

# **Структурная геология и геологическое картирование**

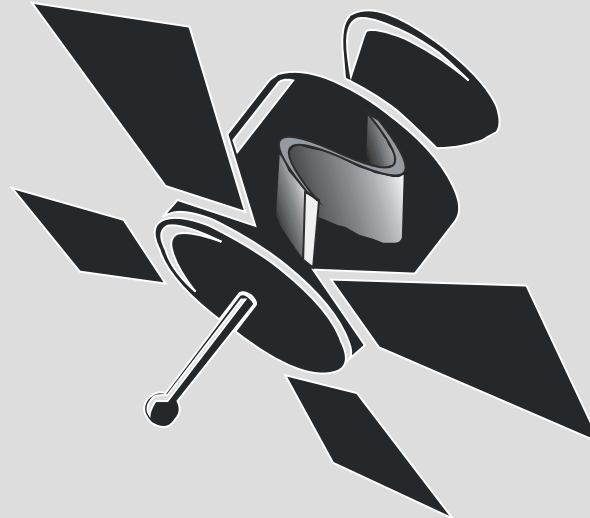
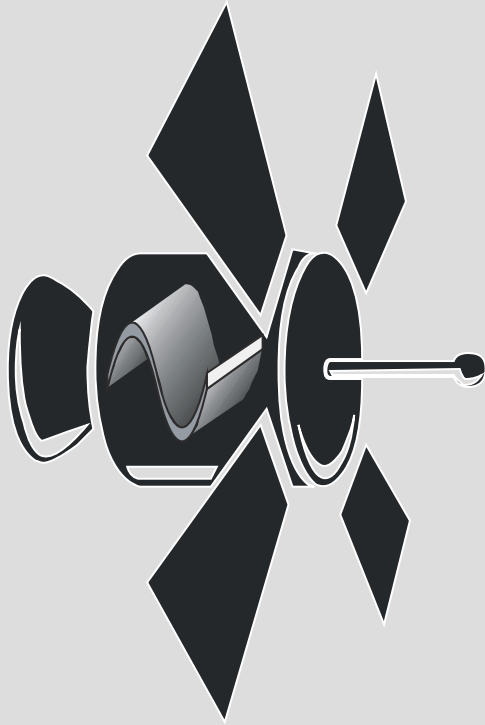
## **Лекция № 6**

### **«Складки-2. Положение складок в пространстве»**

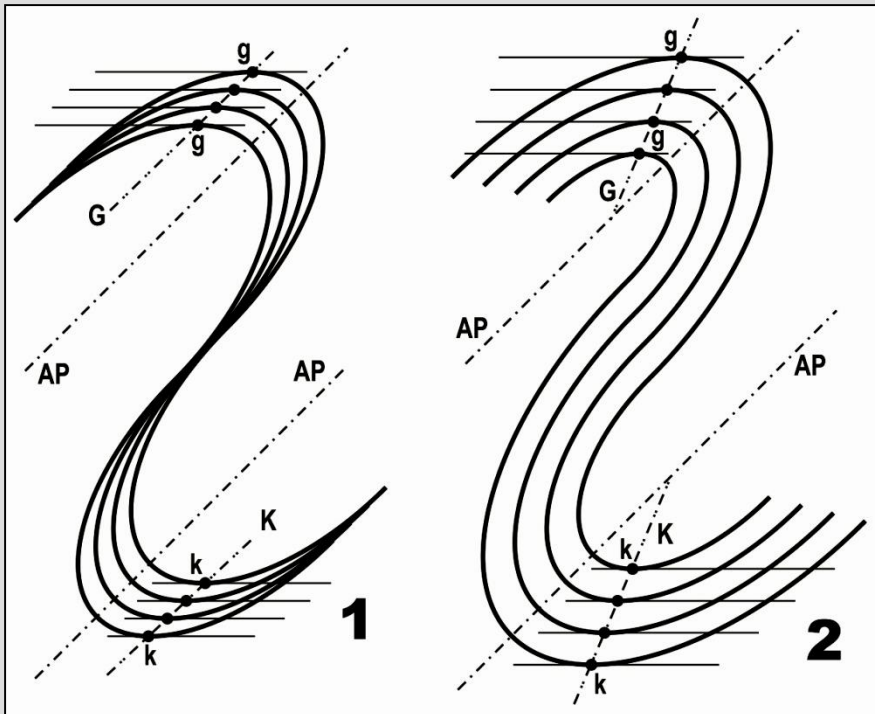
## Ориентировка складок в пространстве

Совершенно одинаковые по собственным геометрическим параметрам складки могут располагаться в земной коре самым разнообразным образом.

Они могут быть ориентированы по-разному и относительно горизонтальной поверхности, и относительно стран света.







**Гребневая точка (g)** – точка на поверхности пласта с **максимальной высотой** в поперечном сечении складки.

**Гребень** – линия на поверхности пласта, проходящая через все гребневые точки одной складки.

**Гребневая поверхность** – поверхность, проходящая через все гребни одной складки.

**ВВ!** При вертикальной осевой поверхности гребень и киль совпадают с шарнирами складок, а соответствующие им поверхности – с осевой поверхностью!

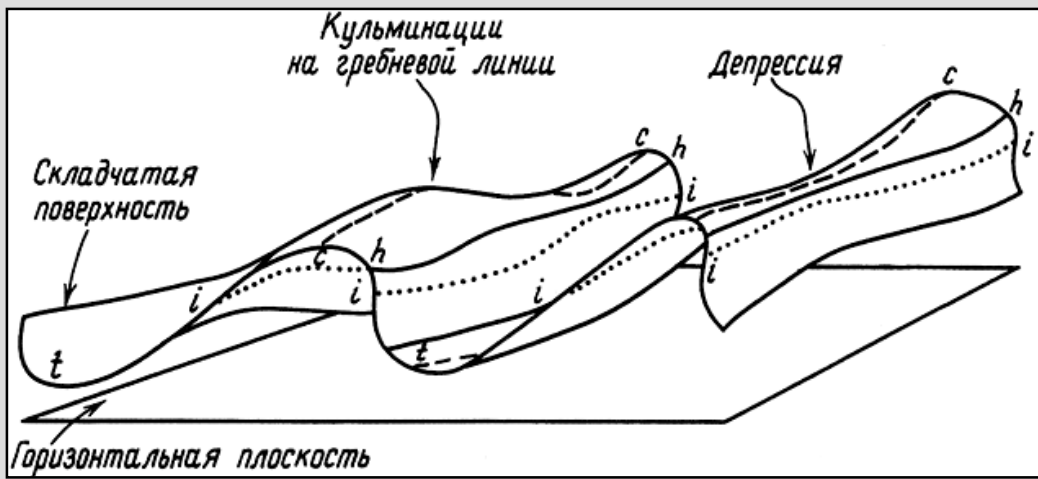
**Килевая точка (k)** – точка на поверхности пласта с **минимальной высотой** в поперечном сечении складки.

**Киль** – линия на поверхности пласта, проходящая через все килевые точки одной складки.

**Килевая поверхность** – поверхность, проходящая через все кили одной складки.

**Депрессия (седловина) гребня** – самое **низкое** положение гребневой линии

**Кульминация** гребня – самое **высокое** положение гребневой линии





# Базовая классификация складок по их положению в пространстве

По **относительной ориентировке** в пространстве замка и крыльев выделяются:

**1 – антиформы** (замок относительно крыльев ориентирован вверх);

**2 – синформы** (замок относительно крыльев ориентирован вниз).

**ВВ!** Не путать с антиклиналью и синклиналью!

Антиформа

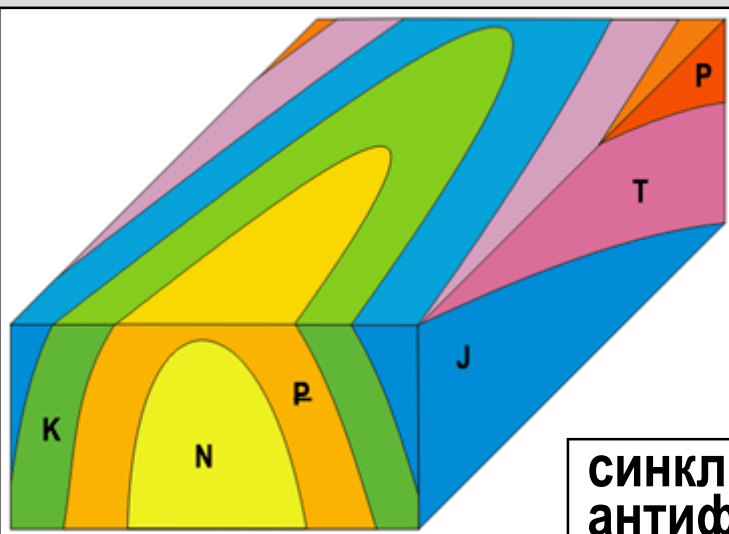


Синформа

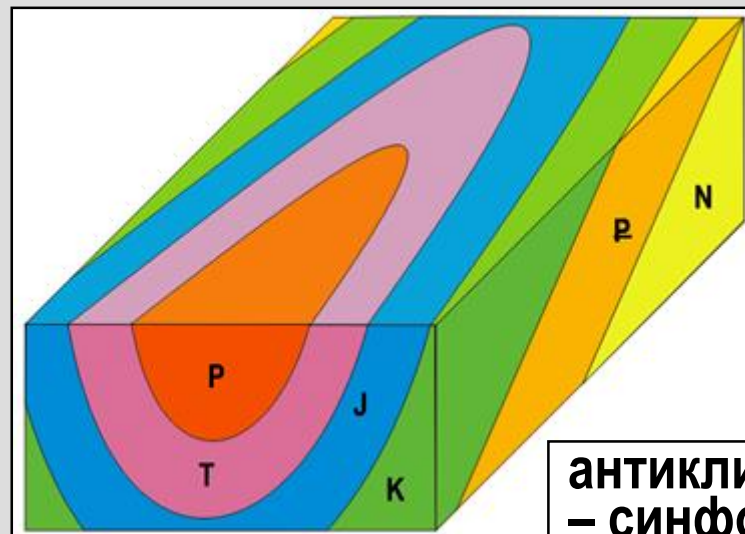


1

2



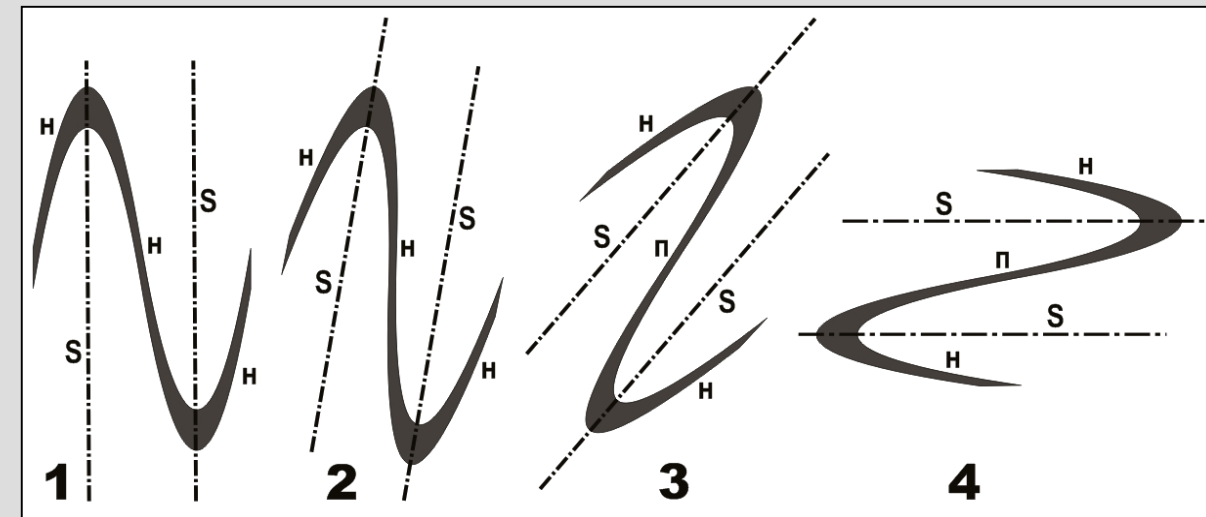
синклиналь –  
антиформа



антиклиналь  
– синформа

Критерии морфологических классификаций складок:

- 1 – наклон осевой поверхности
- 2 – изменение наклона осевой поверхности
- 3 – наклон шарнира



## 1. Классификация складок по наклону осевой поверхности

Какие складки бывают прямыми, опрокинутыми и лежачими, но не бывают наклонными?

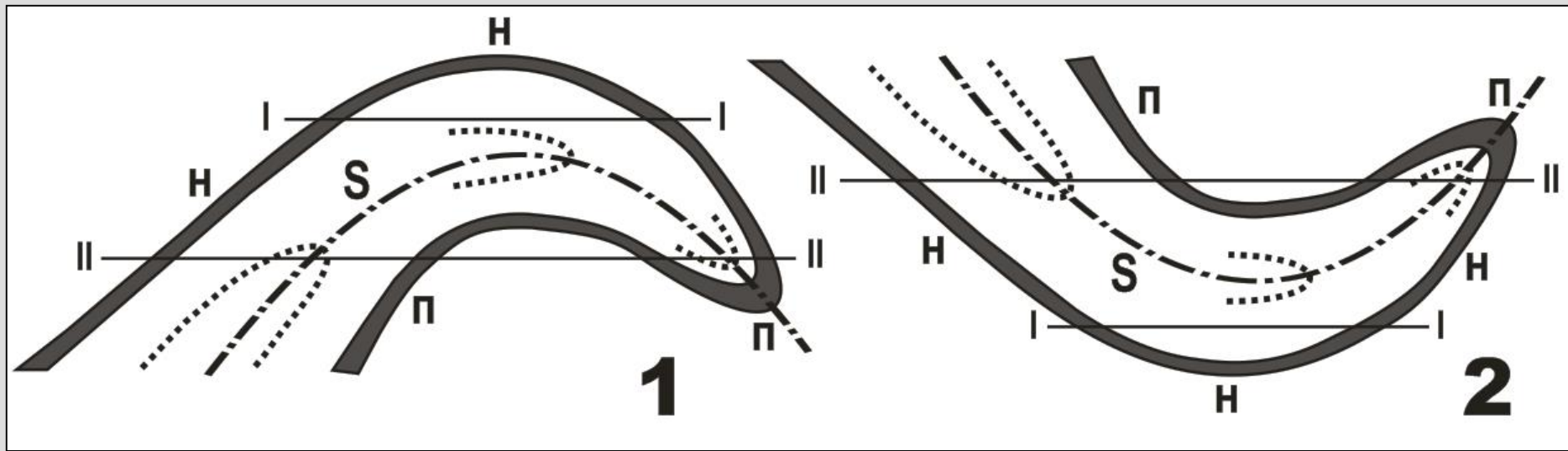
**1 – прямые [*upright*]** – осевые поверхности (S) вертикальны, крылья падают в разные стороны! Оба крыла либо в нормальном залегании (н), либо в перевернутом (п)!

**2 – наклонные [*inclined*]** – осевые поверхности (S) наклонны, но крылья все ещё падают в разные стороны! Оба крыла либо в нормальном залегании (н), либо в перевернутом (п)!

**3 – опрокинутые [*inclined*]** – осевые поверхности (S) наклонны, крылья падают в одну сторону! Одно крыло в нормальном залегании (н), другое – в перевернутом (п)!

**г – лежачие [*recumbent*]** – осевые поверхности (S) горизонтальны. Одно крыло в нормальном залегании (н), другое – в перевернутом (п).

