

# Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 3

*«Наклонное залегание  
пластов»*

# Элементы залегания пласта

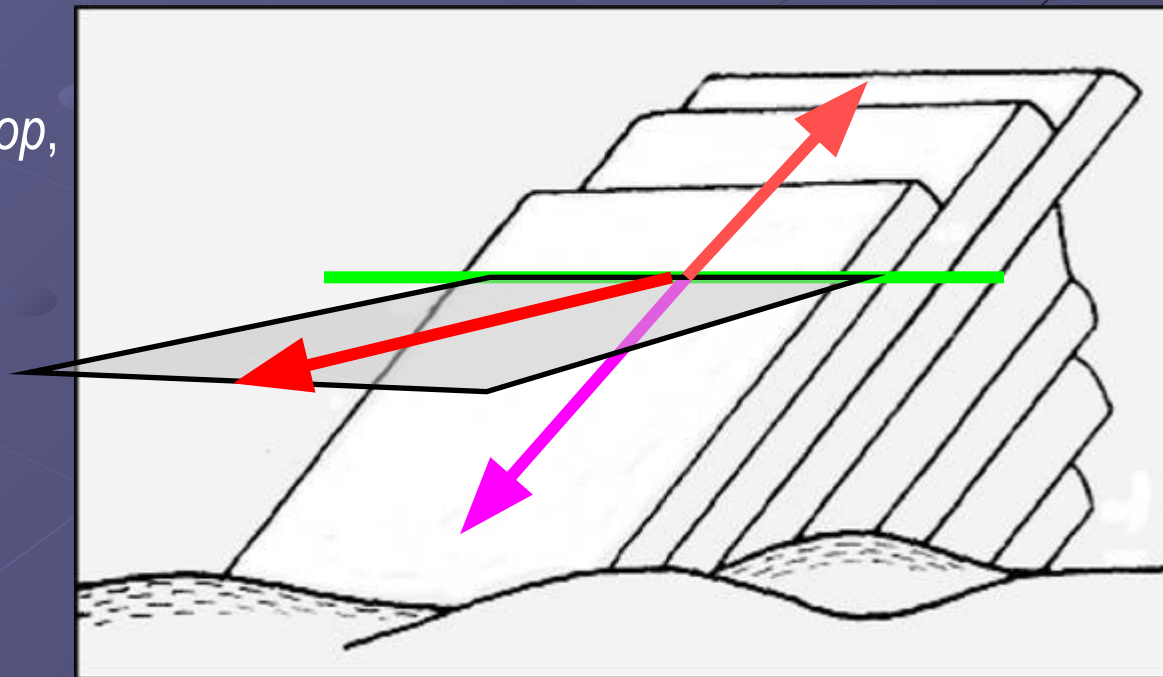
Ориентировка в пространстве *горизонтально* залегающего пласта задана по определению, его единственная изменяющаяся (и измеряемая!) характеристика – абсолютная высота. У пласта, залегающего *наклонно*, в разных его частях высота разная, для определения его положения в пространстве необходимо знать в какую сторону он погружается и под каким углом. Основные элементы геометрии пласта:

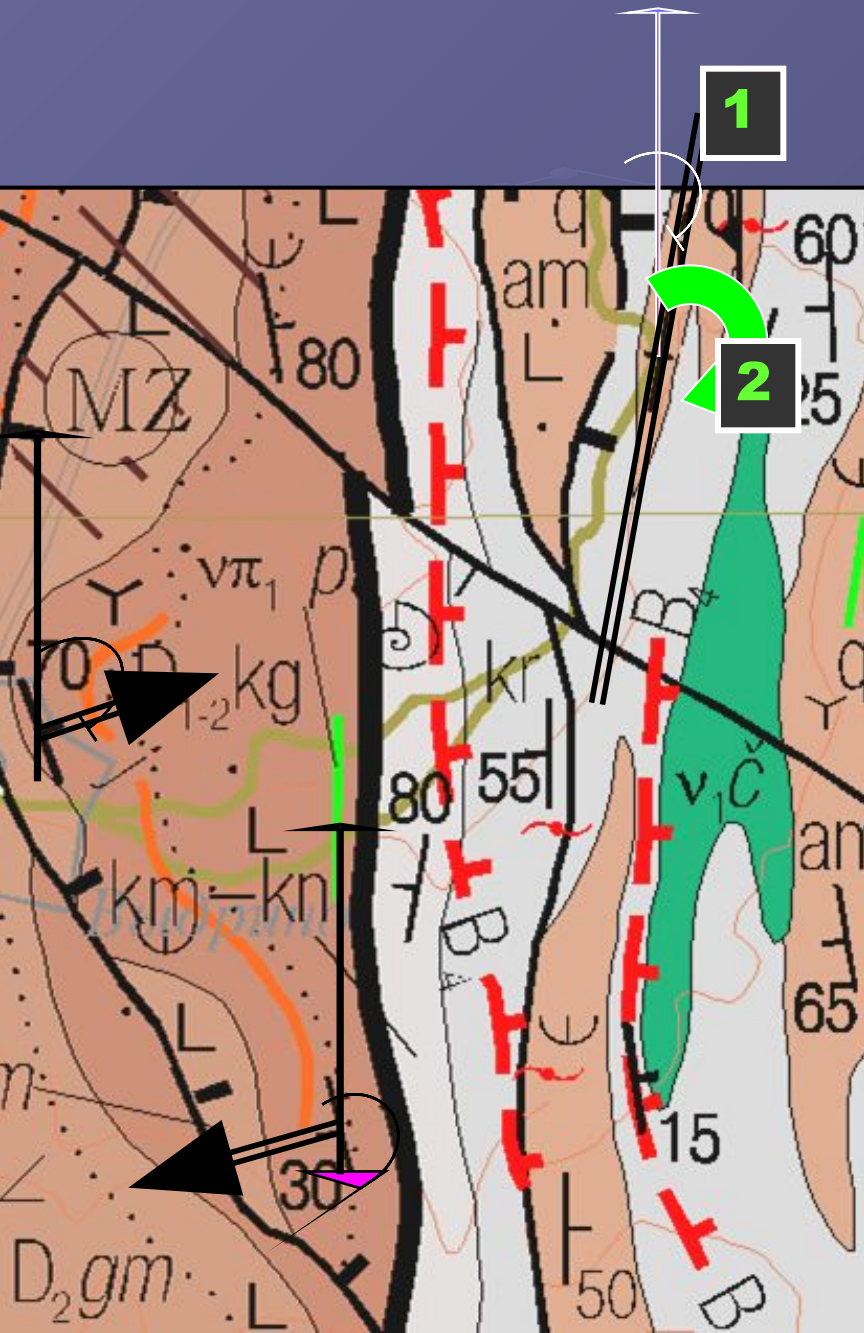
**Линия простирания** – любая горизонтальная линия на поверхности пласта, т.е. линия пересечения поверхности пласта с любой горизонтальной плоскостью)

**Линия падения (восстания)** – вектор на поверхности пласта, нормальный к линии простирания и направленный вниз (**вверх**)

**Направление падения** – вектор, проекция линии падения на горизонтальную плоскость

Угол падения – угол между поверхностью пласта и горизонтальной плоскостью, т.е. между линией падения и направлением падения)





**Азимут простирания** (правый векториальный угол между северным направлением истинного меридиана и линией простирания)

**ВВ!** Поскольку линия простирания скаляр, для нее могут быть измерены два *азимута простирания*, которые отличаются на **180°**. Тем не менее, принято записывать азимуты простирания в **северных** румбах, т.е. предпочтительнее писать **СЗ-325°**, а не ЮВ-145°, **СВ-30°**, а не ЮЗ-210°

**Азимут падения** (правый векториальный угол между северным направлением истинного меридиана и направлением падения)

**ВВ!** Поскольку направление падения – вектор, *азимут падения* может быть только один. Именно поэтому при определении элементов залегания наклонных слоев **ВСЕГДА** измеряют азимут падения!

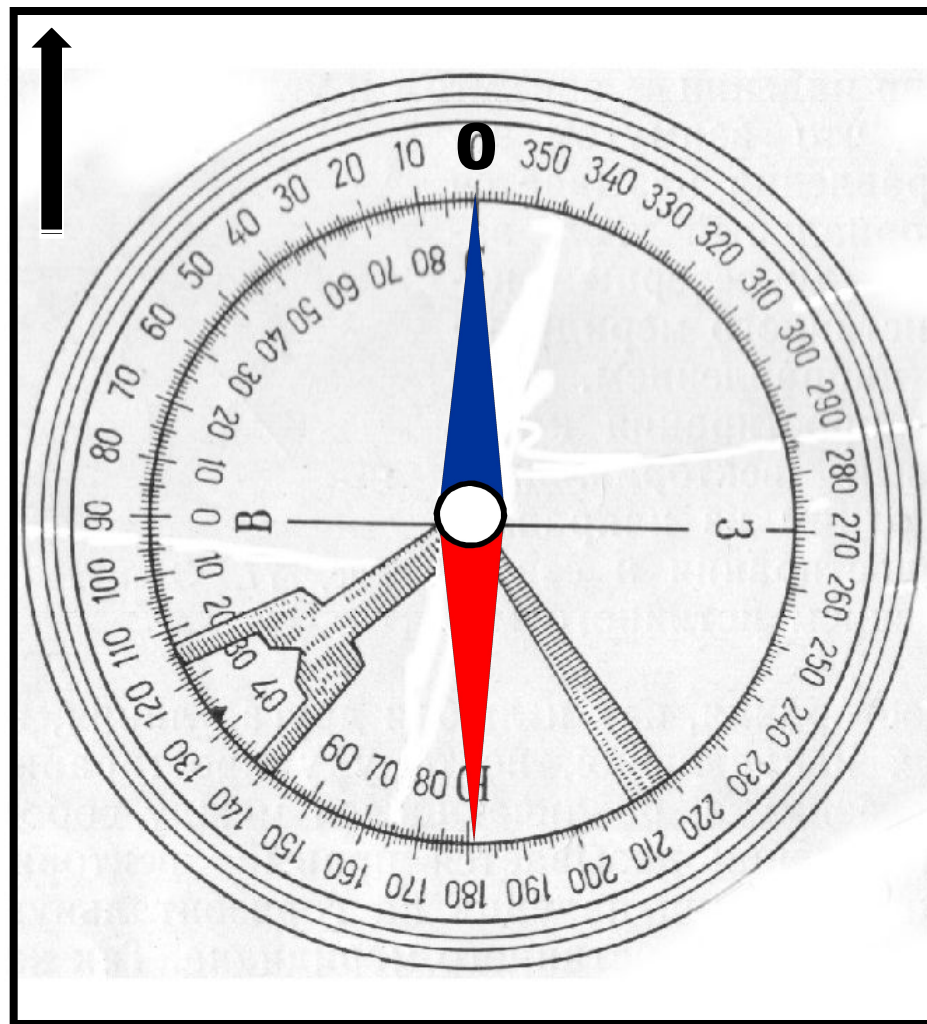
# Устройство горного компаса



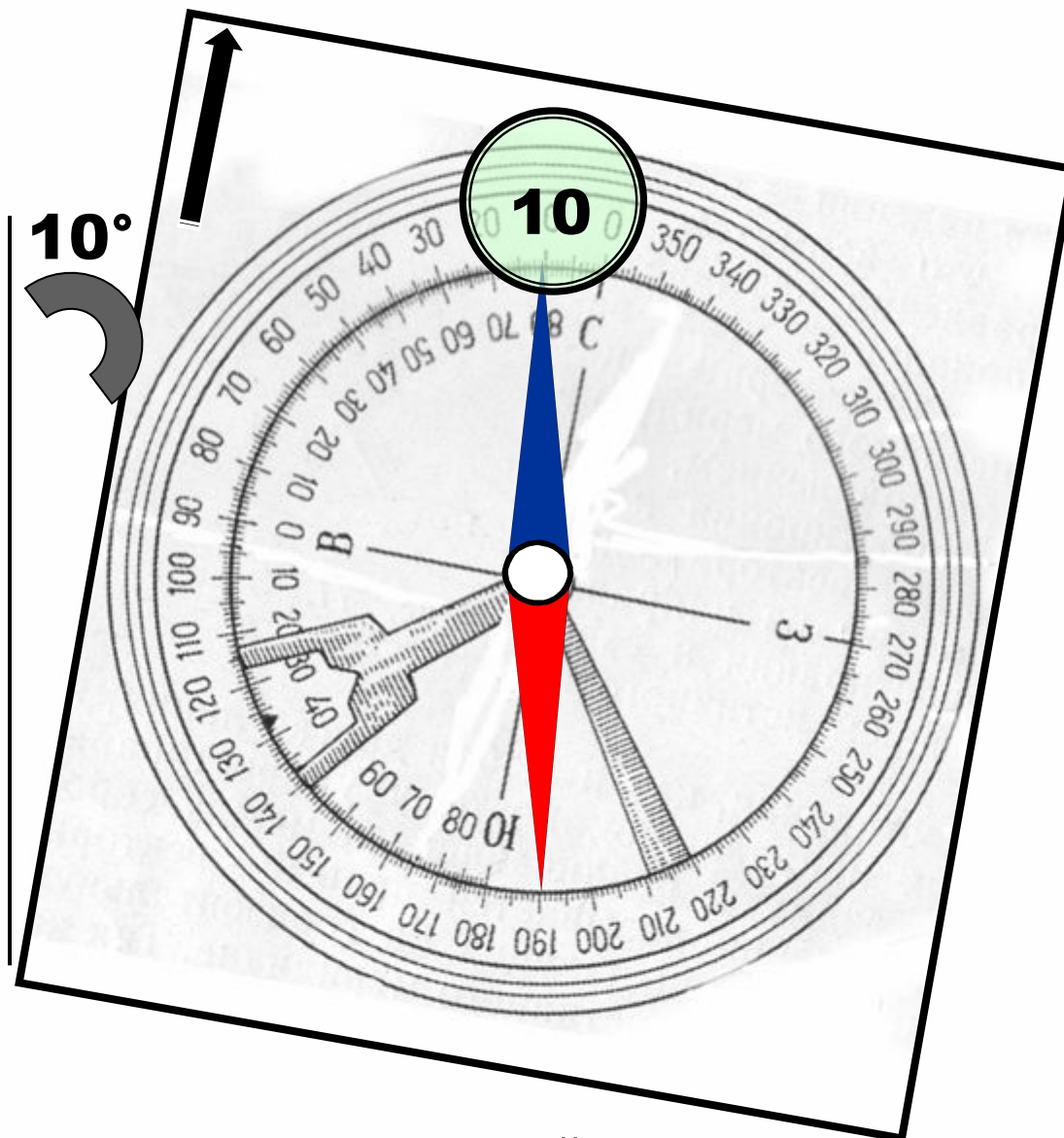
- 1 – пластина;
- 2 – лимб ( $0 - 360^\circ$ );
- 3 – магнитная стрелка;
- 4 – кнопка арретира магнитной стрелки;
- 5 – отвес (кнопка арретира на обратной стороне компаса);
- 6 – шкала отвеса ( $90^\circ - 0 - 90^\circ$ );
- 7 – пузырьковый уровень;
- 8 – зеркало,
- 9 – линейки;
- 10 – визирь;
- 11 – указатель магнитного склонения

