

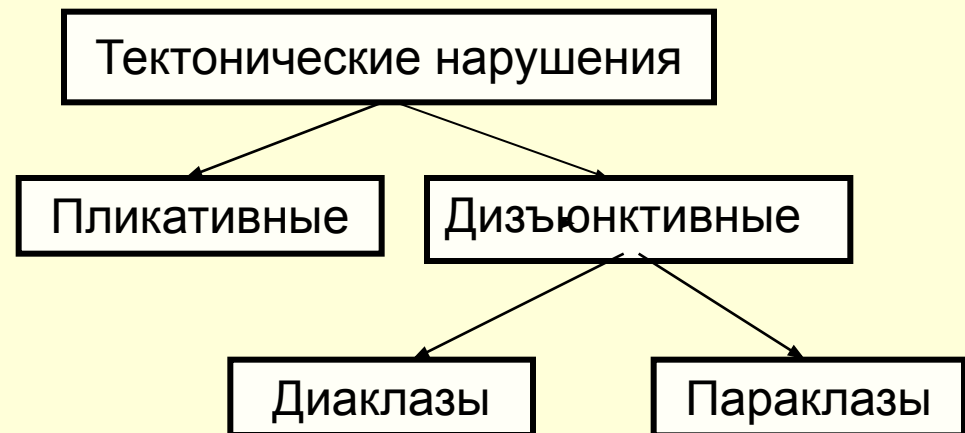
Тема 9. СКЛАДЧАТЫЕ ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ

Г.В. Лебедев
Пермский университет

9.1. Основные понятия

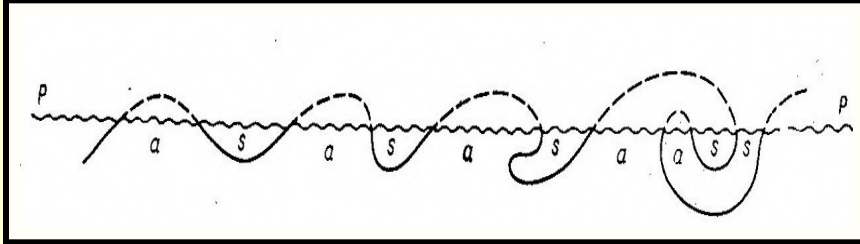
- **Складки** – волнообразные изгибы в слоистых толщах, образующиеся при пластических деформациях горных пород.
- **Складчатость** - совокупность складок.
- **Стадии деформации** твердых тел: упругая, пластическая, разрывная.
- **Этимология:**
 - лат. plicatus – складчатый;
 - лат. disjunctus - разделенный

Складки – пликативные тектонические нарушения



Синформы, антиформы; синклинали, антиклинали

- **Определения** : синформа и антиформа.
- **Синформа** – складка, обращенная выпуклостью вниз.
- **Антиформа** – складка, обращенная выпуклостью вверх.



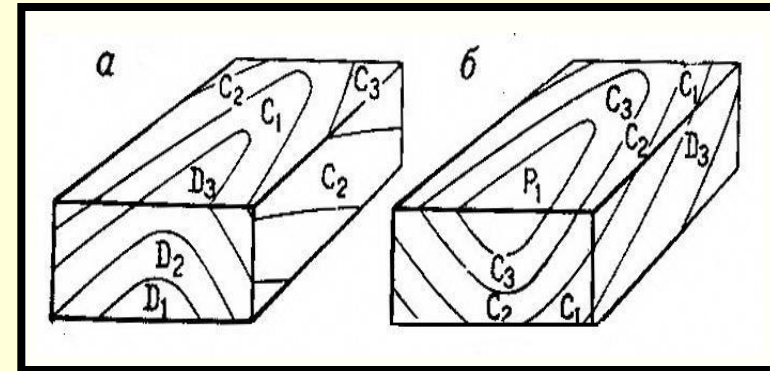
Антиформы (a), синформы (s)

А.Е. Михайлов, 1984

PP – поверхность рельефа

- **В основу разделения складок на синформы и антиформы положен морфологический принцип.** В ядерных частях синформ могут находиться более древние породы, а в ядерных частях антиформ более молодые породы по сравнению с их внешними частями. Термины являются более общими по сравнению с терминами «синклиналь» и «антиклиналь» и используются главным образом в случаях, когда относительный возраст слоистых толщ, слагающих складки, не установлен. Это чаще характерно для территорий распространения сложно дислоцированных толщ.

- **Определения** : синклиналь и антиклиналь.
- **Синклиналь** – складка, внутренняя (ядерная) часть которой сложена более молодыми породами, а внешняя – более древними.
- **Антиклиналь** – складка, внутренняя (ядерная) часть которой сложена более древними породами, а внешняя – более молодыми.

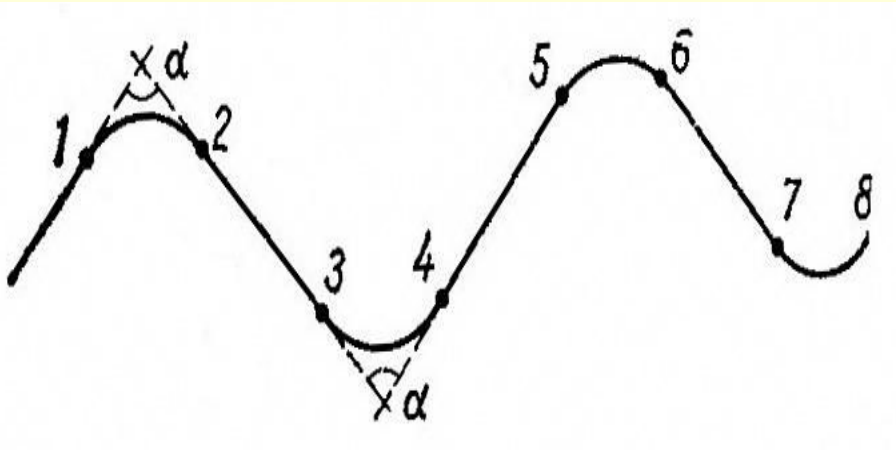


Антиклиналь и синклиналь

А.Е. Михайлов, 1984

- **В основу разделения складок на синклинали и антиклинали положен стратиграфический принцип**

Элементы складок



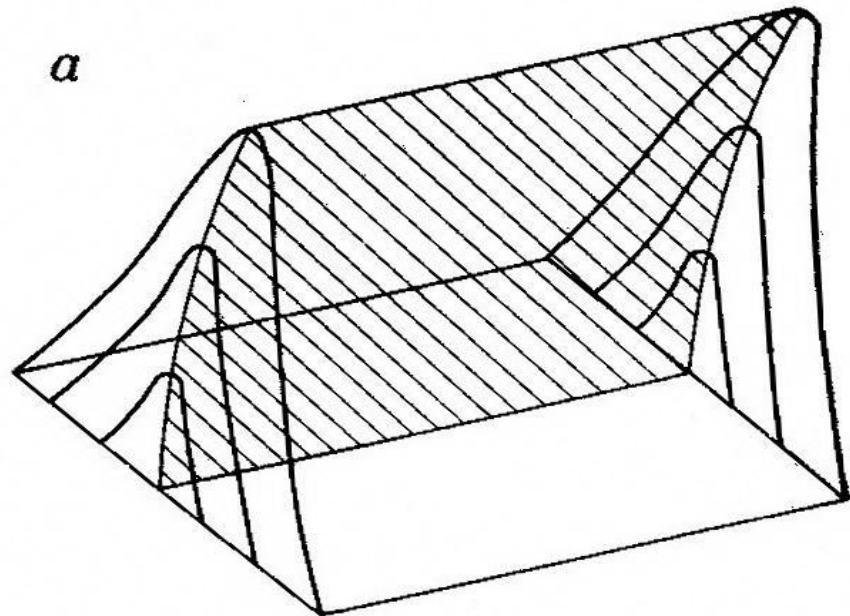
- **Замки** – части складки, примыкающие к месту перегиба слоев.

- **Крылья** – боковые части складок с более или менее устойчивыми элементами залегания.

- Угол складки – угол, образованный продолжением крыльев.

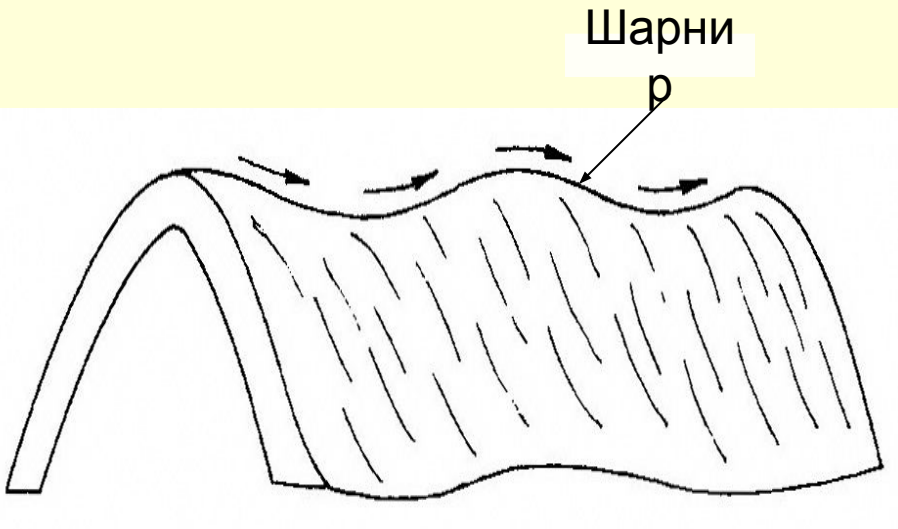
1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, 7 – 8 – замки;

2 – 3, 4 – 5, 6 – 7 – крылья; α – угол складки

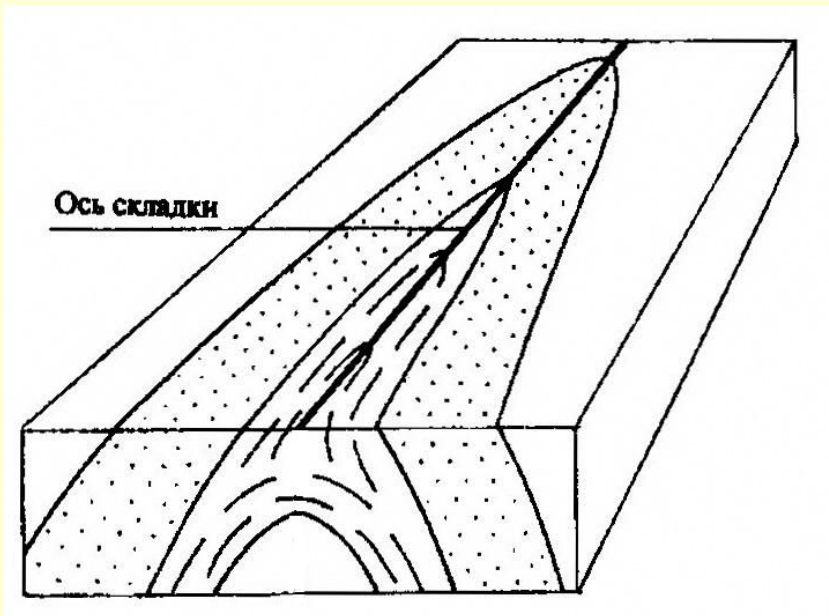


- **Осевая поверхность** – поверхность, проходящая через линии перегиба слоев.

Шарнир и ось складки



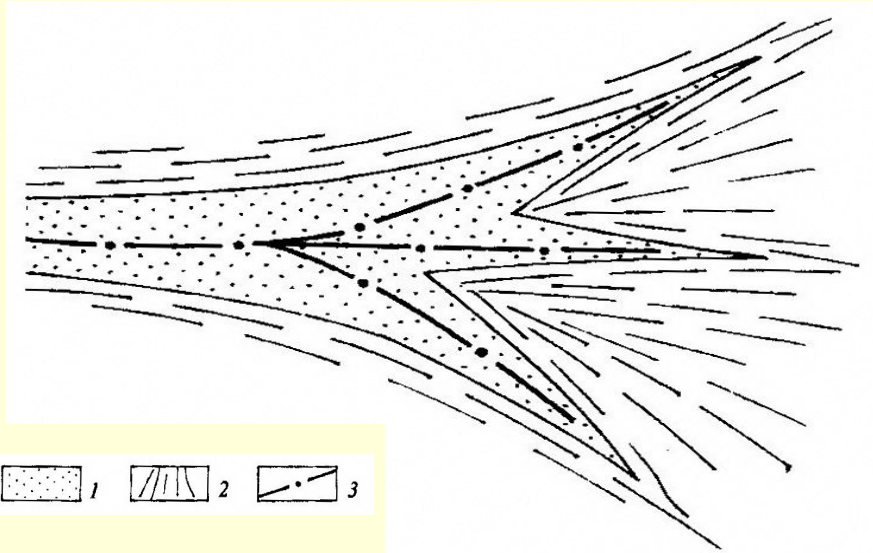
- **Шарнир** – линия перегиба слоя.
- **Ундуляция** [лат. unda – волна] – погружение или воздымание шарнира.