## 2. Классификация складок по изменению наклона осевой поверхности

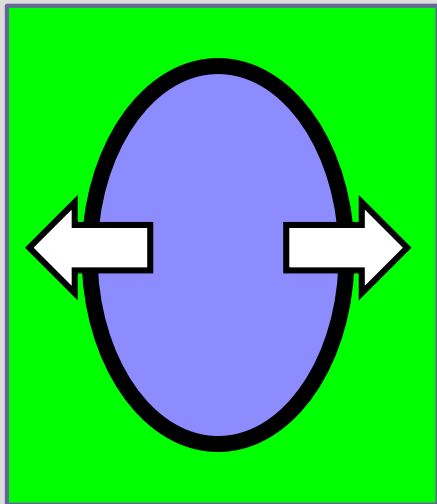
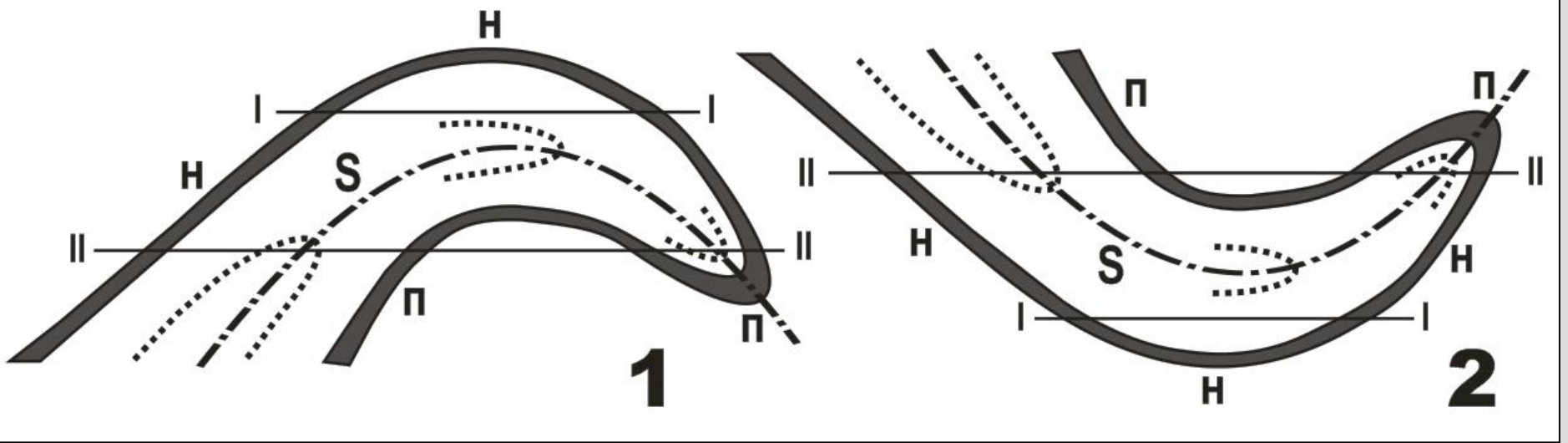


**Особый тип: ныряющие складки** – осевые поверхности (**S**) изогнуты в виде пологих *антиформ* (1) или *синформ* (2). Разные участки единой складки соответствуют разным морфологическим типам:

**1** – опрокинутая антиформа вверх по разрезу сперва переходит в лежащую складку, а потом – в синформу;

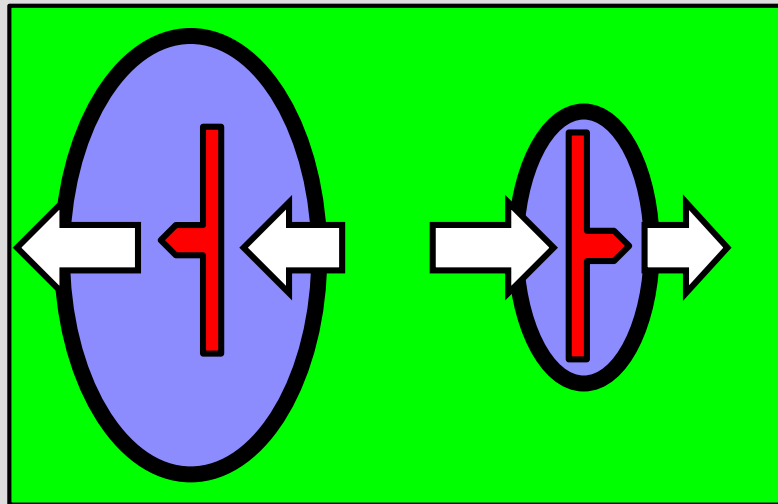
**2** – опрокинутая синформа вверх по разрезу сначала переходит в лежащую складку, а потом – в антиформу.

Как эти складки будут выглядеть на картах, сделанных по эрозионным срезам I и II ?



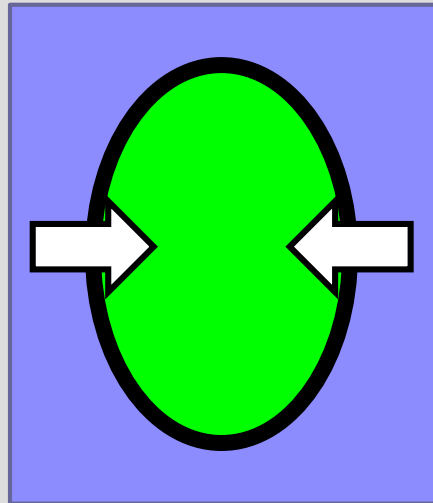
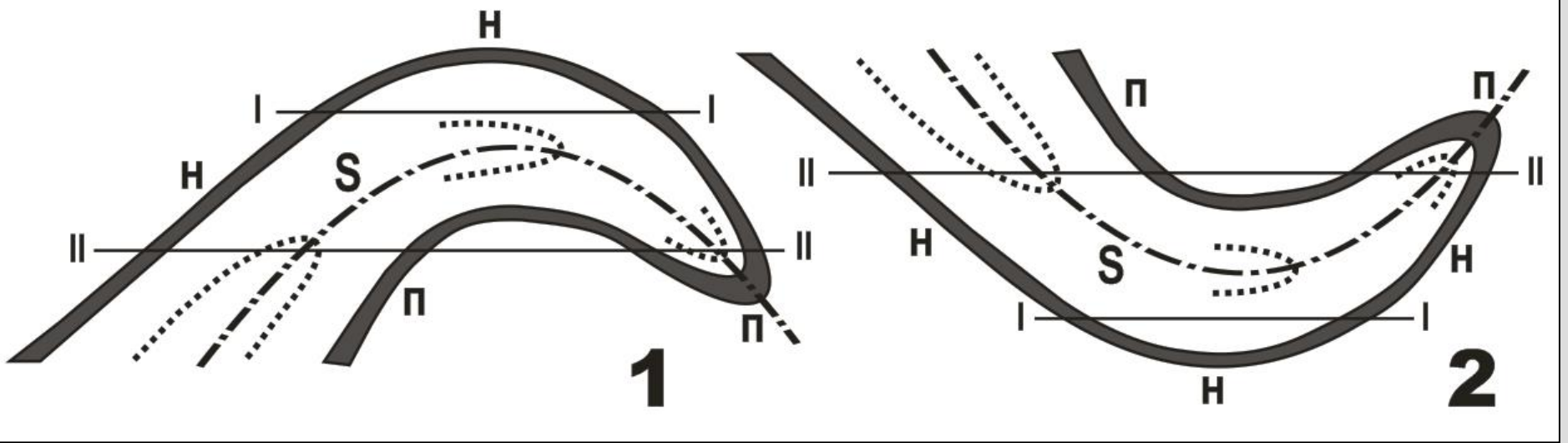
**1-I**

Прямая  
антиклиналь-  
антиформа



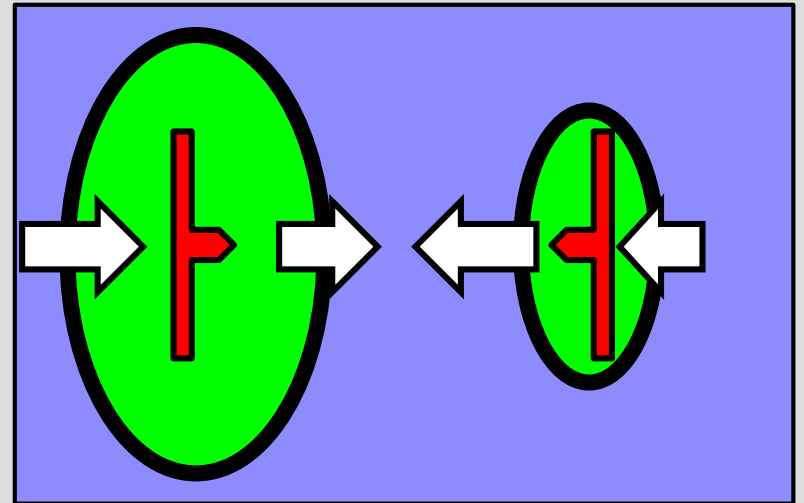
**1-II**

Опрокинутая антиклиналь-  
антиформа и опрокинутая  
антиклиналь-синформа



**2-I**

Прямая  
синклиналь-  
синформа



**2-II**

Опрокинутая синклиналь-  
синформа и опрокинутая  
синклиналь-антиформа



# ВВ! Свойства складок

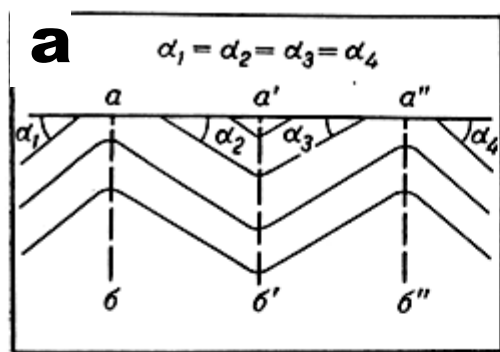
**а) прямые:** крылья падают в противоположные стороны, оба в нормальном залегании;

**б) наклонные:** крылья падают в противоположные стороны под разными углами, а осевая поверхность – в сторону более пологого крыла;

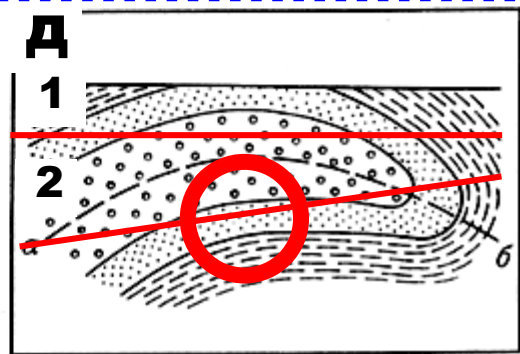
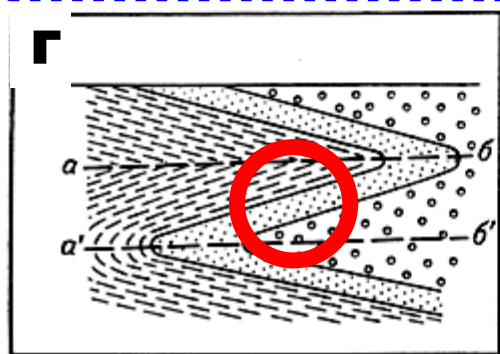
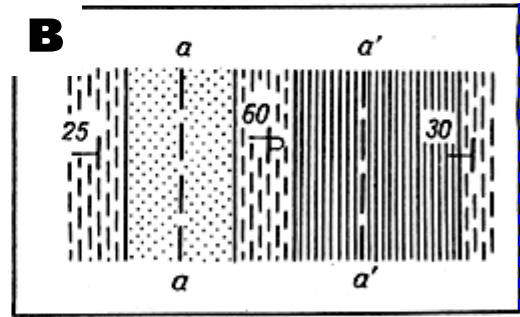
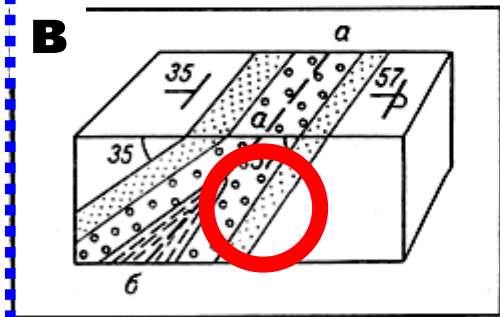
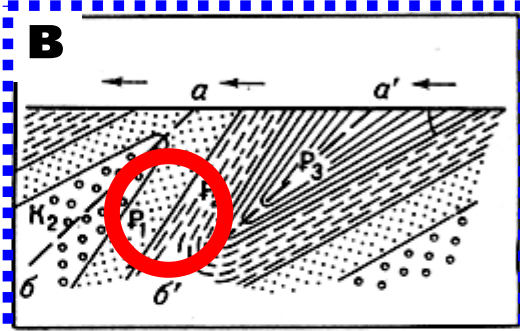
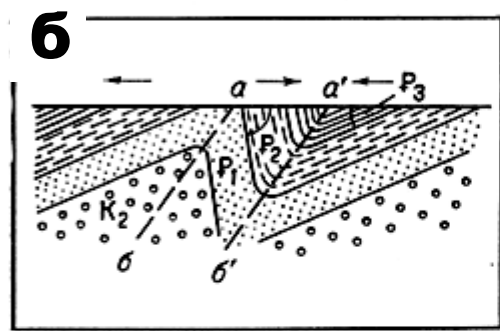
**в) опрокинутые:** крылья и осевые поверхности падают в одну сторону, но перевернутое крыло круче осевой поверхности, а нормальное – положе;

**г) лежачие:** на геологической карте выглядят как моноклинали и уверенно реконструируются только в случае перевернутого залегания;

**д) ныряющие:** (осевая поверхность изогнута в виде антиформы) на геологической карте выглядят по-разному в зависимости от эрозионного среза



В чем неточность?





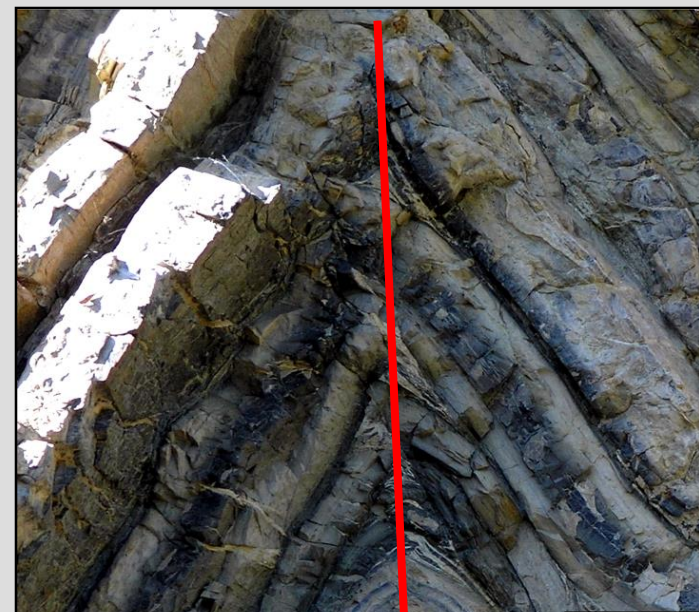
## Примеры прямых складок

Закрытая прямая складка в известняках нижнего карбона. Южный Урал

Острая прямая складка в известняках нижнего карбона. Южный Урал

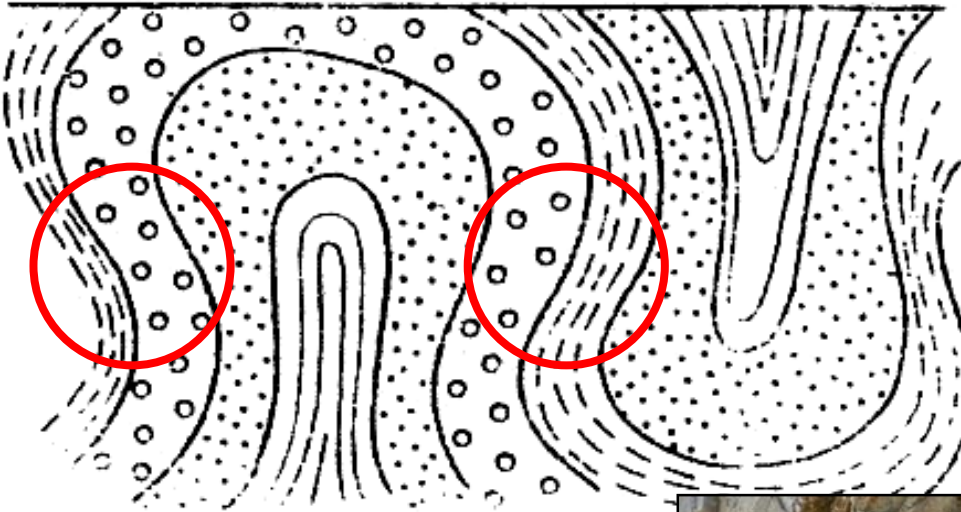
Закрытая прямая складка в известняках нижнего карбона. Южный Урал

Осевые поверхности прямых складок могут быть не совсем строго вертикальны.





## Особый случай: *прямые веерообразные складки*

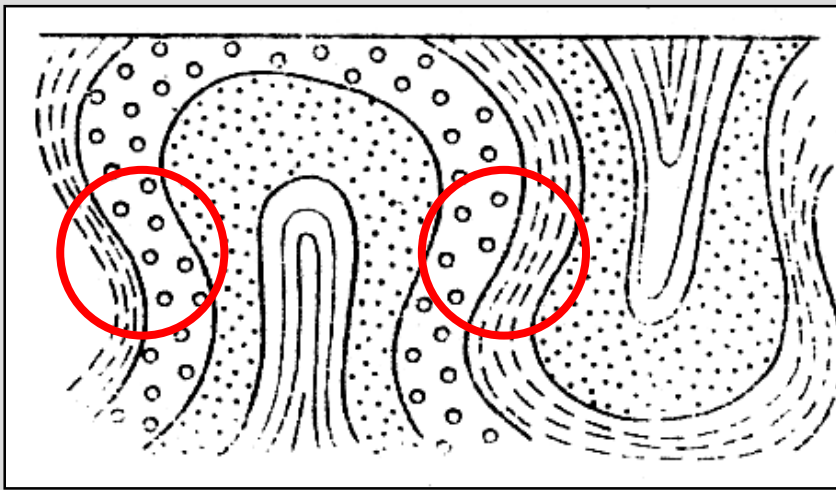


**ВВ!** В прямых веерообразных складках залегание пород на крыльях всегда перевернутое!

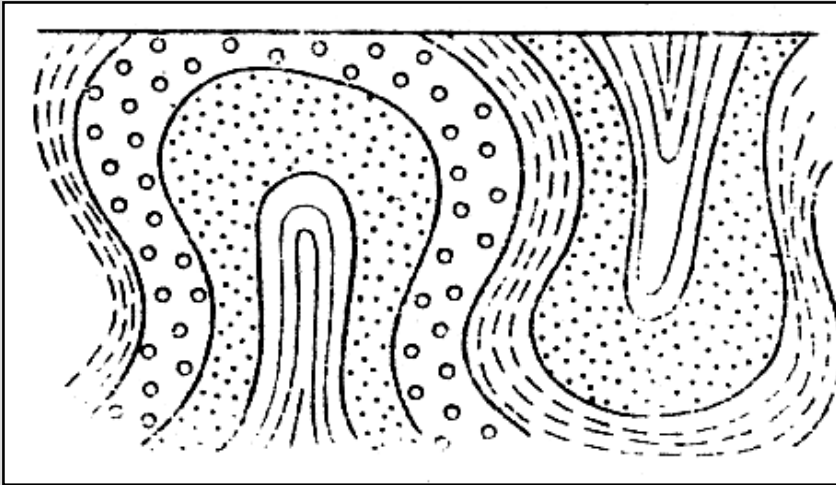
Веерообразные складки в известняках нижнего карбона. Южный Урал



## Свойства веерообразных складок



У каких ещё складок оба крыла находятся в перевернутом залегании?

