

Структурная геология

Лекция 6



«Складки» –
нарушения первичного залегания пород без
разрыва их сплошности

При подготовке этой, предыдущих и последующих лекций использованы материалы полных курсов «Структурная геология» РГУ НиГ и Геологического факультета МГУ (подготовленные Л.В.Милосердовой и Ал.В.Тевелевым, соответственно)

Характер залегания слоев (пластов) и слоистых образований

- **Ненарушенное** – горизонтальное и наклонное;
Нарушение первичного залегания пород **без разрыва их сплошности**
- **Нарушенное** – **моноклиналильное, складчатое, нарушенное разломами**
Нарушение первичного залегания пород **с разрывом их сплошности**

Типы нарушений (по форме проявления) – дизъюнктивные (**разрывные**) и пликативные (**складчатые**).

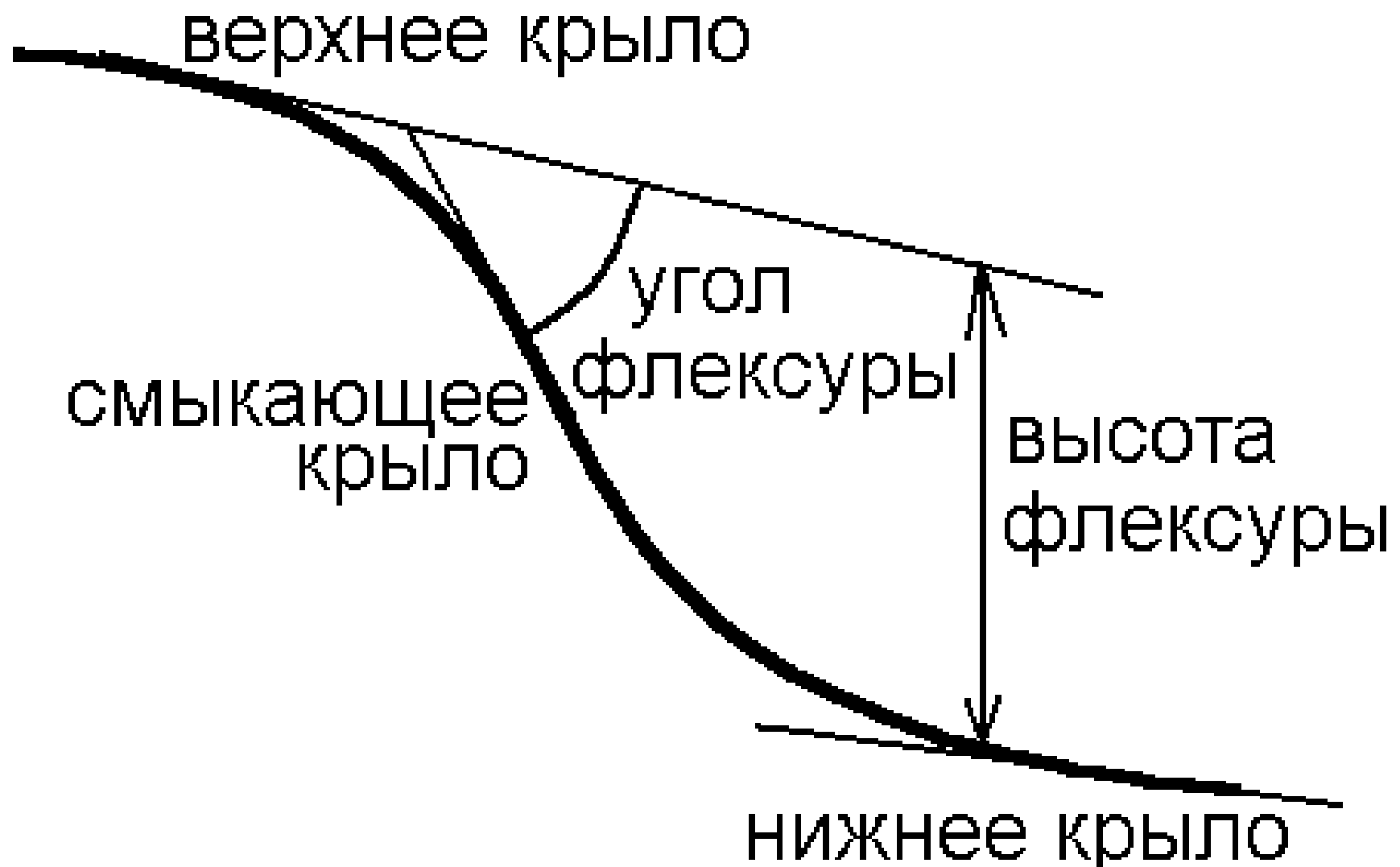
Нарушение первичного залегания пород **без разрыва** их сплошности

- **Флексура** — коленообразный изгиб горизонтально и/или моноклинально залегающих пластов без разрыва их сплошности.
- **Структурный нос, структурный залив, структурное седло (седловина)** — полузамкнутые структуры пластов без разрыва их сплошности.
- **Складка** — замкнутая структурная форма, представляющая собой волнообразный изгиб слоев без разрыва их сплошности;

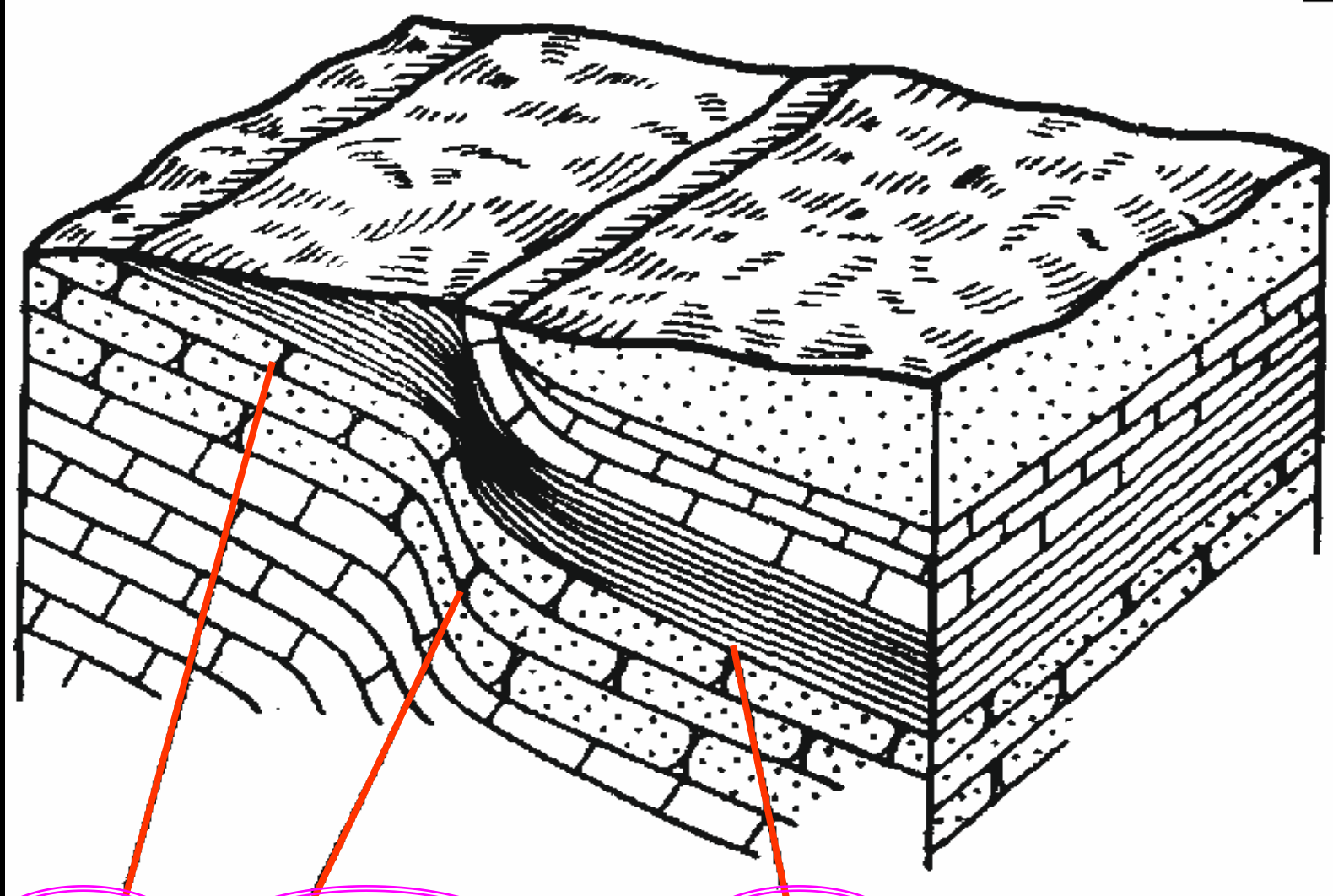
Флексура – коленообразный изгиб горизонтально и/или моноклинально залегающих пластов



Геометрические элементы флексуры (на разрезе)



Геометрические элементы флексуры (на блок-диаграмме)



