

Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 5

«Складки-1.

Собственная геометрия»

Определения

● **сводообразные изгибы**

слоев и вообще пород, слагающих земную кору
[Ф.Ю. Левинсон-Лессинг в Словаре Ф.А. Брокгауза и
И.А. Эфрона, 1890–1907];

● **изгиб** в слоях, пластах земной коры

[Толковый Словарь Д.Н. Ушакова, 1935];

● **изгиб** слоя без разрыва его сплошности

["Общая геология", Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова, 1991];

● волнообразный **изгиб** слоев горных пород [Геовикипедия];

● **изгиб** существовавшей ранее поверхности, чаще всего – стратиграфической ["Введение в структурную геологию", Э.У. Спенсер, 1981]



Франц Юльевич
Левинсон-Лессинг
(1861–1939)

Складки это **трехмерные** структуры земной коры,

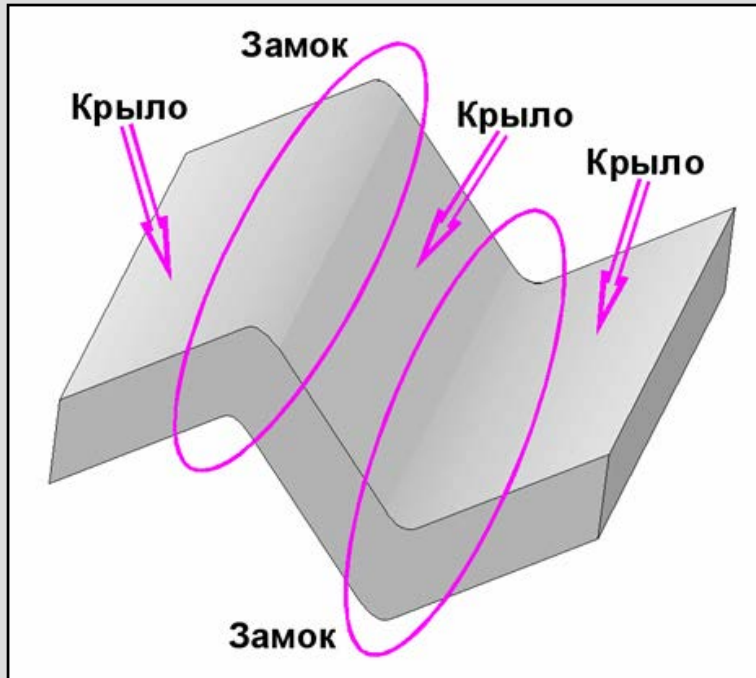
поэтому их описание и классификация требуют учета:

– во-первых, **собственной объемной геометрии** складок,

– во-вторых, **ориентировки** складок в **пространстве**

Элементы собственной геометрии складок

Собственная геометрия складок **не зависит** от их положения и ориентировки в пространстве.



Замок (свод) – место перегиба слоев, т.е. часть складки с **минимальным** радиусом изгиба (с максимальной кривизной).

Крыло – часть складки с **максимальным** радиусом изгиба или плоская (с минимальной кривизной), обычно соединяющая смежные замки

NB! Граница между замком складки и её крылом условна!

Собственную геометрию складок удобнее рассматривать в трех сечениях:

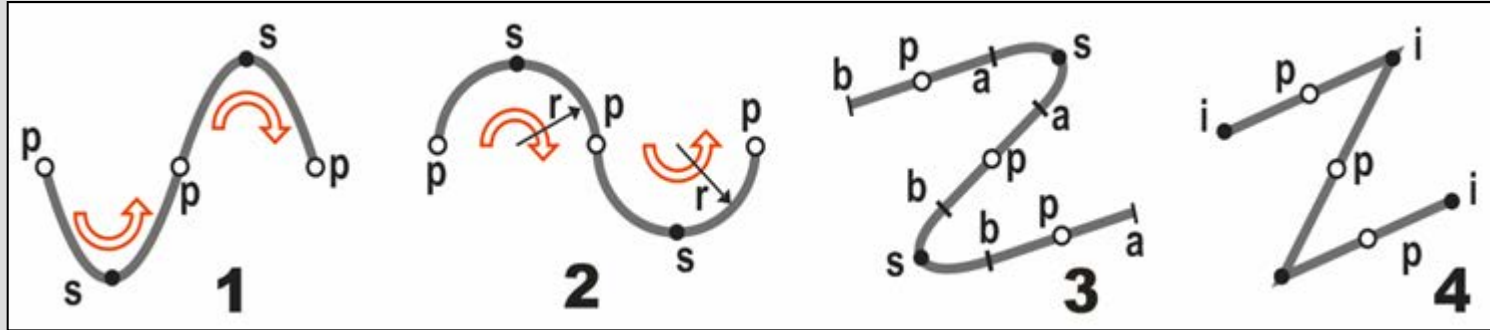
- 1) *поперек изгиба,*
- 2) *вдоль изгиба,*
- 3) *ортогонально 1 и 2 сечениям.*

Первичные элементы собственной геометрии можно непосредственно измерить, **вторичные элементы** условны, их можно только вычислить по геометрическим параметрам первичных элементов.

Характерные точки в поперечном сечении складок

Базовая классификация складок по геометрии замка и крыльев:

- 1** – синусоидальные, **2** – с замком постоянной кривизны;
3 – с прямолинейными крыльями; **4** – с изломом в замке.



r – радиус дуги в складке с постоянной кривизной;

a–b – прямолинейный отрезок крыла;

p – точка перегиба:

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

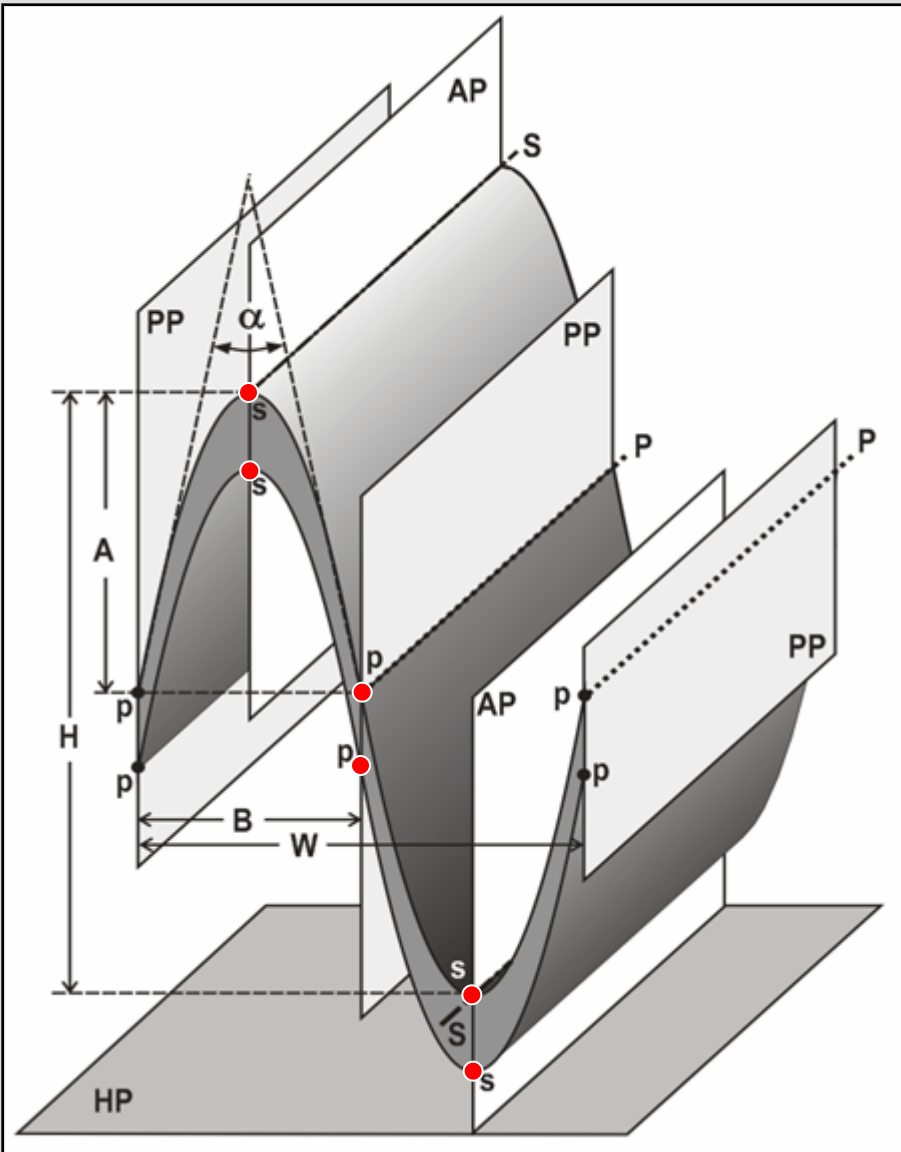
3 и **4** – точка в середине прямолинейного отрезка крыла;

s – шарнирная точка:

1 и **3** – точка максимального изгиба,

2 – точка посередине между точкам перегиба;

i – точка излома.



