

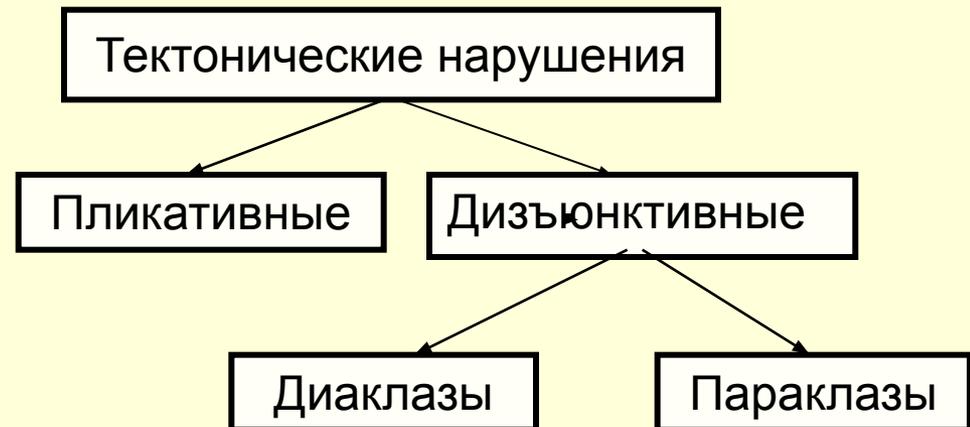
# **Тема 9. СКЛАДЧАТЫЕ ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ СЛОИСТЫХ ТОЛЩ**

Г.В. Лебедев  
Пермский университет

# 9.1. Основные понятия

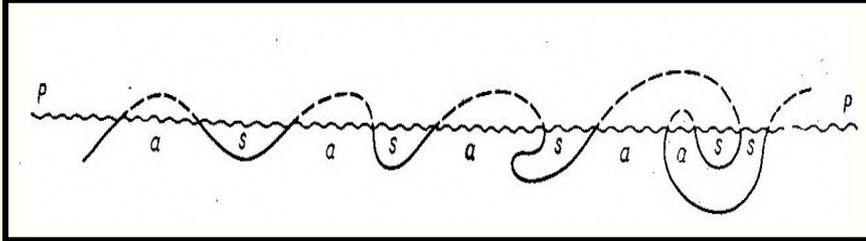
- **Складки** – волнообразные изгибы в слоистых толщах, образующиеся при пластических деформациях горных пород.
- **Складчатость** - совокупность складок.
- **Стадии деформации** твердых тел: упругая, пластическая, разрывная.
- **Этимология:**
  - лат. plicatus – складчатый;
  - лат. disjunctus - разделенный

## Складки – пликативные тектонические нарушения



# Синформы, антиформы; синклинали, антиклинали

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



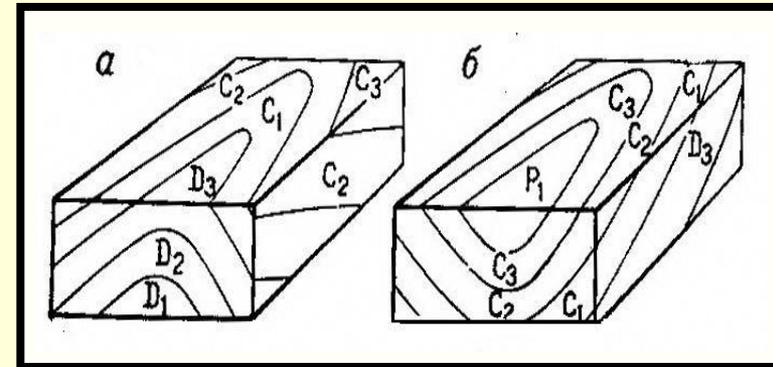
## Антиформы (a), синформы (s)

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.

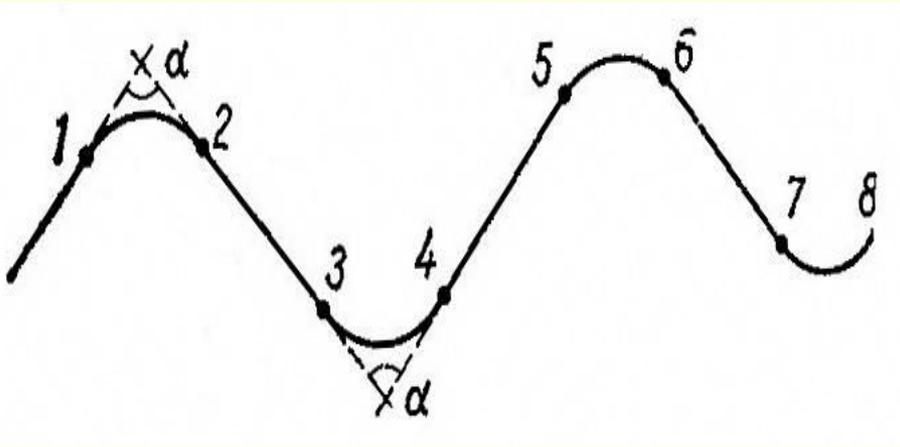


## Антиклиналь и синклиналь

А.Е. Михайлов, 1984

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

# Элементы складок



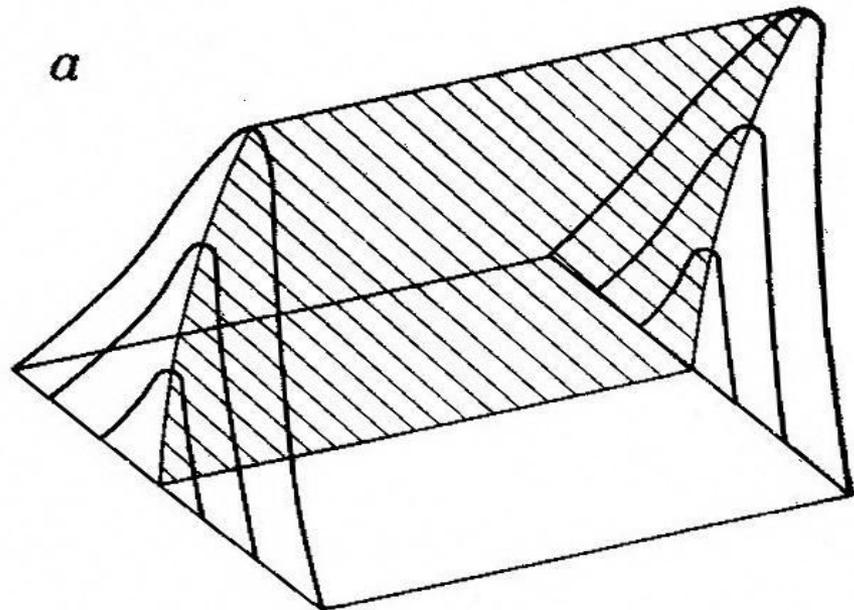
- **Замки** – части складки, примыкающие к месту перегиба слоев.

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

- Угол складки – угол, образованный продолжением крыльев.

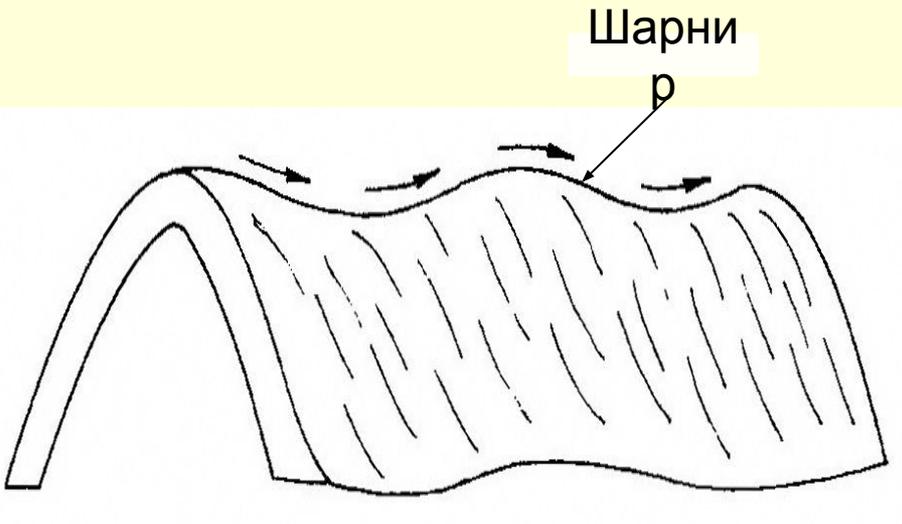
1 – 2, 3 – 4, 5 – 6, 7 – 8 – замки;

2 – 3, 4 – 5, 6 – 7 – крылья;  $\alpha$  – угол складки

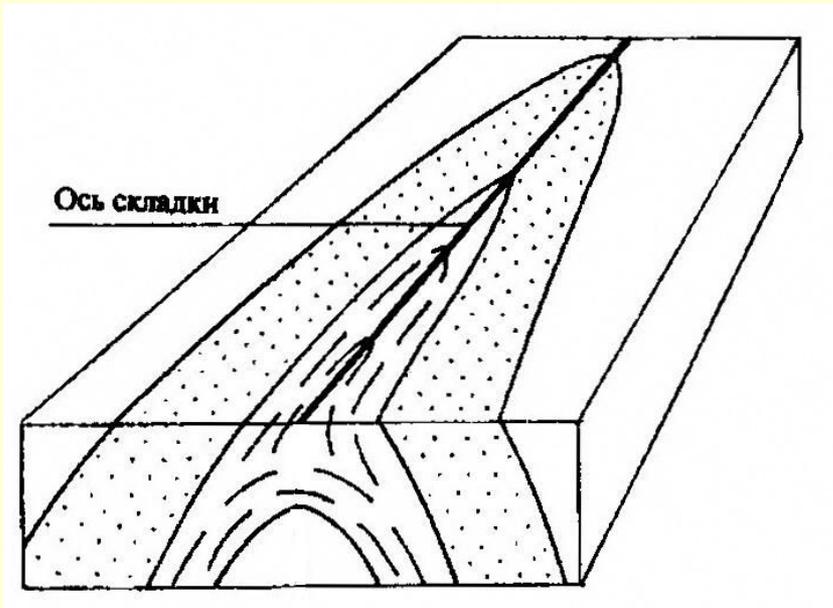


- **Осевая поверхность** – поверхность, проходящая через линии перегиба слоев.

# Шарнир и ось складки



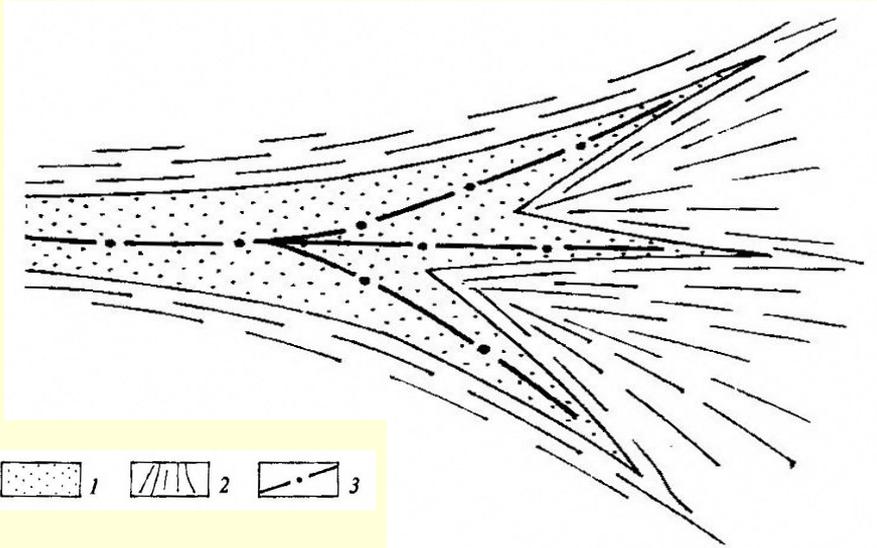
- **Шарнир** – линия перегиба слоя.
- **Ундуляция** [лат. unda – волна] – погружение или воздымание шарнира.