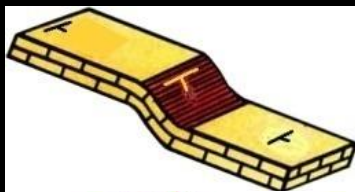
Верхнее
крыло

Смыкающее
(соединительное)
крыло

Нижнее
крыло

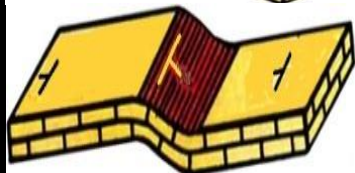
Морфологическая классификация флексур

Согласная



крылья падают в одну сторону

Несогласная



крылья падают в разные стороны

Структурная
терраса



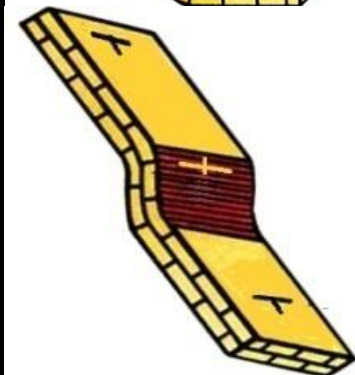
смыкающее крыло горизонтально

Горизон-
тальная



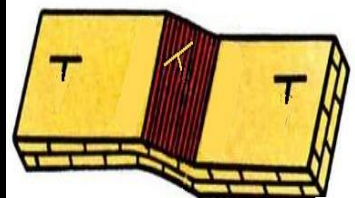
верхнее и нижнее крылья
горизонтальны

Вертикальная



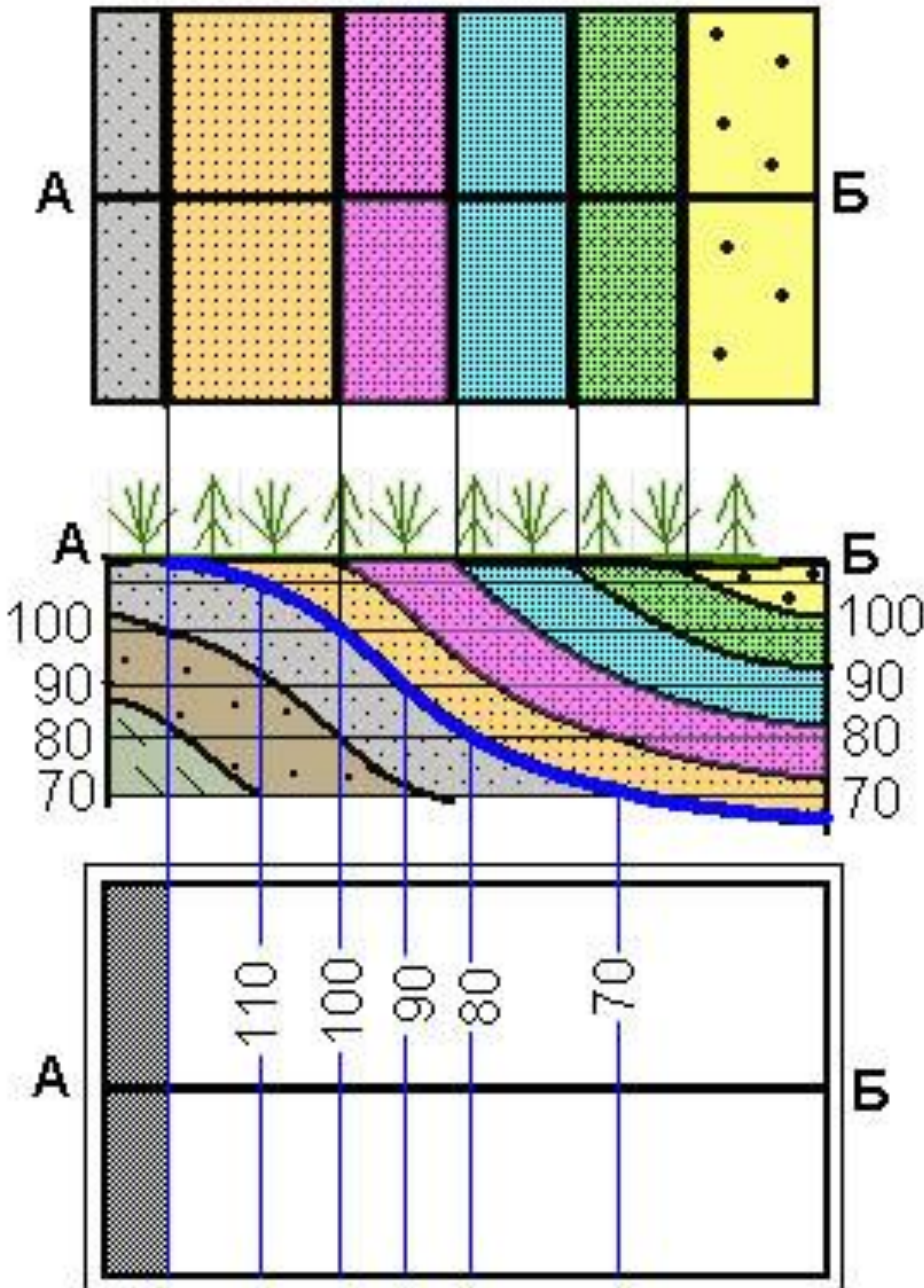
смыкающее крыло вертикально

Наклонная



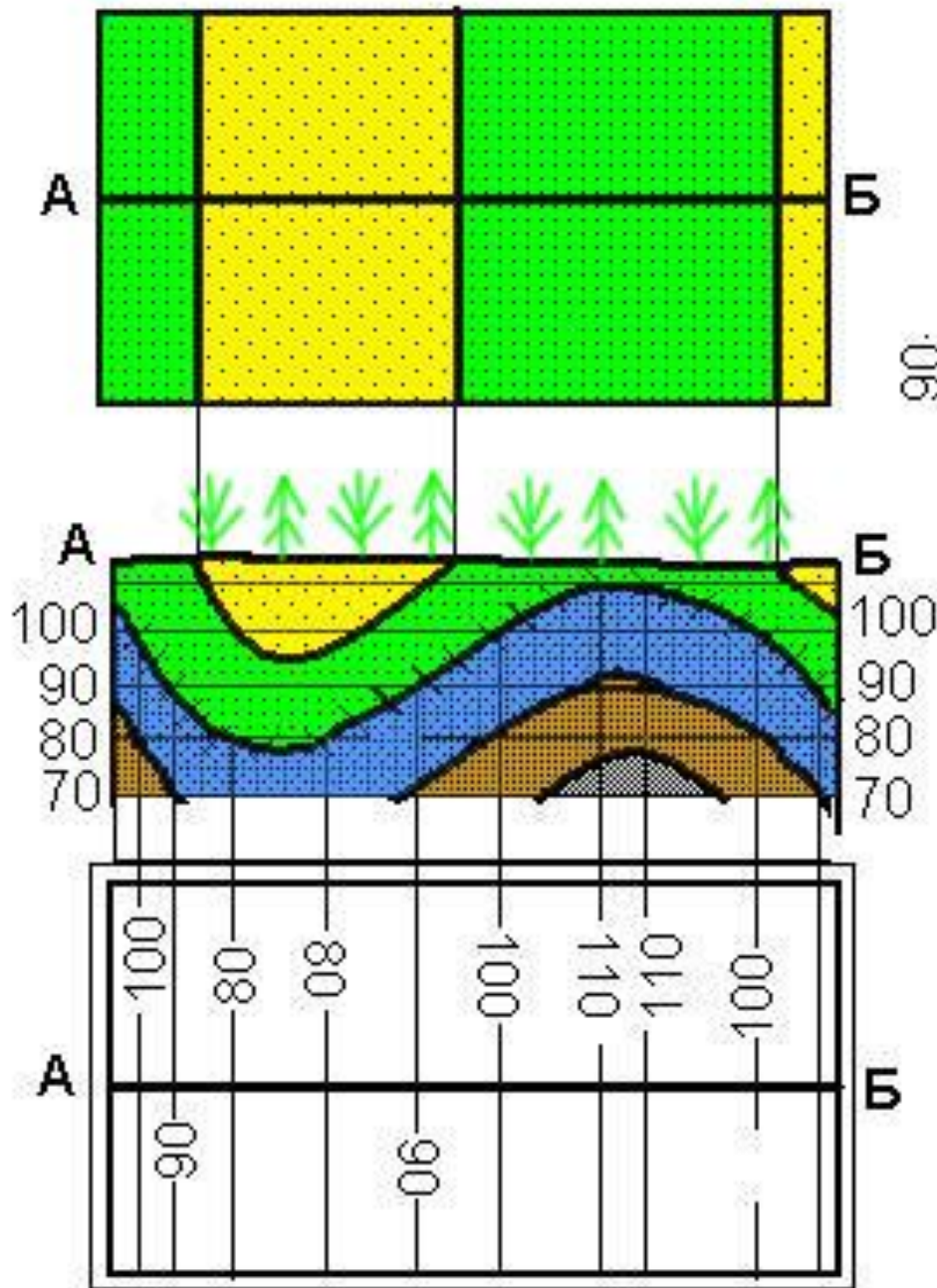
крылья наклонны

Изображение
флексур на
разрезе,
структурной и
геологической
картах



**Согласная
флексура**

Несогласная флексура



Окончание флексуры

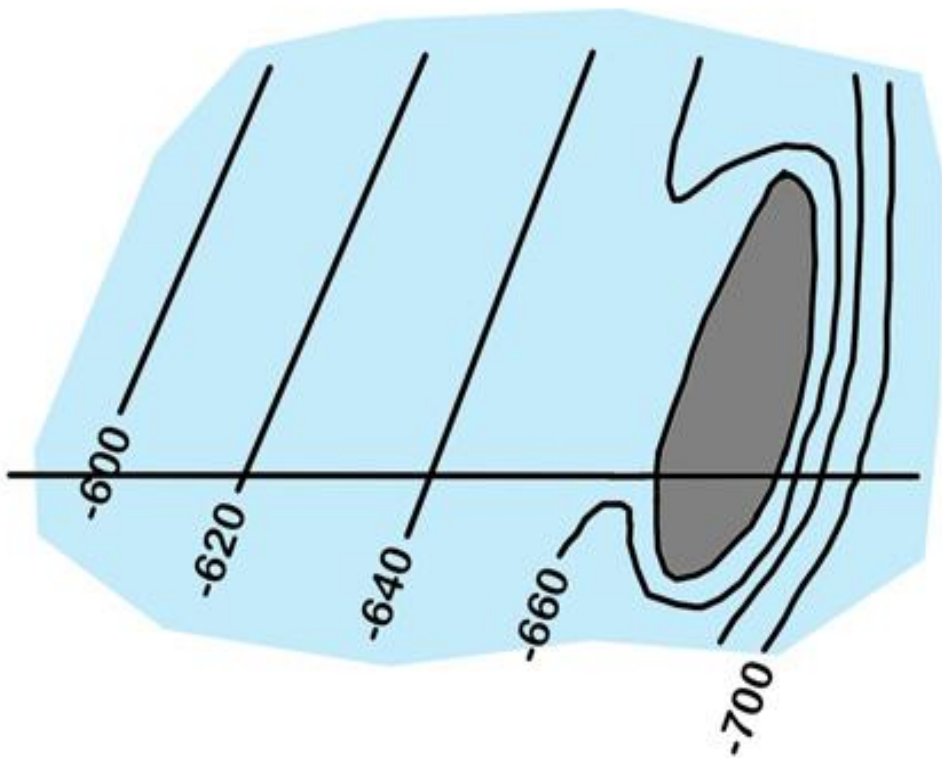
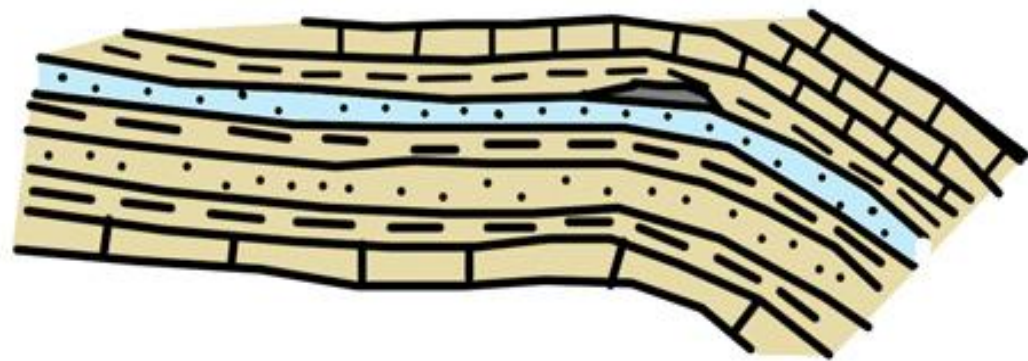
«затухание»



«переходит»
в разлом



Значение флексур для нефтегазовой геологии



Пока все понятно ?

Проверим !

Как называется эта (такая) структурная форма

А какая это флексура?

Горизонтальная флексура с вертикальным (круто залегающим) смыкающим крылом

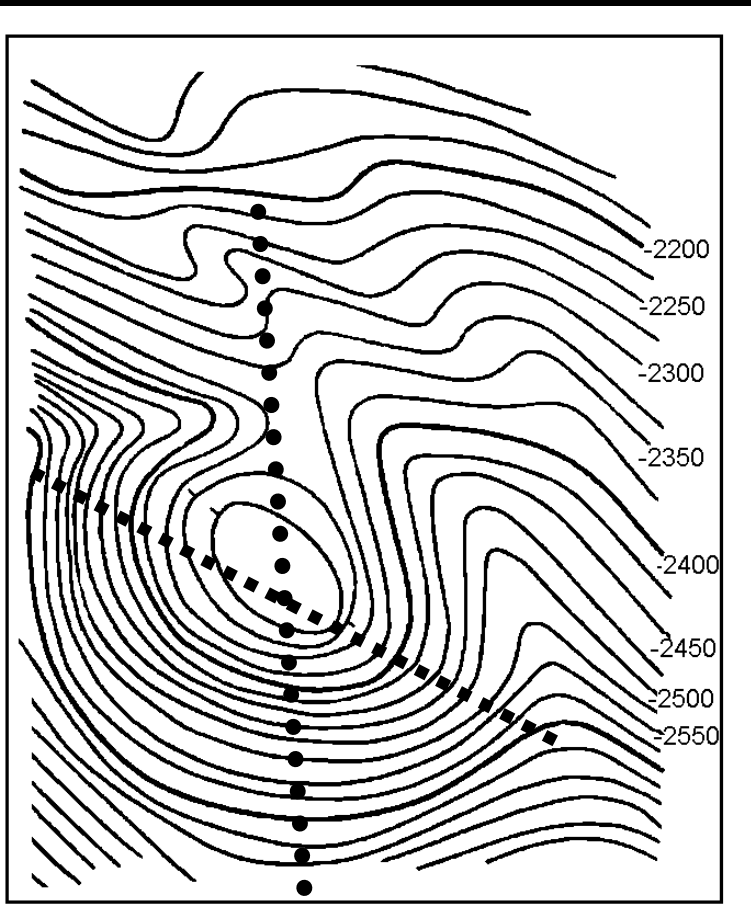


Это флексура

Нарушение первичного залегания пород без разрыва их сплошности

- **Флексура** — коленообразный изгиб горизонтально и/или моноклиinallyно залегающих пластов без разрыва их сплошности;
- **Структурный нос, структурный залив, структурное седло (седловина)** — полузамкнутые структуры пластов без разрыва их сплошности;
- **Складка** — замкнутая структурная форма, представляющая собой волнообразный изгиб слоев без разрыва их сплошности..

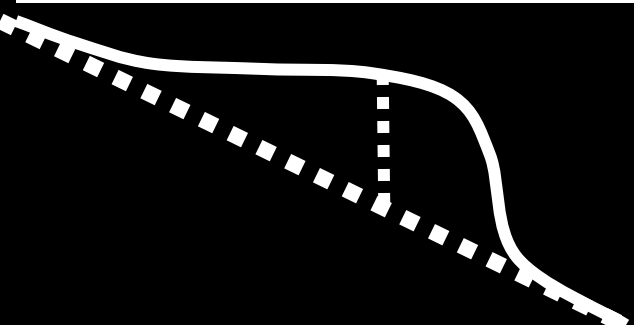
Структурный нос – антиклинальное осложнение моноклинали



Длина структурного носа – длина прямой, проведенной вкrest простирания стратоизогипс и соединяющей точки на самых ближних друг к другу неизогнутых стратоизогипсах.

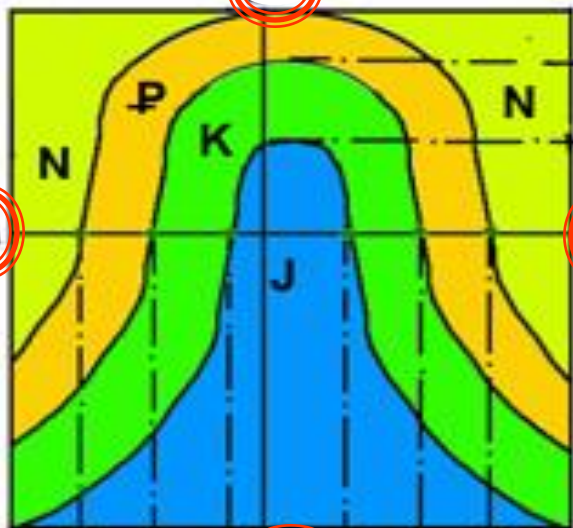
Ширина структурного носа – длина прямой, соединяющей точки на самой верхней не изогнутой стратоизогипсе.

