

# **ТЕКТОНИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ**



Осадки, формирующиеся в озерах, морях и океанах, в *большинстве случаев*, обладают первично горизонтальным или почти горизонтальным залеганием.



# Нарушенное залегание



Слои горных пород наклоняются





Слои горных пород смяты, изогнуты без разрыва сплошности: *складчатые (пликативные) нарушения*





*Разрывные (дизъюнктивные) нарушения  
разрывы.*



*Линия простирания пласта:* линия пересечения пласта с горизонтальной плоскостью.

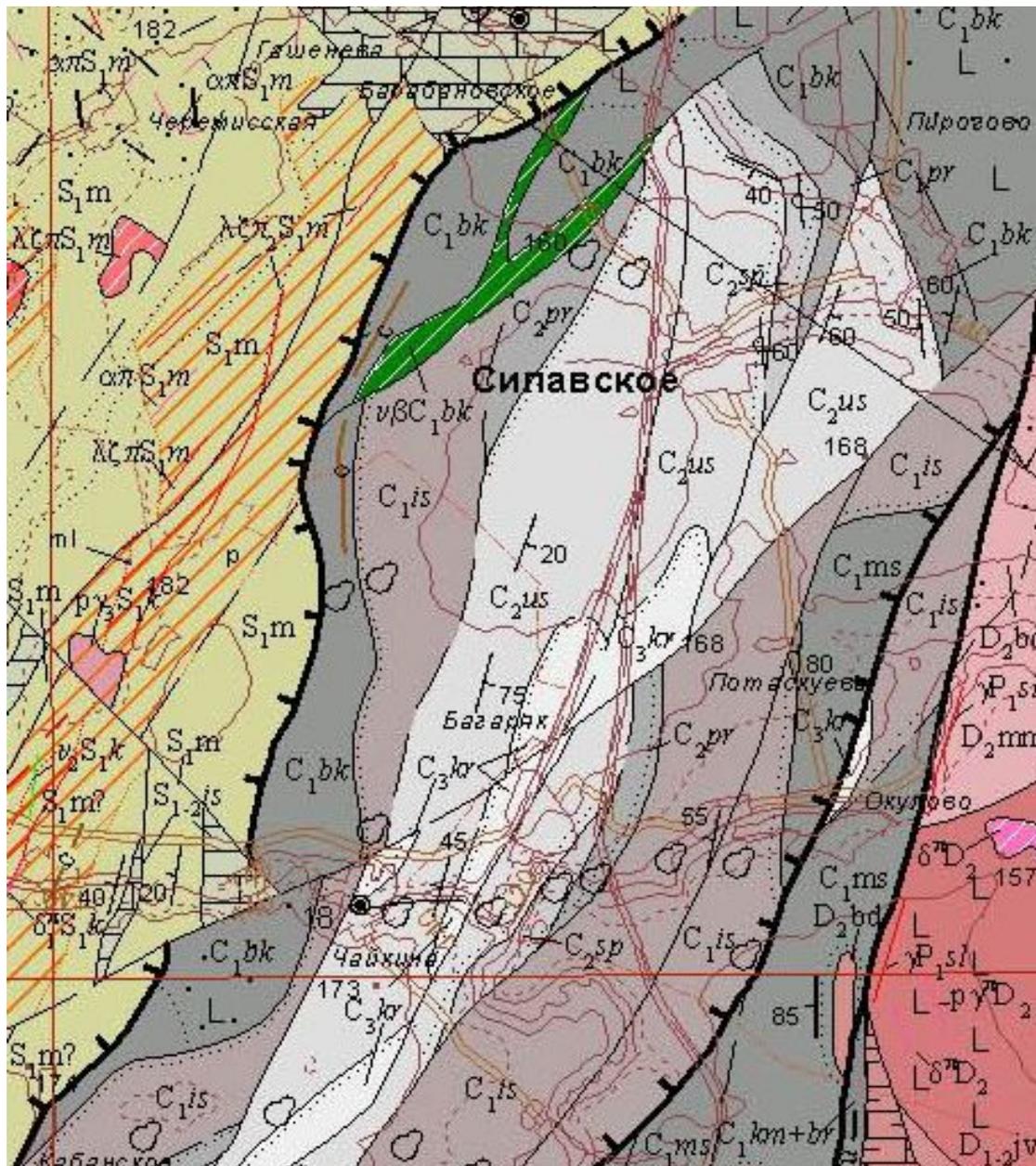
*Линия падения:* линия, лежащая в плоскости пласта перпендикулярно линии простирания.

**азимуты простирания и падения**, различаются между собой на  $90^\circ$ .

*Угол падения пласта:* угол, образованный линией падения и ее проекцией на горизонтальную плоскость.



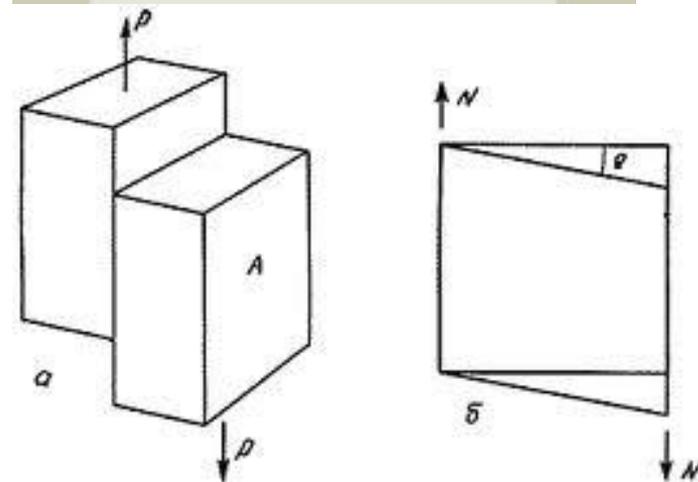
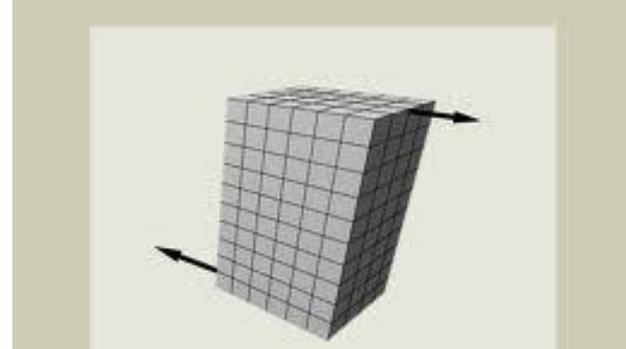
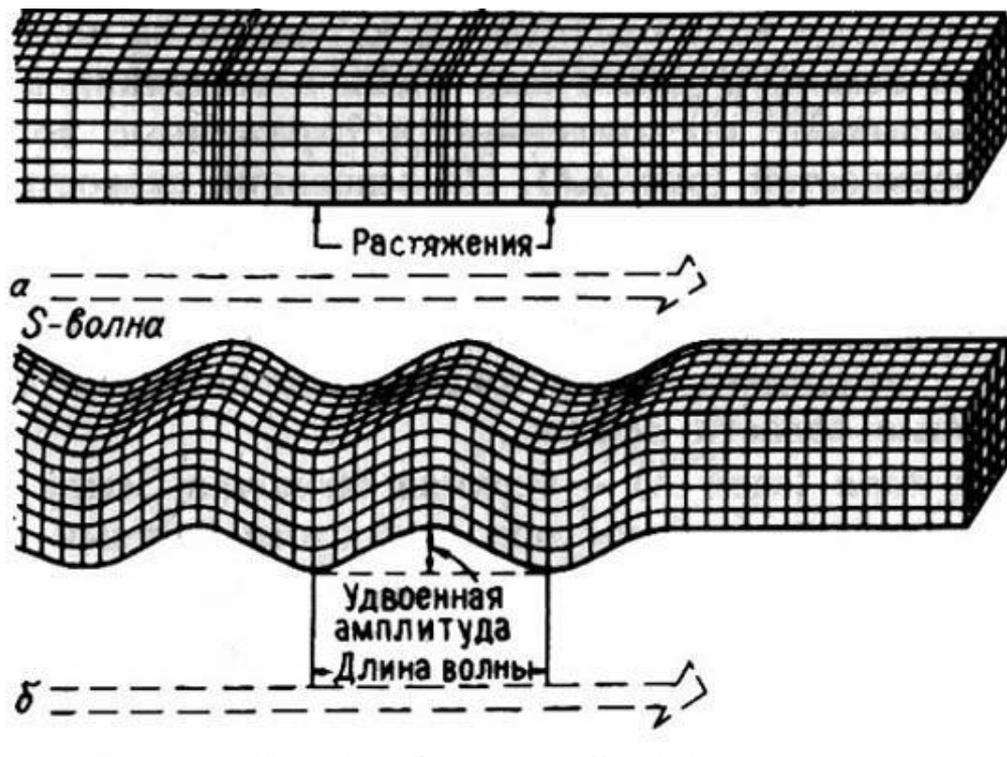
Моноклинали и элементы ее залегания



- **ДЕФОРМАЦИИ И НАРУШЕНИЯ** слоев горных пород
- Напряжения, возникающие в толщах горных пород, их причины и следствия изучает **тектонофизика**, ветвь геотектоники.

Напряжения обусловлены действием сил:

- - механическая сила;
- - сила тяжести (наиболее универсальная сила);
- - влияние температуры;
- - изменение объема за счет пропитывания породы водой, перекристаллизации и др.



## Деформация

однородные - (величина деформации одинакова в каждом участке тела): **сжатие-растяжение и сдвиг**

неоднородные - (величина деформации разная в разных участках) – **изгиб**.