Шарнир (S) – линия на поверхности пласта, проходящая через все шарнирные точки одной складки. Шарнир задает геометрию складки в продольном сечении, как правило, он тоже изогнут, но с большим радиусом изгиба.

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

Линия перегиба (P) – линия на поверхности пласта, проходящая через все точки перегиба в одном крыле складки.

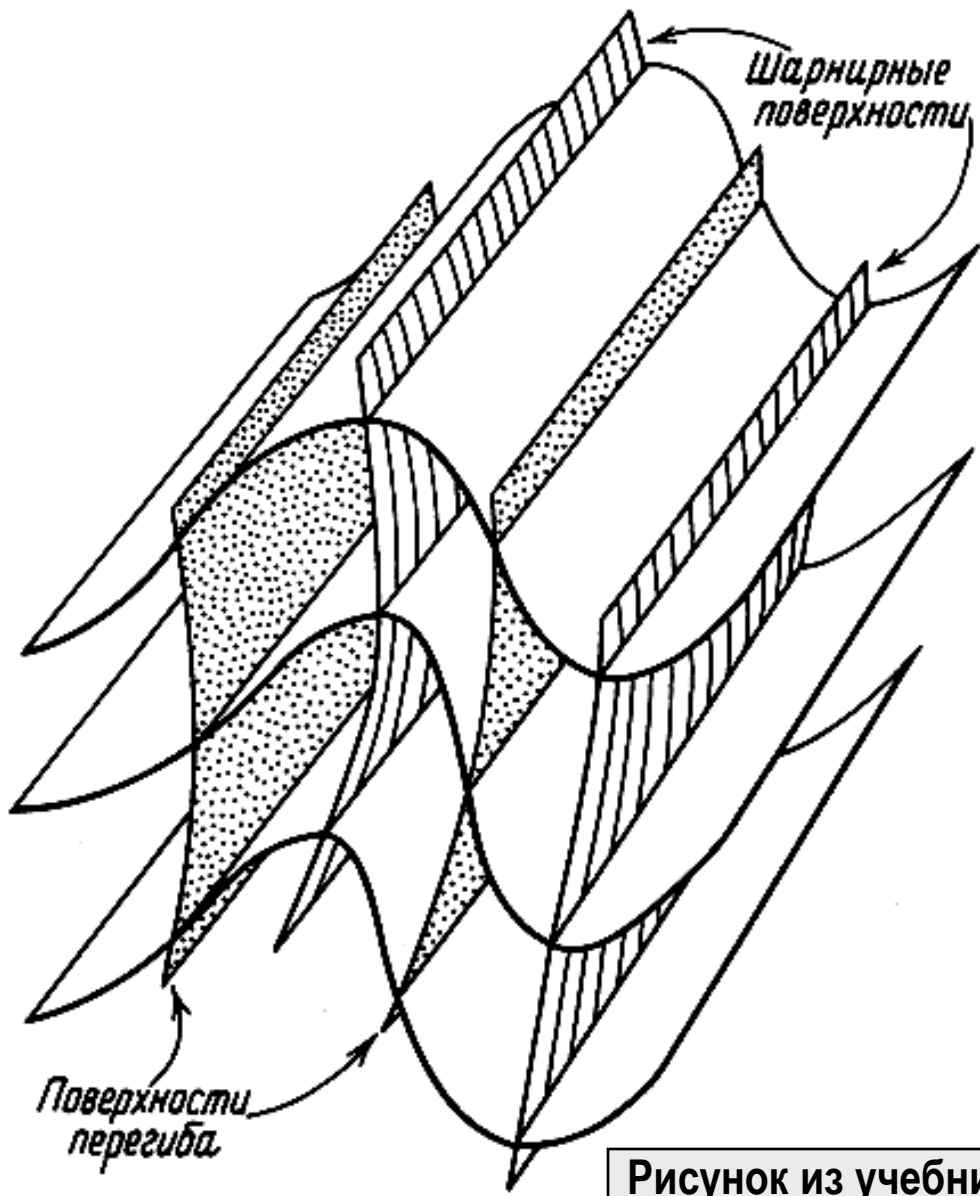
Поверхность перегиба (PP) – поверхность, проходящая через все линии перегиба одного крыла складки.

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

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

Длина волны (W) – двойная ширина складки.

NB! Осевая поверхность делит угол складки пополам!



NB! Осевую поверхность иногда называют «осевой плоскостью», что не совсем верно, поскольку она, как правило, бывает изогнутой!

NB! Поверхность перегиба, как правило, конформна осевой поверхности!

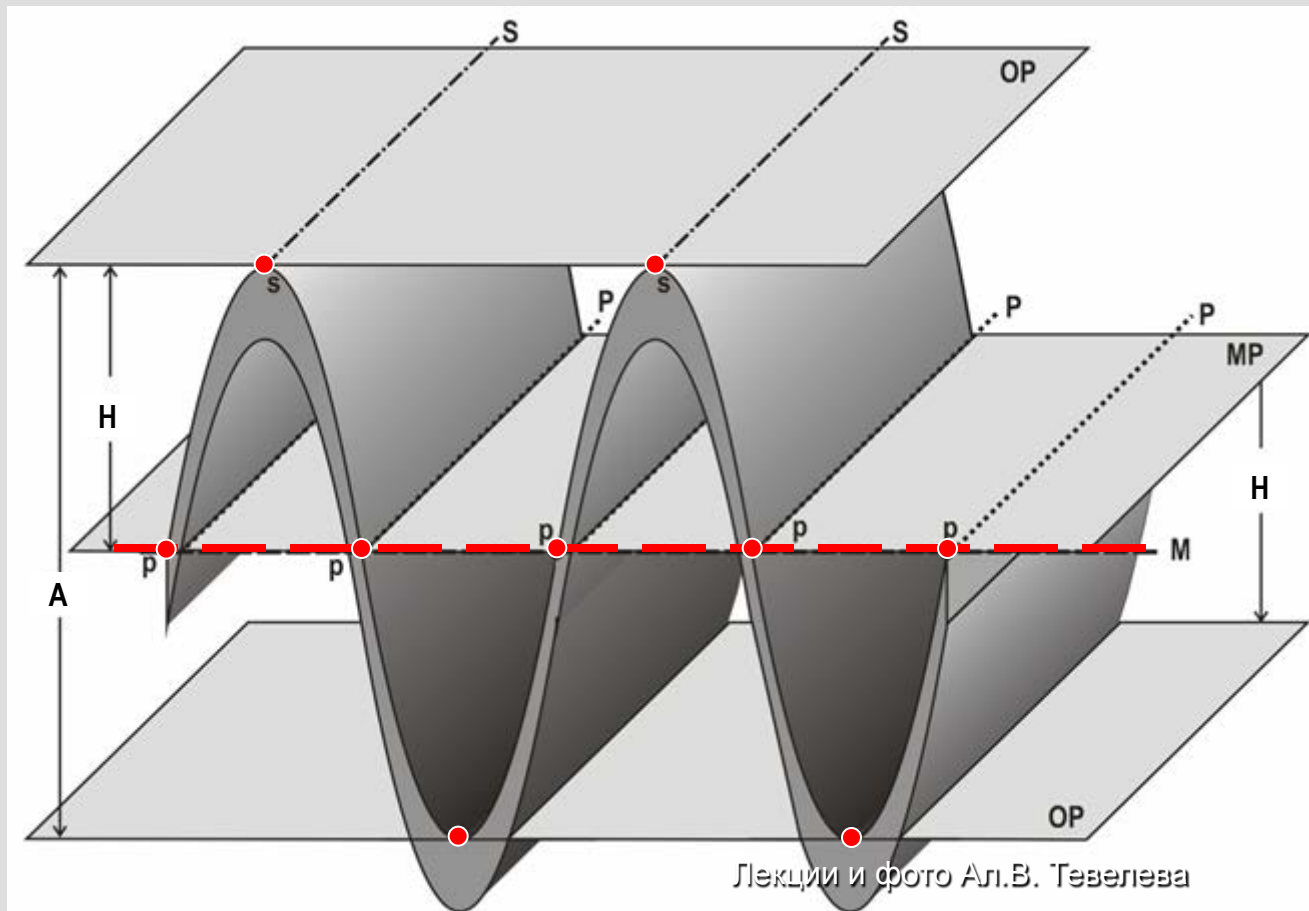
А что же такое "шарнирная поверхность"?