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

# Виргация осей складок.

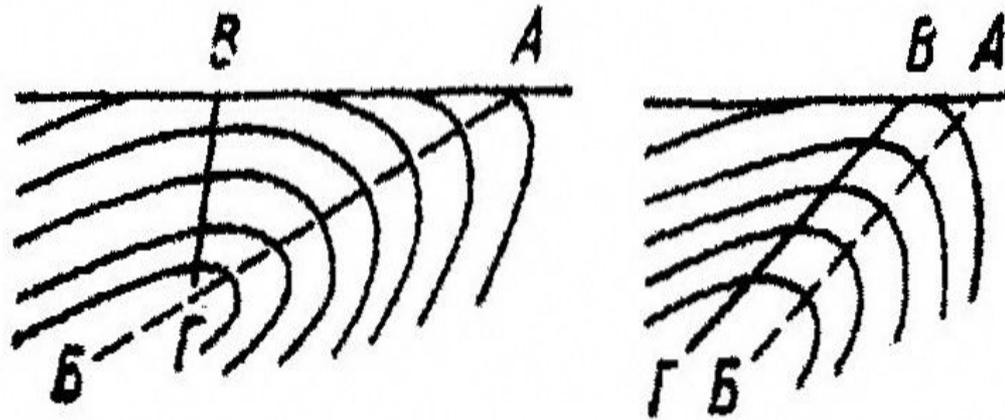
## Гребень, гребневая поверхность



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

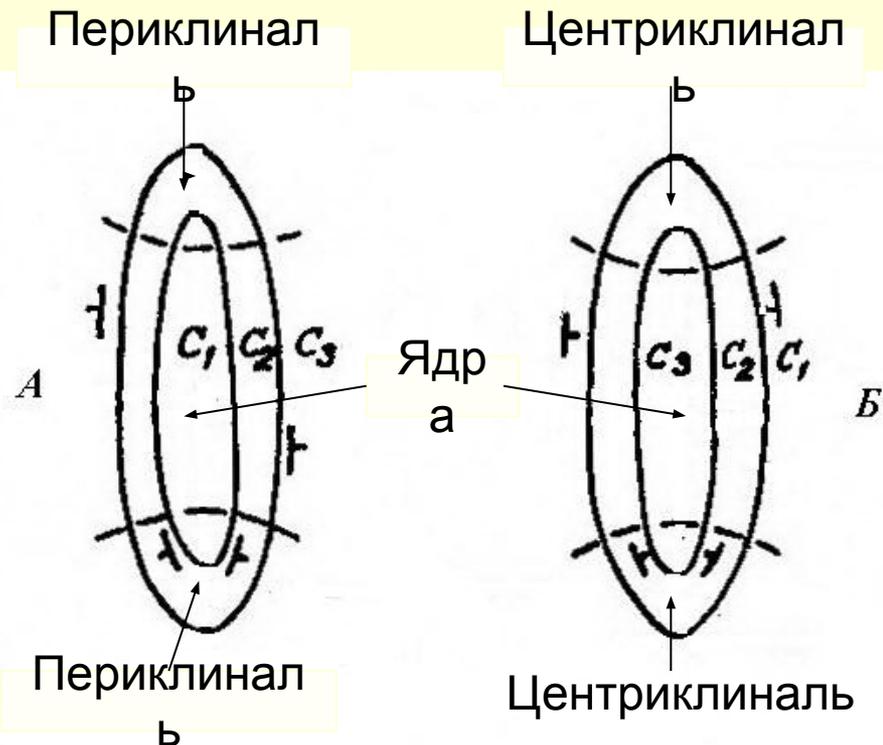
• **Гребневая поверхность** – поверхность, проходящая через самые высокие точки расположения слоев, образующих складки.

• **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

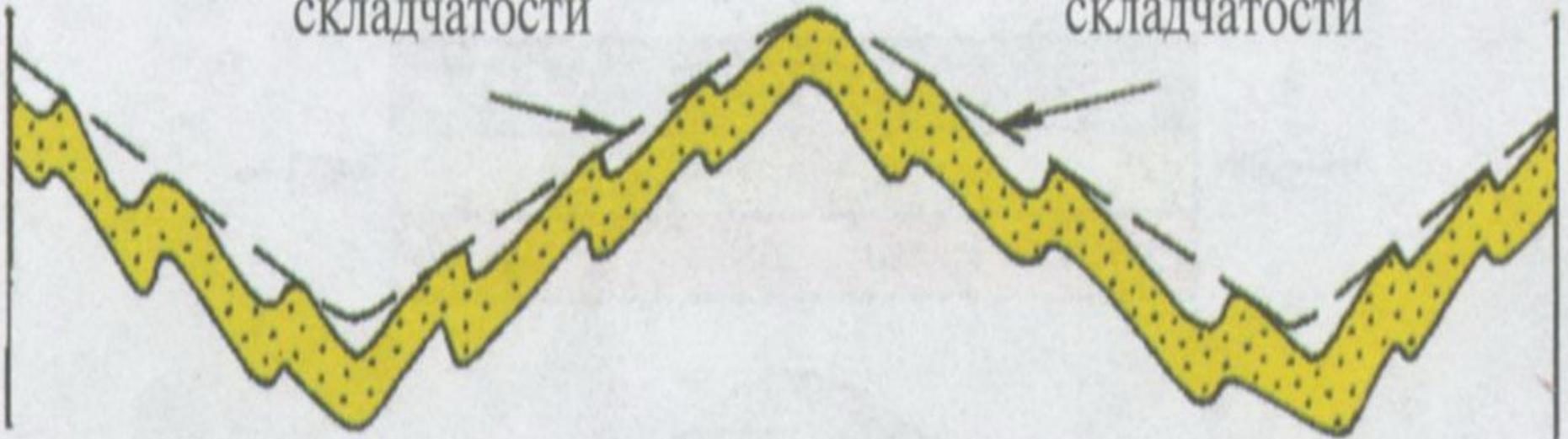
- **Замыкания** - краевые части складок, где происходит постепенное изменение падения слоев на обратное.
- Замыкания антиклиналей называются периклиналими [гр. peri – возле, около + klino – наклоняю] (**периклиналями**), а синклиналей – центриклинальными [гр. kentron – острое, средоточие + klino – наклоняю]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