**Тест № 1**  
**Чем отличается горный компас от обыкновенного?**

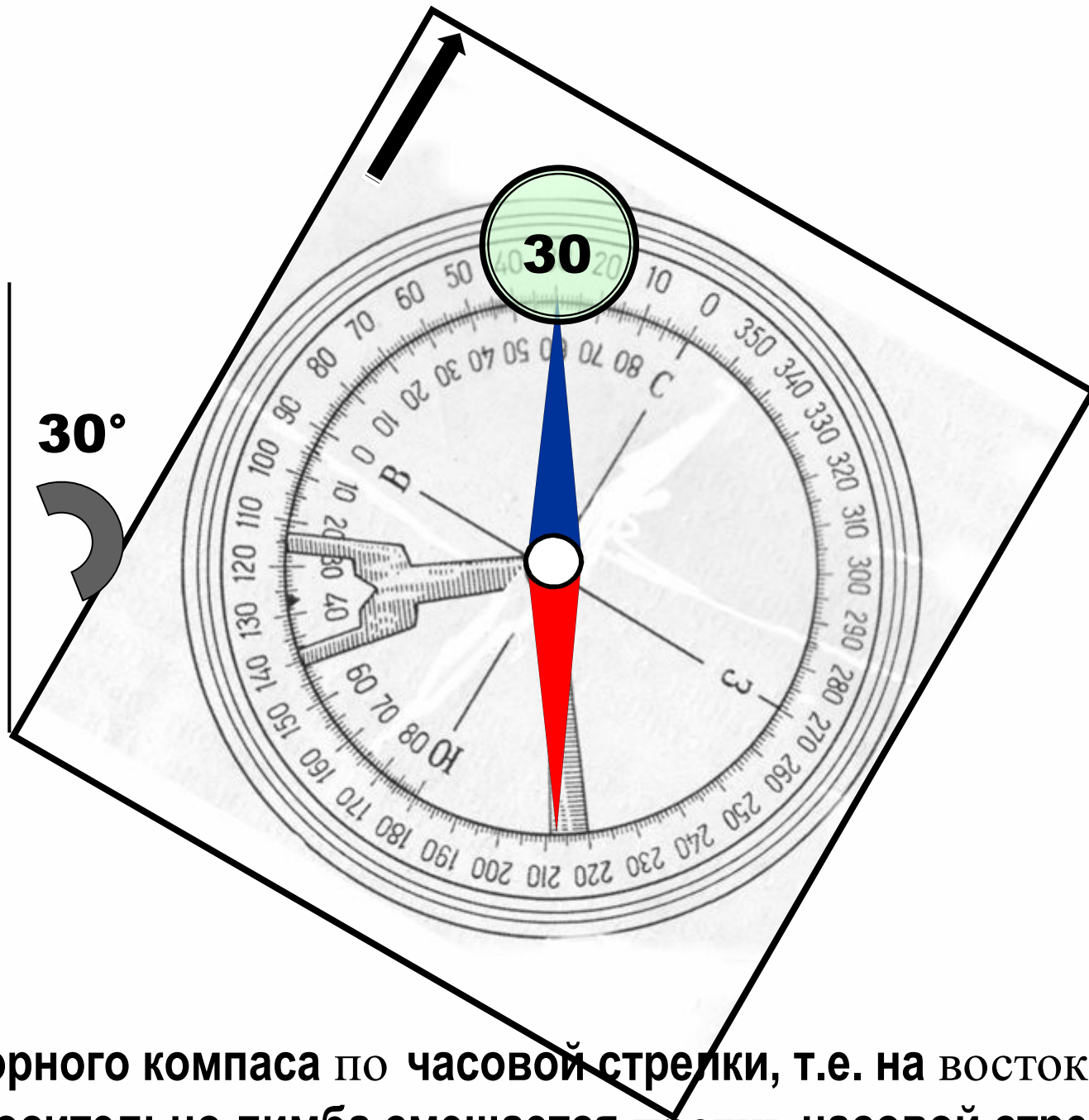
1. Горный компас всегда прямоугольный!
2. Разметка лимба **против** часовой стрелки!
3. Есть отвес!
4. Можно выставить магнитное склонение!



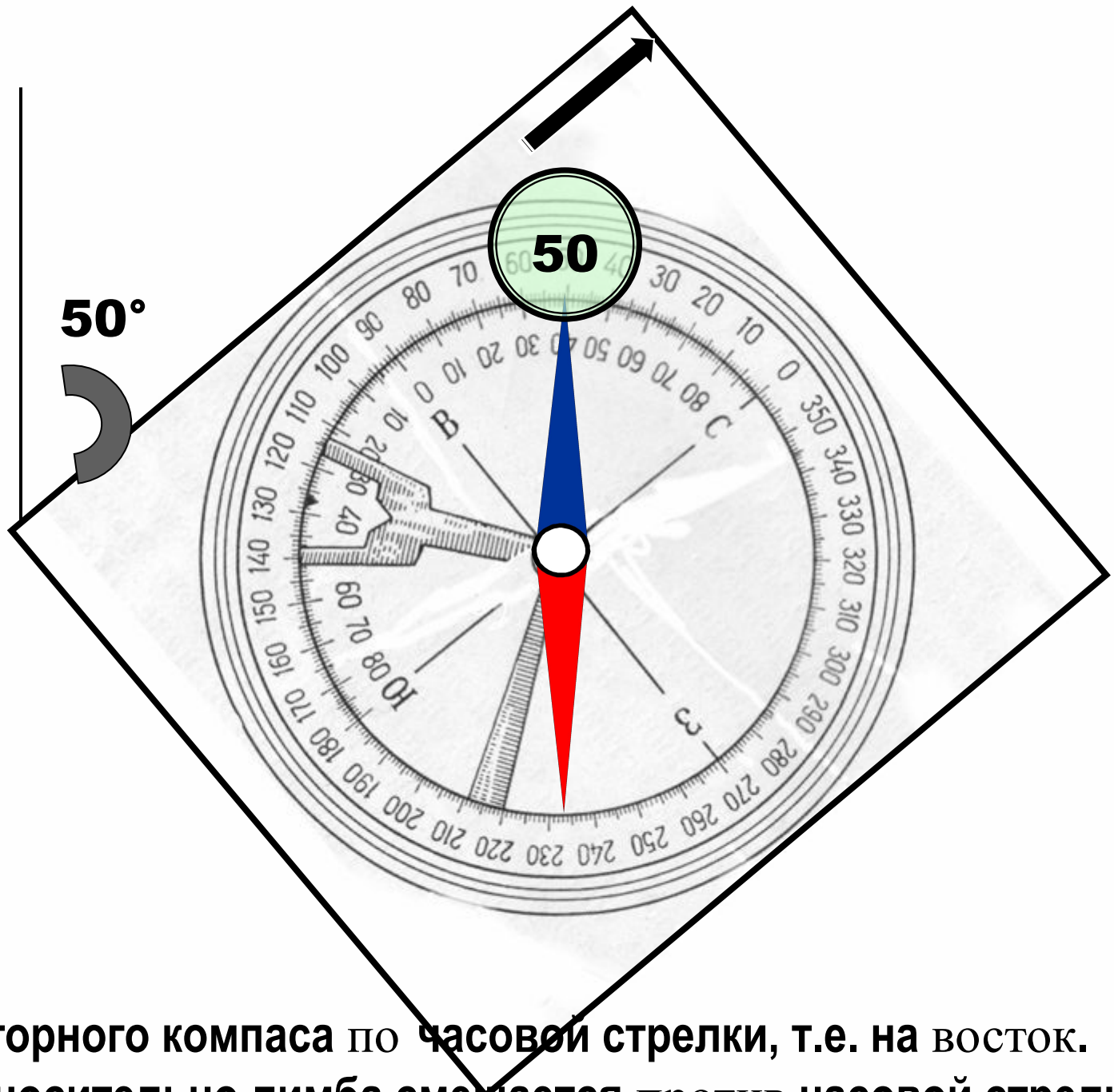
**Вращение горного компаса по часовой стрелки, т.е. на восток.  
Стрелка относительно лимба смещается против часовой стрелки.**



**Вращение горного компаса по часовой стрелки, т.е. на восток.  
Стрелка относительно лимба смещается против часовой стрелки.**

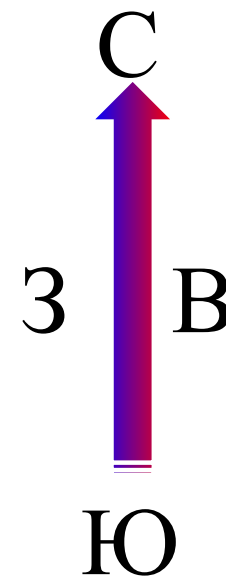
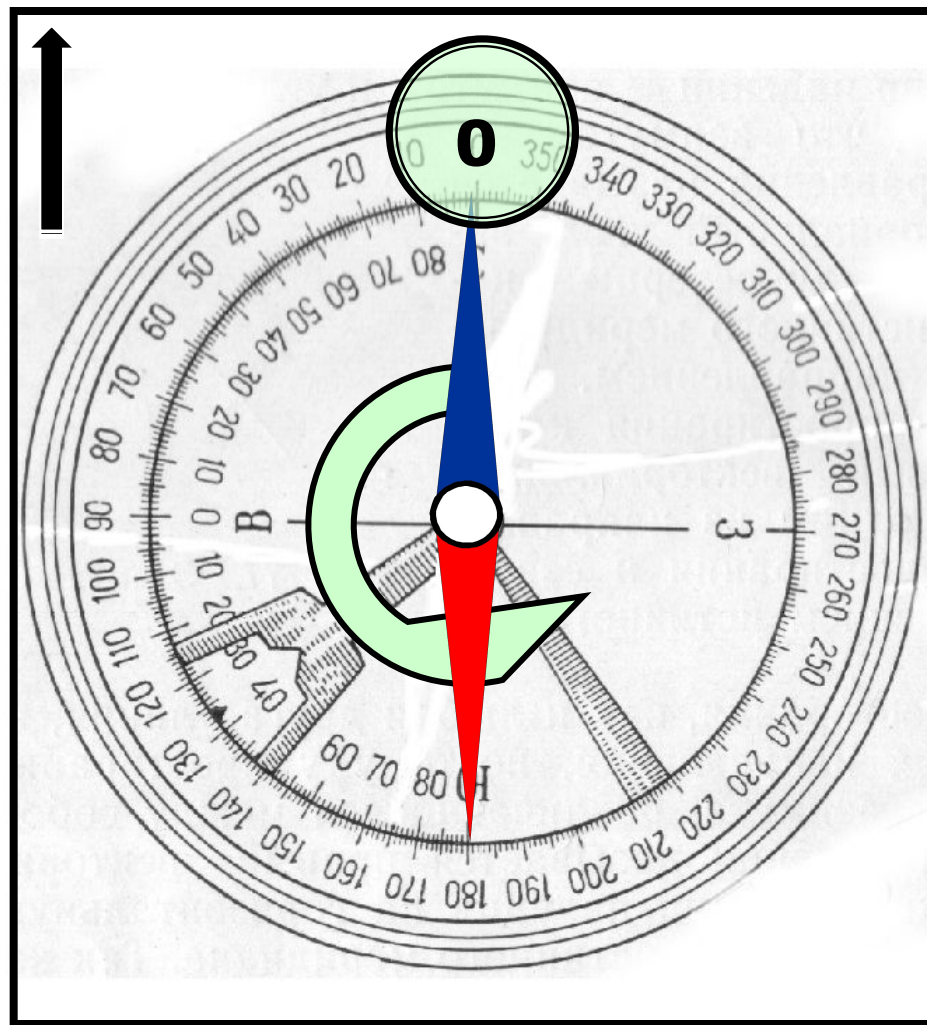


**Вращение горного компаса по часовой стрелки, т.е. на восток.  
Стрелка относительно лимба смещается против часовой стрелки.**