- **Ось складки** – линия, образованная пересечением осевой поверхности с горизонтальной плоскостью.
- Понятие используется для пространственной характеристики (простиранения) складок.

Виргация осей складок.

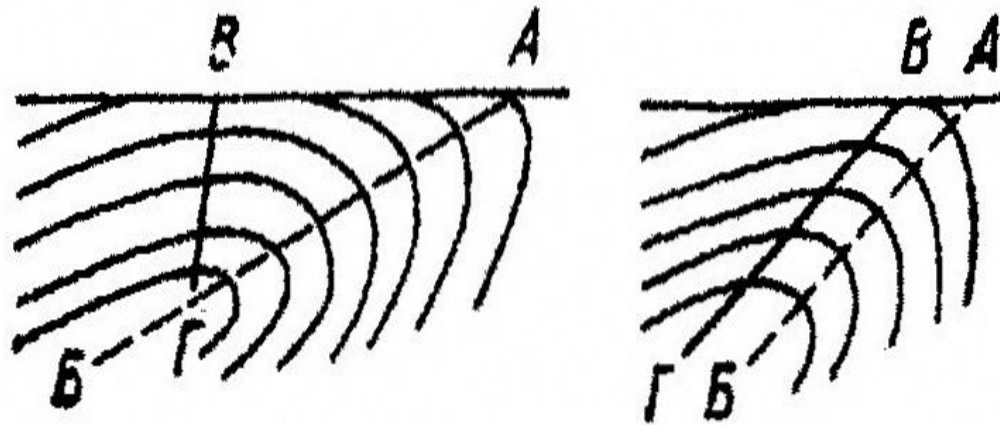
Гребень, гребневая поверхность



- **Виргация** [лат. *virga* – ветвь] – расщепление осей складок
1 – пески; 2 – глины; 3 – ось складки
А.К. Корсаков, 2009

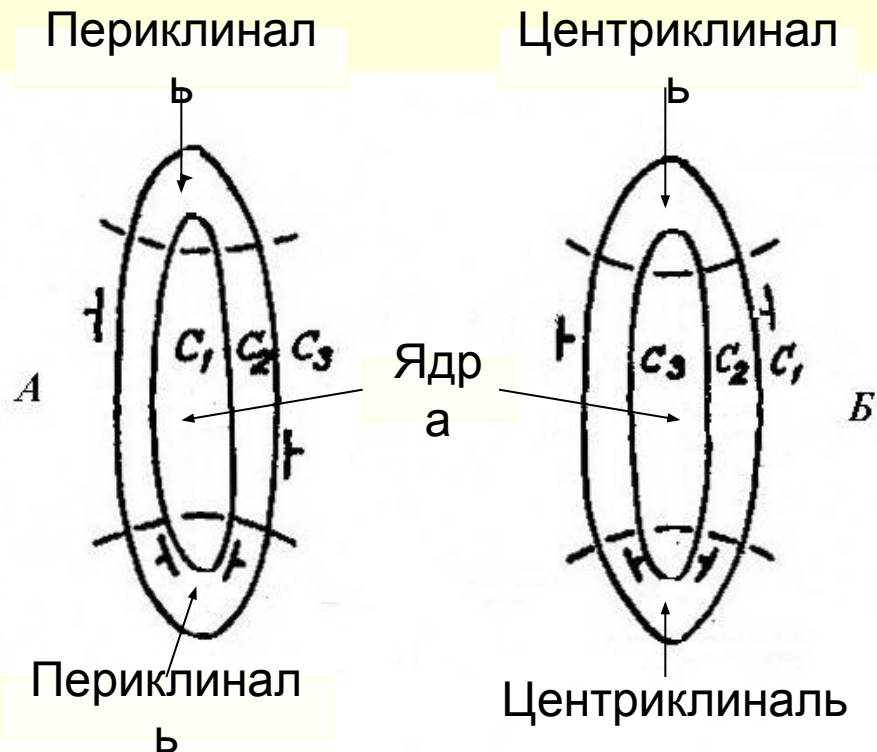
• **Гребневая поверхность** – поверхность, проходящая через самые высокие точки расположения слоев, образующих складки.

• **Гребень складки** – линия пересечения гребневой поверхности с кровлей или подошвой любого из слоев.



АБ – осевая поверхность;
ВГ – гребневая поверхность
А.Е. Михайлов, 1984

Замыкания и ядра складок



А – антиклиналь; Б -
синклиналь

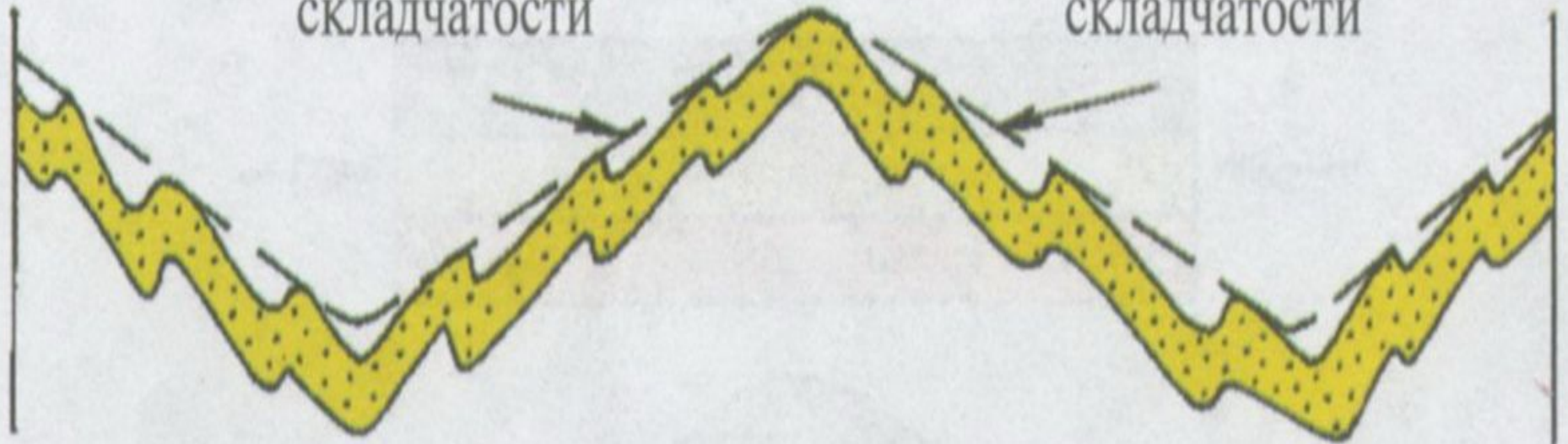
- **Замыкания** - краевые части складок, где происходит постепенное изменение падения слоев на обратное.
- Замыкания антиклиналей называются периклиналиями [гр. peri – возле, около + klino – наклоняю] (периклиналиями), а синклиналей – центриклинальными [гр. kentron – острое, средоточие + klino – наклоняю] (центриклиналями).
- Ядра – внутренние части складок.