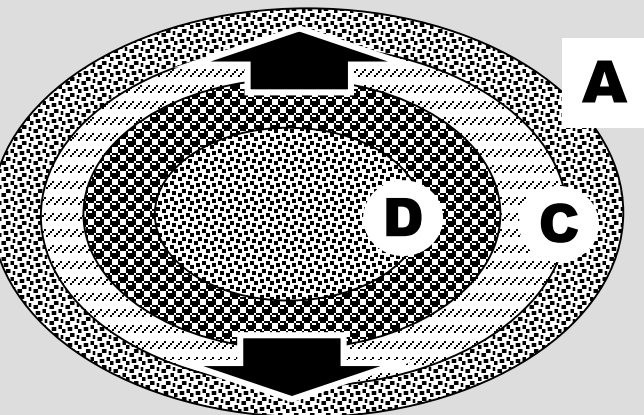
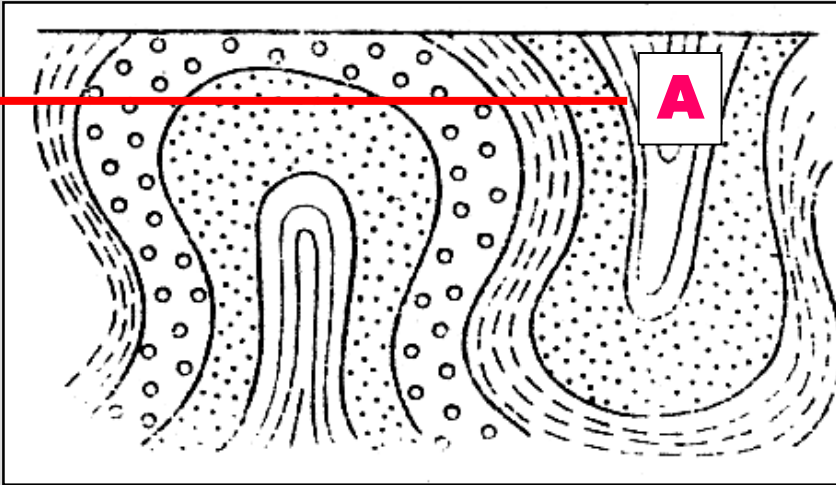
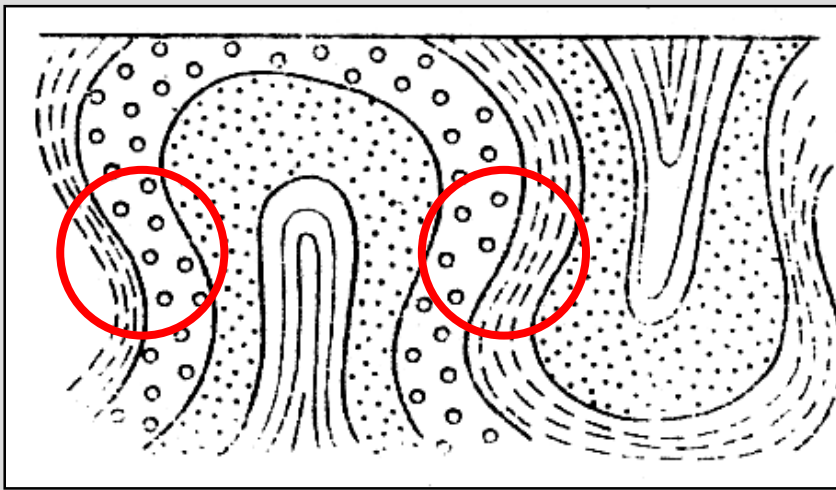


Как описать прямую веерообразную складку на геологической карте при разных эрозионных срезах в терминах базовых классификаций?

# Свойства веерообразных складок

У каких ещё складок оба крыла находятся в перевернутом залегании?

Как описать прямую веерообразную складку на геологической карте при разных эрозионных срезах в терминах базовых классификаций?



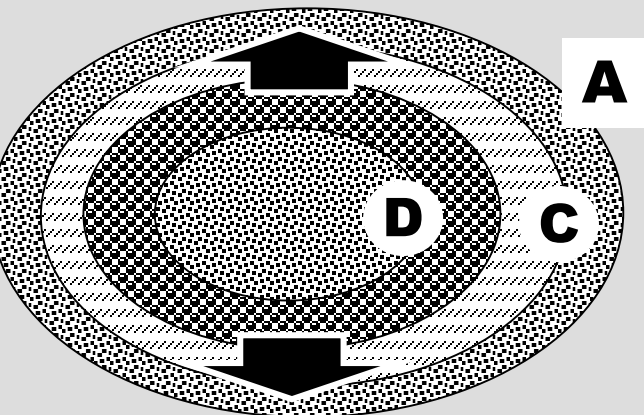
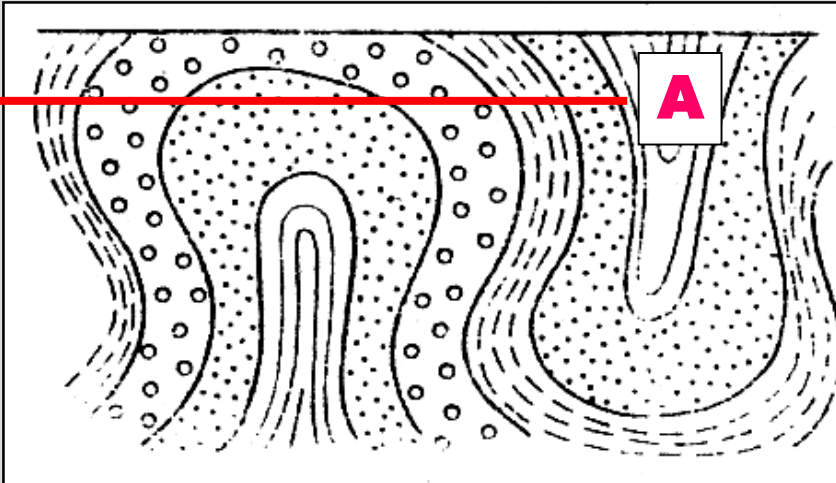
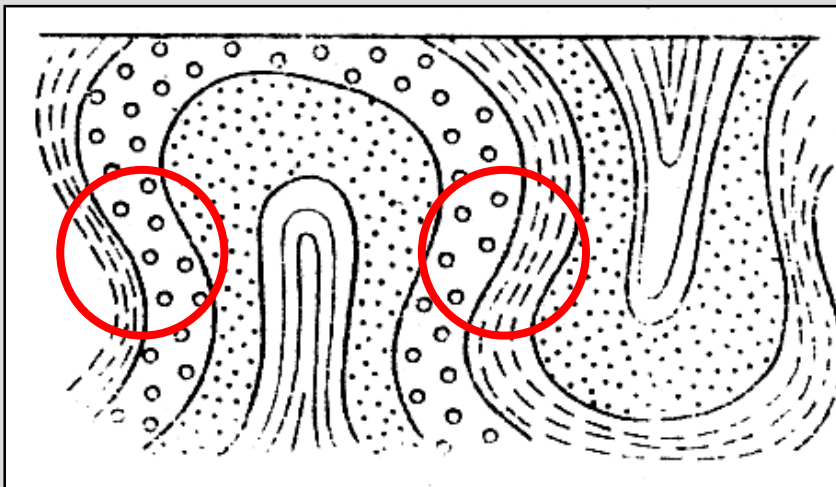


# Свойства веерообразных складок

У каких ещё складок оба крыла находятся в перевернутом залегании?

Как описать прямую веерообразную складку на геологической карте при разных эрозионных срезах в терминах базовых классификаций?

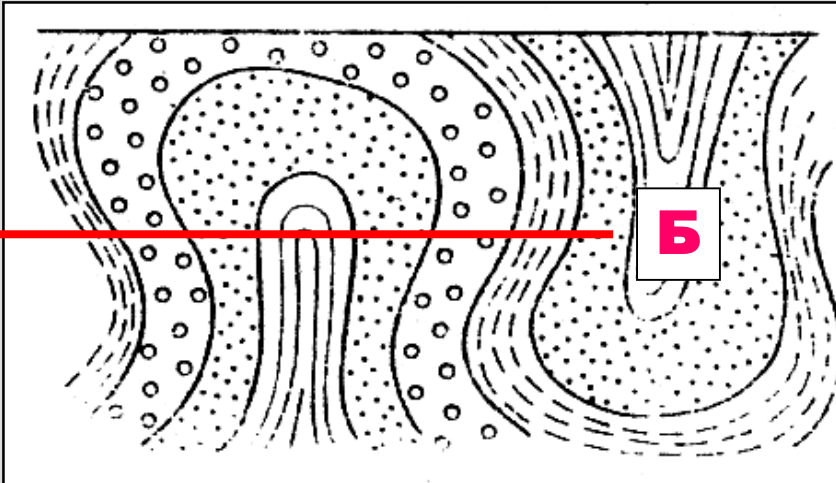
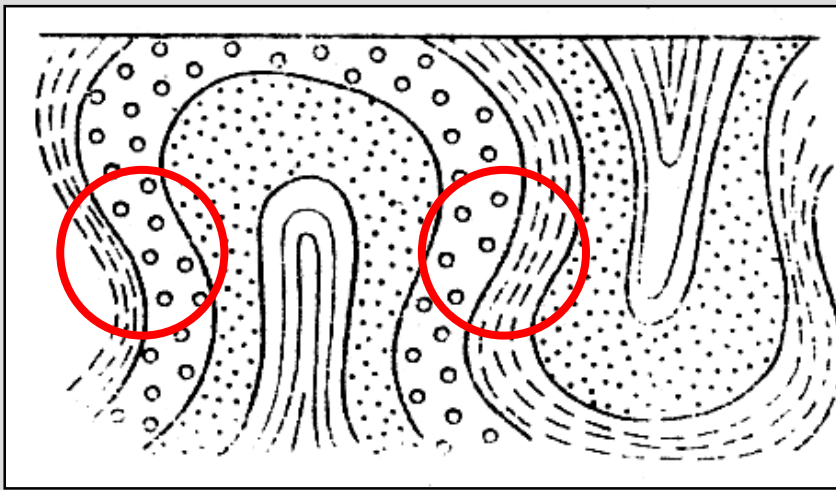
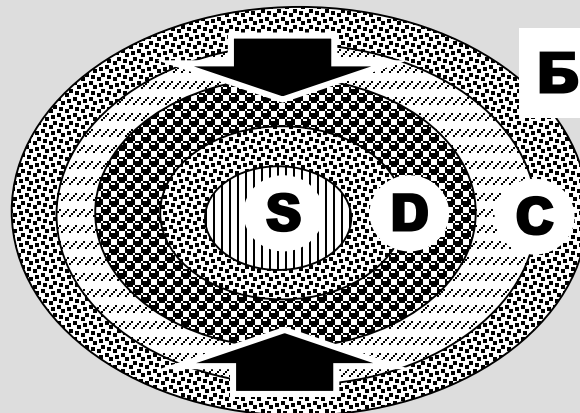
**A** – антиклиналь, антиформа



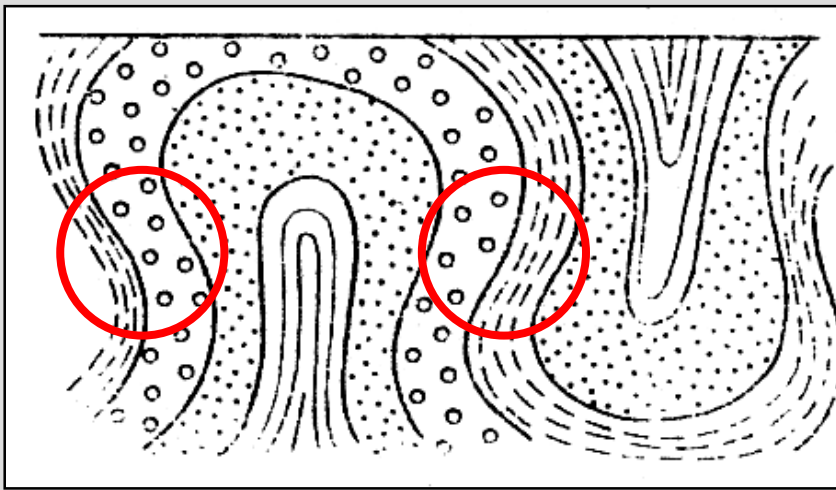
# Свойства веерообразных складок

У каких ещё складок оба крыла находятся в перевернутом залегании?

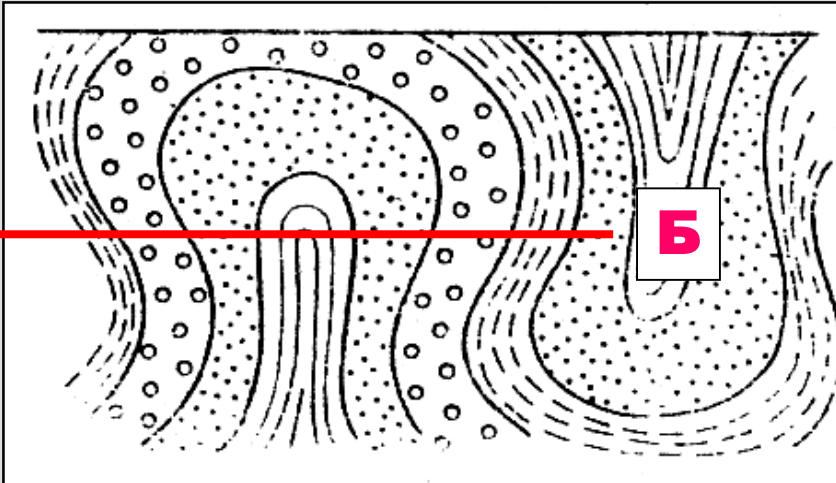
Как описать прямую веерообразную складку на геологической карте при разных эрозионных срезах в терминах базовых классификаций?



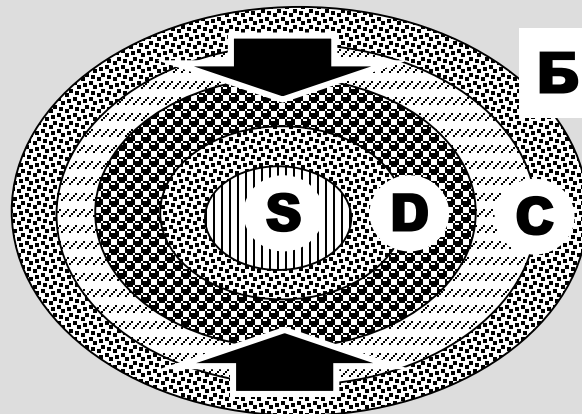
# Свойства веерообразных складок



У каких ещё складок оба крыла находятся в перевернутом залегании?



Как описать прямую веерообразную складку на геологической карте при разных эрозионных срезах в терминах базовых классификаций?