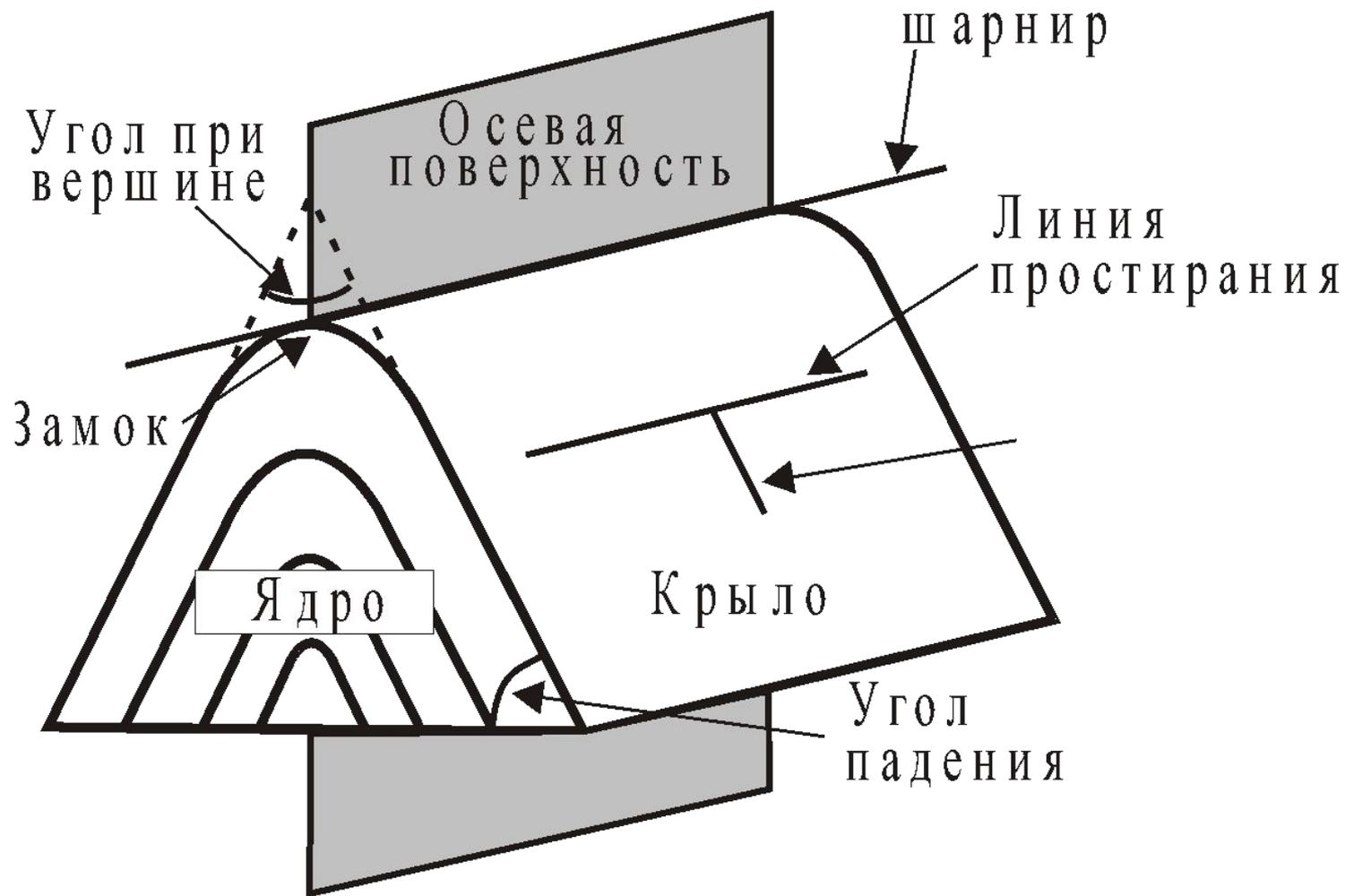
- Деформации могут быть
  - упругими*
  - пластическими*
  - хрупкими*

- В случае **упругой** деформации после снятия нагрузки тело вновь принимает исходную форму.
- **Пластической** деформацией называют некоторую остаточную величину деформации, которая сохраняется после снятия нагрузки.
- **Хрупкой** деформацией называют нарушение сплошности (разрыв)

- Для каждого тела существует *предел упругости*, при достижении которого тело начинает пластически деформироваться или ломается, в то время как напряжение остается постоянным.
- Тело ломается, или деформация будет пластической, в значительной мере зависит от *скорости приложения силы*.

- *вязкость* – способность частиц тела сопротивляться смещению
- Вязкость сильно зависит от температуры и давления.

- существуют *хрупкие и пластичные* тела.
- Горные породы принадлежат в основном к хрупким телам, особенно в условиях поверхности Земли.

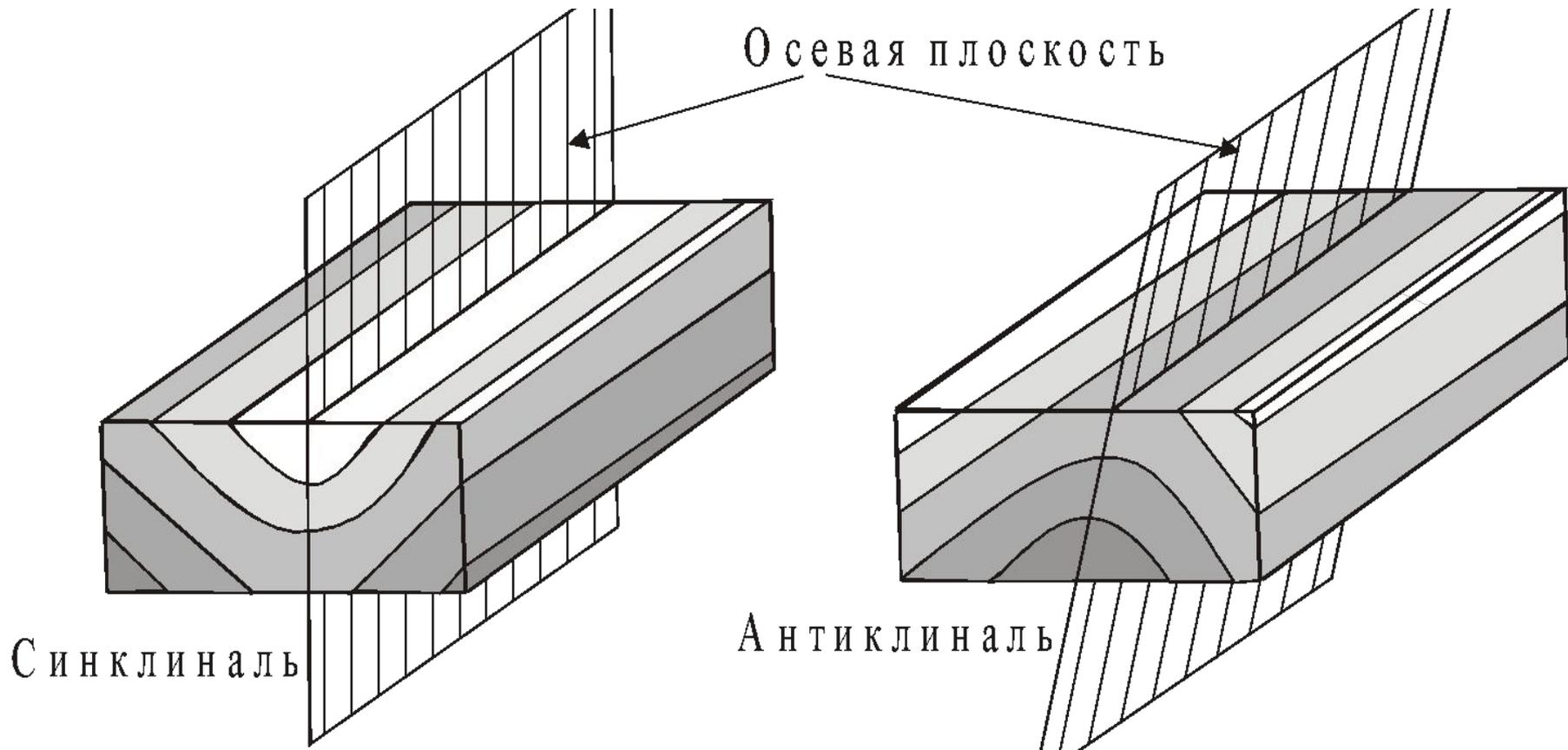


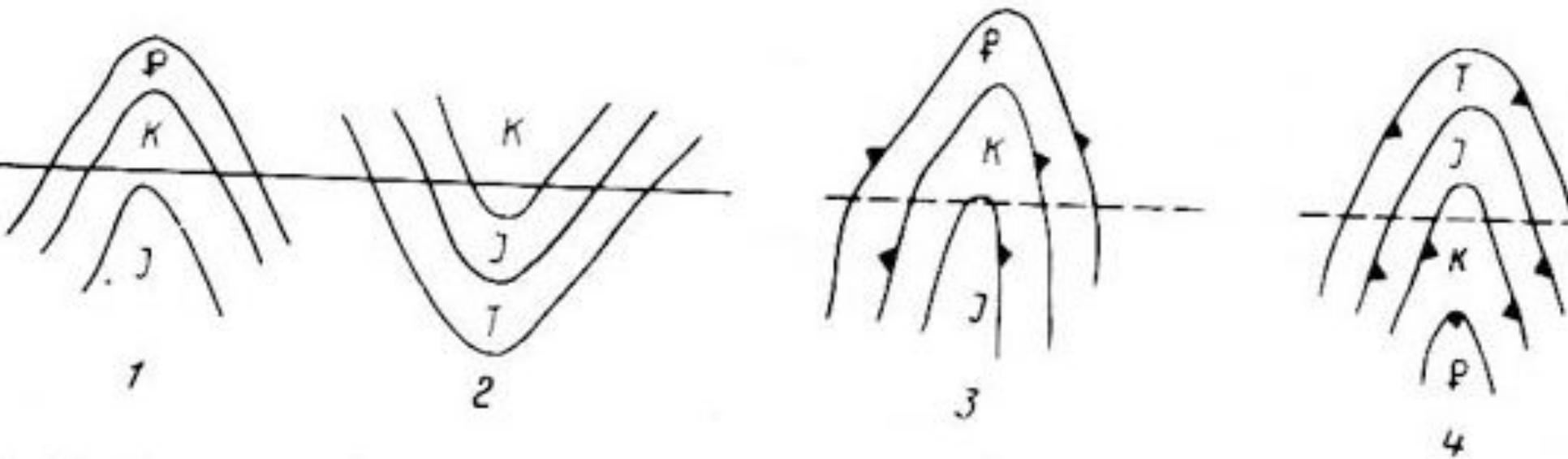
## СКЛАДЧАТЫЕ НАРУШЕНИЯ

*Складкой* называется изгиб слоя без разрыва сплошности.

- **крылья** – боковые пласты складки, располагающиеся по обе стороны перегиба или свода;
- **ядро** - внутренняя часть складки, ограниченная каким-либо пластом;
- **угол при вершине складки** - угол, образованный продолжением крыльев складки до их пересечения;
- **замок, или свод** - перегиб пластов;
- **осевая поверхность** - поверхность, делящая угол при вершине складки пополам;

- *шарнир* - точка перегиба в замке, или своде складки;
- *шарнирная линия* - линия пересечения осевой поверхности с кровлей или подошвой пласта в замке или своде складки.
- *Осевая линия, или ось* - линия пересечения осевой поверхности складки с горизонтальной поверхностью.
- *Гребень* - высшая точка складки, не совпадающая с шарниром в случае наклонных или лежачих складок.