Зеркало складчатости

А.К. Корсаков, 2009

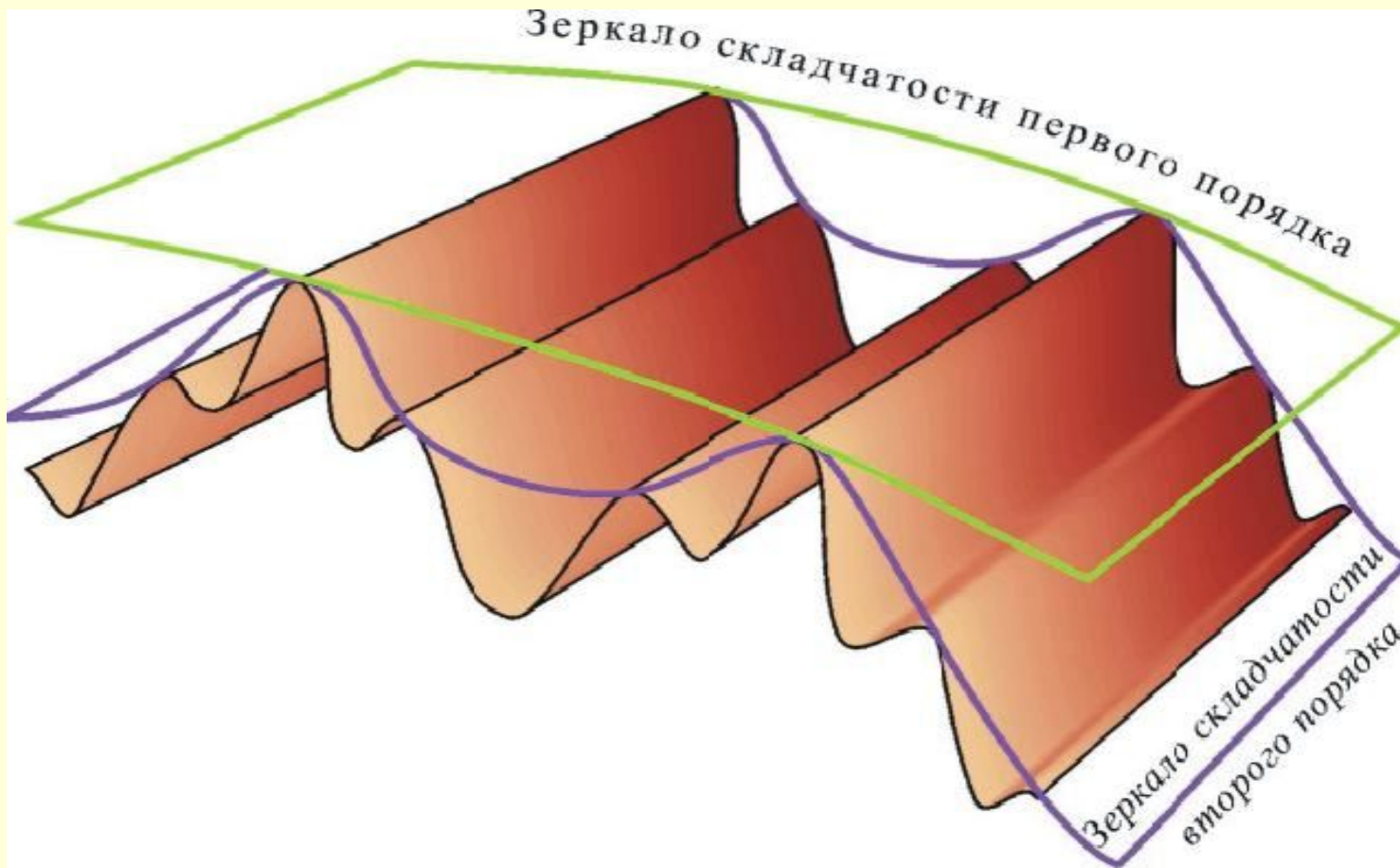
Зеркало
складчатости

Зеркало
складчатости



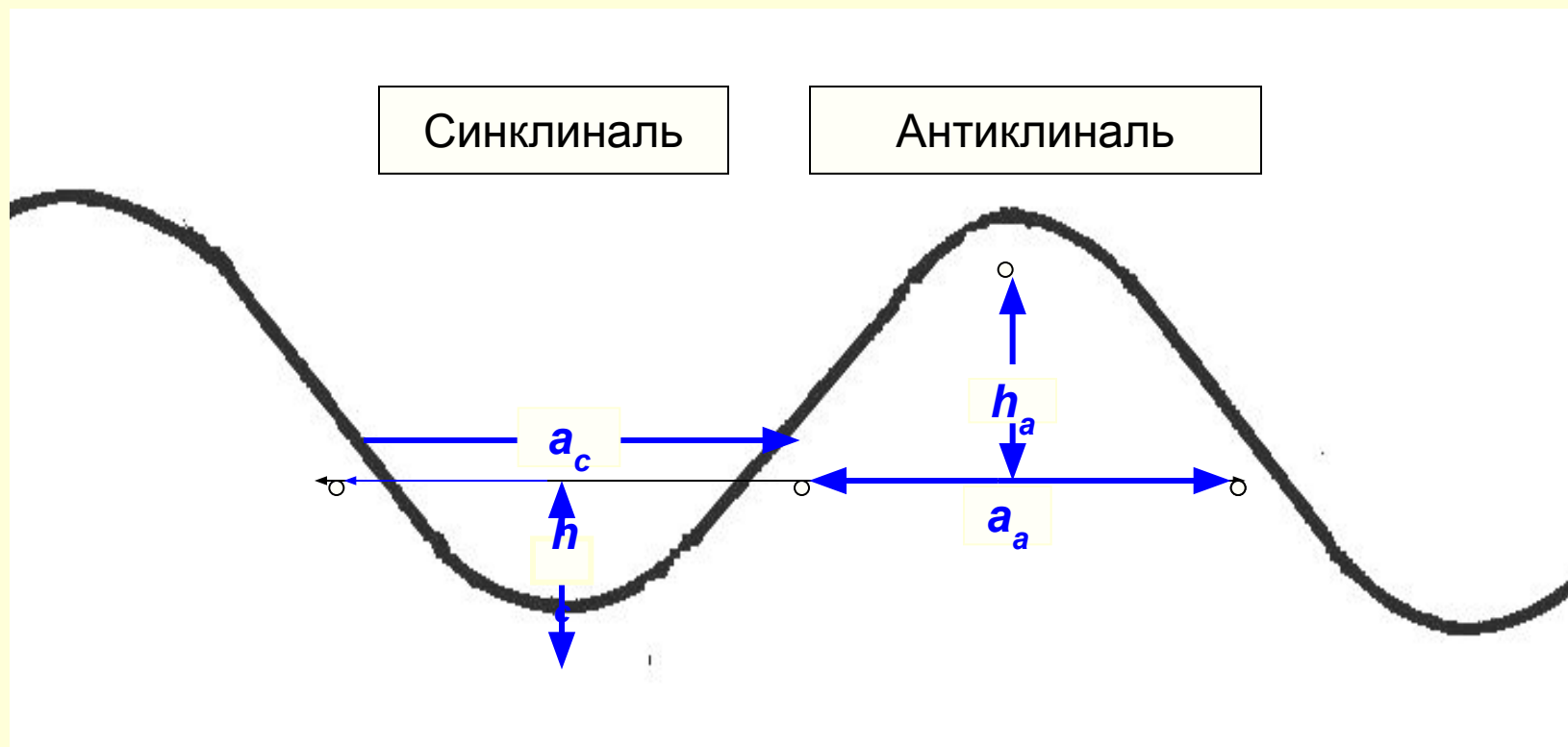
Зеркало складчатости

<http://www.ggd.nsu.ru/iso/dislok/skladki/skladk7.jpg>



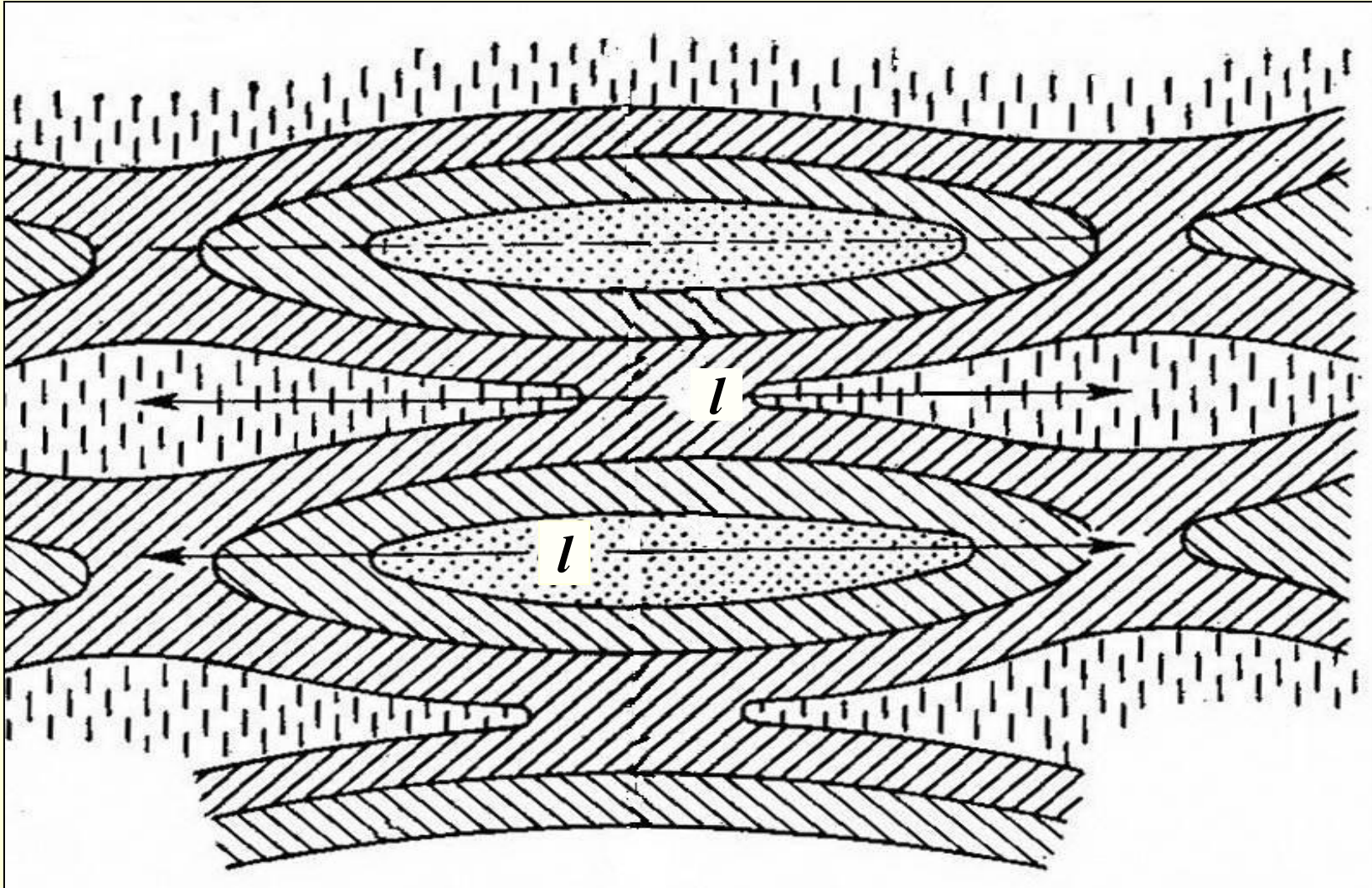
Зеркало складчатости – условная поверхность, проведенная через шарниры одной и той же стратиграфической поверхности.
Их построение производится для выделения разнопорядковых складчатых структур.

Параметры складок: ширина и высота



a_c – ширина синклинали; a_a – ширина антиклинали;
 h_c – высота синклинали; h_a – высота антиклинали

Параметры складок: длина



Длина складки (l) – расстояние вдоль оси между смежными перегибами шарнира.

9.2. Морфологическая классификация складок

I. По положению осевой поверхности:

- A. Симметричные
- Б. Асимметричные
- 1) наклонные,
- 2) опрокинутые,
- 3) лежащие
- 4) перевернутые

II. По соотношению углов падения крыльев:

- 1) обычные (нормальные),
- 2) изоклиналильные:
 - опрокинутые,
 - вертикальные
- 3) веерообразные

III. По углу складки (при вершине):

- 1) острые,
- 2) тупые,
- 3) коробчатые

IV. По соотношению длины и ширины:

- 1) линейные,
- 2) брахиморфные,
- 3) изометричные (в плане)

V. По соотношению мощностей слоев на крыльях и в замках:

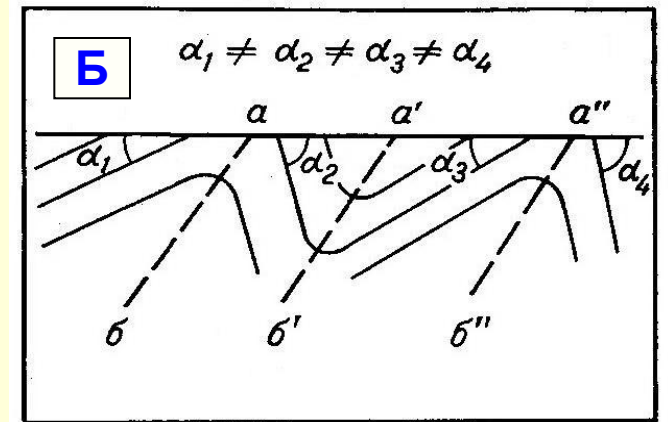
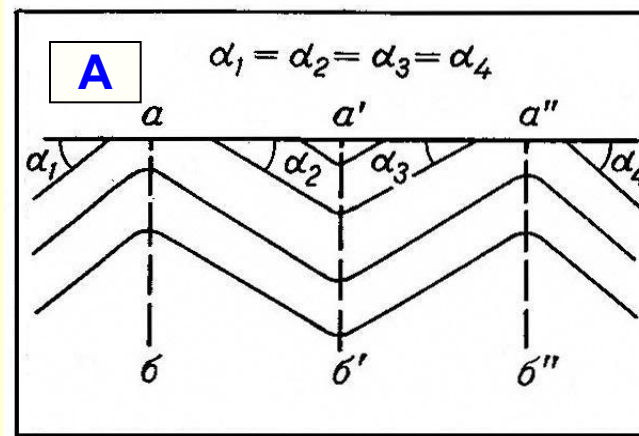
- 1) подобные,
- 2) концентрические,
- 3) антиклинали с уменьшенной мощностью в замках,
- 4) синклинали с увеличенной мощностью в замках

I. Классификация складок по положению осевой поверхности

A. Симметричные

Б. Асимметричные

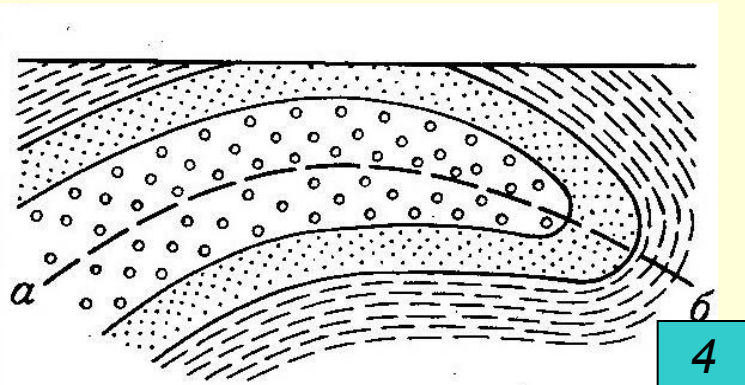
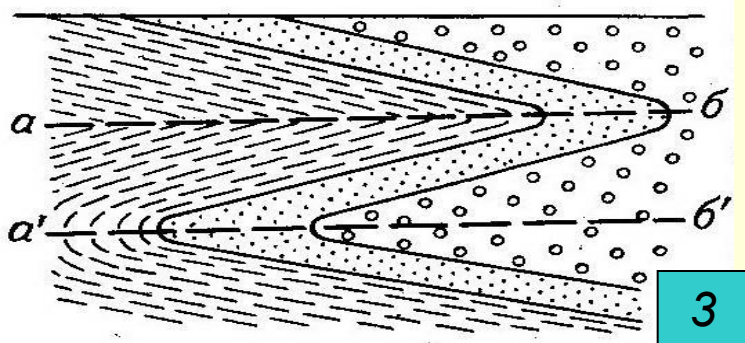
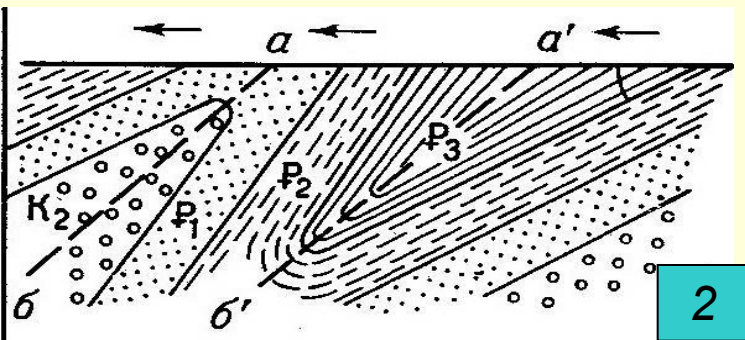
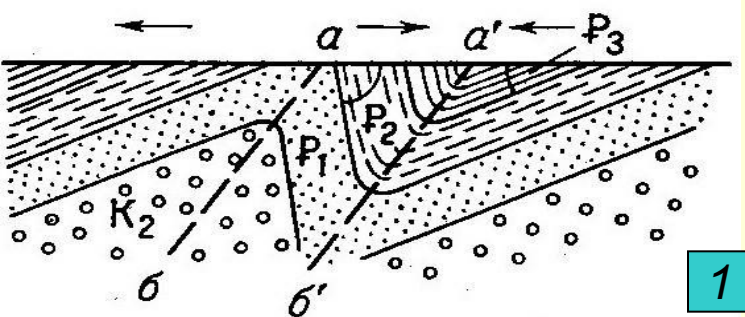
- 1) наклонные,
- 2) опрокинутые,
- 3) лежачие
- 4) перевернутые