Рисунок из учебника "Введение в структурную геологию" Э.У. Спенсера

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

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

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



Лекции и фото Ал.В. Тевелева

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

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

Морфологические классификации складок

Разнообразные классификации складок имеют своей целью не только и даже столько их систематизацию и удобство описания морфологии, сколько **определение условий их формирования**.

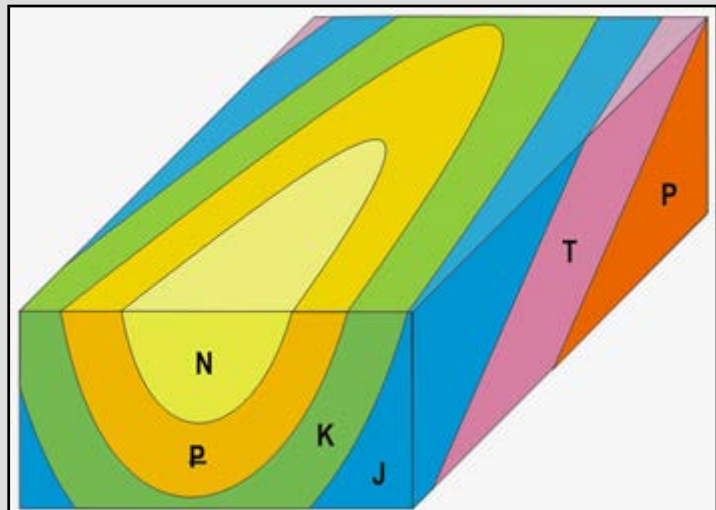
Все известные классификации складок делятся на две большие группы:

1 – классификации, использующие в качестве критериев исключительно **элементы собственной геометрии** складок;

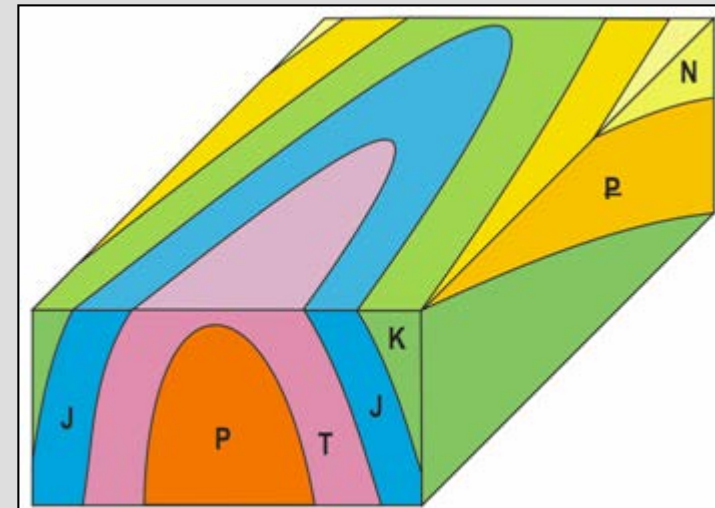
2 – классификации, основанные на **ориентировке складок в пространстве**.

Базовая классификация для обеих групп не имеет отношения ни к собственной геометрии складок, ни к их положению в пространстве, важен только **относительный возраст** пород, слагающих ядра и крылья.

Антиклиналь →
в ядре более древние породы



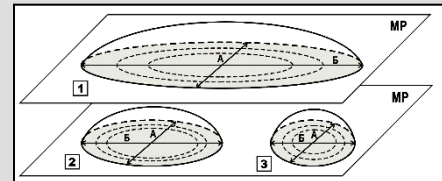
NB! Ядро – часть слоев, находящаяся внутри складки, между ее крыльями!



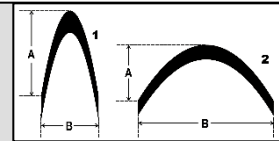
← **Синклиналь**
в ядре более молодые породы

Главные критерии морфологических классификаций на основе элементов собственной геометрии складок:

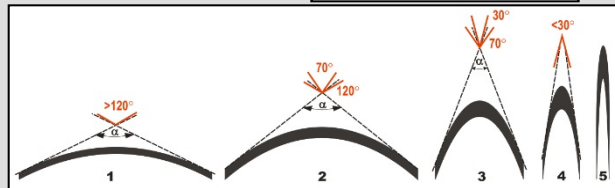
1) соотношение ширины и длины складки;



2) соотношение высоты и ширины складки;



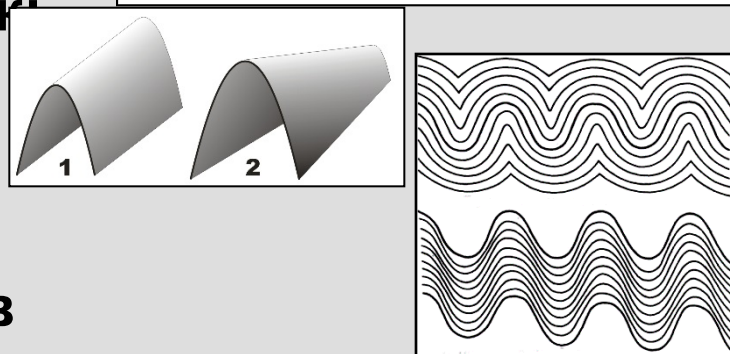
3) угол между крыльями складки;



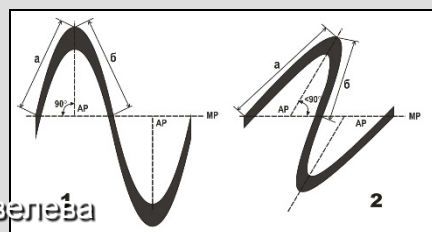
4) форма замков и крыльев складок



5) объемная морфология замков;



6) соотношение мощностей пластов в ядре и на крыльях складки;

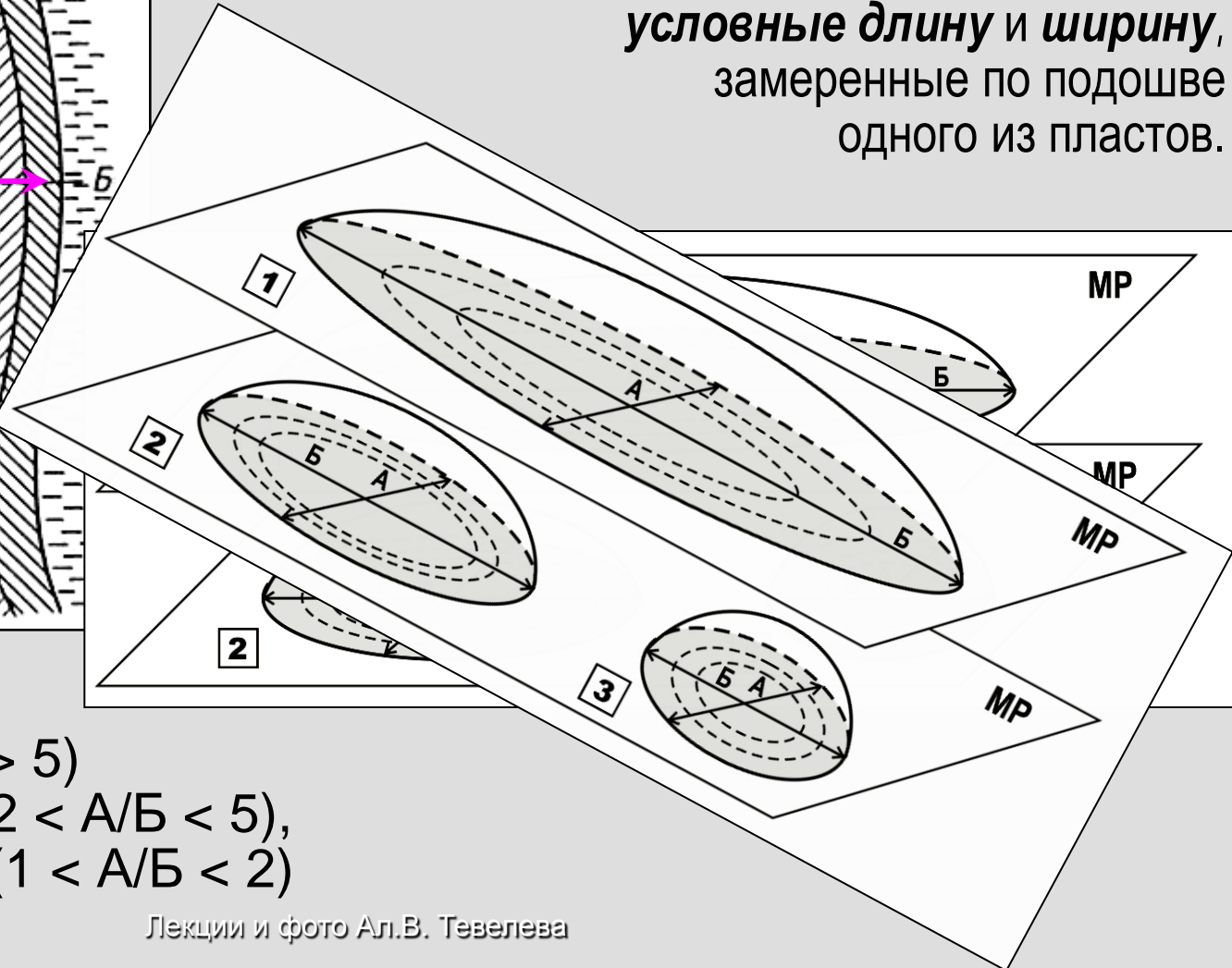
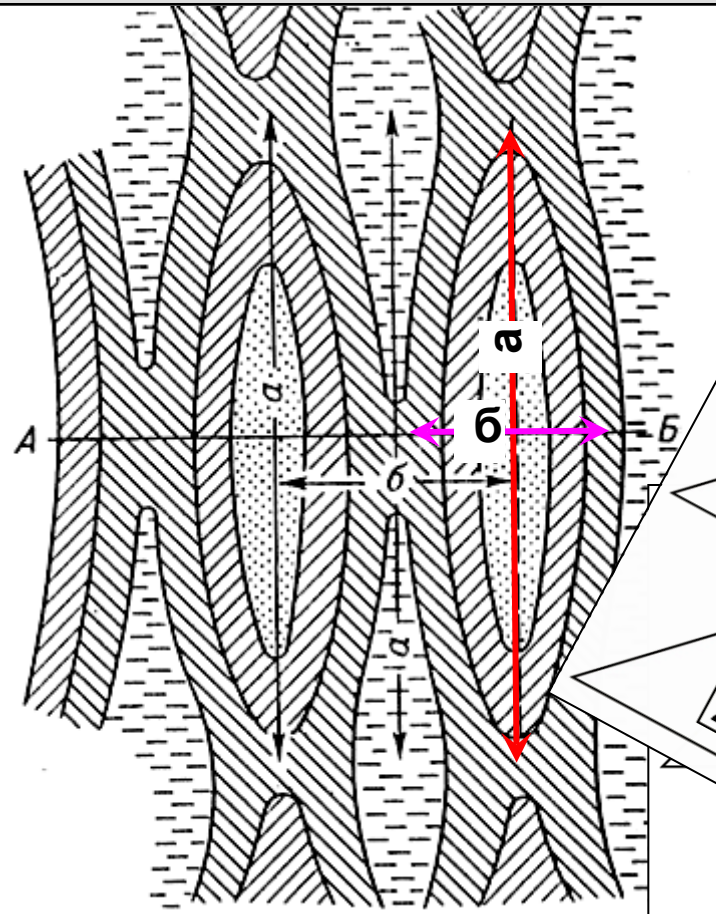