# Зеркало складчатости

А.К. Корсаков, 2009

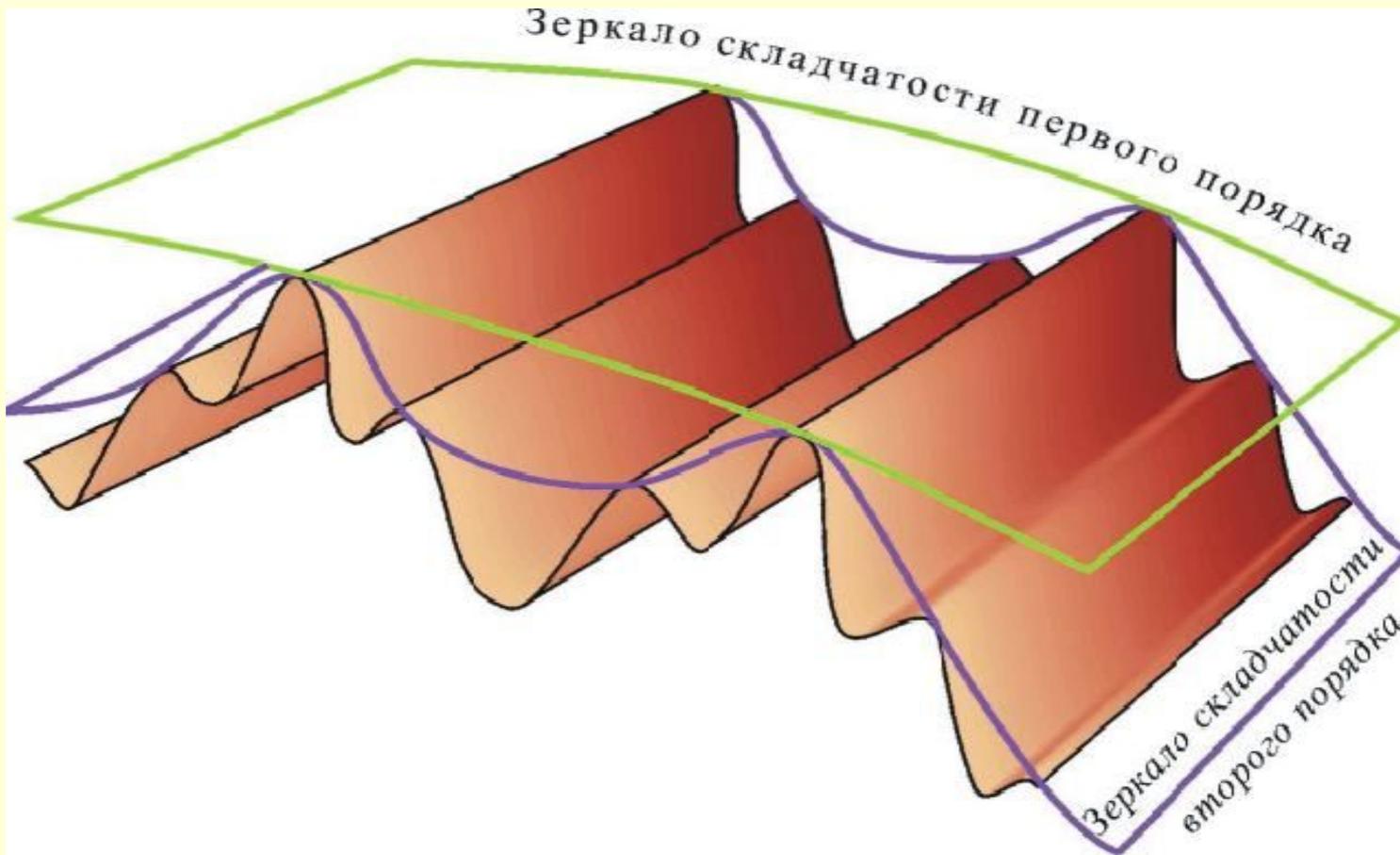
Зеркало  
складчатости

Зеркало  
складчатости



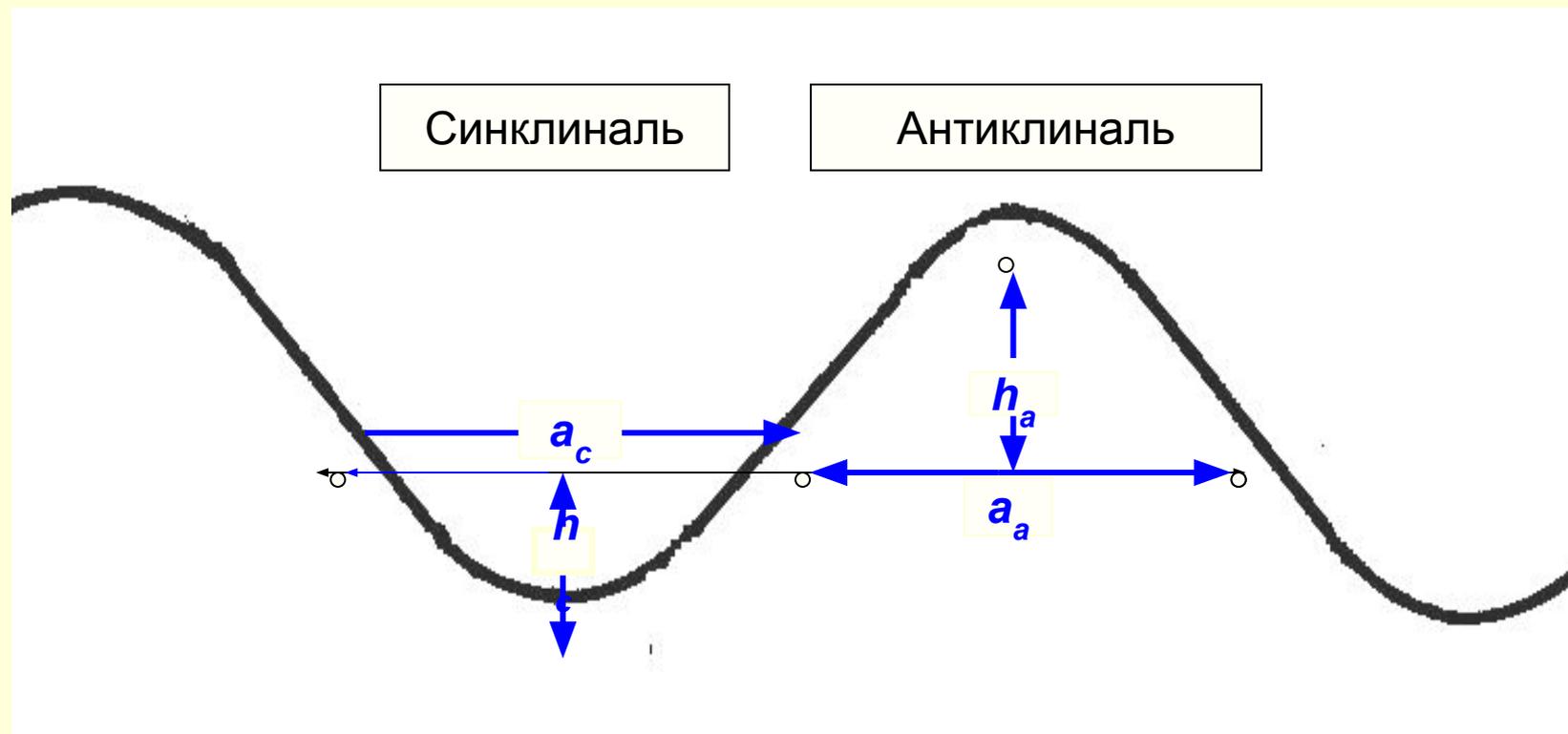
# Зеркало складчатости

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



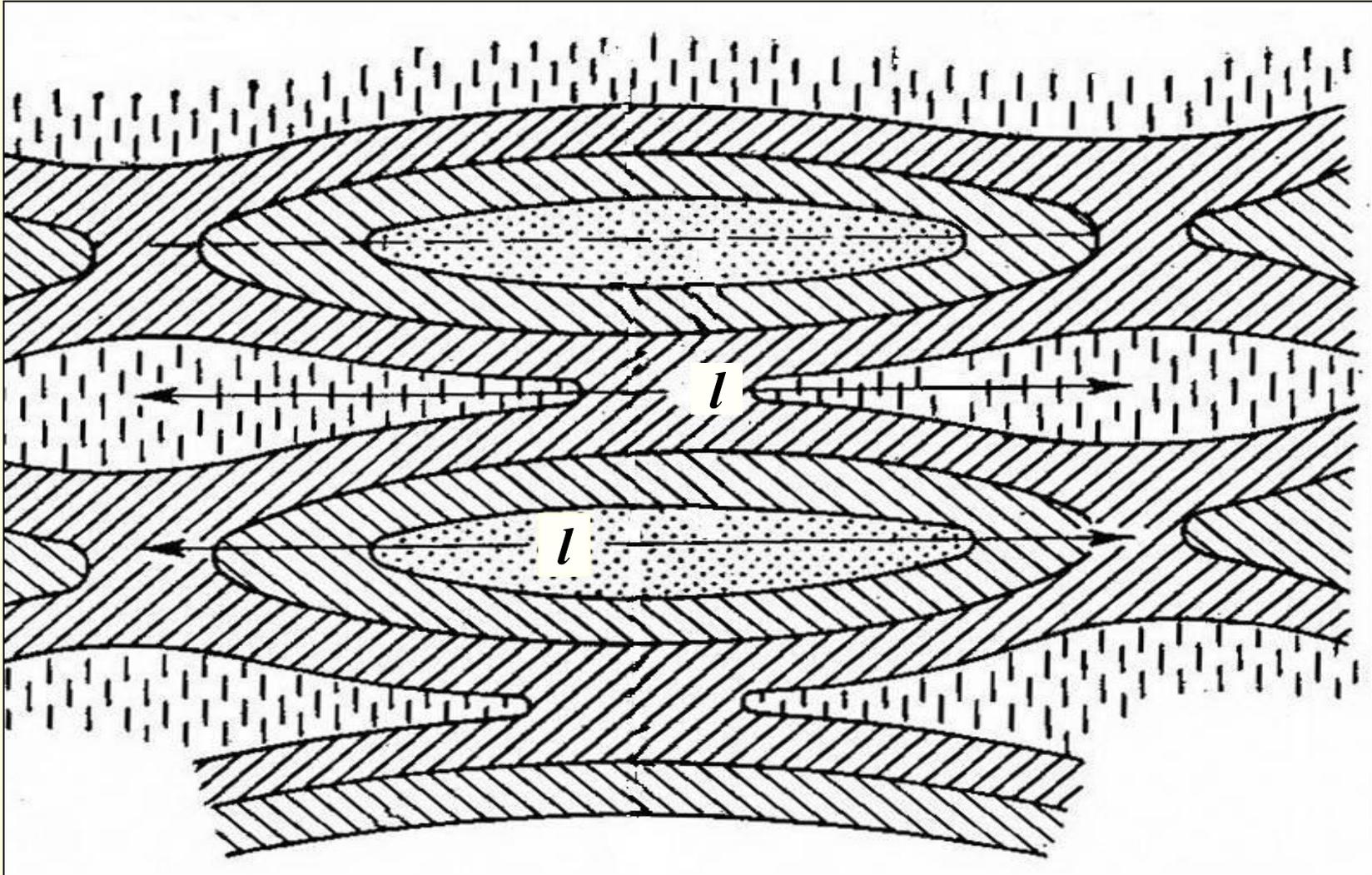
**Зеркало складчатости** – условная поверхность, проведенная через шарниры одной и той же стратиграфической поверхности.  
Их построение производится для выделения разнопорядковых складчатых структур.

# 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:**

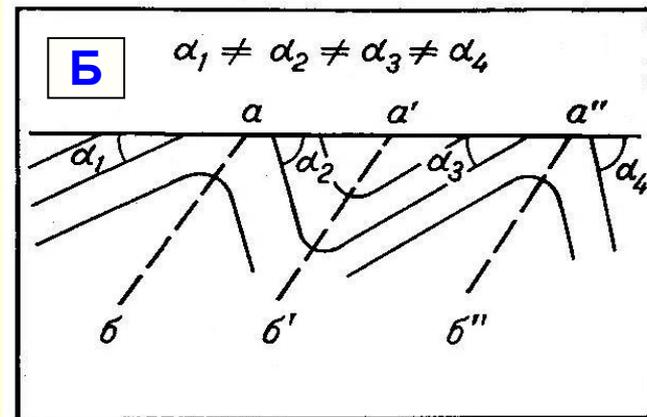
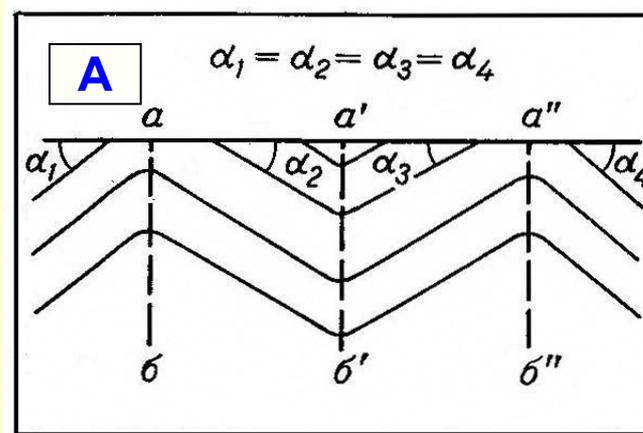
- 1) подобные,
- 2) концентрические,
- 3) антиклинали с уменьшенной мощностью в замках,
- 4) синклинали с увеличенной мощностью в замках

# I. Классификация складок по положению осевой поверхности

**A. Симметричные**

**Б. Асимметричные**

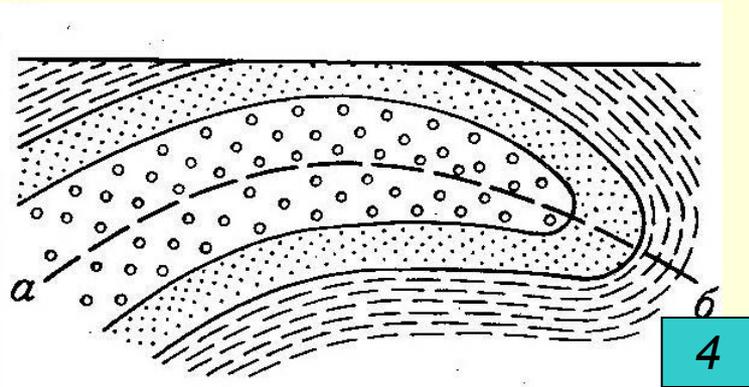
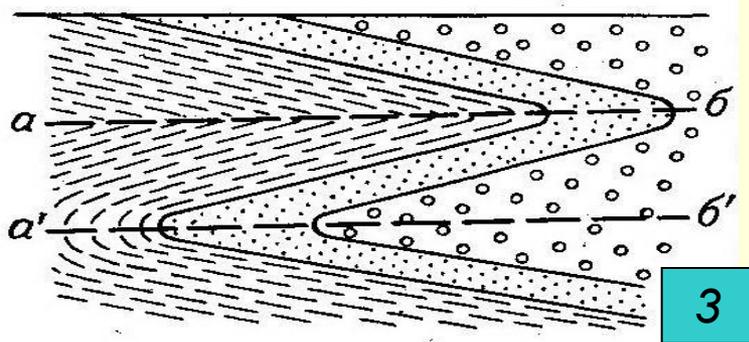
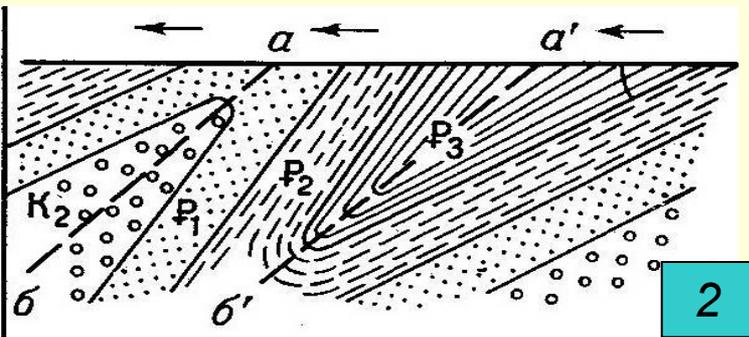
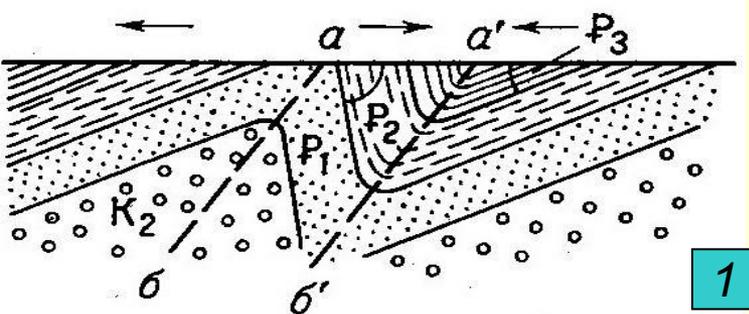
- 1) наклонные,
- 2) опрокинутые,
- 3) лежачие
- 4) перевернутые



$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – 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)



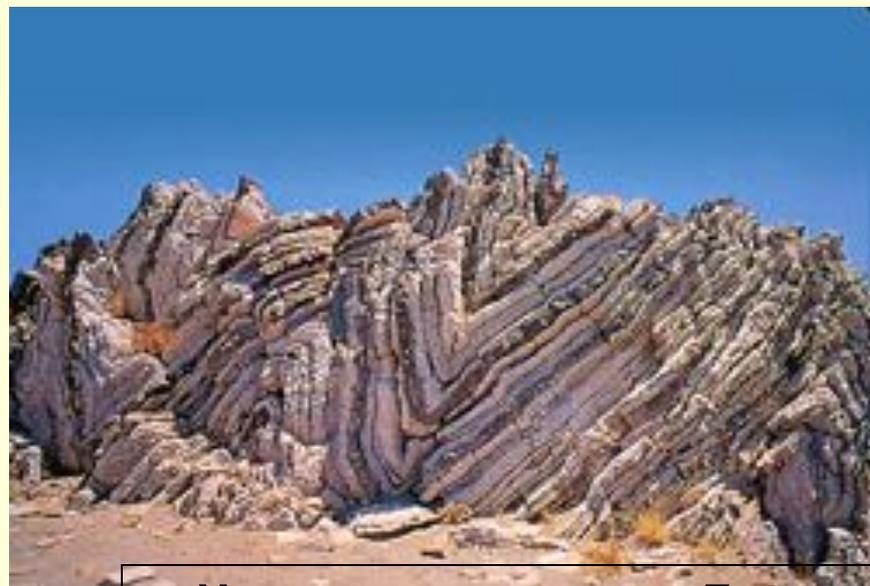
1. **Наклонные** складки имеют наклонную осевую поверхность и падение крыльев в разные стороны под разными углами.

