



Структурная геология и основы геологического картирования

Лекция № 3 «Наклонное залегание пластов»

Слой (пласт) Определения

«**Слой (пласт)** — литологически более или менее однородные *маломощные отложения*, отличающиеся по вещественному составу или по остаткам организмов и ясно ограниченные от ниже- и вышележащих слоев. Морфологическими модификациями слоя являются линзовидный пласт, линза, клин, *лавовый поток (покров)*, залежь и т. д.» *Стратиграфический кодекс России (2006), Статья V.13.*

«**Слоями или пластами** называют те массы, ограниченные более или менее параллельными плоскостями, из которых обыкновенно состоит толща *осадочных пород*» *Словарь Брокгауза и Эфрона*

«**Пласт (слой)** — в геологии — форма залегания *осадочных* и многих *метаморфических* горных пород; геологическое тело относительно однородного состава, ограниченное практически параллельными поверхностями — подошвой и кровлей; толщина пласта во много раз меньше протяженности» *Большой Энциклопедический словарь*

bed — **слой, пласт**. Слой осадков или осадочных пород, ограниченный сверху и снизу более или менее хорошо выраженными поверхностями напластования *Толковый словарь английских геологических терминов*

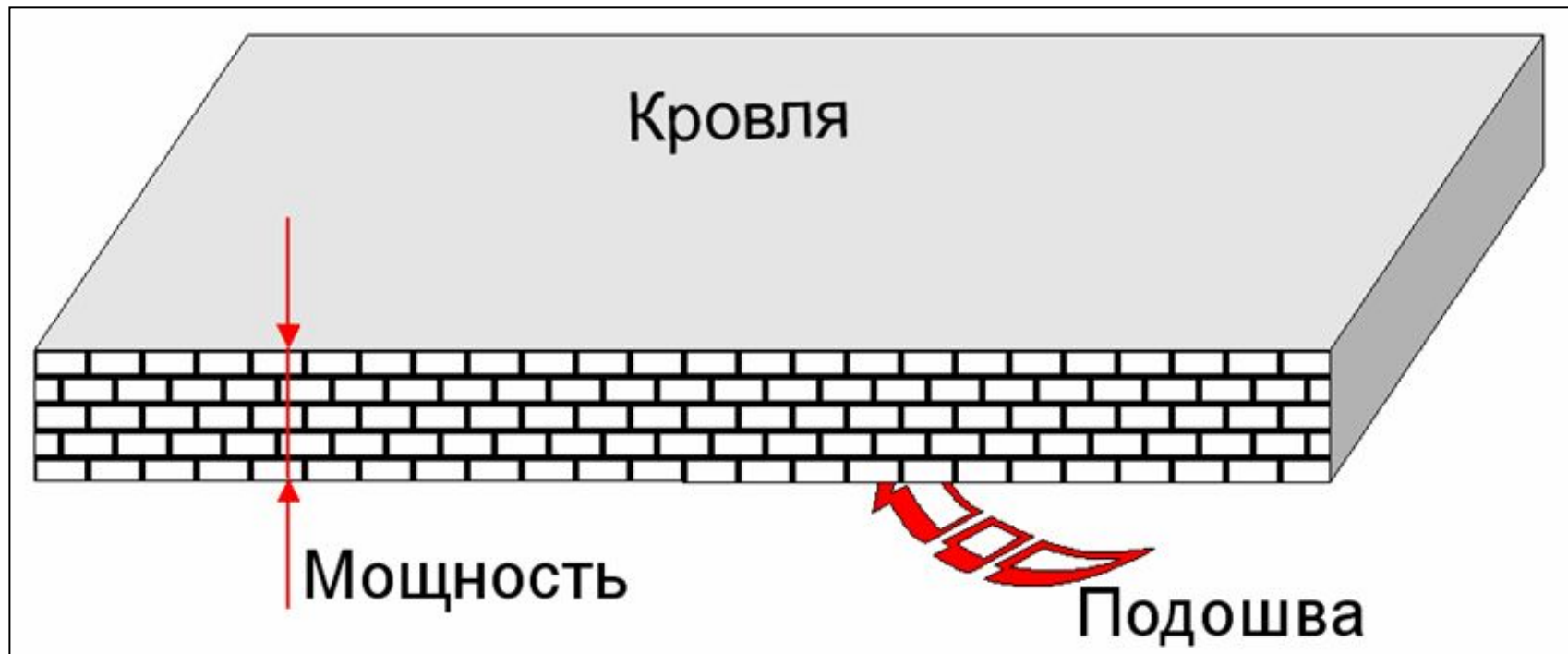
Геометрические элементы пласта

Подошва – нижняя поверхность слоя, контакт с более древним слоем.

Кровля – верхняя поверхность слоя, контакт с более молодым слоем,
е. подошва следующего слоя.

т.

Мощность – кратчайшее расстояние между подошвой и кровлей.



При нормальном залегании подошва пласта определённа практически **ВСЕГДА**, а кровля – **НЕ ВСЕГДА**, поскольку бывает размита или срезана вышележащим пластом. Поэтому при изучении слоистости, а также при рисовке геологических карт и разрезов в первую очередь обращайтесь внимание на **ПОДОШВУ!**