7) угол между осевой и срединной (или огибающей) поверхностями

1. Соотношение ширины и длины складки

Длина складки определяется также как и ширина, но в продольном сечении.

Для определения отношения длины складки к ее ширине часто используют **условные длину и ширину**, замеренные по подошве одного из пластов.



- 1 – линейные ($A/B > 5$)
- 2 – брахискладки ($2 < A/B < 5$),
- 3 – изометричные ($1 < A/B < 2$)

Примеры линейных складок



Сильно вытянутые
(совершенные линейные)
складки. Ю. Африка. Google Earth

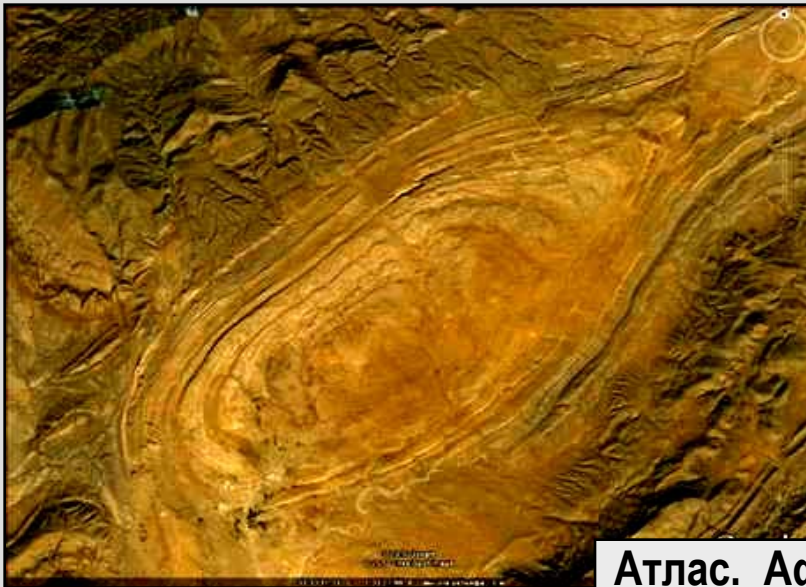


Линейная складка.
С. Прибалхашье.
Казахстан. Google Earth



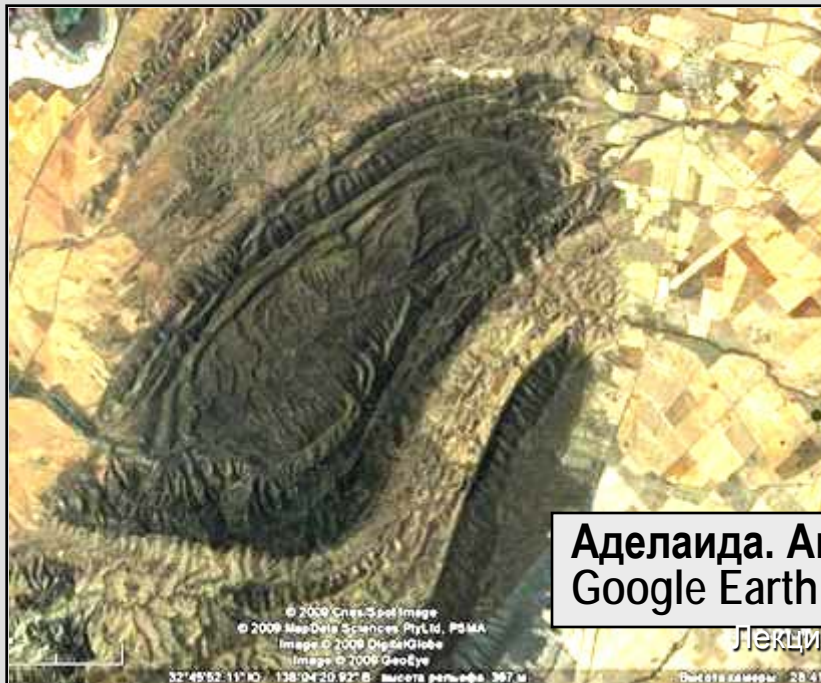
Линейная складка.
Сулеймановы горы.
Пакистан. Google Earth