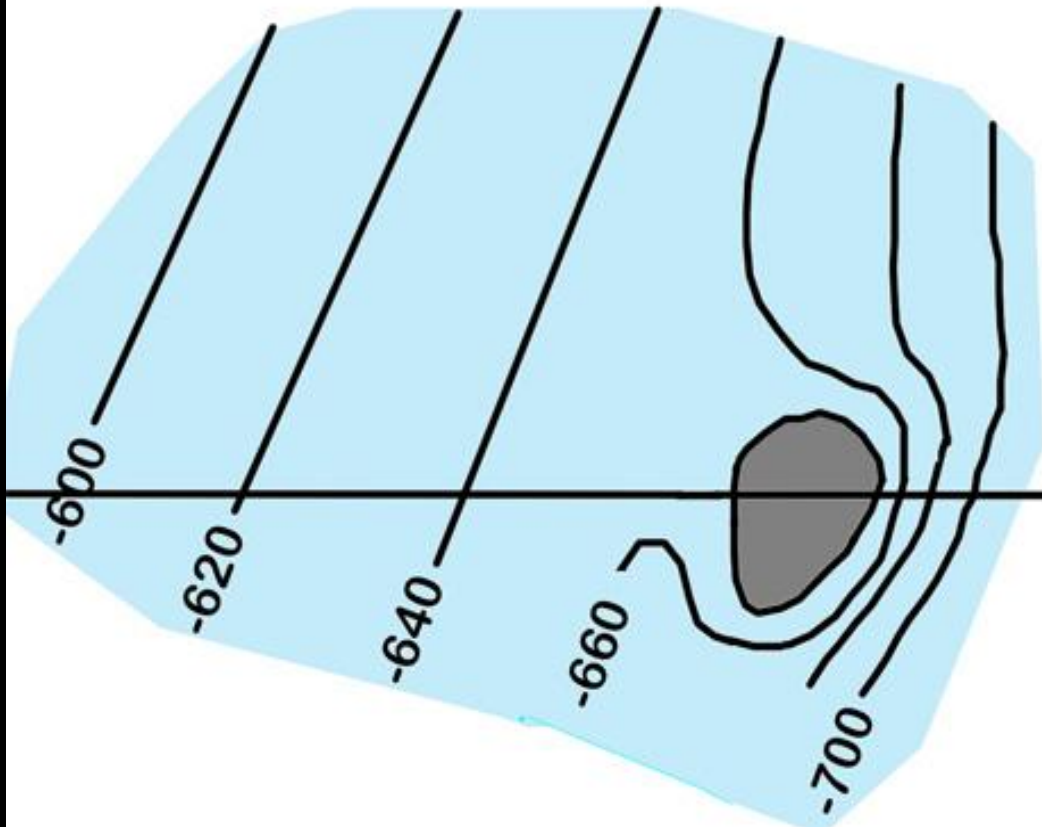
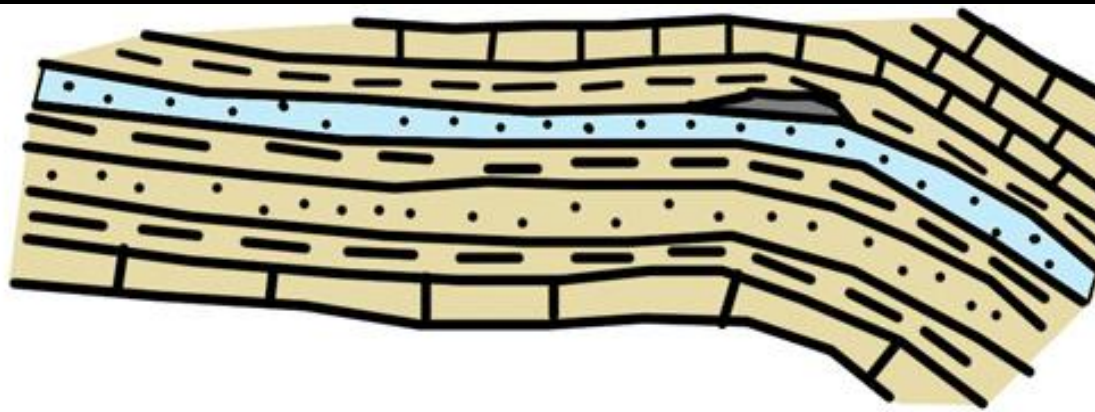
Высота структурного носа – максимальное расстояние по вертикали между самой высокой точкой и той начальной наклонной поверхностью, осложнением которой является структурный нос.



Изображение структурного носа на разрезах, геологической и структурной картах

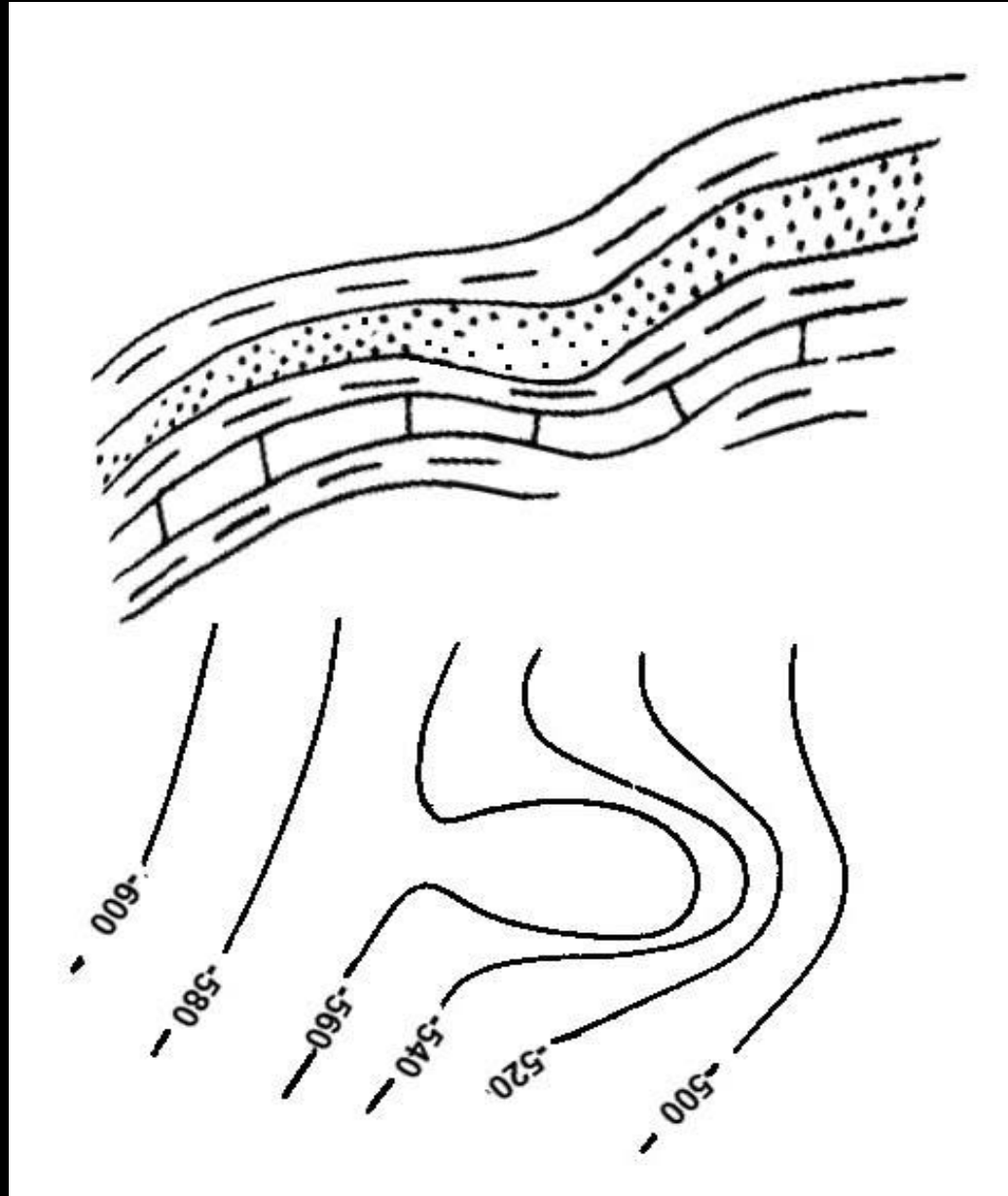
Геологическая карта





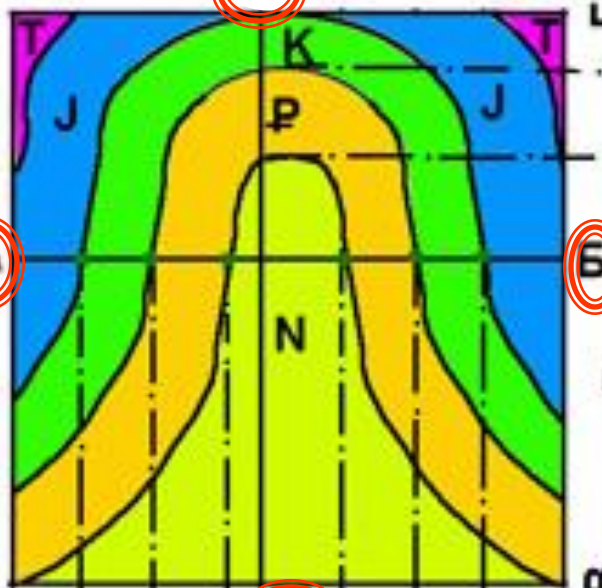
Со структурными
носами часто,
связанны
скопления
углеводородных
флюидов (газа,
газоконденсата,
нефти)

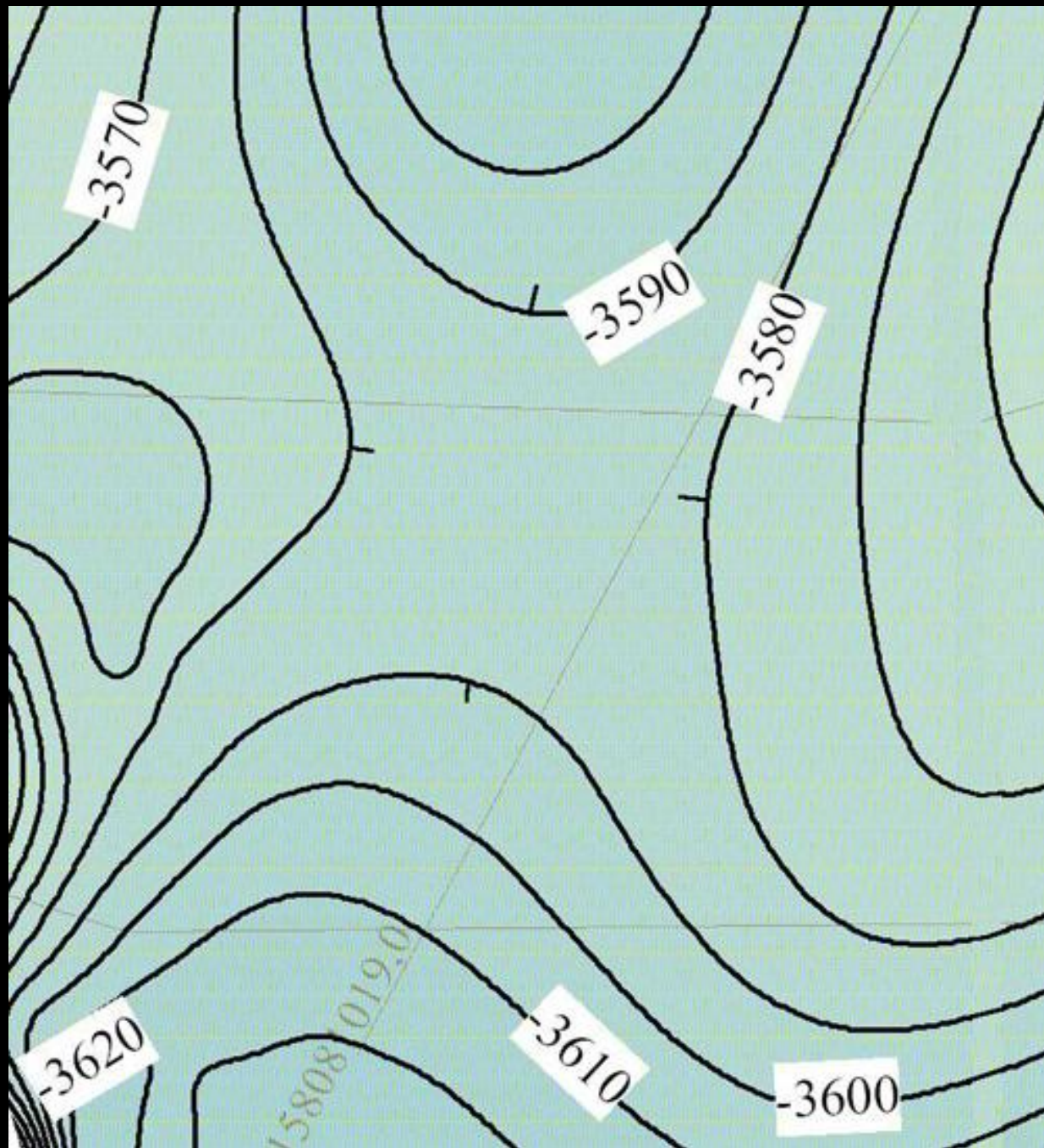
Структурный залив



Изображение структурного залива на разрезах, геологической и структурной картах

Геологическая карта

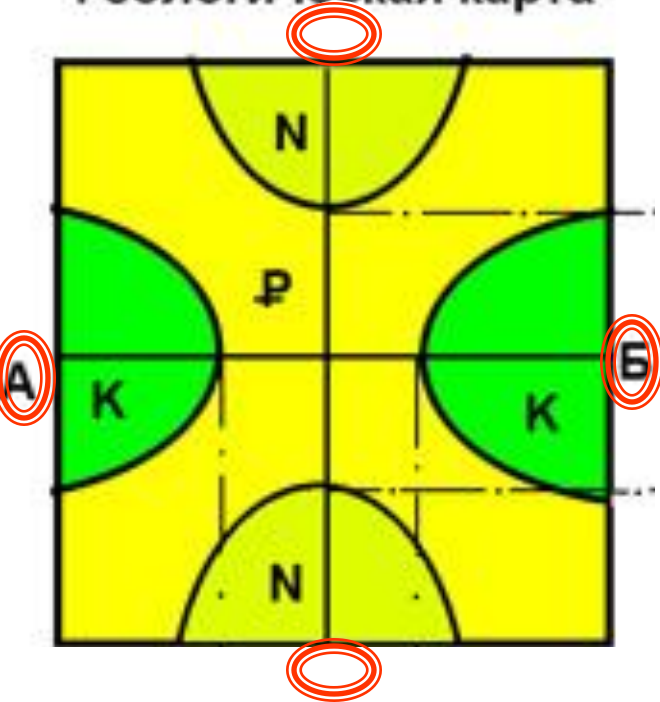




Седло
(седловина)