Б – антиклиналь, синформа



# Примеры наклонных складок



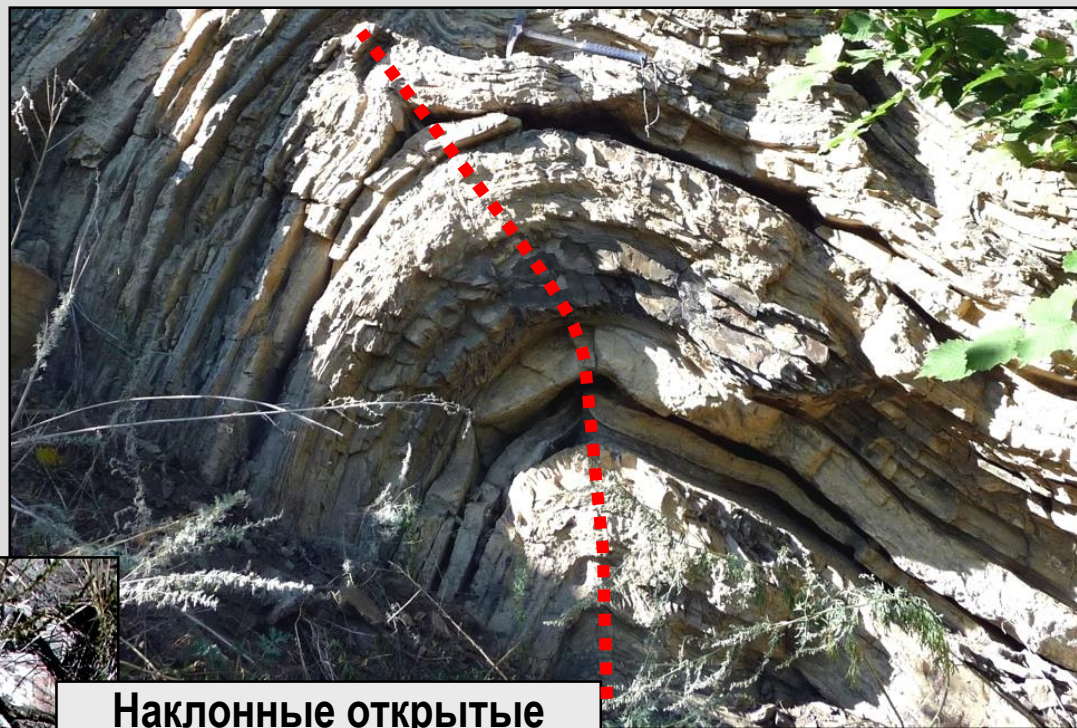
Городская стена г. Джирдини на тупой наклонной антиклинали, сложенной базальтами. Сицилия



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



# Примеры наклонных складок

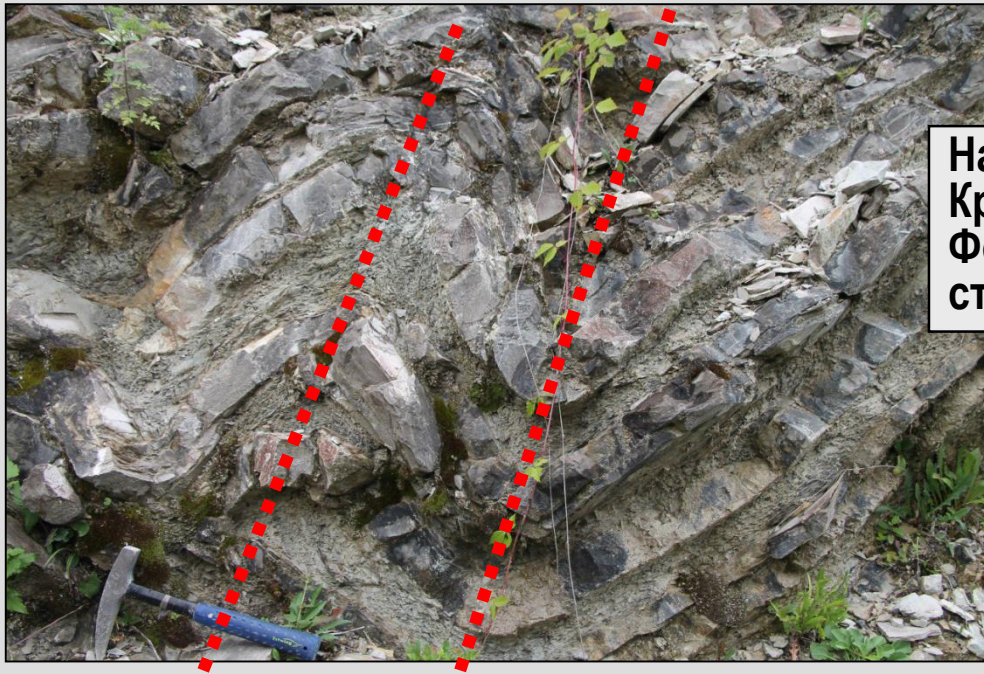


Наклонные открытые складки в известняках  
нижнего карбона.  
Южный Урал



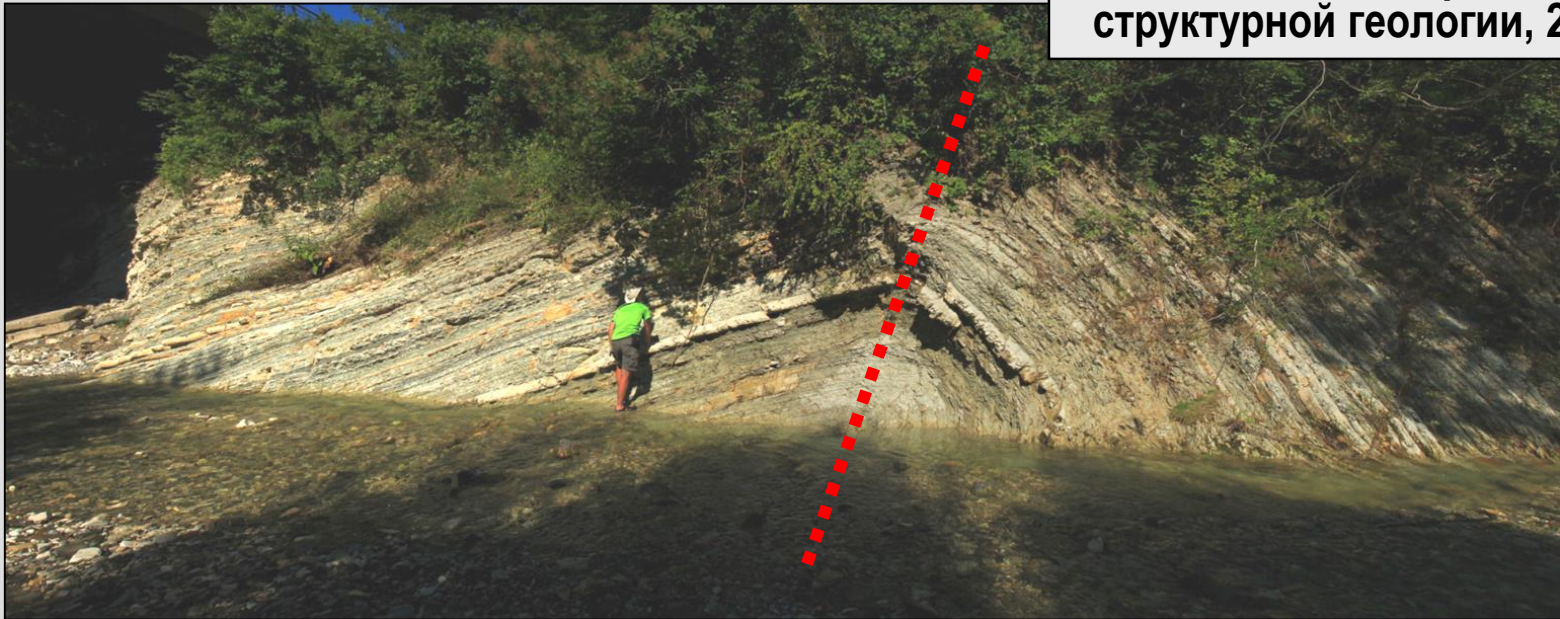


# Примеры наклонных складок



Наклонная закрытая складка.  
Краснодарский край.  
Фото из отчета о практике по  
структурной геологии, 2014

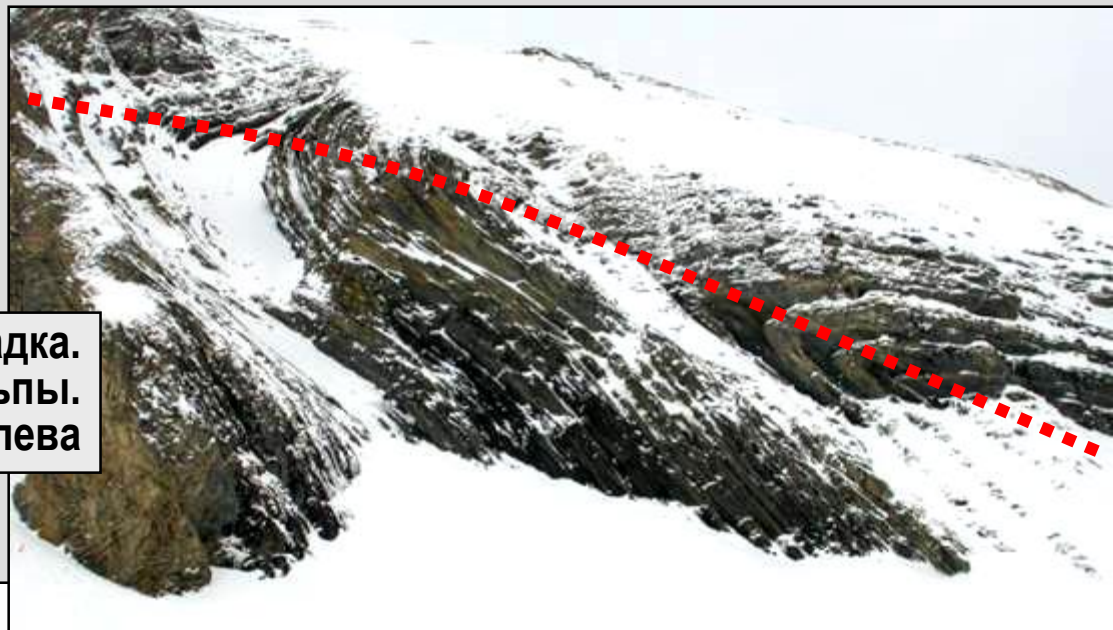
Наклонная открытая складка.  
Краснодарский край.  
Фото из отчета о практике по  
структурной геологии, 2014



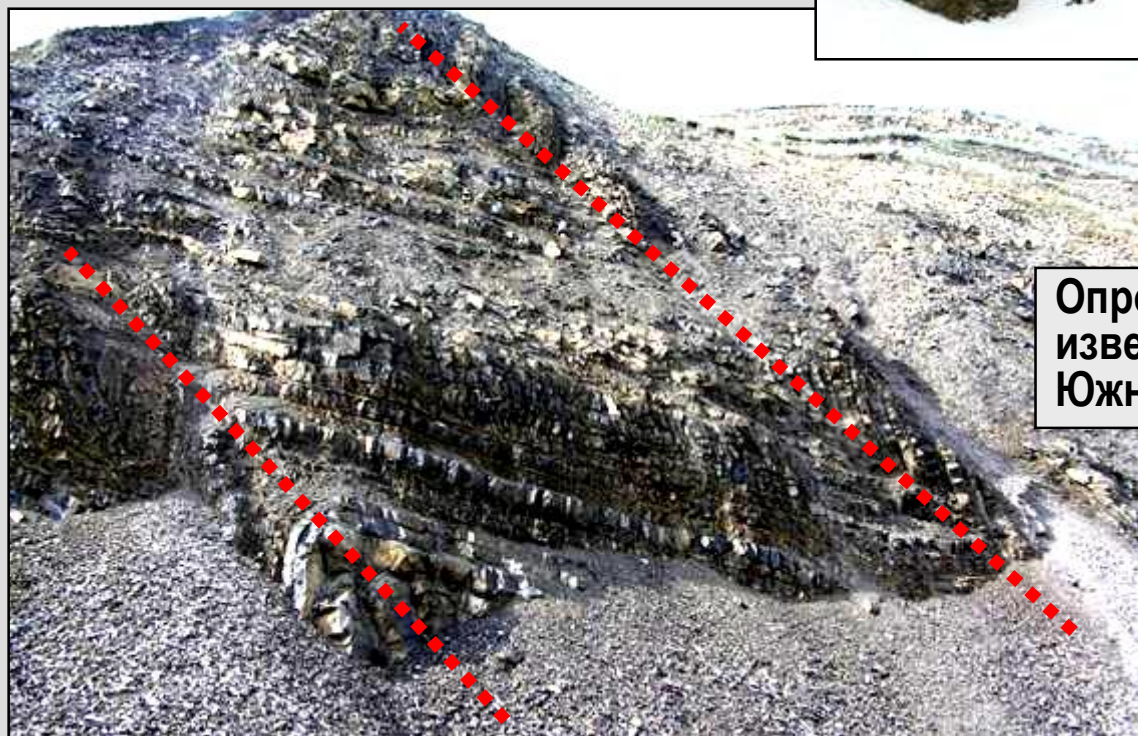


# Примеры опрокинутых складок

Опрокинутая острая складка.  
Швейцарские Альпы.  
Фото А.Г. Кошелева

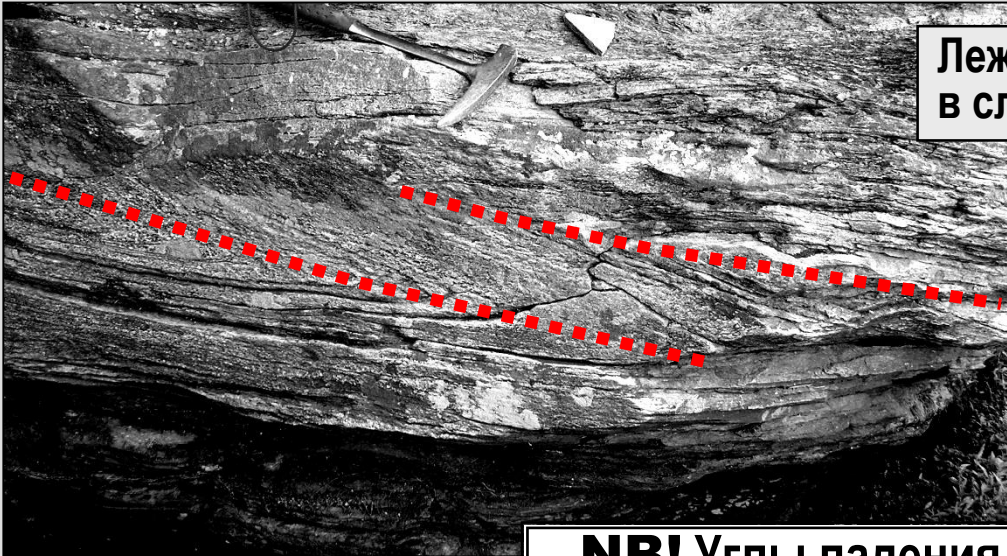


Опрокинутые острые складки в известняках нижнего карбона.  
Южный Урал





# Примеры лежачих складок




Лежачие изоклиналильные складки  
в сланцах ордовика. Ю. Урал



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

**NB!** Углы падения в обоих крыльях  
лежащей складки примерно одинаковы,  
а азимуты противоположны!



Лежачая закрытая складка в  
терригенных породах ордовика.  
Ю. Урал. Фото Арк.В. Тевелева

### 3. Классификация складок по углу наклона шарнира

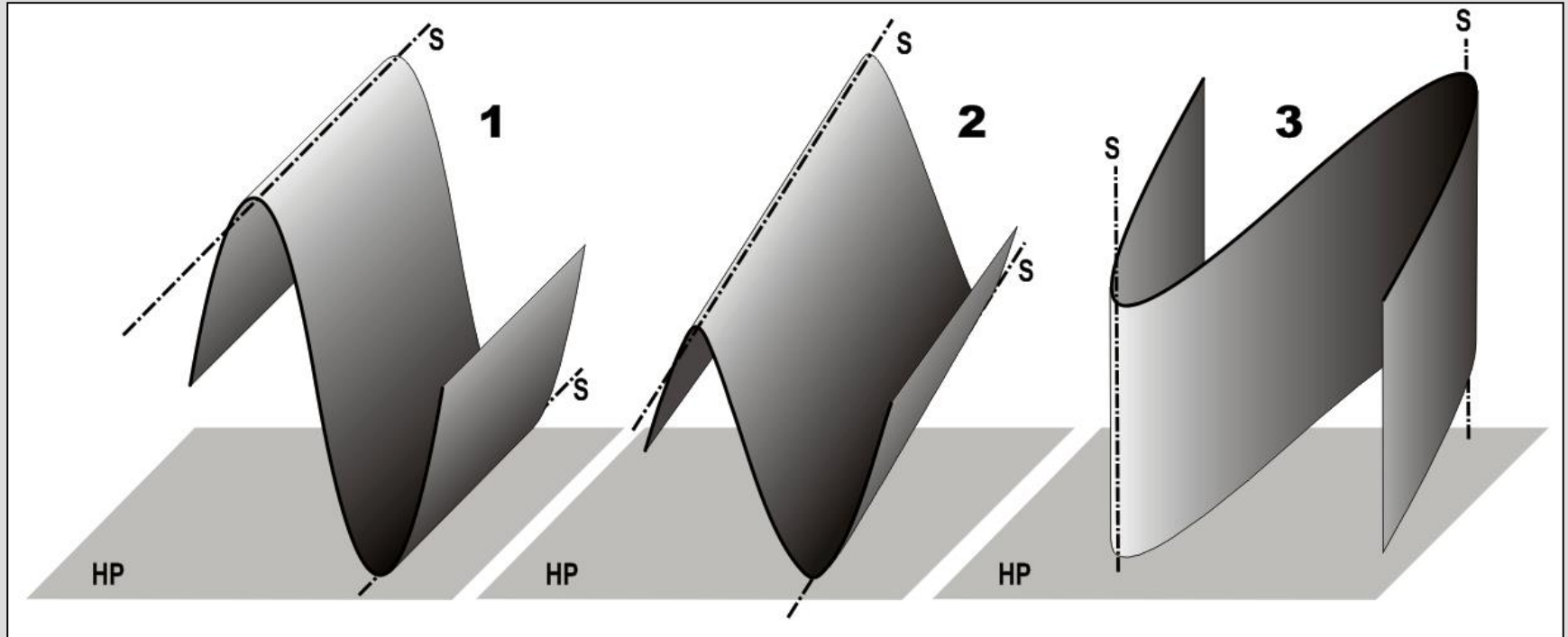
**1 – горизонтальные** (шарнир горизонтален);

**2 – погружающиеся** (шарнир наклонен, появляются замыкания):

**2а – периклинали** [*periclinal*] (замыкание *антиформы*, шарнир наклонен от складки, пласты погружаются к ее **периферии**)

**2б – центриклинали** [*centroclinal*] (замыкание *синформы*, шарнир наклонен внутрь складки, пласты погружаются к ее **центру**);