Примеры брахиморфных складок



Атлас. Африка.
Google Earth

Сев. Прибалхашье.
Казахстан. Google Earth



Аделаида. Австралия.
Google Earth

Атлас. Африка.
Google Earth

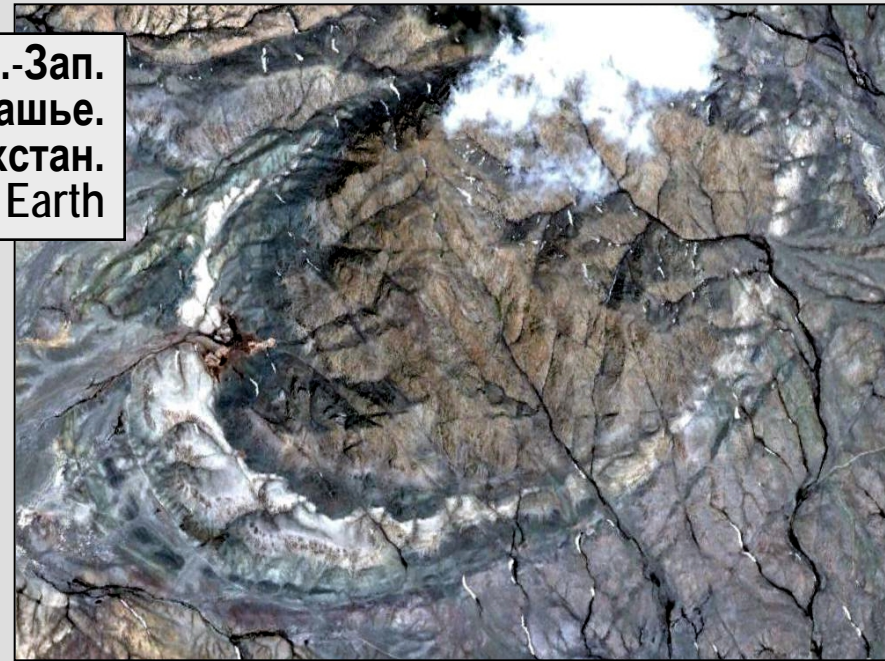


Примеры изометричных складок



**Зап. Прибалхашье.
Казахстан. Google Earth**

**Сев.-Зап.
Прибалхашье.
Ц. Казахстан.
Google Earth**



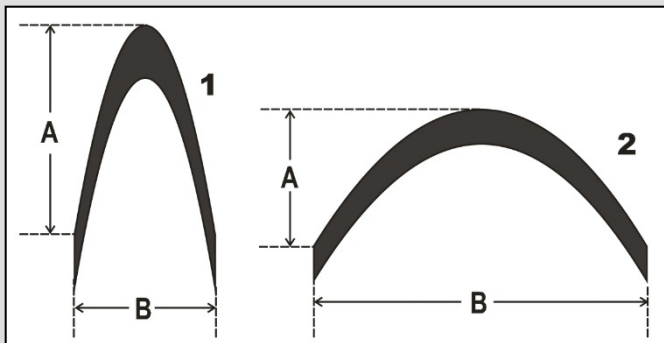
**Структура Ришат. Пологая
антиклиналь диаметром
50 км. Сахара. Google Earth**

**Монголия.
Google Earth**



2. Соотношение высоты и ширины складки

1 – высокие ($A/B > 1$), 2 – низкие ($A/B < 1$)



Угол между крыльями складки

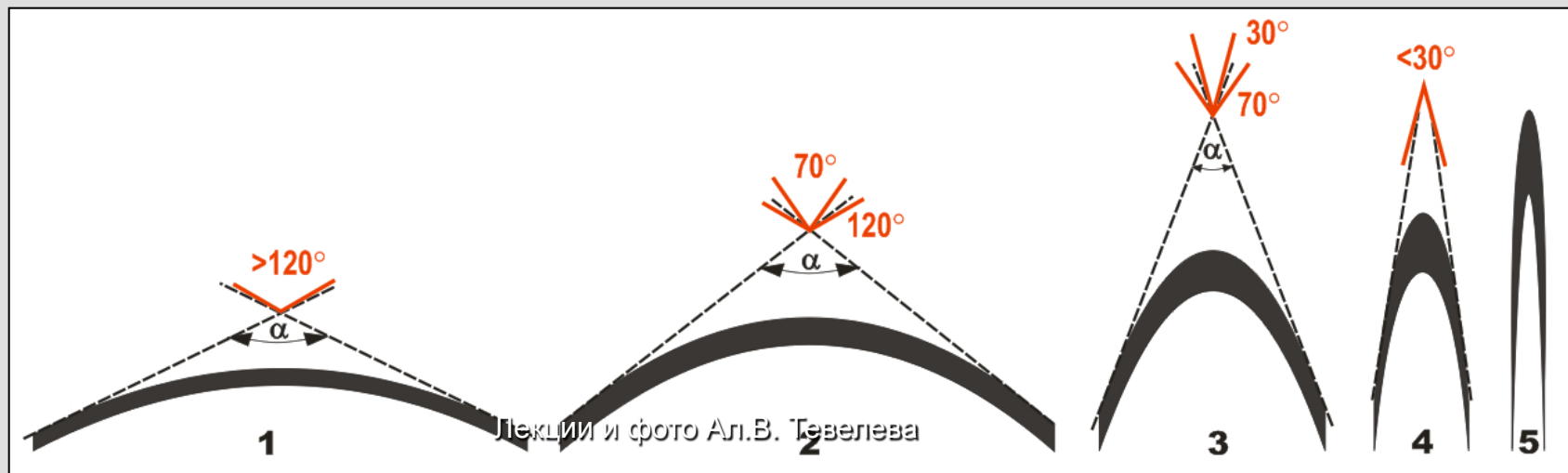
1 – пологие, ($\alpha > 120^\circ$);

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

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

4 – сжатые ($\alpha < 30^\circ$);

5 – изоклиналильные



Примеры открытых, складок



Верхний девон. Южный Урал



Верхний девон. Южный Урал



Нижний карбон. Южный Урал



Мел. Израиль

Примеры закрытых, или острых складок



Нижний карбон.
Южный Урал

Нижний силур.
Южный Урал



Нижний карбон.
Южный Урал

Примеры сжатых, изоклиналильных складок

Верхний девон.
Южный Урал

Верхний девон.
Южный Урал

Ордовик.
Южный Урал



3. Форма замков и крыльев складок

1 – округлые, синусоидальные (замки криволинейны с шарнирной точкой, крылья криволинейны);

2 – острые, или готические (замки угловатые с точками излома, крылья криволинейны);

3 – коробчатые, или сундучные (замки и крылья относительно плоские, примерно параллельные, в складке две шарнирные точки);

4 – веерообразные (замки и крылья криволинейны, крылья подворачиваются внутрь замков);

5 – комбинированные (в смежных складках чередуются замки с шарнирными точками и точками излома, крылья криволинейны);

6 – шевронные, или аккордеонные (замки угловатые с точками излома, крылья прямолинейные).





**Округлые арки собора
в Первоуральске**

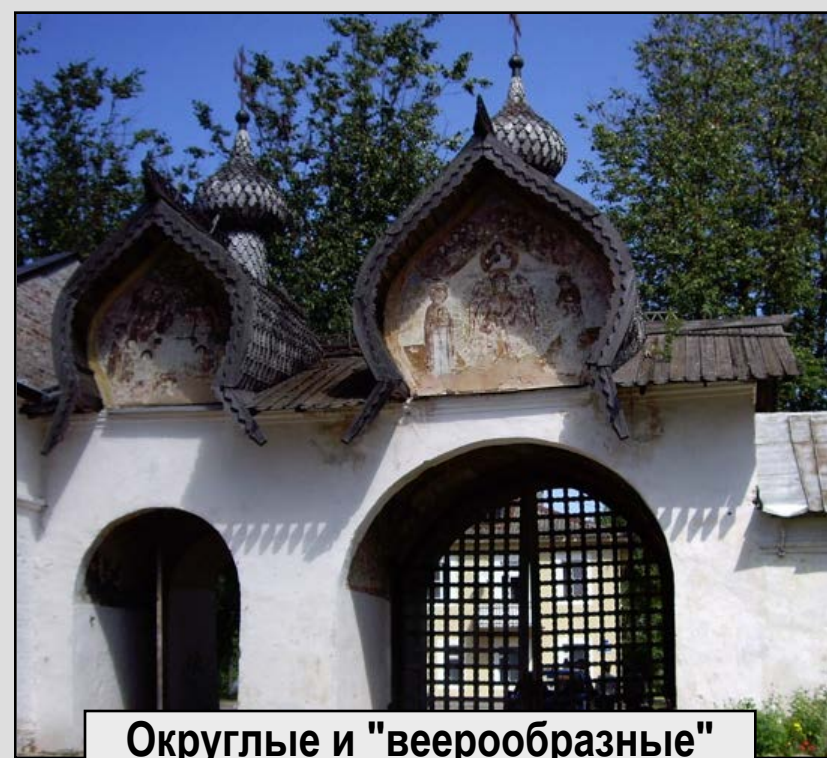
**Готические арки
собора Сент-Шапель. Париж**



**Готические арки
дворца Храповицкого
под Судогодой**



"Сундучные" арки домика Монплезир Петергоф



Округлые и "веерообразные" арки церкви на Русском Севере

Комбинированные арки фасада собора в Дивеево



Примеры складок

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

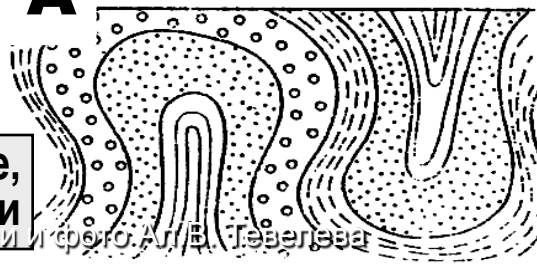


Сундучная складка. Верхний девон. Южный Урал

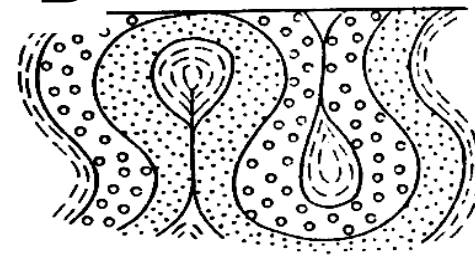
Линейные складки с округлыми и острыми замками. Атлас. Google Earth



А



Б



Веерообразные складки: **А** – простые, **Б** – с пережатыми замками

Примеры шевронных складок



Остров Крит.
Интернетресурс
"Цветы"

Орегон. США.
Интернетресурс

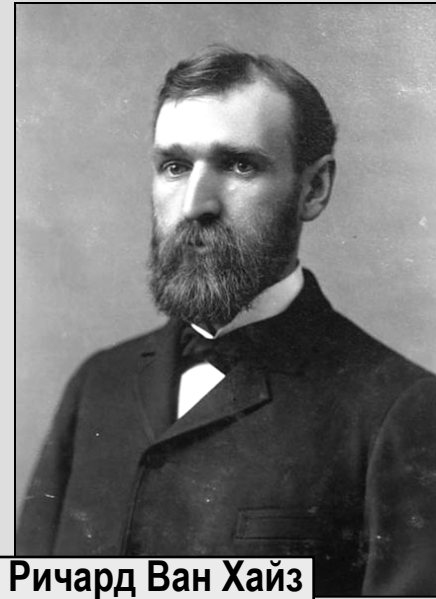


Карбон.
Южный Урал.