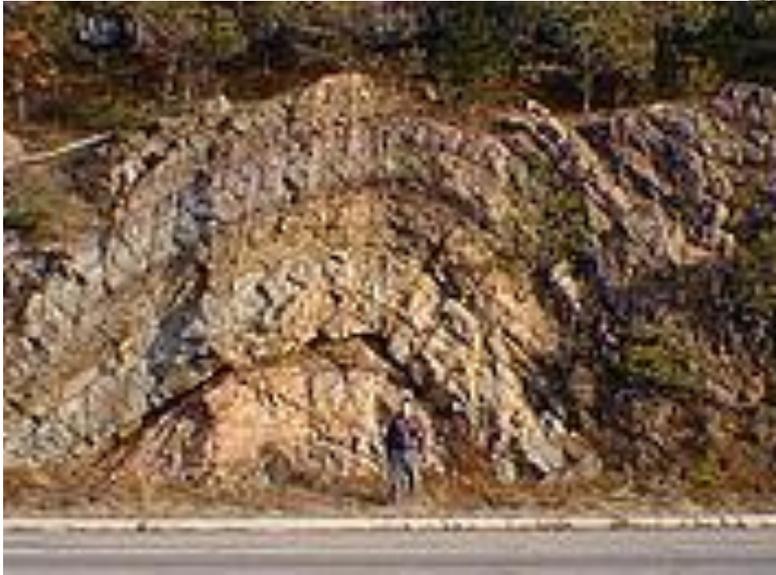




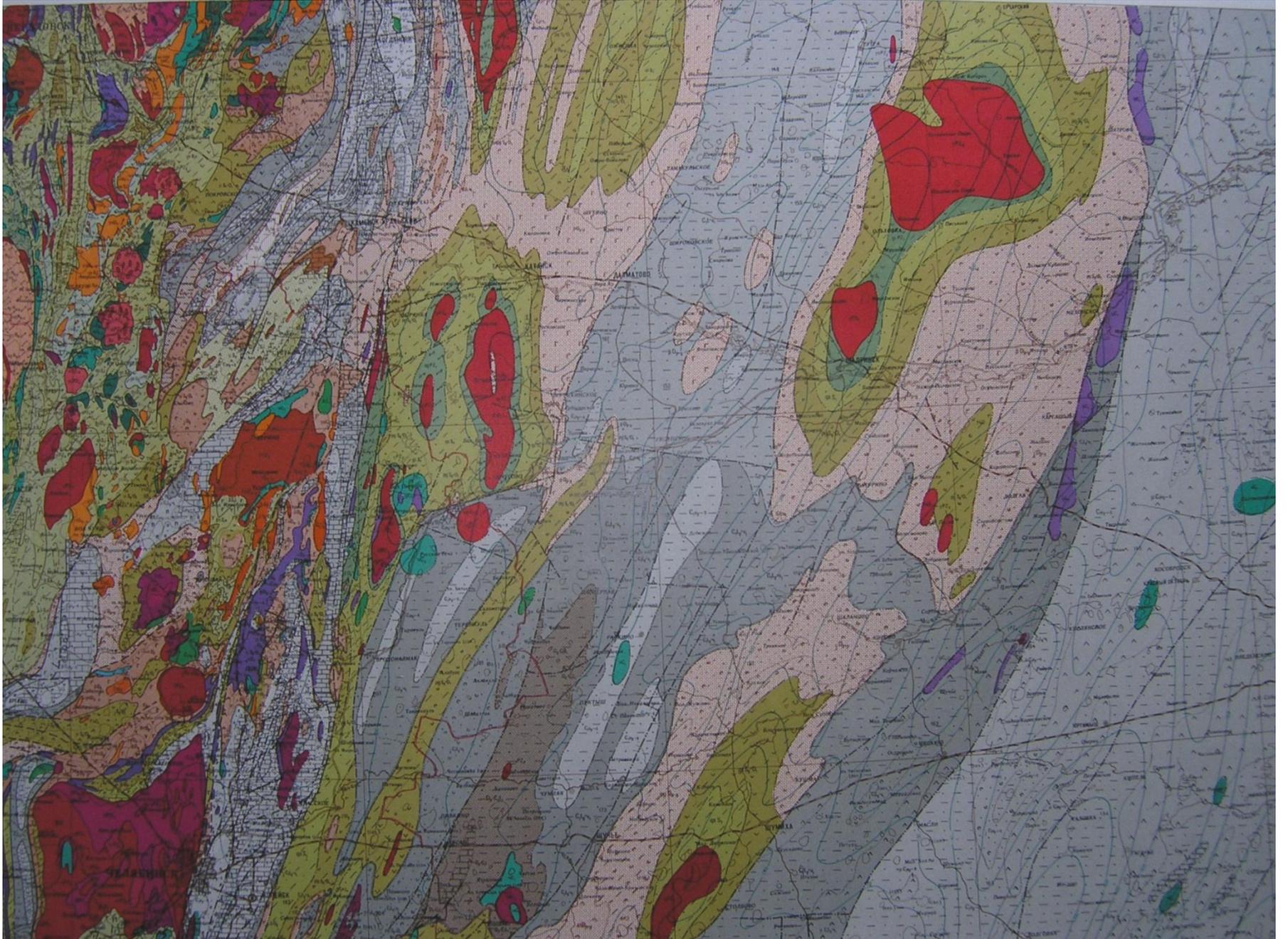
Складки: *антиклинальная* (1), в ядре залегают древние породы, и *синклинали* (2), в ядре располагаются молодые породы.

3- периклинали (наклон от центра) замыкание антиклинали (в плане),

4- центриклинали (наклон к центру) замыкание синклинали (в плане)



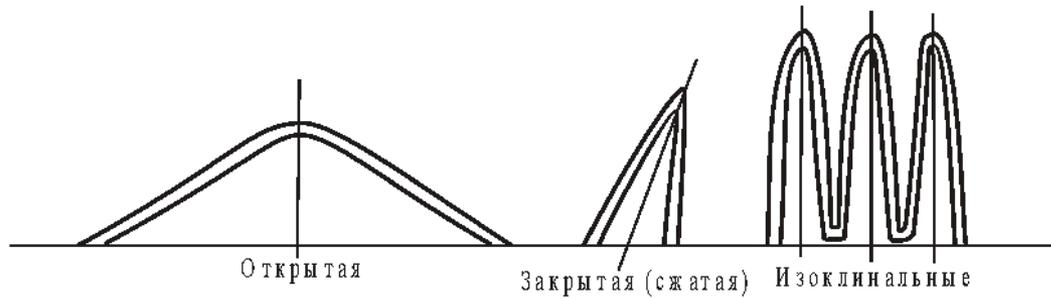
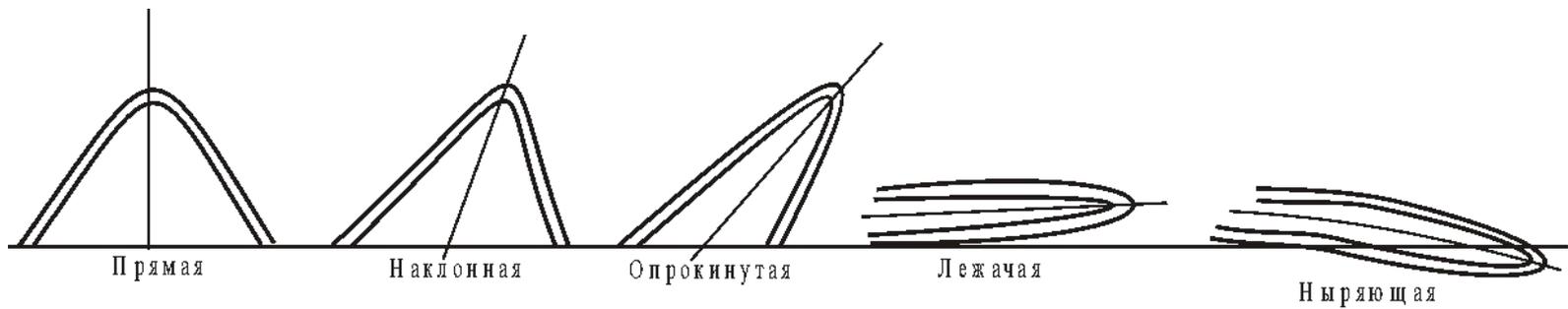
Антиклиналь



- На периклинальных окончаниях антиклинальной складки шарнирная линия погружается ниже дневной поверхности,
- в центриклиналиях, наоборот, воздымается.
- Если шарнирная линия периодически меняет наклон, говорят об **ундуляции** шарнирной линии

- Если невозможно определить кровлю или подошву слоев, например, в глубоко метаморфизованных породах, для определения изгиба слоев используют термины: *антиформа*, если слои изогнуты в виде купола, и *синформа*, если они вогнуты.

- Обычно применяется **классификация складок по их форме** в поперечном сечении.
- При этом используется **характер наклона осевой поверхности**



**классификация складок по их форме** в поперечном сечении.

используется **характер наклона осевой поверхности**

- Складки: *прямые* (симметричные) - осевая поверхность вертикальна;
- *наклонные* - осевая поверхность наклонена, но крылья падают в разные стороны;
- *опрокинутые* - осевая поверхность наклонная, крылья падают в одну и ту же сторону;
- *лежащие* - осевая поверхность горизонтальная;
- *ныряющие* - осевая поверхность "ныряет" ниже линии горизонта.

- По отношению осевой поверхности и крыльев выделяются складки:
- *открытые* - угол при вершине складки тупой;
- *закрытые* - угол при вершине складки острый;
- *изоклиналильные* - осевая поверхность параллельна крыльям складки.



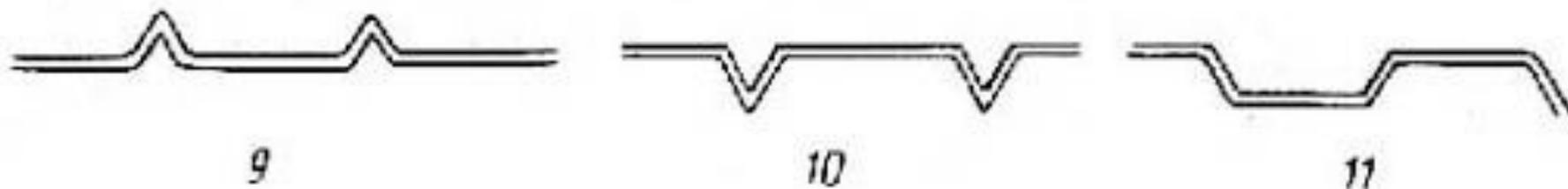
Открытая прямая синклинали



Наклонная  
закрытая  
антиклиналь

Лежачая  
закрытая  
складка

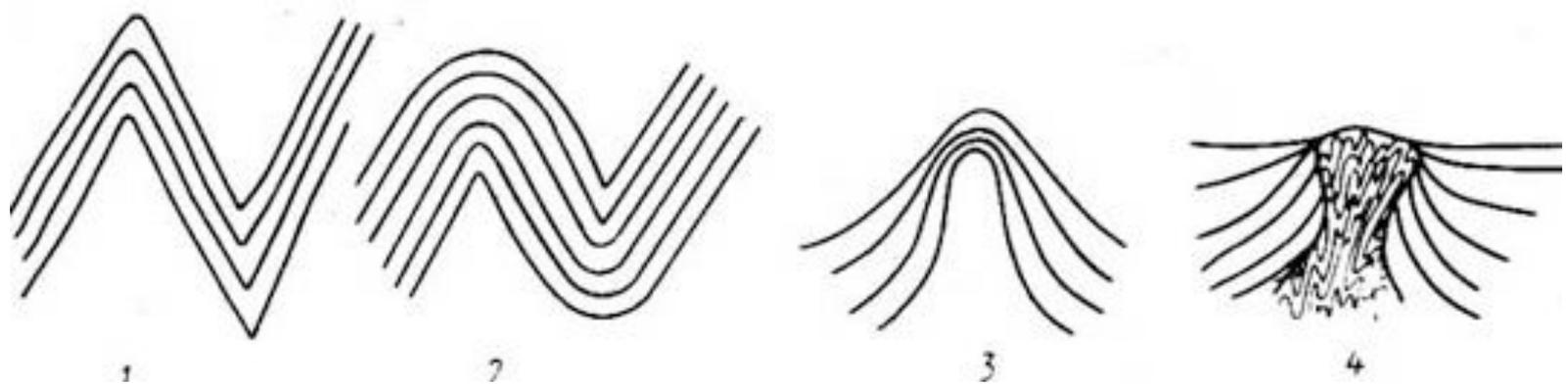




По форме замка складки подразделяются на:  
*гребневидные (9)* – узкие, острые антиклинали, разделенные широкими пологими синклиналями;

*Килевидные (10)* - узкие острые синклинали, разделенные широкими, плоскими антиклиналями;

*сундучные или коробчатые (11)* - широкие плоские антиклинали и синклинали.