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](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**



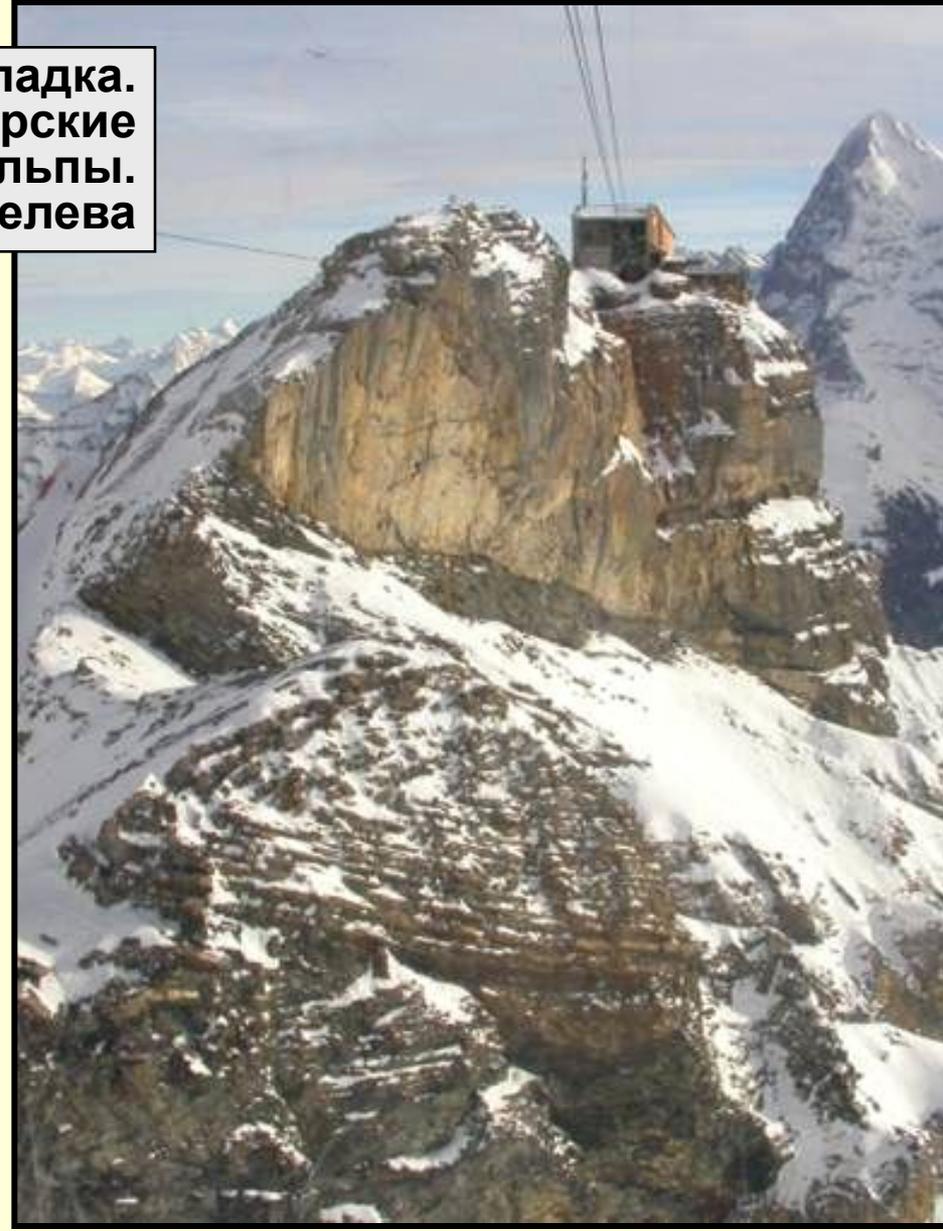
**Опрокинутые  
острые складки.  
Нижний карбон.  
Южный Урал**



# Примеры лежачих складок

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

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



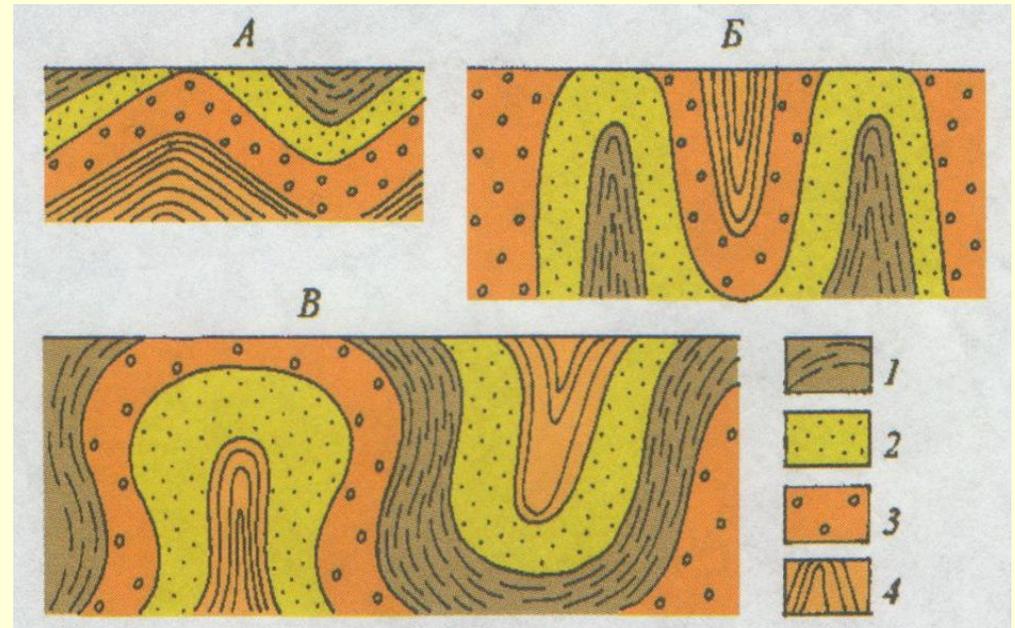
## II. Классификация складок по соотношению углов падения крыльев

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

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

- опрокинутые,
- вертикальные

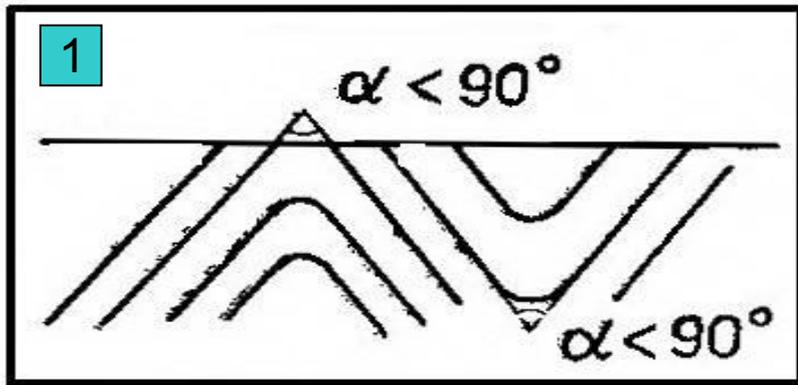
**В. Веерообразные,** имеющие веерообразное расположение крыльев, причем оба крыла опрокинутые



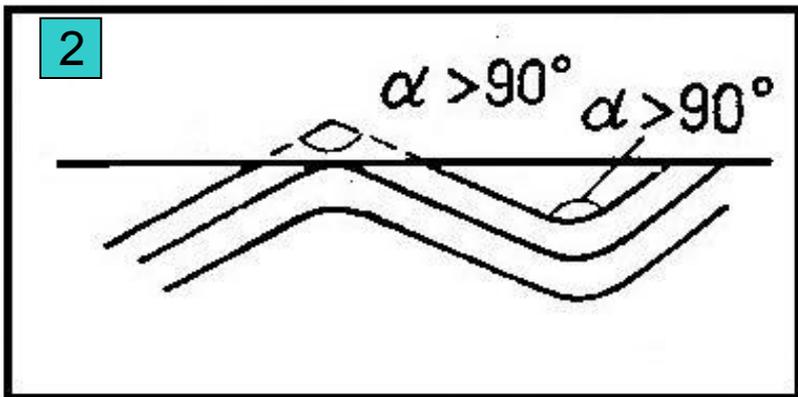
Деление складок по соотношению углов

падения крыльев

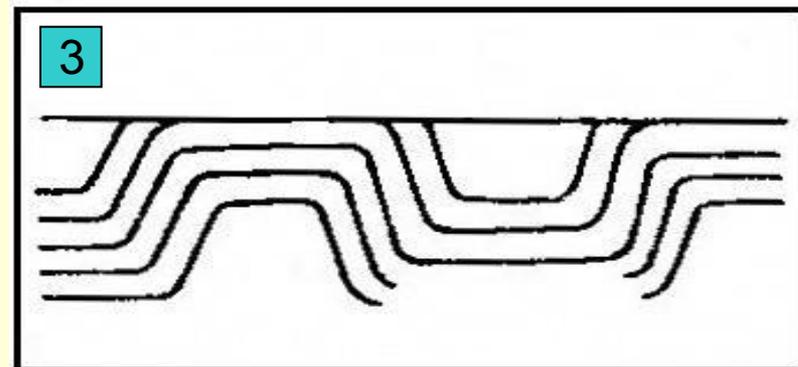
А.К. Корсаков, 2009



### III. Классификация складок по величине угла (при вершине)



1. **Острые** или шевронные [фр. chevro – стропило, конек на крыше] с углом складки  $\alpha < 90^0$ .
2. **Тупые**  $90^0 < \alpha < 180^0$ .
3. **Коробчатые** (сундучные):  $\alpha \sim 180^0$