4. Соотношение мощностей пластов в ядре и на крыльях складки

1 – концентрические (мощности в замках и на крыльях *одинаковы*, но морфология складок *меняется* вниз и вверх по разрезу)

2 – подобные (мощности в замках *больше*, но морфология складок *сохраняется* вниз и вверх по разрезу)



Чарльз Ричард Ван Хайз
(1857–1918)

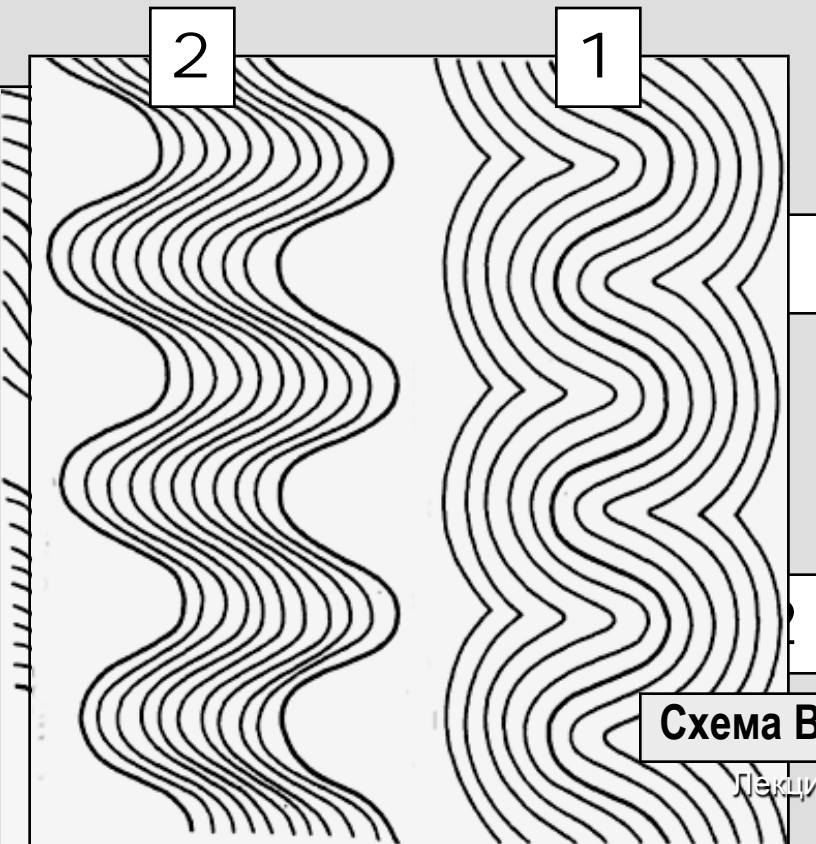
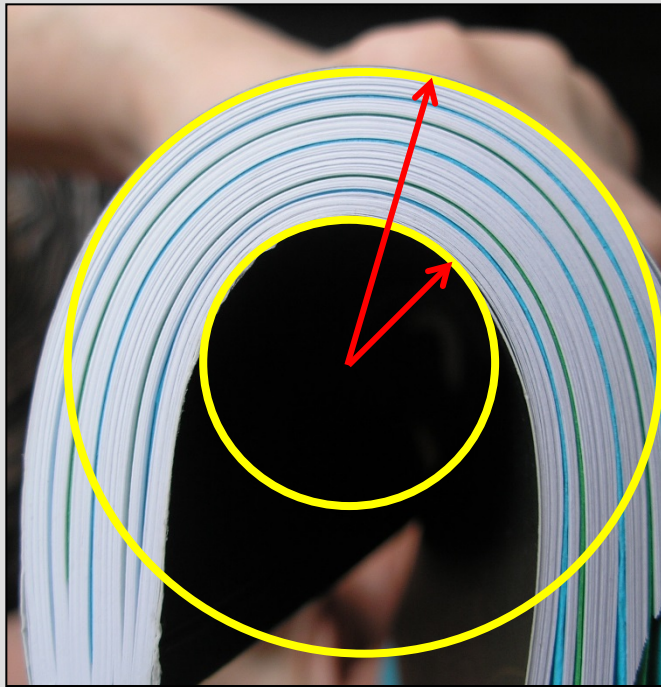


Схема Ван Хайза (1894)

В концентрических складках вещество слоя не перераспределяется, поэтому слои "вынуждены" изменять радиус кривизны. Концентрические складки вырождаются вверх и вниз по разрезу, уменьшаются их высота, радиус кривизны, возникают пережатые ядра. Подошва и кровля всей толщи пород, смятых в концентрические складки, часто бывают практически не деформированными.

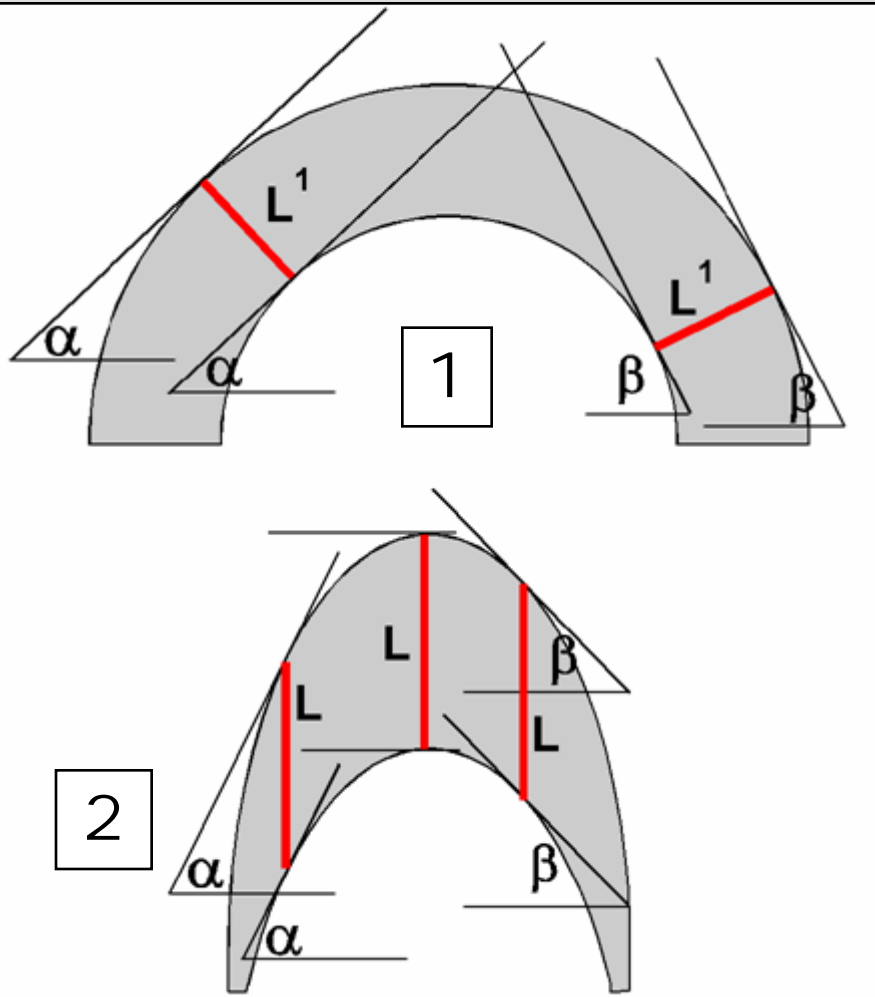
Бытовой аналог концентрических складок – изогнутая пачка бумаги, в которой внутренние слои имеют малый радиус изгиба, а внешние – большой.