Изображение структурного седла на геологической и структурной картах и разрезах

Геологическая карта



Нарушение первичного залегания пород без разрыва их сплошности

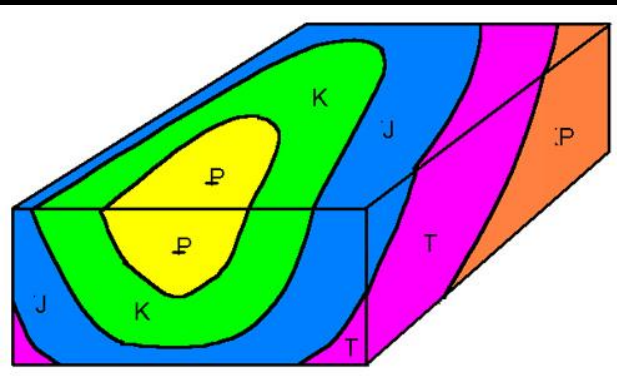
- **Флексура** — коленообразный изгиб горизонтально и/или моноклинально залегающих пластов без разрыва их сплошности;
- **Структурный нос, структурный залив, структурное седло (седловина)** — полузамкнутые структуры пластов без разрыва их сплошности;
- **Складка** — замкнутая структурная форма, представляющая собой волнообразный изгиб слоев без разрыва их сплошности.

Складки и складчатое залегание слоистых комплексов

Складки – замкнутые
структурные формы,
представляющие собой
волнообразные изгибы
слоев

Другие определения понятия – «складка»

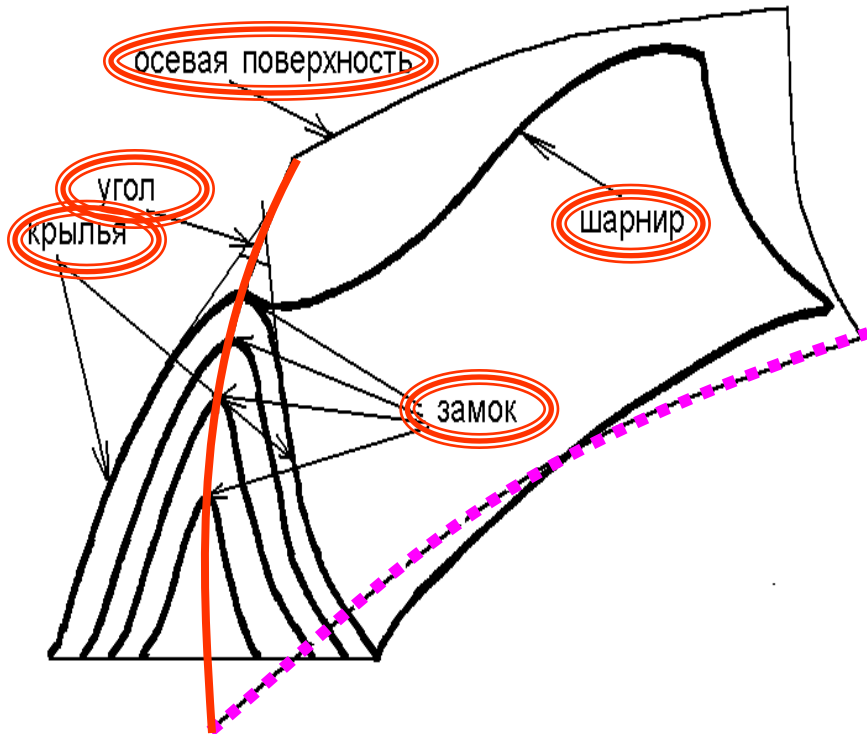
- **Складки** – сводообразные изгибы слоев и вообще пород, слагающих земную кору (Ф.Ю. Левинсон-Лессинг в словаре Ф.А. Брокгауза и И.А. Эфрона, 1890–1907);
- **Складка** – изгиб в слоях, пластах земной коры (*Толковый словарь Д.Н.Ушакова, 1935*);
- **Складка** – изгиб слоя без разрыва его сплошности (*Общая геология, Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова, 1991*);
- **Складка** – волнообразный изгиб слоев горных пород (*Геовикипедия*);
- **Складка** – изгиб существовавшей ранее поверхности, чаще всего – стратиграфической (*Введение в структурную геологию*", Э.У. Спенсер, 1981).



Складки это трехмерные структуры (структурные формы) поэтому при их классификации и описании учитывают:

- «объемную геометрия» складок,
- ориентировку складок и их **элементов** в пространстве.

Геометрические элементы складки



Крылья складки – боковые моноклиналильные части складки;

Замок складки – часть складки в месте перегиба крыльев;

Граница между замком складки и её крылом условна!

Угол складки – угол, образованный поверхностями (линиями) на продолжении крыльев

Осевая поверхность складки – поверхность, проходящая через замки складки в разных ее частях.

Шарнир складки – линия пересечения осевой поверхности и поверхности напластования слоев, образующих складку.

Ось складки (на карте) – проекция шарнира на дневную поверхность (на горизонтальную плоскость).

Ось складки (на разрезе) – след осевой плоскости на плоскости разреза.

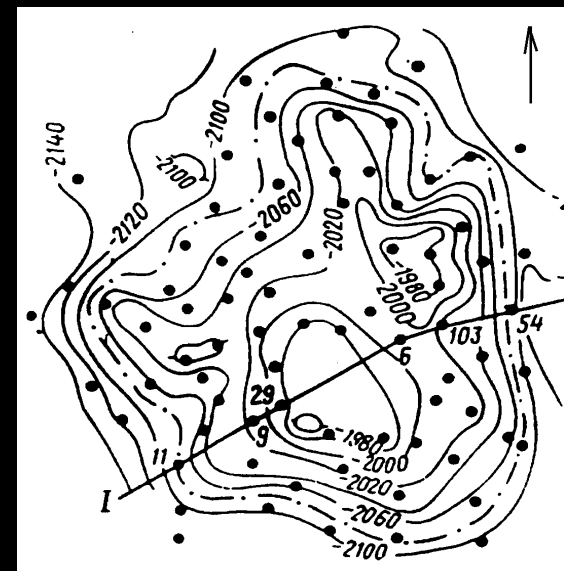
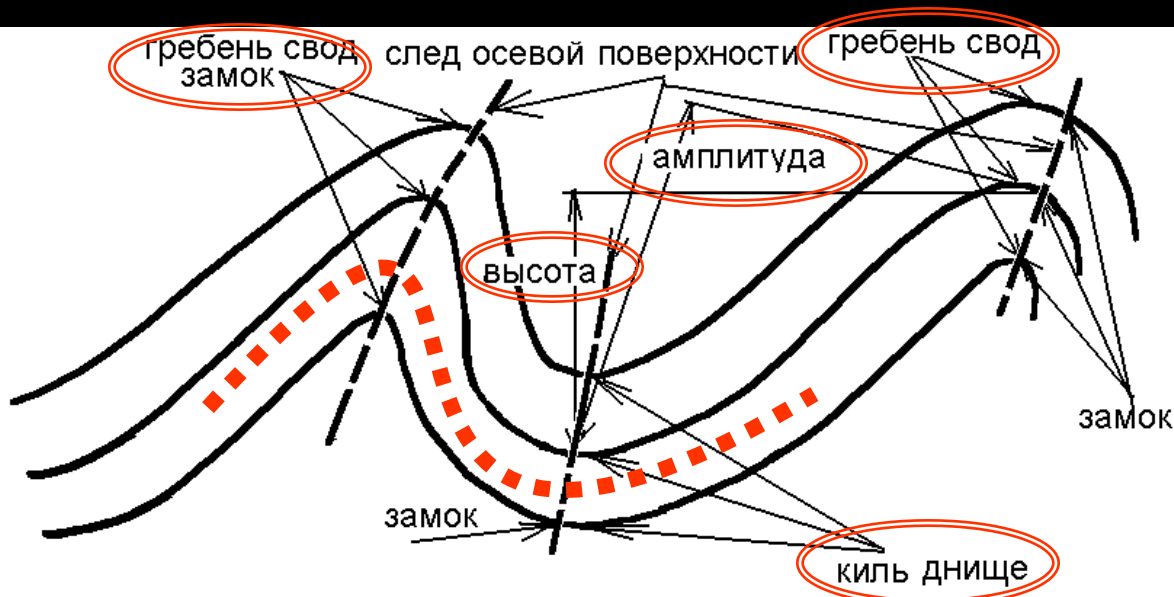
Геометрические элементы складок

Гребень (свод) складки – самая высокая часть складки.

Днище (киль) складки – самая низкая часть складки.

Амплитуда складки – расстояние по перпендикуляру вкрест простирания складки между сводом антиклинали и килем смежной (сопряженной) с нею синклинали по одному слою.

Высота складки – то же, но по вертикали.

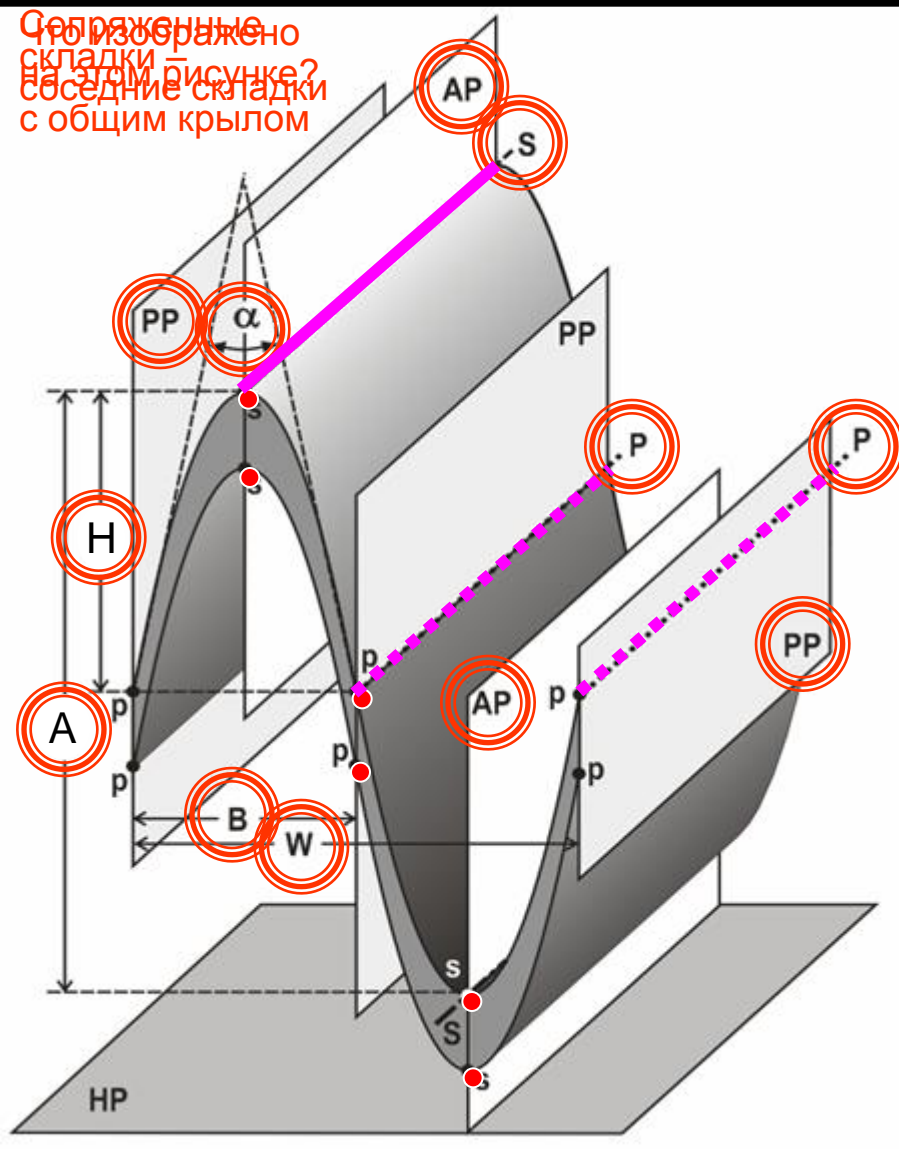


Для **одиночной** складки ее амплитуда – это разница абс. отметок между самой высокой и самой низкой замкнутой стратоизогипсой.