# Примеры тупых складок



Антиклиналь. Верхний девон. Южный Урал

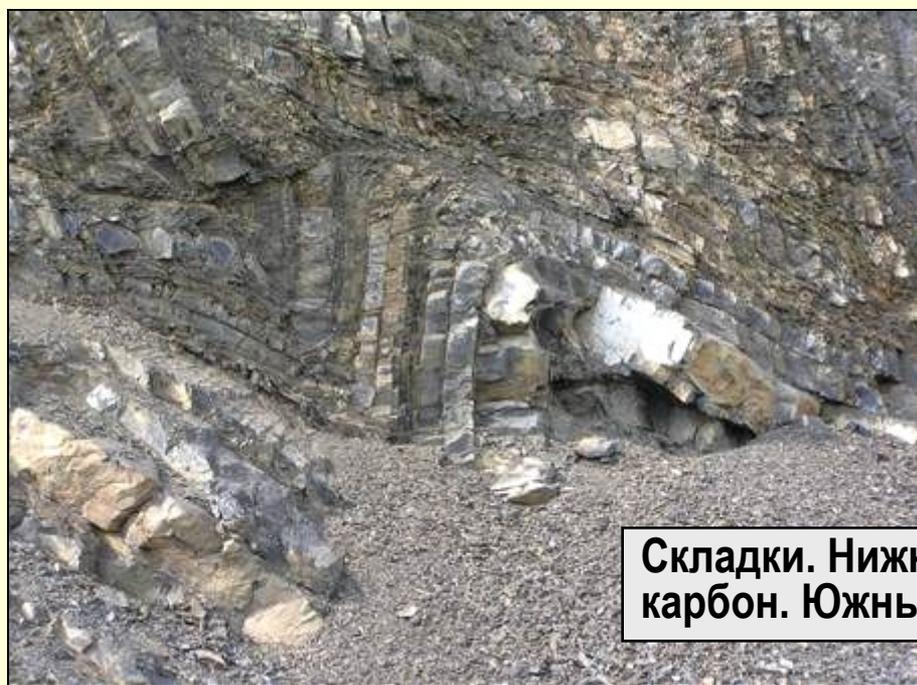


Синклинали. Верхний девон. Южный Урал



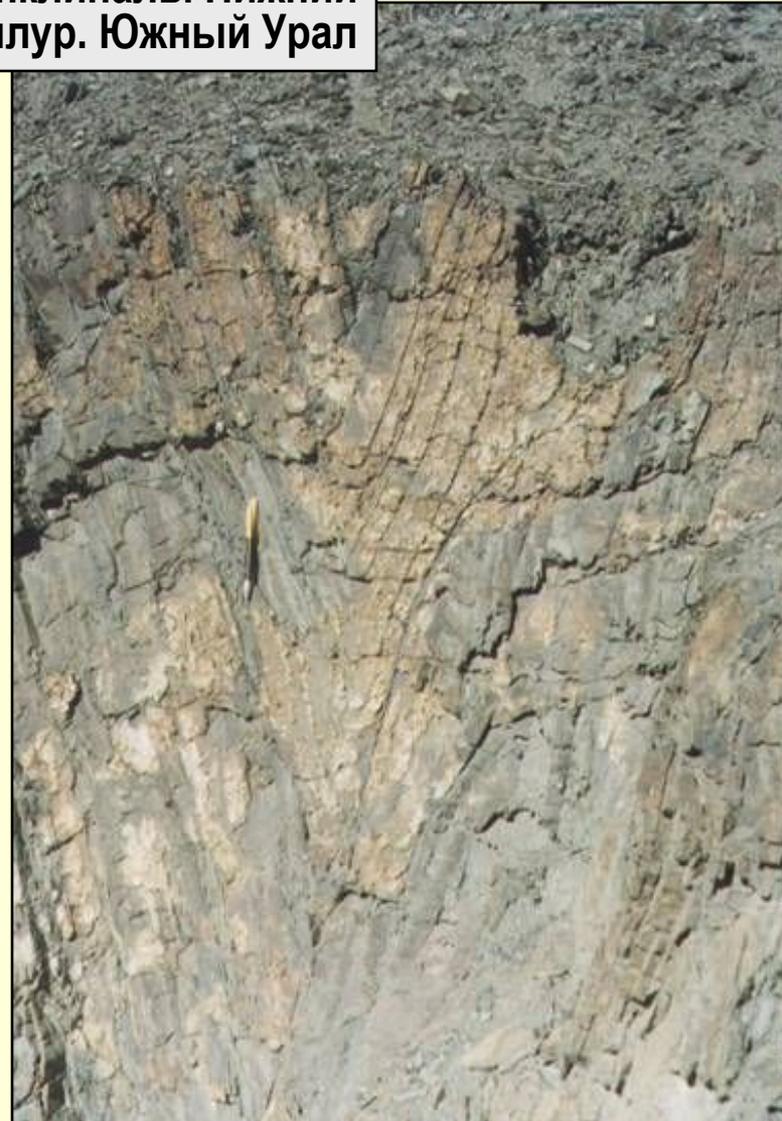
Антиклиналь. Верхний девон. Южный Урал

# Примеры острых складок



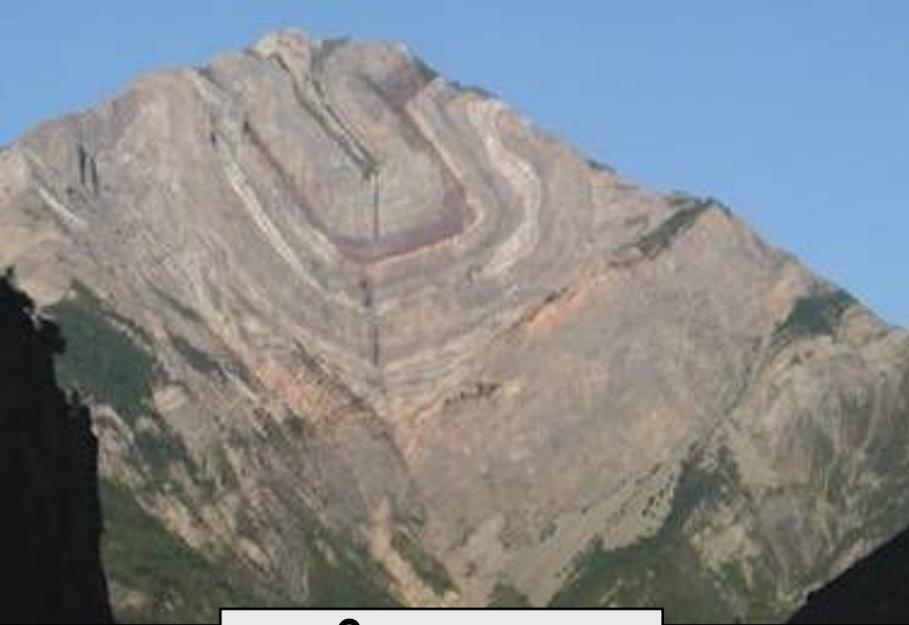
Складки. Нижний карбон. Южный Урал

Синклинали. Нижний силур. Южный Урал



Синклинали. Верхний девон. Южный Урал

# Примеры сундучных складок

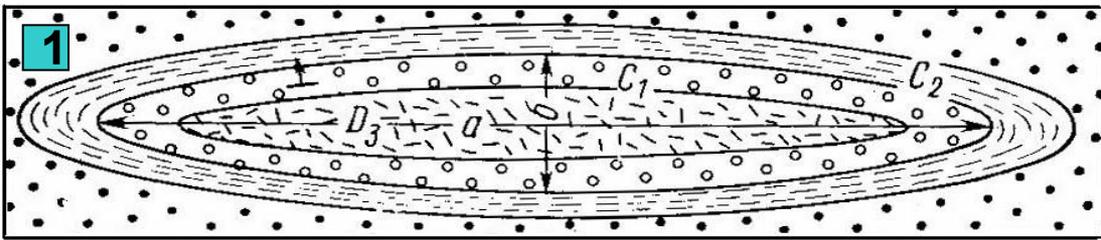


Сундучная  
опрокинутая  
складка. Северный  
Памир.  
Фото В.И. Дронова



Сундучная складка.  
Верхний девон.  
Южный Урал

## IV. Классификация складок по соотношению длины и ширины



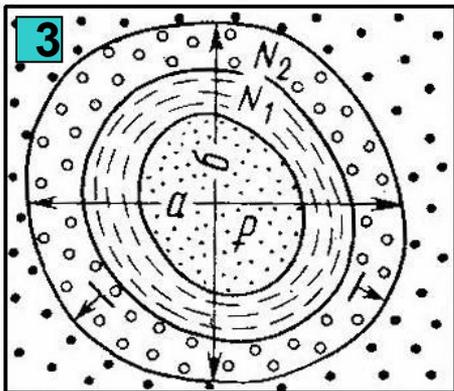
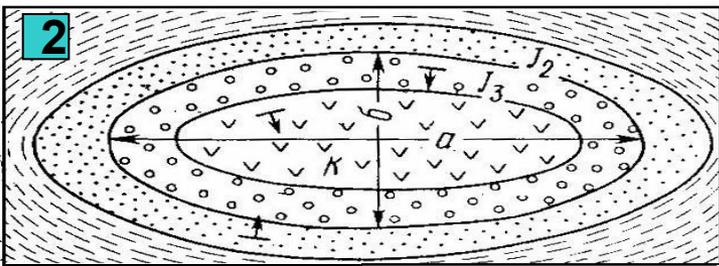
1. Линейные:  $a : b > 5 : 1$

2. Брахискладки  
(брахиантиклинали,  
брахисинклинали):