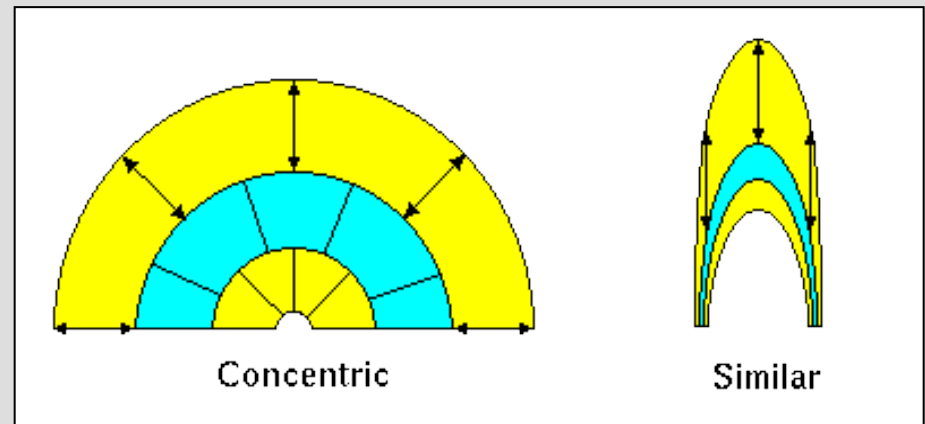
Для сохранения формы **подобных складок** по всему объему сминаемой толщи необходимо перераспределение вещества слоя (частичное выдавливание) из крыльев складки в ядро.

Бытовой аналог подобных складок – стопка одинаковых тарелок.

ВВ! Изогоны – элементы собственной геометрии складок, представляющие собой линии на поперечном разрезе складки, соединяющие на одном крыле точки с одинаковыми углами наклона пластов *относительно срединной поверхности*.



1. В концентрических складках изогоны нормальны к поверхности пласта, поэтому они равны между собой и равны мощности пласта.
2. В подобных складках изогоны тоже равны между собой, но параллельны осевой поверхности, т.е. параллельны друг другу



Примеры концентрических складок



Концентрические складки в известняках и песчаниках. Стенка. Ичмелер. Турция

Концентрическая складка в алевролитах карбона. Южный Урал.
Фото Арк.В. Тевелева



Лекции и фото Ал.В. Тевелева

Складка концентрического типа.
Зайдам. Тибет. Google Earth





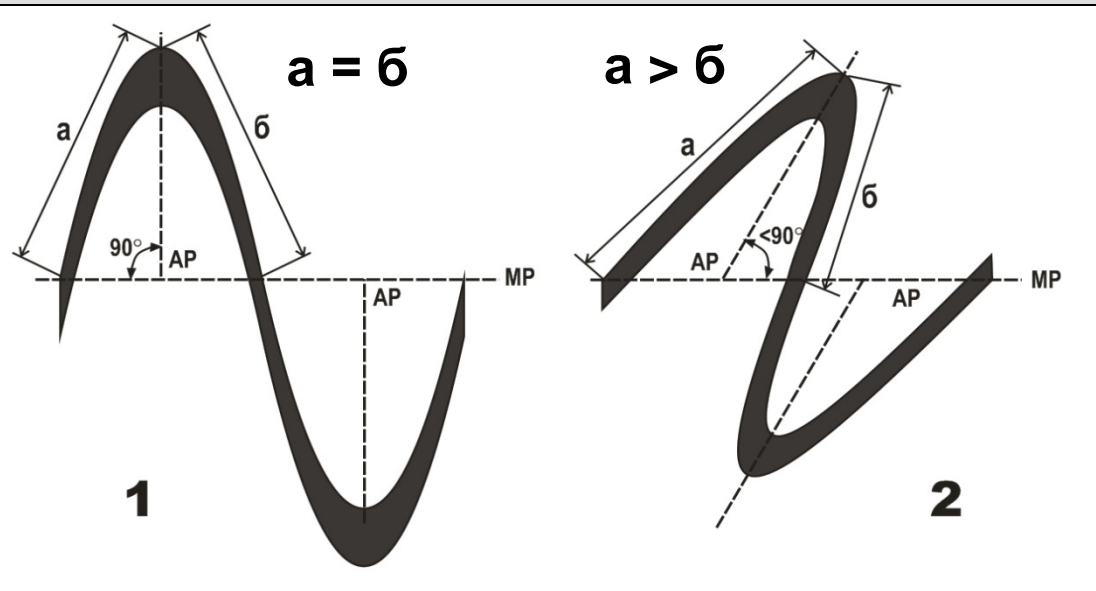
Image © 2009 TerraMetrics

33°02'16.48" С 0°08'44.51" В

Лекции и фото Ал.В. Тевелева
высота рельефа 1153 м

Складка концентрического типа. Атлас. Google Earth

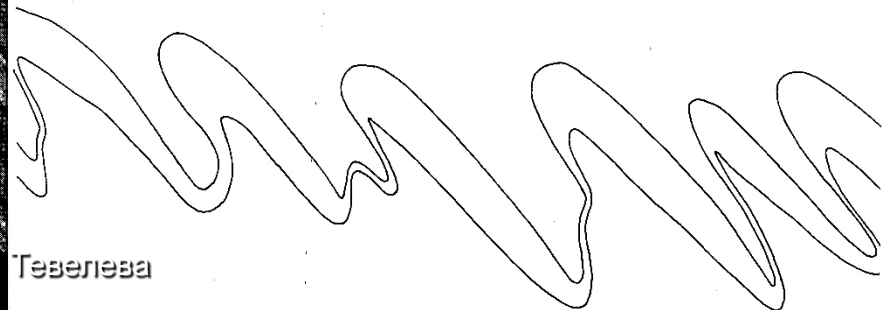
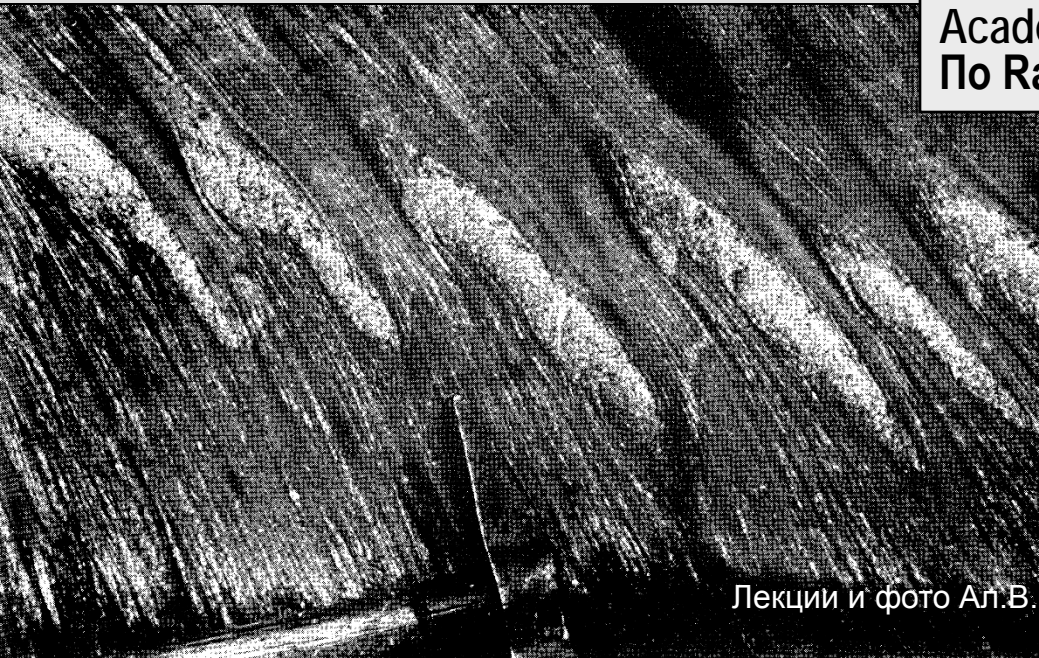
5. Угол между осевой и срединной поверхностями



1 – симметричные
(угол между срединной и осевой поверхностями 90° , крылья одинаковой длины)

2 – асимметричные
(угол между срединной и осевой поверхностями меньше 90° , крылья разной длины)

Асимметричные складки.
Academic press (London).
По Ramsay@Huber, 2001



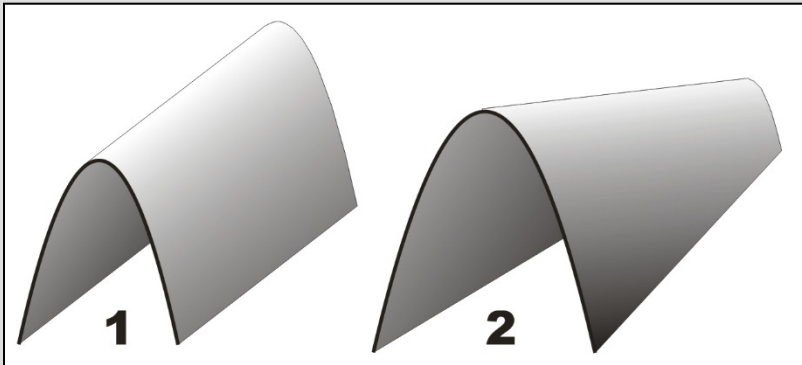
6. Объемная морфология замков

1 – цилиндрические (шарнир прямолинеен, а кривизна замка постоянна по всей длине складки);

2 – конические (складках шарнир прямолинеен, но кривизна замка постепенно изменяется вдоль шарнира);

3 – нецилиндрические (шарнир ундулирует)

Это **идеальные** модели, удобные для описания морфологических особенностей складок, однако природные объекты, как правило, могут быть лишь с той или иной степенью достоверности аппроксимированы этими моделями.