$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ – углы падения крыльев;
 $аб, а'б', а''б''$ - осевые поверхности складок

- **Симметричные** (прямые) складки имеют вертикальные осевые поверхности и одинаковые углы падения крыльев в разные стороны.
- **Асимметричные** складки имеют наклонные или горизонтальные осевые поверхности и различные углы падения крыльев

Асимметричные складки: наклонные (1), опрокинутые (2), лежачие (3), перевернутые (4)



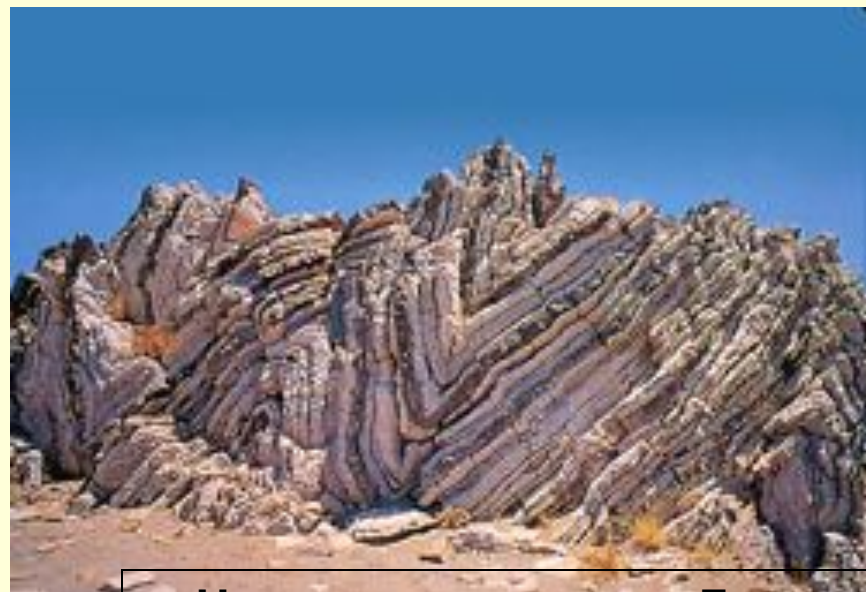
1. **Наклонные** складки имеют наклонную осевую поверхность и падение крыльев в разные стороны под разными углами.

2. **Опрокинутые** складки имеют наклонную осевую поверхность и падение крыльев в одну сторону.

3. **Лежачие** складки характеризуются горизонтальным положением осевой поверхности.

4. **Перевернутые** (ныряющие) складки имеют осевую поверхность, изогнутую до обратного падения.

Примеры наклонных складок



**Наклонные складки. Греция,
о.Крит**
http://www.alpha-omegaonline.com/road/geology_s1.jpg



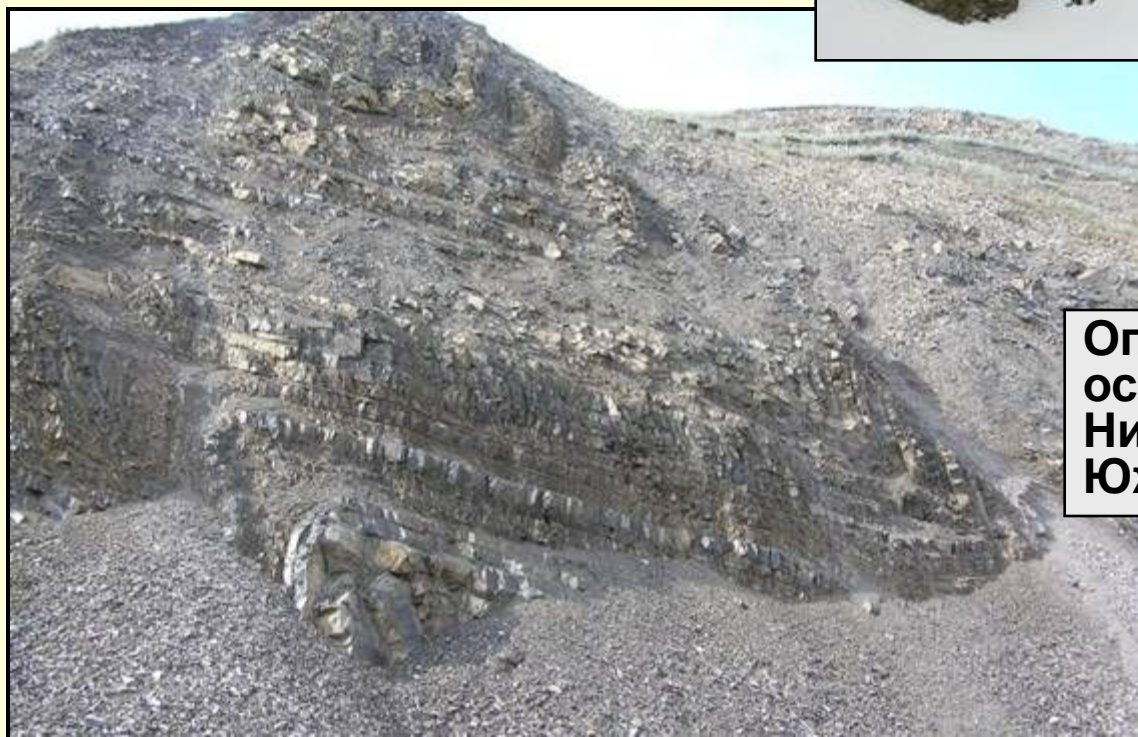
**Наклонные шевронные
складки. Южный Урал.
Фото из архива ОАО
"Челябинскгеосъемка"**

Примеры опрокинутых складок

**Опрокинутая (почти
лежачая) острая складка.
Швейцарские Альпы.
Фото А.Г. Кошелева**



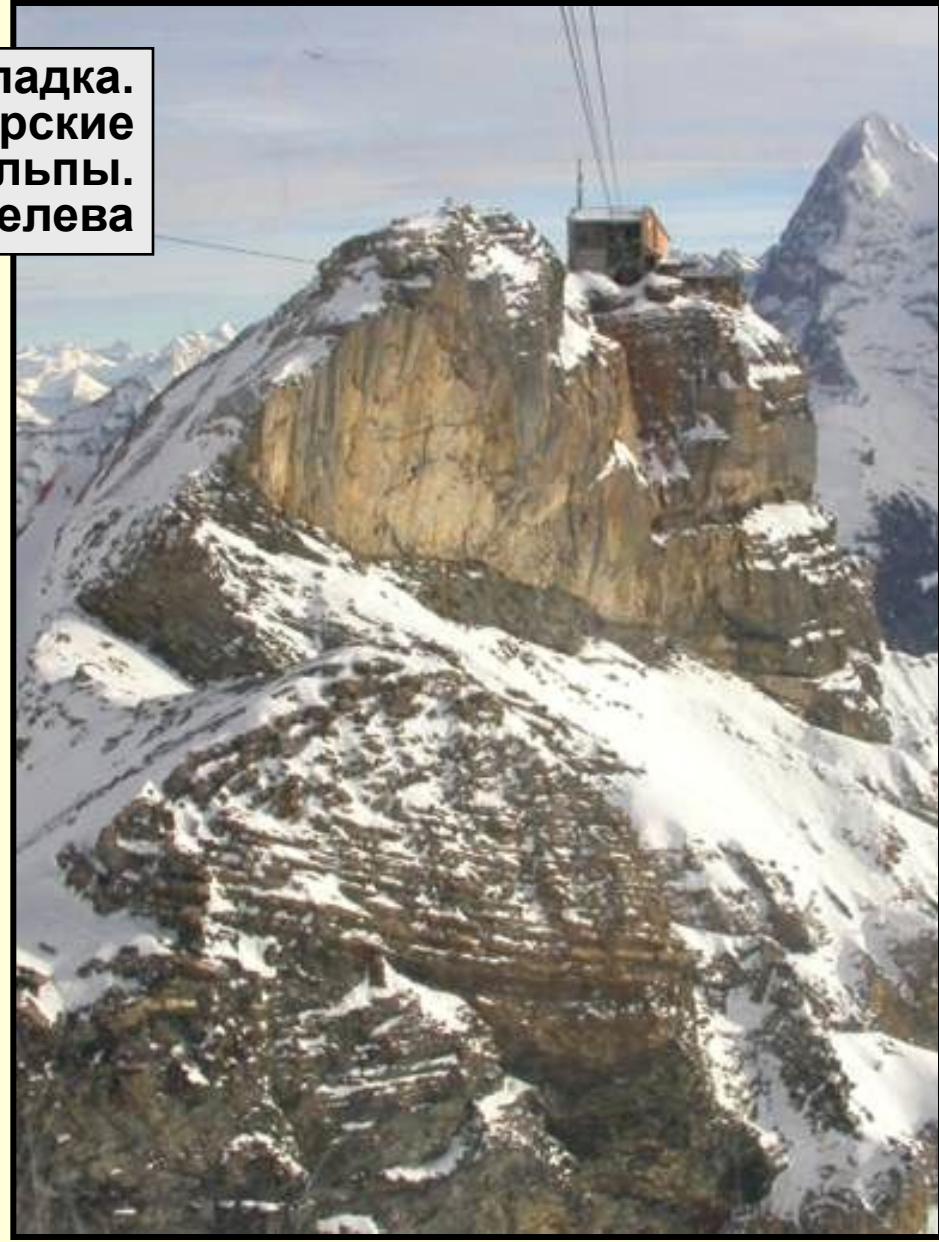
**Опрокинутые
острые складки.
Нижний карбон.
Южный Урал**



Примеры лежачих складок

Лежачая складка.
Швейцарские
Альпы.
Фото А.Г. Кошелева

Лежачая складка
<http://www.geology.wisc.edu/~struct/images/geo202.jpg>



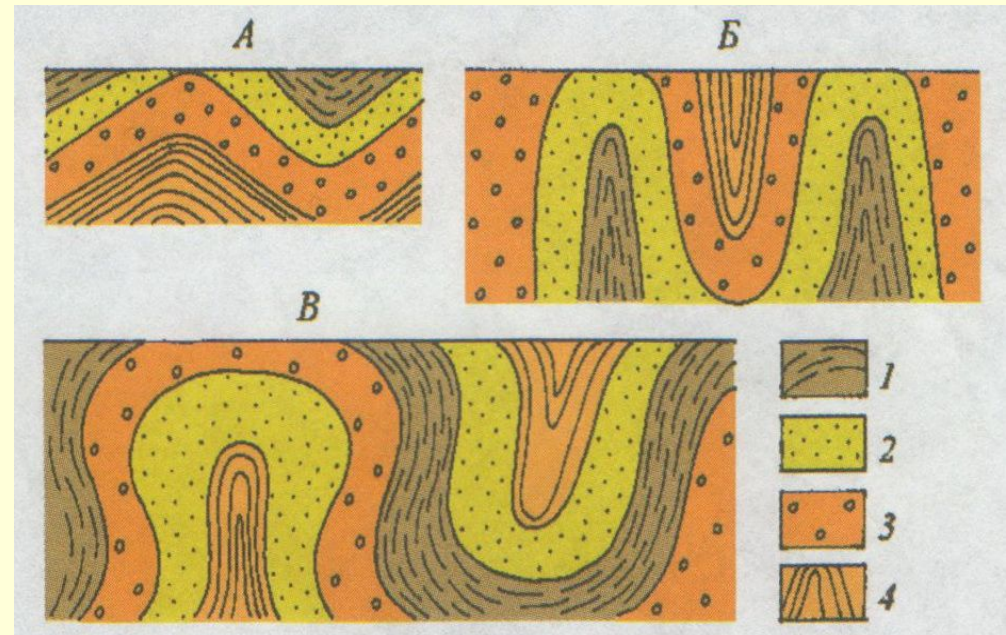
II. Классификация складок по соотношению углов падения крыльев

А. Обычные (нормальные), имеющие падение крыльев в разные стороны

Б. Изоклиальные, имеющие одинаковые углы падения крыльев в одну сторону:

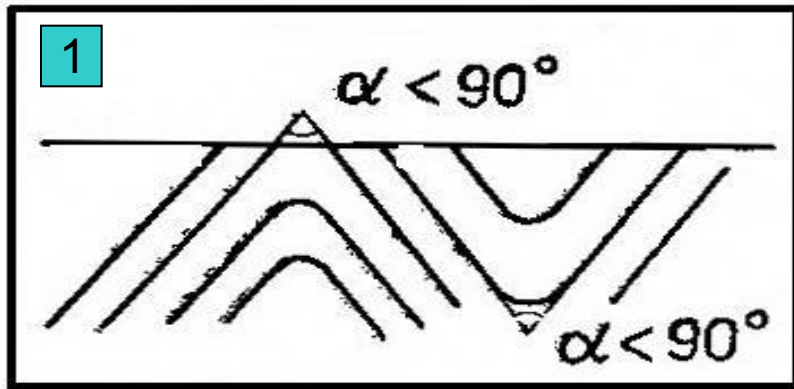
- опрокинутые,
- вертикальные

В. Веерообразные, имеющие веерообразное расположение крыльев, причем оба крыла опрокинутые

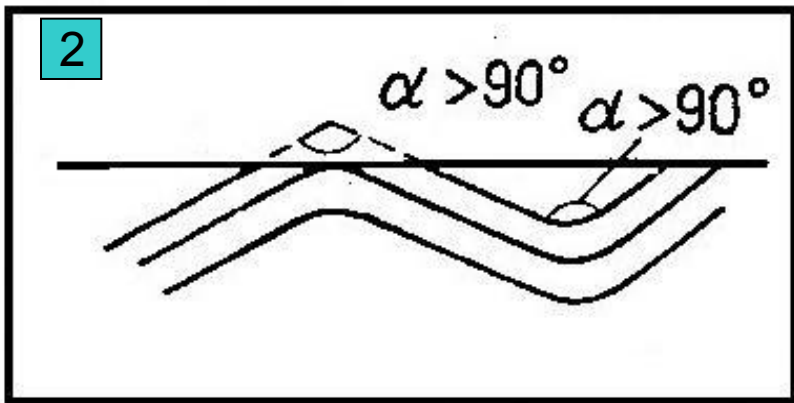


Деление складок по соотношению углов падения крыльев

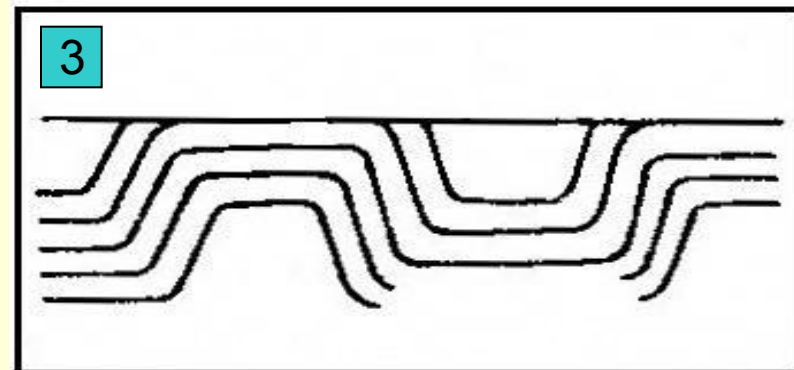
А.К. Корсаков, 2009



III. Классификация складок по величине угла (при вершине)



1. **Острые** или шевронные [фр. chevro – стропило, конек на крыше] с углом складки $\alpha < 90^\circ$.
2. **Тупые** $90^\circ < \alpha < 180^\circ$.
3. **Коробчатые** (сундучные): $\alpha \sim 180^\circ$



Примеры тупых складок



Антиклиналь. Верхний девон. Южный Урал



Синклинали. Верхний девон. Южный Урал



Антиклиналь. Верхний девон. Южный Урал

Примеры острых складок



Складки. Нижний карбон. Южный Урал

Синклиналь. Нижний силур. Южный Урал



Синклиналь. Верхний девон. Южный Урал

Примеры сундучных складок

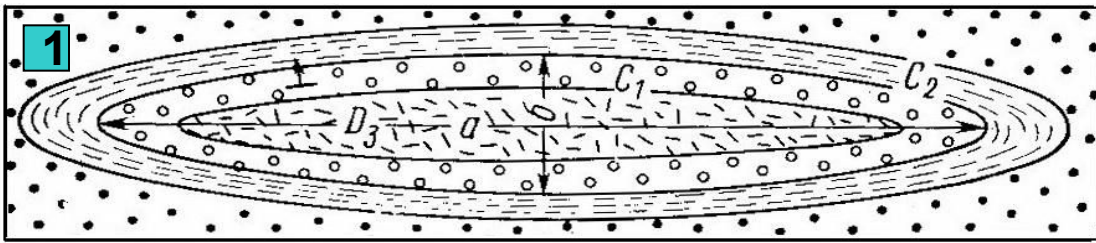


Сундучная
опрокинутая
складка. Северный
Памир.
Фото В.И. Дронова



Сундучная складка.
Верхний девон.
Южный Урал

IV. Классификация складок по соотношению длины и ширины



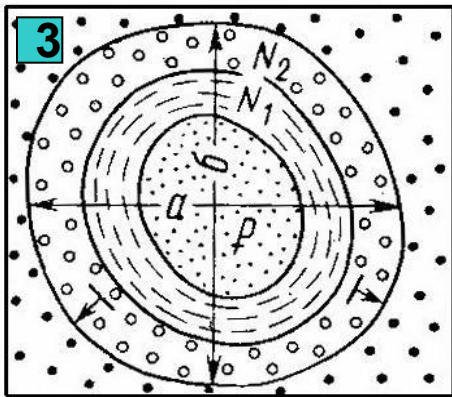
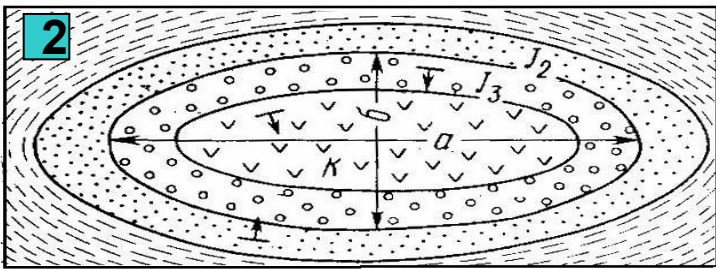
1. Линейные: $a : b > 5 : 1$

2. Брахискладки
(брахиантиклинали,
брахисинклинали):

$$a : b = 2 : 1 \div 5 : 1$$

3. Изометричные в плане
(антиклинали – купола,
синклинали – мульды):

$$a : b = 1 : 1 \div 2 : 1$$



a – длина складки,
 b – ширина

Линейные складки на аэрофотоснимках



Сильно вытянутые
(совершенные линейные)
складки. Ю. Африка.
GoogleEarth



Линейная
складка. Сев.
Прибалхашье.
Казахстан.
GoogleEarth



Линейная складка.
Сулеймановы горы.
Пакистан.
GoogleEarth

Image © 2005 DigitalGlobe

Sra Motu

Брахиморфные складки на аэрофотоснимках



Брахисинклиналь.
Атлас. Африка.
GoogleEarth



Брахиаинклиналь.
Аделаида. Австралия.
GoogleEarth



Брахиаинклиналь.
Атлас. Африка.
GoogleEarth

Изометричные складки на аэрофотоснимках



Изометричная складка - купол. Западное Прибалхашье. Казахстан. GoogleEarth

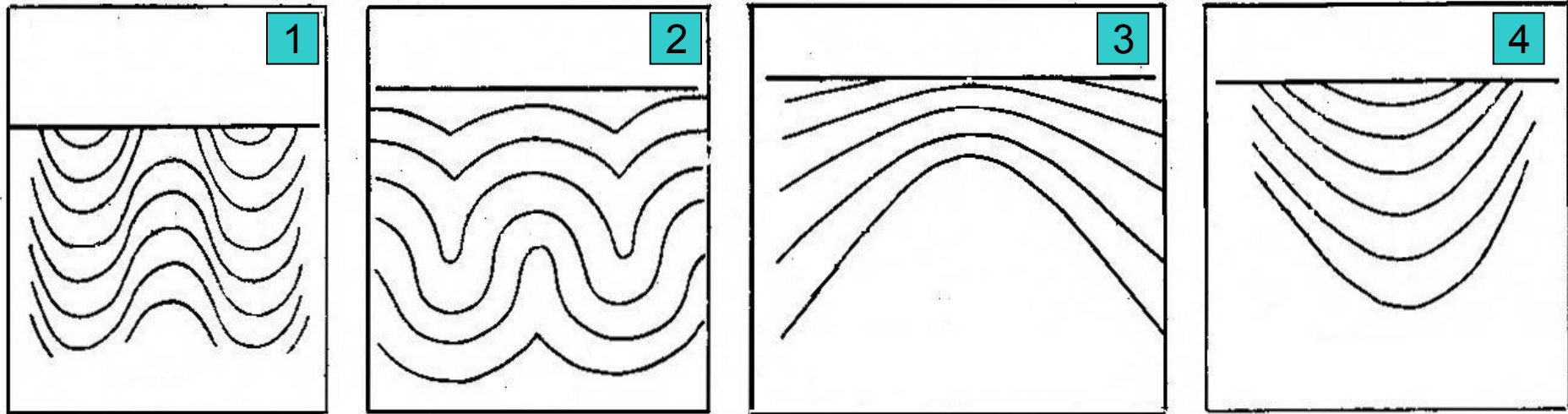


Изометричная складка - мульда. Монголия. GoogleEarth



Структура Ришат. Пологий купол диаметром 50 км. Сахара. GoogleEarth

V. Классификация складок по соотношению мощностей слоев на крыльях и в замках



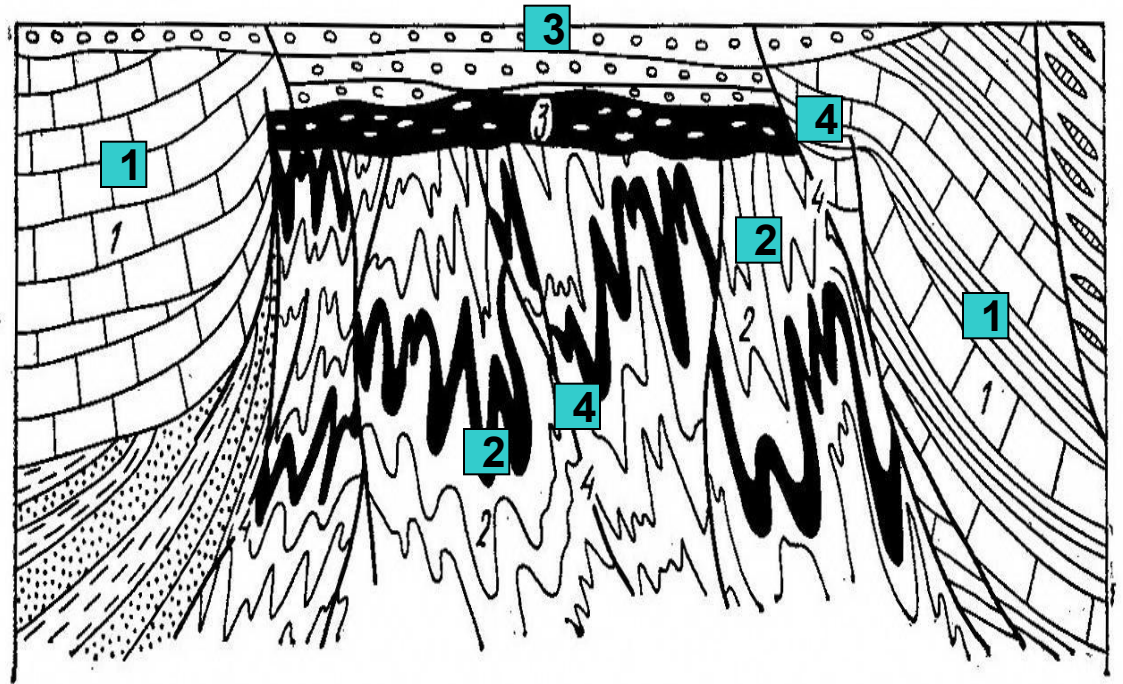
- 1. Подобные:** мощность на крыльях меньше, чем в замках, а форма замка с глубиной не изменяется.
- 2. Концентрические** с одинаковой мощностью на крыльях и замках.
- 3. Антиклинали с уменьшенной мощностью в замках.** Характерны для конседиментационной складчатости.
- 4. Синклинали с увеличенной мощностью в замках.** Характерны для конседиментационной складчатости.