Элементы залегания пласта

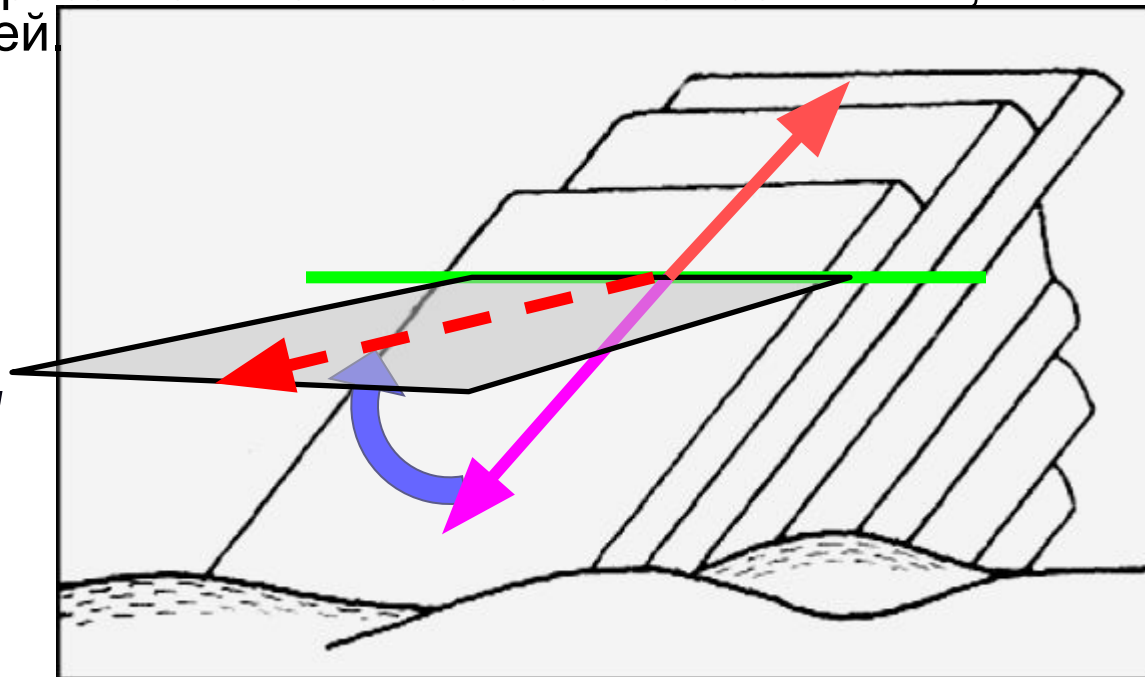
Ориентировка в пространстве **горизонтально** залегающего пласта задана по определению, его единственная изменяющаяся (и измеряемая!) характеристика – абсолютная высота. У пласта, залегающего **наклонно**, в разных его частях высота разная, для определения его положения в пространстве необходимо знать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

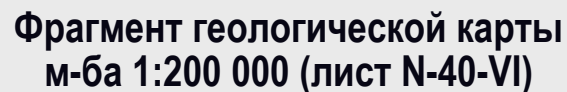
Линия простирания – линия пересечения поверхности пласта с любой горизонтальной плоскостью

Линия падения – вектор на поверхности пласта, нормальный к линии простирания и направленный **вниз**. Линия на поверхности пласта, имеющая наибольший угол наклона к горизонтальной плоскости из всех линий, которые можно провести на ней.

Направление падения – вектор, проекция линии падения на горизонтальную плоскость

Угол падения – плоский угол между поверхностью пласта и горизонтальной плоскостью, или угол между линией падения и направлением падения





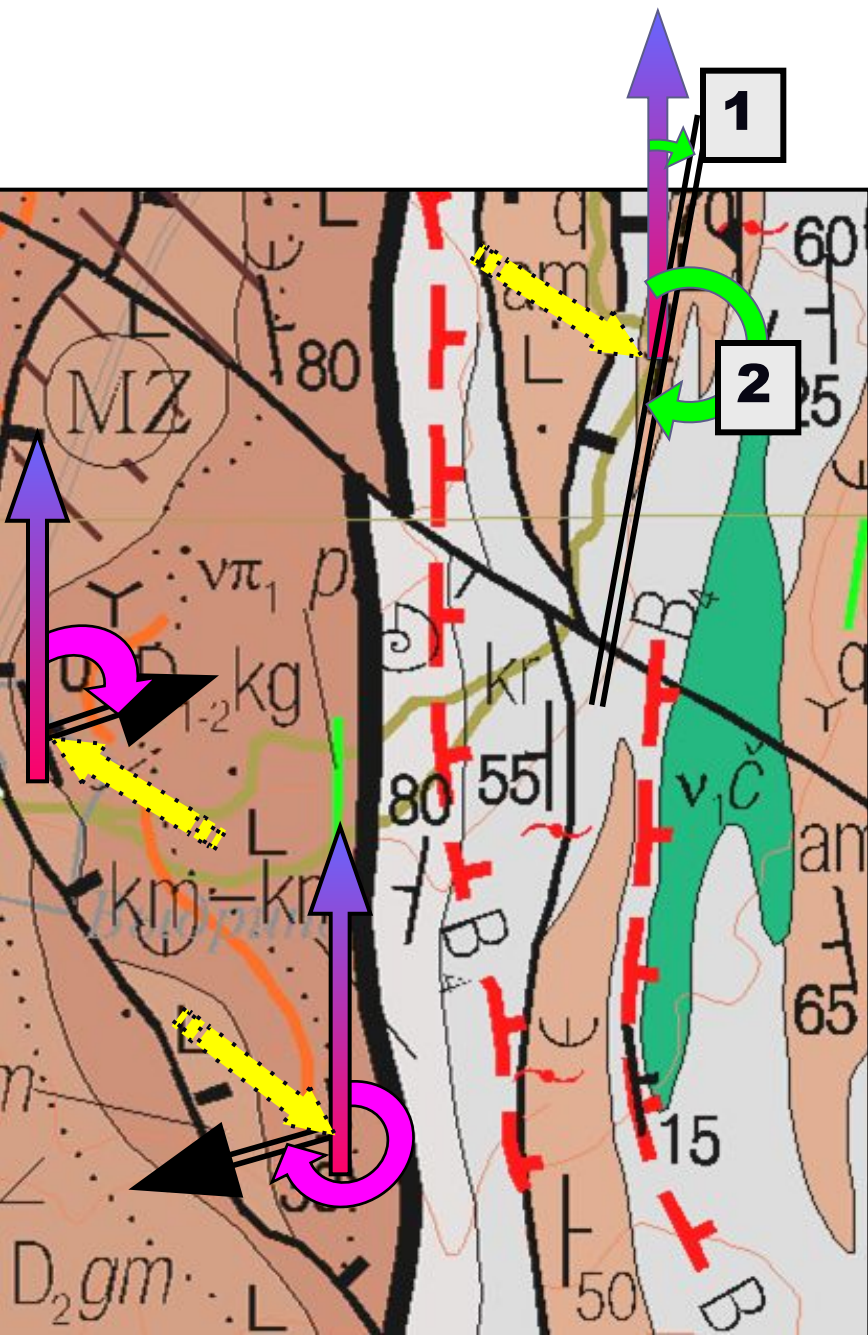
Элементы залегания:
а) слоистости;
б) сланцеватости;
в) структур течения;
г) метаморфической
полосчатости.

Азимут прости́рания - *правый*
векториальный угол между северным
направлением истинного меридиана и
линией прости́рания

Поскольку линия прости́рания не вектор,
для нее могут быть замерены два
азимута прости́рания,
которые отличаются на 180° .
Принято записывать азимуты
прости́рания в *северных румбах*,
т.е. предпочтительнее писать
СЗ- 325° , а не ЮВ- 145° ,
СВ- 30° , а не ЮЗ- 210°

Азимут паде́ния - *правый*
векториальный угол между северным
направлением истинного меридиана и
направлением паде́ния

Поскольку пласт падает только в одну
сторону, и направление паде́ния –
вектор, азимут паде́ния может быть
только один. Именно поэтому при
определении элементов залегания
наклонных слоев **ВСЕГДА** измеряют
азимут паде́ния!