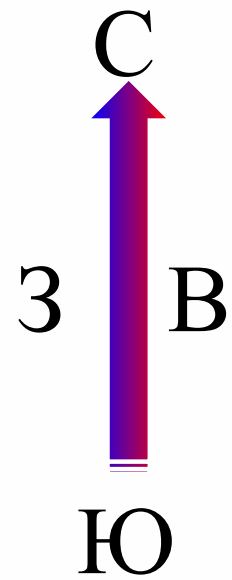
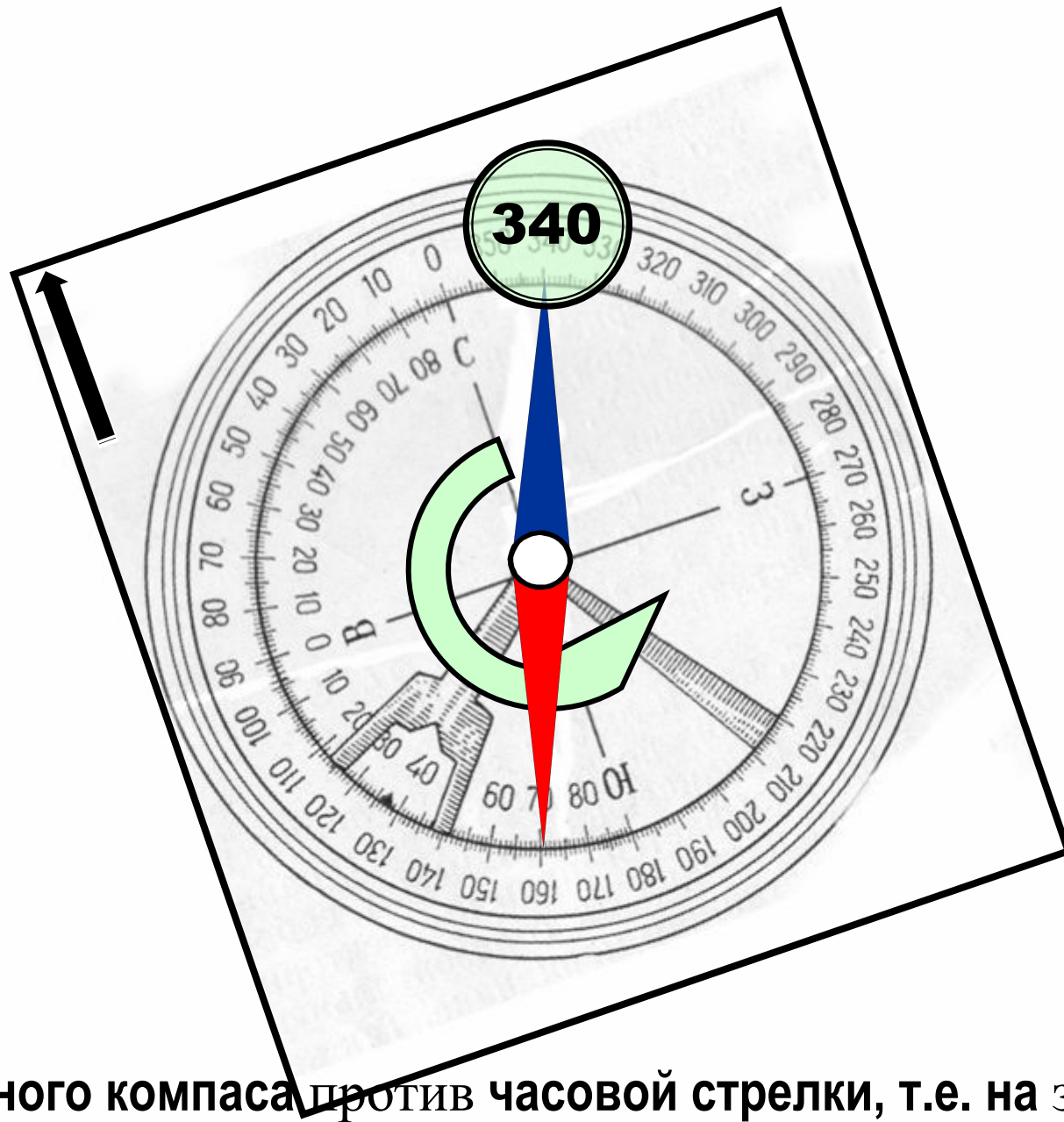


**Вращение горного компаса по часовой стрелки, т.е. на восток.  
Стрелка относительно лимба смещается против часовой стрелки.**

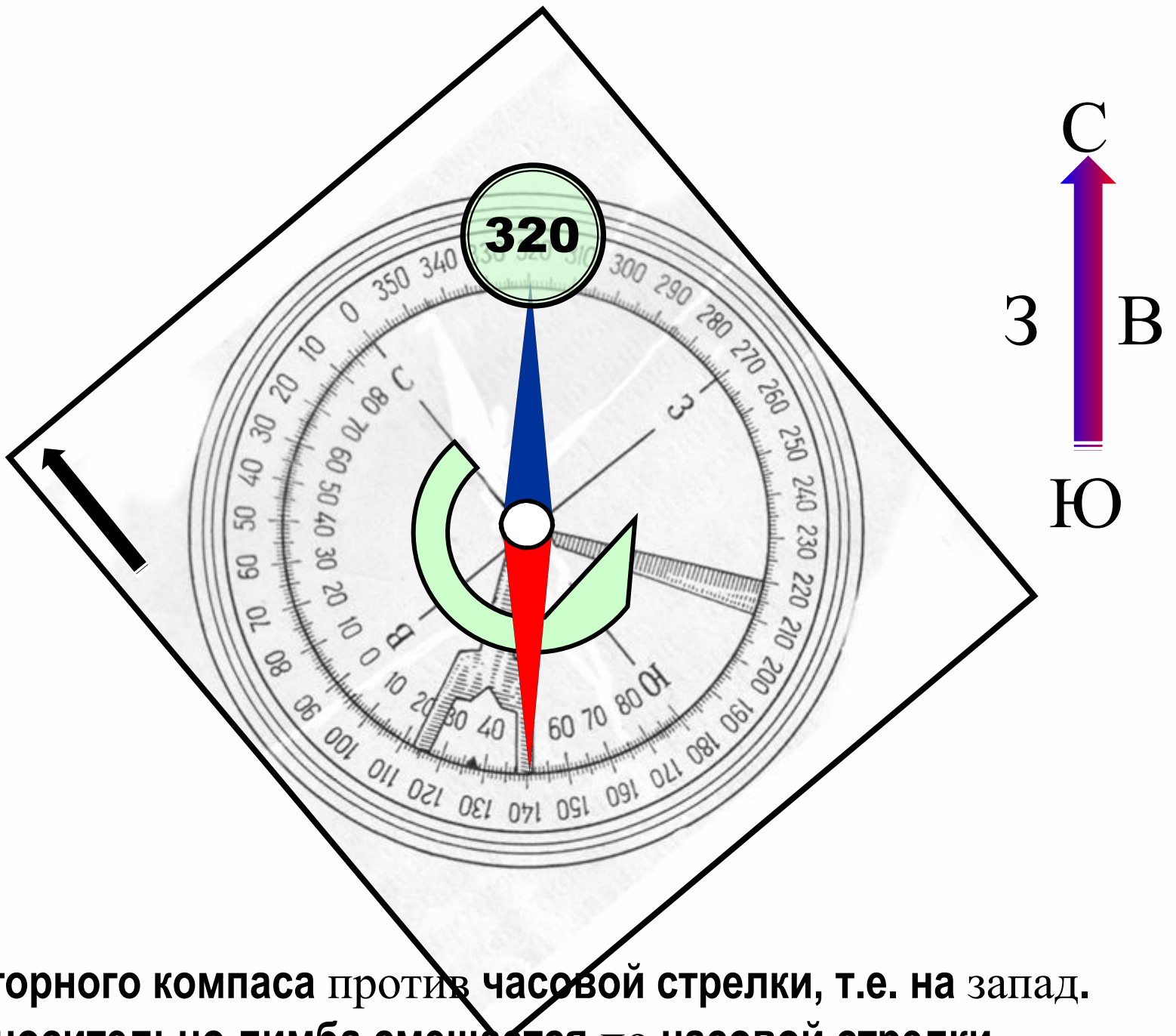




**Вращение горного компаса против часовой стрелки, т.е. на запад.  
Стрелка относительно лимба смещается по часовой стрелки.**

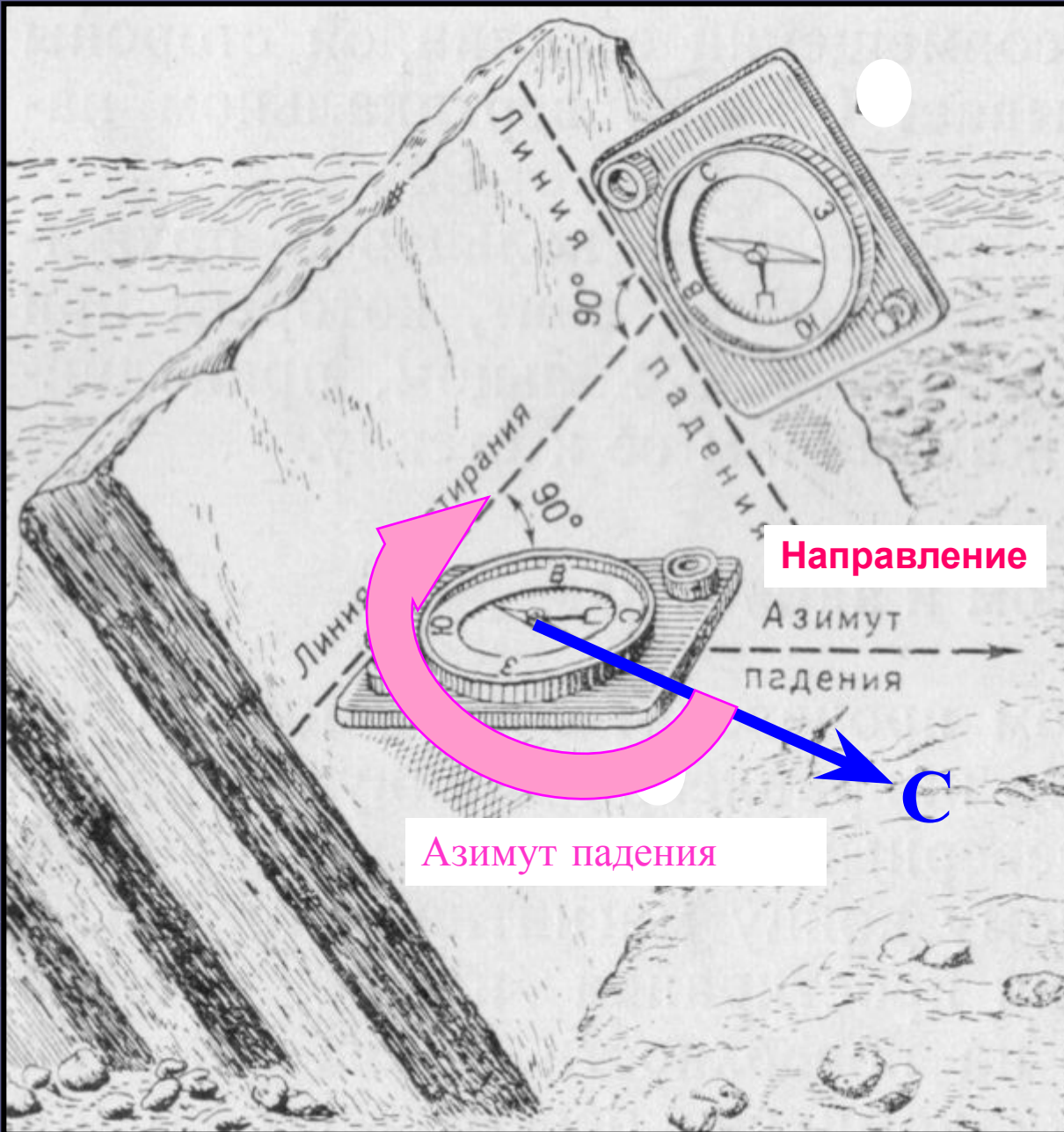


**Вращение горного компаса против часовой стрелки, т.е. на запад.  
Стрелка относительно лимба смещается по часовой стрелки.**



**Вращение горного компаса против часовой стрелки, т.е. на запад.  
Стрелка относительно лимба смещается по часовой стрелки.**

# Замеры элементов залегания горным компасом



1. Чтобы измерить азимут падения слоя, надо, **держа компас горизонтально** (контроль по уровню), приложить его короткой стороной к линии простирания, направив северным концом по направлению падения пласта и взять отсчет по северному концу стрелки.

Тест № 2  
**На рисунке есть ошибка. Где?**

2. Чтобы измерить угол падения слоя, надо, **держа компас вертикально**, приложить его длинной стороной к линии падения и взять отсчет по отвесу.