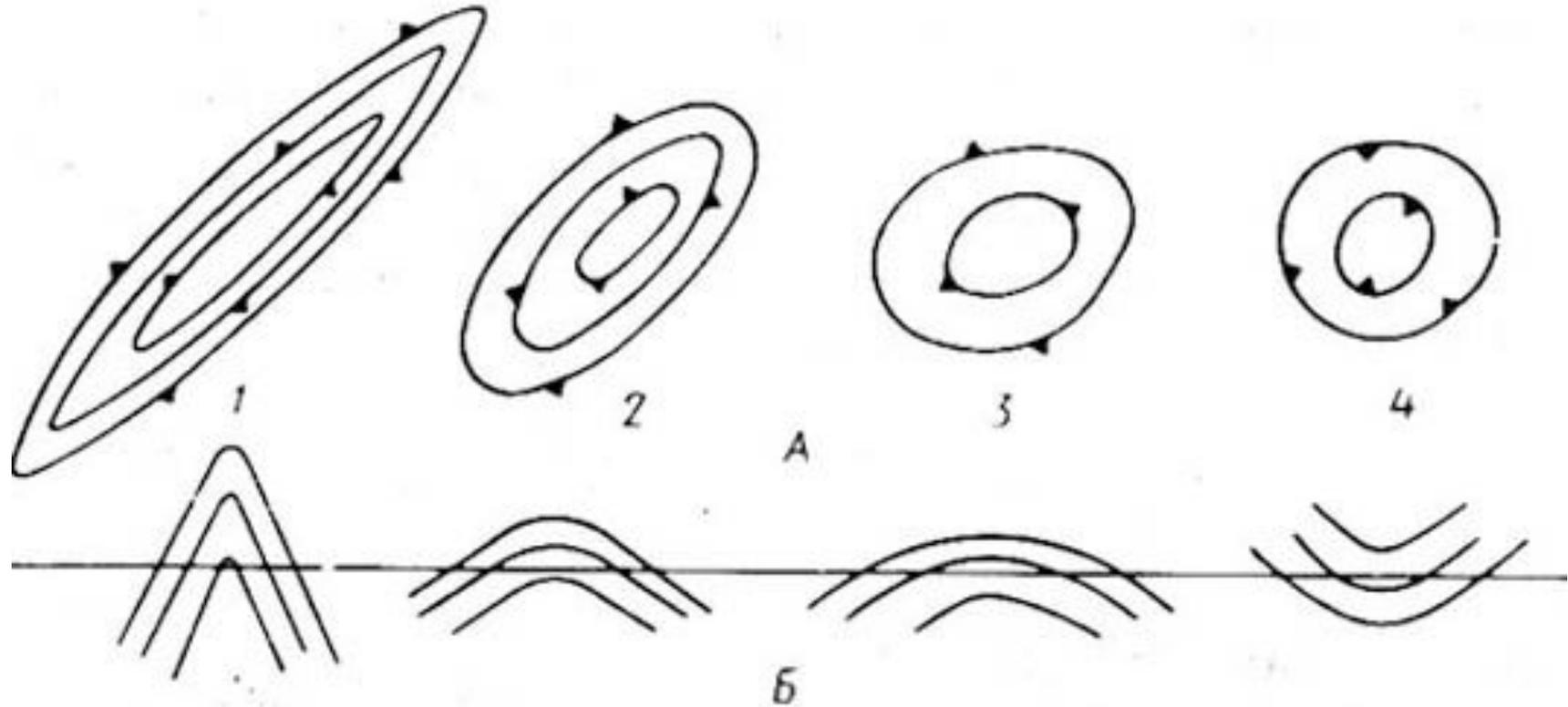


По соотношению мощностей пластов на крыльях и в замках: **Подобные** (1) - мощность на крыльях меньше, а в замках больше.

**Концентрические** (2) – мощность пластов в сводах и замках такая же, как и на крыльях.

**Диапиродные** (3) - складки с утоненными замками и хорошо развитым ядром.

**Диапировые** (4) - складки с ядром из соли, гипса, глины и других пластичных толщ, которое, всплывая, в результате инверсии плотностей протыкает перекрывающие пласты, нередко выходя на поверхность.

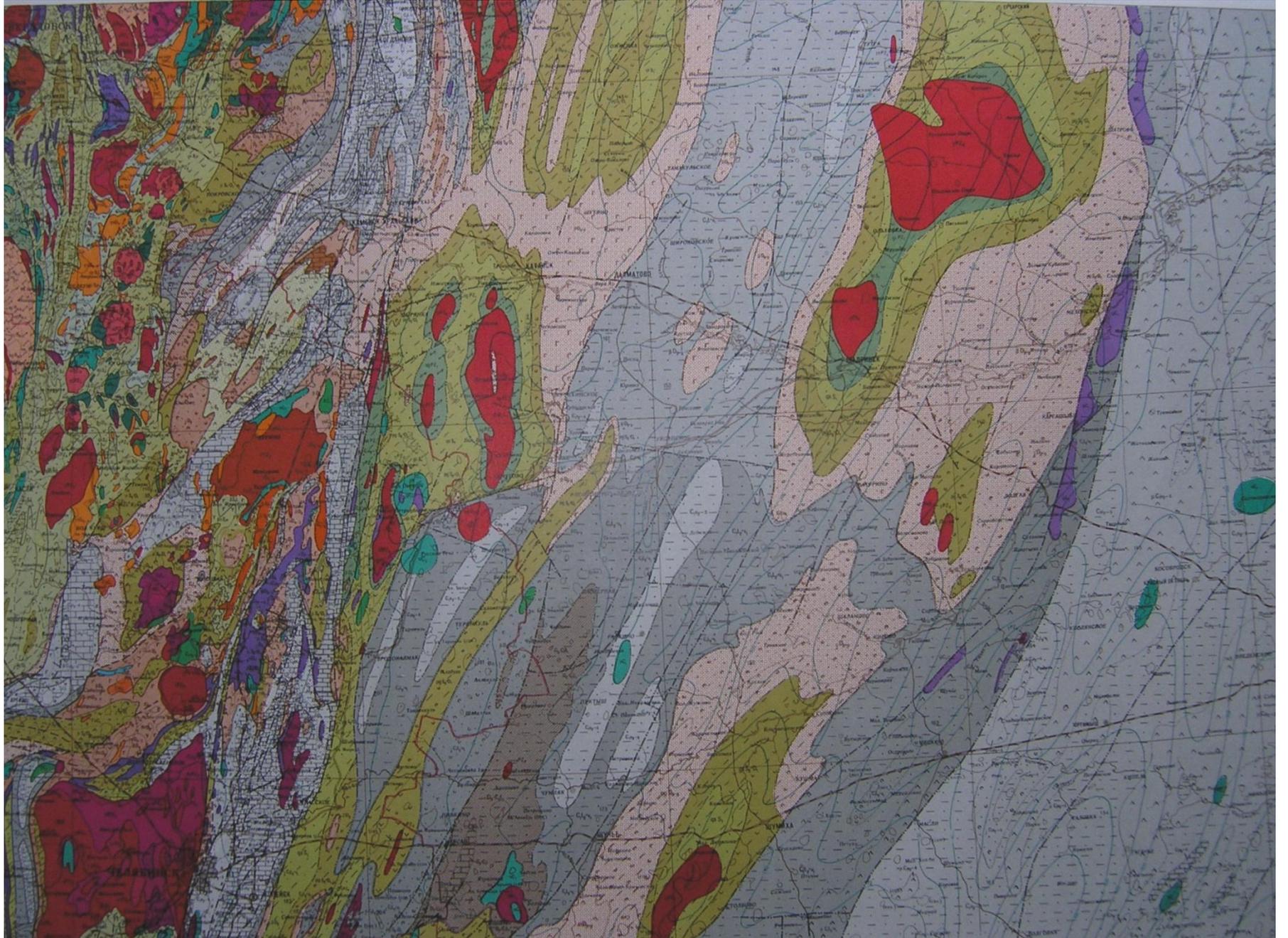


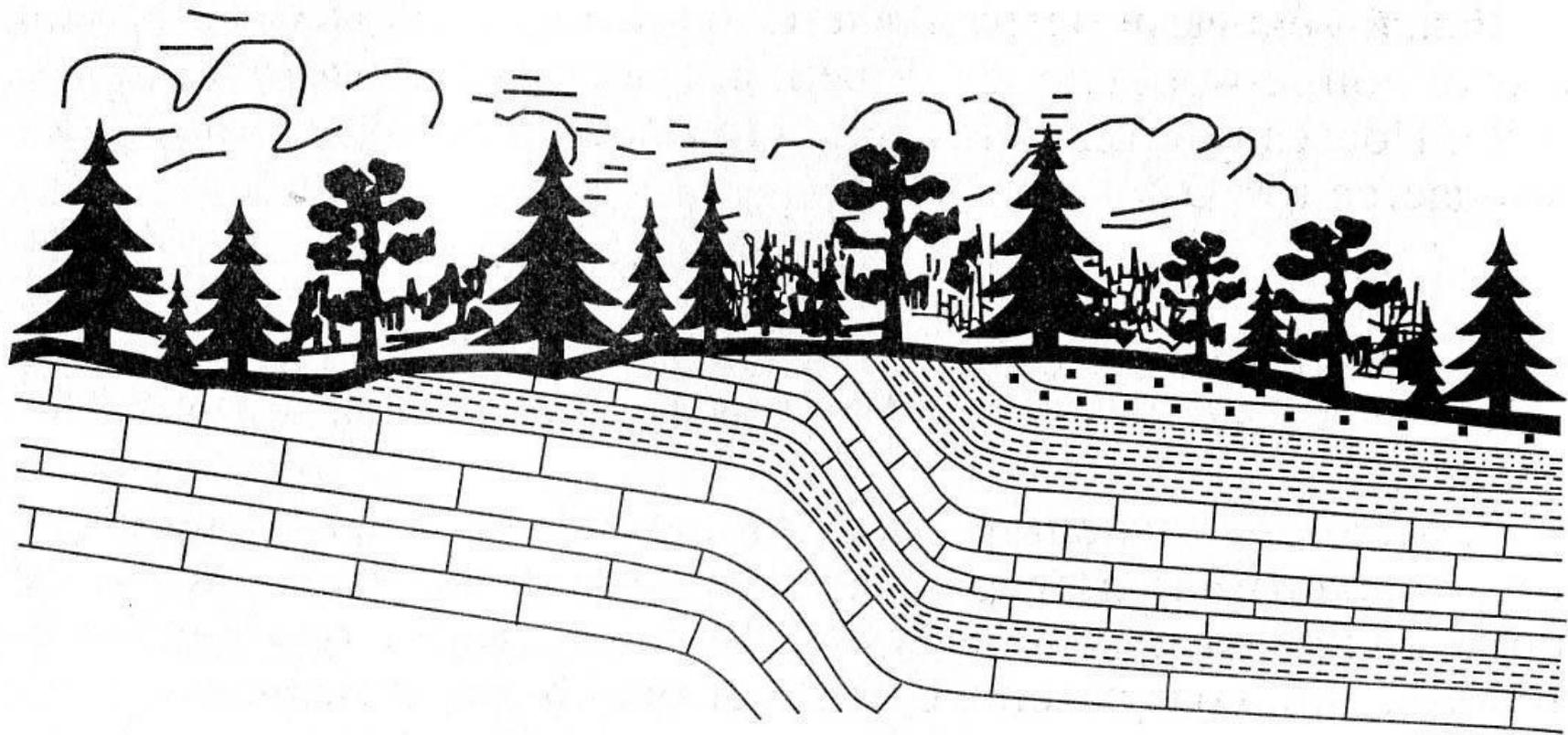
Типы складок в плане (А) и разрезе (Б).

