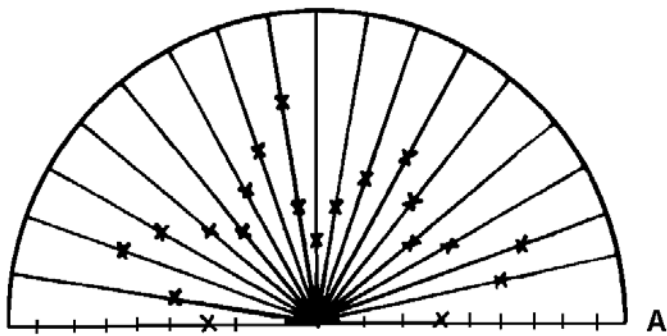


**Элементарные разрывы с
незначительным по
сравнению с
размерами
картирования
перемещением
крыльев. Поверхность
сместителя трещин
представляет собой
элементарную
плоскость**

Трещины

- ❏ Блоки, на которые первичные трещины разбивают горную породу, называются **штуфы или отдельность** горной породы. Их форма определяется взаимным расположением трещин. Размеры отдельности зависят от вида пород, толщины пластов. В общем, наиболее часто встречаются размеры 3, 9, 20, 50 см.
- ❏ Положение каждой отдельной трещины, в общем, случайно, поэтому их изучают статистическими методами - среднюю длину, ориентировку сместителя, расстояние между трещинами одного ряда.

Построение роз- диаграмм трещиноватости



Морфологическая классификация трещин

- Скрытые - сместитель непосредственно не виден
- Закрытые - сместитель виден, но полости нет
- Открытые - наблюдается зияние сместителя

Блоки, на которые трещины разбивают породу, называются отдельностью

Генетическая классификация трещин

- Первичные

планетарная трещиноватость

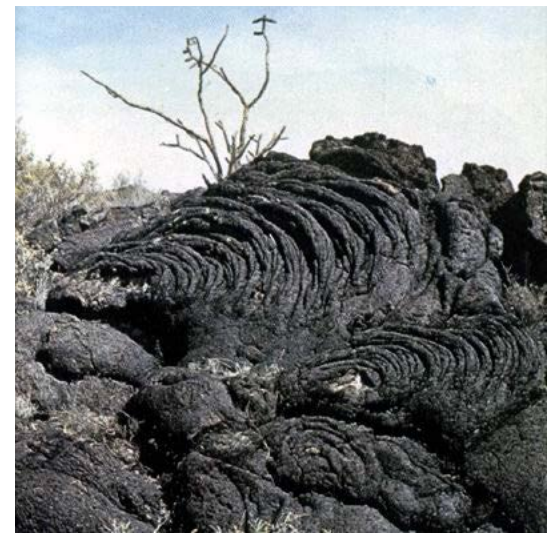
- Тектонические

отрыва и скола

- Гипергенные

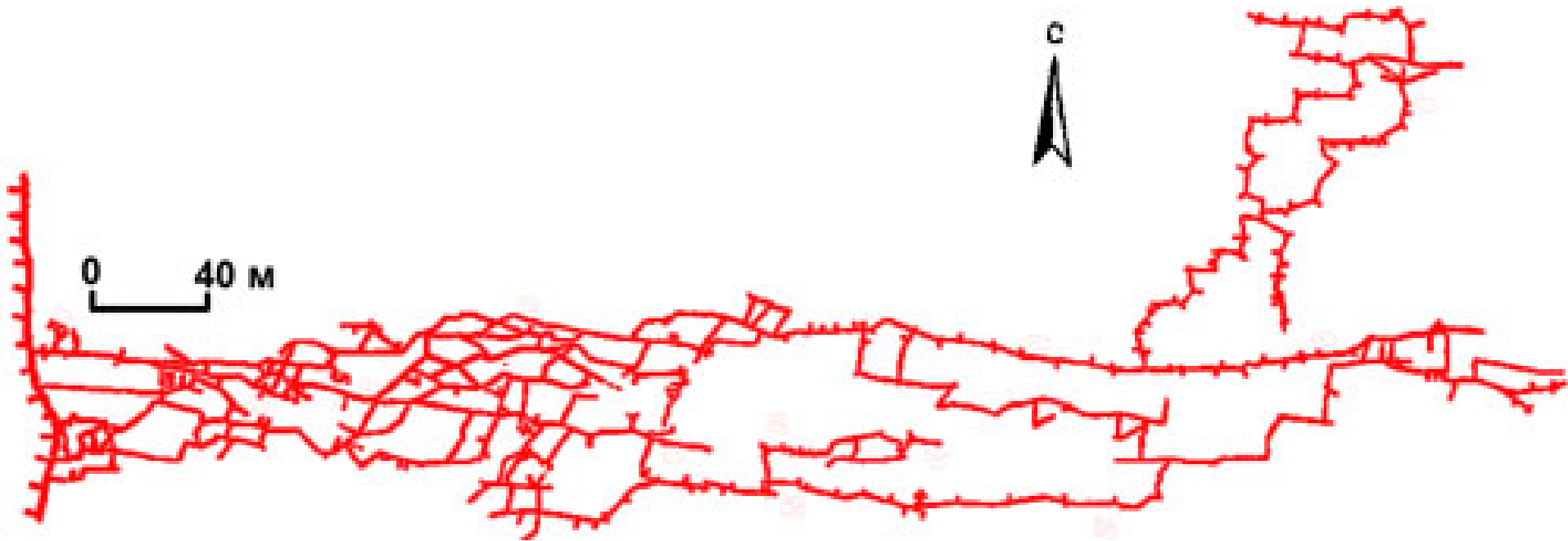
выветривания

**оползней, обвалов и провалов
расширения пород при разгрузке
и др.**



Отдельность в различных горных породах

Карстовые тоннели Ботовской карстовой пещеры (Жигаловский район Иркутской области)

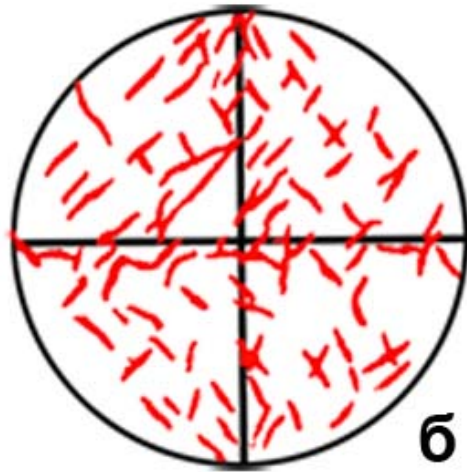
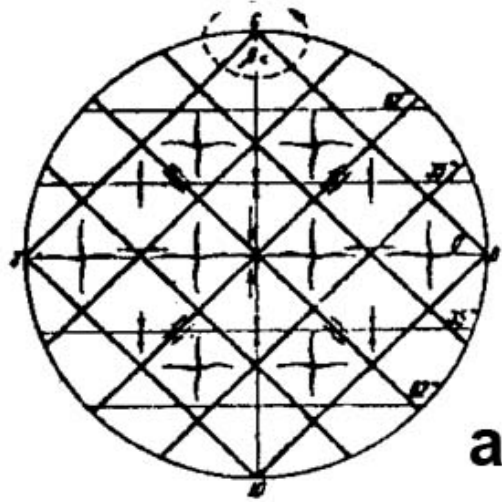


Слой известняков в медистых песчаниках

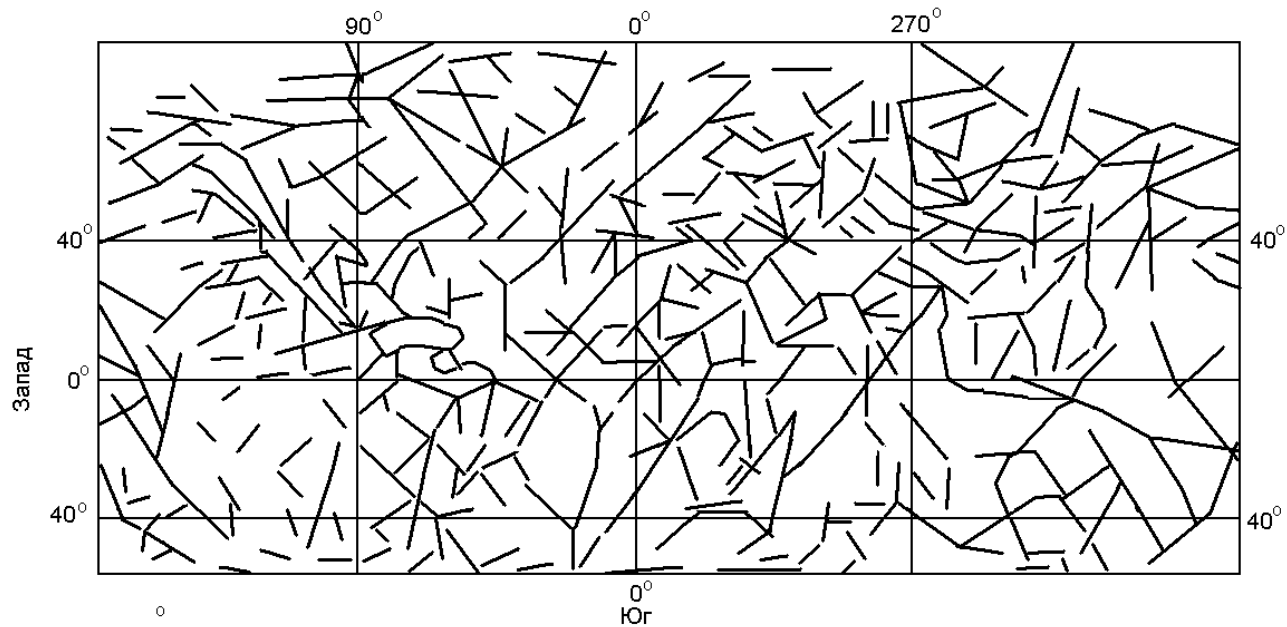


геологи-2022-дизъюнктивы
Милосердова Л.В.

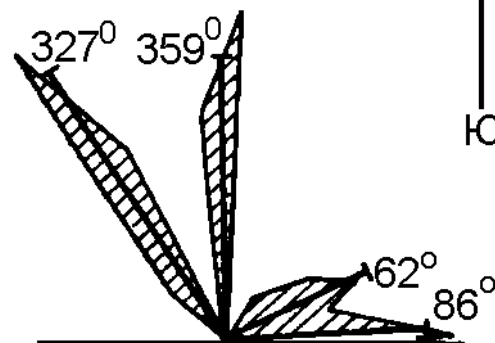
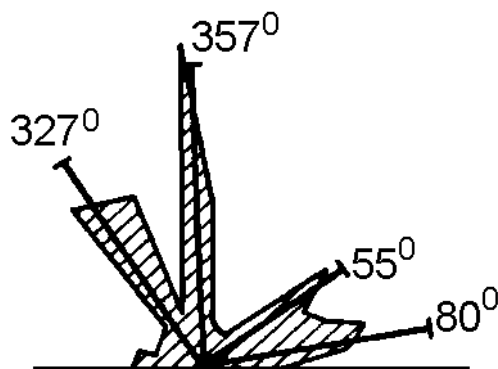
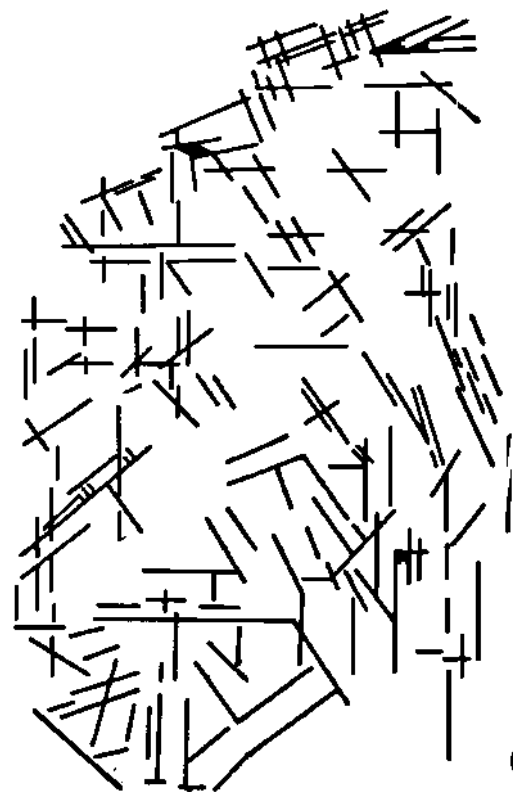
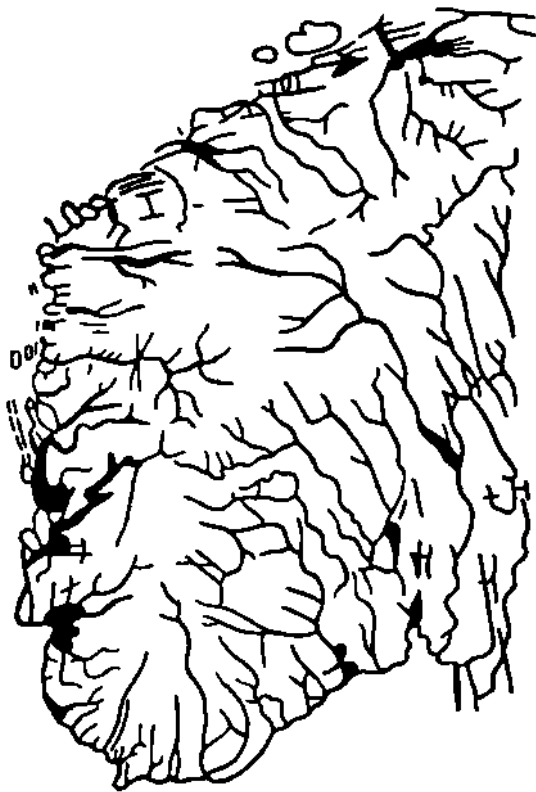
Планетарная система разрывов

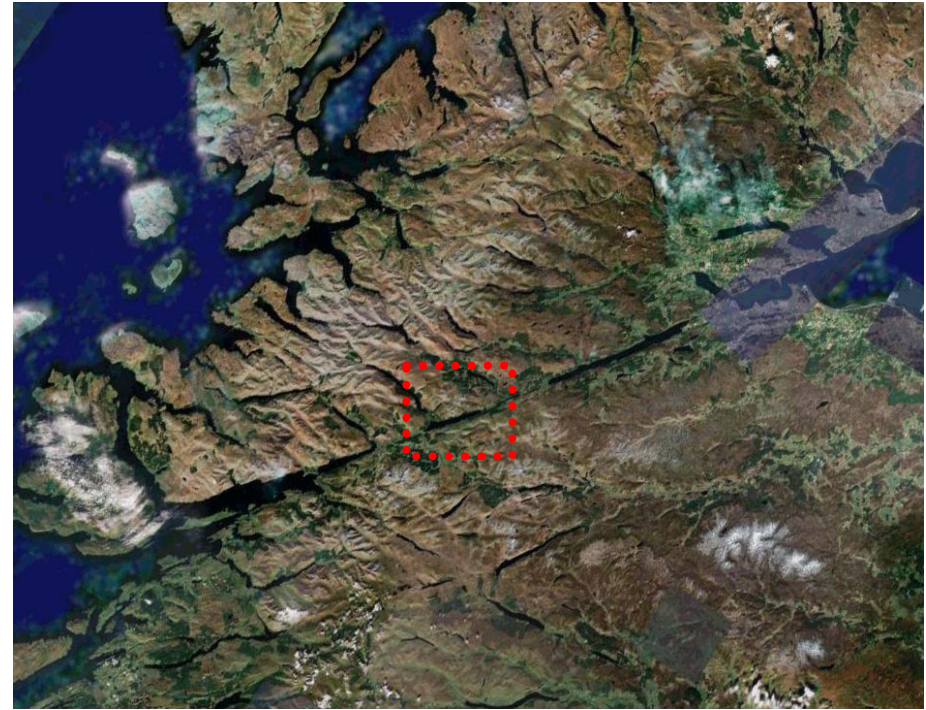


теоретическая система планетарных трещин земной коры и направлений сдвиговых смещений по ним, возникающих под влиянием сил ротации (при ускорении вращения Земли (по И.И.Чебаненко), б - схема размещения трещин на лабораторных моделях вращающейся Земли. Опыт лаборатории Вюрцбургского университета. Зарисовка по фотографии модели



Схематическ
ие карты
речной сети и
трещинова-
тости и их
розы-
диаграммы.
Южная
Норвегия