Горно-геологический компас

Горный компас изобрел
Чарльз Френсис Брантон (1849–1927)



- 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** – визиры;
- 11** – указатель магнитного склонения

Отличия горного
компаса от
обыкновенного?

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

Геологический компас

Геологический компас ГК-2



Геологический компас КГГ-1

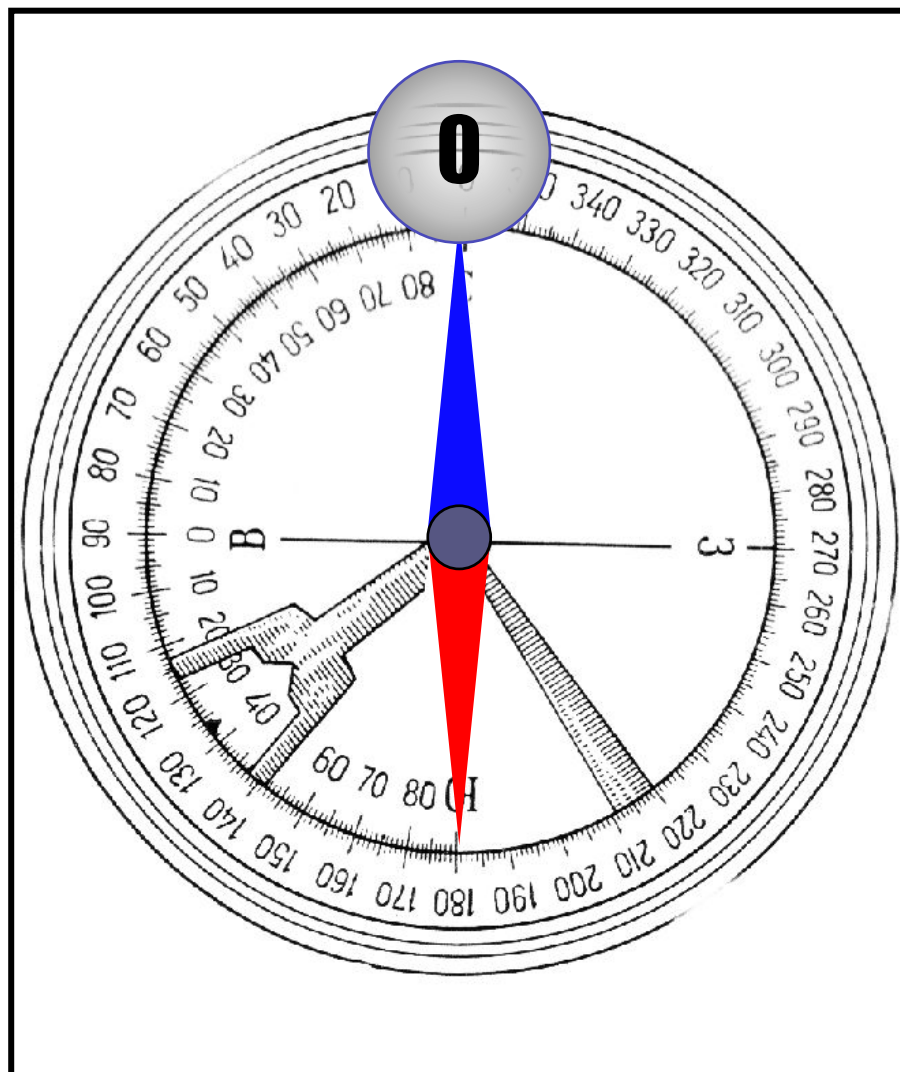


Геологический компас BRUNTON GEO

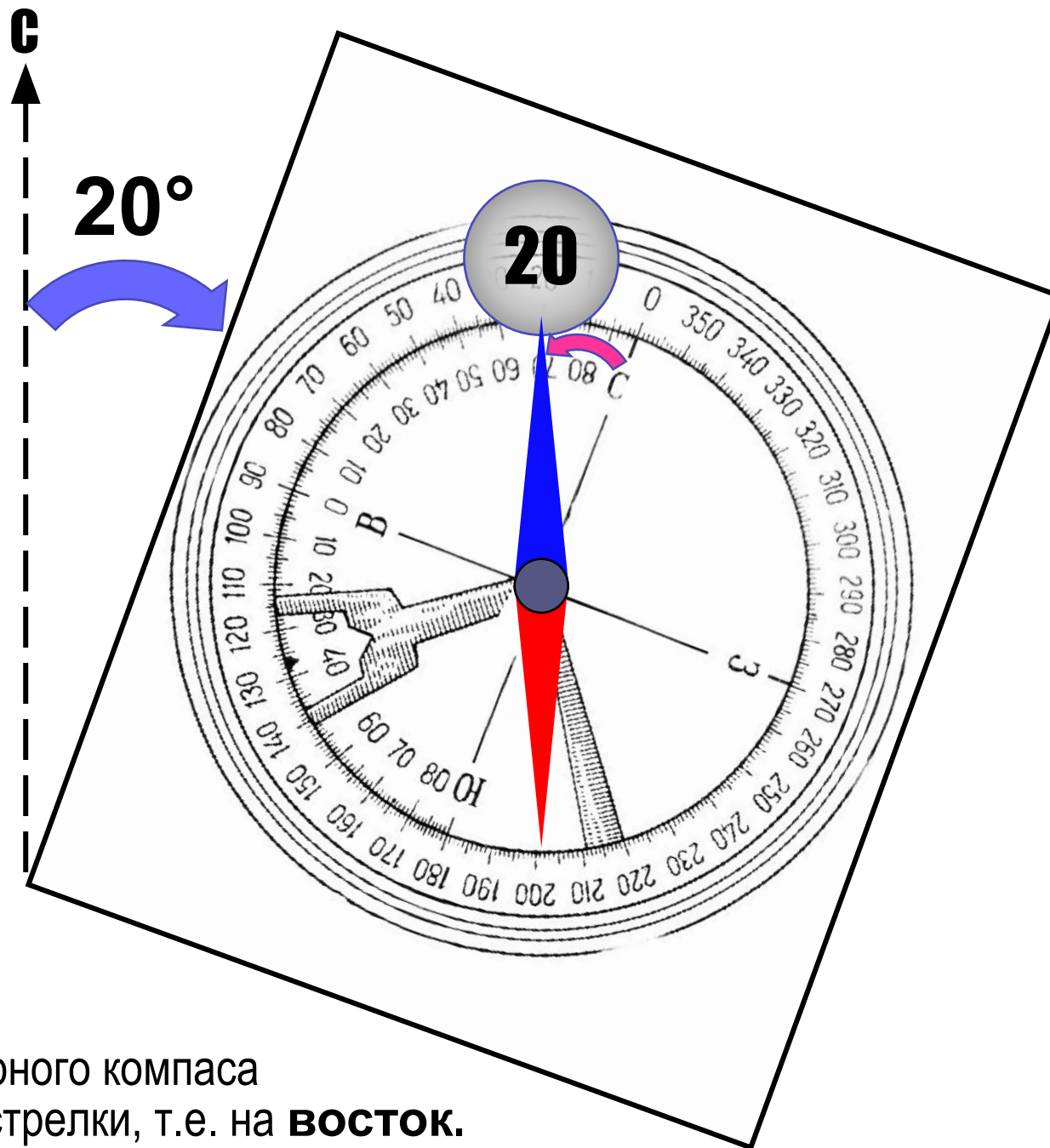


Геологический компас DQL-8

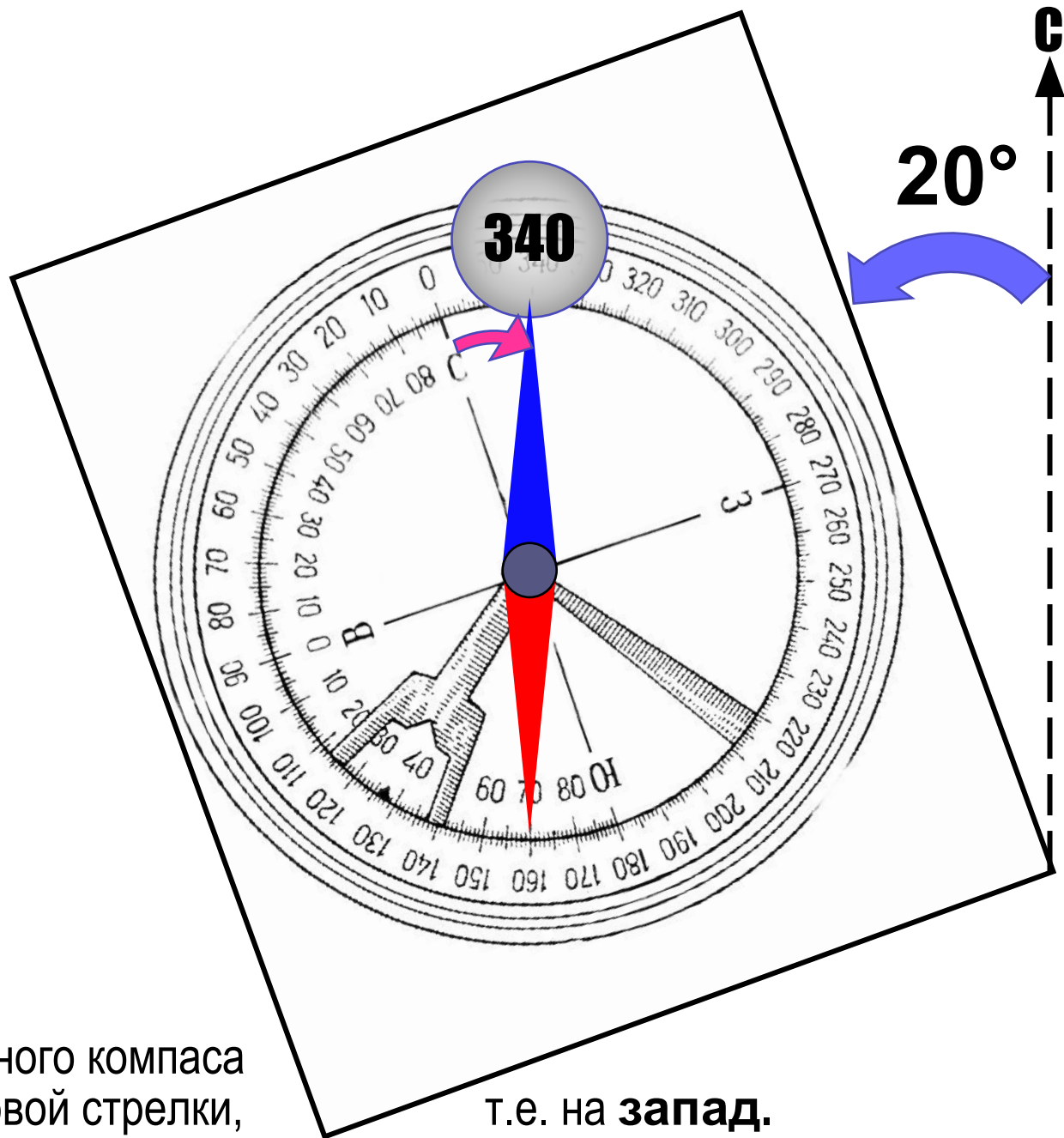




Компас ориентирован строго по меридиану.
Стрелка неподвижна и синим концом показывает **на север**.



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



Вращение горного компаса
против часовой стрелки,
Стрелка неподвижна и относительно лимба смещается **по** часовой стрелке.

т.е. на **запад**.

Замеры элементов залегания горным компасом

При измерении элементов залегания у компаса могут быть только два положения: горизонтальное или вертикальное!



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

Это рисунок из учебника А. Е. Михайлова, 1984.
На нем есть пара ошибок.

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;