Сопряженные складки – соседние складки с общим крылом

Еще раз о геометрических элементах складки

Сопровождение складки на этом рисунке? соседние складки с общим крылом



Шарнир (**S**) – линия на поверхности пласта, проходящая через все шарнирные точки (точки «s» – на предыдущем слайде) одной складки.

Осевая поверхность (**AP**) – поверхность, проходящая через все шарниры одной складки

Линия перегиба (**P**) – линия на поверхности пласта, проходящая через все точки перегиба (точки «р» – на предыдущем слайде) на одном крыле складки.

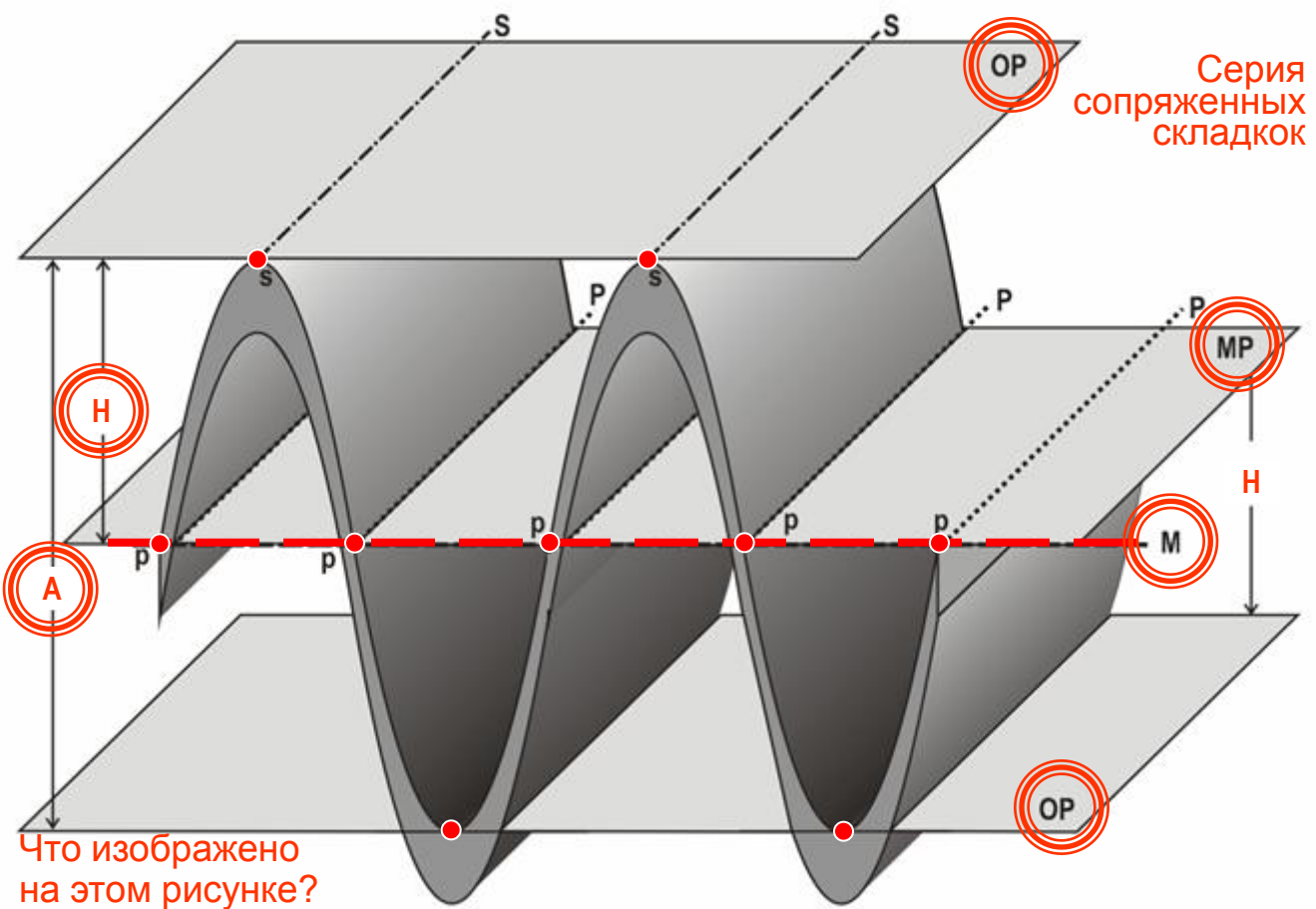
Поверхность перегиба (**PP**) – поверхность, проходящая через все линии перегиба одного крыла складки.

Угол складки (α) – плоский угол между крыльями складки.

Ширина (полуволна) складки (**B**) – кратчайшее расстояние между соседними поверхностями перегиба.

Длина волны складки (**W**) – суммарная ширина 2-х сопряженных складок
Высота складки (**H**). Амплитуда сопряженных складок (**A**).

Еще раз о геометрических элементах складки (продолжение)



Серия сопряженных складок

Срединная линия (M) – линия в поперечном сечении складки, проходящая через все точки перегиба одного пласта сопряженных (смежных) складок.

Срединная поверхность (MP) – поверхность, проходящая через все соседние линии перегиба одного пласта смежных складок.

Огибающая поверхность или "зеркало складчатости" (OP) – поверхность, проходящая через все шарниры одного пласта в складках с одинаковым направлением изгиба.

Амплитуда (A) – кратчайшее расстояние между огибающими поверхностями складок по одному слою.

Высота (H) – кратчайшее расстояние между огибающей поверхностью и срединной поверхностью одного слоя.

Типизация складок (типы складок)

Складки классифицируются по самым разным признакам:

1. По форме (морфологическая/геометрическая типизация);
2. По происхождению (генетическая типизация);
3. По приложению усилий (кинематическая типизация).

Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев
в поперечном сечении

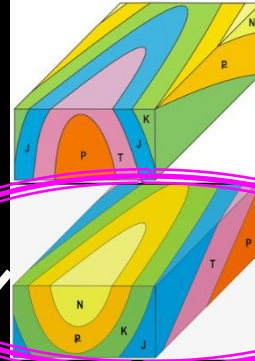
По ...

Типизация складок по характеру изгиба (выгиба)

Блок-диаграммы

синклинальные
складки
(синклинали)

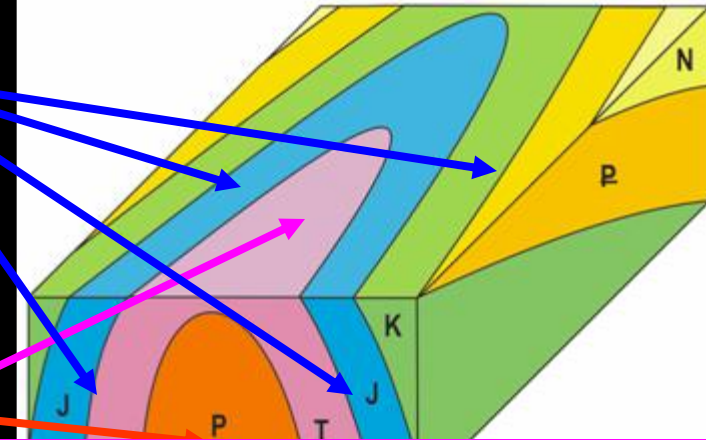
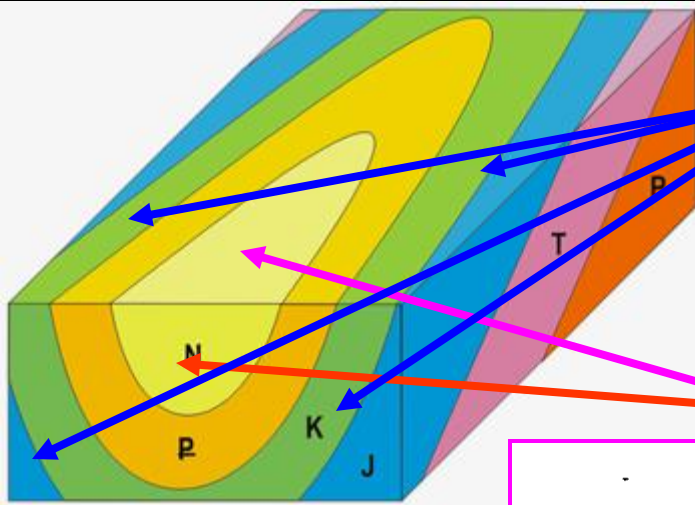
антиклинальные
складки
(антиклинали)



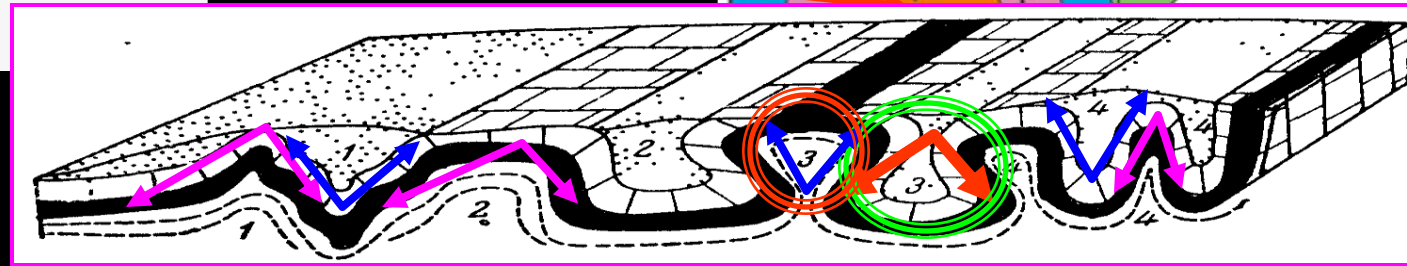
**Крылья
складки**

(боковые
моноклинальные
части складки)

Ядро складки



Сформулируйте
определение
антиклинали и
синклинали !



Веерообразная
антиклиналь

Веерообразная
синклиналь

В ядре синклинали
залегают более молодые
породы, а на ее крыльях –
более древние породы

В ядре антиклинали залегают более
древние породы, а на ее крыльях –
более молодые породы

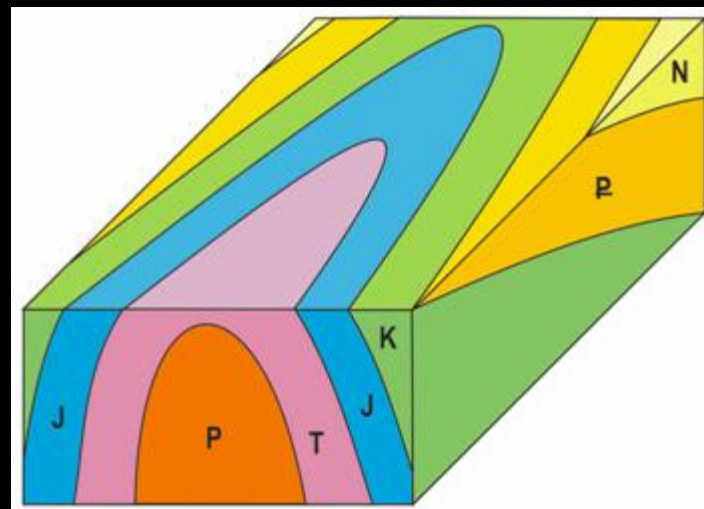
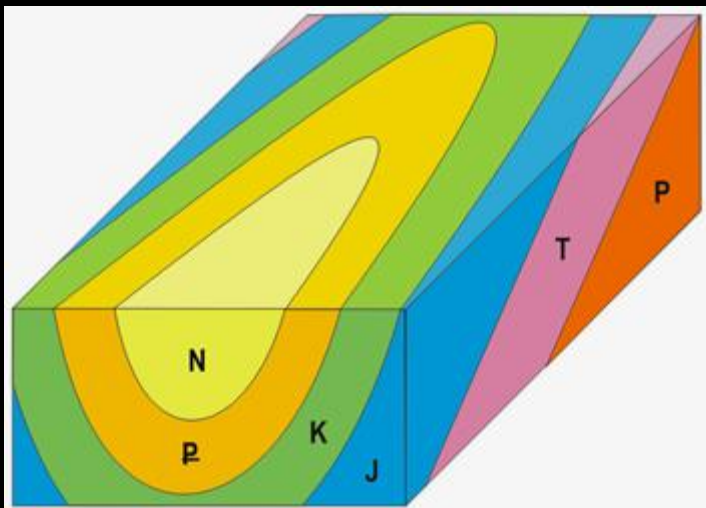
Определение понятий «синклиналь» и «антиклиналь»

Для определения понятий «синклиналь» и «антиклиналь» пространственная ориентировка крыльев складки не имеет ключевого значения.