Ориентировка пласта относительно стран света: Л-Пд – линия падения; Л-Пр – линия простирания; Н-Пд – направление падения; С – направление на север; круговые стрелки: 1 – азимут падения, 2, 3 – азимуты простирания



Способ замера азимута падения слоя. Компас находится в горизонтальном положении (контроль – по уровню), а значит, приложен к линии простирания, ориентирован северным концом по направлению падения. Отсчет – по северному концу магнитной стрелки



**NB!** Результат замера немедленно записать в полевой дневник!

# Моноклинали. Определения

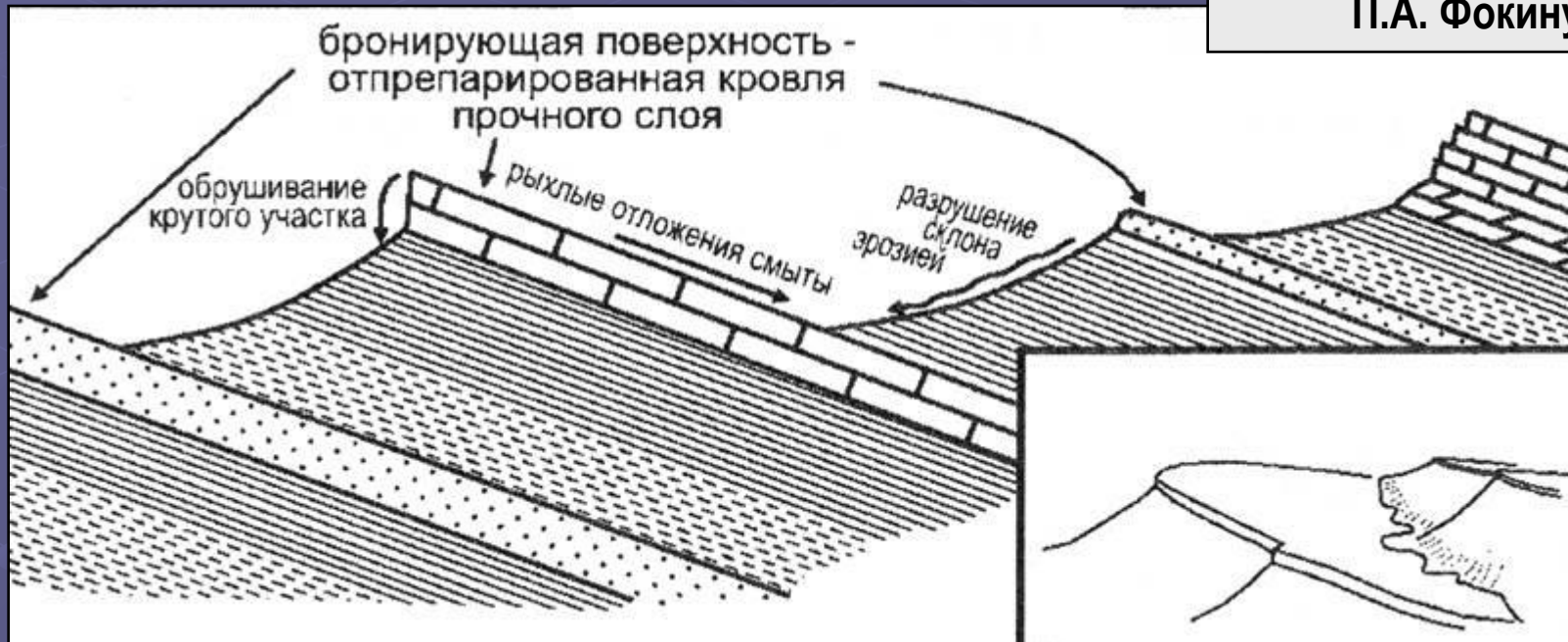
- – [от моно... и греч. klínō – наклоняю(сь)] форма залегания слоев горных пород, характеризующаяся их **пологим** наклоном в одну сторону; представляет собой обычно крыло какого-либо обширного и пологого поднятия или прогиба слоев (*БСЭ*)
- – [от греч. monos *один* и klino *наклоняюсь*] наклон земных слоев в одну сторону, что обычно для **осадочных горных пород**, прикрывающих склоны платформенных щитов; в рельефе моноклинали отчетливо выражены в виде **куэст** (*Геологический словарь*)
- – [от греч. monos — *один* и klino — *наклоняюсь*] форма залегания слоев горных пород, характеризующаяся их однообразным, преимущественно пологим, наклоном в одну сторону; в более узком смысле употребляется для обозначения любого участка крыла складки, в пределах которого угол и направление наклона слоев заметно не меняются (*Краткая географическая энциклопедия*)

Квеста (куэста) – форма асимметричного положительного рельефа.

Один склон квесты – выровненная наклонная поверхность, представленная кровлей пласта, бронирующего рельеф, а другой склон – крутой обрыв, вскрывающий полную мощность бронирующего пласта, а также расположенный под ним пласт или пачку пластов менее прочных пород.

Таким образом, один склон квесты всегда наклонен так же как пласт, а другой – в противоположную сторону

Схема строения квест (по П.А. Фокину)





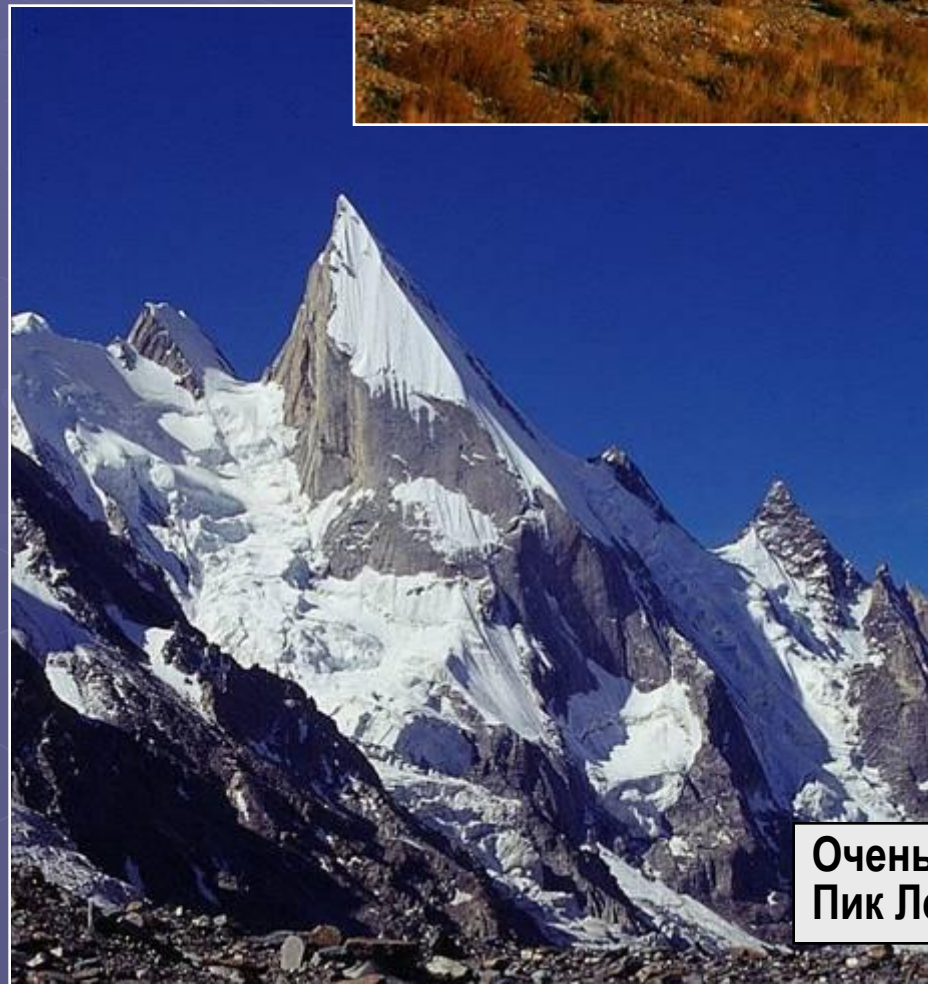
**Квесты, сложенные известняками. Крым. Беш-Кош**



**Квесты, сложенные известняками. Крым. Чуфут-Кале**



**Крутые квесты, сложенные известняками. Памир**



Углы наклона бронирующего склона квест могут колебаться от первых градусов до очень крутых!

**Очень крутые квесты.  
Пик Лейла. Каракорум**

**Пологая моноклираль,  
сложенная известняками.  
Ичмелер. Турция.**



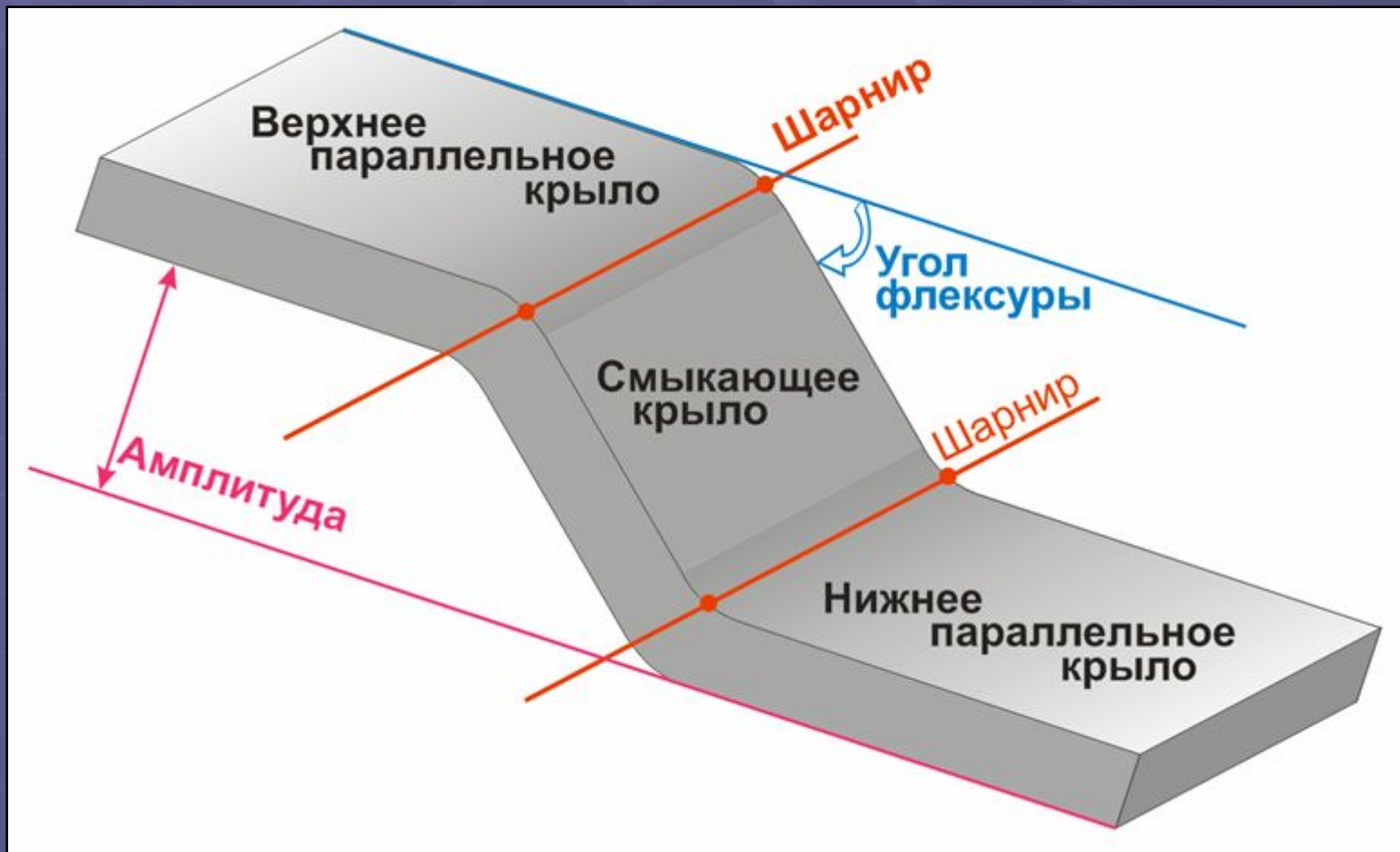
**Моноклиральное падение известняков  
карбона. Крыло крупной складки.  
Южный Урал**

## Флексура. Определения

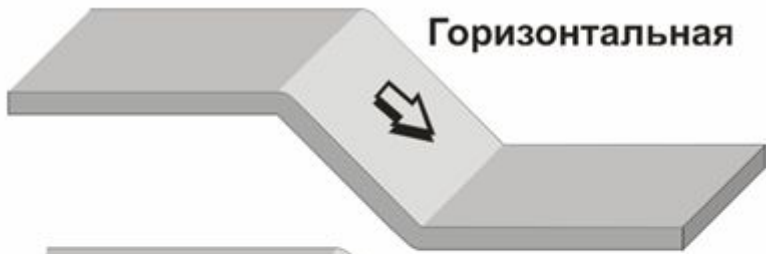
- (от латинского *flexura* – *изгиб*) тектоническая структура в виде ступенеобразного перегиба слоев горных пород (2-я БСЭ)
- пологий коленообразный изгиб, наблюдаемый как в разрезе, так и в плане (Д.С. Павлов, С-ПбГУ)
- изгиб слоев чехла без разрыва их сплошности и с сохранением параллельности крыльев (Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова)
- (от латинского *flecto* – *сгибаю*) изгиб или смещение участков земной коры в вертикальном направлении, без разрыва, но с растяжением слоев (Толковый Словарь Ушакова)
- коленообразный изгиб в слоистых толщах, выраженный наклонным положением слоев при общем горизонтальном залегании или более крутым падением на фоне общего наклонного залегания (А.Е. Михайлов)
- коленообразный изгиб слоев, сходный с изгибом ковра на ступеньке лестницы (1-я БСЭ, 1936)

# Геометрические элементы и типы флексур

Элементы флексуры: два параллельных крыла, смыкающее крыло, шарниры, углы наклона крыльев и амплитуда