9.3. Диапировые складки (складки протыкания)

[гр. diapireiro – пронзаю]

Антиклинальные, обычно куполовидные складки, характеризующиеся наличием сильно пермятого ядра протыкания из более древних высокопластичных пород (соль, глины и др.); поверхность ядра пересекает границы более полого залегающих слоев крыльев складки.

Мощность соляных куполов может достигать 2 – 3 км и более км.



**Схема строения диапировой складки А.
Е. Михайлов, 1984**

1 - вмещающие породы; 2 – пластичные породы ядра;
3 – **соляная шляпа (кепрок)**

[англ. cap – шляпа + rock – порода];

4 – разрывные нарушения

Схема формирования диапировых складок

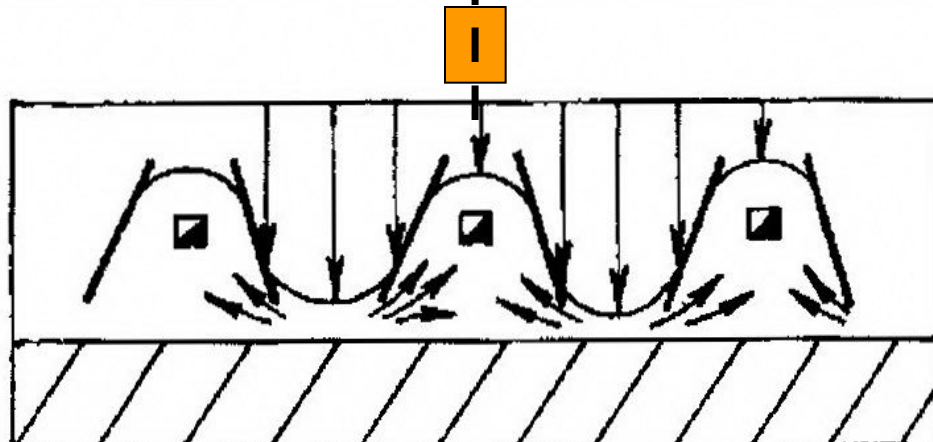
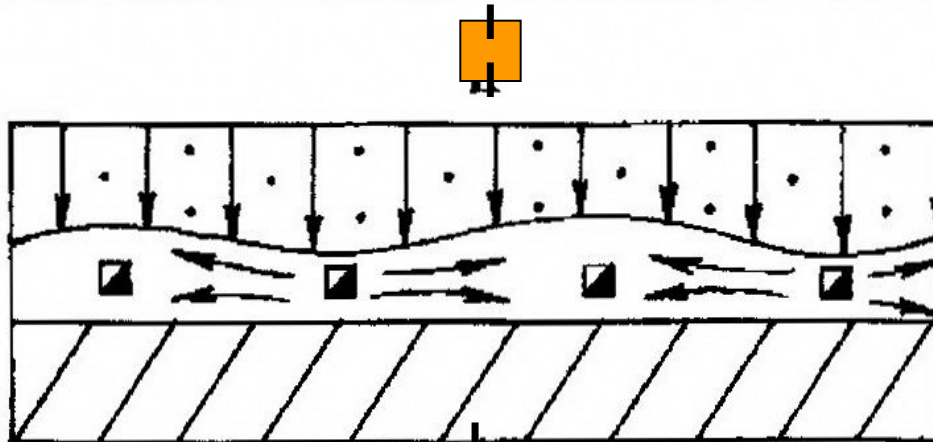
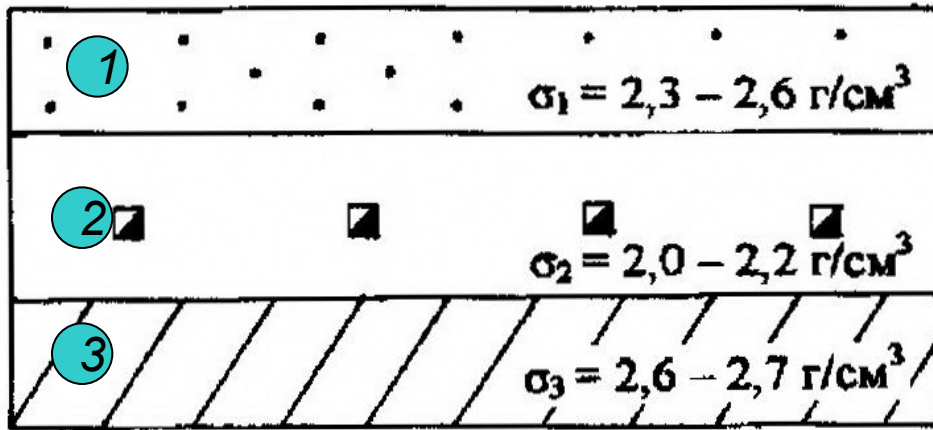
А.К. Корсаков, 2009

1 – надсолевой комплекс; 2 - солевой комплекс; 3 – подсолевой комплекс;
 σ – плотность пород

I – первоначальное горизонтальное залегание; II – возникновение изгибов поверхностей наслоения, приводящее к неравномерному давлению надсолевого комплекса на солевой; III – в солевом комплексе вещество течет из участков высокого давления в участки низкого давления, что приводит к росту диапировых складок и образованию разрывов.

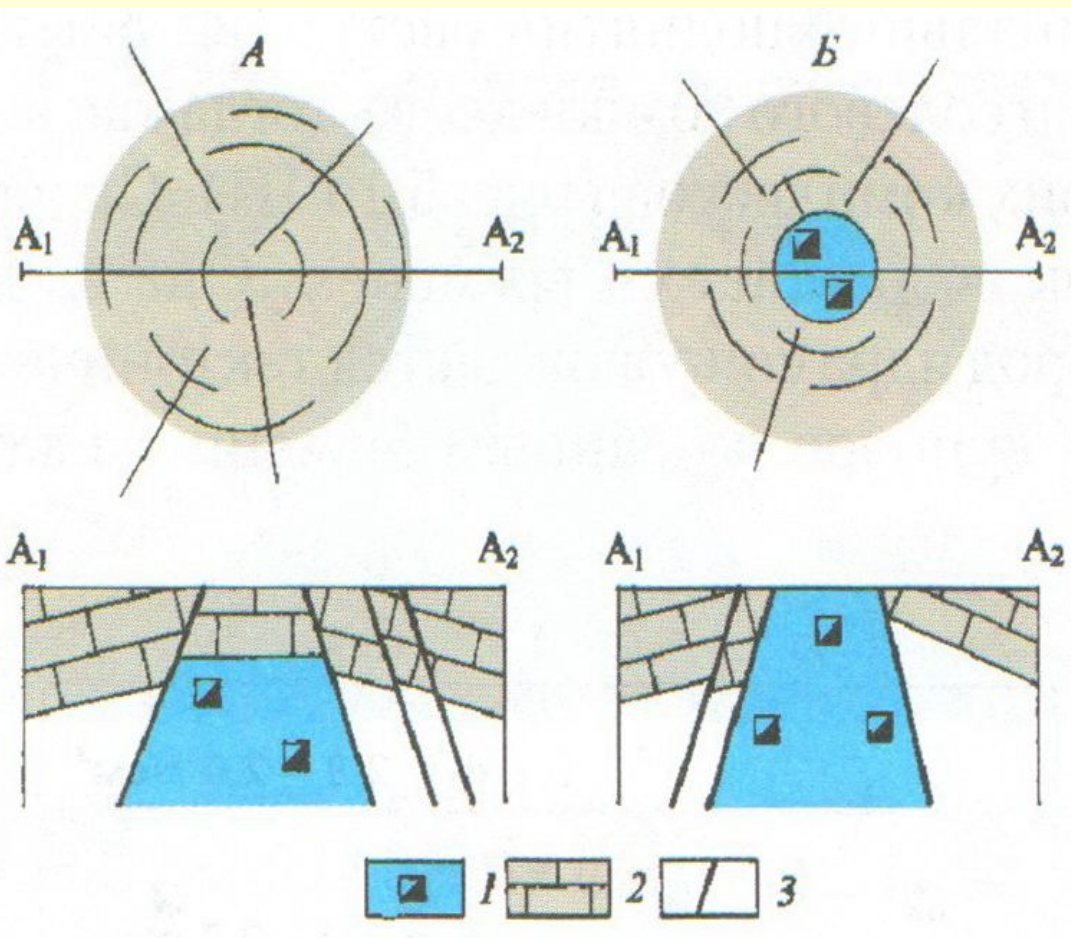
• По данным Ю.А. Косыгина соляные диапиры начинают формироваться при мощности соленосной толщи более 120 м и покрывающих отложений более 300 м.

• Образование соляных диапиров может охватывать несколько геологических периодов. Вмещающий комплекс обычно имеет отчетливые черты конседиментационности.



Закрытые и открытые диапиры

А.К. Корсаков, 2009



А – закрытый диапир;
Б – открытый диапир

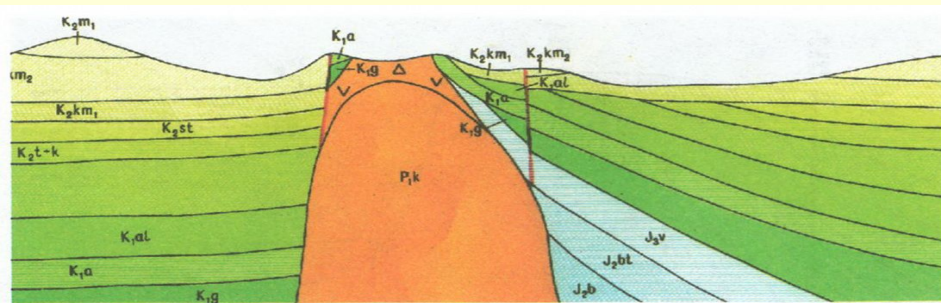
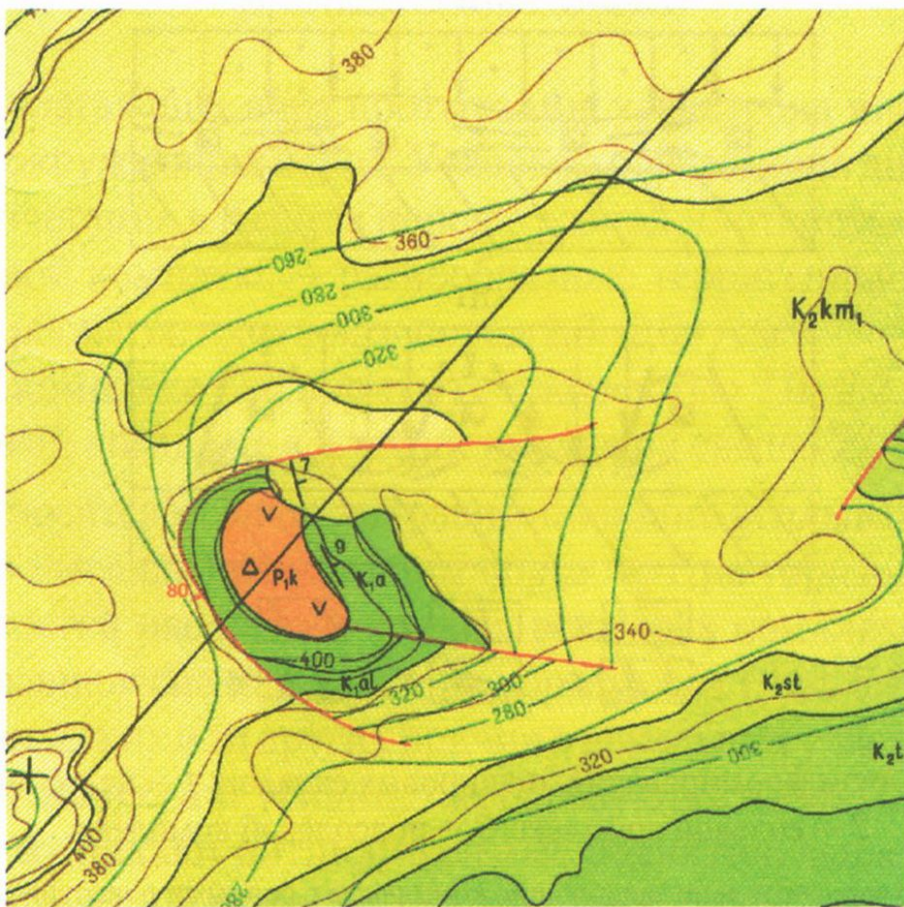
- У **закрытых** диапиров породы **ядра** на земную поверхность **не выходят**.
- У **открытых** диапиров породы **ядра** **выходят** на земную поверхность.