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

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

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

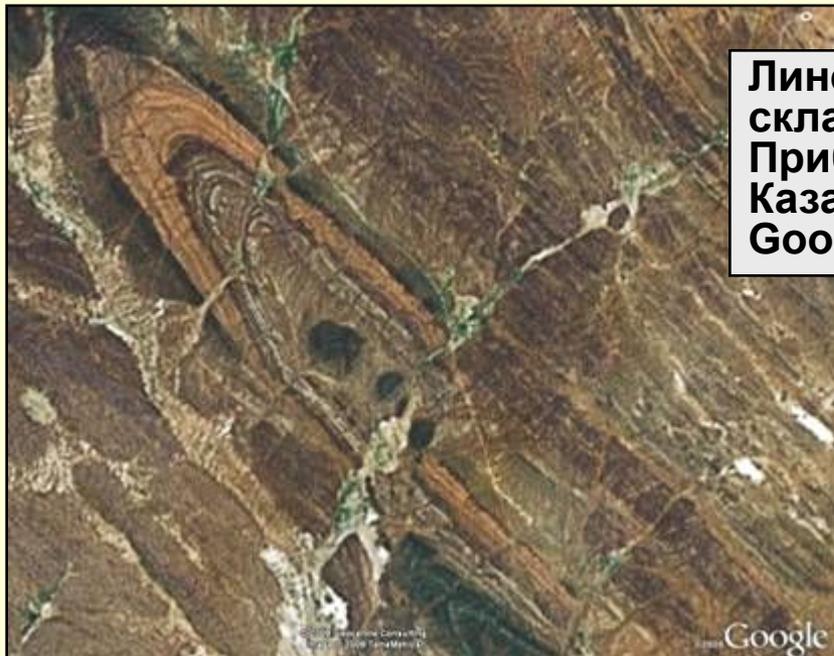


$a$  – длина складки,  
 $b$  – ширина

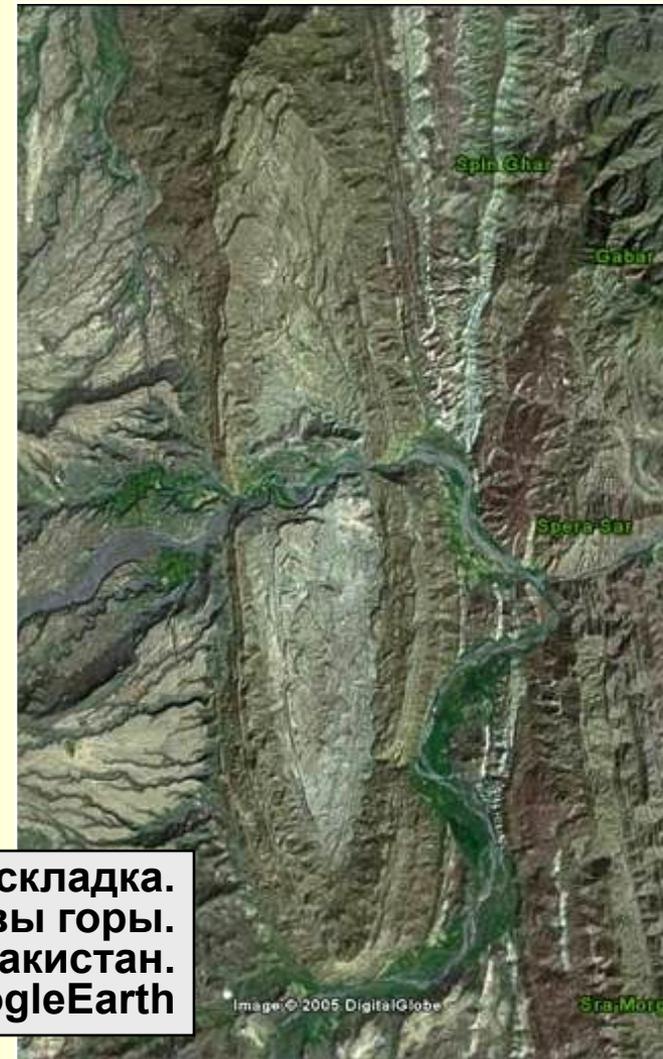
# Линейные складки на аэрофотоснимках



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



Линейная  
складка. Сев.  
Прибалхашье.  
Казахстан.  
GoogleEarth

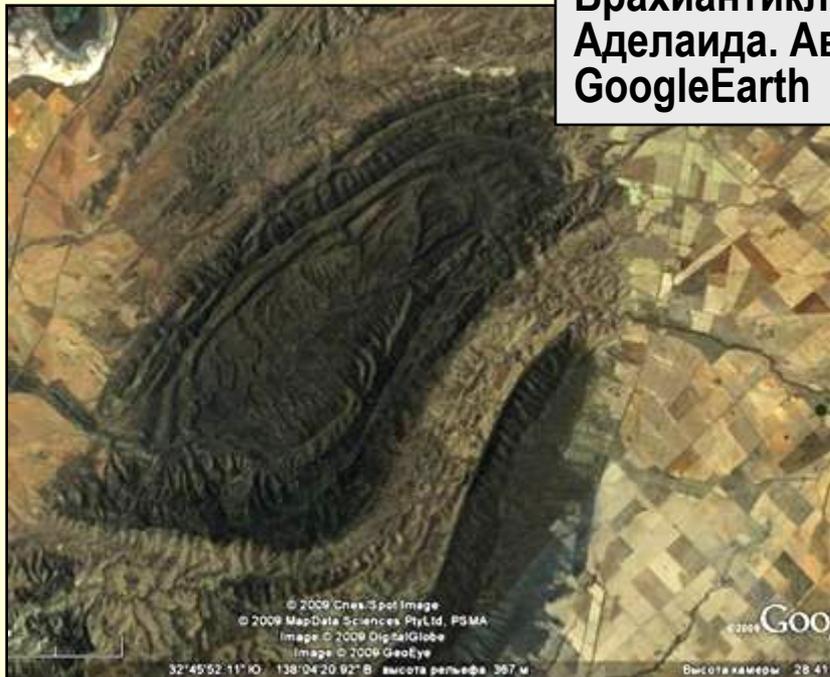


Линейная складка.  
Сулеймановы горы.  
Пакистан.  
GoogleEarth

# Брахиморфные складки на аэрофотоснимках



Брахисинклиналь.  
Атлас. Африка.  
GoogleEarth

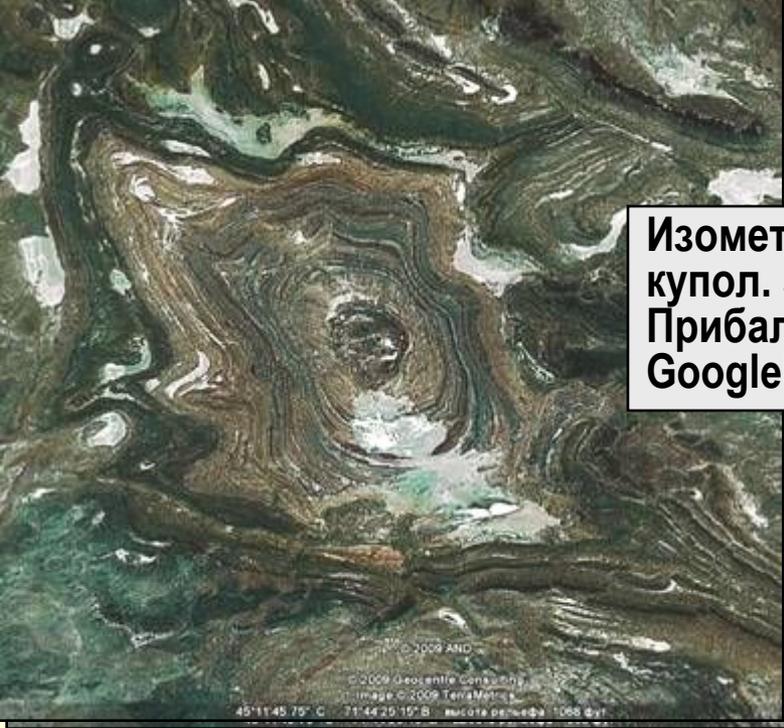


Брахиаинклиналь.  
Аделаида. Австралия.  
GoogleEarth



Брахиаинклиналь.  
Атлас. Африка.  
GoogleEarth

# Изометричные складки на аэрофотоснимках



Изометричная складка - купол. Западное Прибалхашье. Казахстан. GoogleEarth

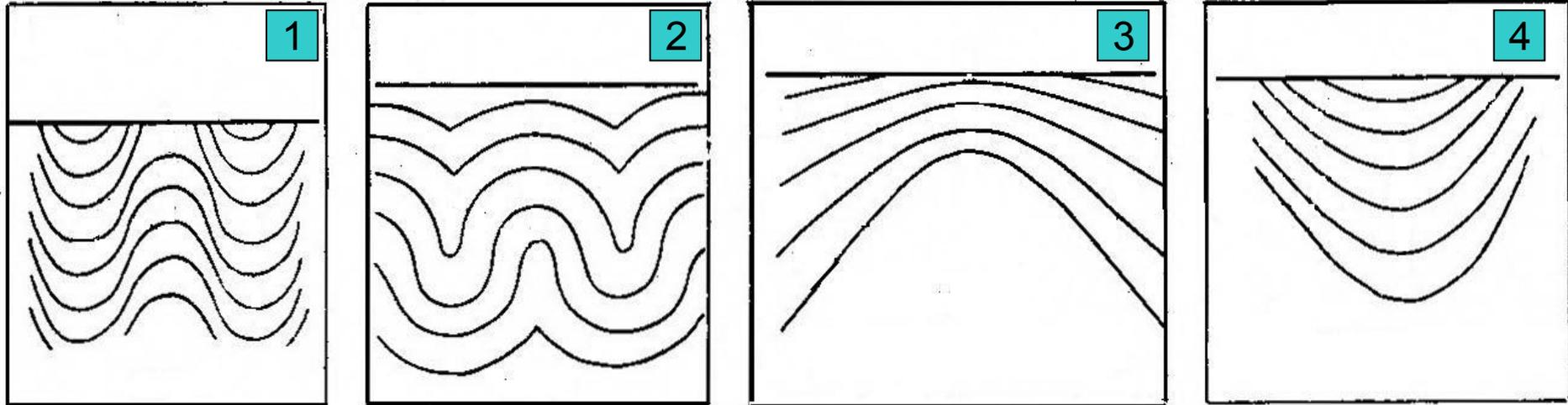


Изометричная складка - мульда. Монголия. GoogleEarth



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

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



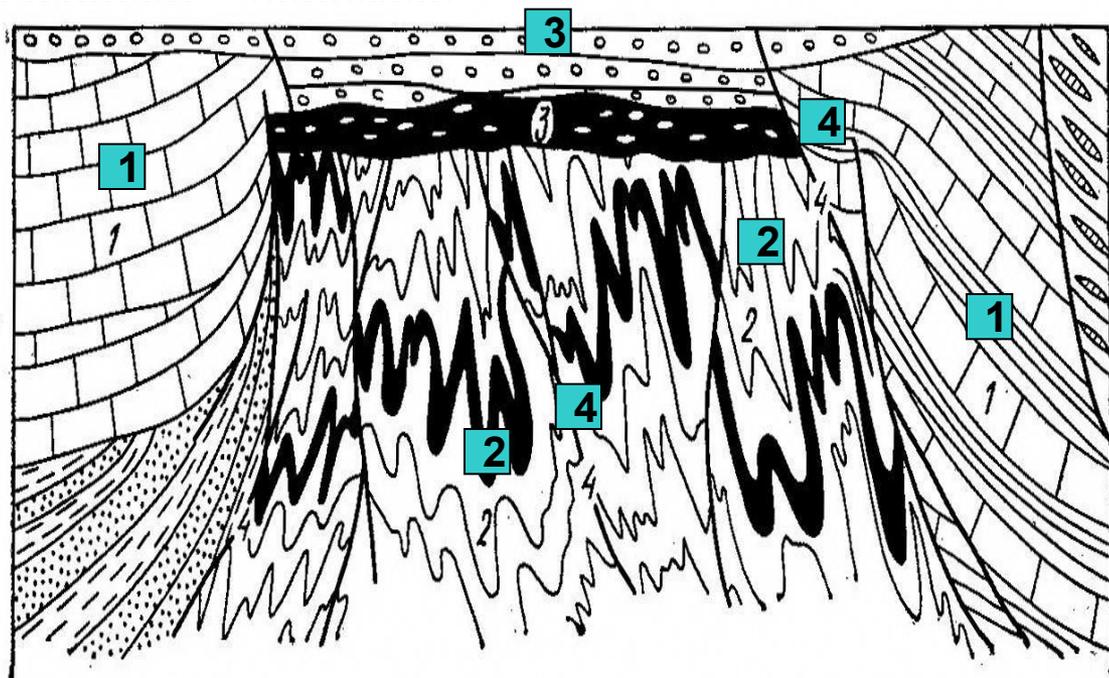
- 1. Подобные:** мощность на крыльях меньше, чем в замках, а форма замка с глубиной не изменяется.
- 2. Концентрические** с одинаковой мощностью на крыльях и замках.
- 3. Антиклинали с уменьшенной мощностью в замках.** Характерны для конседиментационной складчатости.
- 4. Синклинали с увеличенной мощностью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

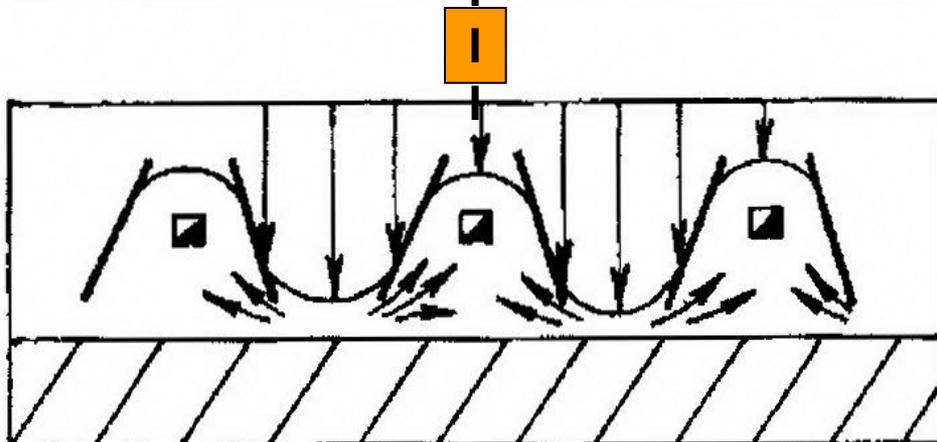
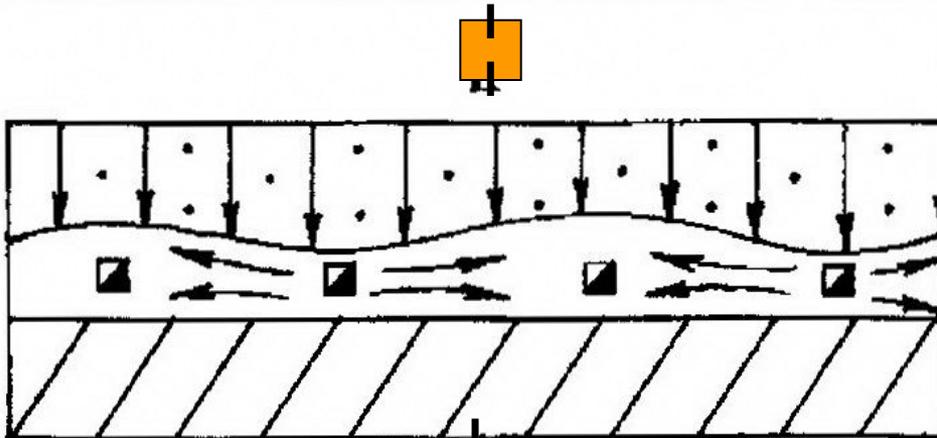
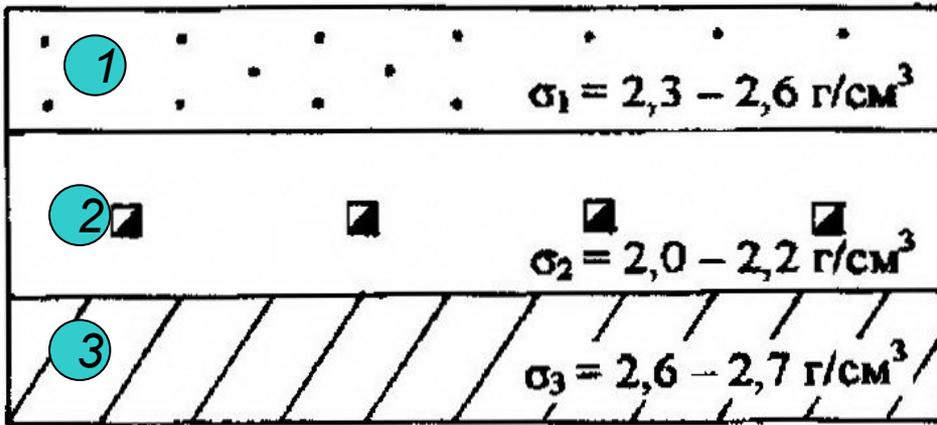
А.К. Корсаков, 2009

1 – надсолевой комплекс; 2 - солевой комплекс; 3 – подсолевой комплекс;  
 $\sigma$  – 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.

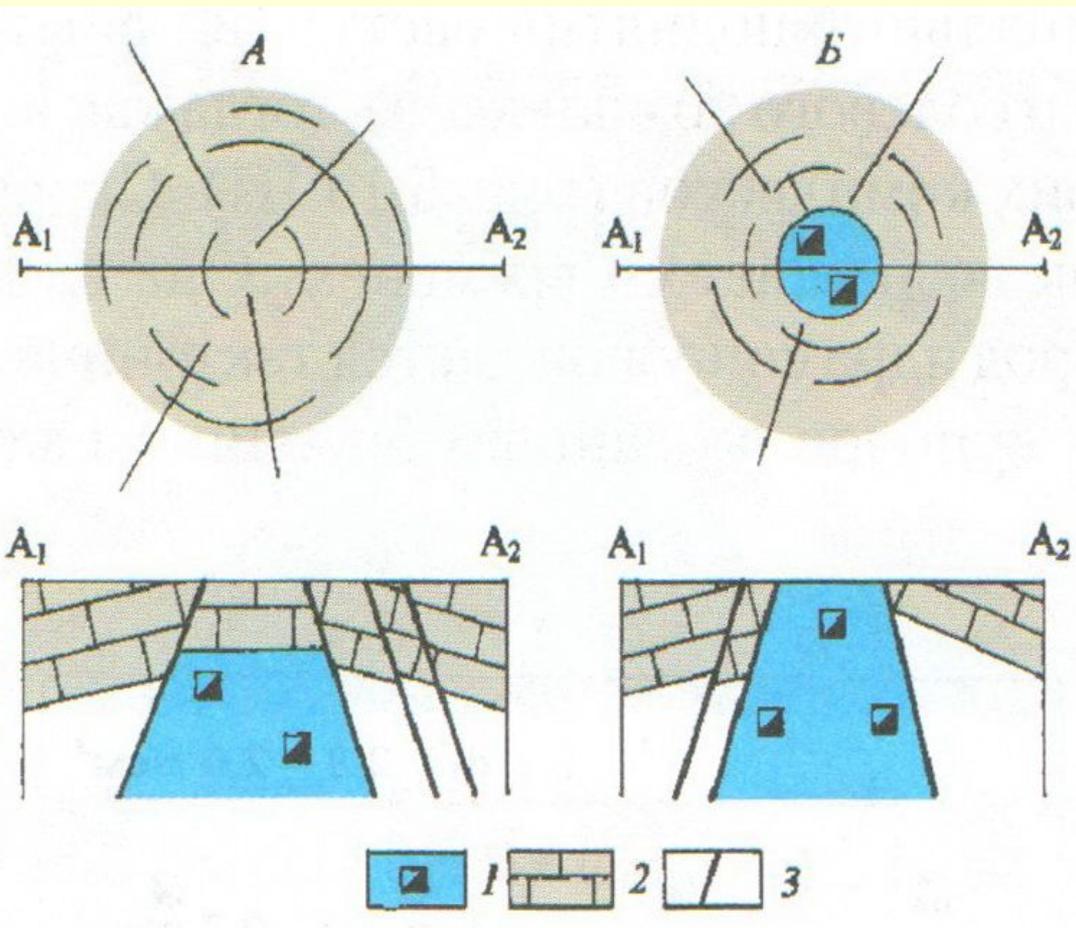
• По данным Ю.А. Косыгина соляные диапиры начинают формироваться при мощности соленосной толщи более 120 м и покрывающих отложений более 300 м.