Серия цилиндрических складок.
Тянь-Шань. Фото Ю.А. Лиона

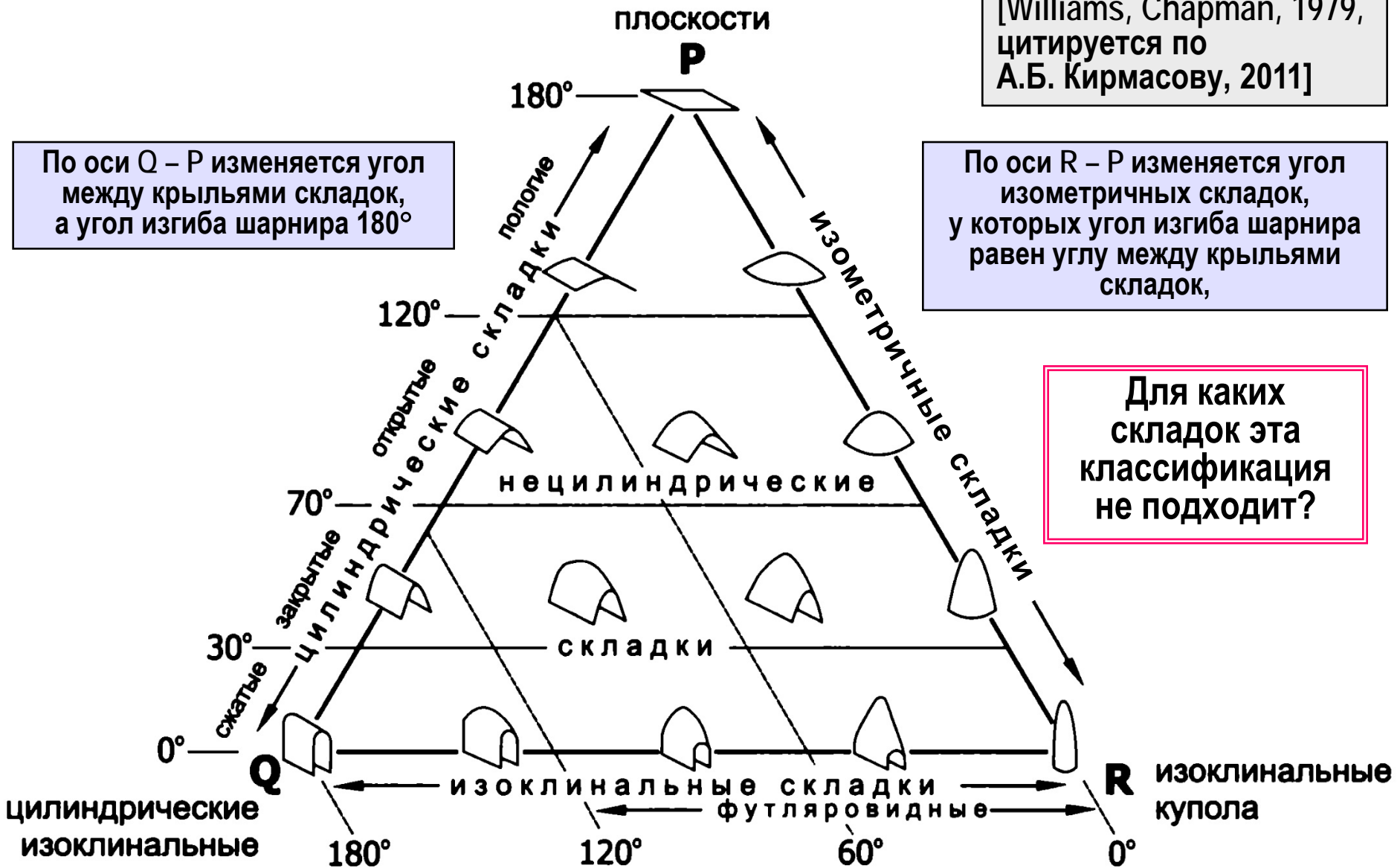


Коническая складка. Ю. Урал.
Фото Е.А. Сотниковой

Систематика складок на PQR-диаграмме [Williams, Chapman, 1979, цитируется по А.Б. Кирмасову, 2011]

По оси Q – P изменяется угол между крыльями складок, а угол изгиба шарнира 180°

По оси R – P изменяется угол изометричных складок, у которых угол изгиба шарнира равен углу между крыльями складок,



Для каких складок эта классификация не подходит?

По оси Q – R изменяется угол изгиба шарнира от 180 до 0°



Складки бывают и простыми, и очень сложными. Чтобы понять их строение и способы образования необходимо сначала их как-то систематизировать, для каждого типа изучить и смоделировать условия формирования, т.е. провести **ОЧЕНЬ** большую работу.

Сложные складки в мраморах



**Мраморная колонна
банка. Австрия. Вена**

Лекции и фото Ал.В. Тевелева

ПОТЕСТИРУЕМСЯ?

1. В каких двух поверхностях одновременно расположен шарнир складки?
2. В каких складках по "**линии перегиба**" пласт не перегибается?
3. Могут ли быть одинаковыми углы у изоклиальной складки и у сундучной?
4. В каких концентрических складках на отдельных участках изогоны могут быть параллельны друг другу?
Если "**да**", то – на каких именно участках? Если "**нет**", то – почему?
5. Если две огибающие поверхности серии складок не параллельны друг другу, а постепенно расходятся, какой линейный параметр складок при этом постепенно увеличивается?
6. В названии какой складки есть две sdвоенные согласные?
А две sdвоенные гласные?

Аккордеонные

Лекции и фото Ал.В. Тевелева

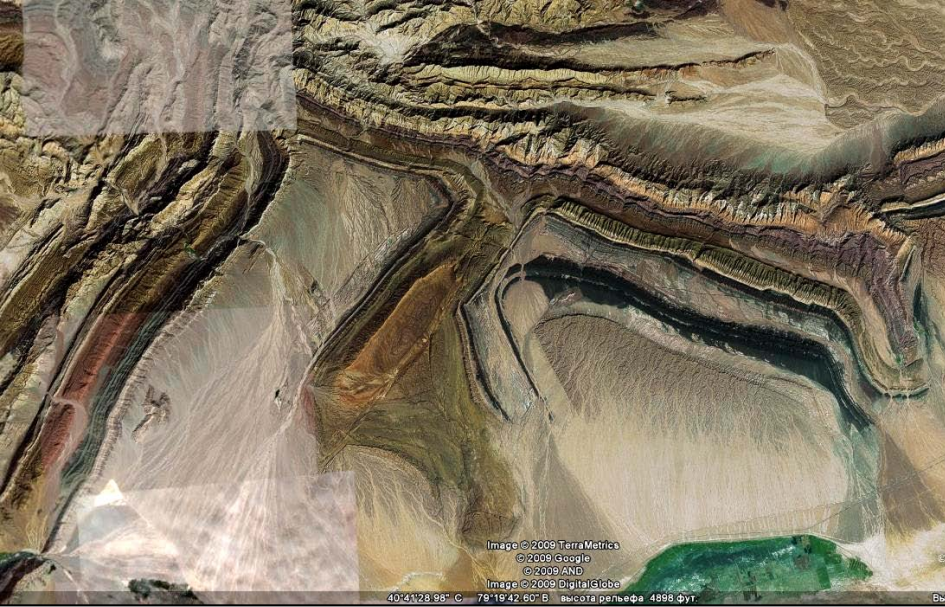
Веерообразные



**Назовите типы складок
по разным
классификациям**



Лекции и фото Ал.В. Тевелева



Назовите типы складок по разным классификациям





Назовите типы складок по разным классификациям



Назовите типы складок по разным классификациям

Назовите типы складок по разным классификациям



**Назовите типы складок
по разным
классификациям**