1 – соли; 2 – известняки; 3 – разрывные нарушения

Открытая диапировая складка

(фрагмент учебной
геологической карты № 14)

**Ядро складки сложено
породами кунгурского
яруса (P_1k). Надсолевой
комплекс представлен
породами юрской и
меловой систем.**



Выход соляных пород на берегу соляного озера

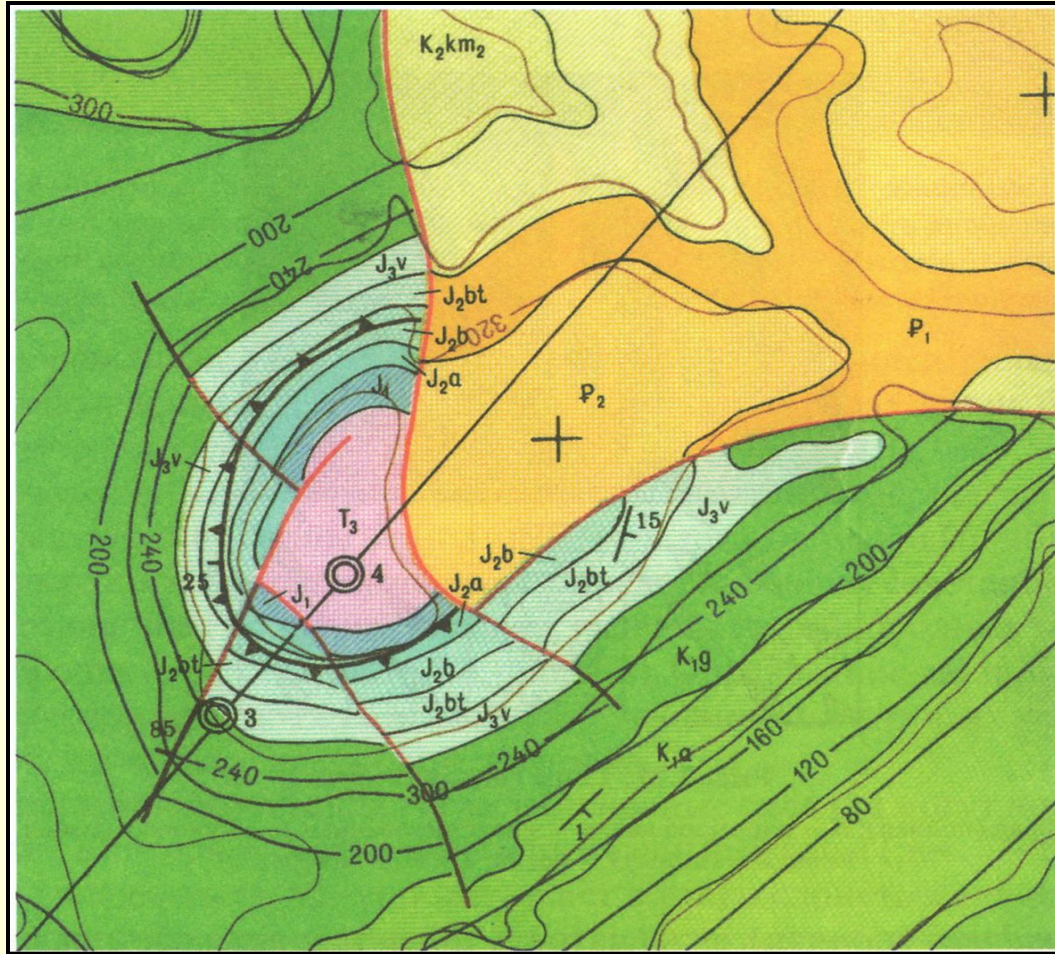
Пос.Солотвино. Закарпатье

<http://www.photoukraine.com/i/articles/Kamennaia%20Sol%20Photos/005.jpg>

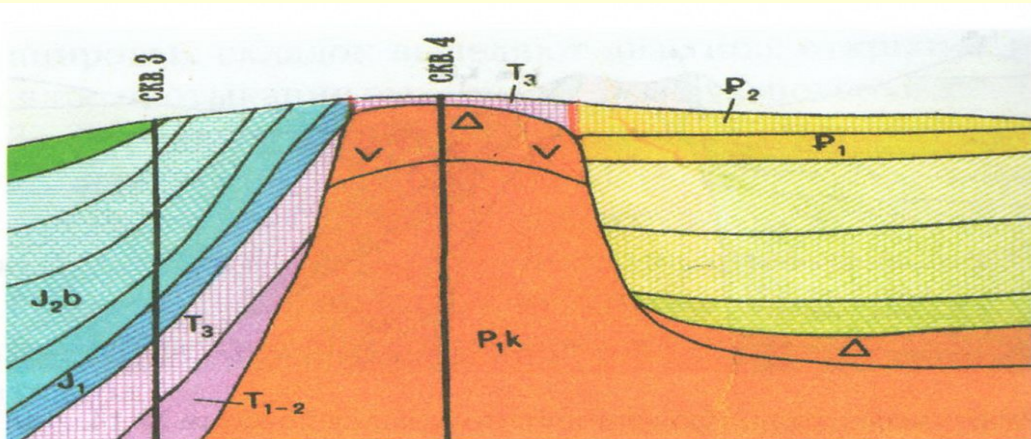


Закрытая диапировая складка

(фрагмент учебной
геологической карты № 14

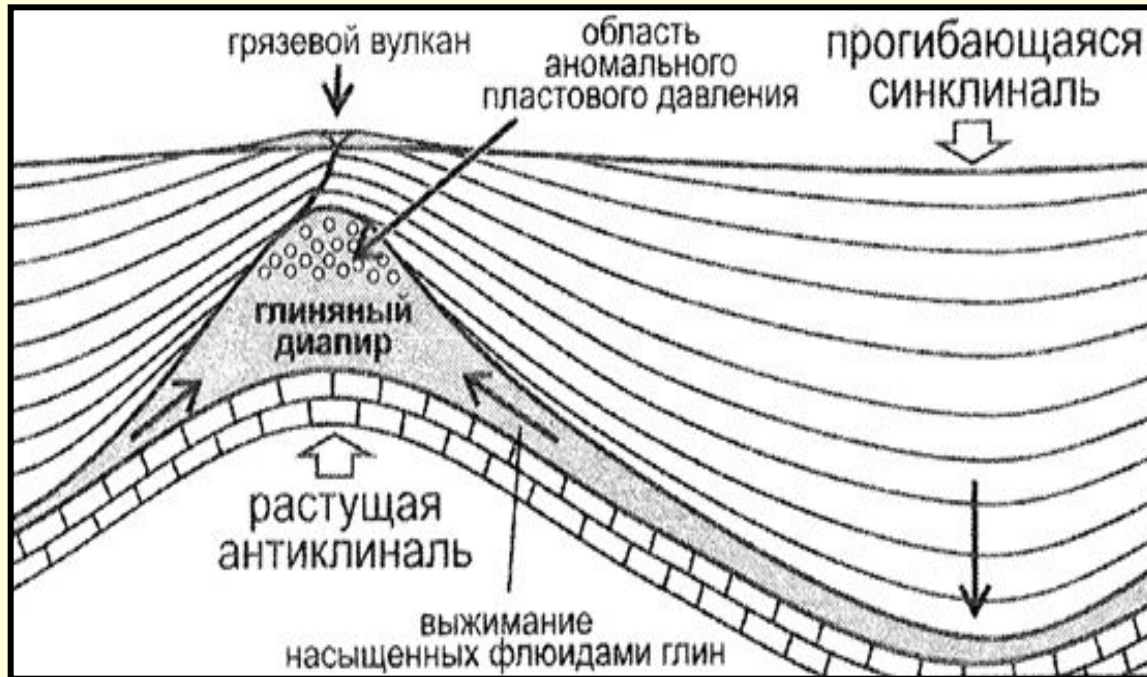


Ядро складки,
сложенное породами
кунгурского яруса
(P_1k), на земную
поверхность не
выходит. Надсолевой
комплекс представлен
породами триасовой,
юрской и меловой
систем.



Глиняные диапиры

http://wiki.web.ru/images/3/33/Structural_Geology_1.ppt



**Модель формирования
глиняного диапира
и грязевых вулканов
(по П.А. Фокину)**

Глины за счет высокого литостатического давления выдавливаются в ядра антиклиналей. В антиклиналях скапливаются флюиды (вода, CO_2 , природный газ и пр.) и возникает аномальное давление. Выбросы разжиженной глины на поверхность создают над глиняными диапирами грязевые вулканы, деятельность которых контролируется землетрясениями.

**Грязевый вулкан Андрусова (глиняный диапир)
Булаганакское вулканическое поле,
Керченский п-ов <http://bms.24open.ru>**



9.4. Генетическая классификация складок

По механизму образования выделяют складки:

1. Продольного изгиба
2. Поперечного изгиба
3. Складки течения
4. Диапировые складки

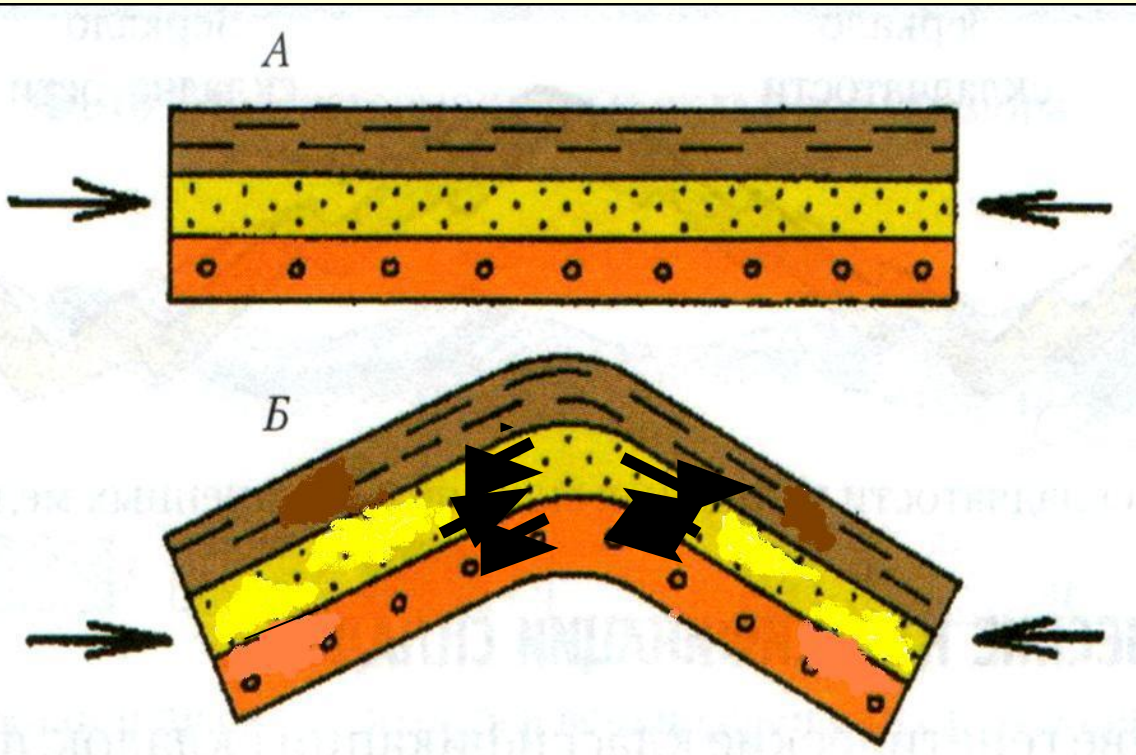
По времени образования относительно осадконакопления выделяют складки:

- А. Постседиментационные
- Б. Конседиментационные

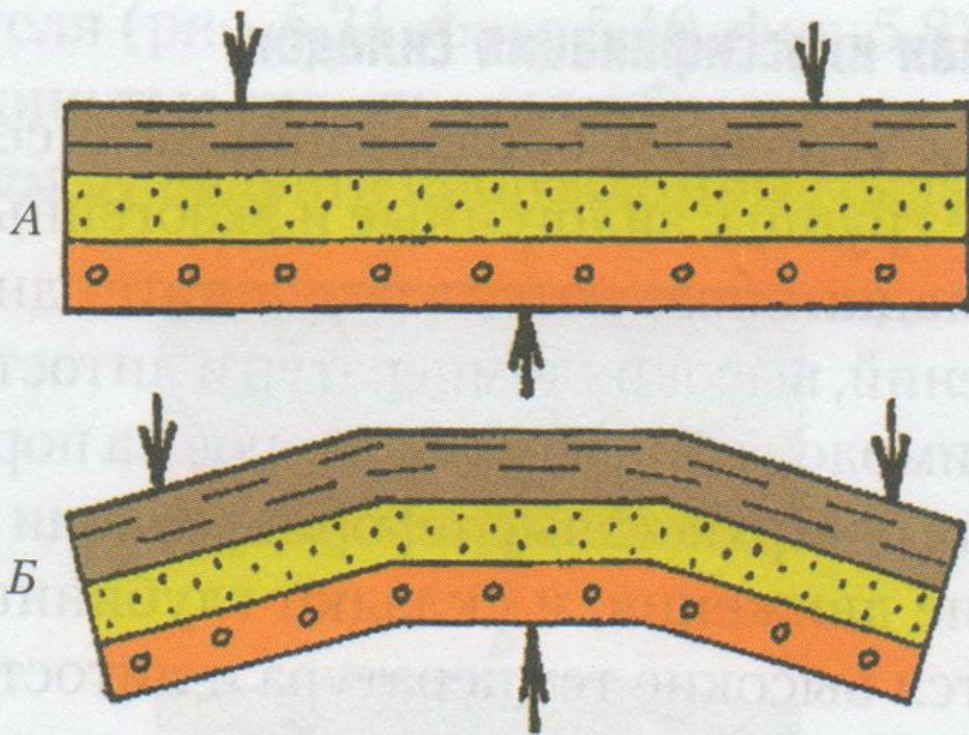
Образование складок продольного изгиба

А.К. Корсаков, 2009

А – положение
слоев до изгиба;
Б – положение
слоев после изгиба.
Стрелками показано
направление
деформирующих
сил и перемещение
слоев относительно
друг друга



На начальном этапе деформирующие силы направлены вдоль слоистости. При этом происходит межслоевое скольжение.