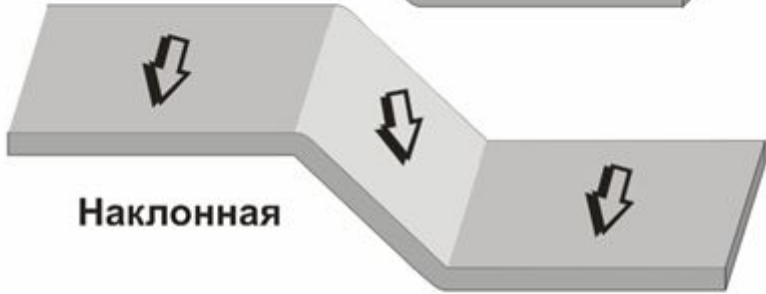
Горизонтальная



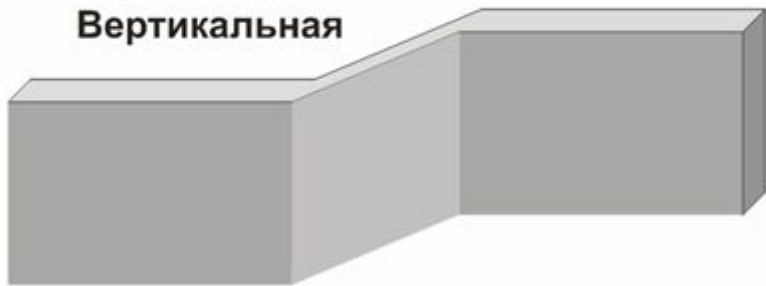
## По углу наклона шарнира:

- горизонтальная;
- наклонная;
- вертикальная

Наклонная



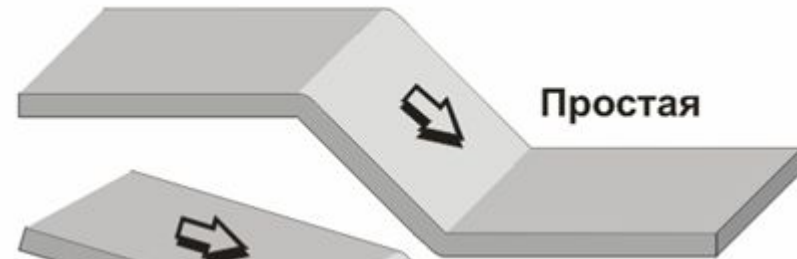
Вертикальная



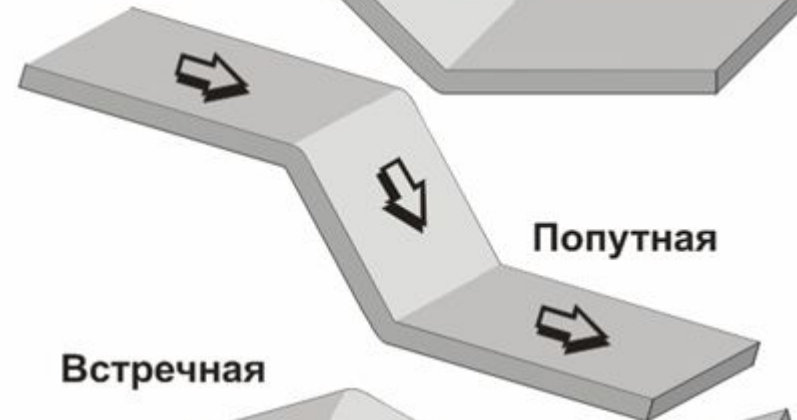
## По относительному углу наклона крыльев:

- простая;
- попутная;
- встречная

Простая

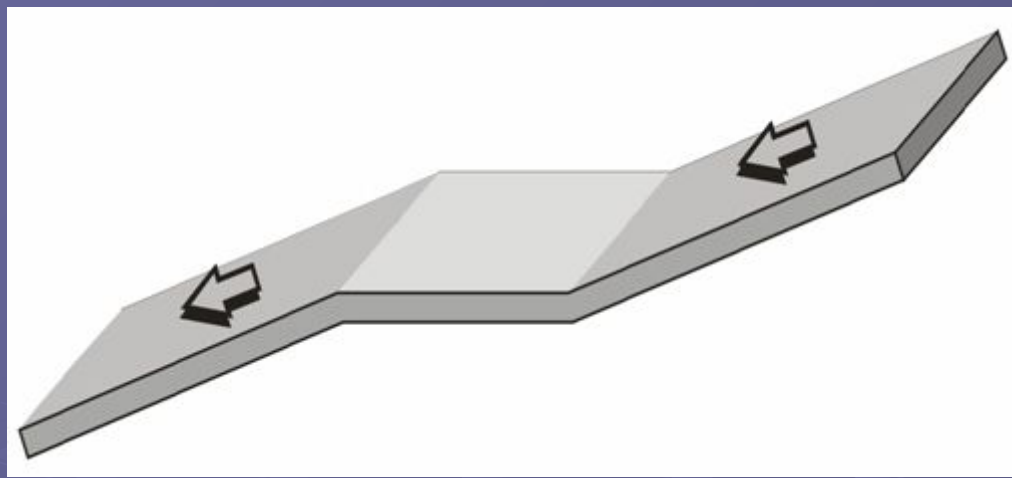


Попутная



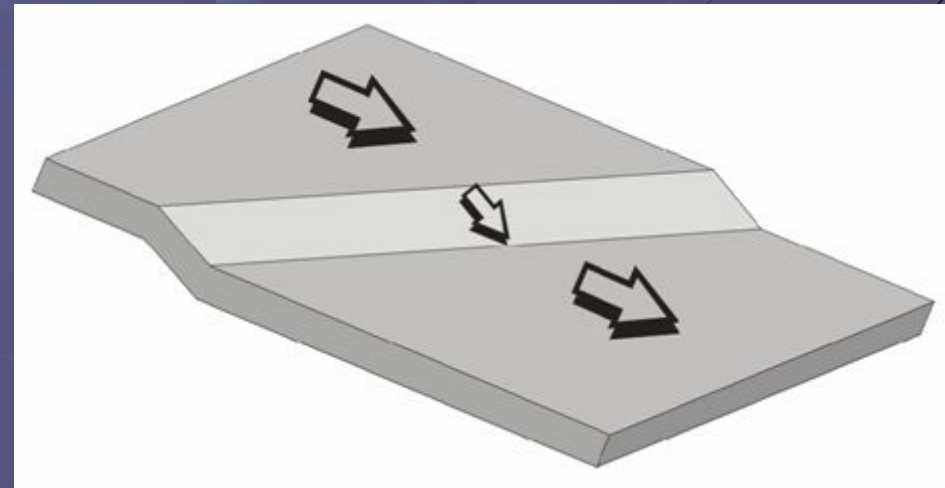
Встречная





Структурная терраса – флексура с горизонтальным смыкающим крылом, она занимает промежуточное положение между *попутной* и *встречной* флексурами

Косая флексура является аналогом *наклонной* (шарниры наклонны!), только рисуется она в сечении, перпендикулярном простиранию параллельных крыльев.



**NB!** Термины "согласная" вместо "попутная" и "несогласная" вместо "встречная" (по А.Е. Михайлову) не очень удачны!

Границей пласта называют линию пересечения подошвы или кровли пласта с поверхностью рельефа.

Выходом пласта на дневную поверхность называют полосу рельефа, заключенную между подошвой и кровлей пласта.

Граница пласта на геологической карте представляет собой проекцию реальной границы на горизонтальную плоскость, изображенную в масштабе карты

**Выходы слоев базальтовых  
туфов. О-в Санторин (Фира).  
Греция. Эгейское море.  
Фото А.Г. Кошелева**

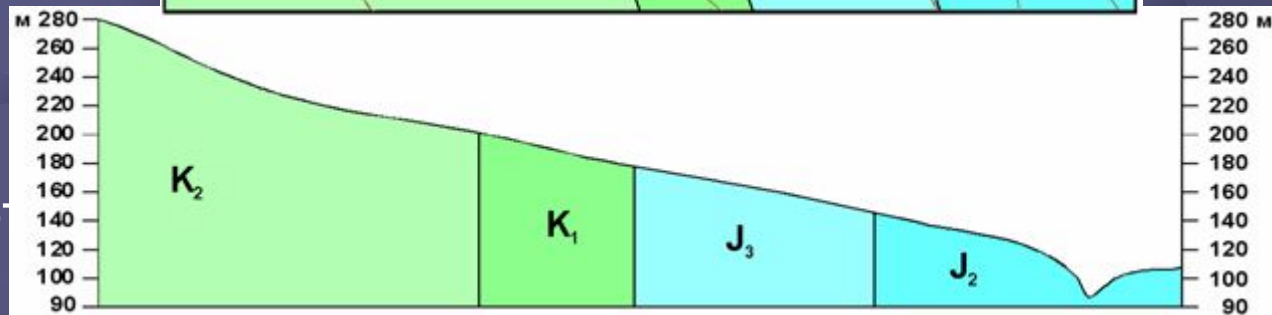
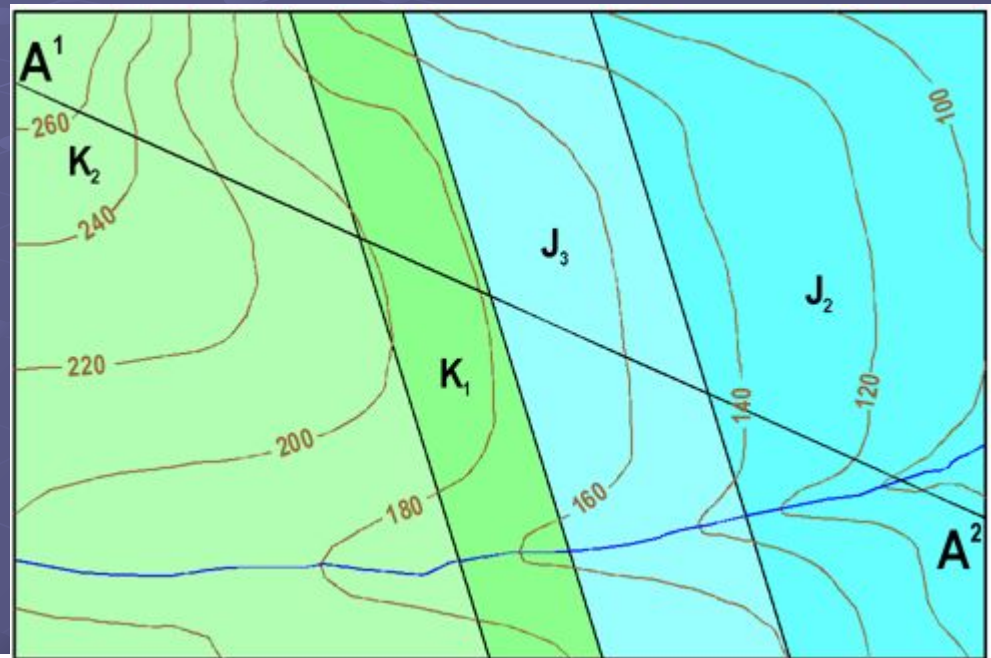


# Изображение на карте вертикального пласта

Напоминание: границы горизонтально залегающих пластов **конформны** горизонталям рельефа, т.е. рисунок границ горизонтальных пластов **всёцело зависит** от рисунка горизонталей рельефа.

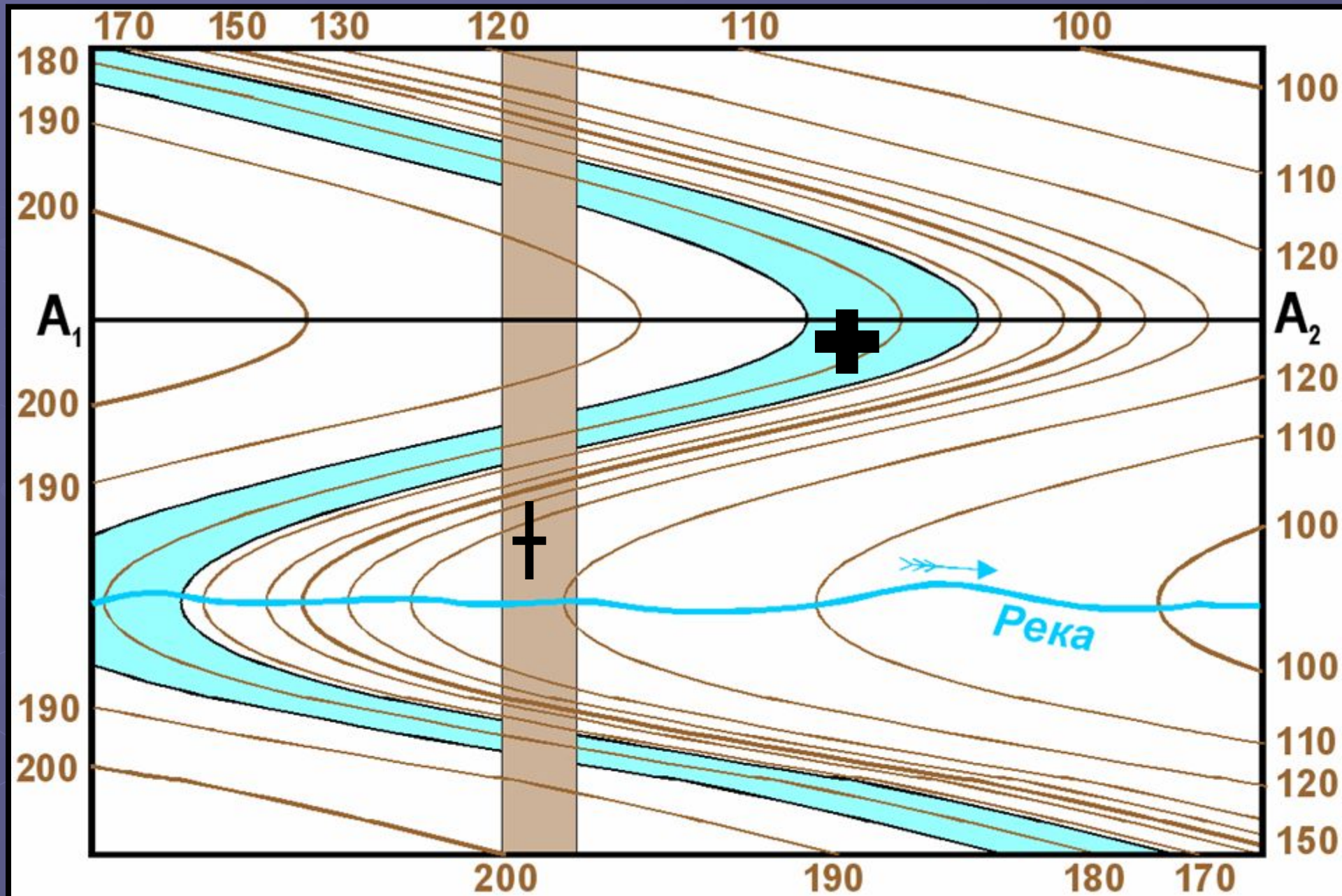
Границы вертикально залегающих пластов на всем протяжении сохраняют свое плановое расположение, поэтому любой рельеф вскроет их в одном и том же месте, и их положение на геологической карте не изменится.