Ключевое значение для определения понятий «синклиналь» и «антиклиналь» имеет **ТОЛЬКО (!!!)** относительный возраст пород, слагающих ядро и крылья складок.

Антиклиналь →

это складка, в ядре которой залегают более древние породы, а на крыльях – более молодые породы



← Синклиналь – это складка, в ядре которой залегают более молодые породы, а на крыльях – более древние породы

Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в поперечном сечении

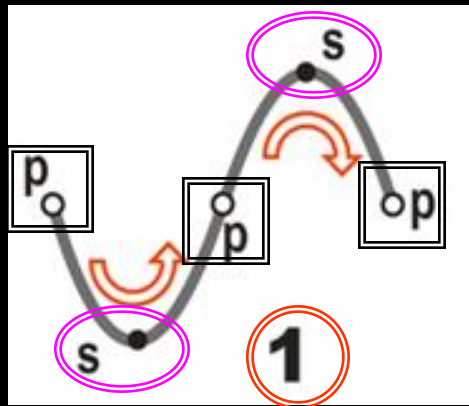
По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по геометрии замка и крыльев



1 – синусоидальные складки

2 – складки с замком постоянной кривизны

3 – складки с прямолинейными крыльями

4 – складки с изломом крыльев в замке

Характерные точки в поперечном сечении складок

s – шарнирная точка:

1 и 3 – точка максимального изгиба,

2 – точка посередине между точкам перегиба;

p – точка перегиба:

1 и 2 – точка на поверхности пласта, в которой пласт приобретает противоположный по направлению изгиб,

3 и 4 – точка в середине прямолинейного отрезка крыла;

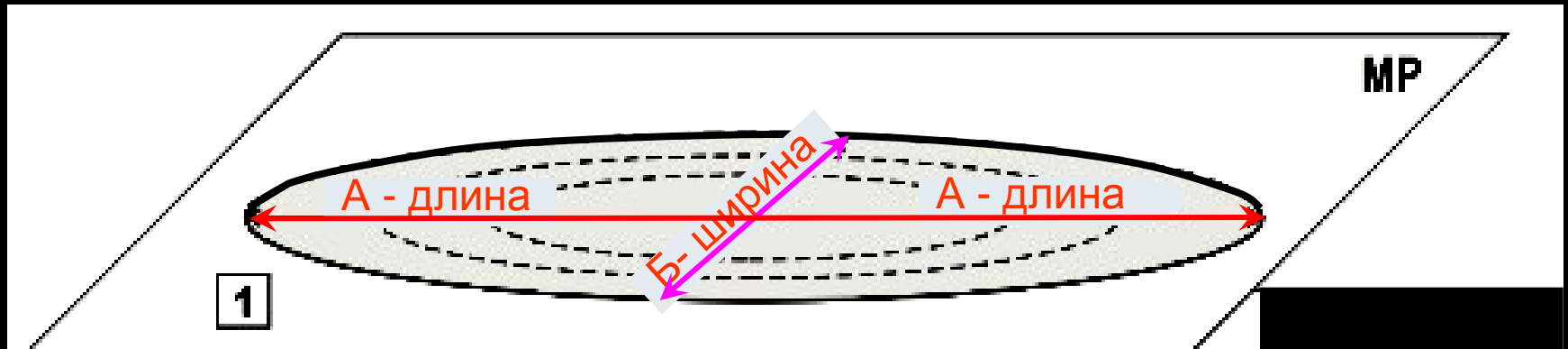
a–b – прямолинейный отрезок крыла;

i – точка излома.

r – радиус дуги в складке с постоянной кривизной.

Типизация складок по соотношению их ширины к их длине

1 – если $A/B > 5$, то это «линейные складки»,
а если $A/B > n \cdot 10$, то это «совершенно линейные складки»;



2 – брахиморфные складки ($2 < A/B < 5$),

3 – изометричные складки ($1 < A/B < 2$)

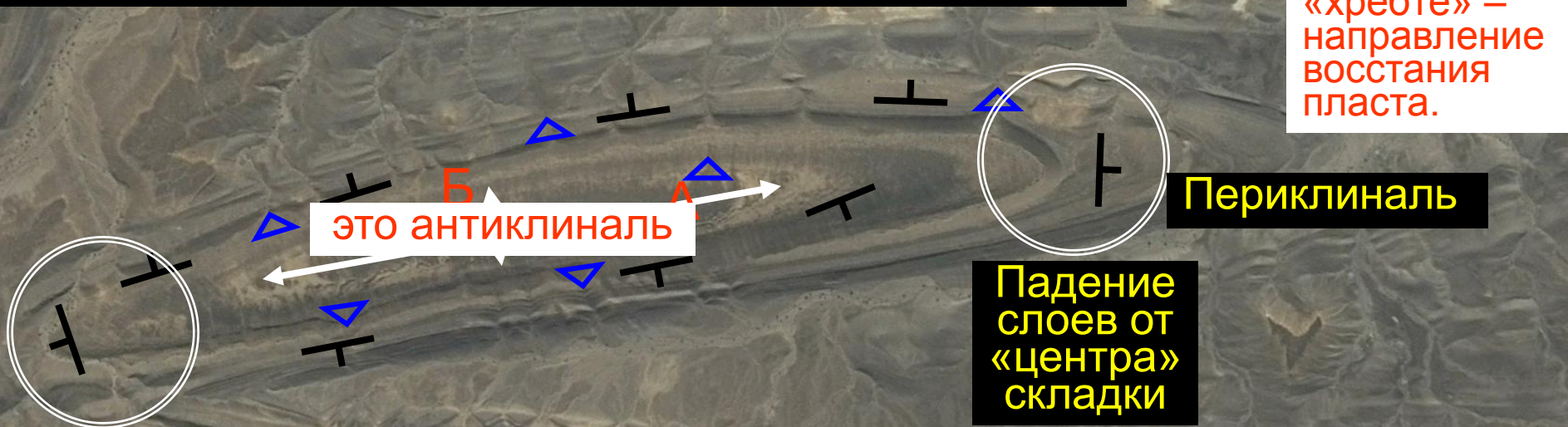
Примеры линейных складок (на снимках с самолета/спутника)

Нужно вспомнить правило пластовых треугольников

$A/B > 5$



Места, где на картах «смыкаются» крылья складок принято называть — замыкания складок



А кстати, это синклинальные или антиклинальные складки?

(если считать, что последовательность слоев правильная — не нарушенная)

Примеры брахиморфных складок

(на снимках с самолета/спутника)



$$2 < A/B < 5$$

Нужно
вспомнить
правило
пластовых
треугольников

Примеры изометричной складки

«Пластовый треугольник» в долине указывает направление падения пласта, а на «хребте» – направление восстания пласта.

Структура
Ришат.
Сахара.

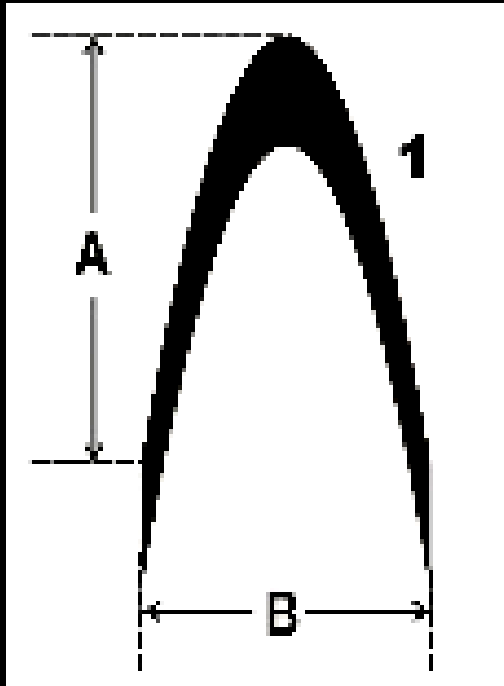


Это синклиналь или аниклиналь?
(если считать, что последовательность слоев правильная – не нарушенная)

$$A \approx B \rightarrow (1 < A/B < 2)$$



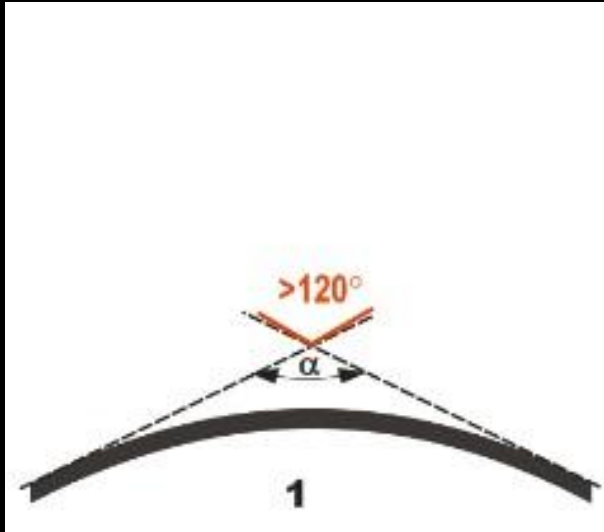
Типизация складок по соотношению их высоты к их ширине



1 – высокие ($A/B > 1$)

2 – низкие ($A/B < 1$)

Типизация складок по соотношению углов между их крыльями



1 – пологие,
($\alpha > 120^\circ$)

2 – открытые,
или тупые
($120^\circ > \alpha > 70^\circ$)

3 – закрытые,
или острые
($70^\circ > \alpha > 30^\circ$)

4 – сжатые
($\alpha < 30^\circ$)

5 – изогли-
нальные

Это понятно ?

Проверим !

Это складки какого типа ?

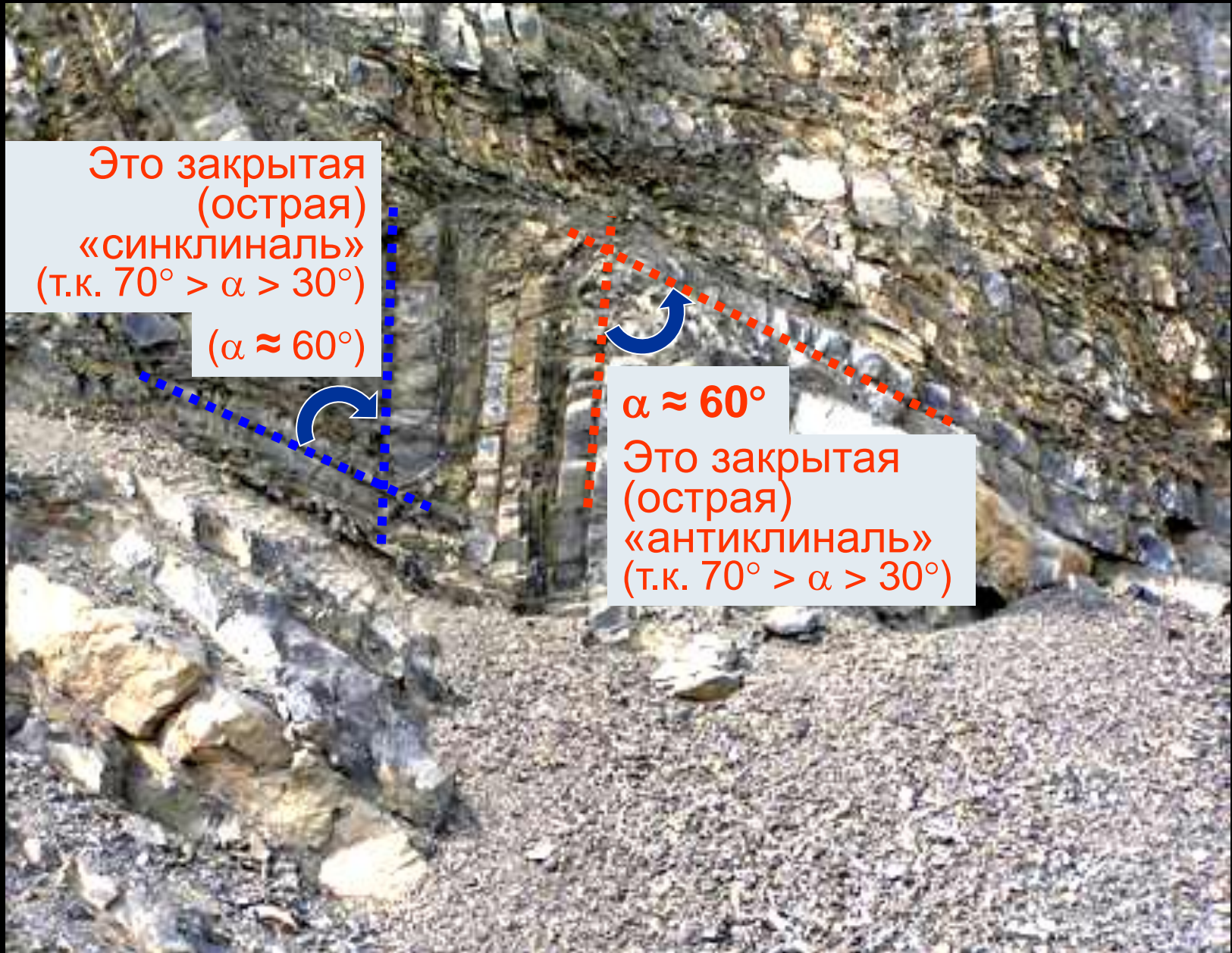
(по соотношению углов между их крыльями и по соотношению их высоты к их ширине)