1- линейная, 2- брахиморфная, 3- куполовидная,

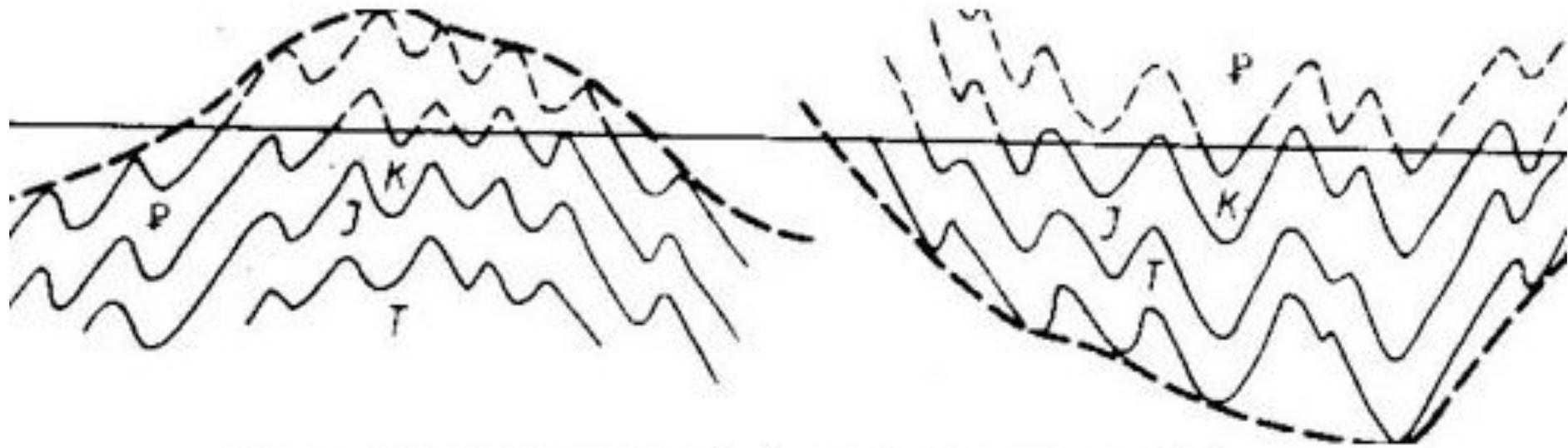
4- мульда.

Зубцы направлены в сторону падения крыльев





- Если все высшие точки складок - гребни - соединить плоскостью или в поперечном разрезе линией, то эта плоскость будет называться *зеркалом складчатости*.

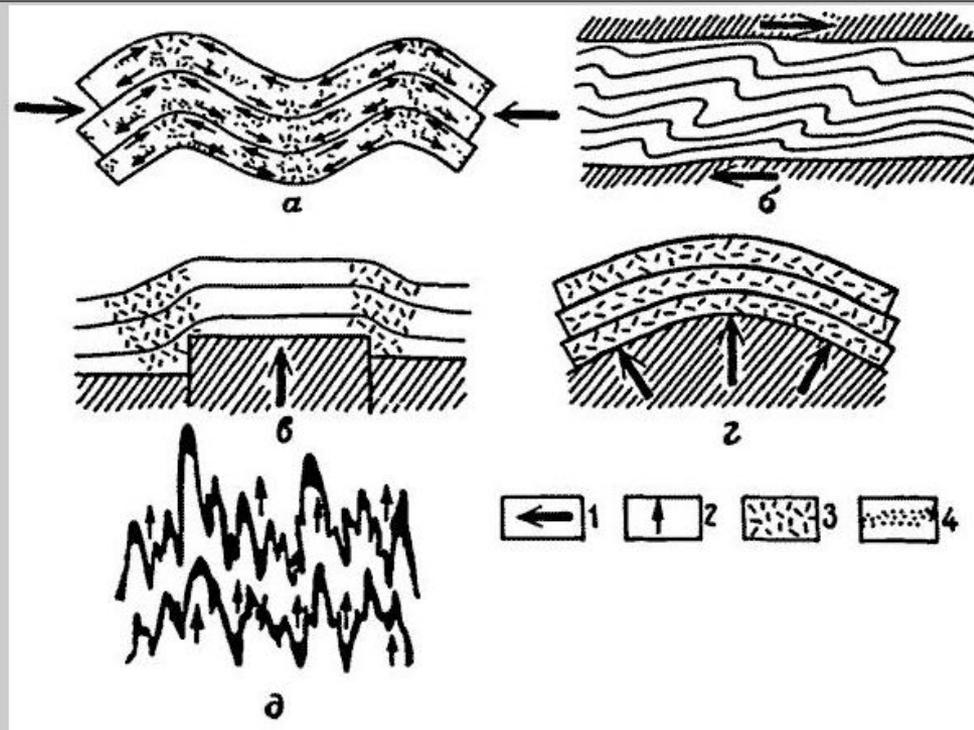


Сочетание антиклинальных и синклиналиных складок создает более сложные складчатые формы.

*Антиклинорий*  
*синклинорий*

- три основных типа складчатости:
- 1) **полная (голоморфная)** – сплошное заполнение пространства сопряженными складками. **вся масса слоистых горных пород подвергалась сжатию**
- 2) **прерывистая**, или идиоморфная. **характерна для платформенных областей.**
- 3) **промежуточная** – характеризуется развитием отдельных гребневидных или килевидных складок и их сочетанием на фоне относительно спокойного залегания отложений. **свойственна некоторым передовым прогибам**

- Три основных типа складок **по механизму образования:**
  - 1) *продольного изгиба,*
  - 2) *поперечного изгиба*
  - 3) *течения.*
- *дисгармоничные складки*



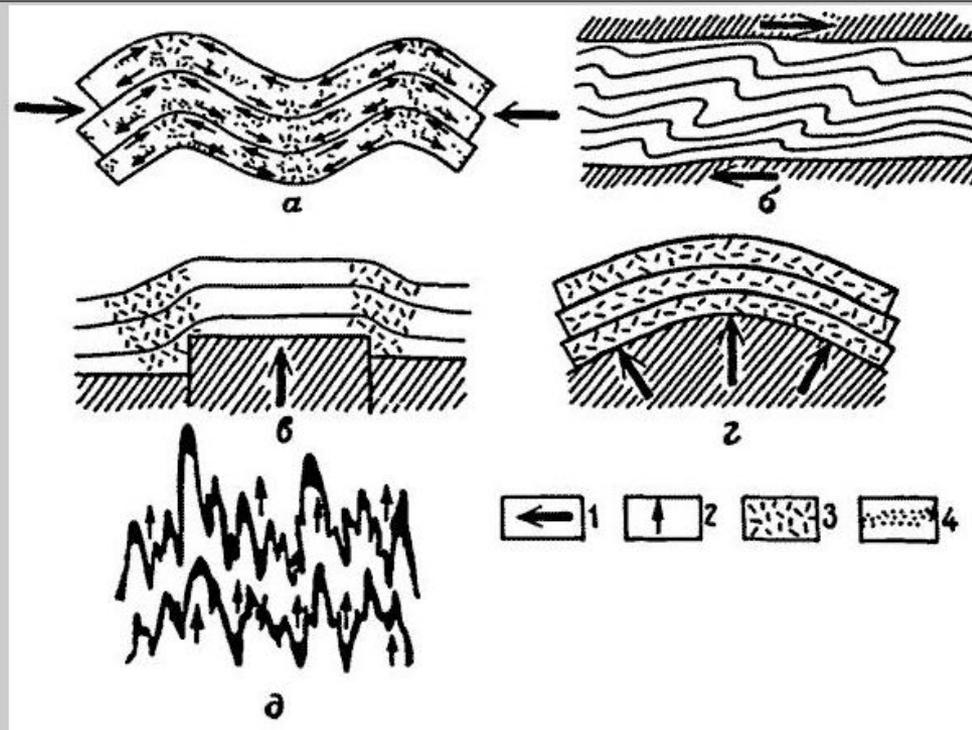
Кинематические типы складок: а, б — продольного изгиба; в, г — поперечного изгиба; д — течения, — направление действующих сил, 2 — направление перемещения пород, 3 — участки растяжения, 4 — участки сжатия

Три основных типа складок **по механизму образования:**

*а, б - складки продольного изгиба,*

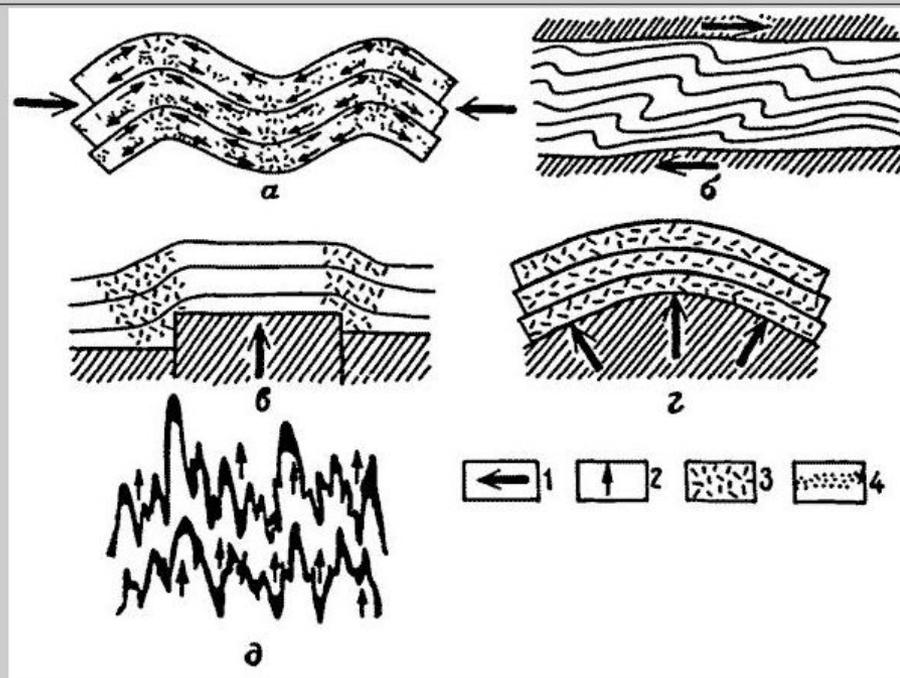
*в,г - поперечного изгиба*

*д - течения*



Кинематические типы складок: а, б — продольного изгиба; в, г — поперечного изгиба; д — течения, — направление действующих сил, 2 — направление перемещения пород, 3 — участки растяжения, 4 — участки сжатия

- В случае *продольного изгиба* на пачку пластов действуют горизонтальные силы.
- Слои сминаются в складки в результате проскальзывания одних слоев по другим.
- При этом в кровле и подошве каждого пласта действуют противоположно направленные силы (растяжение и сжатие), вызывающие деформацию.