**3 – вертикальные** (шарнир вертикален)





# Примеры центриклиналей



Центриклиналь брахискладки.  
Горы Макран. Иран. Google Earth



Центриклиналь линейной  
складки. Копетдаг. Google Earth



# Примеры периклиналей



Периклинали округлой складки.  
Известняки верхнего карбона. Ю. Урал



Периклинали округлой  
складки. Израиль



# Примеры периклиналей



Периклираль  
брахискладки. Атлас



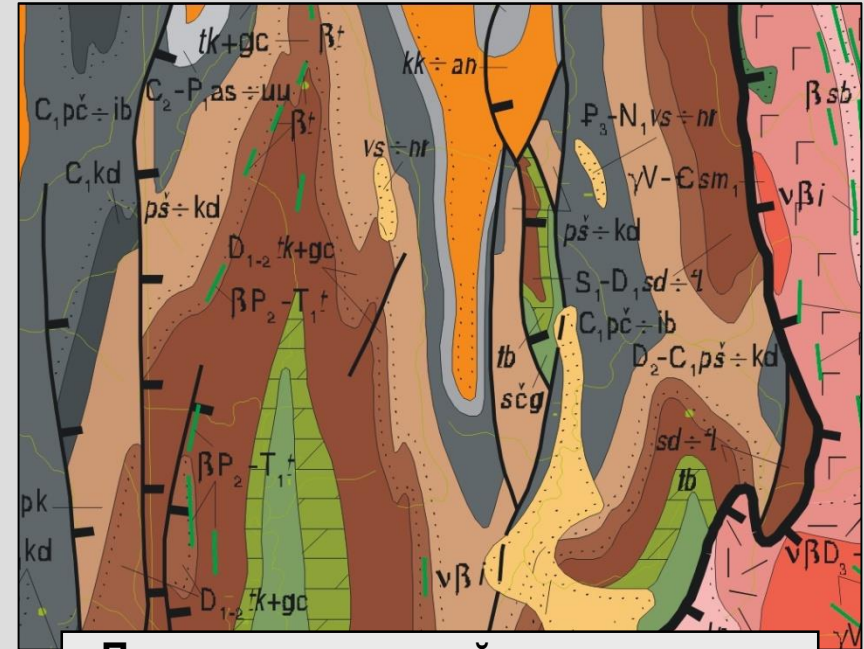
Периклираль  
брахискладки. Ц. Атлас



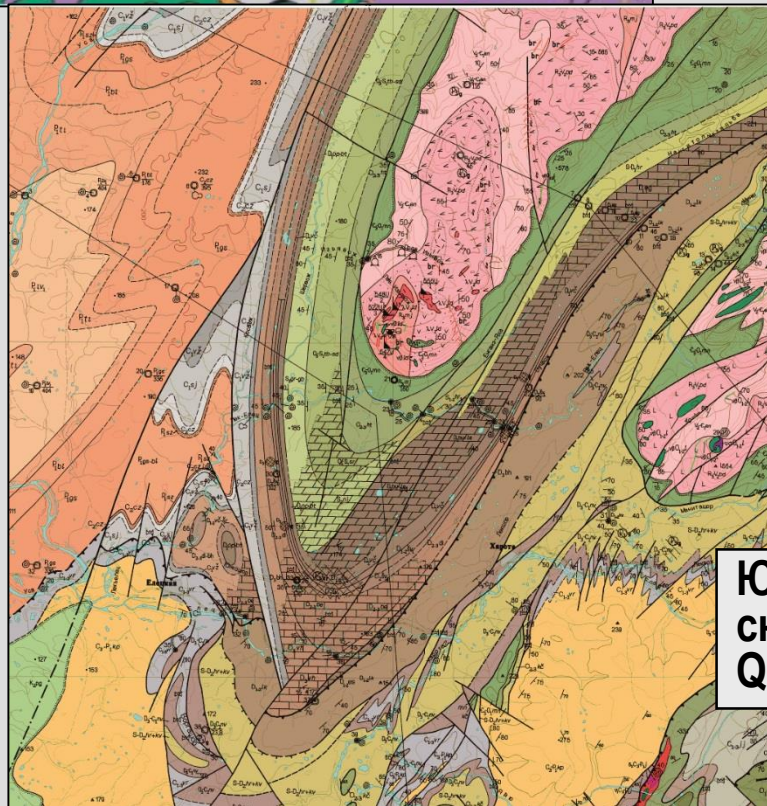




Южная периклиналиль Чадобецкого поднятия  
на Госгеолкарте-1000. Сибирская платформа.  
По В.В. Беззубцеву и др., 2008



Периклиналили линейных складок на  
Госгеолкарте-1000. Северо-Уральск.  
По В.П. Водолазской и др., 2003



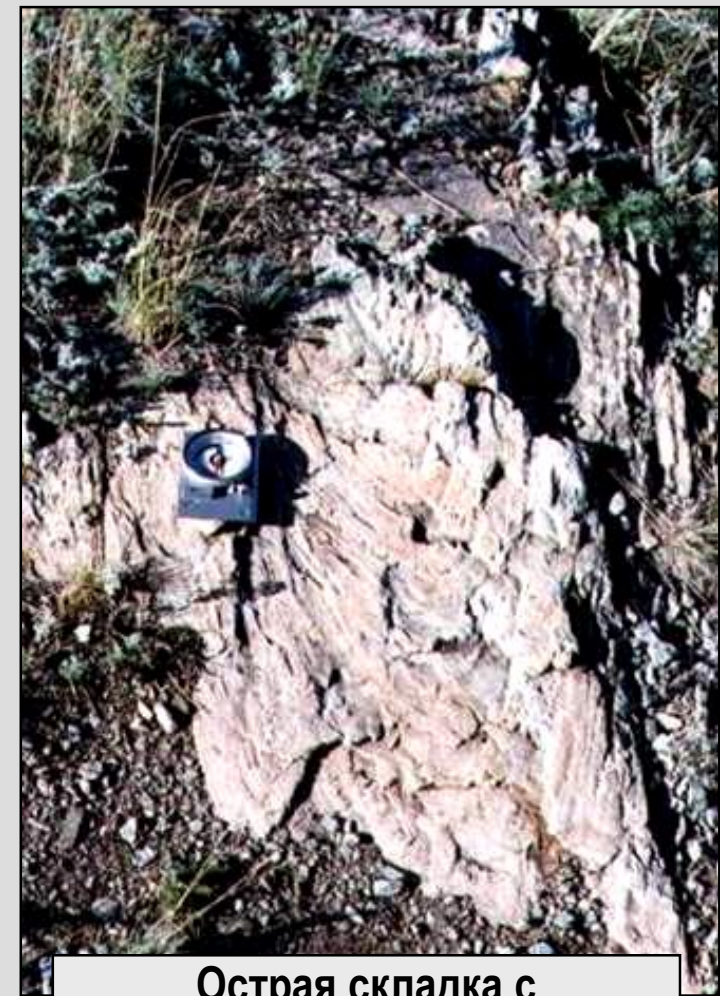
Южная периклиналиль крупной  
складки. Госгеолкарта-200.  
Q-41-XI



### 3 – вертикальные, точнее – складки с вертикальным шарниром

Складки с вертикальным шарниром **очень специфичны**.

Поскольку у этих складок вертикальны оба крыла и шарнир, у них вертикальны и все основные поверхности: осевая, перегиба, срединная, огибающая.



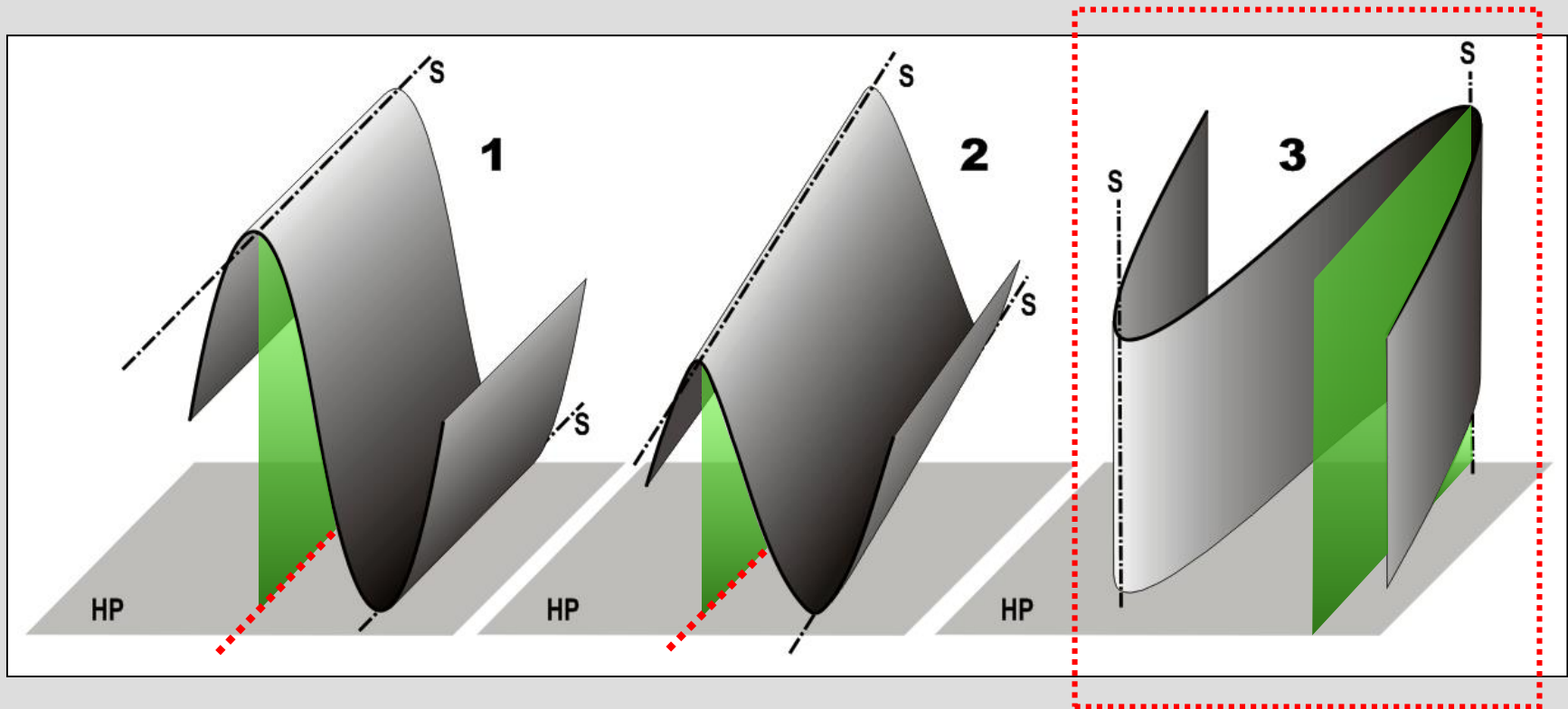
Острая складка с вертикальным шарниром. Верхний девон. Южный Урал

Вследствие этого возникает несколько парадоксальных ситуаций:

- осевая поверхность складок с вертикальным шарниром вертикальна, но они не относятся к типу "прямых";
- для складок с вертикальным шарниром можно определить "синклиналь" это или "антиклиналь", но нельзя определить "синформа" это или "антиформа";
- в складках с вертикальным шарниром нельзя определить "нормальное" или "перевернутое" залегание пластов.

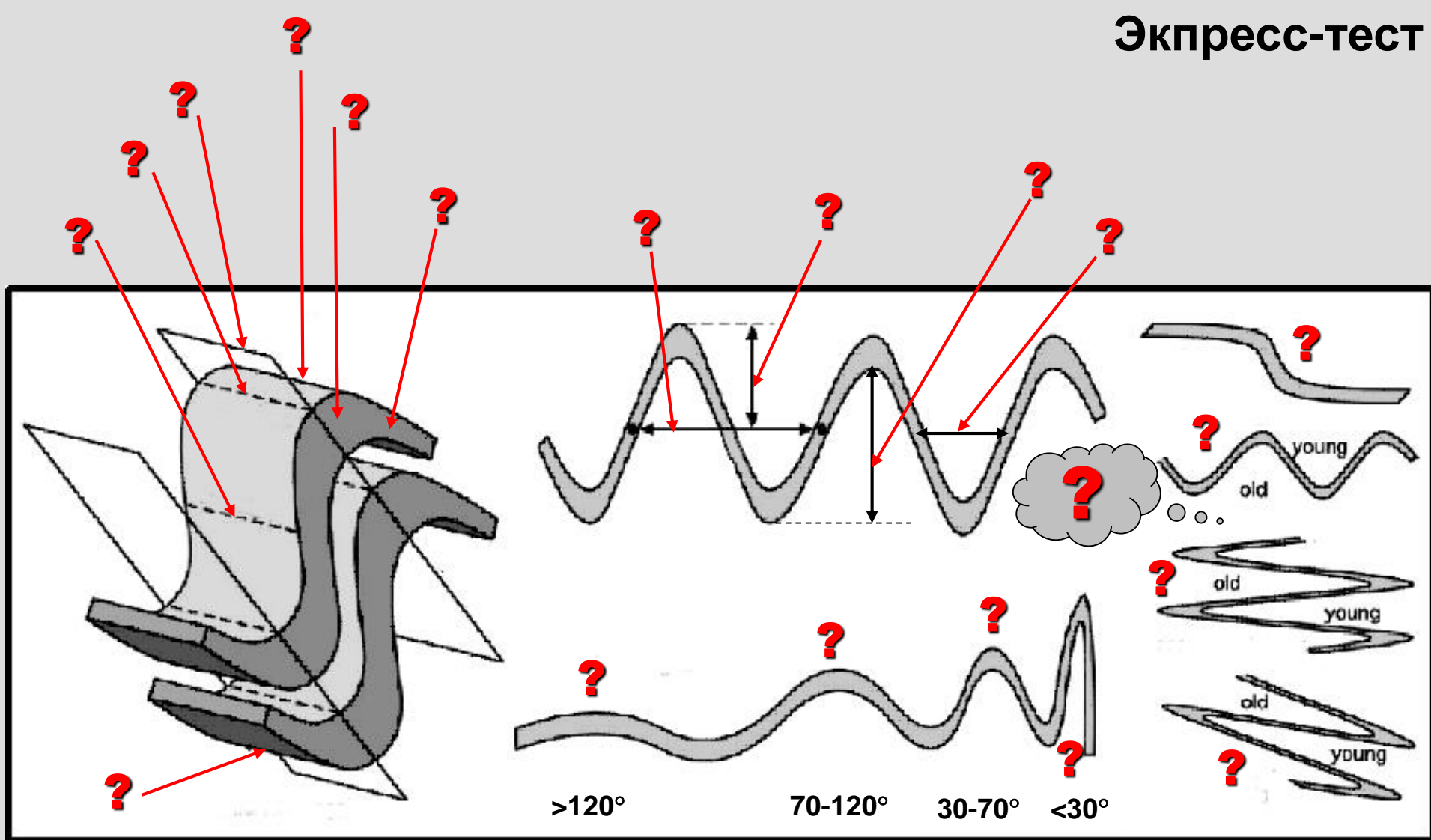
Какие морфологические классификации применимы к складкам с вертикальным шарниром, а какие нет?

Поскольку ось складки на самом деле показывает простираание ее шарнира, принято считать, что складки с вертикальным шарниром не имеют оси, хотя формально линия пересечения осевой поверхности с горизонтальной плоскостью может быть определена! Именно поэтому ось складки лучше определять как **проекцию шарнира на горизонтальную плоскость**.











# Складчатые комплексы

**Складчатый комплекс** – совокупность складок, обладающих общими морфологическими и генетическими характеристиками, и сформированных на одном этапе тектогенеза, в единых динамических условиях. Морфология складчатых комплексов описывается с помощью соответствующих характеристик слагающих складок. Но у них есть и собственные геометрические характеристики.

## **Геометрические характеристики складчатых комплексов**

- **зеркало складчатости** – условная поверхность, проходящая через смежные шарниры (*гребни* или *кили*) одноименных складок по одному слою;
- **вергентность** [*vergence*] – общее для всего складчатого комплекса направление **воздымания** осевых поверхностей складок;
- **виргация** [*virgation*] – [от лат. *virga* – **ветка**] "веерообразное расхождение пучка расщепляющихся складок, сопровождающееся постепенным погружением шарниров", в крупном масштабе – **разветвление** осей складок.

**Морфологические классификации** складчатых комплексов в разрезе основываются, в основном, на морфологических особенностях зеркала складчатости, а также на взаимоотношении отдельных частей складчатых комплексов, обладающих различной вергентностью.