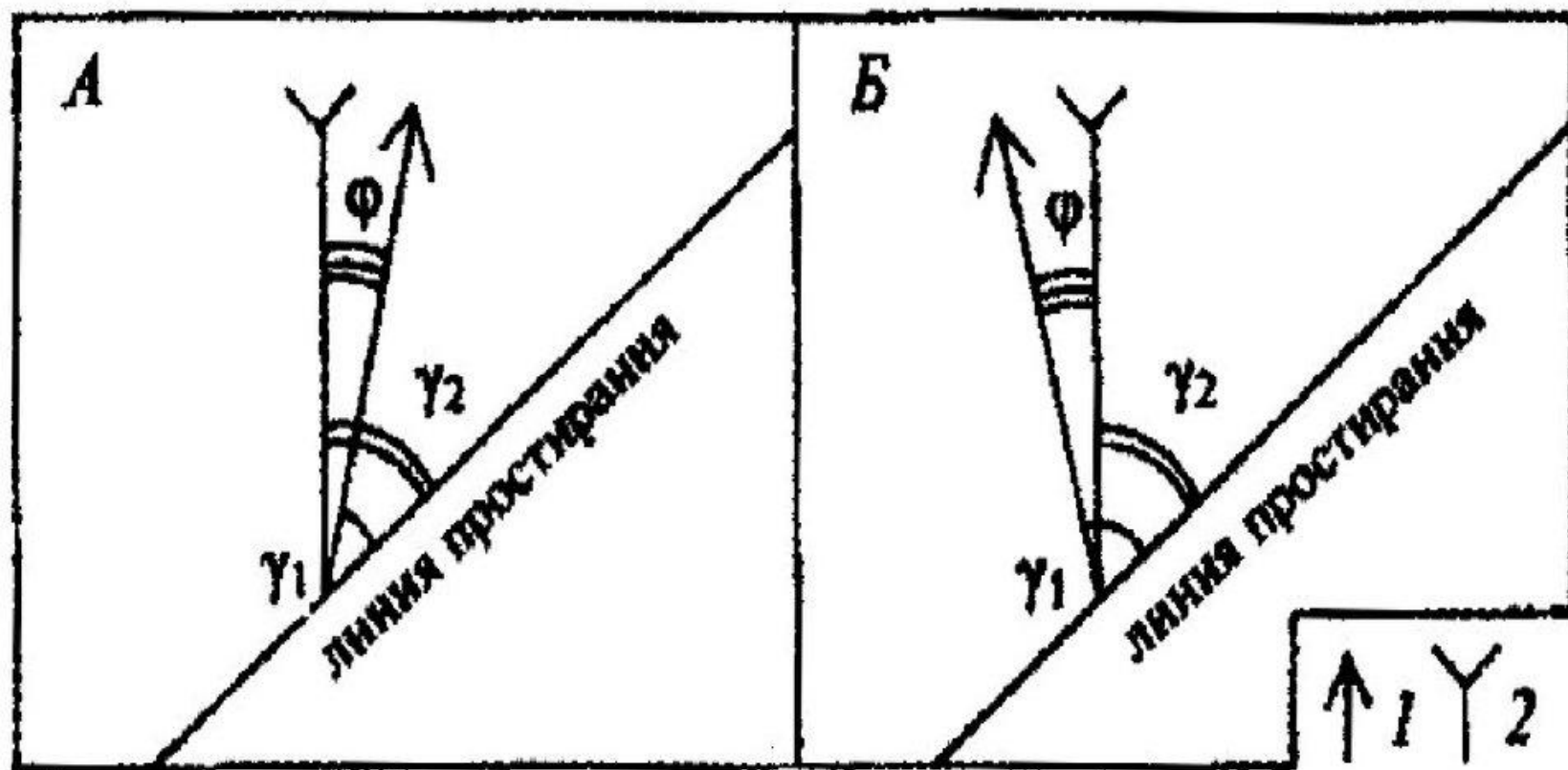
круговые стрелки: **1** – азимут падения, **2, 3** – азимуты простирания

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** же концу магнитной стрелки



Магнитное склонение



1 – магнитный меридиан; 2 – географический (истинный) меридиан;
 ϕ – магнитное склонение: А – восточное, Б – западное; γ_1 – магнитный азимут; γ_2 – истинный азимут

магнитное склонение

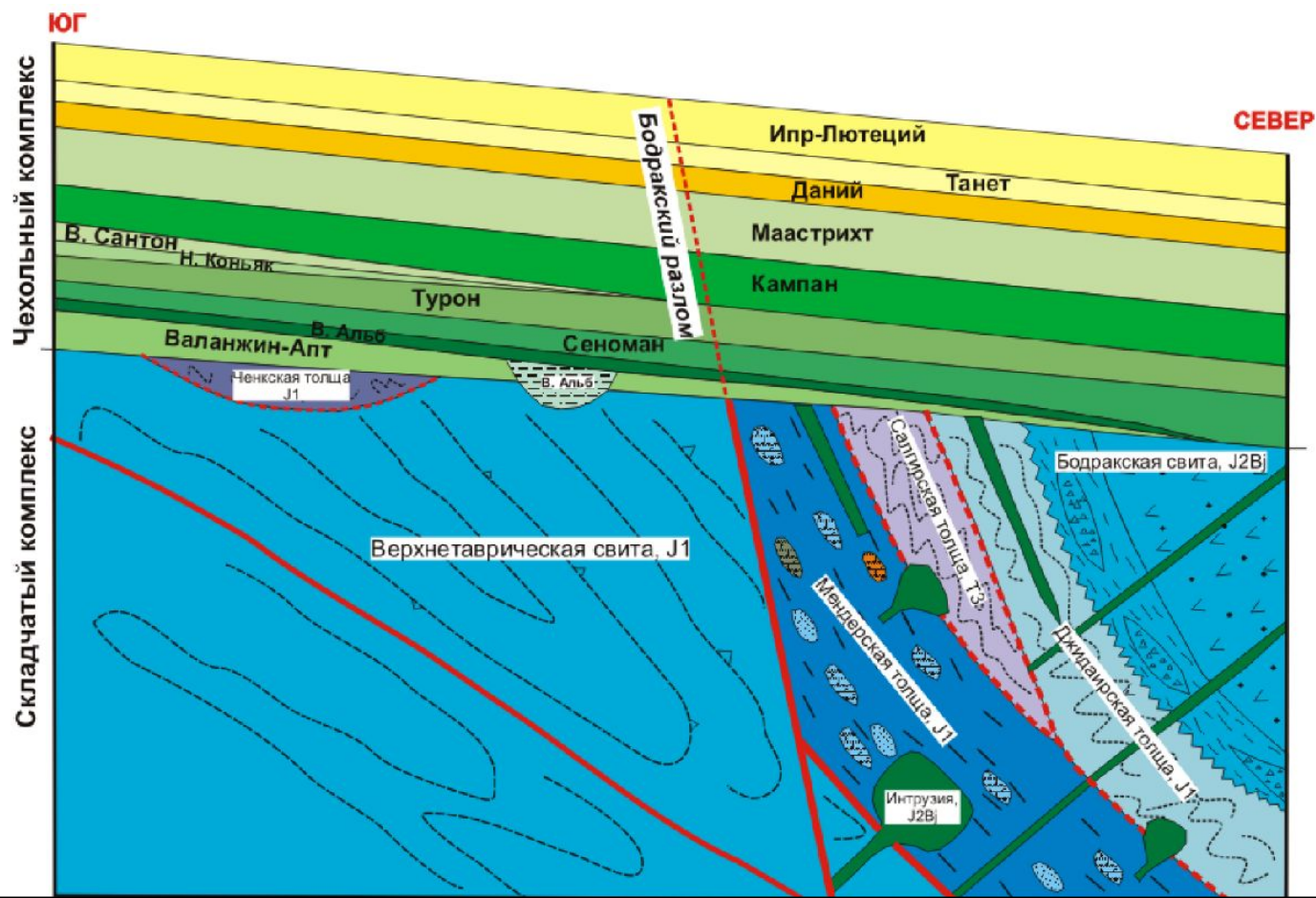
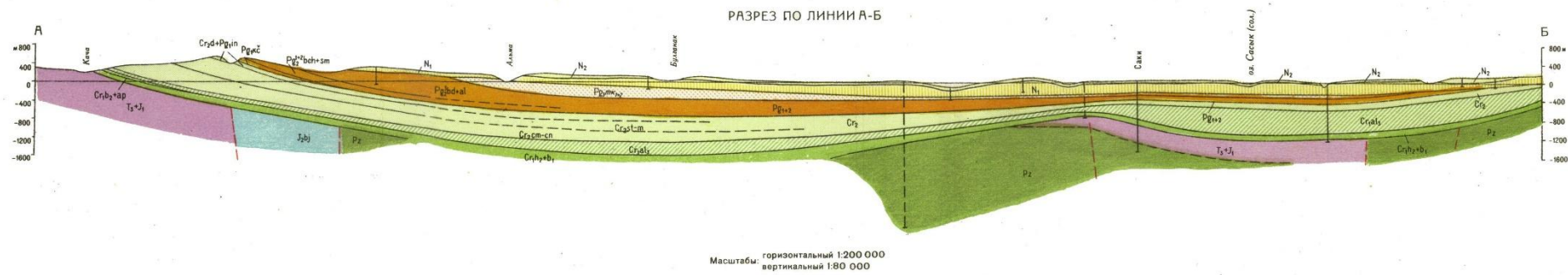