Иными словами, рисунок границ вертикально залегающих пластов на геологической карте **совершенно не зависит** от рисунка горизонталей.





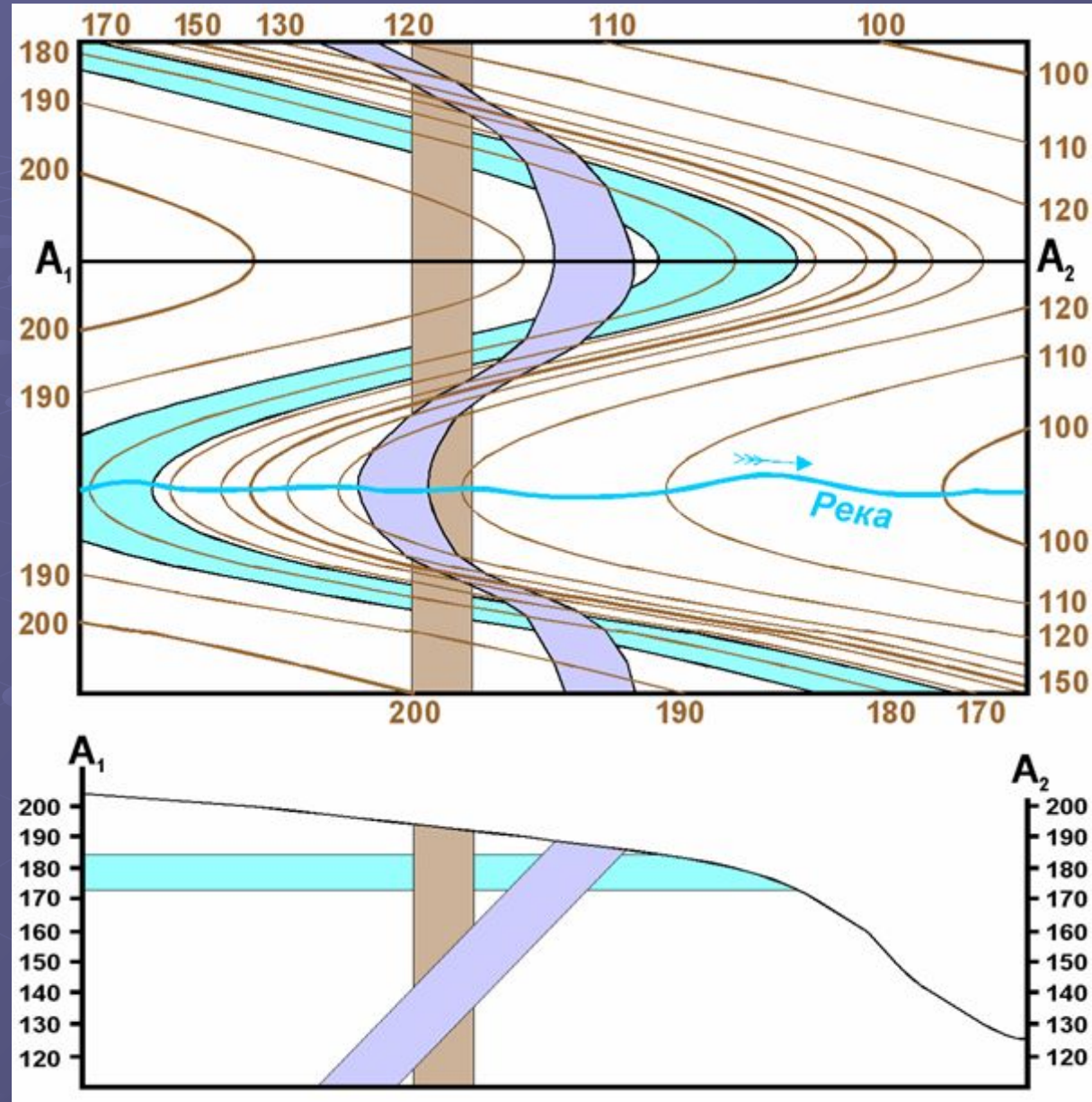
Карта с вертикальным и горизонтальным пластами



# Наклонный пласт на геологической карте

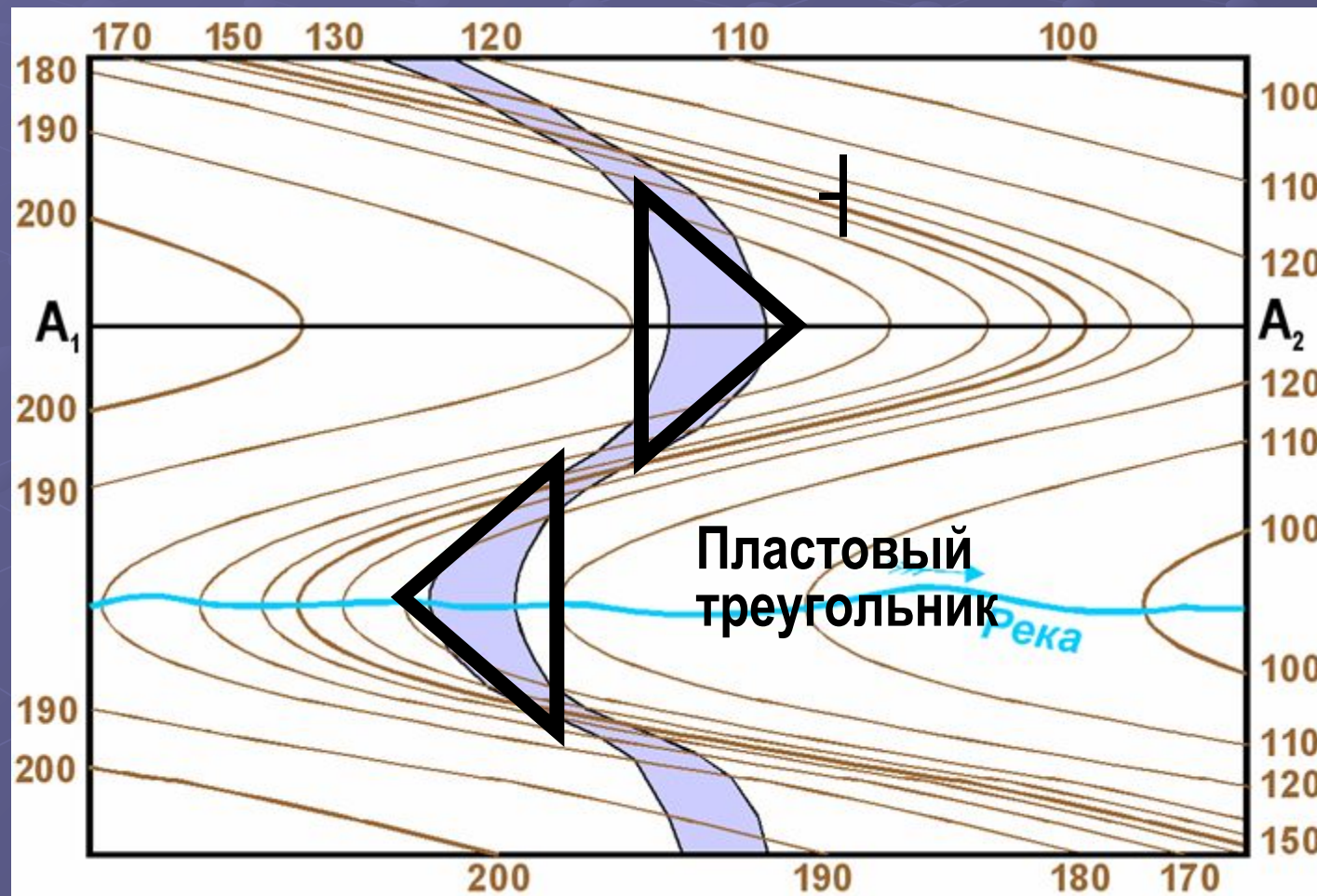
Конфигурация границ

**наклонно** залегающих пластов на геологической карте **зависит** и от угла наклона самих пластов, и от морфологии рельефа, т.е. от **соотношения угла наклона пласта и угла наклона склона**



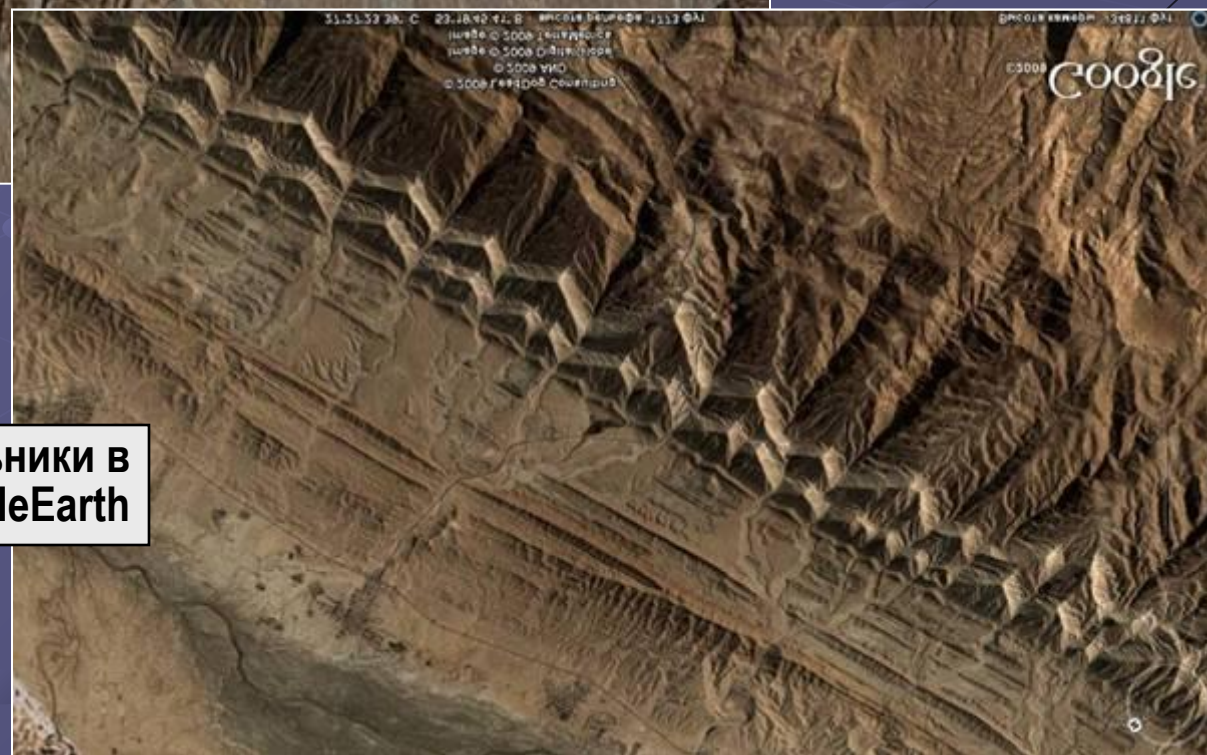
Выход пласта, наклоненного под склон, на карте занимает положение между выходами горизонтального и вертикального пластов, т.е. его выход "изогнут" в ту же сторону, что и горизонтали, но с меньшей кривизной

В долинах и на склонах выходы наклонно залегающих пластов создают своеобразные фигуры рельефа, которые условно называют "пластовыми треугольниками", хотя их форма и не всегда близка к треугольнику. Правило пластовых треугольников: «Пластовый треугольник в долине указывает направление падения пласта, а на водоразделе – направление восстания»