# Классификация СК по характеру vergentности

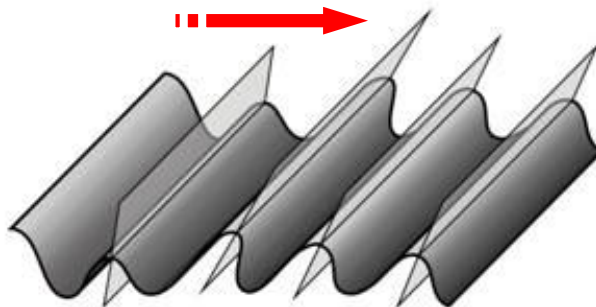
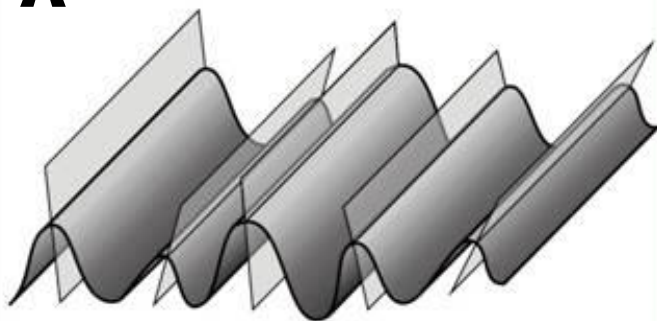
**А – невергентные** – vergentность отсутствует или все осевые поверхности вертикальны;

**Б – моновергентные** – направление vergentности в большинстве складок постоянно;

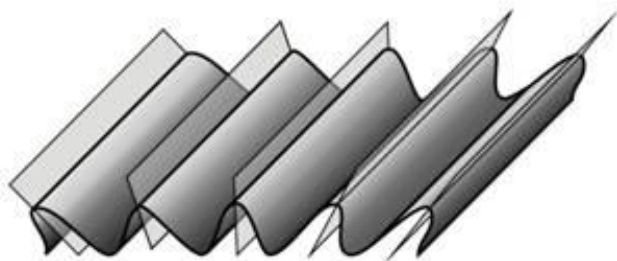
**В – дивергентные** – направления vergentности в разных частях складчатой зоны противоположны;

**Г – конвергентные** – направления vergentности в разных частях складчатой зоны встречны.

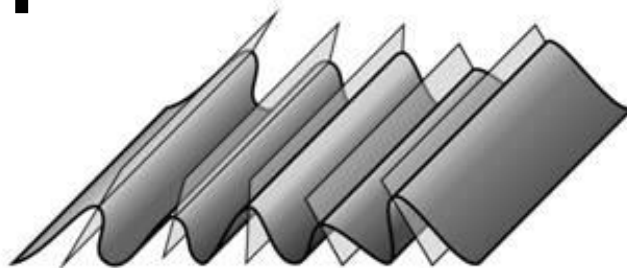
**А**



**В**



**Г**



**NB!** Имеется  
в виду именно  
направление  
**восстания**  
осевых  
поверхностей!

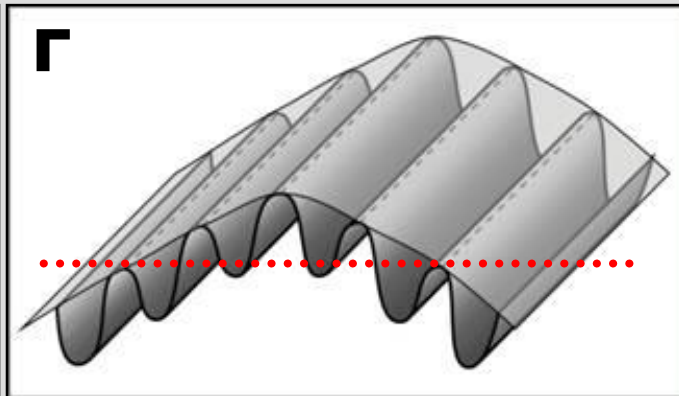
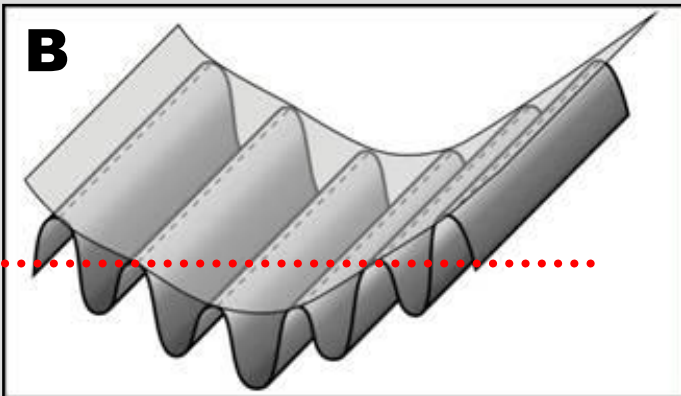
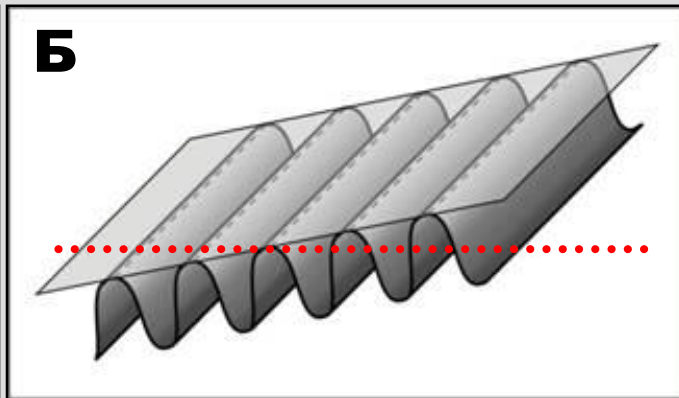
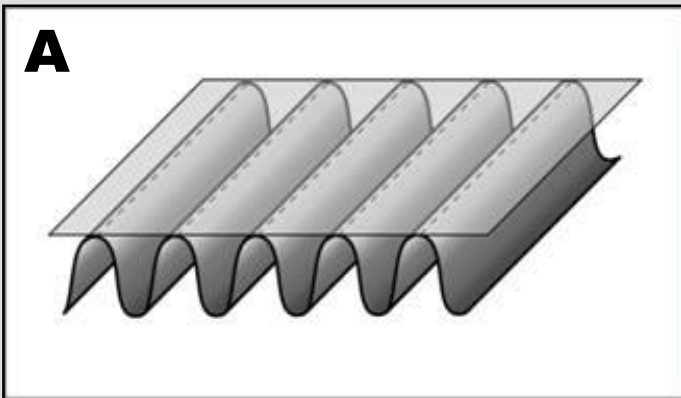
# Классификация СК по положению зеркала складчатости

**А – аклинорий** – зеркало складчатости расположено практически горизонтально;

**Б – моноклинорий** – зеркало складчатости наклонено в одну сторону;

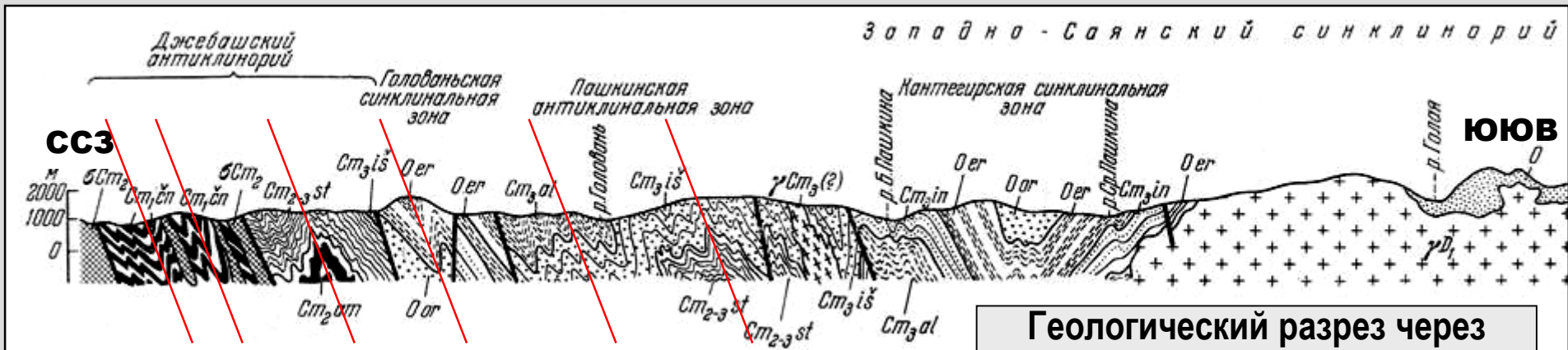
**В – синклинорий** – зеркало складчатости прогнуто вниз, в ядре СК выходят более молодые породы, чем в бортах;

**Г – антиклинорий** – зеркало складчатости выгнуто вверх, в ядре СК выходят более древние породы, чем в бортах.



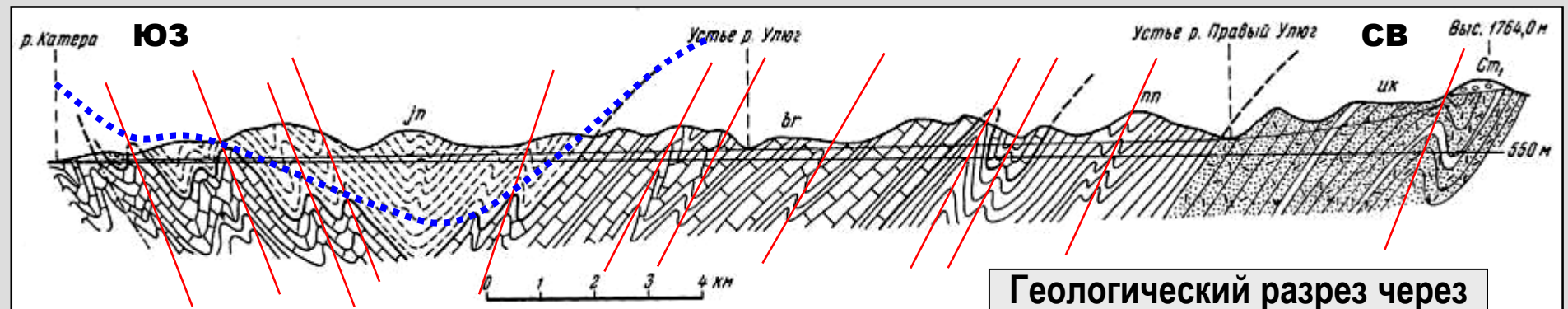
**ВВ!** В описании складчатых комплексов обычно сочетают обе классификации: "конвергентный синклинорий", "дивергентный антиклинорий" и т.д.

# Пример моновергентной складчатой зоны



Геологический разрез через Западно-Саянский синклинорий (по Л.П. Зоненшайну, 1963)

# Пример дивергентного синклинория



Геологический разрез через Северо-Муйский прогиб (по Л. И. Салопу)



# Примеры виргации складок и складчатых зон

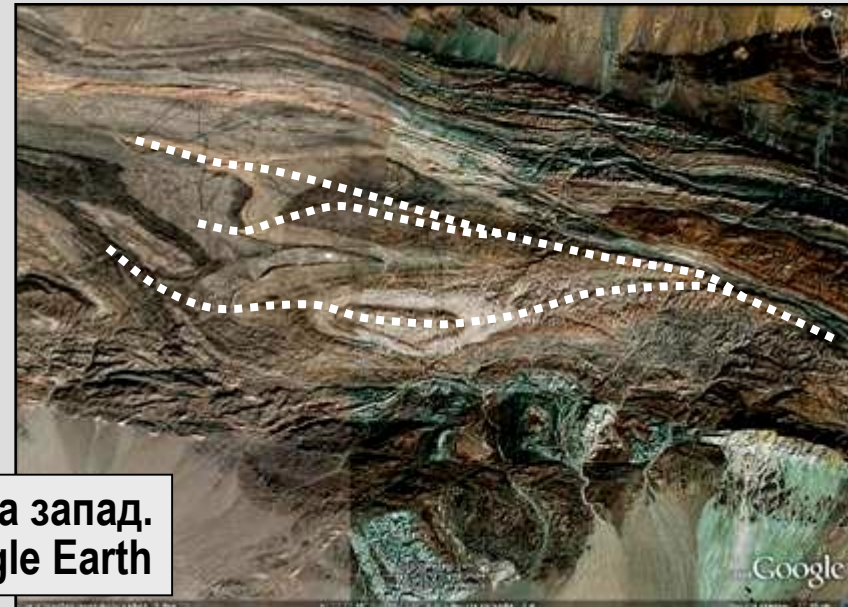
## Виргация

Синклинали, вигригующая на юго-восток. Австралия. Google Earth



Особый вид виргации "конский хвост".  
Таджикская депрессия.  
Google Earth

Синклинали, вигригующая на запад.  
Ю. Тянь-Шань. Китай. Google Earth

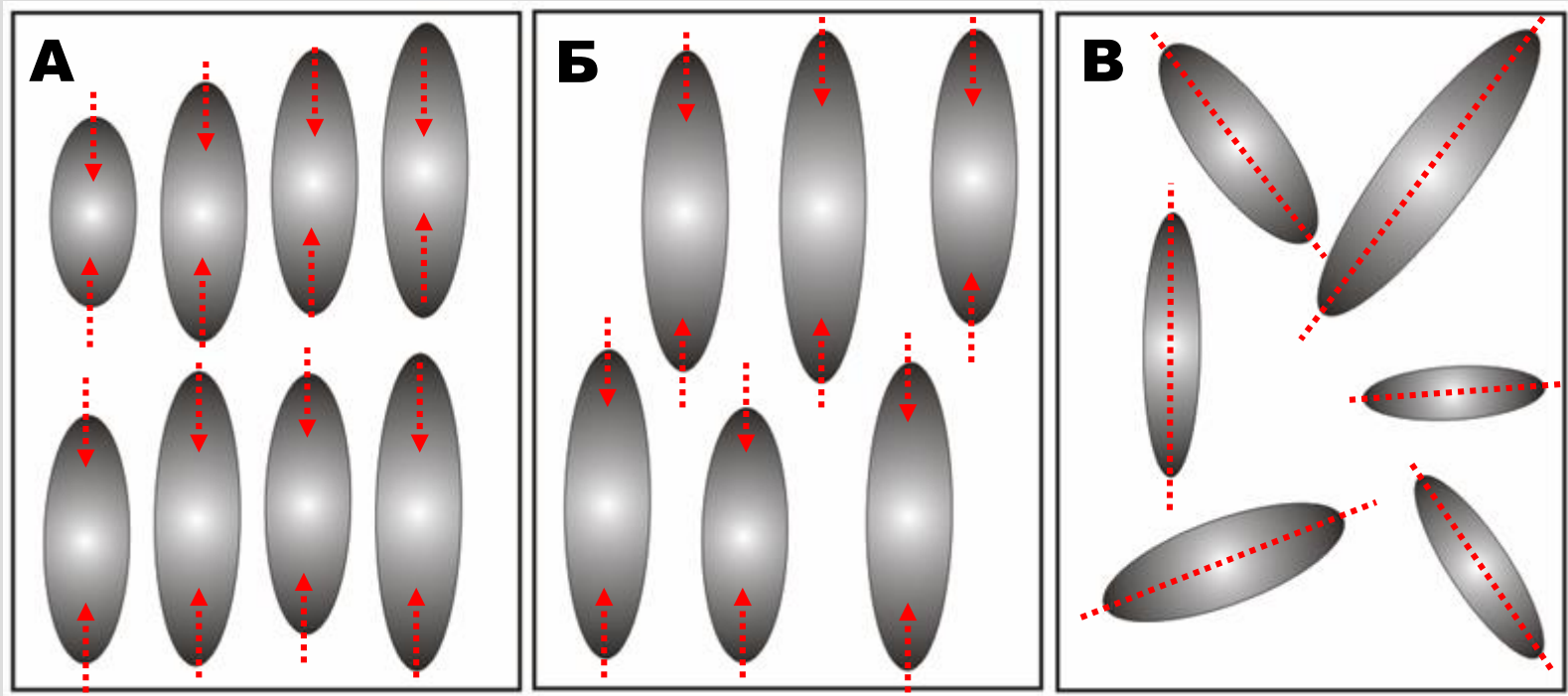


# Классификация СК по положению осей складок и ундуляции шарниров

**А – параллельная** – оси складок конформны друг другу, а шарниры соседних одноименных складок ундулируют одинаково, т.е. в одной фазе;