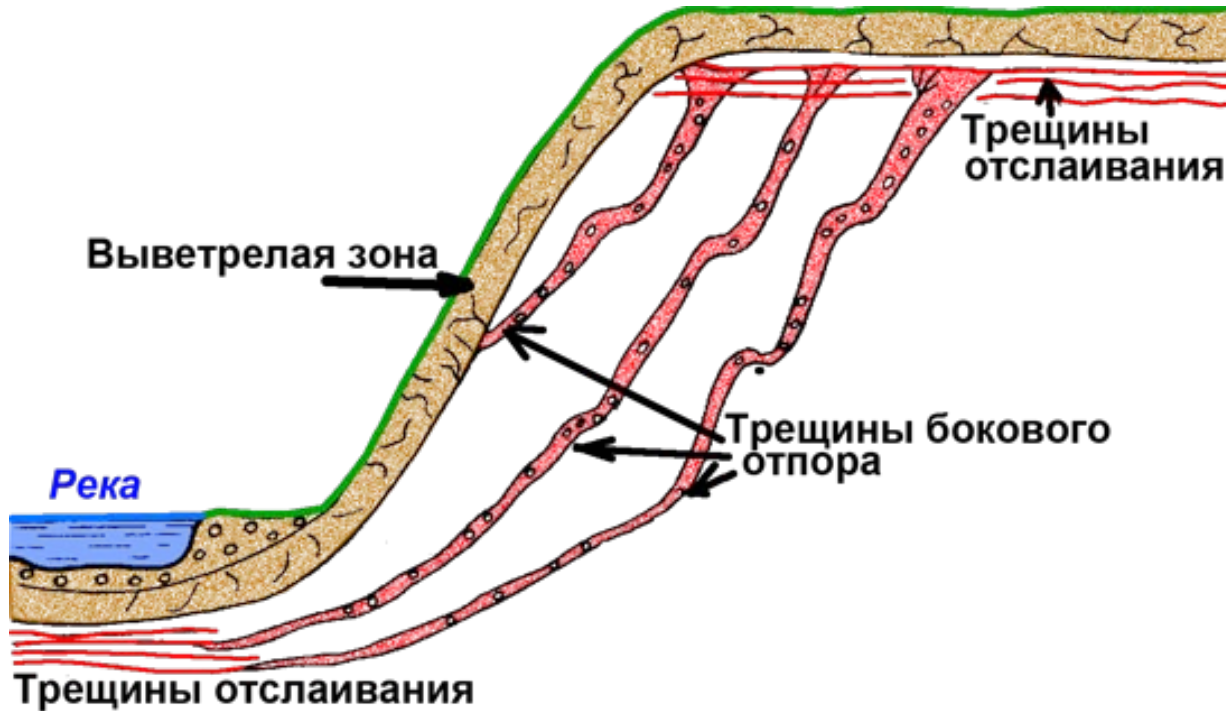




Шотландский региональный
разлом Глен Мори его
фрагмент

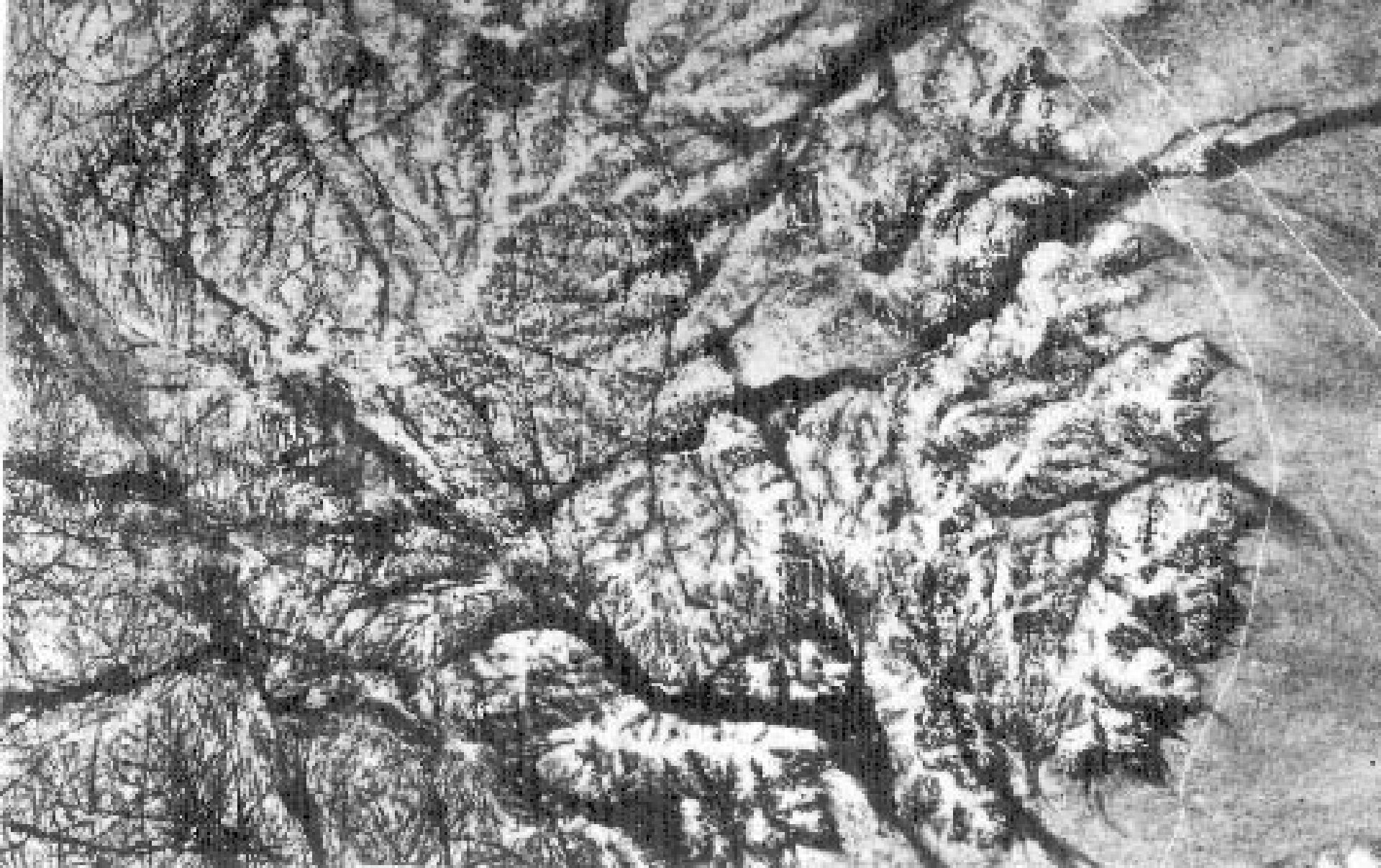
Гипергенные - трещины расширения

пород при разгрузке



- 1 - Трещины бокового отпора
- 2 - трещины отслаивания

(по А.Г. Лыкошину, упрощенно)



Мегатрещины на аэрофотоснимке гранитного массива

Значение трещиноватости для нефтегазовой геологии:

- **Полости, обеспечивающие пористость горной породы**
- **Полости, обеспечивающие проницаемость горной породы**
- **Полости, способные вызвать разнообразные осложнения в процессе бурения**

Разломы - дизъюнктивные дислокации с заметным смещением крыльев



Водопад Виктория

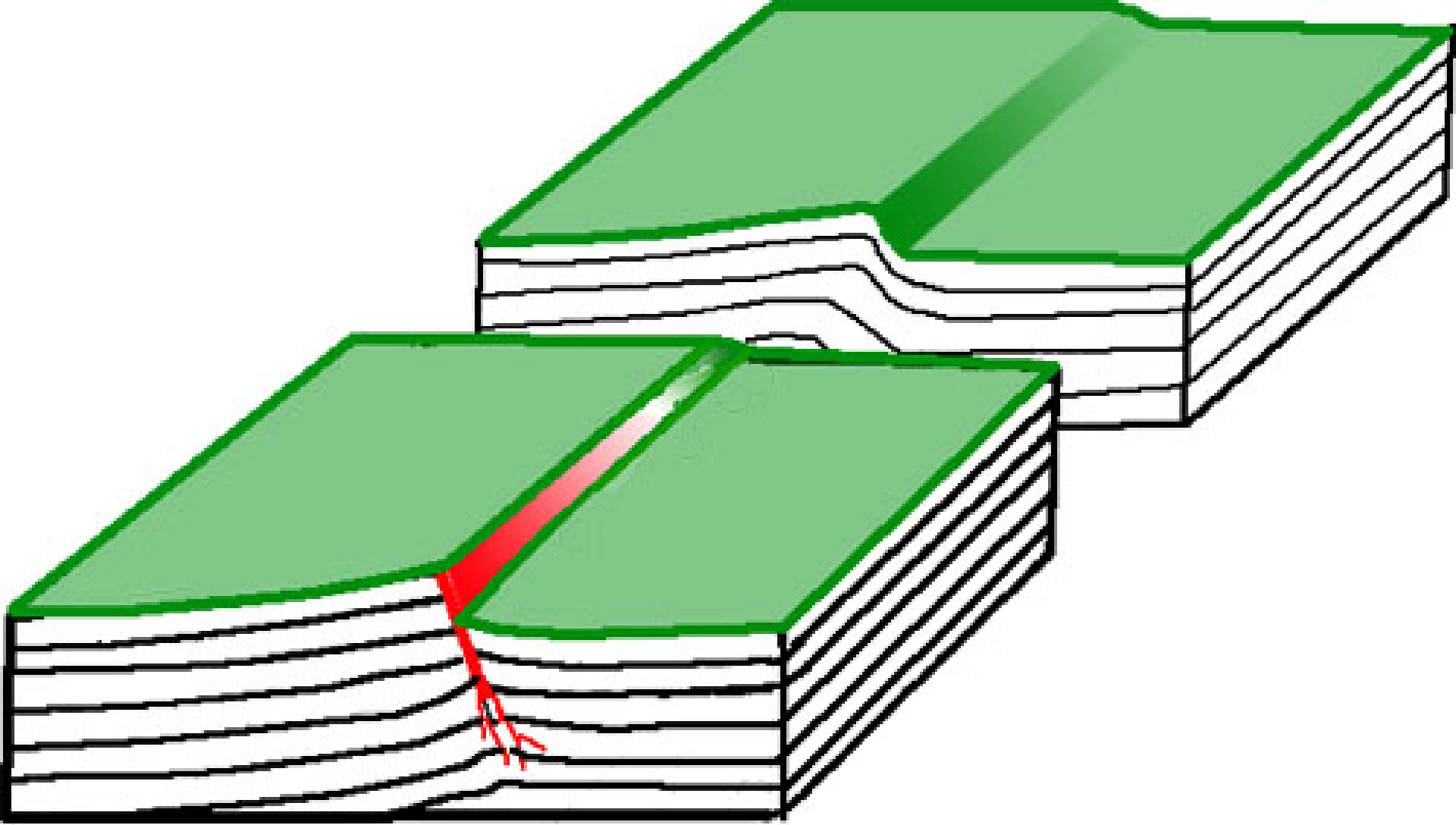


Трещинное излияние вулкана Килауэа, Гавайи (vseneprostotak.ru)



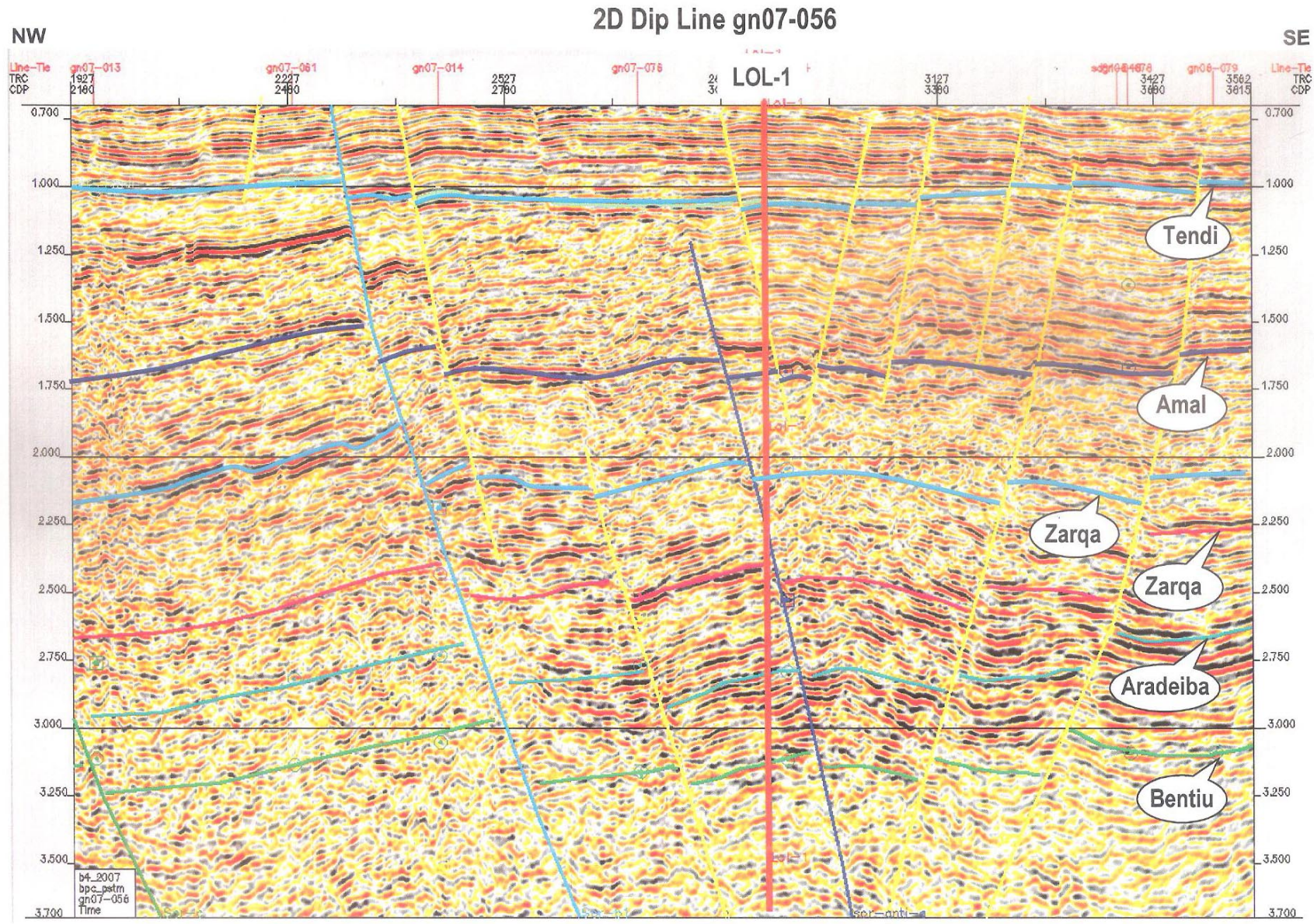
**То, что
нарисовано
красным
цветом и в
условных
обозначени
ях
подписано
«разлом»**

**Разломы. Фрагмент учебной
геологической карты**



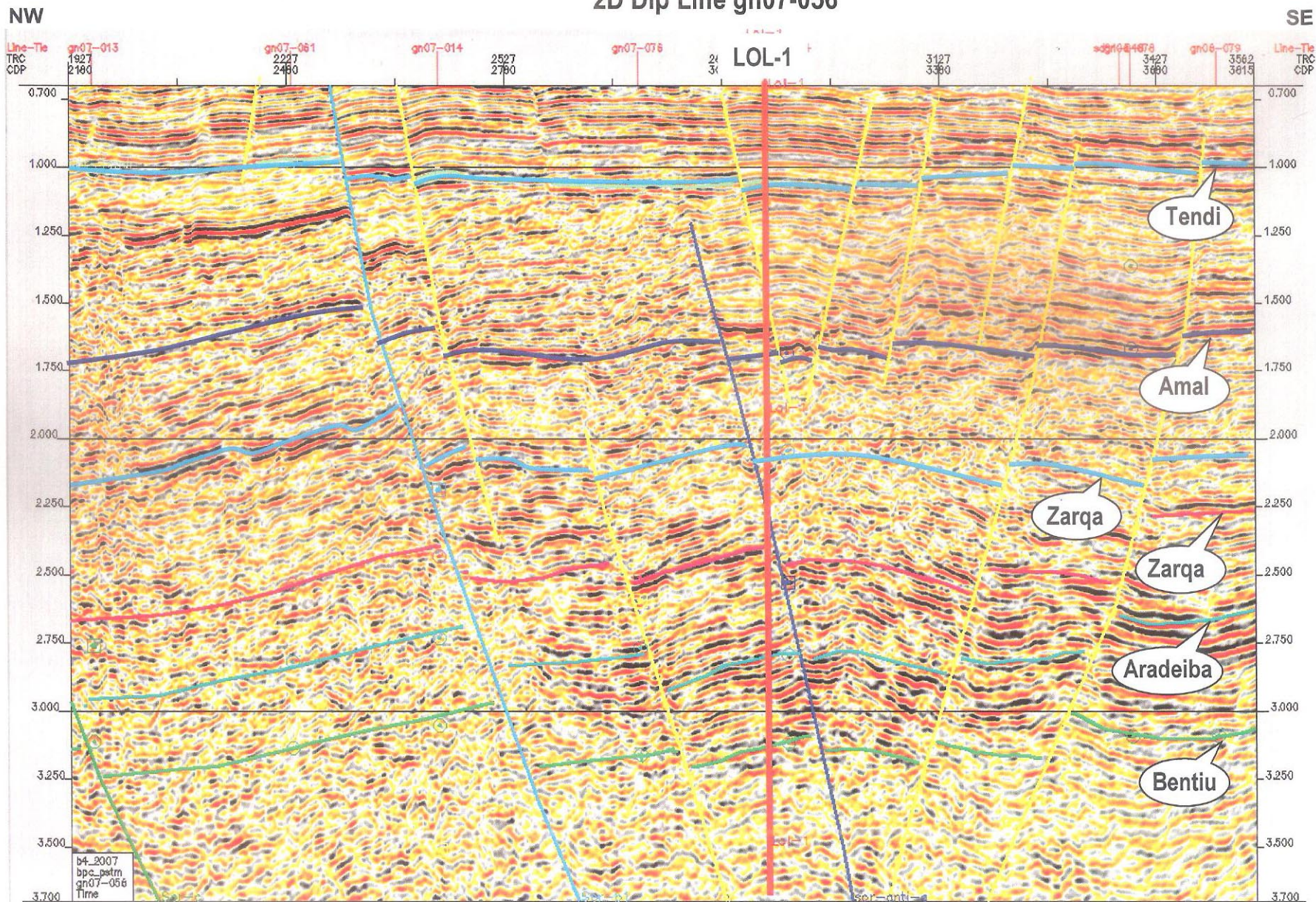
Окончание разломов переходом во флексуру, или в серию трещин по разрезу или по простиранию