Моноклинали

- 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);
- 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);
- структура, в которой слои наклонены в одну сторону (*geo.web.ru*)



Моноклинали олигоценовых
отложений. Западная Камчатка



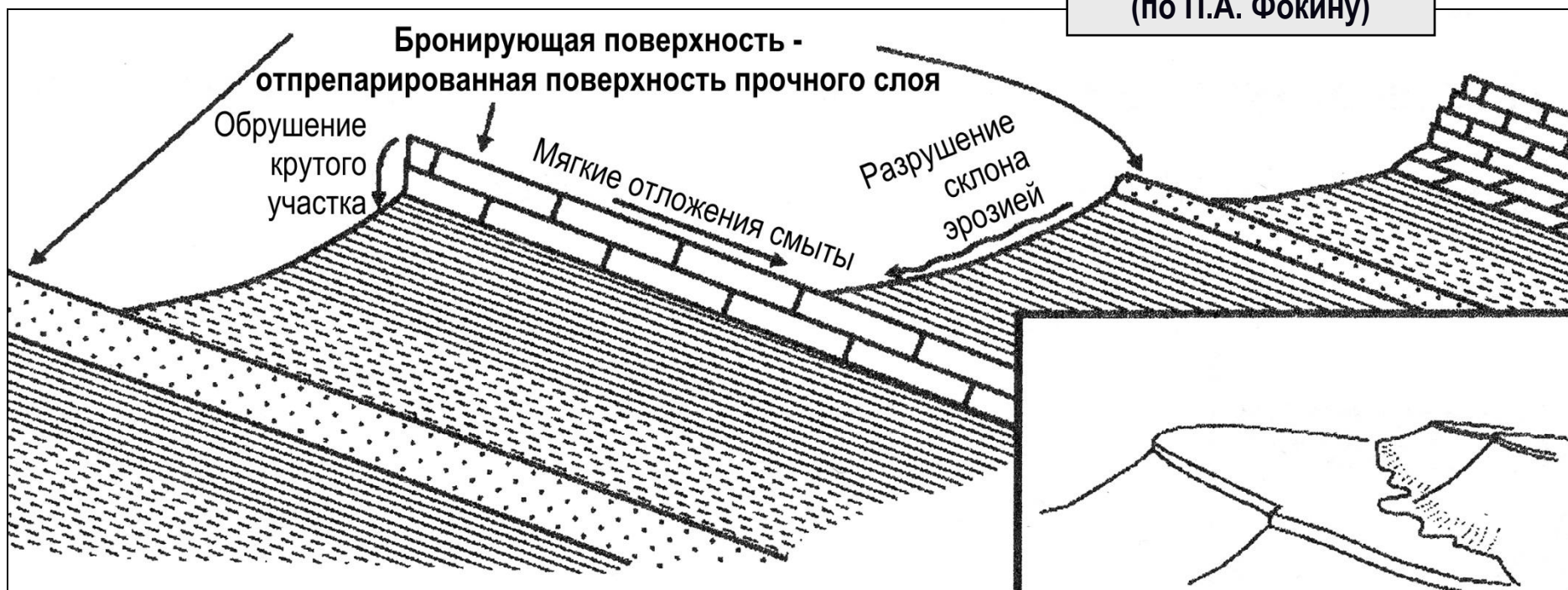
Геологический разрез и схема соотношения основных структурных единиц Бахчисарайского района юго-западного Крыма (по А.М. Никишину)

Квеста (куэста)– форма асимметричного положительного рельефа.