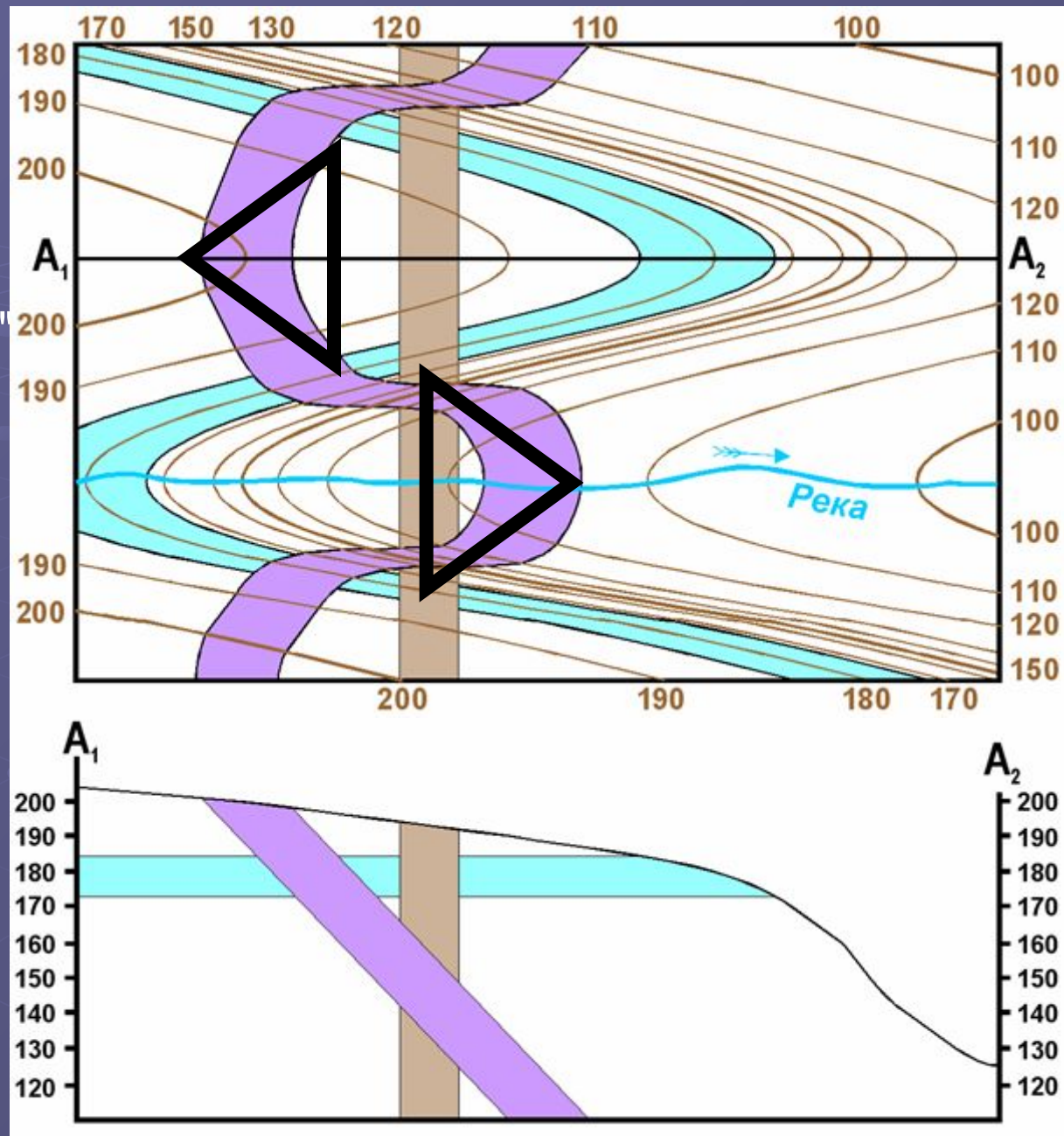


Пластовые треугольники в  
моноклинали. Китай. GoogleEarth



Пластовые треугольники в  
моноклинали. Загрос. GoogleEarth

Выход пласта, наклоненного так же, как склон, но круче склона, на разрезе занимает положение вне выходов горизонтального и вертикального пластов, т.е. выход пласта "изогнут" в другую сторону, чем горизонтали.



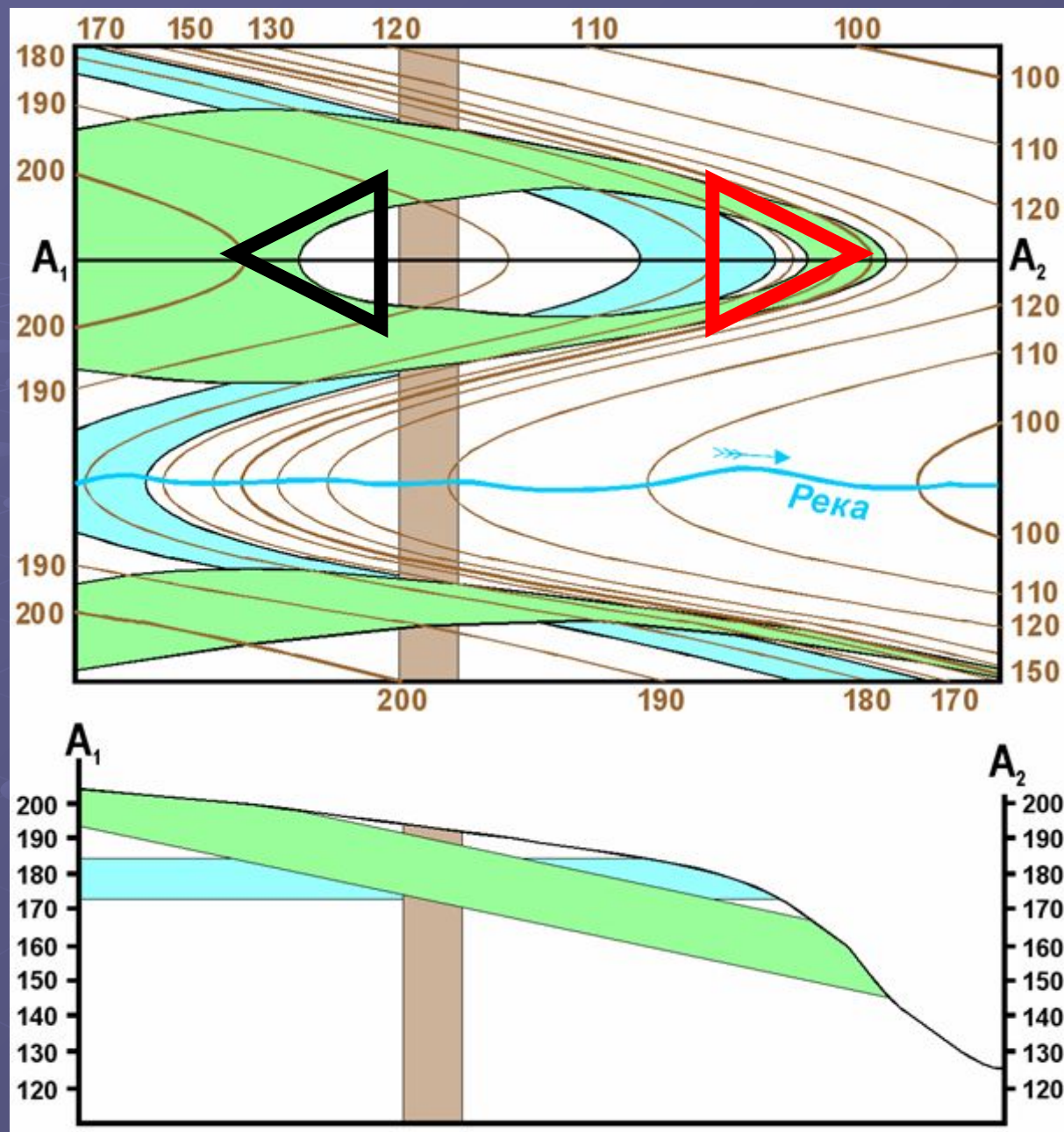
Правило пластовых треугольников: «Пластовый треугольник в долине указывает направление падения пласта, а на водоразделе – направление восстания» и в этом случае "работает"

# Особые случаи соотношения углов наклона пласта и рельефа

1. Выход полого  
наклоненного пласта, на  
разрезе возвышенности  
(на западе – круче  
склона, на востоке –  
положе склона).

На востоке, где пласт падает  
в ту же сторону, что и  
склон, но положе его, его  
выход "изогнут" в ту же  
сторону, что горизонтали,  
но с большей кривизной!

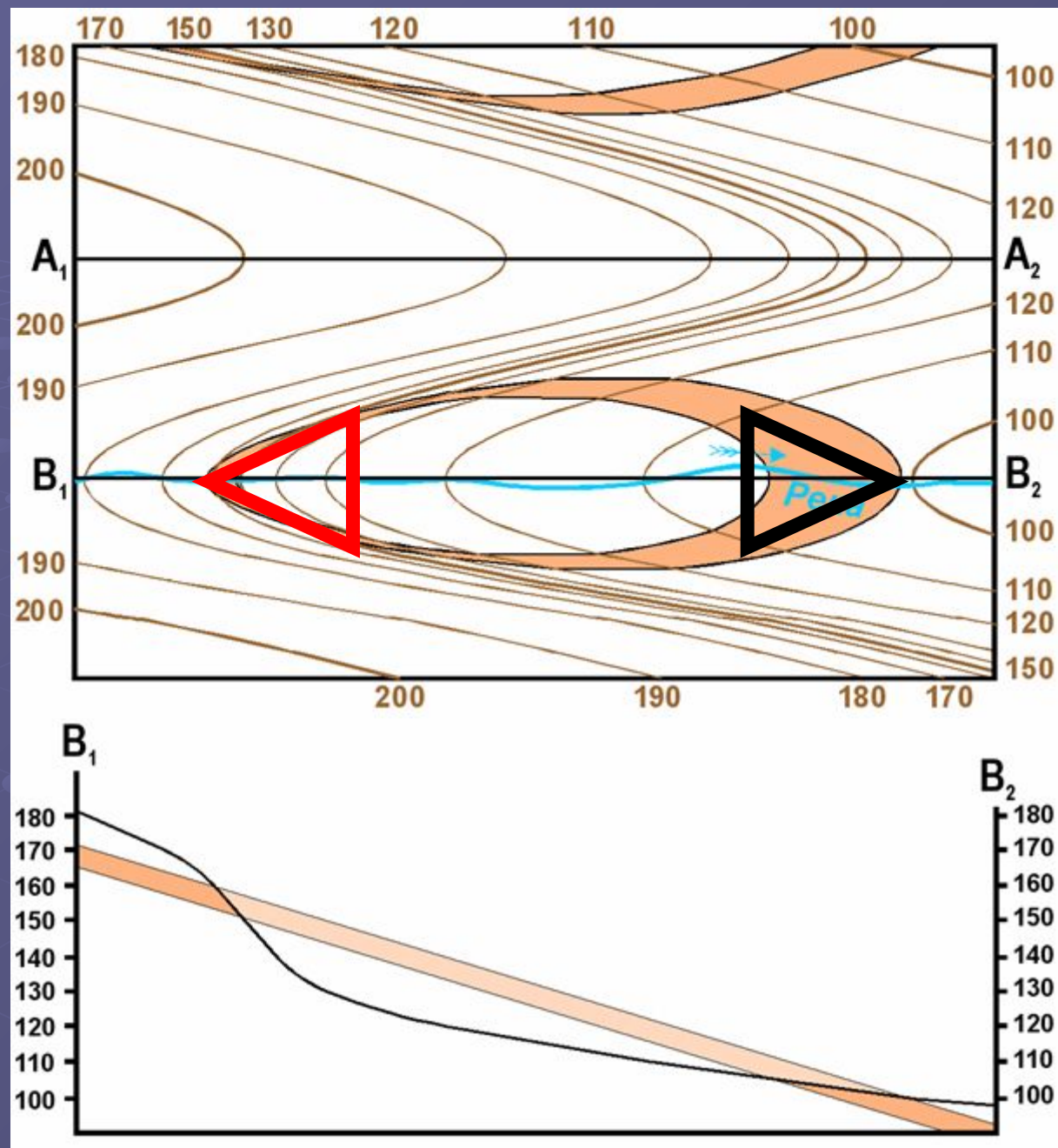
Поэтому – «**Пластовый  
треугольник на  
водоразделе** показывает  
направление падения  
пласта!»



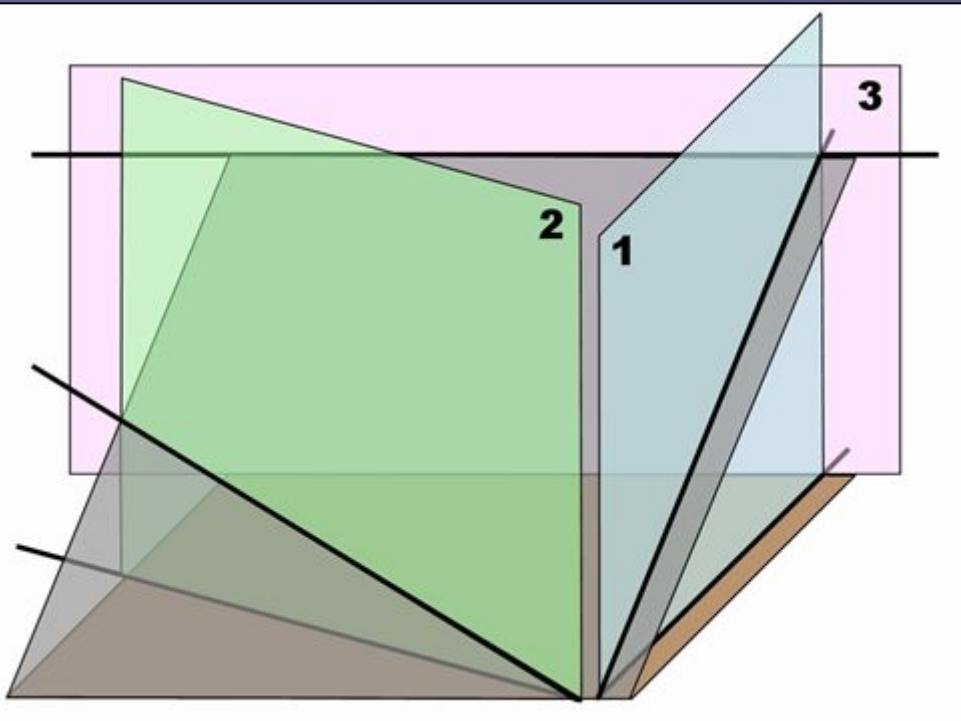
2. Выход полого наклоненного пласта на разрезе долины (на западе положе склона, на востоке – круче склона)

На западе, где пласт падает в ту же сторону, что и склон, но положе его, его выход "изогнут" в ту же сторону, что стороны, что горизонтали, но с большей кривизной!

В этом случае – «Пластовый треугольник в долине показывает направление восстания пласта!»