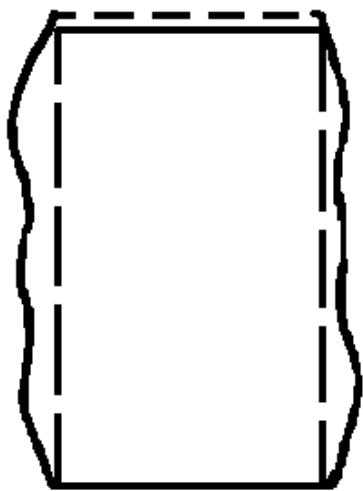
Разломы на сейсмических профилях



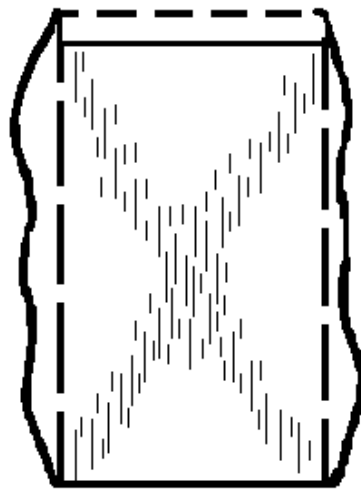
По ним смещаются отражающие горизонтислои

2D Dip Line gn07-056





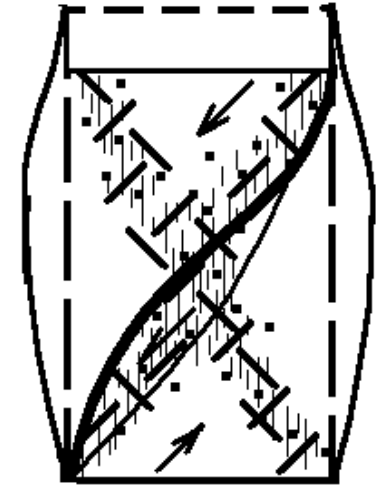
Упругая деформация



Стадия катаклаза (образование зародышевых трещин)



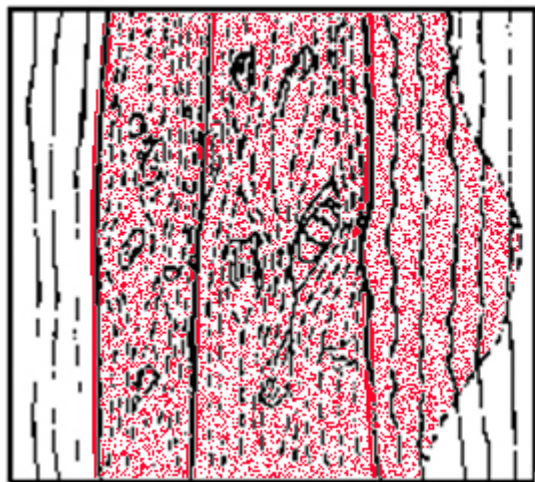
Возникновение зон скалывания и пластическое течение



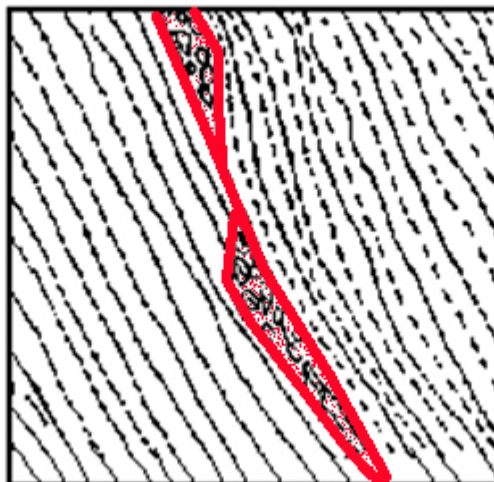
Возникновение единой трещины сдвига

Различные стадии формирования разрыва в каменной соли. Пунктиром показана первоначальная форма образца. Сместитель разлома - более или менее широкая и сложно построенная зона.

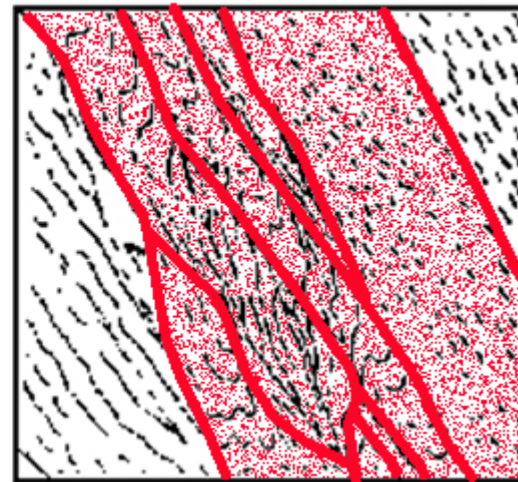
Внутреннее строение сместителя разлома



Перетертая зона с захваченными кусками пород



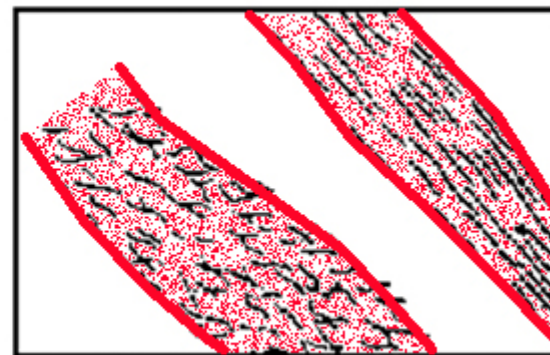
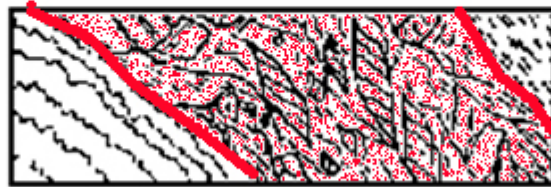
Линзы брекчии вдоль разрыва



Тектоническое переслаивание



Тектоническая брекчия вдоль разрыва



Трещиноватость

Строение сместителя 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.



Зона трещиноватости. Южное Предуралье. Фото автора

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)





Смятые в складки **милониты** по долеритам. Фото Кирмасова. По А.В.Тевелеву

Борозды скольжения в известняке. Южное Предуралье. Фото автора.



По направлению перемещения крыльев относительно плоскости сместителя выделяют:

Перпендикулярно – раздвиги

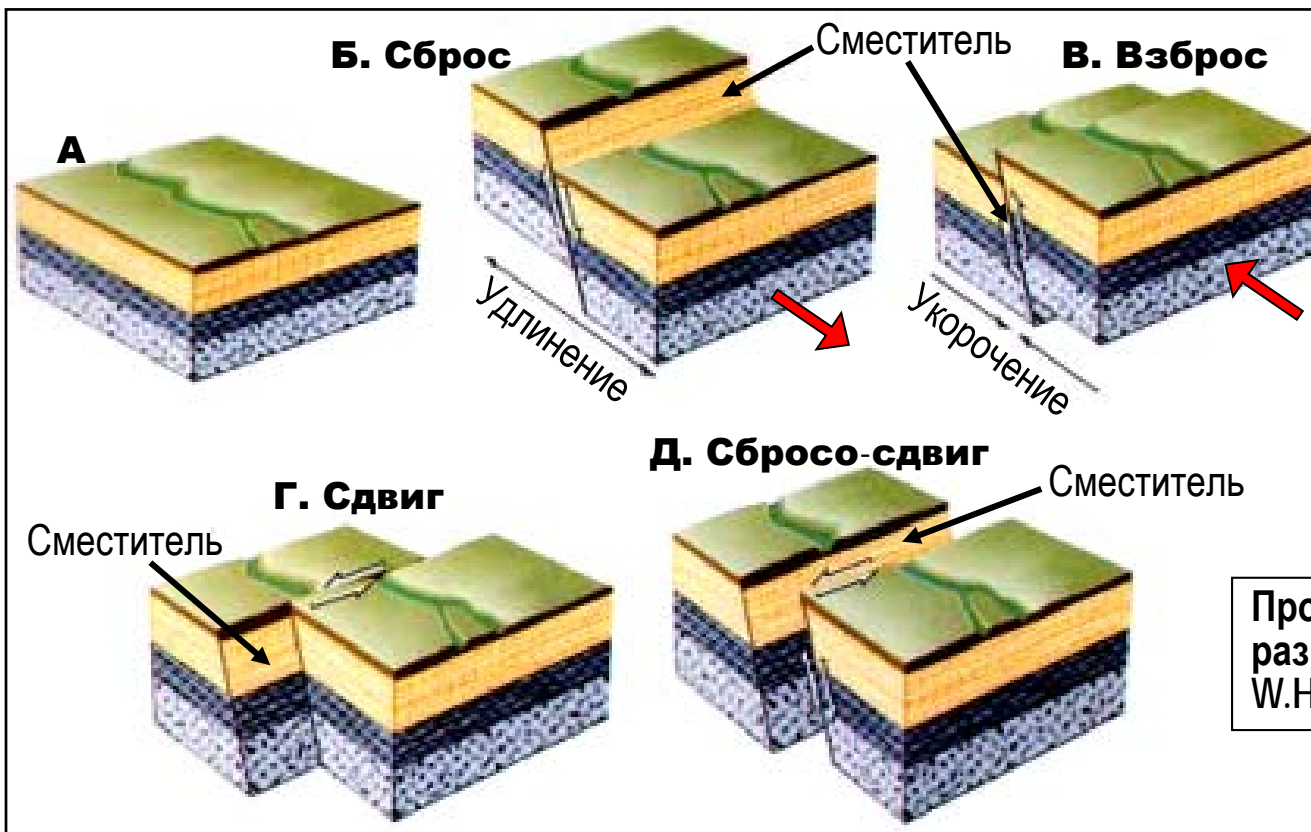
В плоскости сместителя

- по падению (восстанию) – сбросы и взбросы

- по простиранию - сдвиги

-под углом - комбинированные

Морфологические классификации разломов



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.**



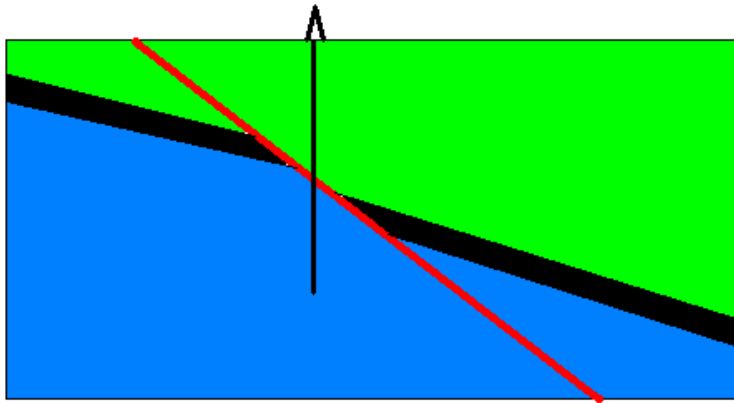
. Раздвиг. Север Красного моря и заливы Суэцкий и Акаба. Планета Земля.



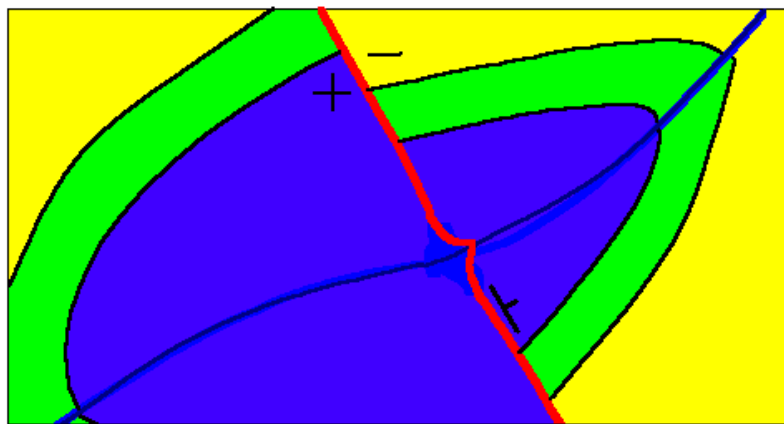
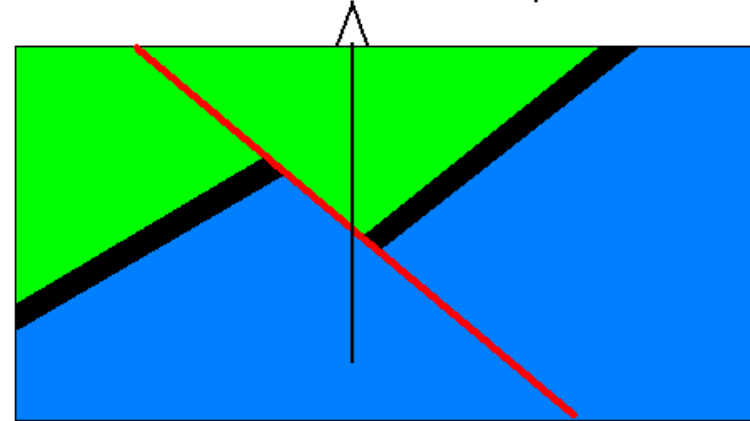
Раздвиги

Сброс - разлом, у которого сместитель наклонен в сторону опущенного крыла, образующийся в условиях растяжения земной коры.