Образование складок поперечного изгиба

А.К. Корсаков, 2009

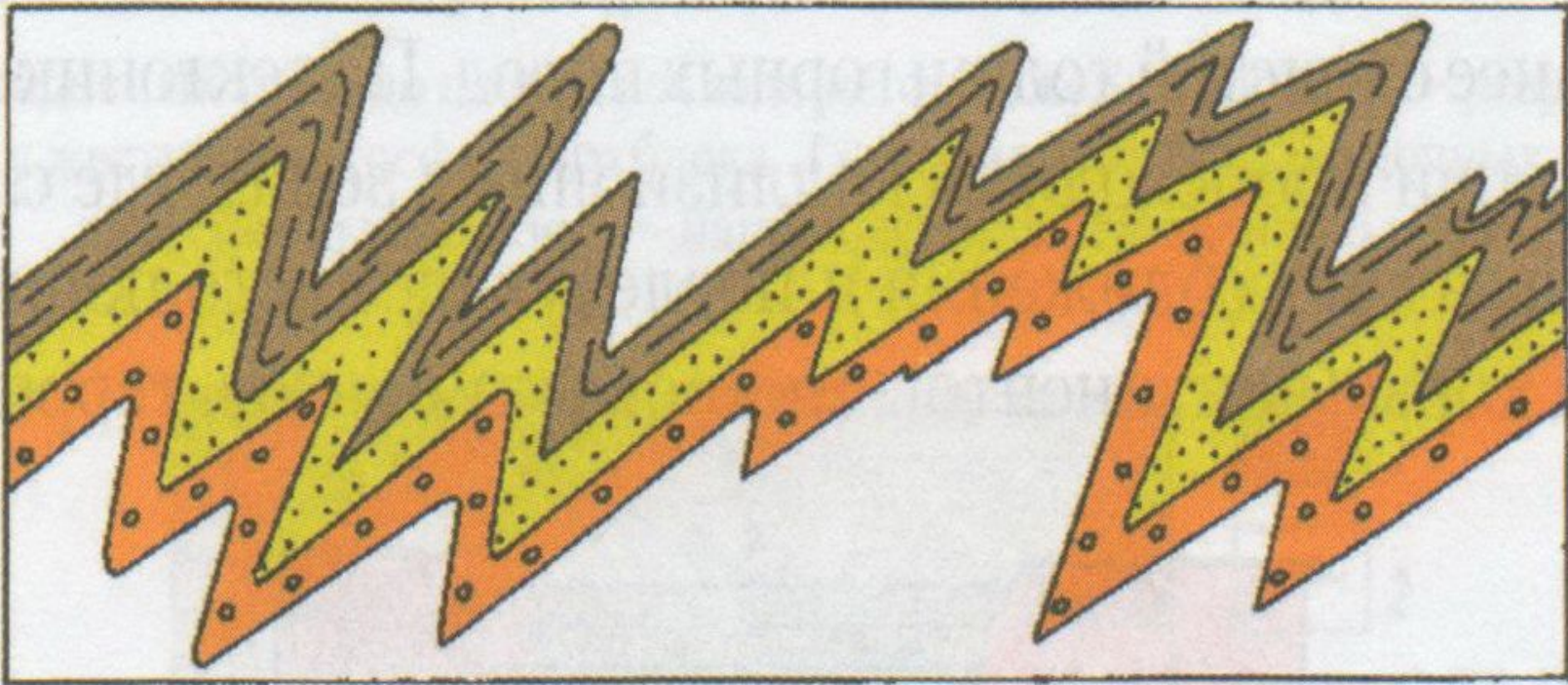
**А – положение слоев
до изгиба;
Б – положение слоев
после изгиба.**

**Стрелками показано
направление
деформирующих
сил**

Деформирующие силы направлены перпендикулярно слоистости, что приводит к образованию коробчатых складок. Такие складки характерны для платформенного чехла. Их образование связано с блоковыми подвижками фундамента.

Складки пластического течения

А.К. Корсаков, 2009



Образуются вследствие повышения пластичности пород, находящихся при высоком литостатическом давлении и высоких температурах. Характерны для солей, глин, гипсов, мраморов, кристаллических сланцев, гнейсов.

Глубинные метаморфические складки течения

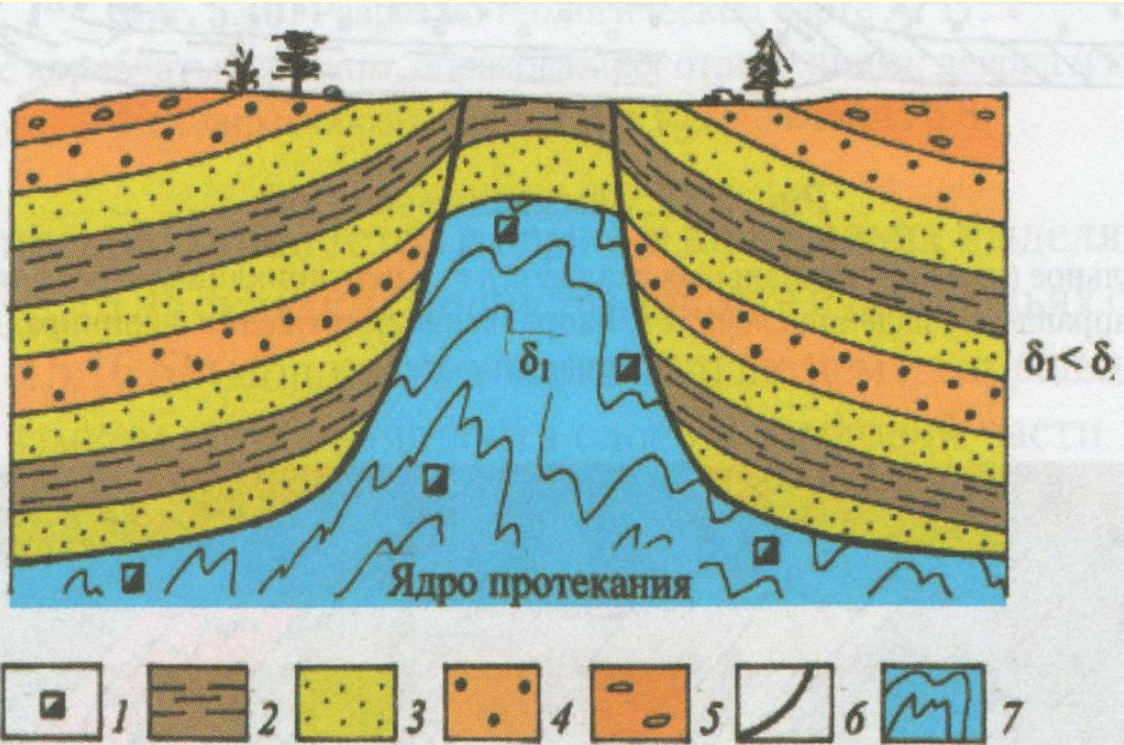
А.К. Корсаков, 2009



На снимке хорошо видна полоса амфиболитов (темно-серый цвет) смятых в складки. Алданский щит, В. Сибирь

Диапировая складка

А.К. Корсаков, 2009



Диапировые складки образуются вследствие гравитационного всплывания менее плотных пород, залегающих на глубине, под более плотными

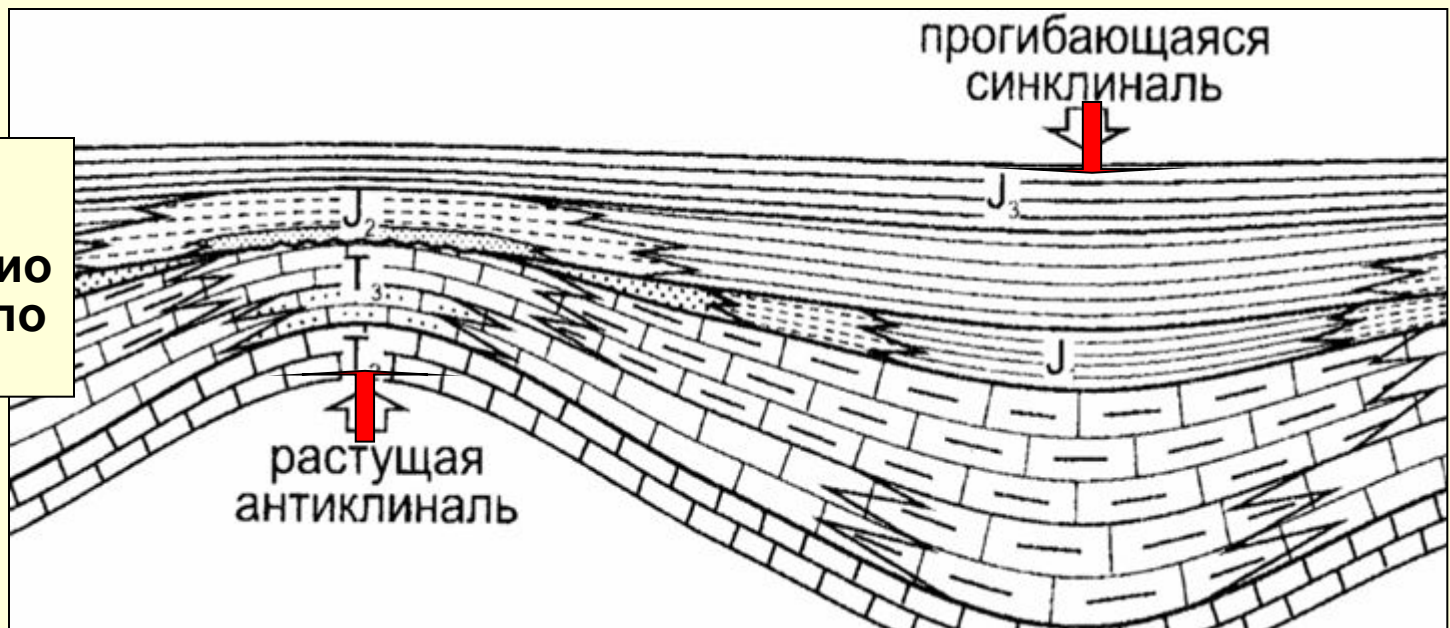
1 – гипсы; 2 – глины; 3 – пески; 4 – гравелиты;
5 – конгломераты; 6 – разрывные нарушения; 7 – складчатость ядра протекания; δ_1 – плотность гипсов; δ_2 – плотность перекрывающих пород

Складки по отношению к времени осадконакопления

А – постседиментационные складки (формируются после осадконакопления). Отличительные признаки: более или менее выдержанная мощность слоев, независимость мощностей и фаций от расположения в антиклинали или синклинали.

Б – конседиментационные складки (образуются в процессе осадконакопления) Мощности слоев и размерность обломочного материала в них (в общем случае – фации) зависят от того, в какой части складки они накапливаются.

Схема формирования конседиментационных складок (по П.А. Фокину)



Возраст конседиментационной складчатости совпадает с возрастом всех накопившихся в процессе неравномерного прогибания пород.