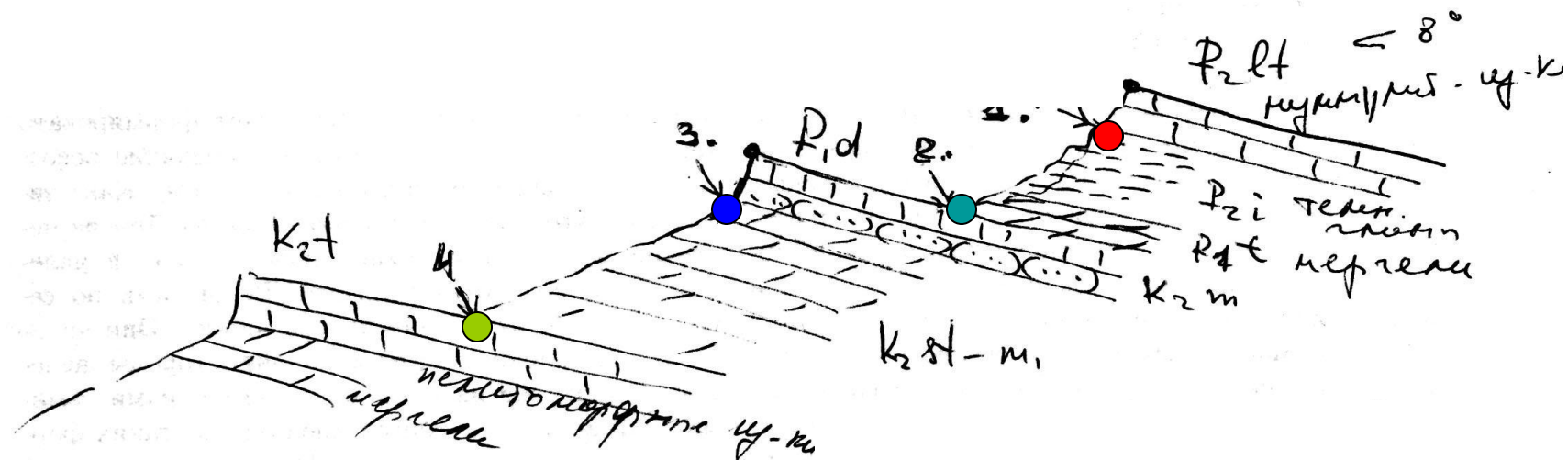
Один склон квесты – выровненная наклонная поверхность, представленная кровлей пласта, бронирующего рельеф, а другой склон – крутой обрыв, вскрывающий полную мощность бронирующего пласта, а также расположенный под ним пласт или пачку пластов менее прочных пород.

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

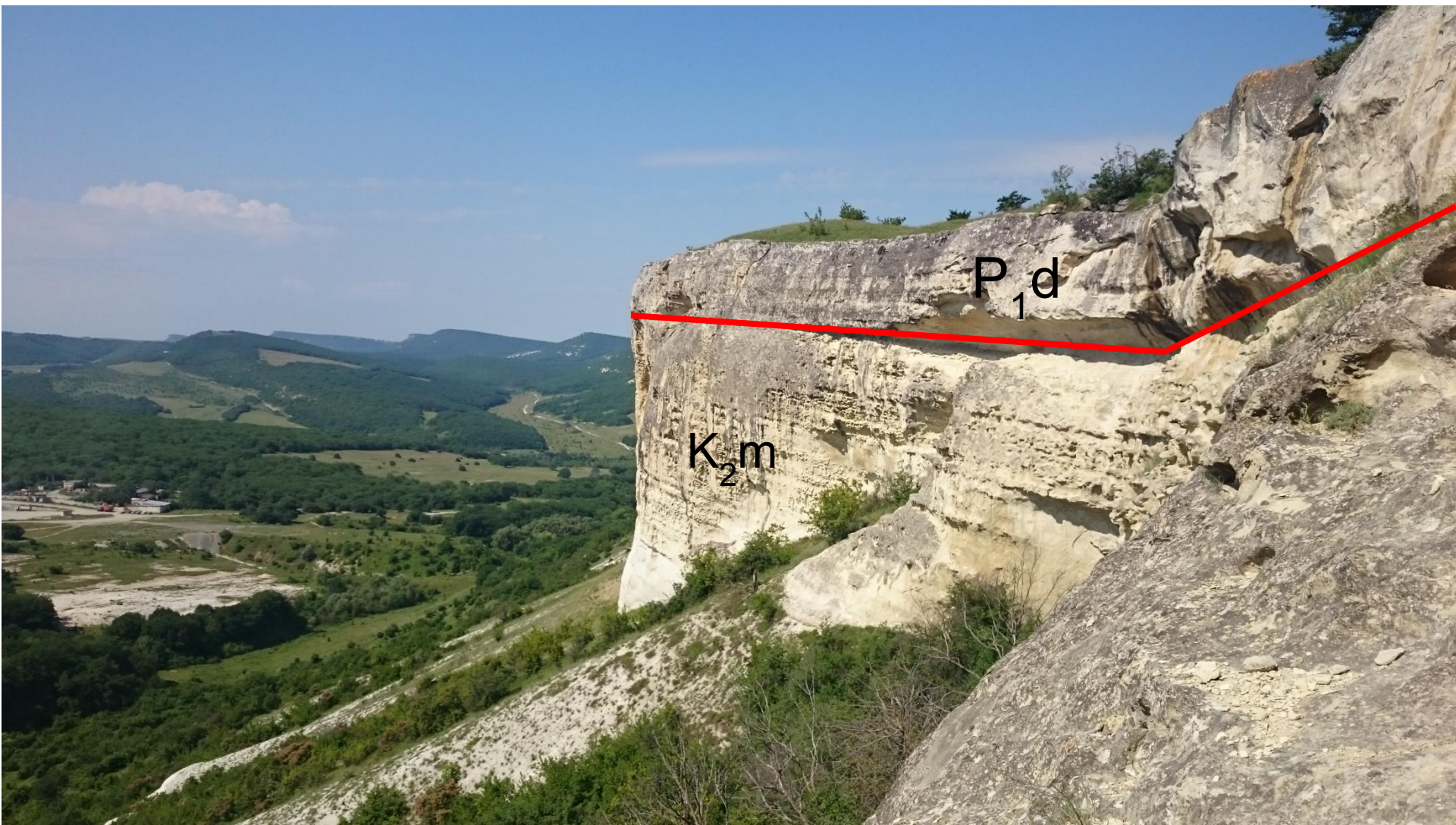
Схема строения квест
(по П.А. Фокину)



Квестовый рельеф 2-й гряды Крымских гор (Бахчисарайский район)