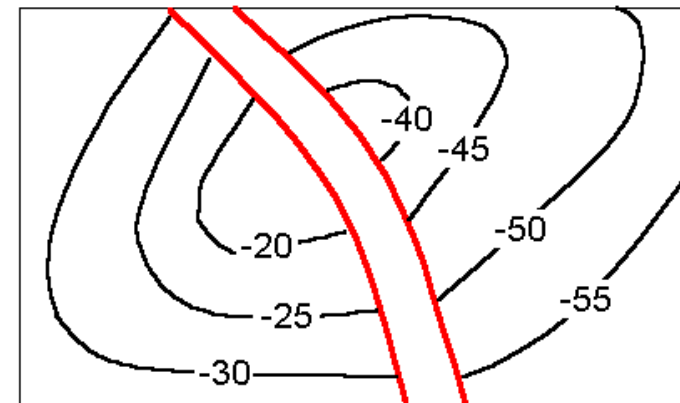
Согласный сброс (в разрезе) пересекает моноклинально залегающий пласт



Несогласный сброс (в разрезе) пересекает моноклинально залегающий пласт



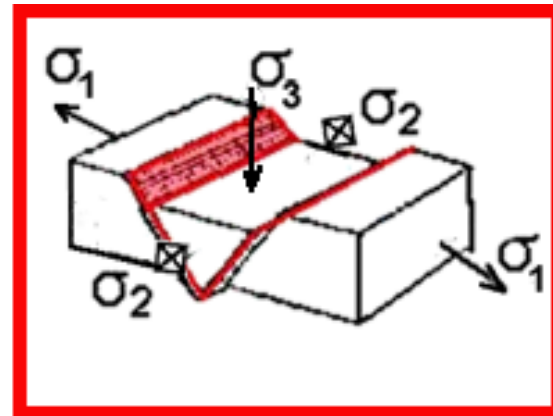
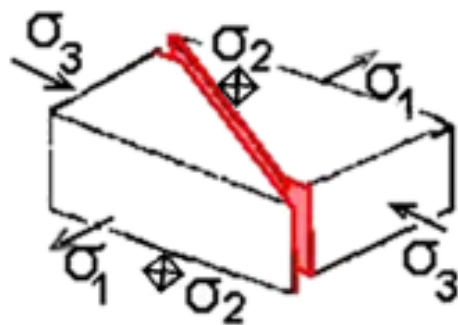
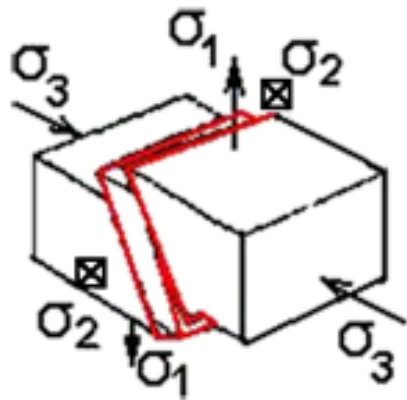
Геологическая карта наклонного сброса, пересекающего антиклиналь



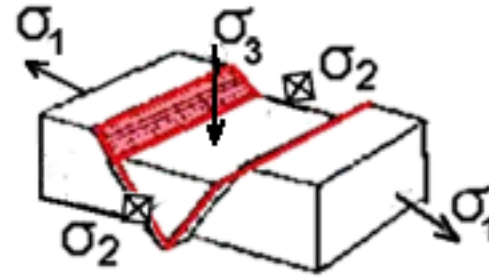
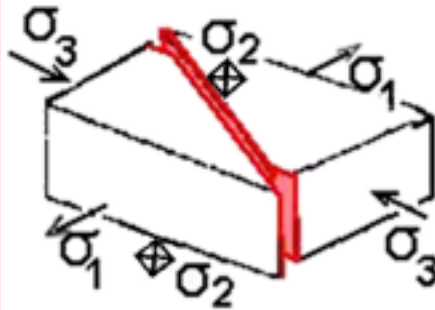
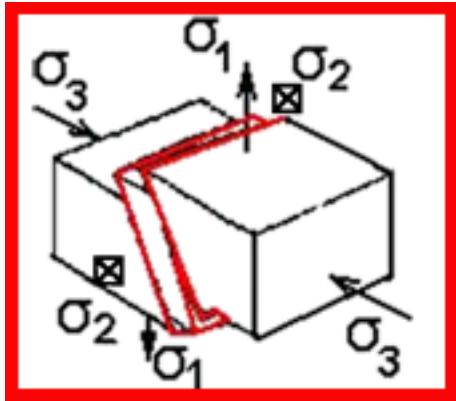
Структурная карта сброса, пересекающего антиклиналь

Сбор



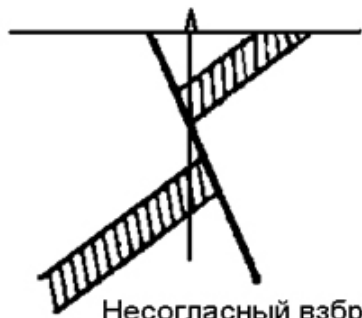


Напряжения и сбросы

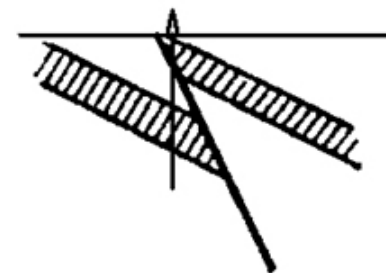


Взбросы и ориентировка напряжений

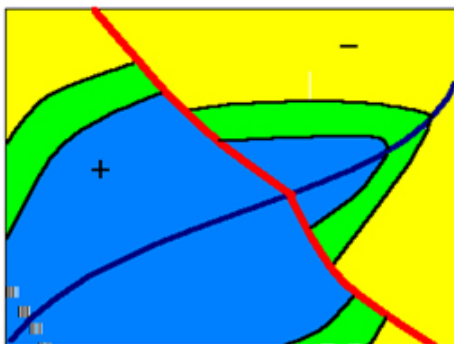
Взбросы



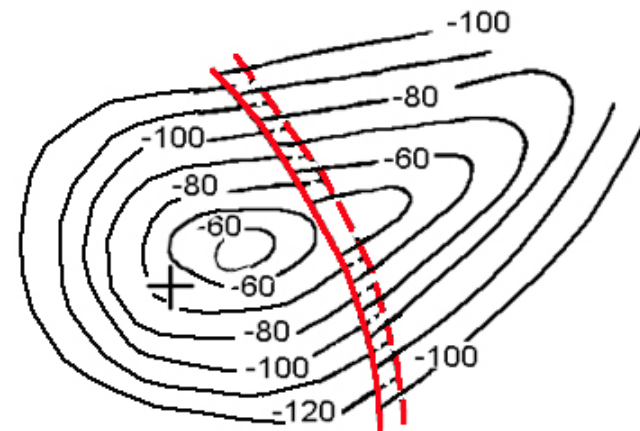
Несогласный взброс и скважина, пересекающая слои



Согласный взброс и скважина, пересекающая слои



Геологическая карта фрагмента антиклинальной складки, осложненной взбросом



Структурная карта антиклинальной складки, осложненной взбросом

У взбросов сместитель наклонен в сторону поднятого крыла. Образуются в условиях горизонтального сжатия земной коры. Особой разновидностью являются шарьяжи и надвиги

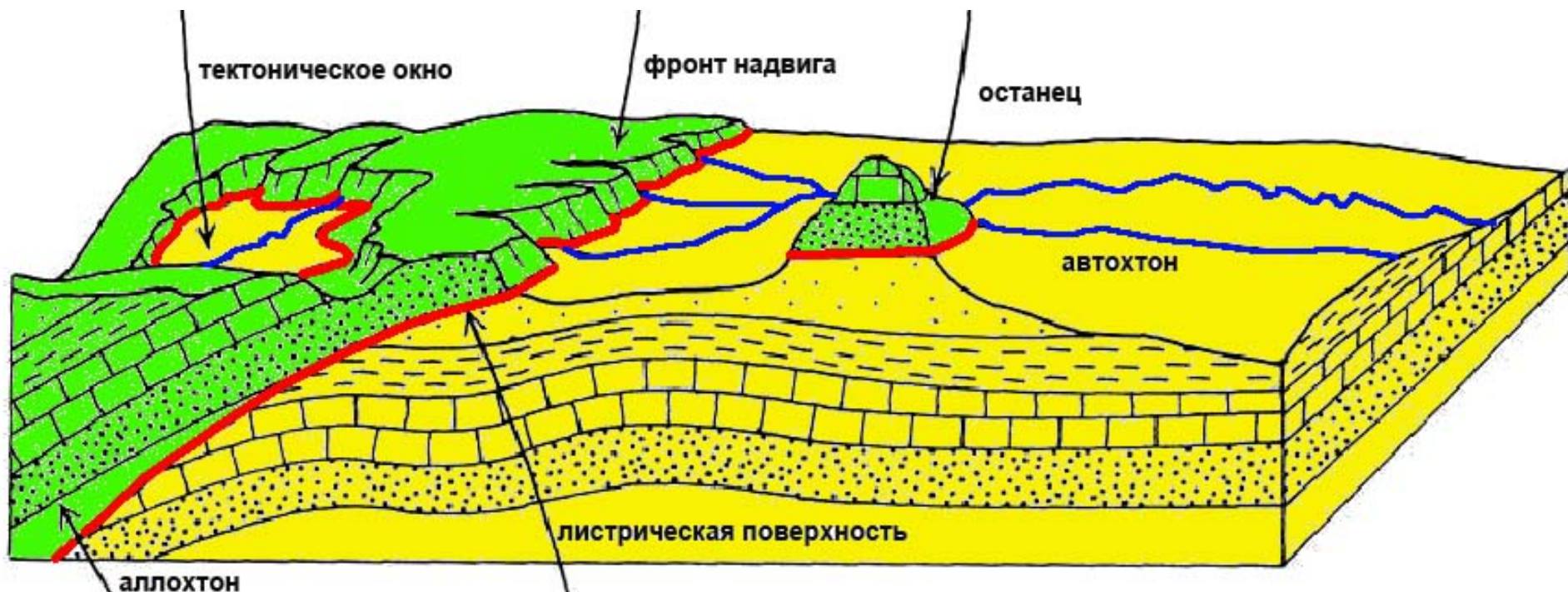


Взброс

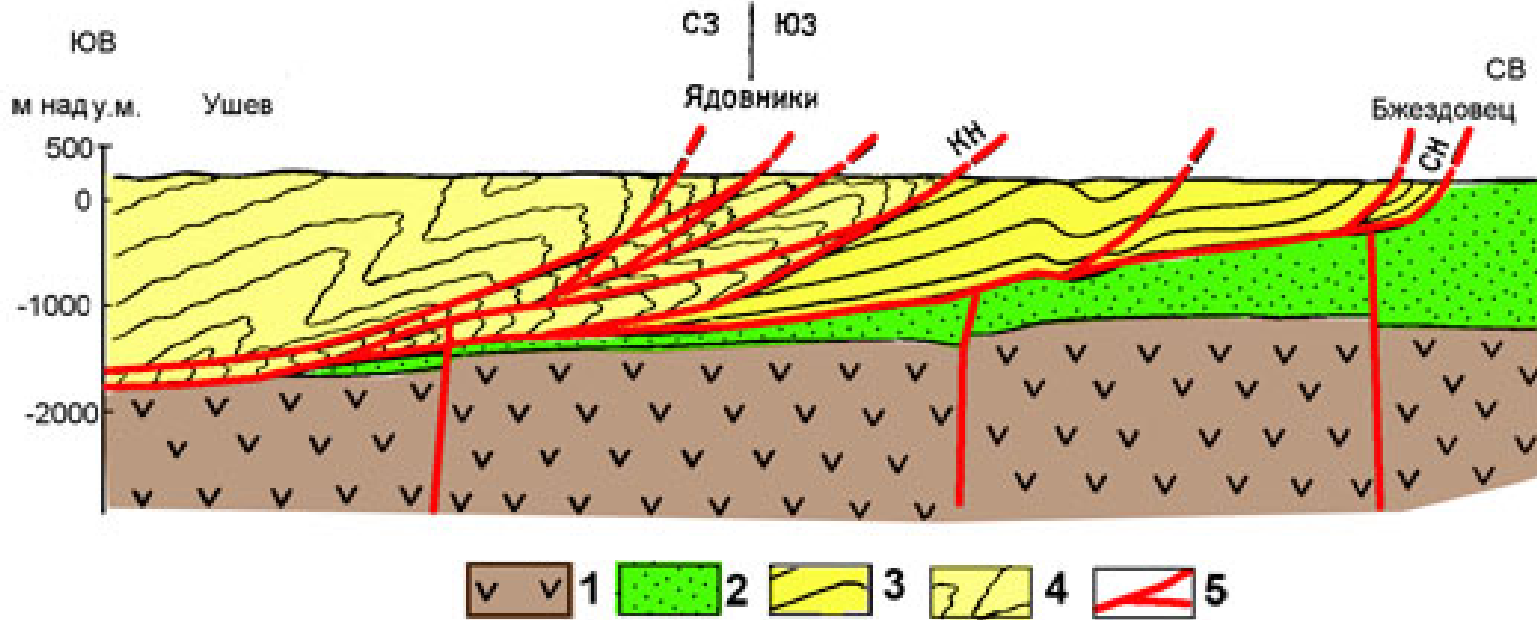
Морфологическая классификация разрывов с пологим ($< 60^\circ$) сместителем по относительному смещению крыльев

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 – **останец**, или **клиппы**.



Надвиги



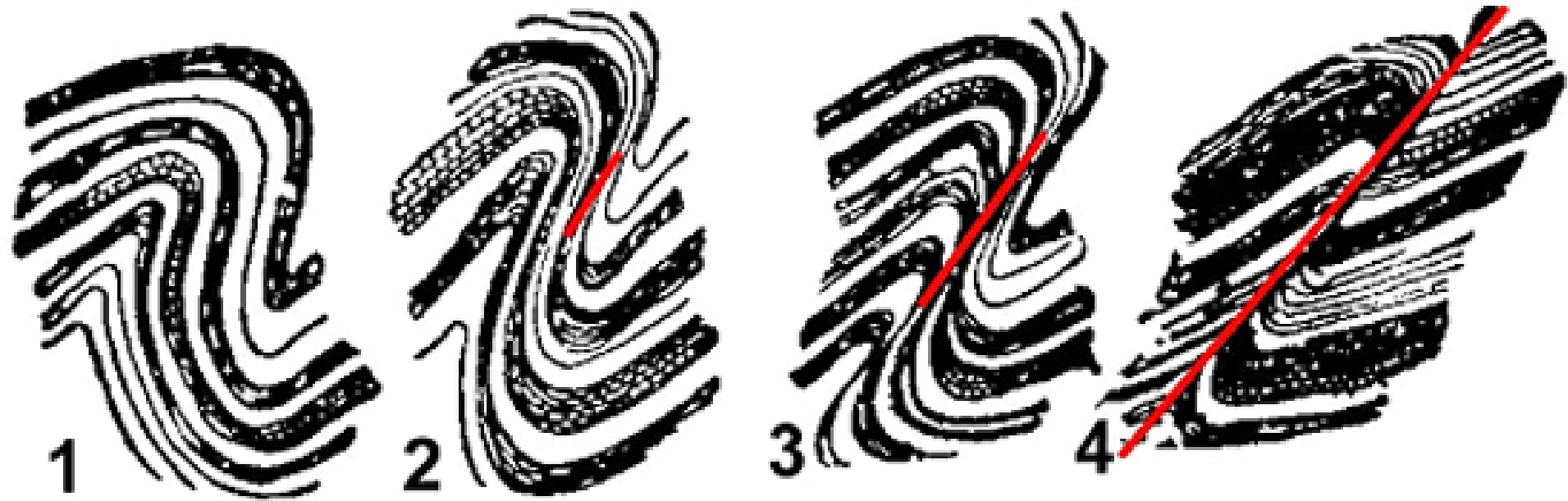
Надвиги, - пологие, с большими амплитудами перемещения, часто развивающиеся из опрокинутых складок. Надвинутое крыло - аллохтон, пододвинутое - автохтон, сместитель - листровая поверхность. Отдельные пластины, из которых состоит надвиг, называются чешуями, а надвиг - чешуйчатым. Покровы и шарьяжи - крупные горизонтальные волнистые надвиги с перемещением пород на десятки километров



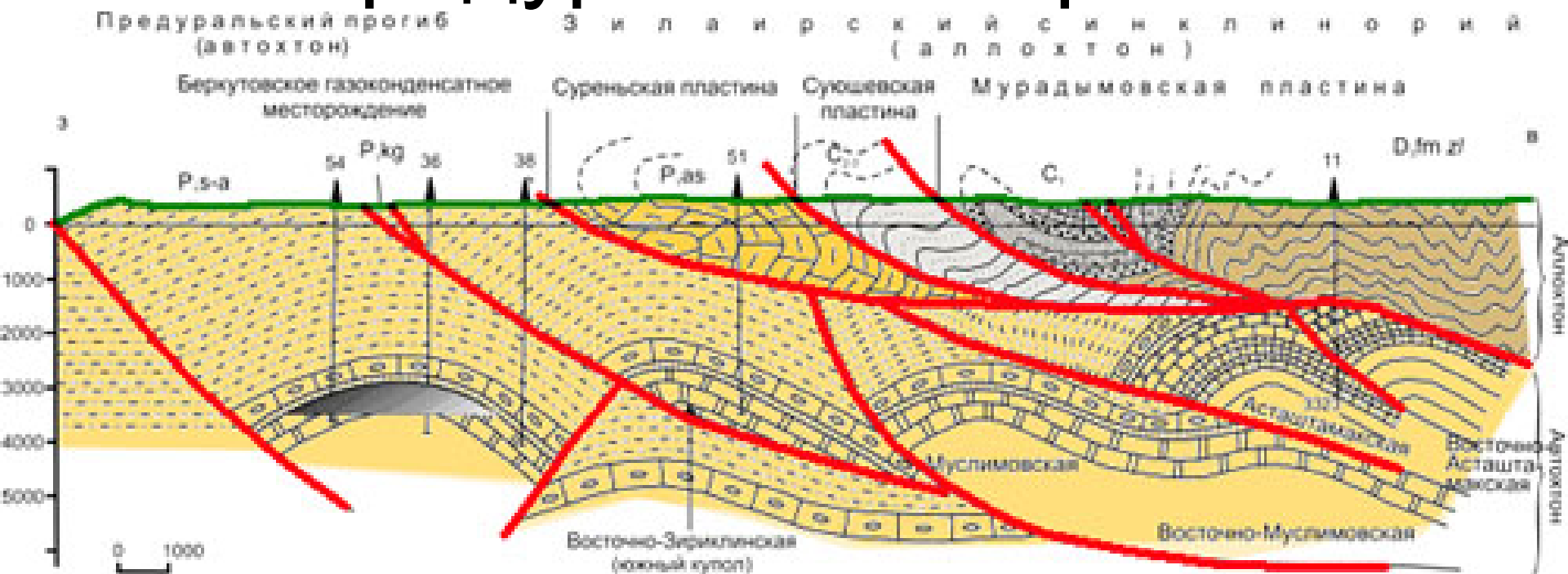
Надвиг нижнемеловых пород на верхнемеловые и палеогеновые. Видны тектонические окна и клиппены.