• 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

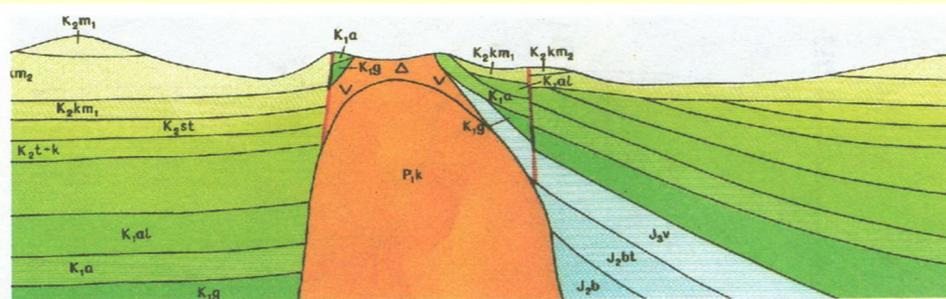
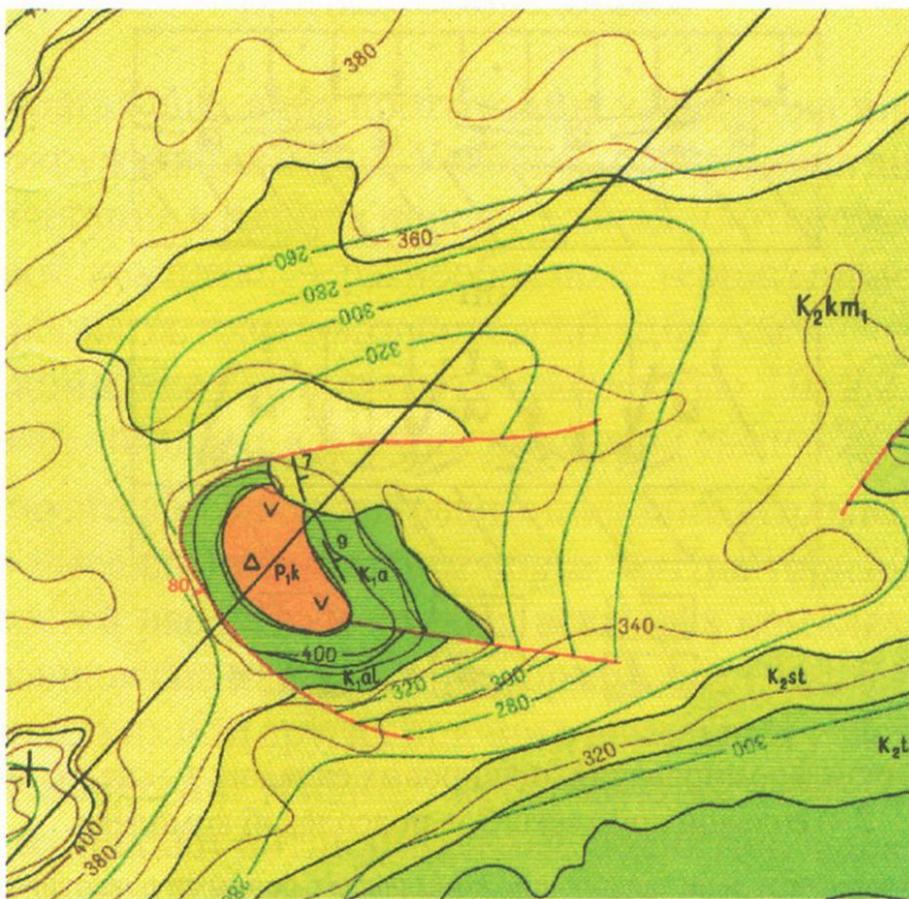
- У закрытых диапиров породы ядра на земную поверхность не выходят.
- У открытых диапиров породы ядра выходят на земную поверхность.

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

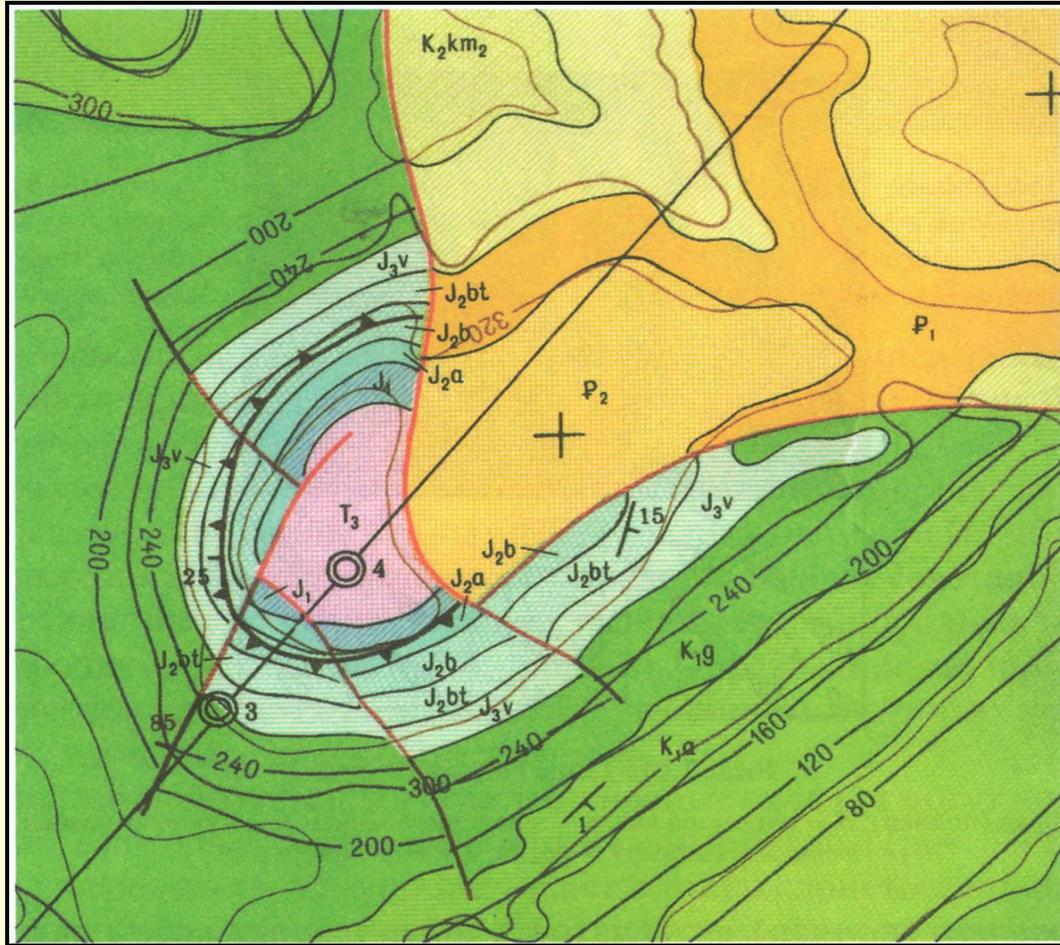
Пос.Солотвино. Закарпатье

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

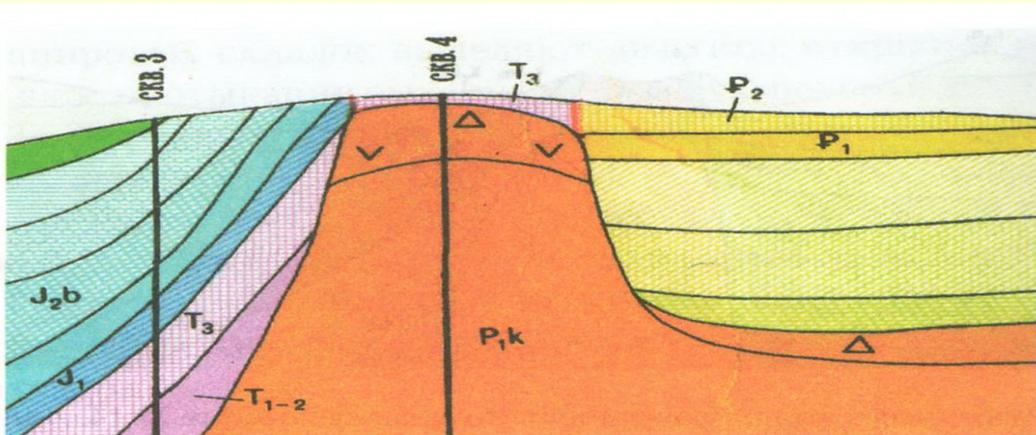


# Закрытая диапировая складка

(фрагмент учебной  
геологической карты № 14

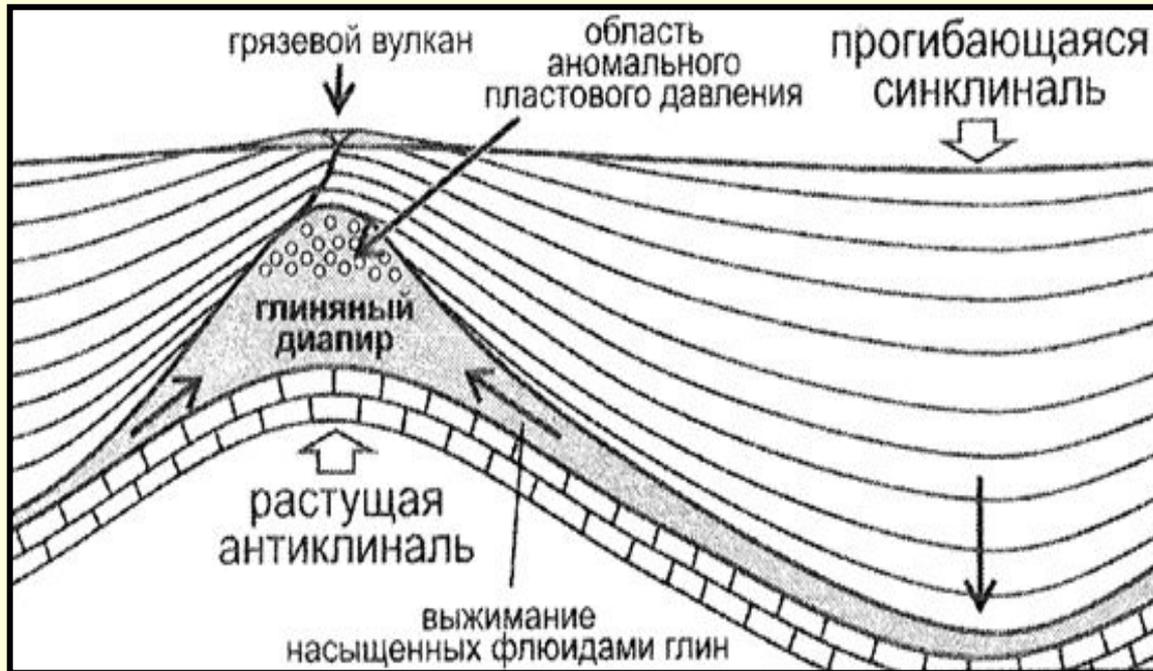


Ядро складки,  
сложенное породами  
кунгурского яруса  
( $P_1k$ ), на земную  
поверхность не  
выходит. Надсолевой  
комплекс представлен  
породами триасовой,  
юрской и меловой  
систем.