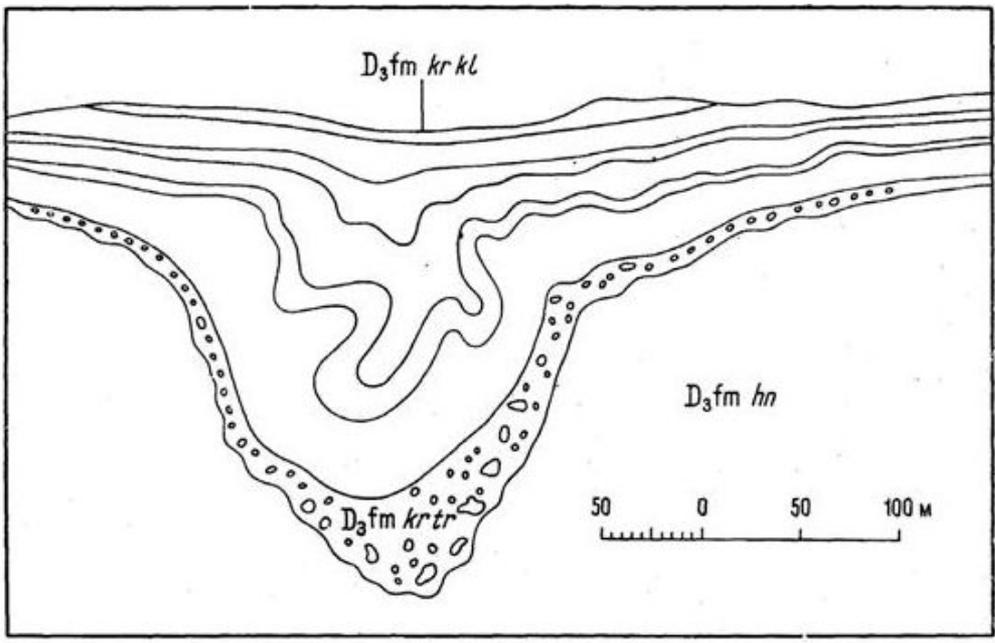


Кинематические типы складок: а, б — продольного изгиба; в, г — поперечного изгиба; д — течения, — направление действующих сил, 2 — направление перемещения пород, 3 — участки растяжения, 4 — участки сжатия

**Складки поперечного изгиба** образуются в результате действия сил, направленных по нормали к кровле или подошве слоя.

Такие складки возникают, например, в платформенном чехле при движении блоков фундамента.

Над поднимающимся блоком все деформируемые слои испытывают растяжение и становятся длиннее.



Слои с пониженной вязкостью испытывают внутреннее течение, материал в них перераспределяется, нагнетаясь в замки складок и при этом сминаясь в мелкие складочки (**дисгармоничные** складки), в отличие от более вязких пластов, испытывающих лишь плавный изгиб.

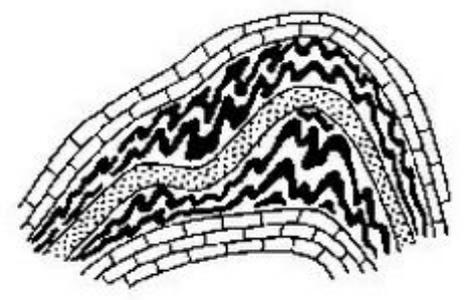
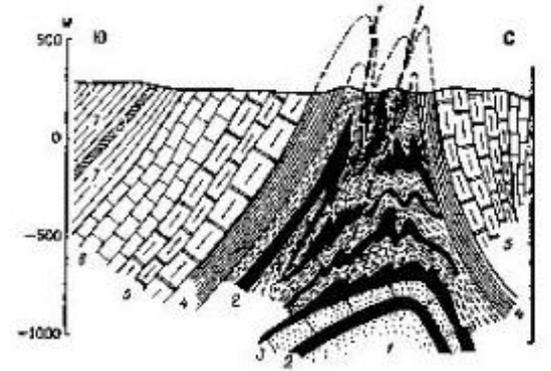
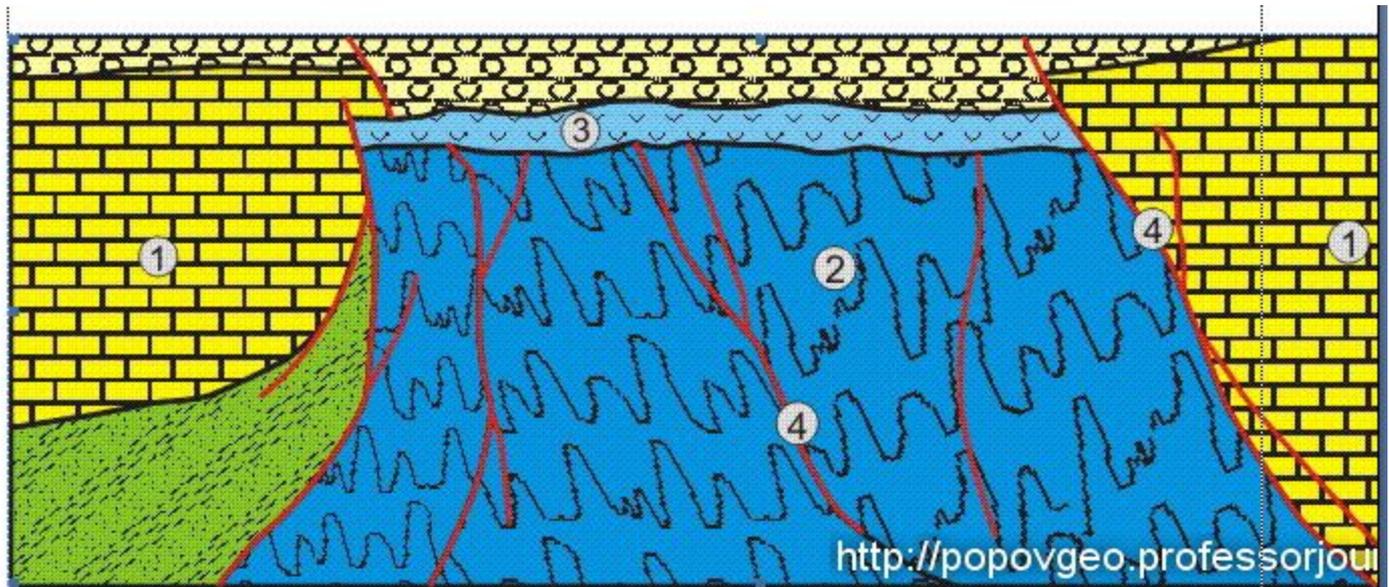


Рис. 3.30. Пластичные слои (черное и белое), смятые



глины, гипс, каменная соль, ангидрит, каменный уголь

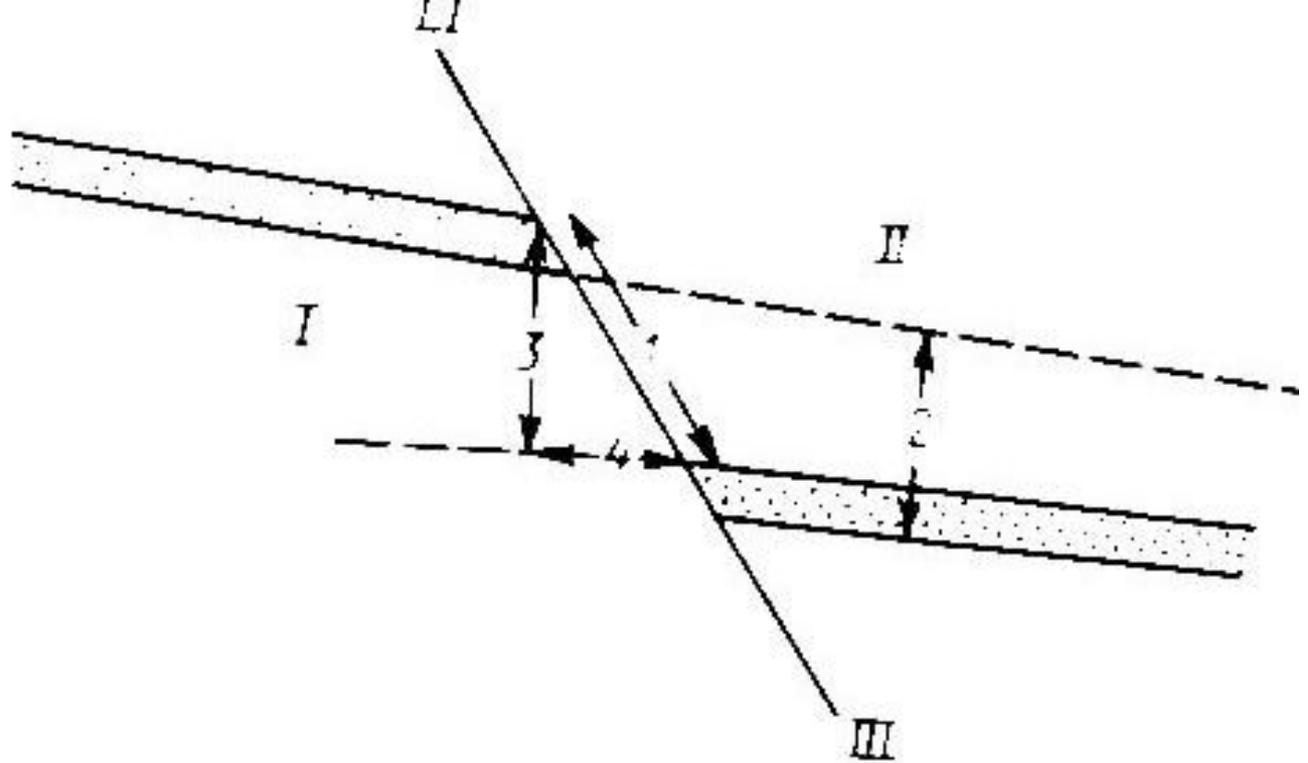


Диапировая складка: 1 - вмещающие породы, 2 - пластичные породы ядра, 3 - соляная шляпа, 4 - разрывные нарушения

## *Диапировая складка*

# РАЗРЫВНЫЕ НАРУШЕНИЯ

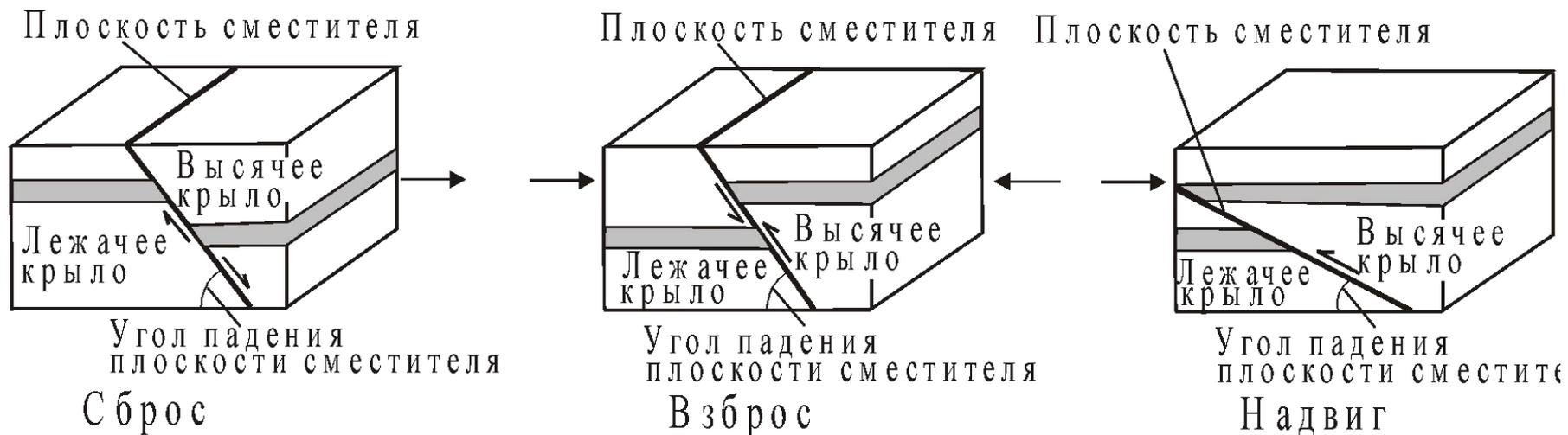
- Тектонические разрывы, как и складки, разнообразны по форме, размерам, величине смещения и другим параметрам.