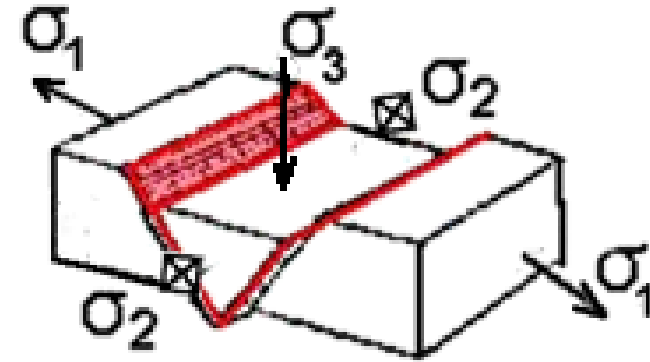
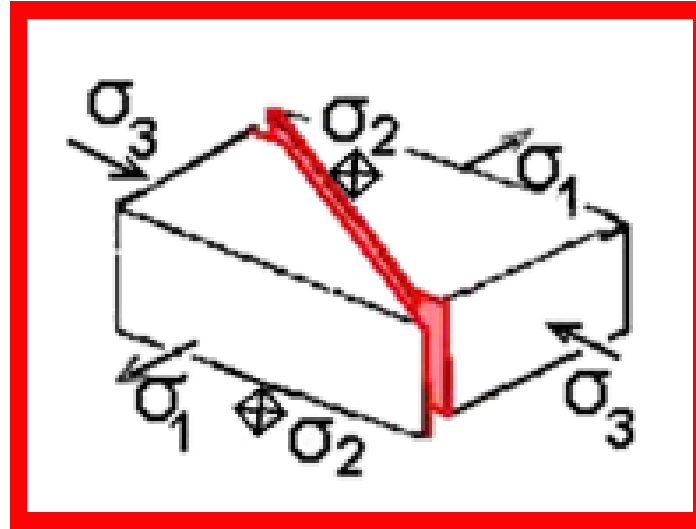
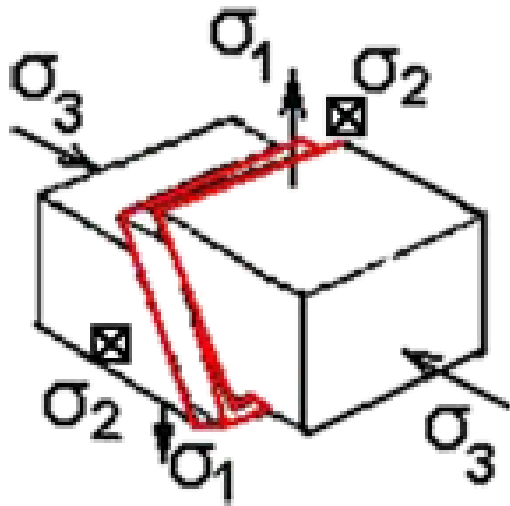
Фрагмент учебной геологической карты

Образование надвига



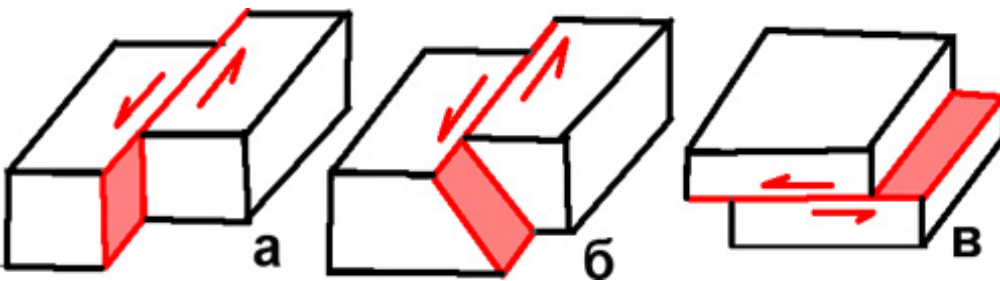
Надвиговая зона (надвиговый пояс) Предуральский прогиб





Ориентировка напряжений и сдвиги

Классификация сдвигов

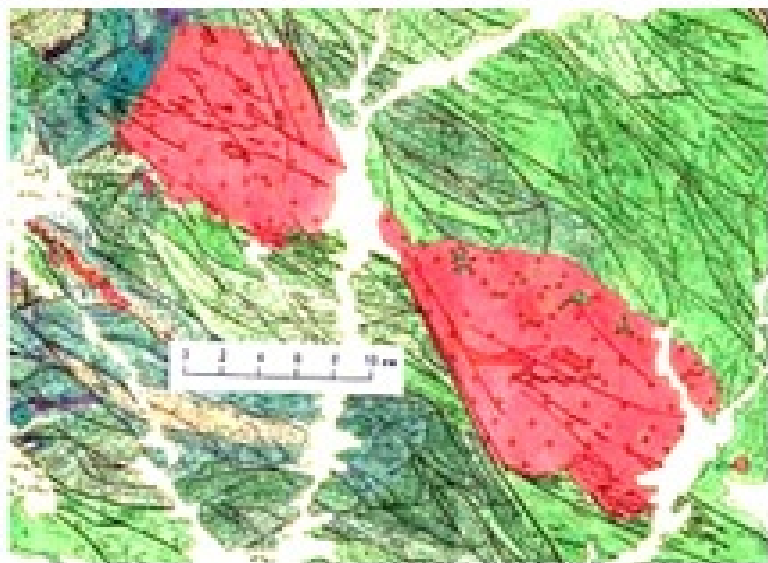


Для классификации сдвигов вводится понятие **наблюдателя**.

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

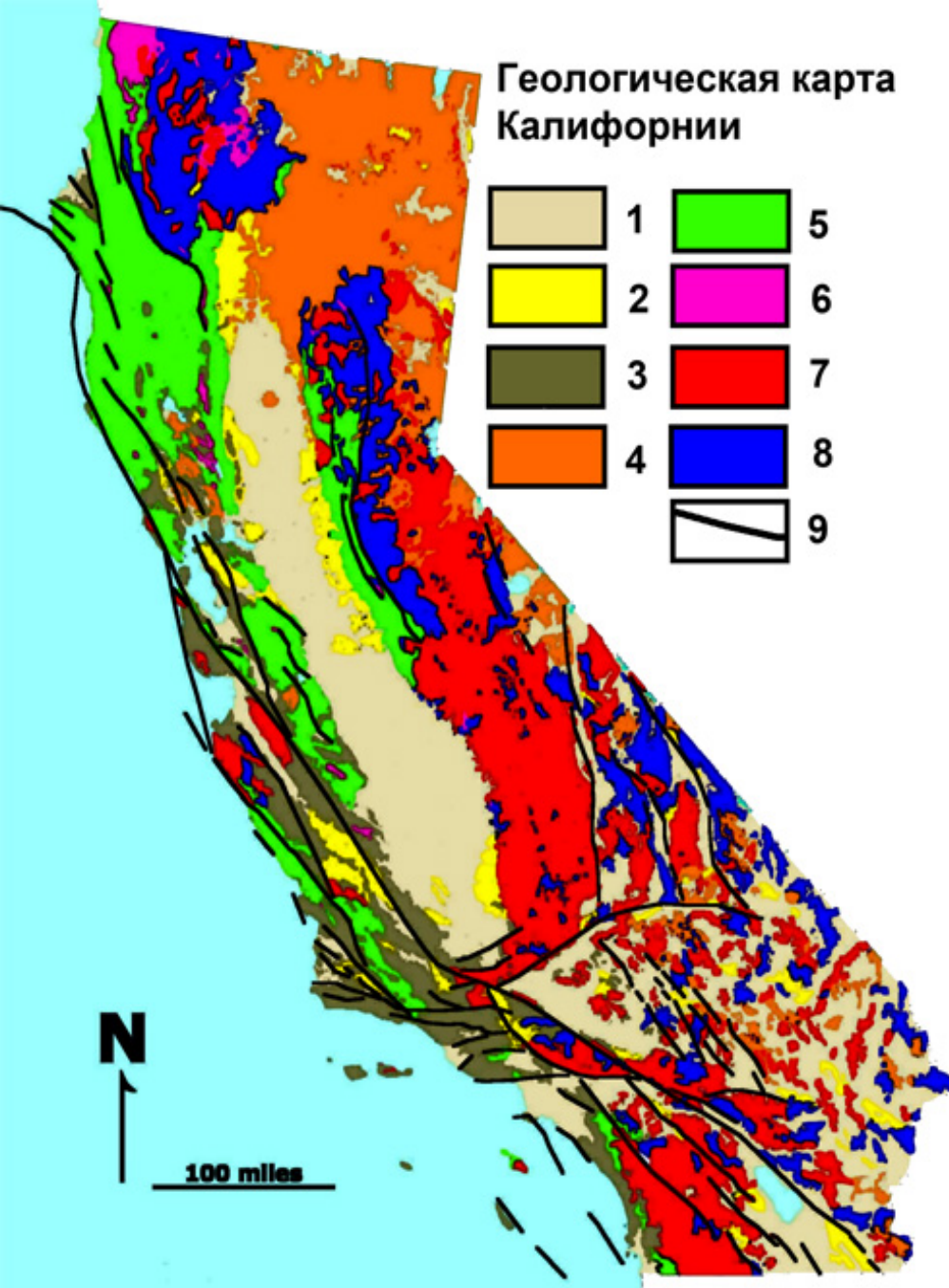
Если маркер в противоположном крыле сдвига смещен **вправо от наблюдателя**, сдвиг – **правый**.

Сдвиги а – вертикальный, б – наклонный, в - горизонтальный



а б

Правый сдвиг, разрывающий гранитный массив Сусызкара. Северное Прибалхашье. А – фрагмент геологической карты (по А.Я.Кошкину, 1986), б – «Планета Земля».



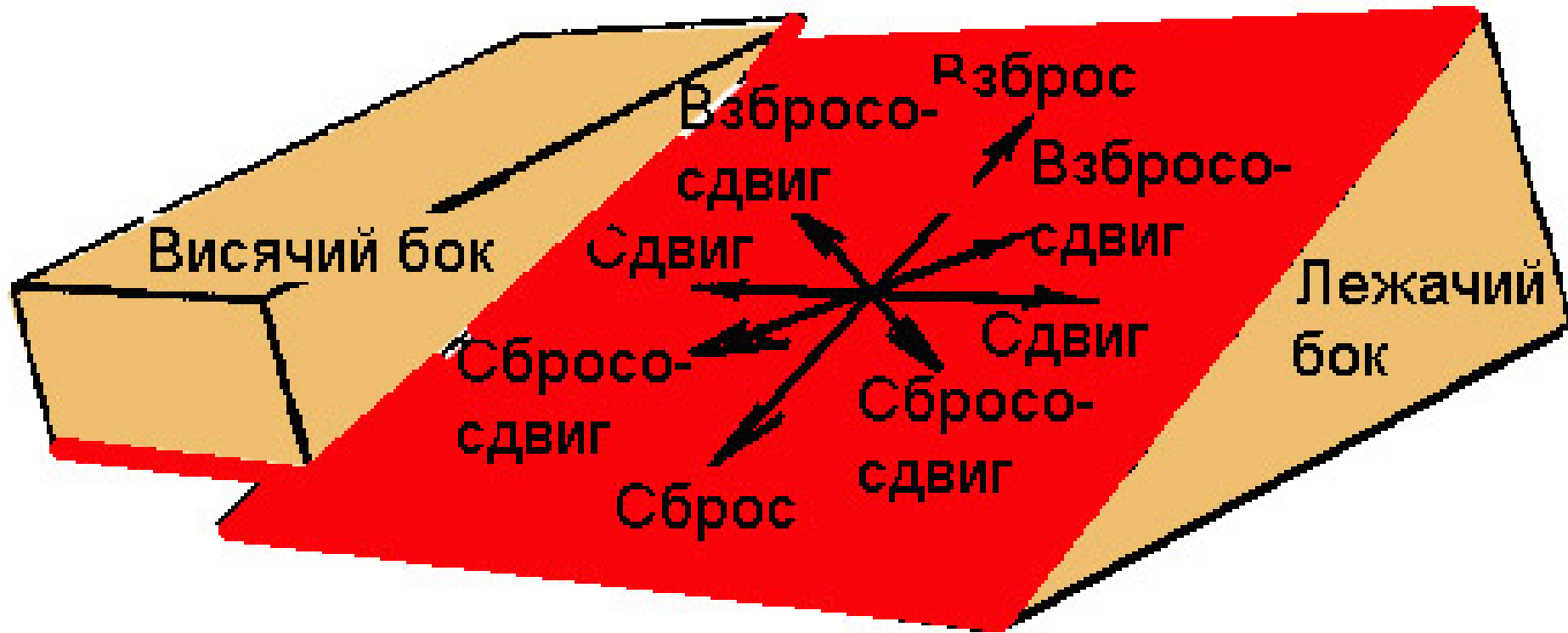
Сан-Андреасский сдвиг и примыкающие к нему разломы Калифорнии

1 – неконсолидированные осадки, 2 – третичные и четвертичные осадочные породы, 3 – третичные осадочные породы, 4 – третичные и четвертичные вулканические породы, 5 – мезозойские осадочные породы, 6 – ультраосновные породы, 7 – мезозойские гранитоиды, 8 – метаморфические породы 9 – разломы

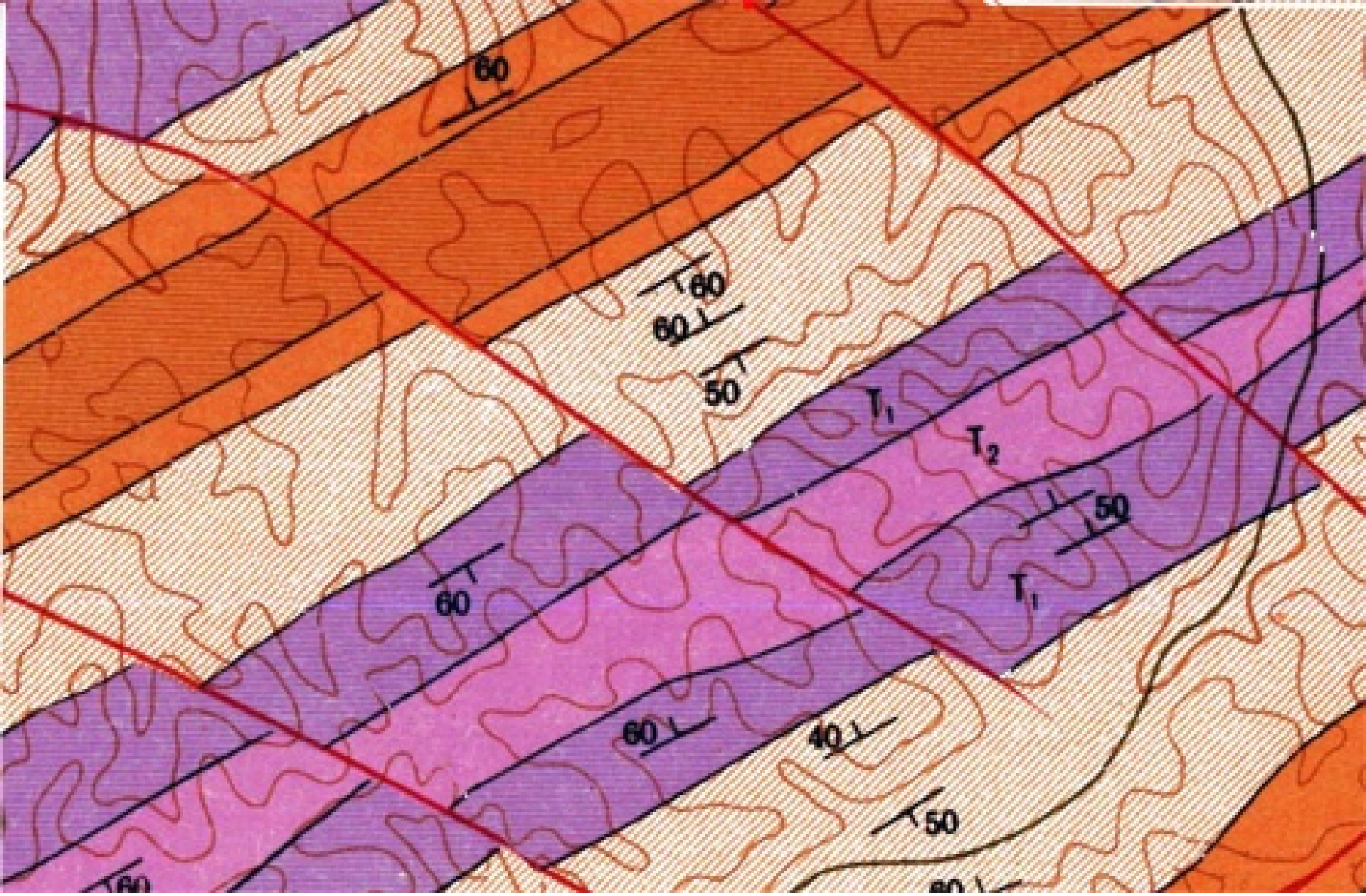
(<http://fr.academic.ru/dic.nsf/frwiki/750026#>)