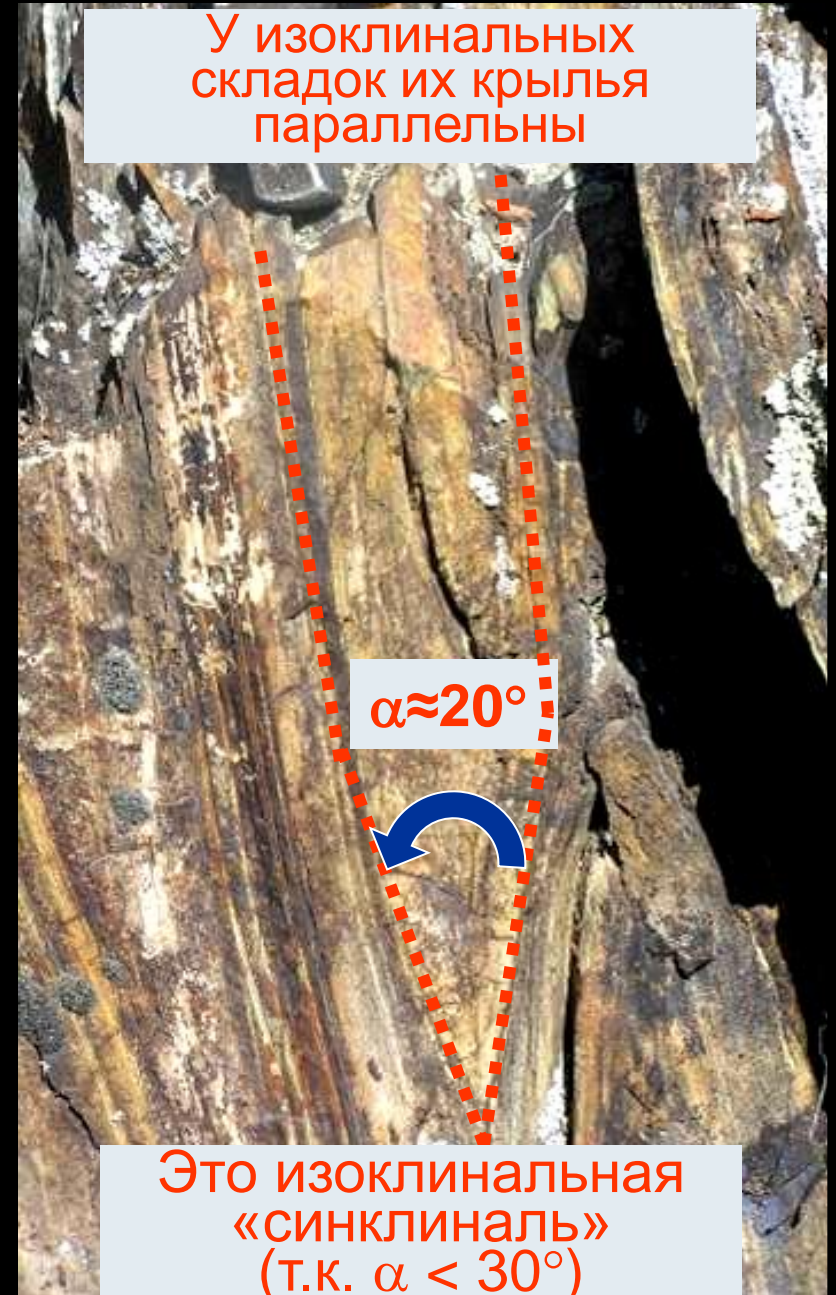
$\alpha \approx 100^\circ$
Это открытая
(т.к. $120^\circ > \alpha > 70^\circ$)
низкая
(т.к. $A/B < 1$)
антиклиналь

Это пологая
(т.к. $\alpha > 120^\circ$)
низкая
(т.к. $A/B < 1$)
синклиналиль
($\alpha > 120^\circ$)

А это складки какого типа? (по соотношению углов между их крыльями)



А это складки какого типа ?



Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в
поперечном сечении

По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей
пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и
срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по очертанию их замков и их крыльев в поперечном сечении



- 1 – округлые («синусоидальные») – замки криволинейны с шарнирной точкой, крылья криволинейны;
- 2 – острые («готические») – замки угловатые с точками излома, крылья криволинейны;
- 3 – коробчатые («сундучные») – замки и крылья относительно плоские, примерно параллельные, в складке две шарнирные точки);
- 4 – веерообразные – замки и крылья криволинейны, крылья подворачиваются «внутри» замков;
- 5 – комбинированные – в смежных складках чередуются замки с шарнирными точками и точками излома, крылья криволинейны;
- 6 – шевронные («аккордеонные») – замки угловатые с точками излома, крылья прямолинейные).

Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в поперечном сечении

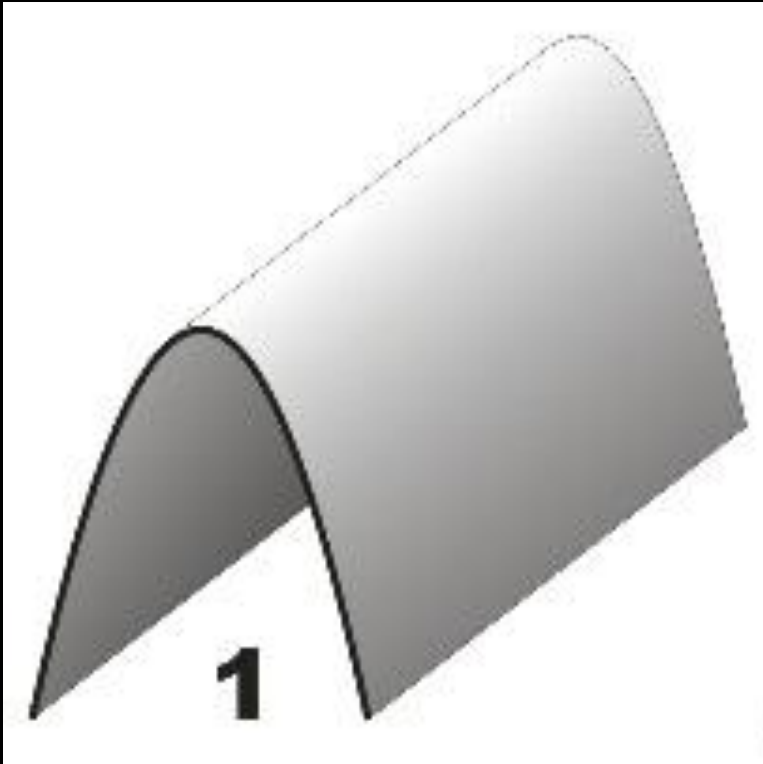
По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по объемной морфологии их замков



1 – цилиндрические складки – складки, шарнир которых прямолинеен, а кривизна замка постоянна по всей длине складки).

2 – конические складки – складки, шарнир которых прямолинеен, но кривизна замка постепенно изменяется вдоль шарнира).

Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в поперечном сечении

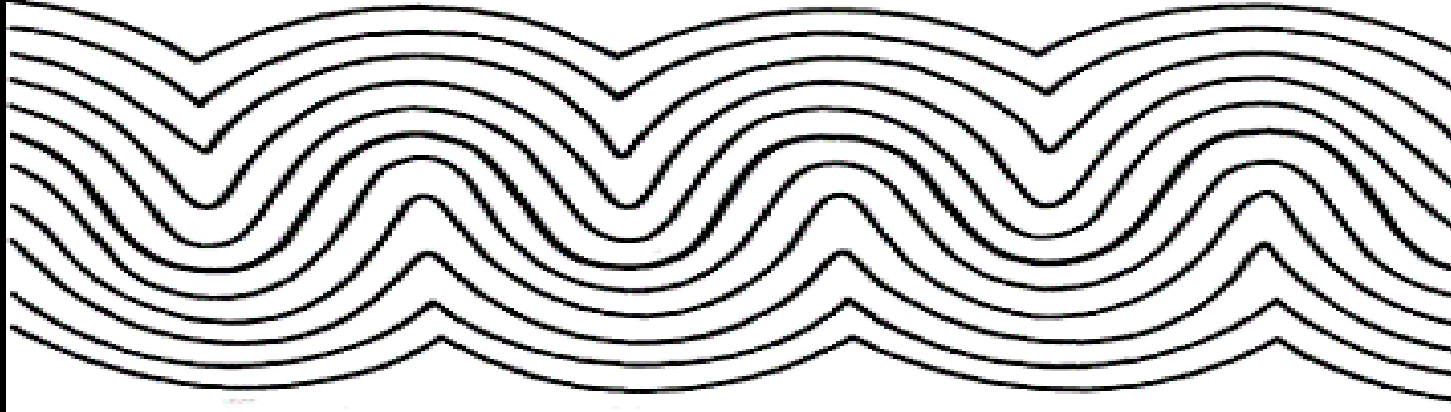
По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

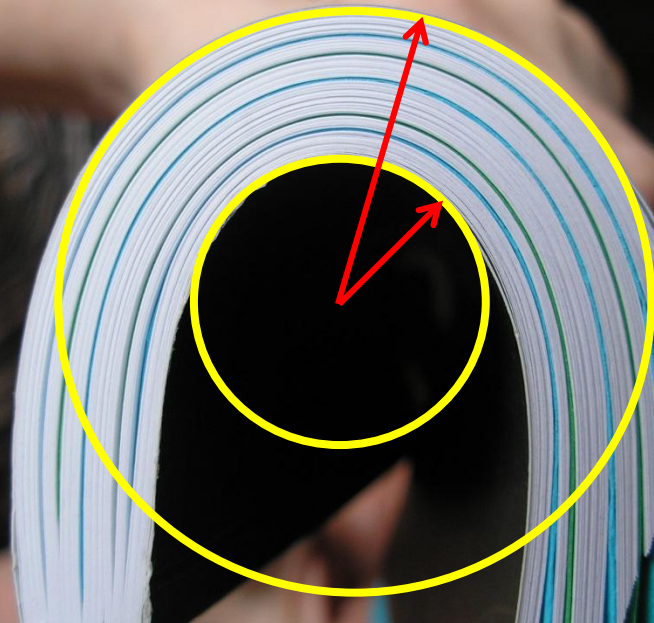


Концентрические складки

Подобные складки

Концентрические складки – складки, у которых мощности слоев в замках и на крыльях одинаковые, но тип складок по очертанию их замков меняется вниз и вверх по структуре.

Подобные складки – складки у которых мощности слоев в замках и на крыльях мощность больше чем в замках, но тип складок по очертанию их замков сохраняется вниз и вверх по разрезу.



В концентрических складках вещество слоя не перераспределяется, поэтому радиус кривизны изгиба слоев в разных частях складки (в на разных структурных уровнях) изменяется.

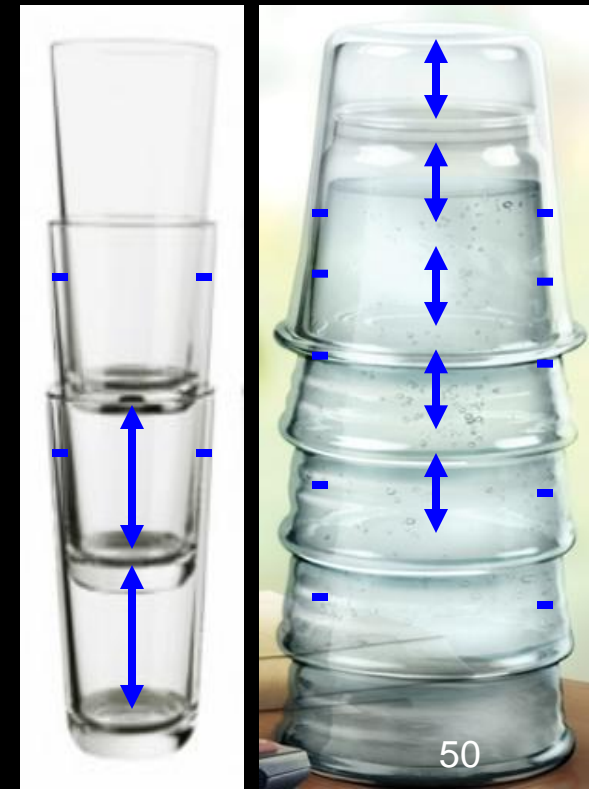
Концентрические складки вверх и вниз по структуре вырождаются.

Вниз по структуре уменьшаются их высота и радиус кривизны, возникают пережатые ядра.

Бытовой аналог концентрических складок – изогнутая пачка бумаги, в которой при изгибе внутренние листы «слои» имеют малый радиус изгиба, а внешние – большой.

В подобных складках происходит перераспределение вещества в слое – выдавливание материала из крыльев складки и нагнетание его в ее ядро. В этих складках толщина слоев в замке больше чем на крыльях.