# Немного геометрии наклонного пласта



**1** вертикальная плоскость сечет наклонный пласт вкрест простирания;

**2** вертикальная плоскость сечет наклонный пласт косо к простиранию;

**3** вертикальная плоскость сечет наклонный пласт по простиранию.

Угол падения пласта на разрезе **1** равен истинному углу падения.

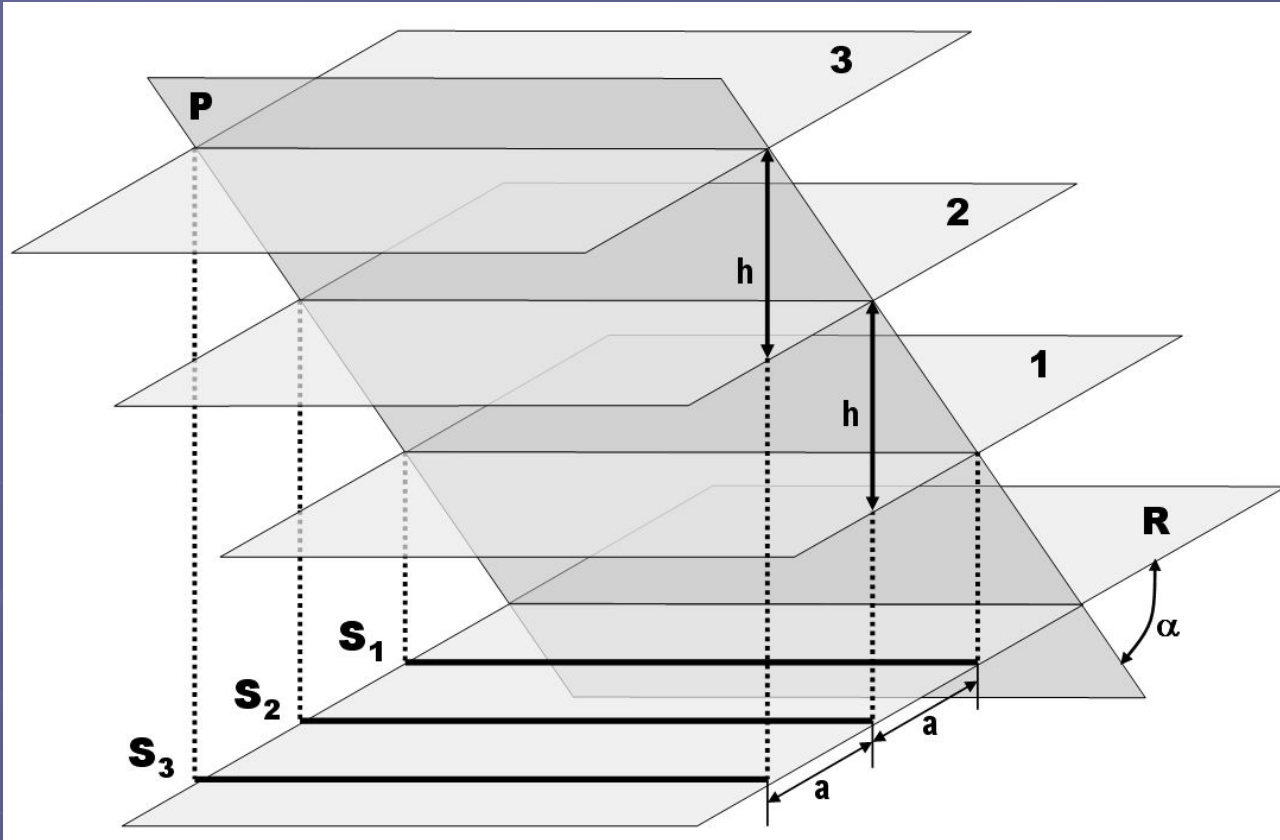
Угол падения пласта на разрезе **3** равен нулю, т.е. наклонный пласт будет выглядеть горизонтальным.

Угол падения пласта на разрезе **2** всегда меньше истинного угла падения и больше нуля, т.е. чем ближе положение разреза к направлению падения, тем угол падения пласта на разрезе ближе к истинному, чем ближе положение разреза к направлению простирания, тем угол падения пласта на разрезе ближе к нулю!



# Стратоизогипсы

При решении задач структурной геологии часто используется универсальный инструмент – построение линий равных высот поверхности пласта, или *стратоизогипс*, которые являются аналогами горизонталей рельефа, только проводятся для поверхности пласта



Стратоизогипса – проекция на горизонтальную поверхность линии простирания, проведенной на заданной высоте, т.е., имеющей заданную абсолютную отметку.

Шаг стратоизогипс – заданная разница между значениями высот соседних стратоизогипс. Обычно стратоизогипсы проводят с единым шагом.

Заложение стратоизогипс – кратчайшее расстояние между соседними стратоизогипсами.

# Свойства стратоизогипс

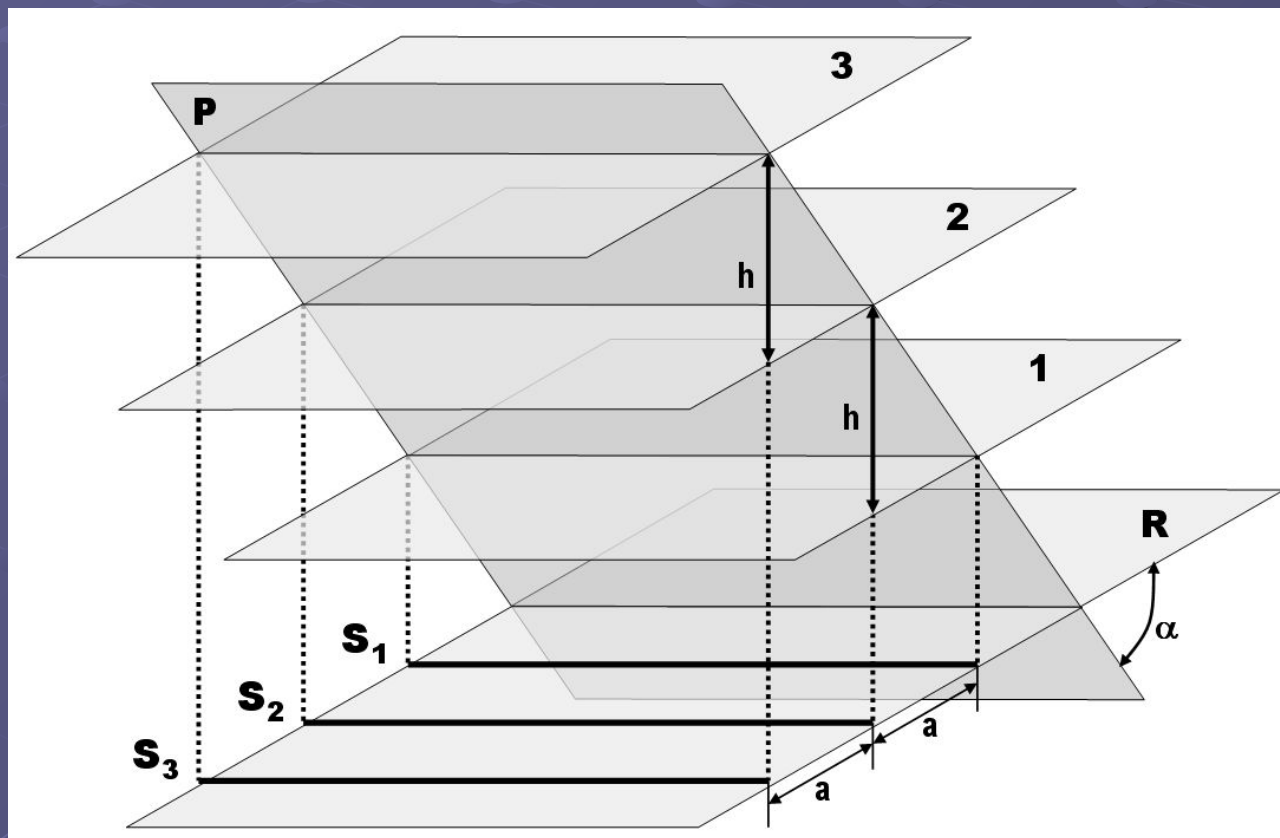
1. При едином шаге стратоизогипс и едином угле наклона пласта все заложения равны между собой.
2. При едином шаге стратоизогипс увеличение заложения демонстрирует более пологое залегание, а уменьшение заложения – более крутое залегание.
3. Если оцифровка стратоизогипс совпадает с оцифровкой горизонталей, точки пересечения этих линий с одинаковыми абсолютными отметками являются точками выхода поверхности пласта на дневную поверхность.

Тест № 3  
Вычислите  
а, h, α  
по другим  
параметрам

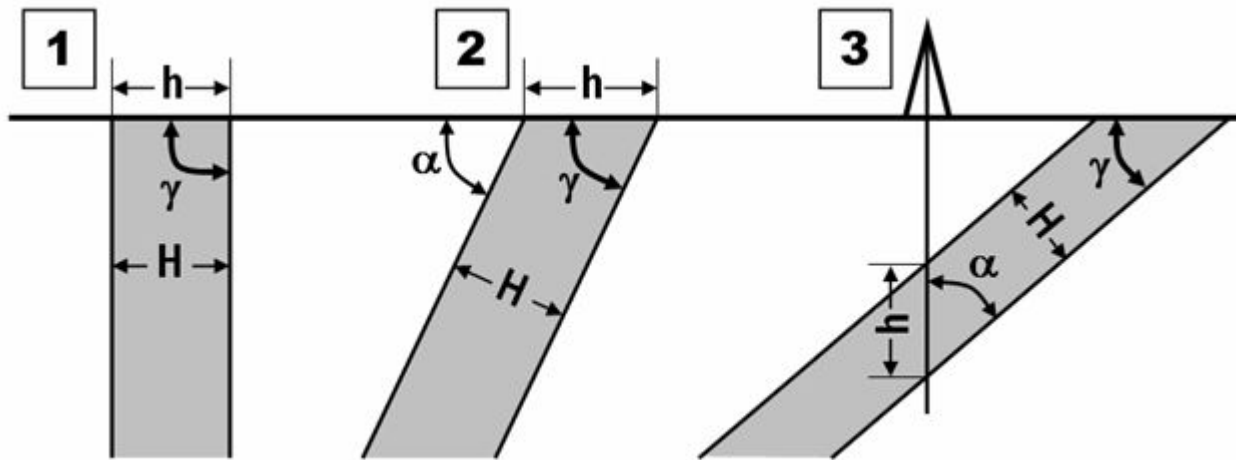
$$a = h \times \text{ctg } \alpha$$

$$h = a \times \text{tg } \alpha$$

$$\alpha = \text{arctg } h/a$$

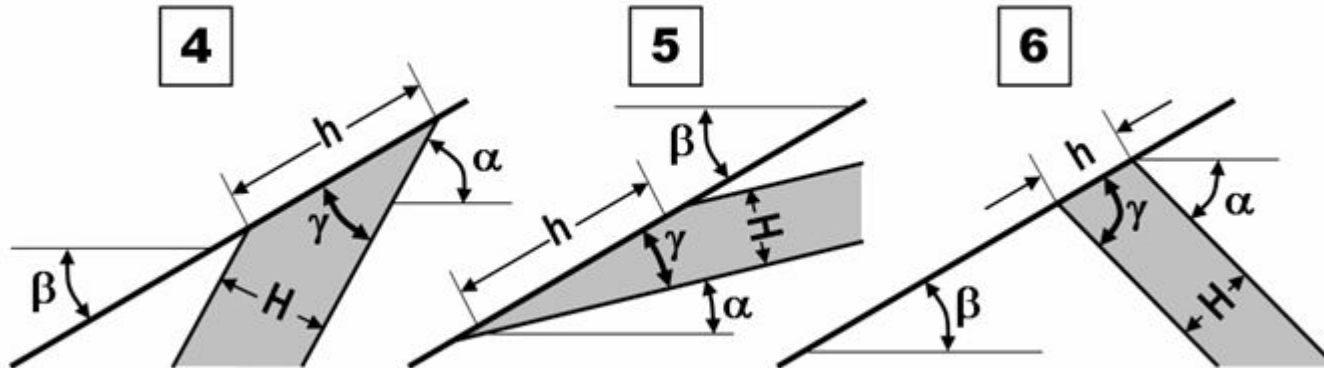


# Определение мощности пласта по ширине выхода и наклону рельефа



$$H = h \times \sin \gamma = h \times \sin \alpha$$

$$H = h \times \sin \gamma = h \times \cos \alpha$$



$$H = h \times \sin(\alpha - \beta)$$

$$H = h \times \sin(\beta - \alpha)$$

$$H = h \times \sin(\alpha + \beta)$$

$h$  –

№ 1, 2 – "горизонтальная мощность"

№ 3 – "вертикальная мощность"

№ 4, 5, 6 – "ширина выхода"

$H$  – истинная мощность слоя;  $\alpha$  – угол падения слоя;  $\beta$  – угол падения склона;  $\gamma$  – угол между поверхностью пласта и склона

## Финальные тесты

### Тест № 4

Зачем в горном компасе зеркало?

### Тест № 5

Что делать, если северный конец компаса направлять по падению неудобно, а южный – удобно?

### Тест № 6

Зачем у наклонного пласта измерять азимут простирания?

### Тест № 7

Для каких пластов надо измерять азимут простирания?

### Тест № 8

Какие элементы залегания надо измерять для горизонтальных пластов?

### Тест № 9

**ЗАДАЧА.** Поперек склона с уклоном на восток  $30^\circ$  измерен выход пласта шириной 100 м. Как залегает пласт, если его истинная мощность 100 м?

### Тест № 10

**ЗАДАЧА.** Вертикальная скважина вскрывает 100 м пласта от кровли до подошвы. Какова его истинная мощность, если угол слоистости к оси керна составляет  $30^\circ$ ?