Комбинированные разломы

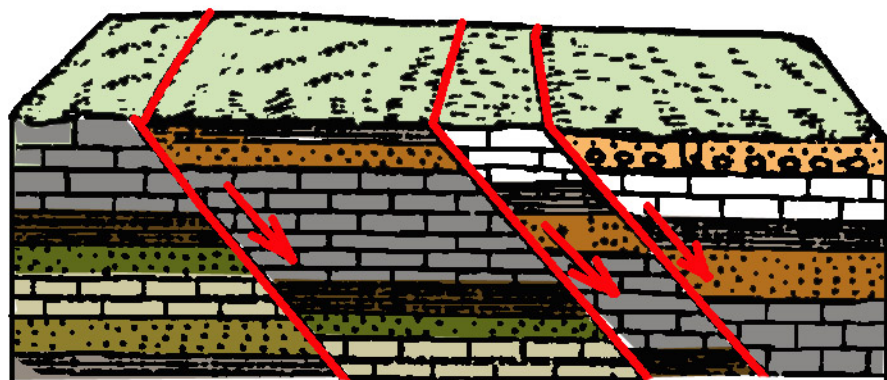


- В англоязычной и плохой переводной литературе все разломы называются сбросами (по падению - прямые - сбросы и обратные - взбросы , по простиранию (сдвиги))



Серия крутых сбросо-сдвигов, пересекающих линейную синклиналию складку. Фрагмент учебной геологической карты

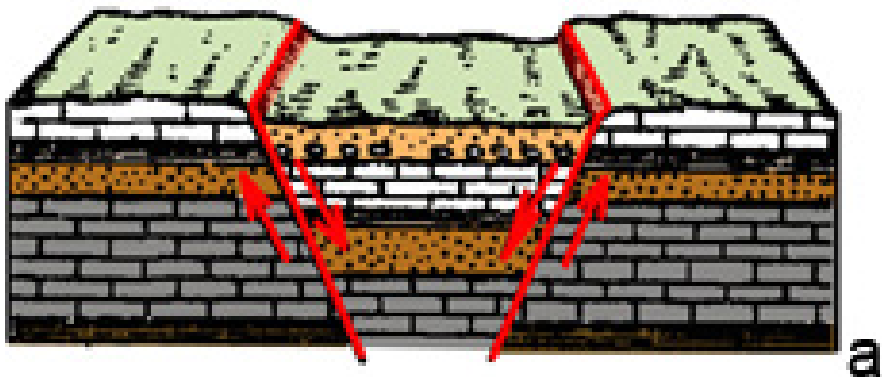
Ступенчатые сбросы



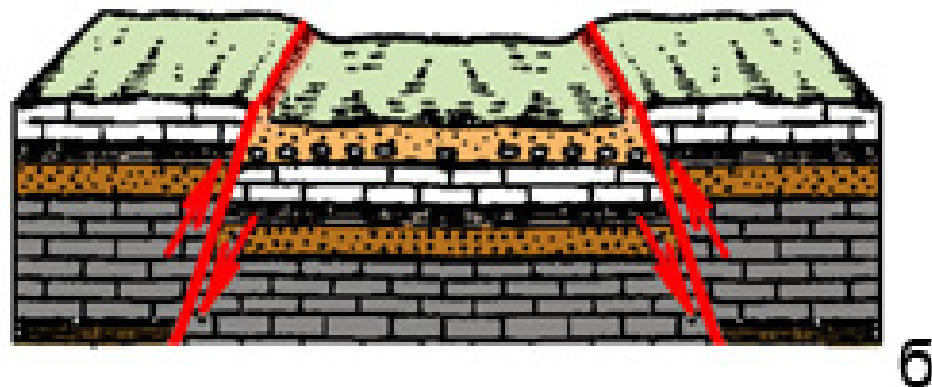
полуграбен – асимметричная отрицательная структура, ограниченная **одним крупным сбросом**, другое крыло полуграбена представляет собой **моноклинал**

Ассоциации разломов

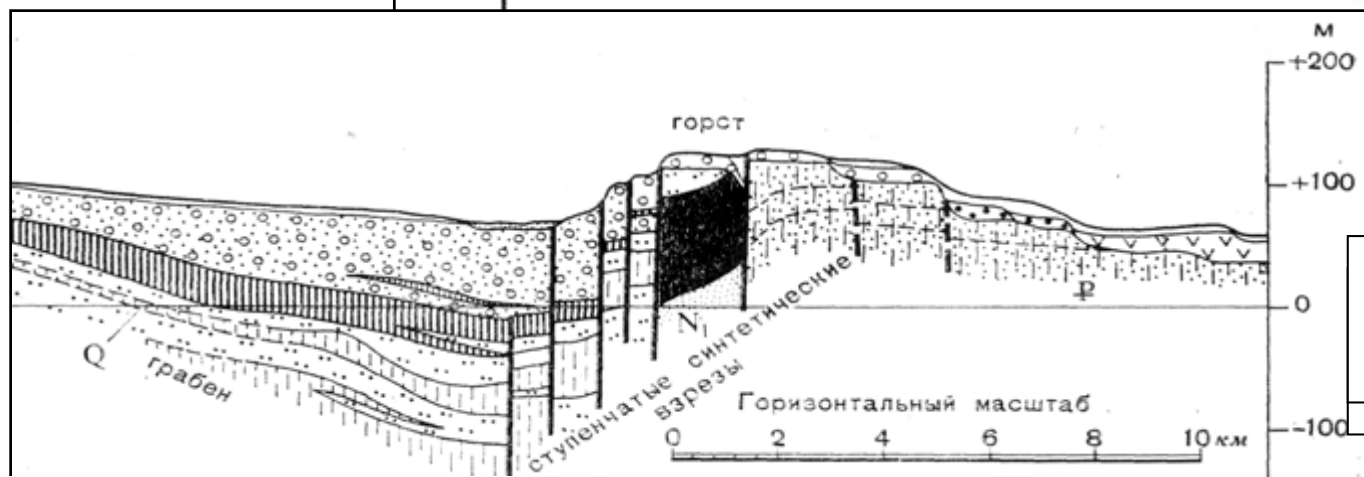
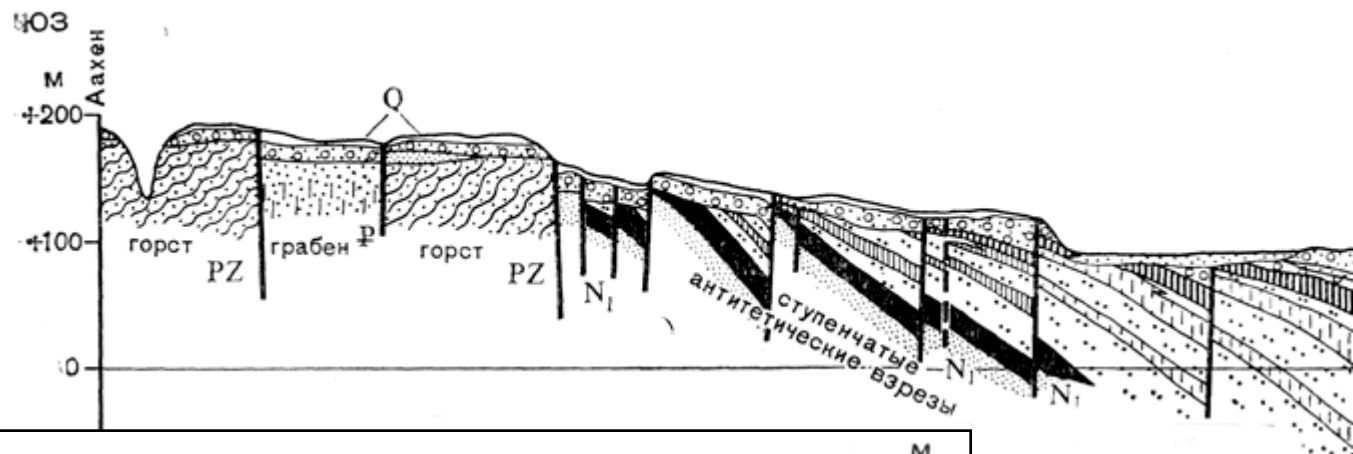
Грабен



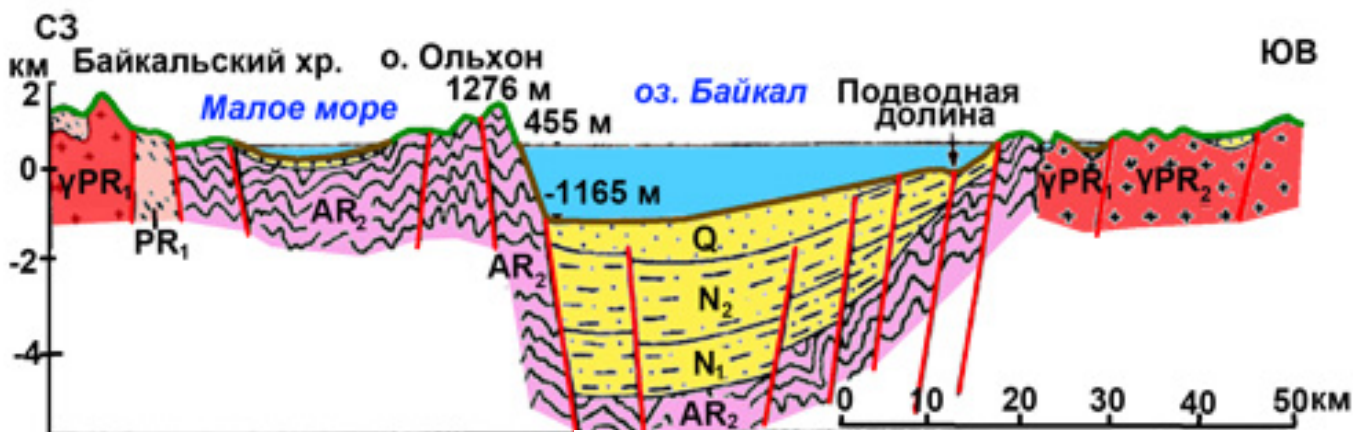
Рамп



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

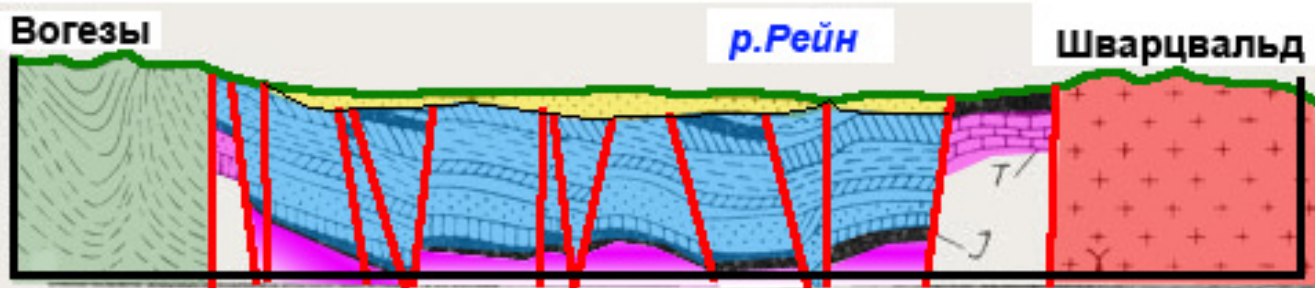


Рурский бассейн
[по Л. Ахорнеру
(из В.В. Белоусова)]



**Грабены,
ступенчатые
сбросы и
полуграбены**

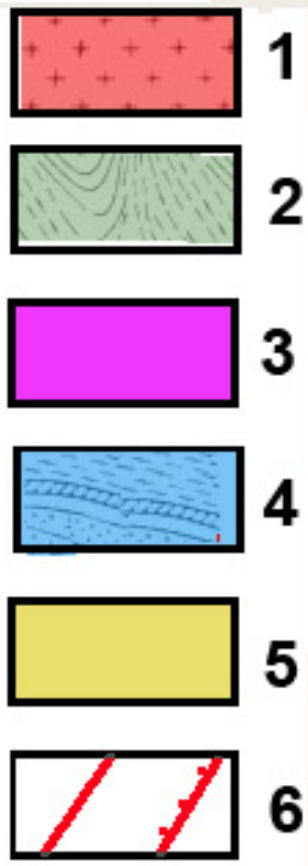
Разрез через Байкальский рифт (Милановский, 1989)



а



б



Рейнский грабен

а – разрез,

б – схематическая карта

1 - граниты, 2 – метаморфизованные

палеозойские породы,

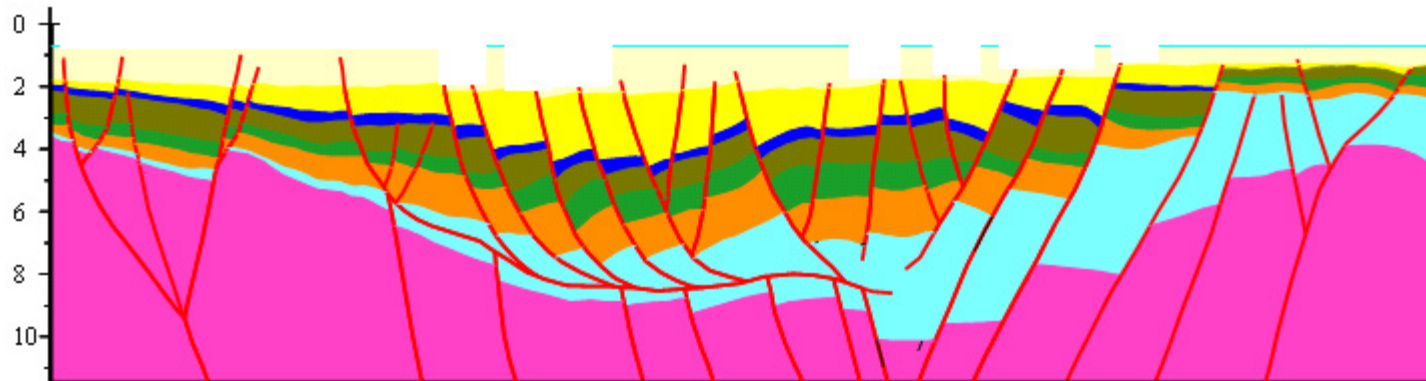
3 – триасовые породы,

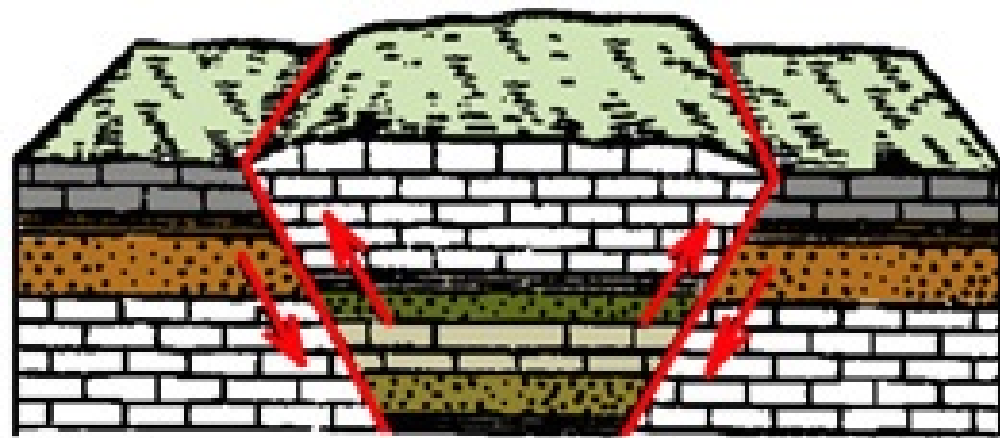
4 - юрские породы,

5 – олигоцен и четвертичные

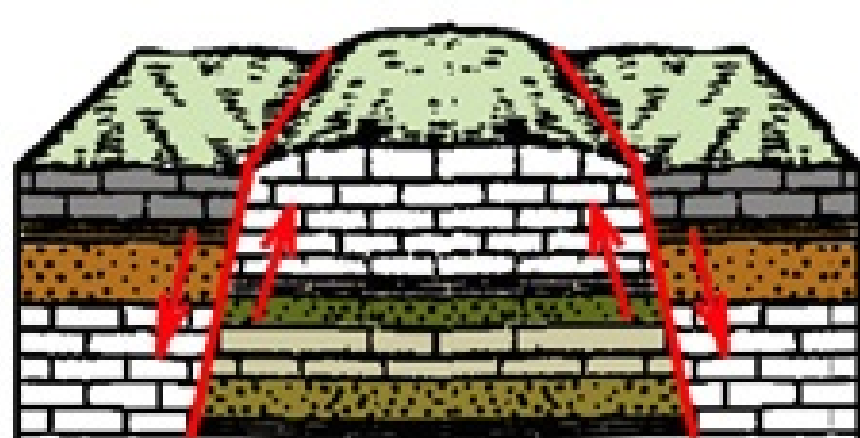
отложения (по Холмсу)