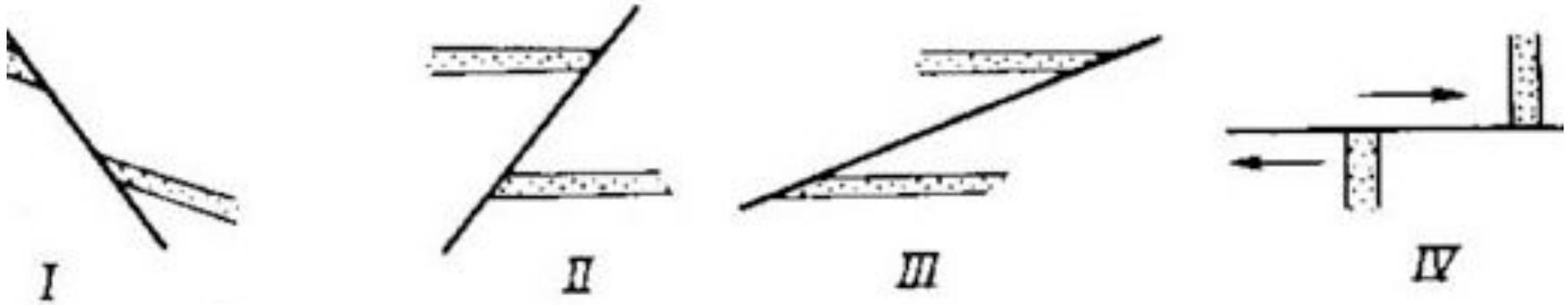
Элементы сброса. I- поднятое (лежащее) крыло (под сместителем); II- опущенное (висячее) крыло (выше сместителя); III- сместитель. Амплитуды: 1- по сместителю, 2- стратиграфическая, 3- вертикальная, 4- горизонтальная

Положение сместителя в пространстве определяется с помощью линий падения, простирания и угла падения

# Основные типы тектонических разрывов



# разрывов

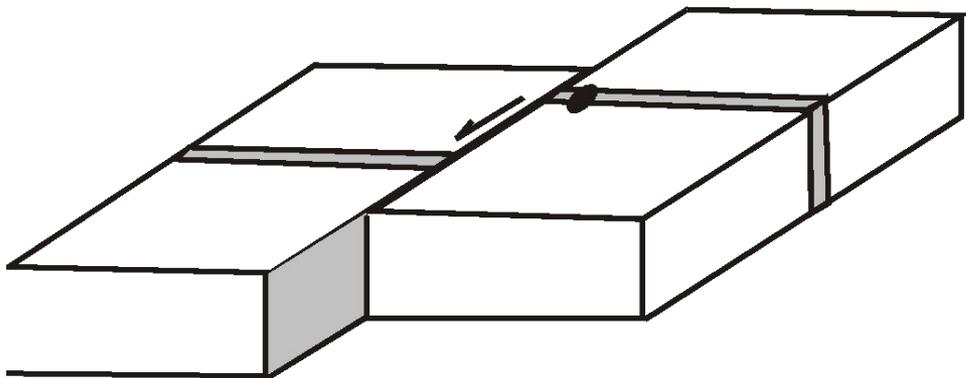


I- сброс; II- взброс; III- надвиг; IV- сдвиг правый (план);

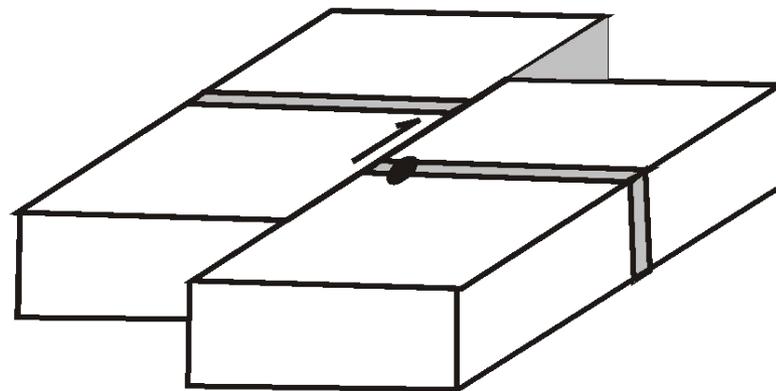
**сброс** – сместитель вертикален или наклонен в сторону опущенного крыла. Угол падения чаще всего составляет от  $40$  до  $60^\circ$ .

Образуются в условиях тектонического растяжения

**Взброс** - сместитель наклонен в сторону поднятого крыла с углами больше  $45^\circ$ .

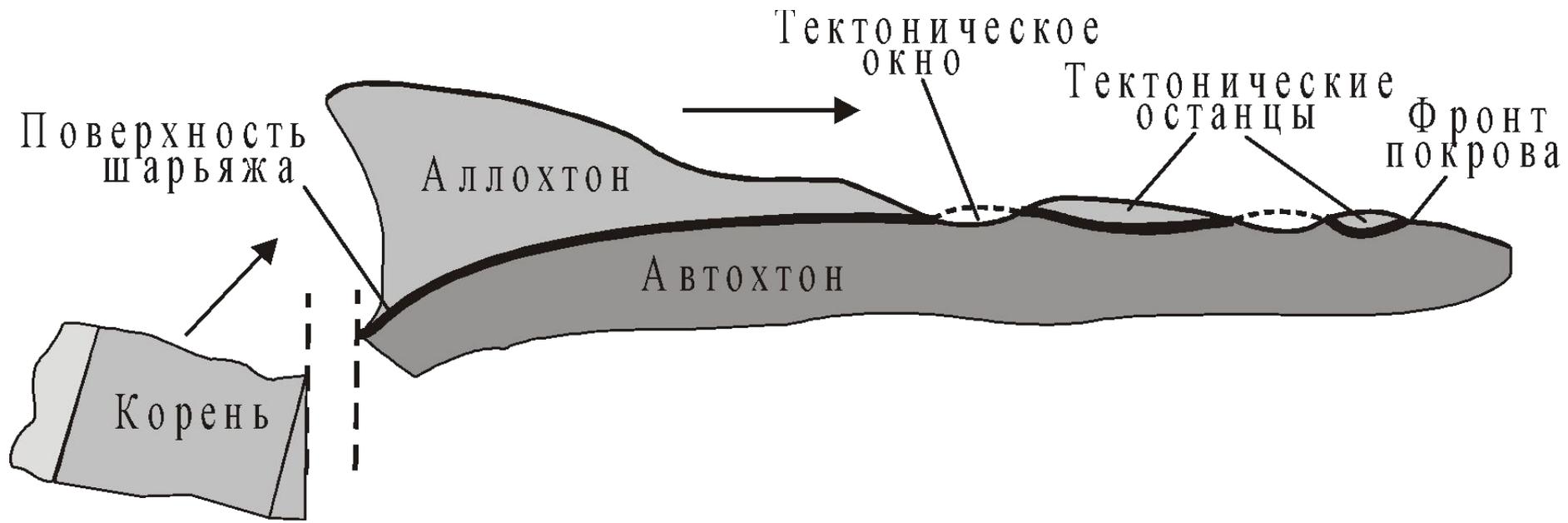


Левый сдвиг



Правый сдвиг

- *Надвиг*
- Надвиги и взбросы образуются в условиях тектонического сжатия, и поэтому их формирование сопровождается процессами складчатости.
- *Сдвиг* - разрыв с перемещением крыльев по простиранию сместителя.
- Различают правые и левые сдвиги.
- *Раздвиг* - разрыв с перемещением крыльев перпендикулярно сместителю. При раздвиге обычно образуется зияние между крыльями.



***Покров, или шарьяж*** - разрыв с почти горизонтальным положением сместителя (поверхности срыва).

- Тектоническое раздробление аллохтона по его сместителю – поверхности срыва - приводит к формированию *тектонической брекчии, меланжа или милонита, мощностью от первых сантиметров до многих сотен метров.*



Брекчия, Дален, Телемарк



Брекчия, Шпицберген

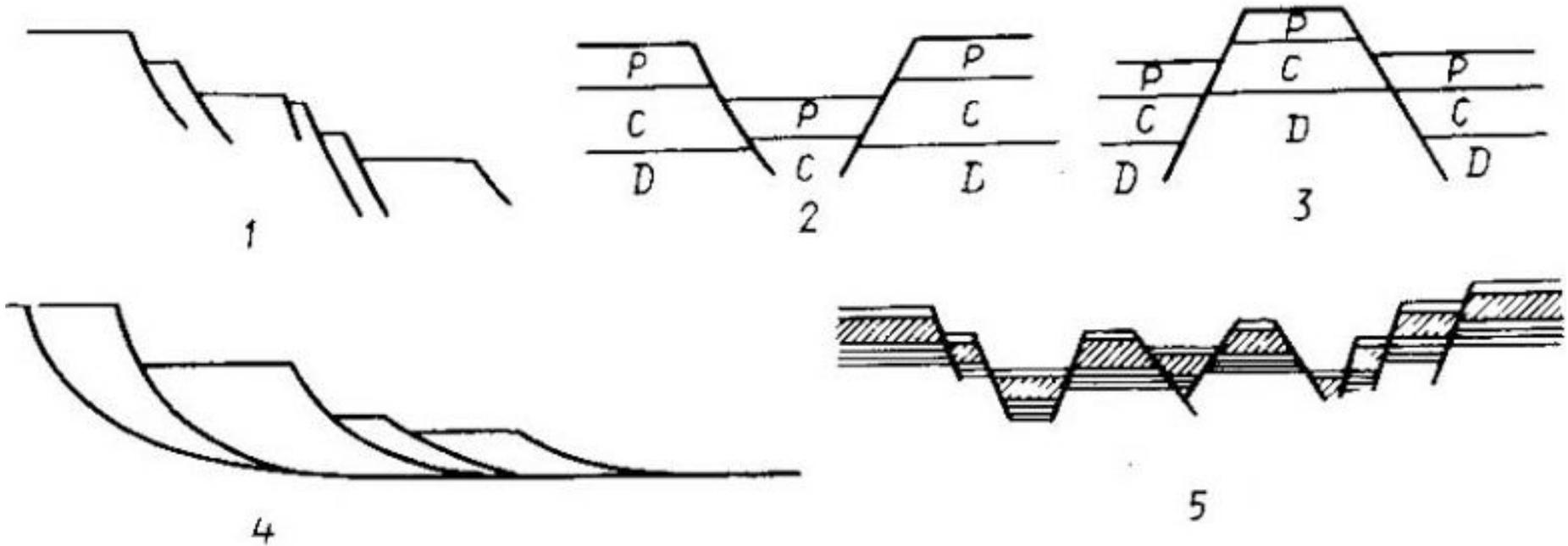
Тектоническая  
брекчия, катаклазит,  
милонит