**Б – кулисная** – оси складок конформны друг другу, но шарниры соседних одноименных складок ундулируют в "противофазе";

**В – хаотическая** – оси складок ориентированы разнообразно.





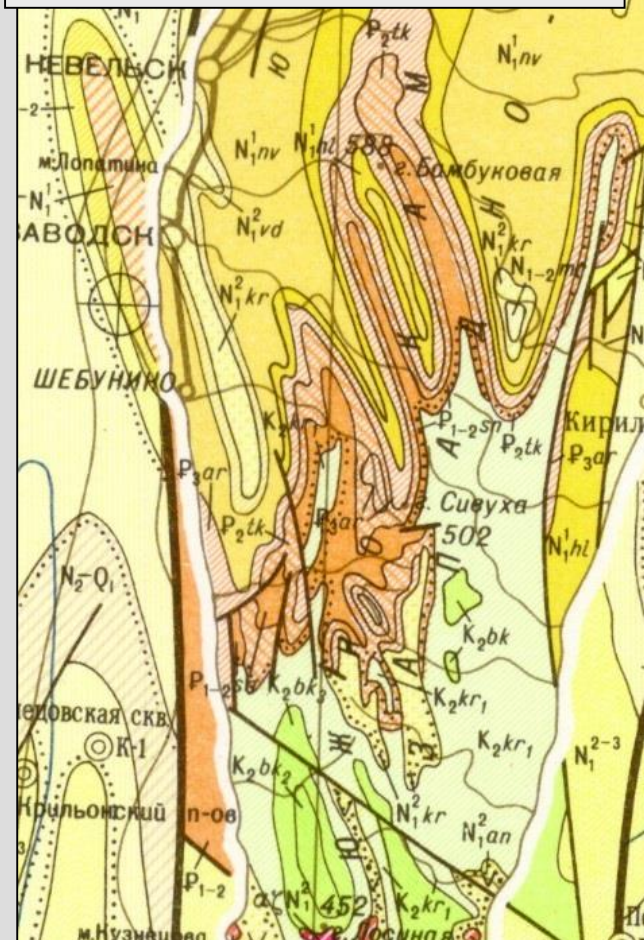




Кулисные складки.  
Хр. Макдоннелл.  
Ц. Австралия. Google Earth

Кулисные складки. Западно-  
Сахалинская зона. Сахалин.  
Госгеолкарта-1000

Кулисные складки. Карская  
зона. Госгеолкарта-200.  
М.А. Шишкин и др., 2015





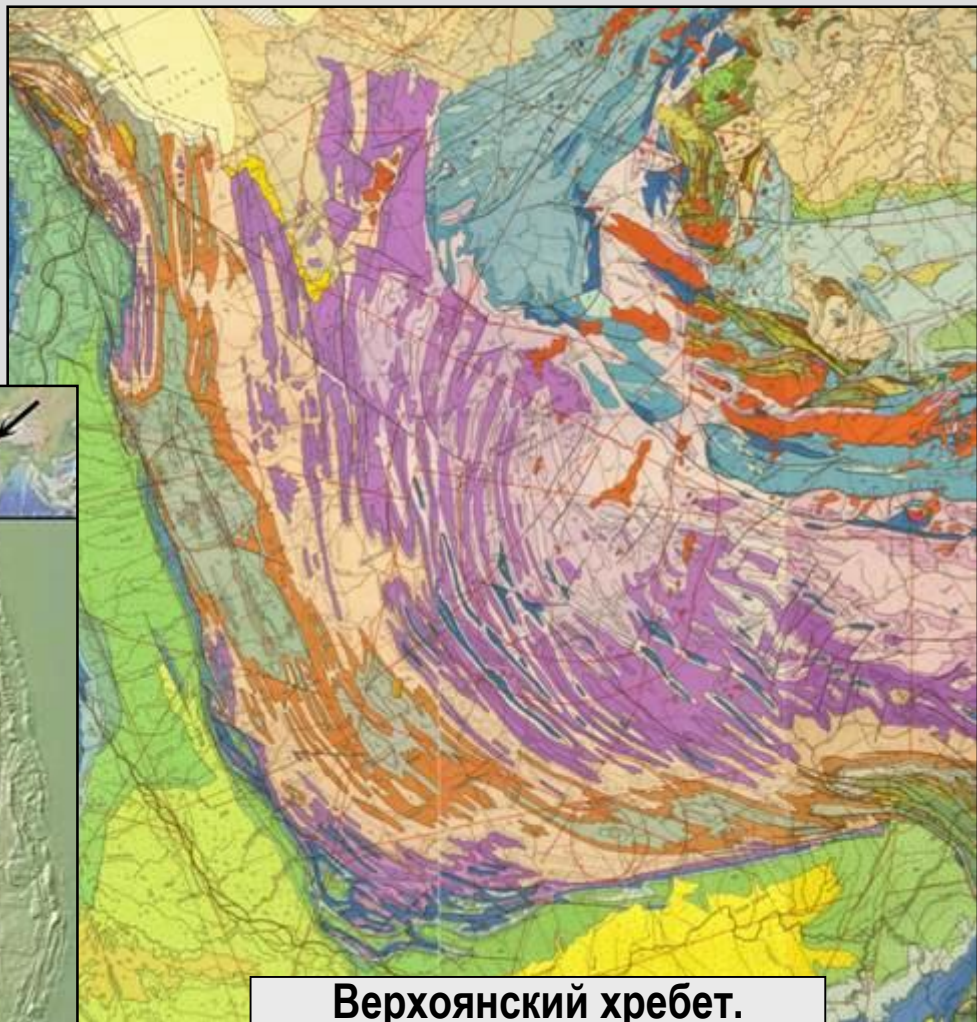


**Хаотичные складки.  
Аделаида. Австралия.  
Google Earth**



**Ороклин** [*orocline*] – изгиб крупной складчатой системы. Оси складок изогнуты конформно друг другу.

Сулеймановы Горы,  
северо-западнее  
Индостанской плиты



Верхоянский хребет.  
Геологическая карта СССР  
масштаба 1:2 500 000, 1983



# Классификация СК по заполнению пространства

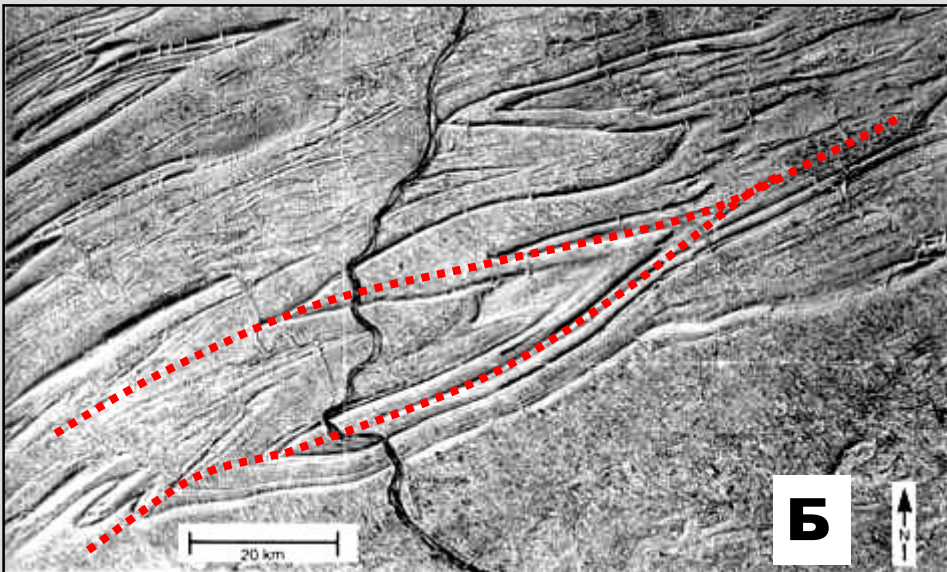
- **полная**, или **голоморфная** – весь блок земной коры "заполнен" складками;
- **промежуточная** – в пределах блока земной коры складчатость проявлена неравномерно, обычно этим термином обозначают гребневидную или килевидную складчатость;
- **прерывистая**, или **идиоморфная** – в пределах блока земной коры наблюдаются отдельные, не связанные между собой складки.

## Полная, или голоморфная складчатость





**Промежуточная складчатость** – в пределах блока земной коры складчатость проявлена неравномерно, обычно этим термином обозначают гребневидную или килевидную складчатость.



Гребневидная складчатость. Аппалачи.  
А – GoogleEarth; Б, В по Twiss, Moores, 2000

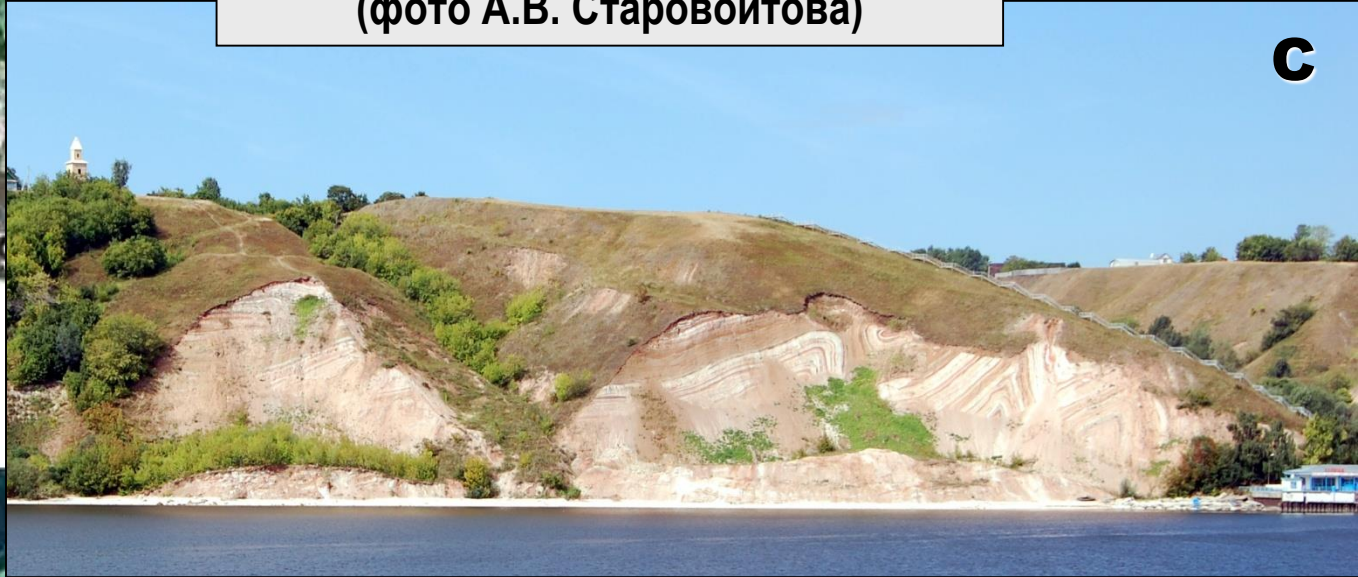
Каковы геометрические свойства этих складок в плане и в разрезе?



**Прерывистая складчатость** – в пределах блока земной коры наблюдаются отдельные, не связанные между собой складки



Берег Волги, район пристани Тетюши  
(фото А.В. Старовойтова)



**Наклонные и опрокинутые складки** северной вергентности в пермских отложениях Русской платформы. И выше, и ниже по течению Волги породы залегают **горизонтально**



**Прерывистая складчатость** – в пределах блока земной коры наблюдаются отдельные, не связанные между собой складки



пристани Тетюши  
(ровойтова)

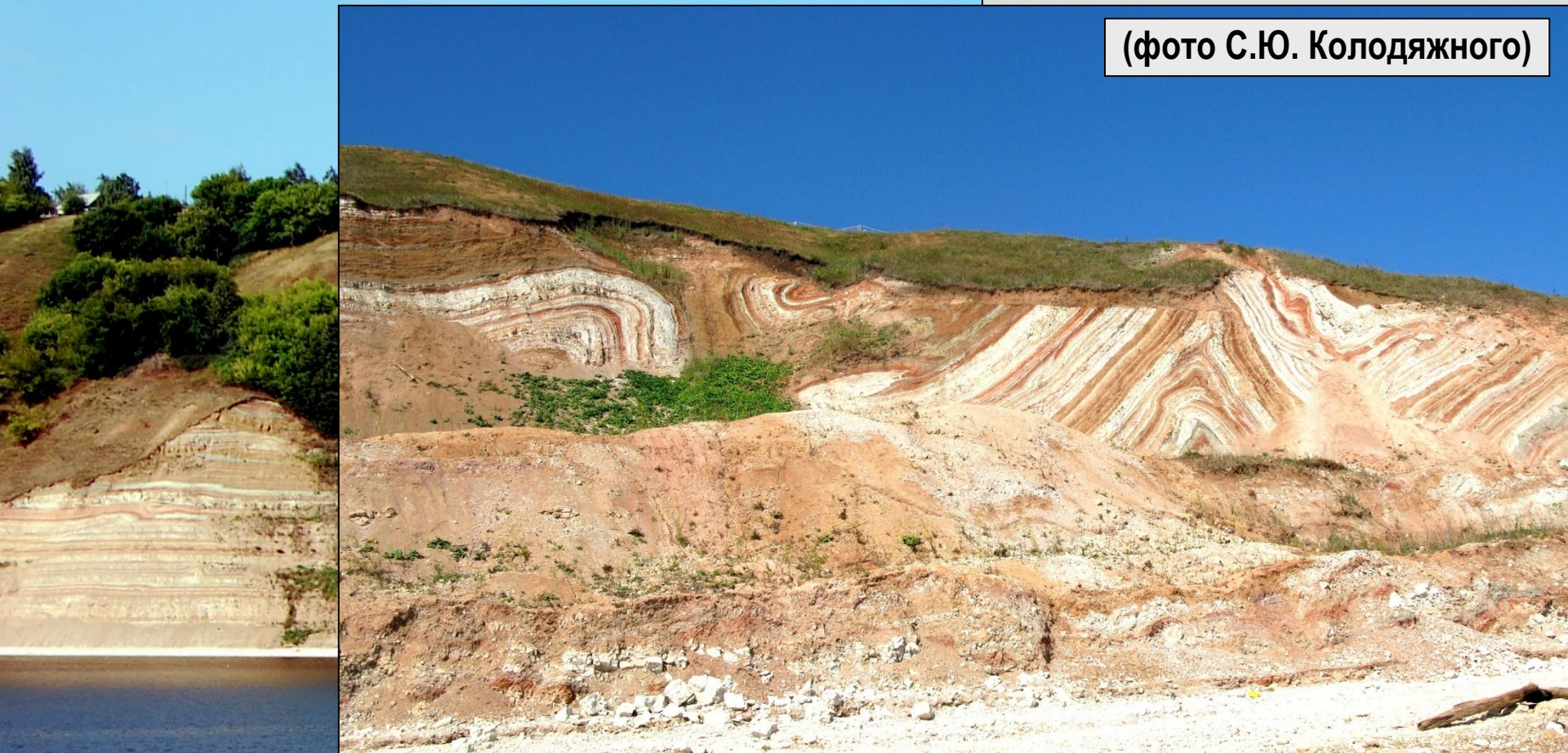


**Наклонные и опрокинутые складки** северной вергентности в пермских отложениях Русской платформы. И выше, и ниже по течению Волги породы залегают **горизонтально**



**Прерывистая складчатость** – в пределах блока земной коры наблюдаются отдельные, не связанные между собой складки

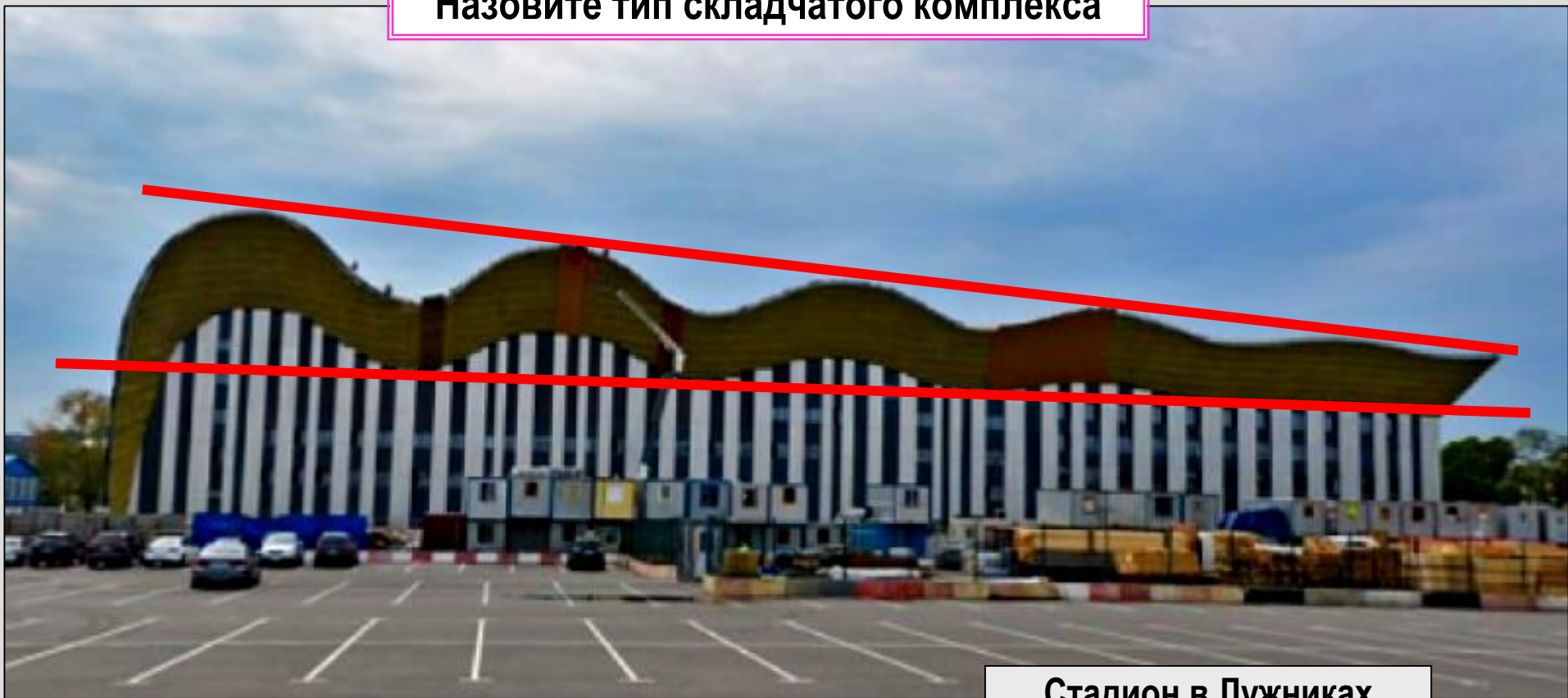
(фото С.Ю. Колодяжного)



**НВ!** Загадка природы!

**Наклонные и опрокинутые складки** северной вергентности в пермских отложениях Русской платформы. И выше, и ниже по течению Волги породы залегают **горизонтально**