В большинстве случаев крупные разломы в глубинах выполаживаются и сливаются друг с другом



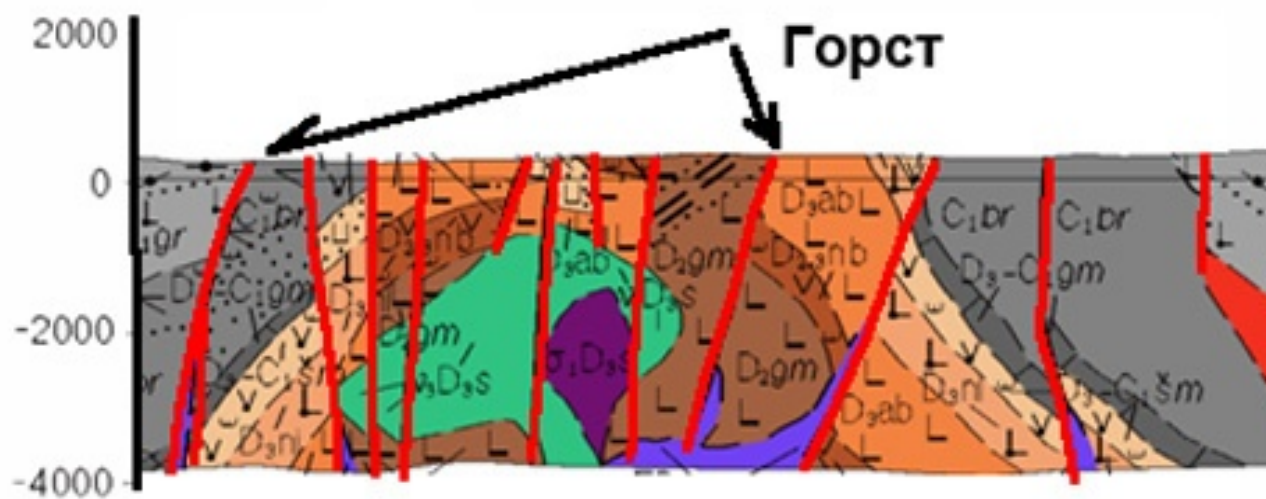


а



б

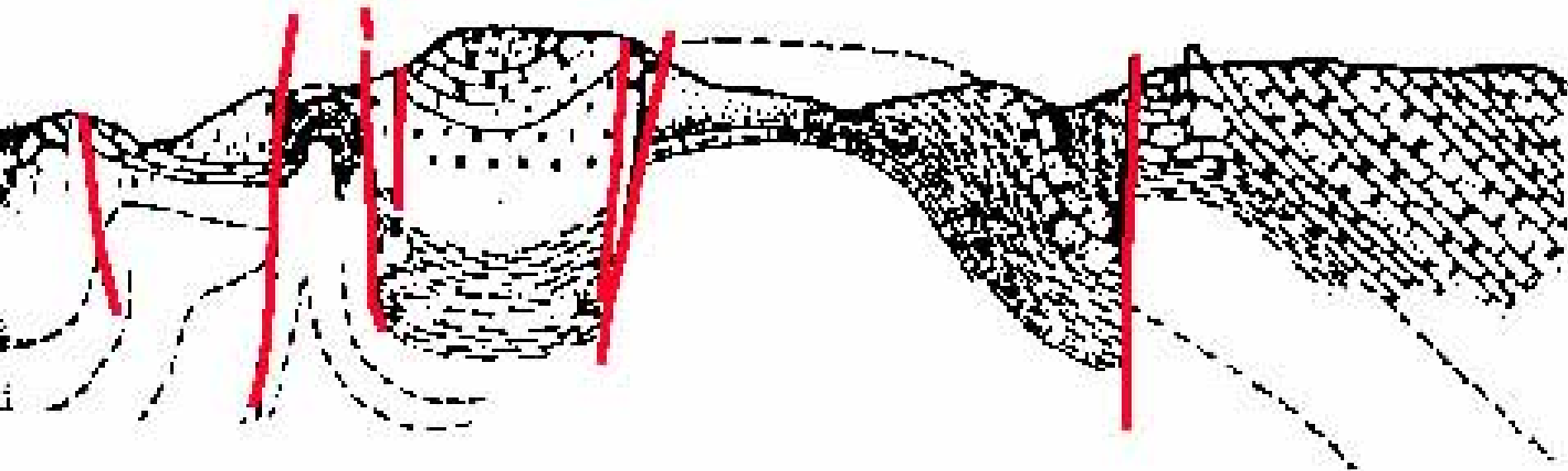
Горсты ограниченные взбросами а, и сбросами (б)

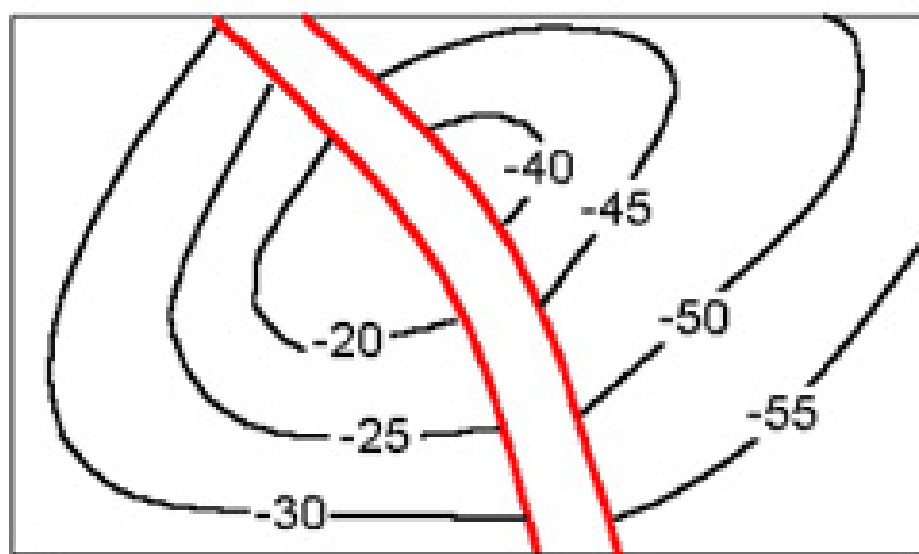


Горст. Южный Урал (По В.М. Мосейчуку, 2000)

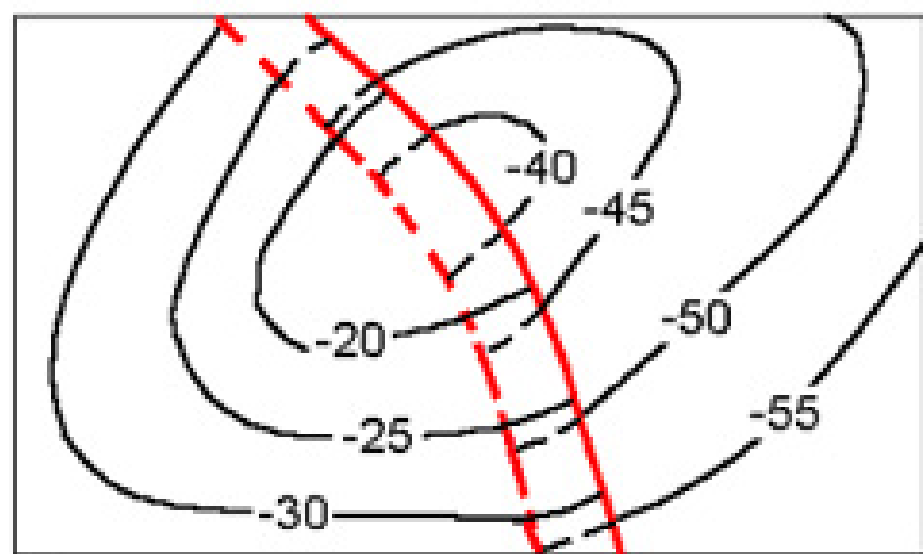
Взаимоотношения разрывов и складок

Горст-антиклинали. Геологический разрез через хр. Каратау.

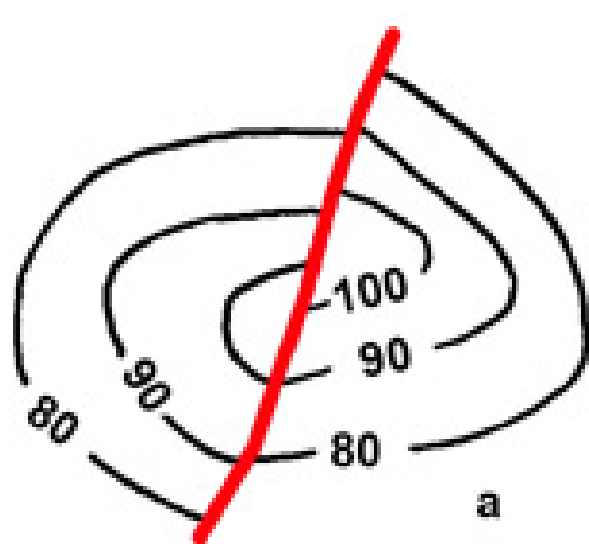




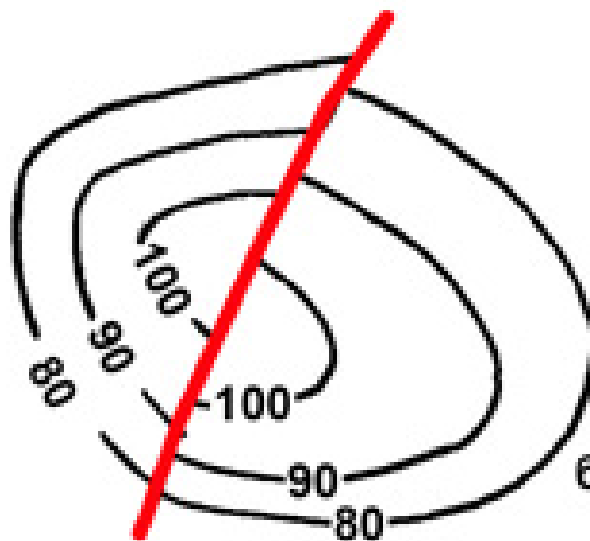
а



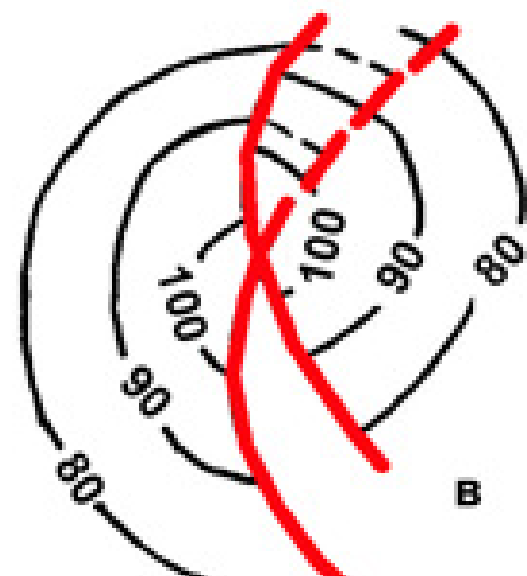
б



а



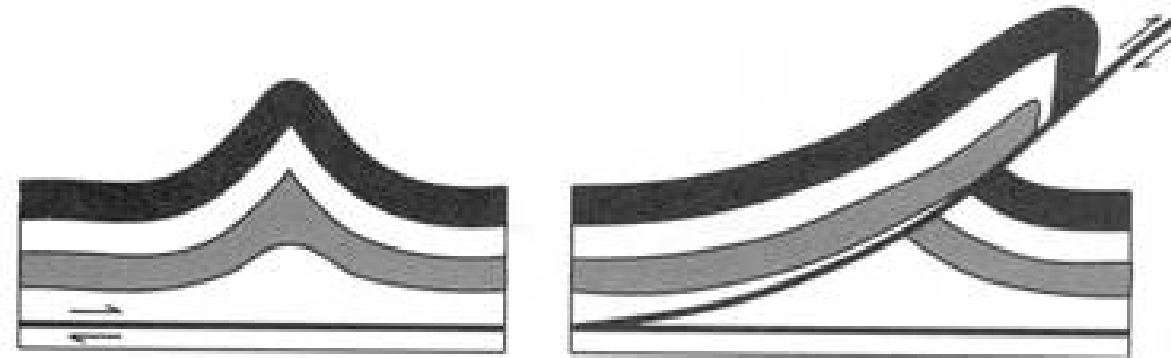
б



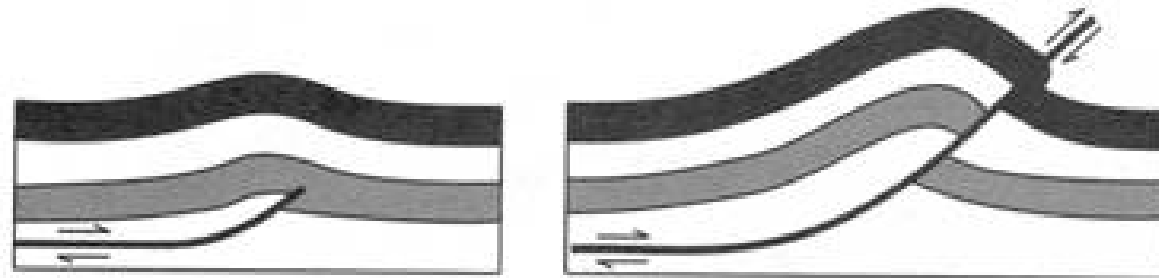
в

Геометрические соотношения разрывов и складок на структурной карте

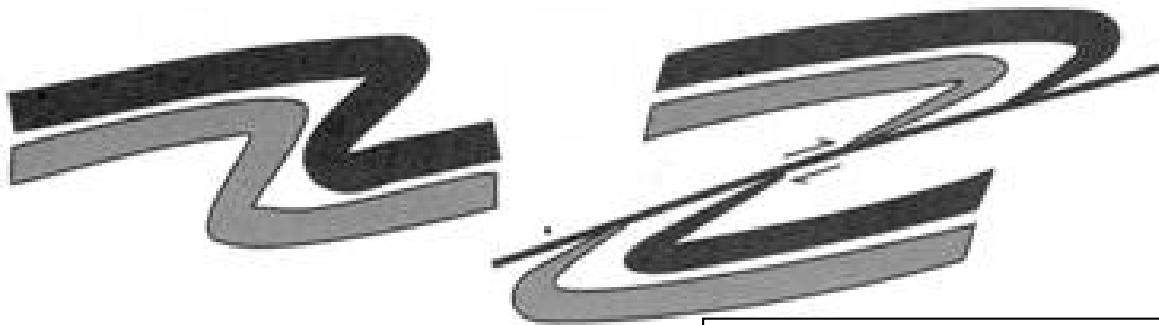
Сценарии образования надвигов



A.



B.



C.

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.