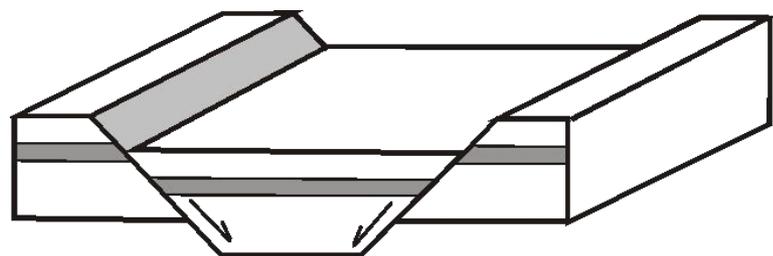
Тонко измельченные  
зерна минералов

Милонит, Лейрдален, Йотунхаймен

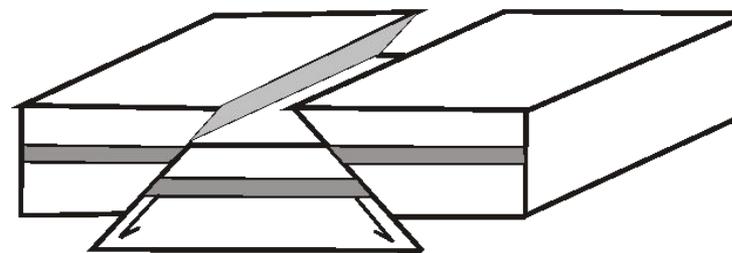
# Тектонические нарушения нередко формируют целые системы



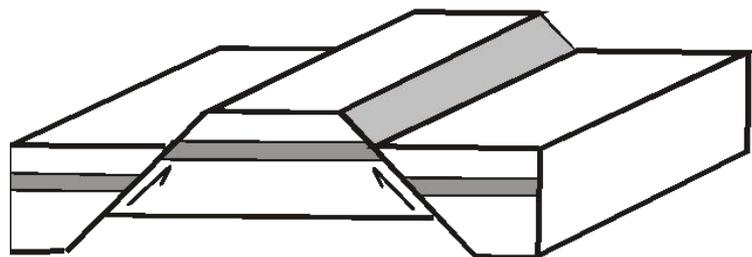
1- ступенчатые сбросы, 2- грабен, 3- горст, 4- листрические сбросы, 5- грабены и горсты в сложном рифте



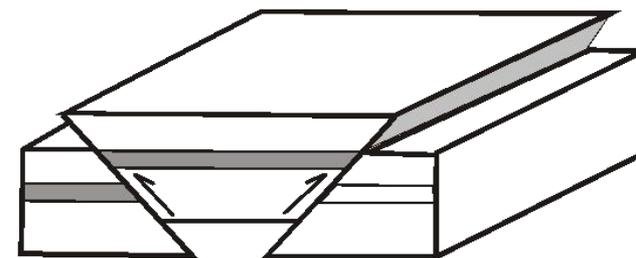
← Растяжение →



→ Сжатие ←



← Растяжение →



→ Сжатие ←

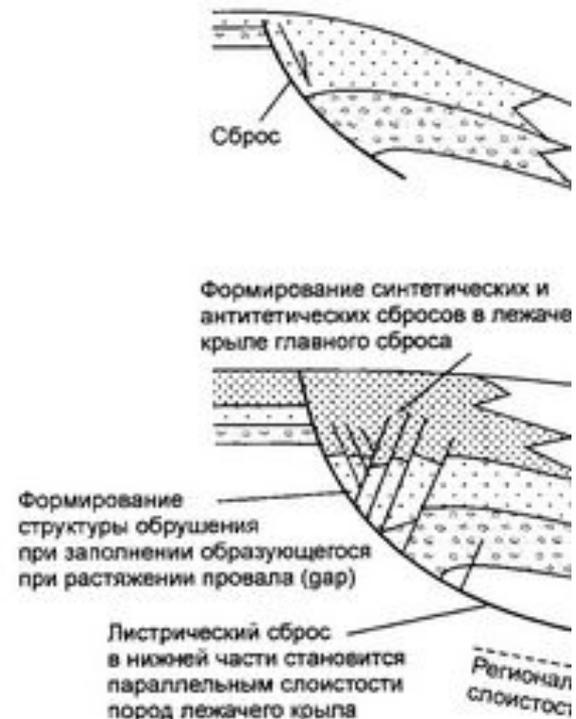
- В горных сооружениях имеет место чешуйчато-надвиговая складчатая структура с наклоном складок и сместителей разрывов в одном направлении
- Сбросы в плане чаще всего пересекают складчатые структуры или располагаются по отношению к ним диагонально.



- Сдвиговые нарушения возникают в условиях сжатия по нормали к простиранию складок, при этом образуется система диагональных левых и правых сдвигов.
- Помимо сдвиговой компоненты нередко имеется сбросовая или взбросовая составляющая. Тогда можно вести речь о сбросо-сдвигах или взбросо-сдвигах.

- Разрывные нарушения могут образовываться одновременно с осадконакоплением, и тогда они называются *конседиментационными* или после накопления отложения - *постседиментационными*.

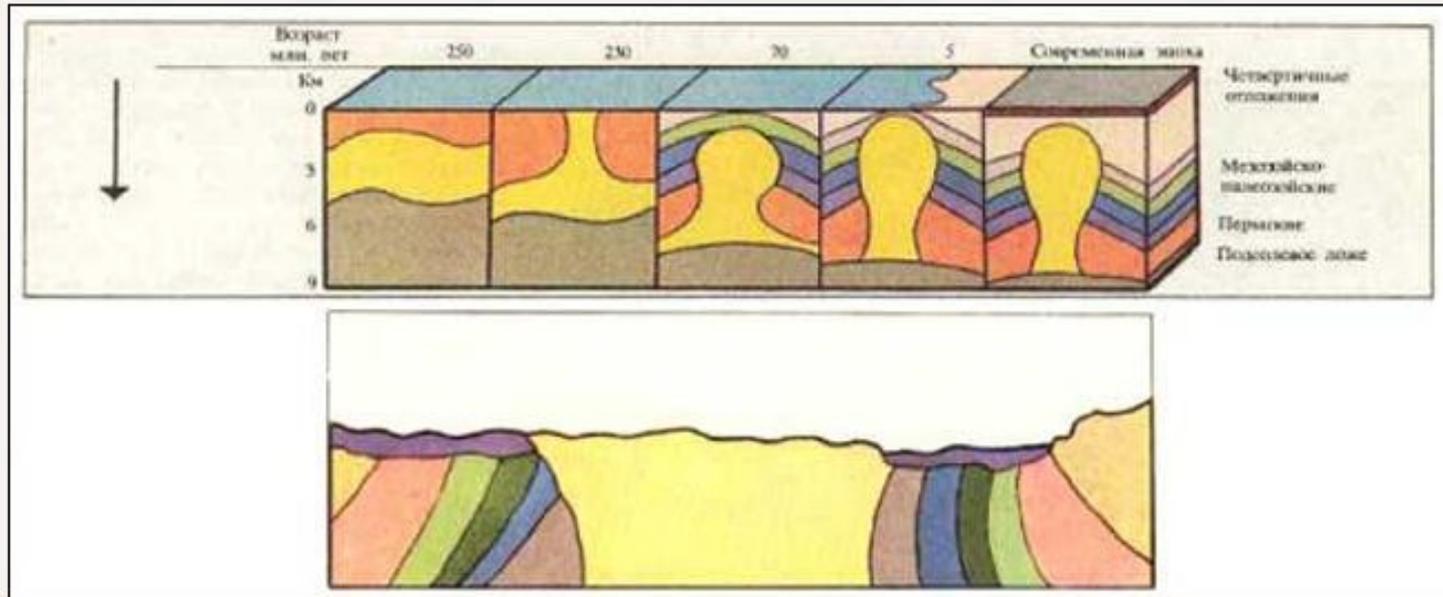
Рис. 2.9. Стадии формирования «растущих» конседиментационных сбросов (Twiss, Moores, 1992). Смещение по листрическому сбросу происходит в процессе продолжающегося осадконакопления. В результате этого происходит увеличение мощности синхронных отложений (выделены одинаковой штриховкой) в лежащем крыле. На глубине сброс становится параллельным слоистости пород лежащего крыла

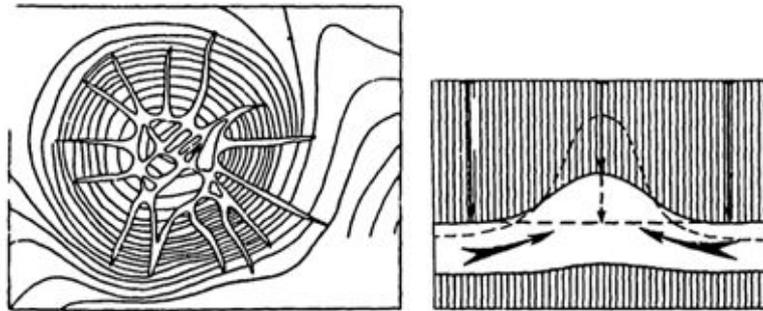
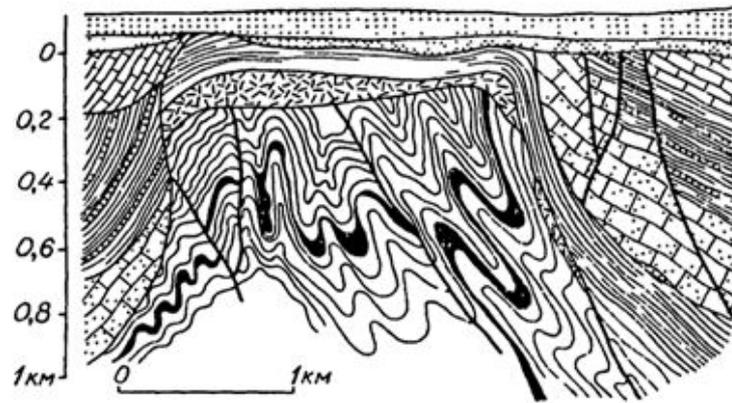


# Соляная тектоника

- соляные купола, представляют собой столбообразные, грибообразные и другие формы, "протыкающие" вмещающие породы, приподнимающие их.
- Купола, как правило, соединяются "ножкой" с соляным пластом на глубине, однако такая связь может и прерываться и тогда купол имеет вид перевернутой кроны

Формирование соляных куполов в Прикаспийской впадине (вверху) и разрабатываемая залежь соляного купола в Фергане (внизу):





*Соляной купол в Клодове, Польша; в каменной соли, слагающей ядро, - сложная дисгармоничная складчатость течения (по М. Ксенжкевичу, Я. Самсоновичу, 1965). Внизу - радиальная и концентрическая системы сбросов на структурной карте соляного купола Клей-Крик, побережье Мексиканского залива (по Л. Паркеру, А. МакДоуеллу), а также схема образования соляного купола.*

Соляной диапир обладает сложной складчатой структурой, сформировавшейся при движении пластичной соли вверх. Образующиеся на поверхности куполовидные антиклинальные складки, нарушены кольцевыми и радиальными сбросами, создающими характерный рисунок типа "битой тарелки".

- Решающим условием возникновения соляных куполов является инверсия плотностей, так как плотность пород в среднем  $2,3-2,5 \text{ г/см}^3$ , а соли  $2,0-2,2 \text{ г/см}^3$ .
- В условиях достаточной мощности соляного пласта при малейших тектонических движениях начинается перетекание соли и она всплывает в виде "капли" или "гриба".
- Кроме куполов часто образуются соляные валы длиной 10-15 км и более.

- Очень характерны диапиры в областях распространения мощных глинистых толщ.
- С глиняными диапирами связаны грязевой вулканизм, проявления нефти и газа и аномально высокое пластовое давление, которое и провоцирует образование диапиров, так как инверсия плотностей здесь уже не работает.