Бытовой аналог подобных складок – стопка стаканов



Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в поперечном сечении

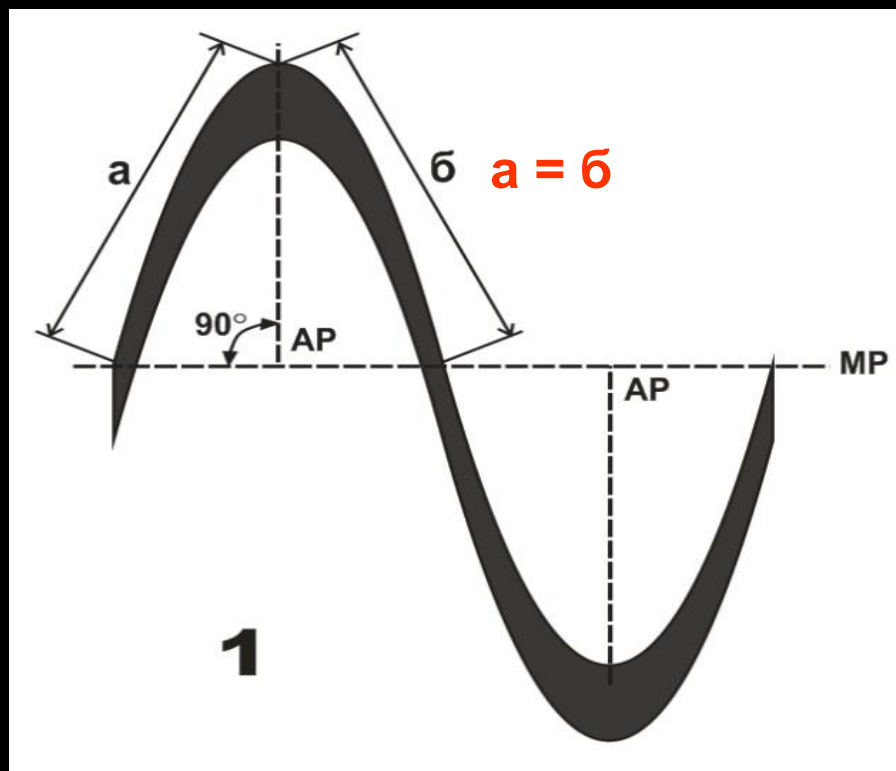
По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

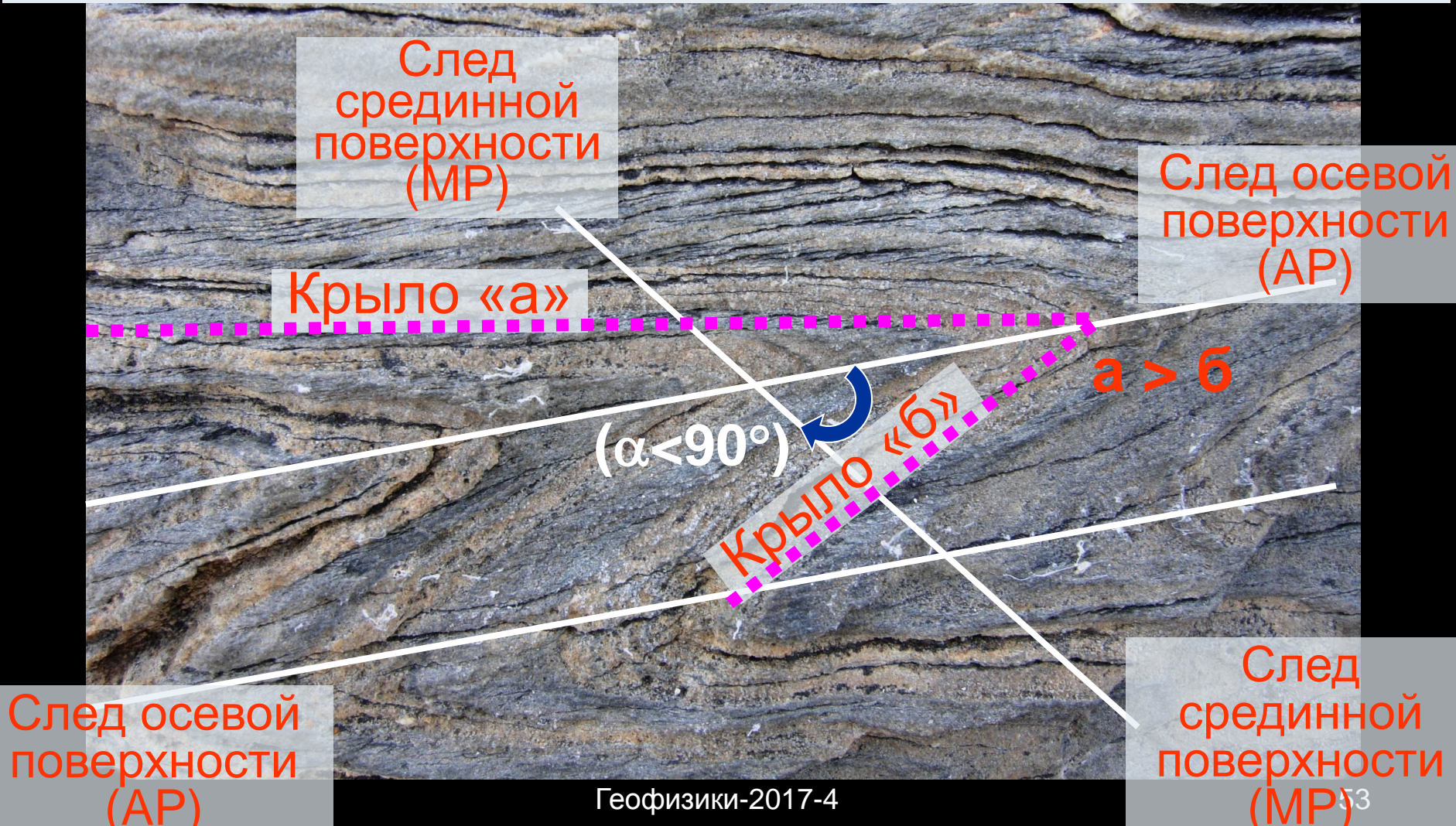


1 – симметричные складки – складки, у которых угол между срединной поверхностью (MP) и осевой поверхностью (AP) равен 90° , а крылья имеют одинаковую длину ($a = б$).

2 – асимметричные складки – складки, у которых угол между срединной поверхностью (MP) и осевой поверхностью (AP) $\neq 90^\circ$ (меньше 90°), а крылья имеют разную длину ($a > б$).

Пример асимметричной складки

Если у складки угол между срединной поверхностью (MP) и осевой поверхностью (AP) $\neq 90^\circ$ ($< 90^\circ$), а крылья имеют разную длину ($a > b$), то это асимметричная складка.



Морфологическая/геометрическая типизация складок

По характеру изгиба (выгиба)

По «геометрии» замка и крыльев

По «очертаниям» замка и крыльев в поперечном сечении

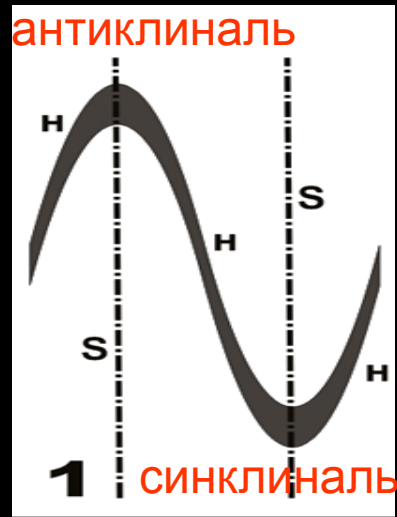
По объемной морфологии замков

По характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

По соотношению углов между осевой и срединной поверхностями

По наклону (и изгибу) осевой поверхности

Типизация складок по наклону осевой поверхности



1 – прямые складки – складки, у которых осевые поверхности (S) вертикальны, а крылья падают в разные стороны (под одинаковыми углами).

2 – наклонные складки – складки, у которых осевые поверхности (S) наклонны, но крылья все еще падают в разные стороны (хотя и под разными углами).

3 – опрокинутые складки – складки, у которых осевые поверхности (S) наклонны, крылья падают в одну сторону, одно крыло в нормальном залегании, другое – в перевернутом (опрокинутом) залегании.

4 – лежачие складки – складки, у которых осевые поверхности (S) горизонтальны, крылья падают в разные стороны, одно крыло в нормальном залегании, другое – в перевернутом (опрокинутом) залегании.

Это понятно ?

Проверим !

Что изображено на этой фотографии ?

К какому типу принадлежит складка, замок которой показан на этой фотографии :

1) по положению осевой поверхности – прямая, наклонная, опрокинутая, **лежачая** ?



2) по соотношению угла между осевой и срединной поверхностями – **симметричная**, асимметричная ?

3) по характеру изменения мощностей пластов в ядре и на крыльях – концентрическая, **подобная** ?

4) по очертанию замка и крыльев – округлая, **острая**, коробчатая, веерообразная, шевронная ?

5) по геометрии замка и крыльев – синусоидальная, складка с замком постоянной кривизны, складка с **прямолинейными крыльями**, складка с изломом крыльев в замке ?

6) по характеру изгиба (выгиба) – синклиналиальная или антиклиналиальная ?

?

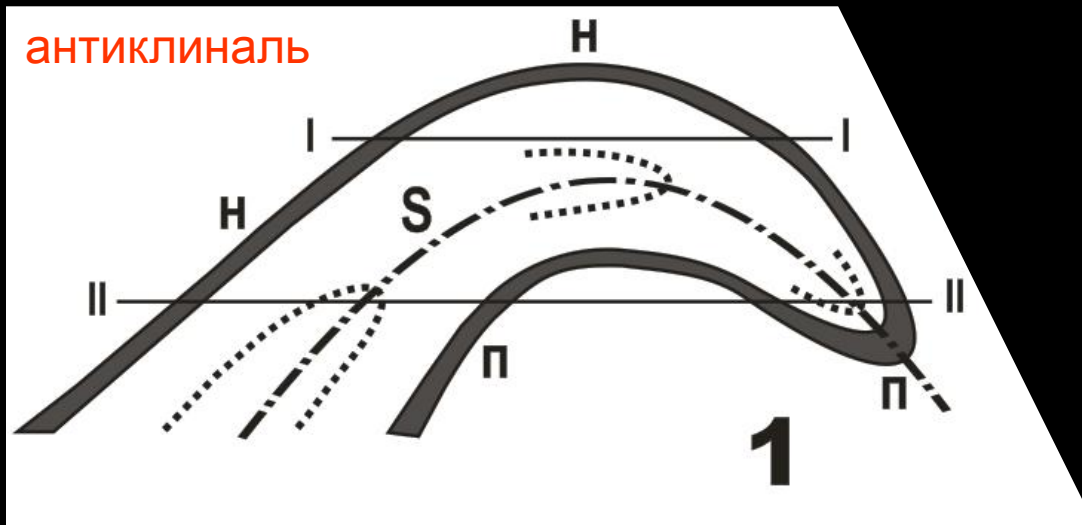
Это замок складки

Какой складки ?

Лежачая симметричная подобная острая складка с прямолинейными крыльями

Ныряющие складки

Ныряющие складки – складки, у которых осевые поверхности (**S**) изогнуты



Ныряющая антиклиналь

Ныряющая («выныривающая» 😊) синклиналь

Разные участки одной складки соответствуют разным морфологическим типам

На этих примерах ныряющие складки на нижних структурных уровнях выглядят как **опрокинутые**, на средних структурных уровнях – как **лежащие**, а в районе замка – как «**перевернутые**».

Это понятно ?

Проверим !

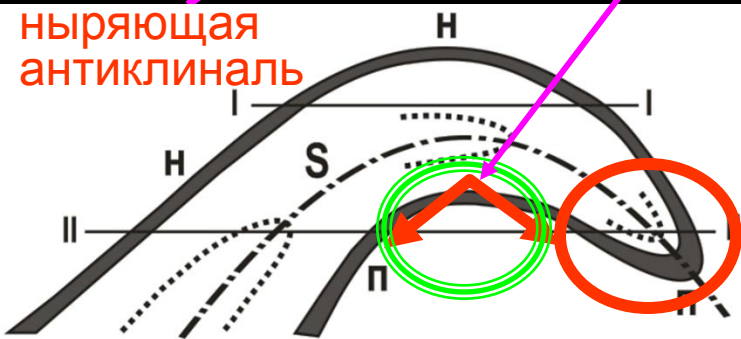
Какая складка на фотографии ?

Часть ныряющей антиклинальной складки, выглядящая как синклинкаль – называется **синформа**

На фотографии – замок крупной ныряющей антиклинали

Этот изгиб выглядит как антиклиналь, но в ядре этой (вторичной) складки залегают молодые породы, а на крыльях древние породы

Часть ныряющей антиклинальной складки, выглядящая как вторичная антиклиналь называется **антиформа**



Вспомним определение синклинали!

Синклинали – это складка, в ядре которой залегают более молодые породы, а на крыльях – более древние породы

Складка, в ядре которой залегают более древние породы, а на крыльях – более молодые породы, называется антиклиналь

На сегодня ВСЁ!

Тема следующего занятия (10 мая 2017 г.)

- Складки (окончание) – комбинации складок, происхождение (образование) складок.
- Трещины и разрывы – сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги, покровы, шарьяжи (их выражение на местности и на аэро- и космоснимках, а также изображение на геологических картах).