# Глиняные диапиры

[http://wiki.web.ru/images/3/33/Structural\\_Geology\\_1.ppt](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,  $\text{CO}_2$ , 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

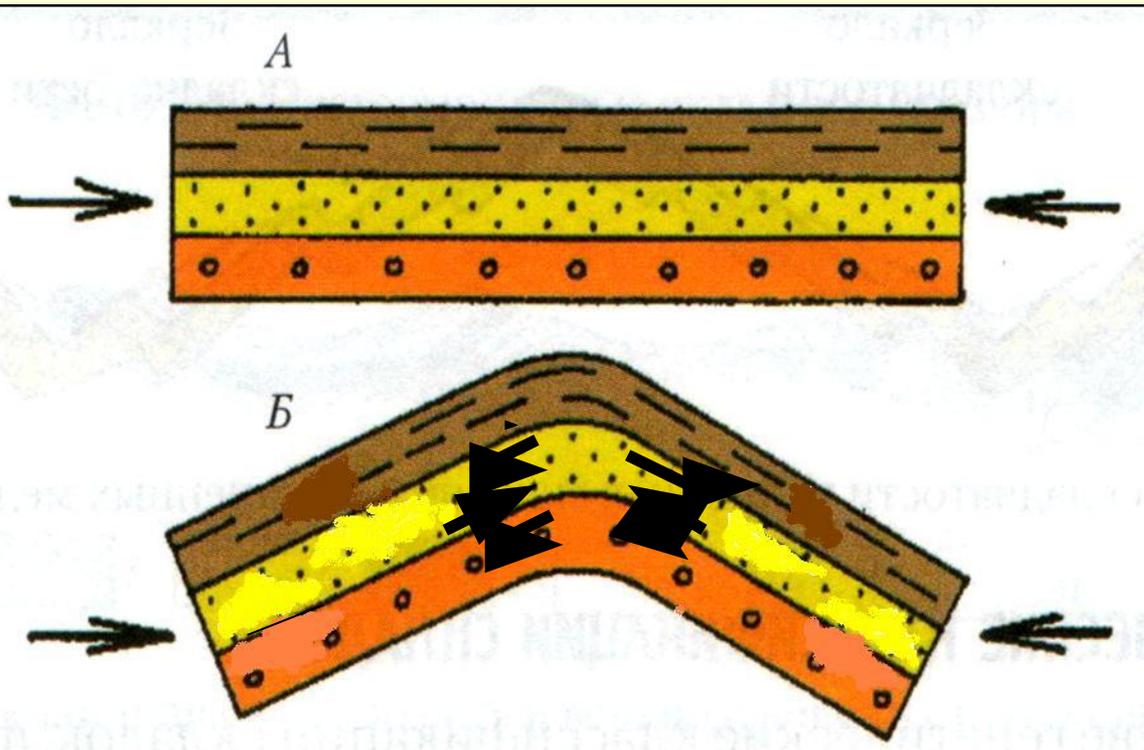
**По времени образования относительно осадконакопления выделяют складки:**

- А. Постседиментационные
- Б. Конседиментационные

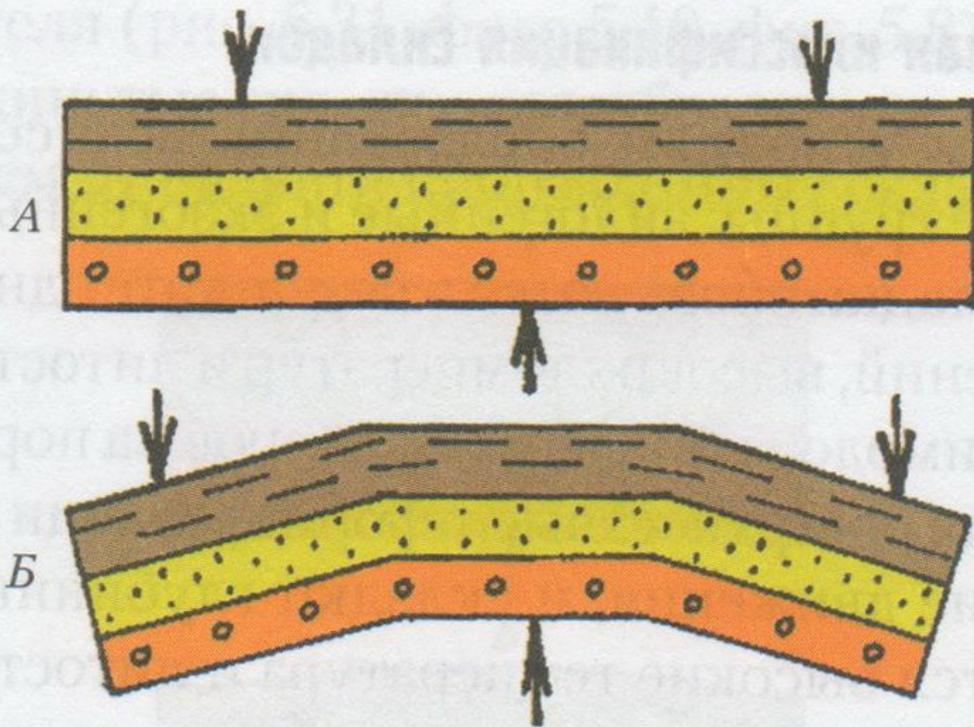
# Образование складок продольного изгиба

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

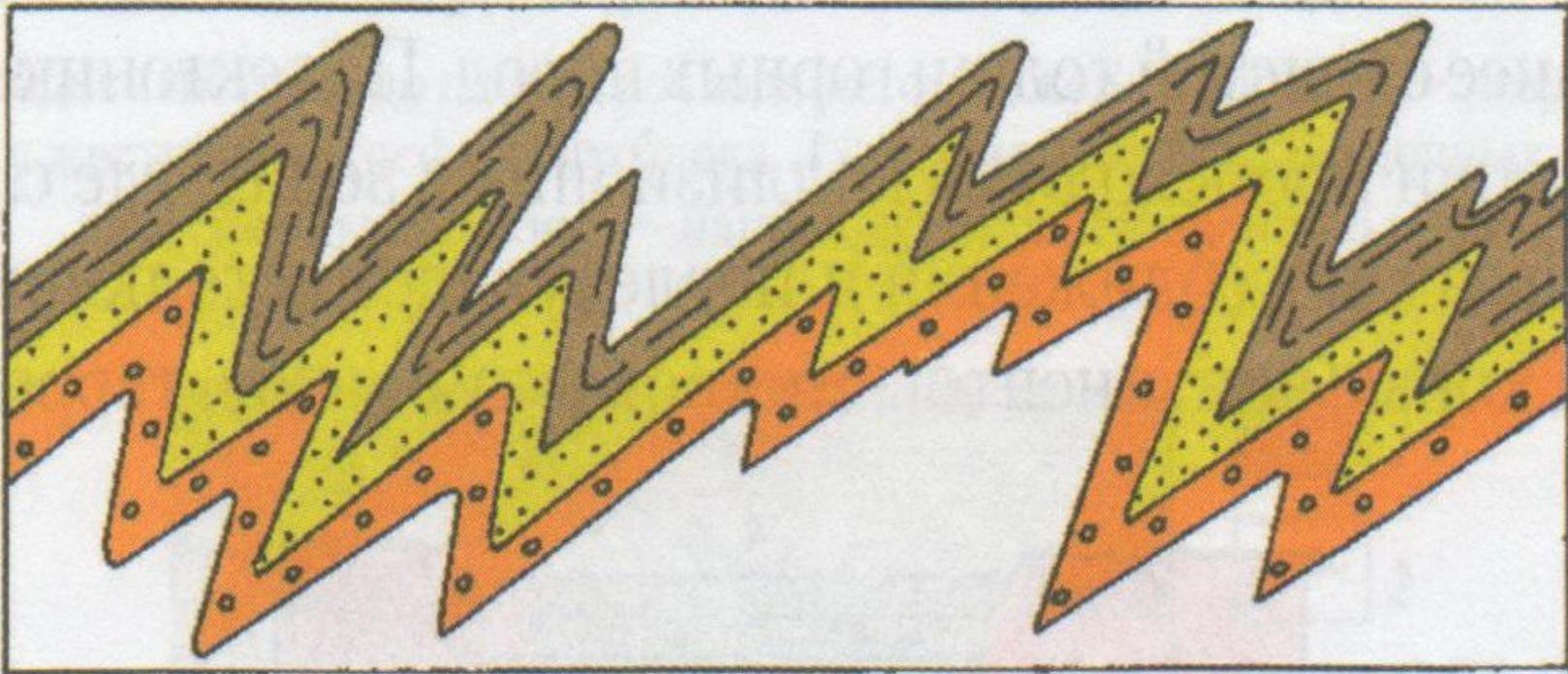
**А – положение слоев  
до изгиба;  
Б – положение слоев  
после изгиба.**

**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

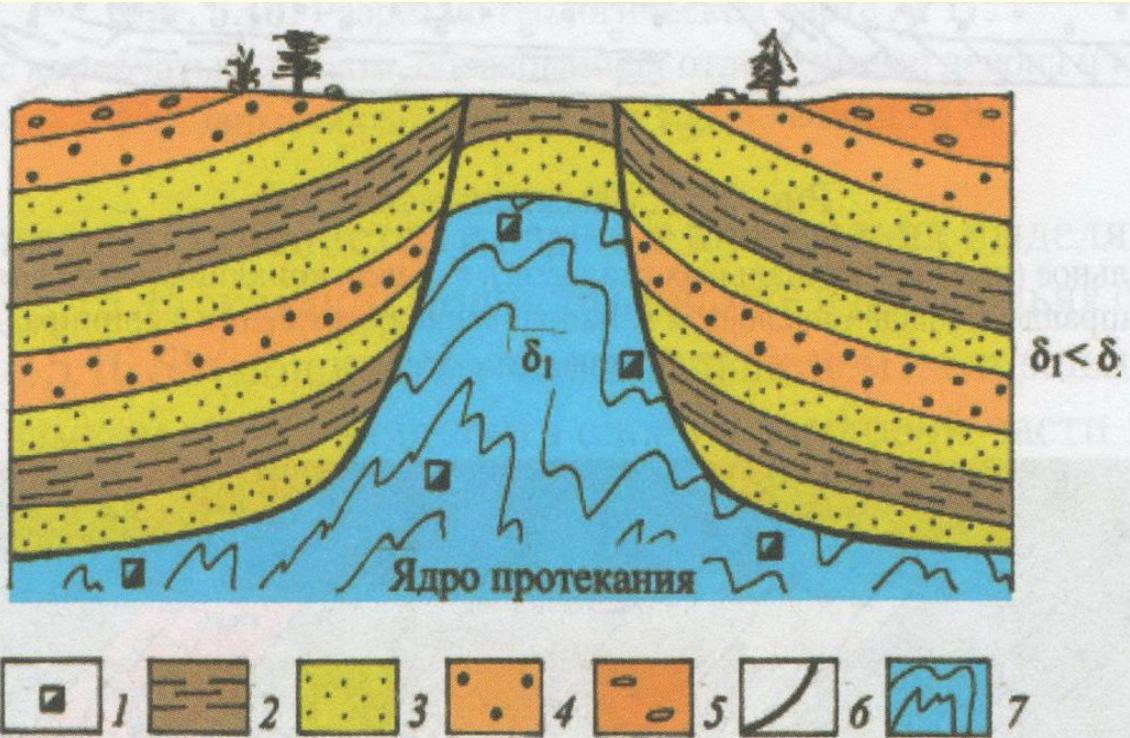
А.К. Корсаков, 2009



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

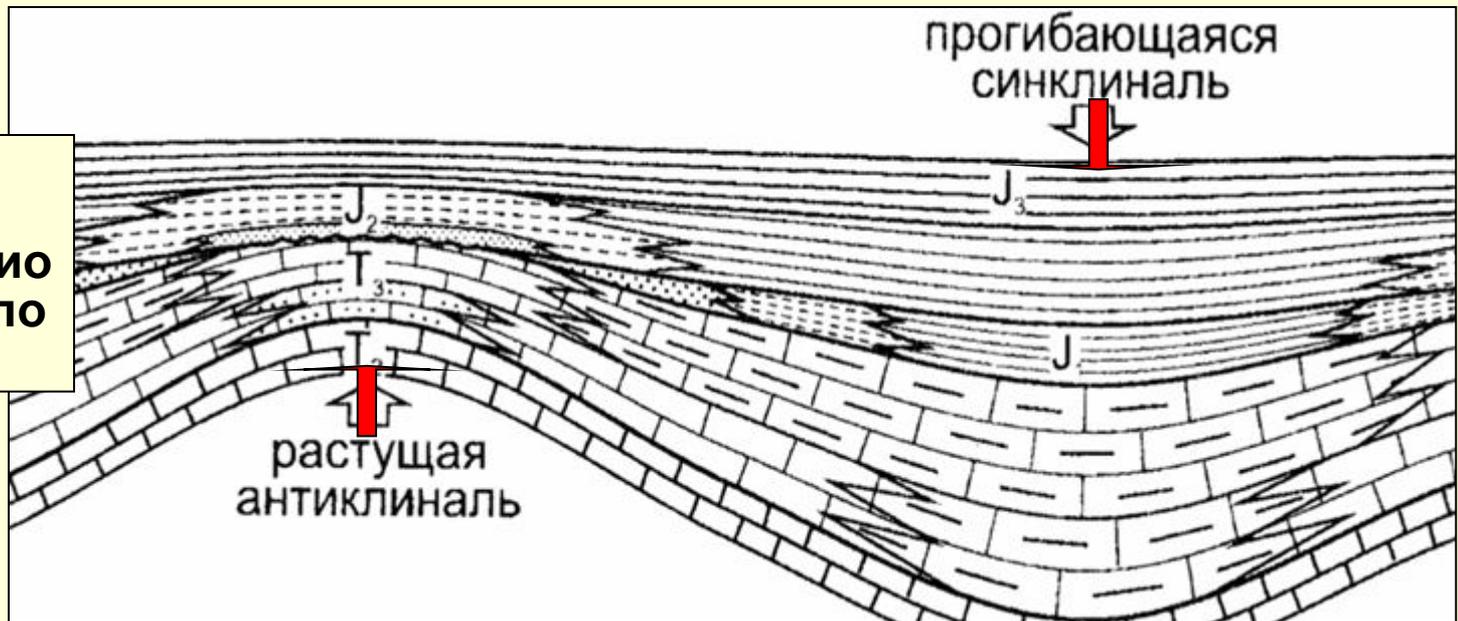
1 – гипсы; 2 – глины; 3 – пески; 4 – гравелиты;  
5 – конгломераты; 6 – разрывные нарушения; 7 – складчатость ядра протекания;  $\delta_1$  – плотность гипсов;  $\delta_2$  – плотность перекрывающих пород

# 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.