Назовите тип складчатого комплекса

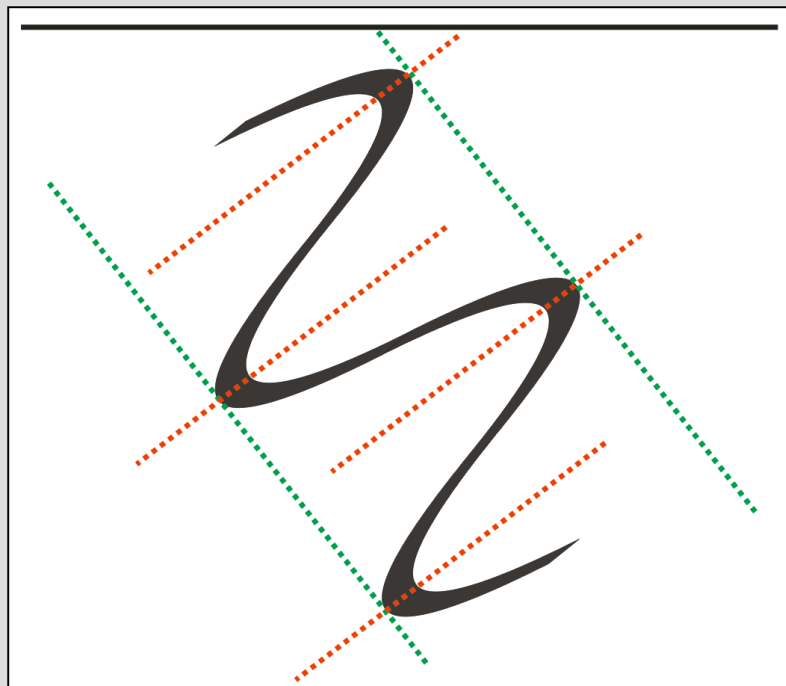


Стадион в Лужниках  
(фото Н.В. Правиковой)



**Бывают ли опрокинутые симметричные складки?**

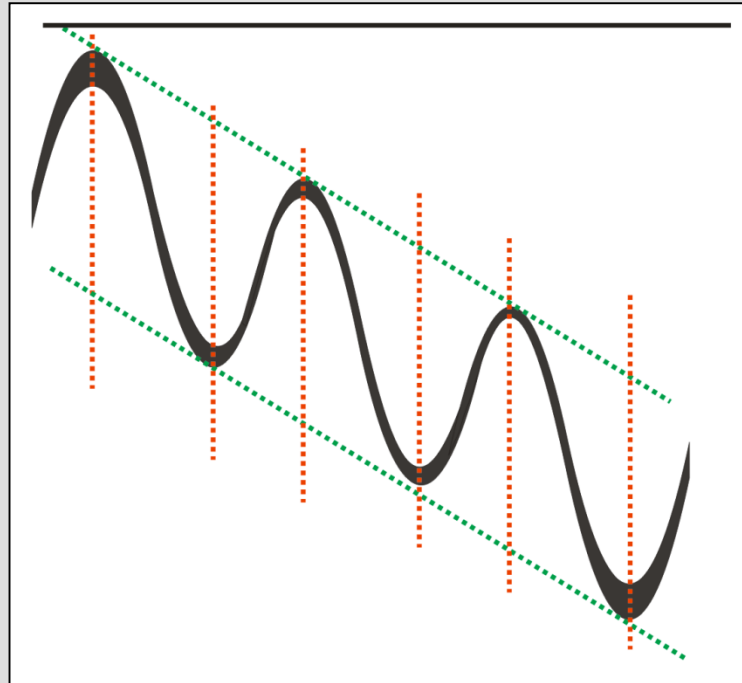
**Бывают ли опрокинутые симметричные складки?**





**Бывают ли прямые асимметричные складки?**

Бывают ли прямые асимметричные складки?



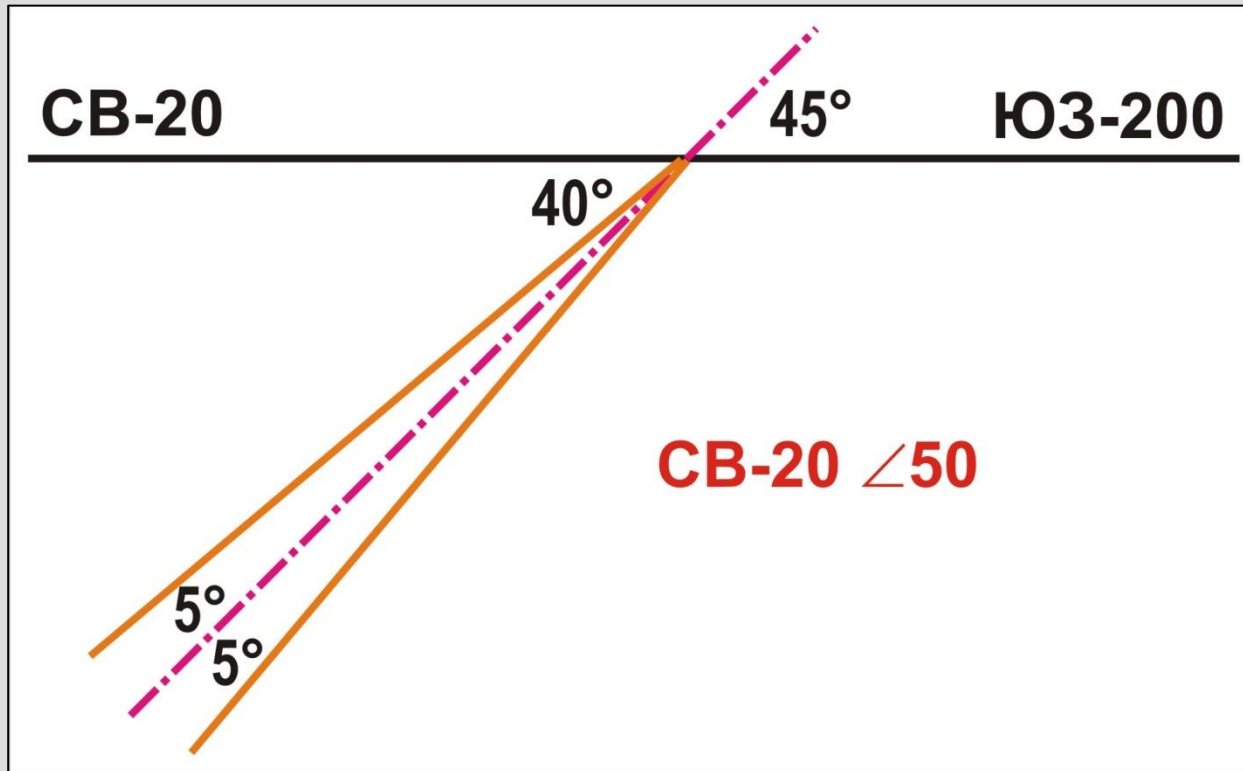


# Пять задач

1. Вергентность складчатой зоны ЮЗ-200  $\angle 45^\circ$ . Определите элементы залегания перевёрнутого крыла антиклинали, если известно, что нормальное крыло падает под углом  $40^\circ$ .

# Пять задач

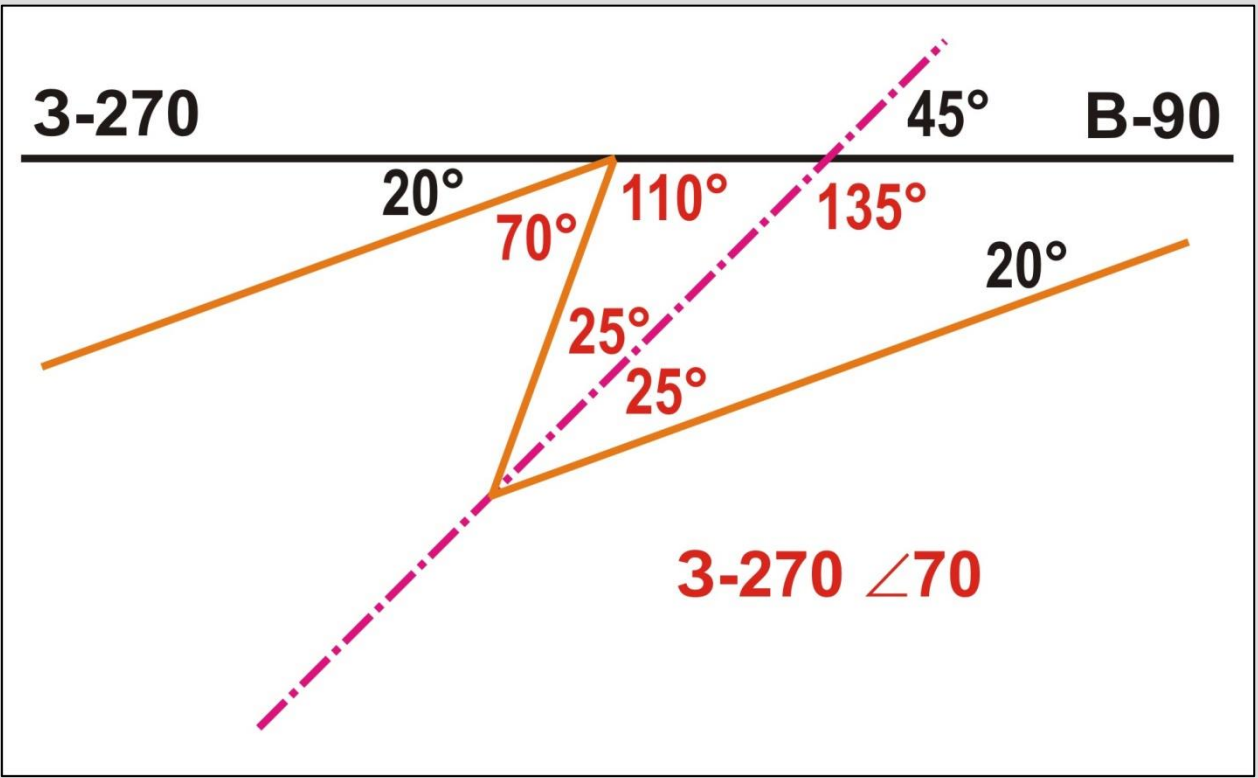
1. Вергентность складчатой зоны ЮЗ-200  $\angle 45^\circ$ . Определите элементы залегания перевёрнутого крыла антиклинали, если известно, что нормальное крыло падает под углом  $40^\circ$ .





2. Вергентность складчатой зоны В-90  $\angle 45^\circ$ . Найдите элементы залегания перевёрнутого крыла антиклинальной складки, если известно, что нормальное крыло смежной синклинали падает под углом  $20^\circ$ .

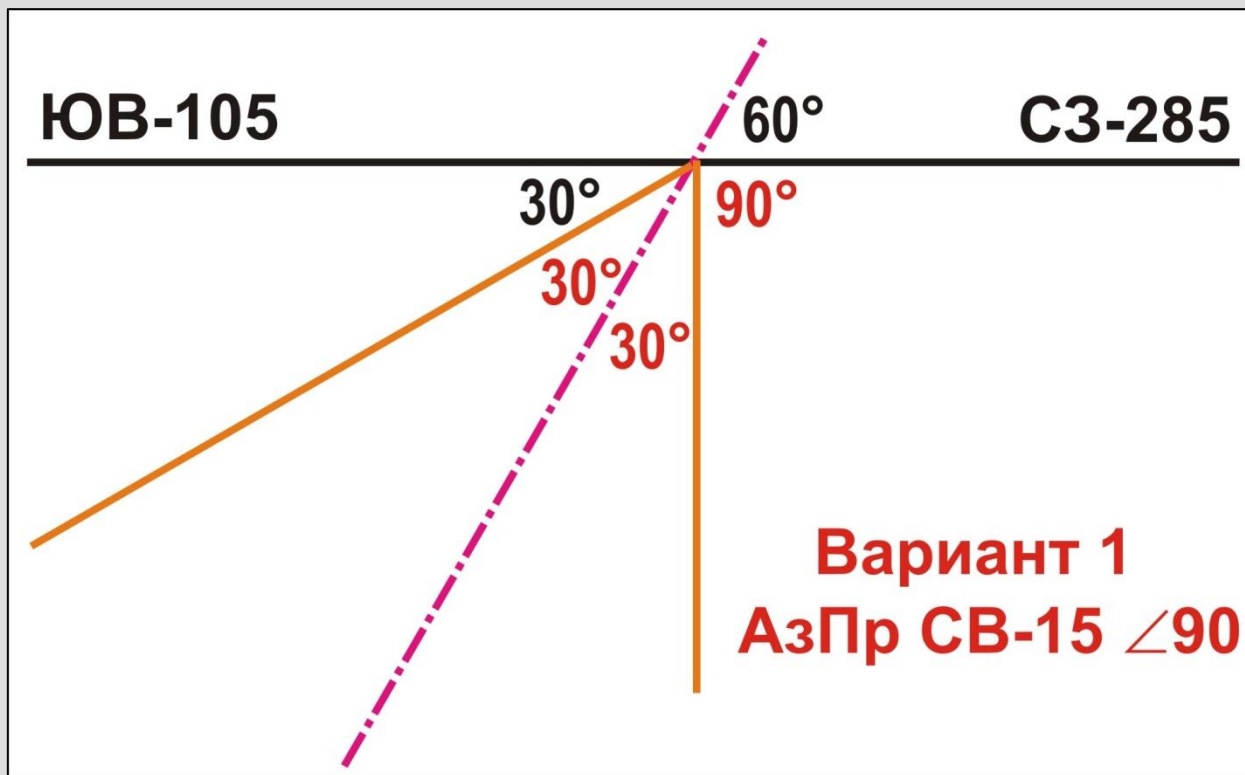
2. Вергентность складчатой зоны В-90  $\angle 45^\circ$ . Найдите элементы залегания перевёрнутого крыла антиклинальной складки, если известно, что нормальное крыло смежной синклинали падает под углом  $20^\circ$ .





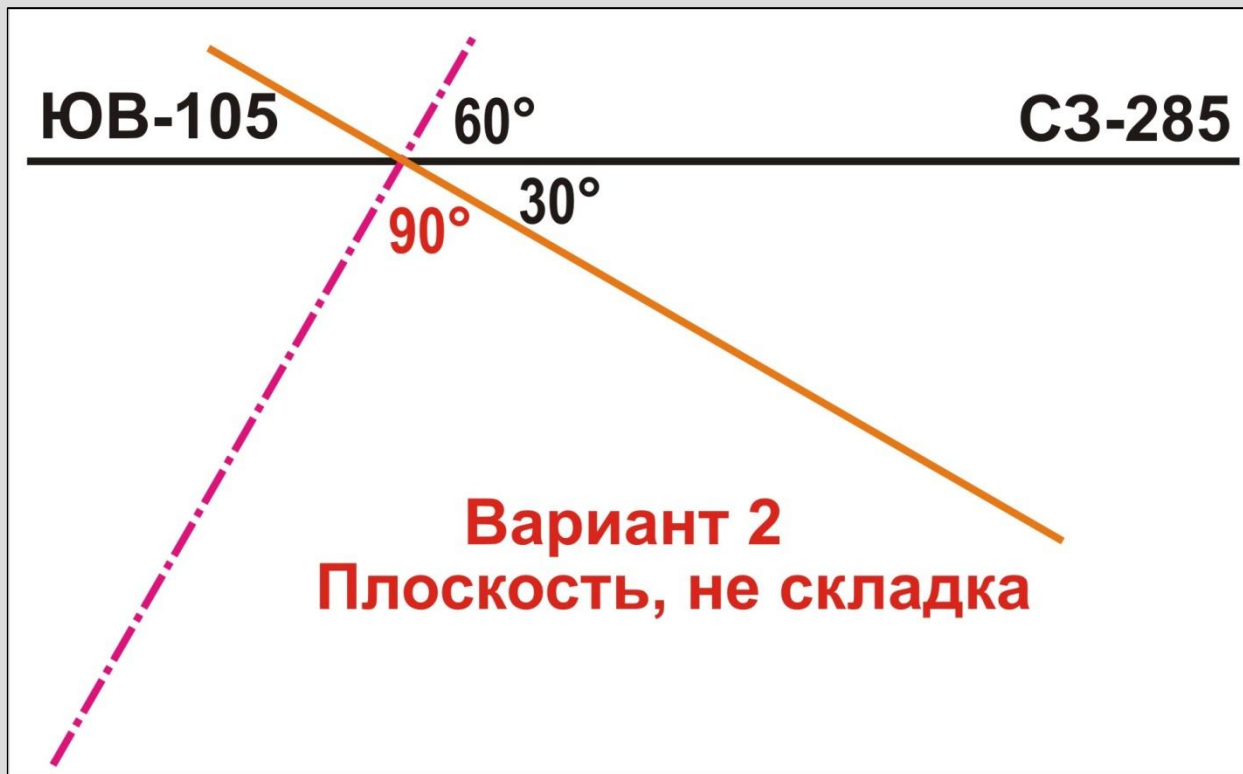
3. Вергентность складчатой зоны СЗ-285  $\angle 60^\circ$ , одно из крыльев складки падает под углом  $30^\circ$ . Определить элементы залегания другого крыла

3. Вергентность складчатой зоны СЗ-285  $\angle 60^\circ$ , одно из крыльев складки падает под углом  $30^\circ$ . Определить элементы залегания другого крыла





3. Вергентность складчатой зоны СЗ-285  $\angle 60^\circ$ , одно из крыльев складки падает под углом  $30^\circ$ . Определить элементы залегания другого крыла



4. В опрокинутых складках восточной части меридиональной дивергентной складчатой зоны углы наклона крыльев  $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Определите элементы залегания осевых поверхностей в западной части зоны при условии, что она симметрична

**B-90  $\angle$ 45**



5. В наклонных складках северной части широтной конвергентной складчатой зоны углы наклона крыльев  $30^\circ$  и  $70^\circ$ . Определите элементы залегания осевых поверхностей в южной части зоны, если известно, что углы наклона крыльев такие же, но складки опрокинутые

**Ю-180  $\angle$ 50**