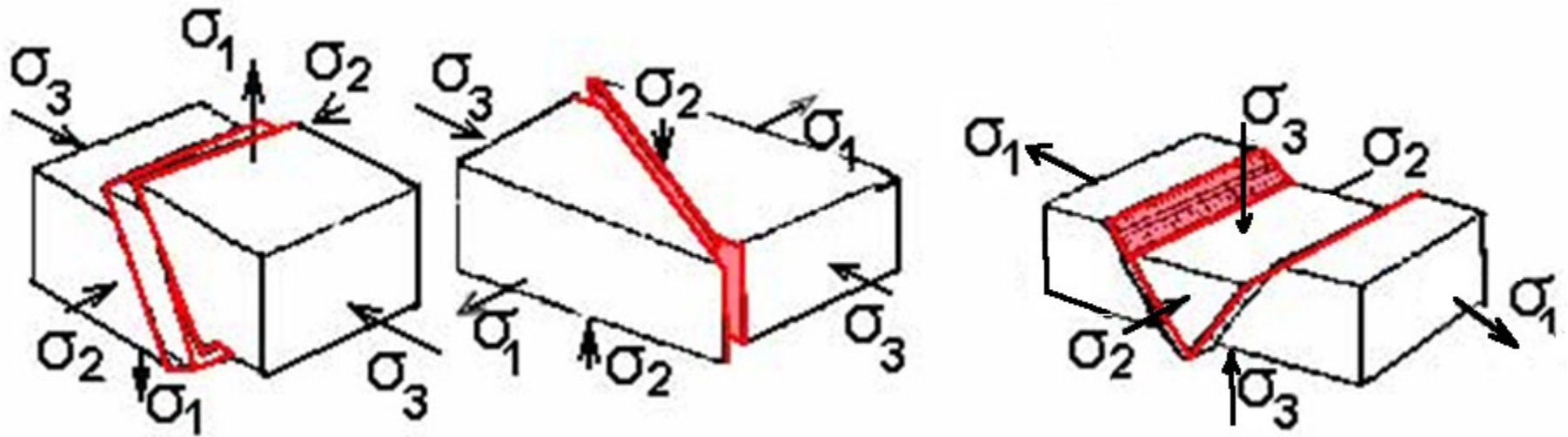
Варианты формирования разрывов при развитии складок (Twiss, Moor, 2000)

Черепашковая структура (радиально-концентрическая)

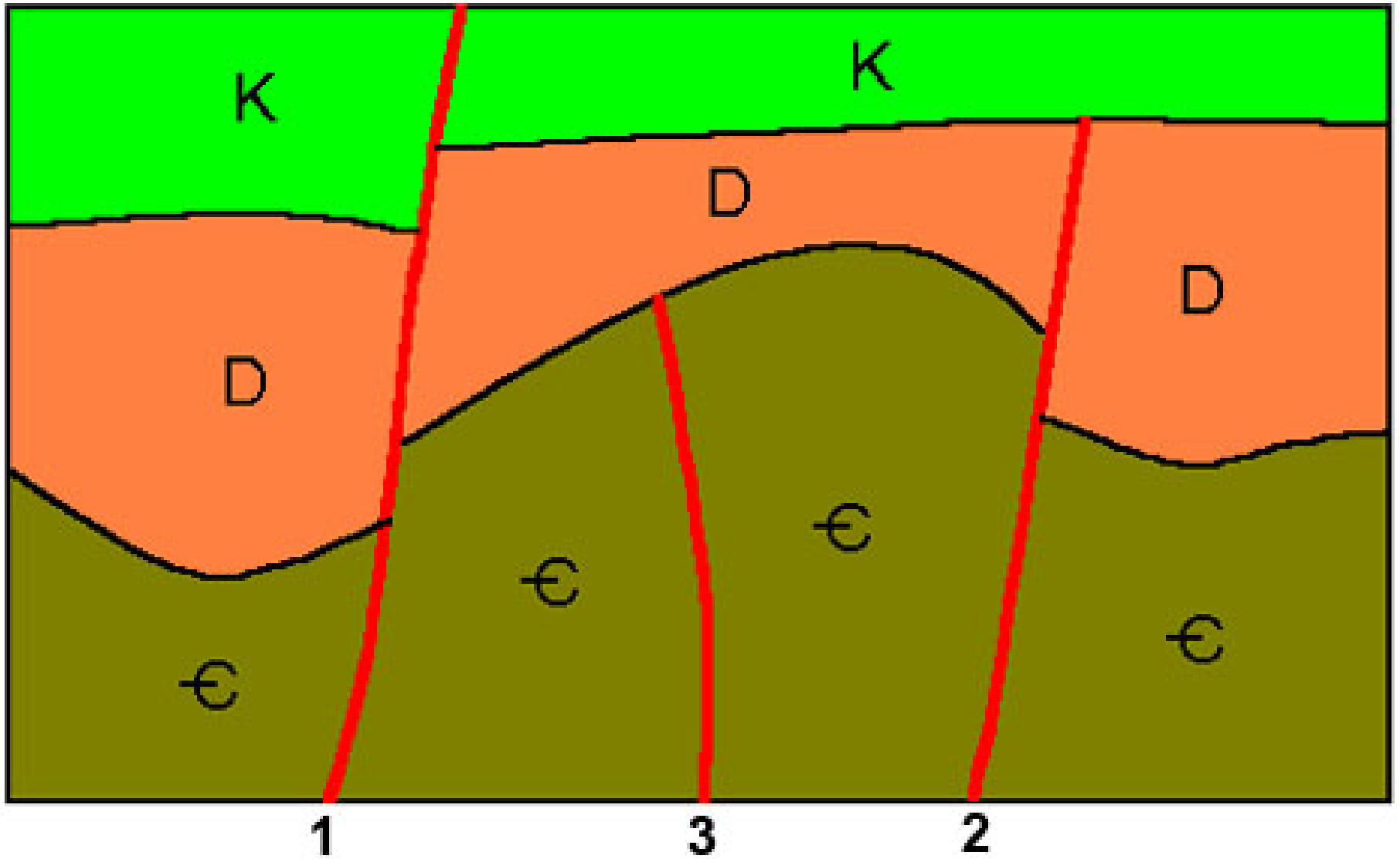


Система радиальных и концентрических трещин. Купол Хаукипс в Техасе

Тектонодинамическая характеристика разломов

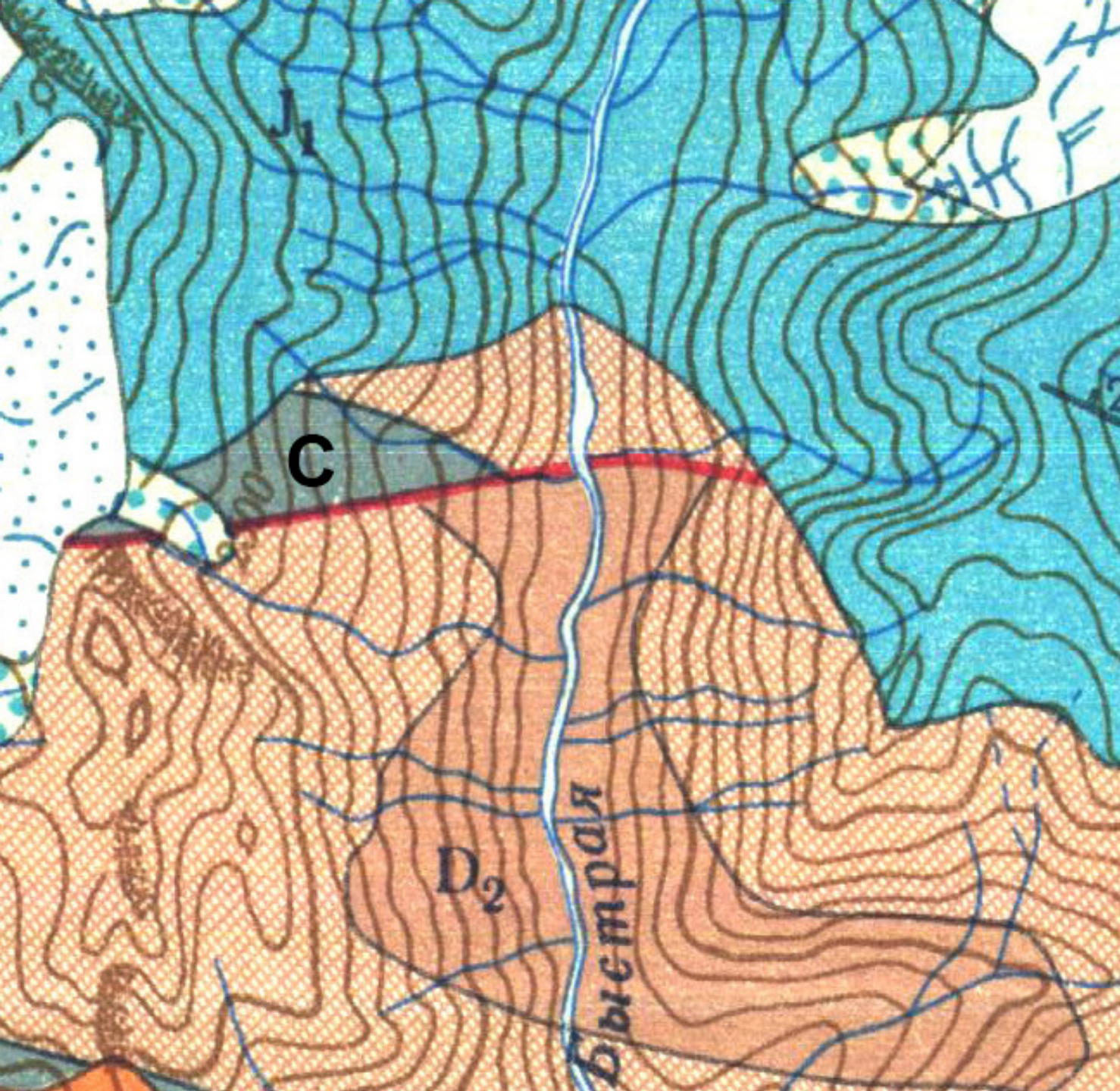


**Анализ ассоциаций разломов
служит для восстановления полей
напряжений**

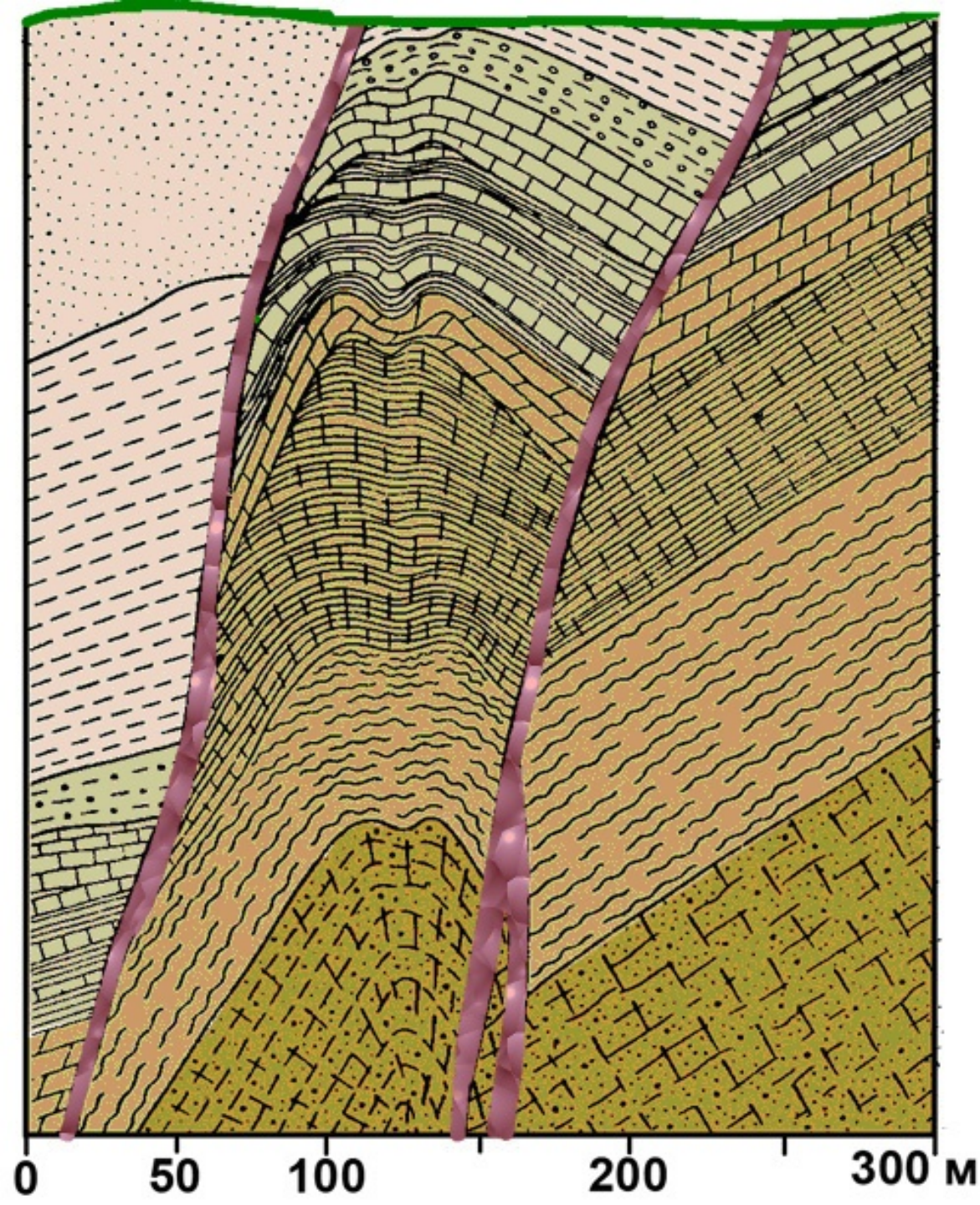


Возраст постседиментационных разломов

геологи-2022-дизъюнктивы
Милосердова Л.В.

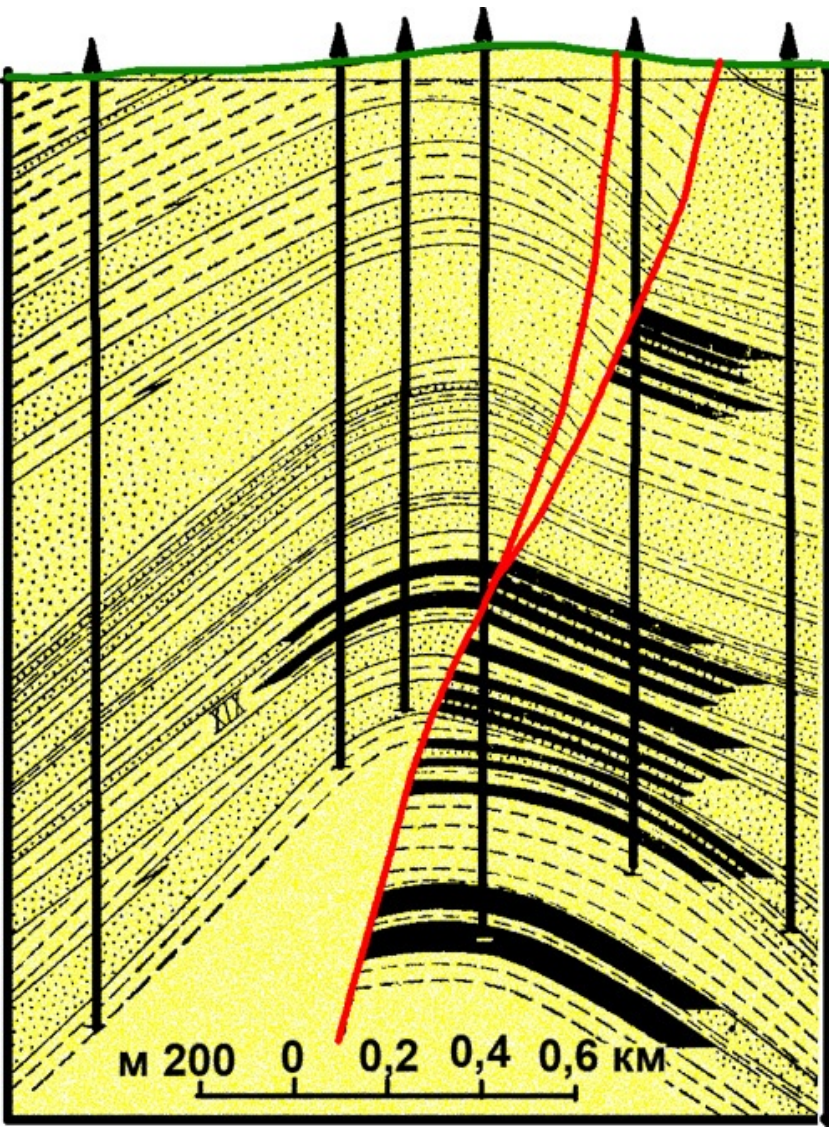


Возраст разломов и складок



**Полиметаллические
жилы Иоганн-
Фридрих (Гарц,
Германия)
приуроченные к
сбросам,
смещающим
осадочные толщи (по
Н.Майеру**

К разломам часто оказываются приурочены
месторождения нефти и газа



**Пример тектонически
экранированного
месторождения нефти.
Разрез через
месторождение Эхаби,
Северный Сахалин**

Ответить на 5 любых вопросов

1. Что такое дизъюнктивные дислокации?
2. Что такое параклазы?
3. Что такое диаклазы?
4. Перечислите и изобразите элементы разрыва
5. По каким признакам классифицируют разрывы?
6. Какие выделяют ассоциации разрывов в плане?
7. Как классифицируют разрывы по отношению к главным осям напряжений?
8. Как классифицируют разрывы по величине смещения крыльев?
9. Что такое диаклазы?
10. Что такое кливаж и какое он имеет значение для формирования залежей углеводородов?
11. Что такое трещины и какое они имеют значение для формирования залежей углеводородов?
12. Что такое отдельность горной породы? Какая она бывает?
13. Как классифицируются трещины по морфологии?
14. Как классифицируются трещины по генезису?
15. Что такое планетарная трещиноватость?
16. Существуют ли трещины в глубине недр?
17. Что такое параклазы?
18. Каким может быть сместитель у параклаза?
19. Как классифицируются разломы по соотношению ориентировки сместителя и направлению перемещения по нему?
20. Что такое раздвиги?
21. Что такое сбросы?
22. Что такое взбросы?
23. Что такое надвиги?
24. Что такое сдвиги?
25. Что такое комбинированные разломы?
26. Какие выделяются комбинированные разломы?
27. Какие выделяют ассоциации разломов?
28. Как соотносятся между собой разломы и складки?
29. Как определяется возраст разломов?
30. Какова связь между разломами и полезными ископаемыми?
31. Какое значение имеют разломы для нефтегазоносности?