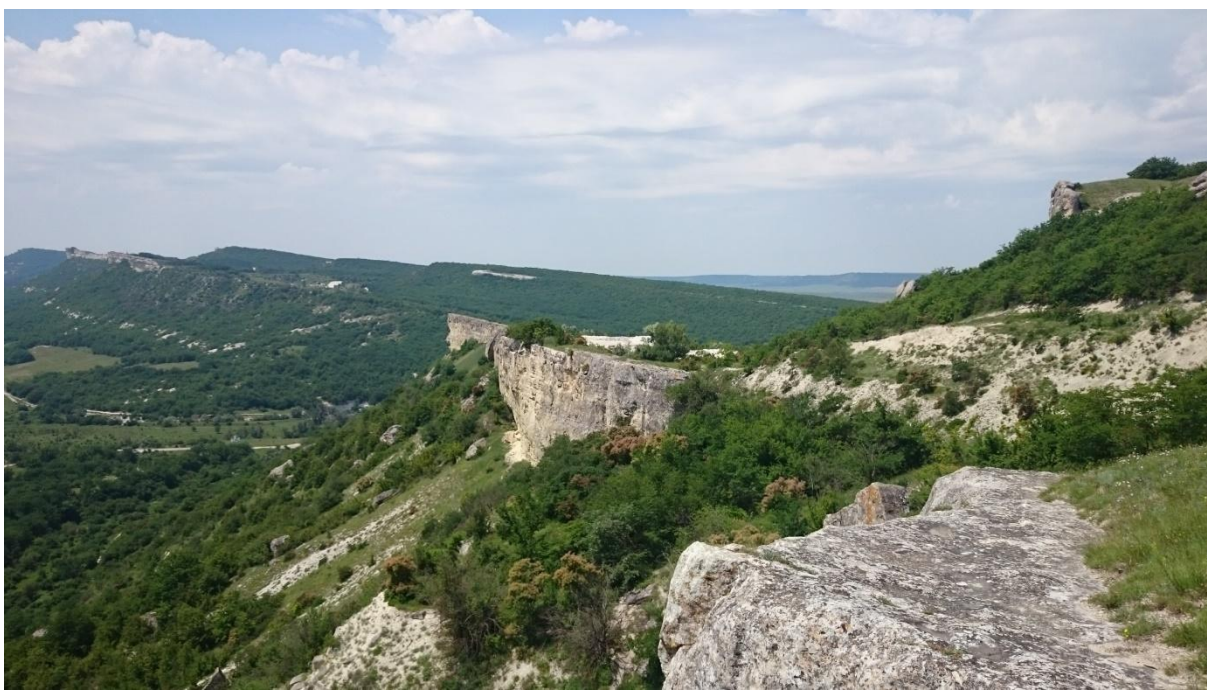


- 1. Геол. граница $P_2 i - P_2 lt$
- 2. $P_4 t - P_{1d}$
- 3. $K_2 m - K_2 st - m_1$



Правый борт о. Такма (Бахчисарайский район. Крым). Красная линия – граница меловой и палеогеновой систем.

Фото в ЮЗ направлении



Квестовый рельеф. Правый борт р.
Бодрак над СВ окраиной с. Скалистое
(Бахчисарайский район. Крым)



Космоснимок Yandex

Верхнемеловые отложения
Смирныховский район
о. Сахалин



Нижнемиоценовые
отложения Макаровский
район о. Сахалин

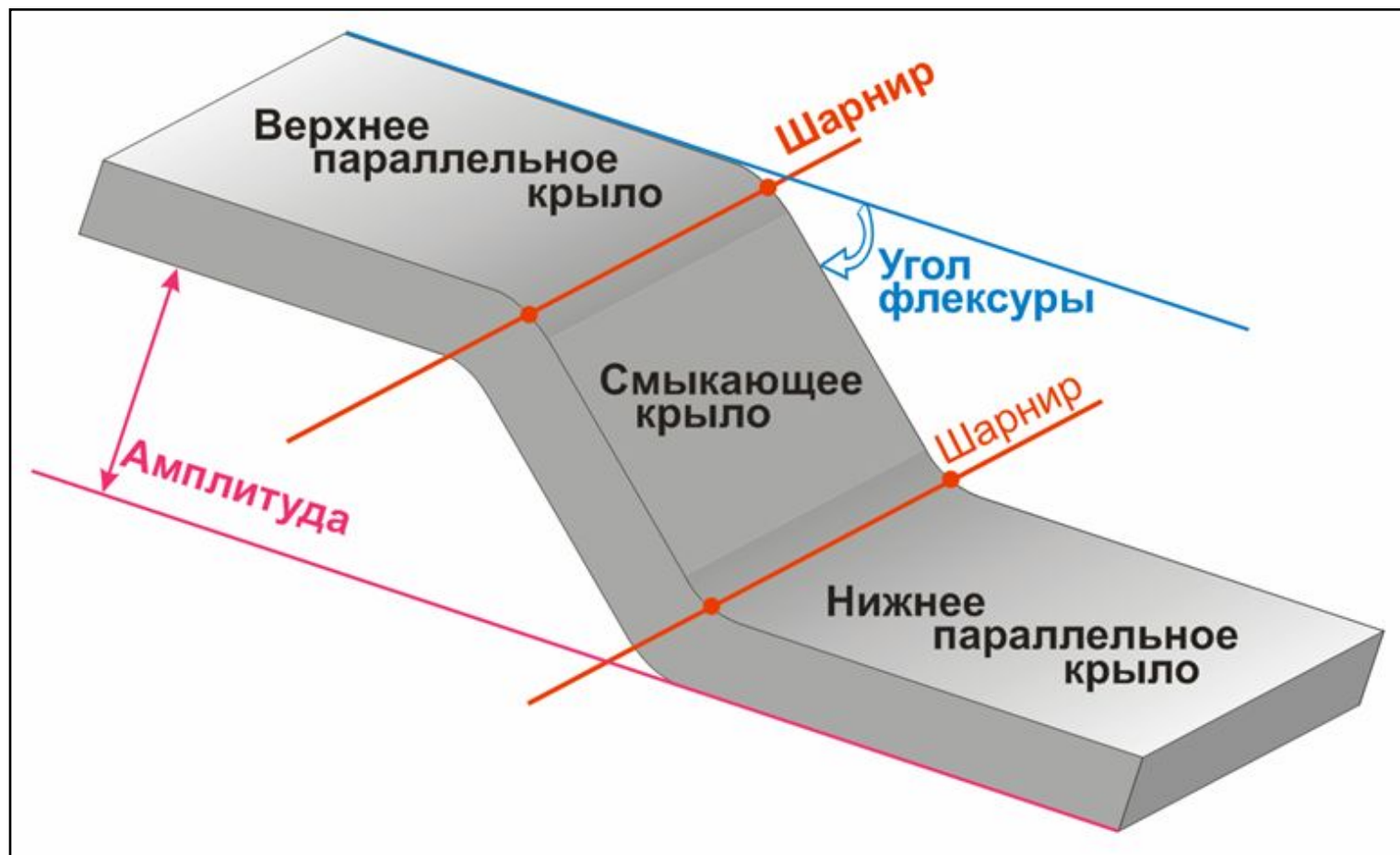
Флексура

- (от латинского *flexura* – *изгиб*) тектоническая структура в виде ступенеобразного перегиба слоев горных пород (2-я БСЭ)
- изгиб слоев чехла без разрыва их сплошности и с сохранением параллельности крыльев (Н.В. Короновский, А.Ф. Якушова, 1991)
- 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, 1984)

Геометрические элементы и типы флексур

Элементы собственной геометрии флексуры:

- два параллельных крыла,
- смыкающее крыло,
- шарниры,
- угол,
- амплитуда.

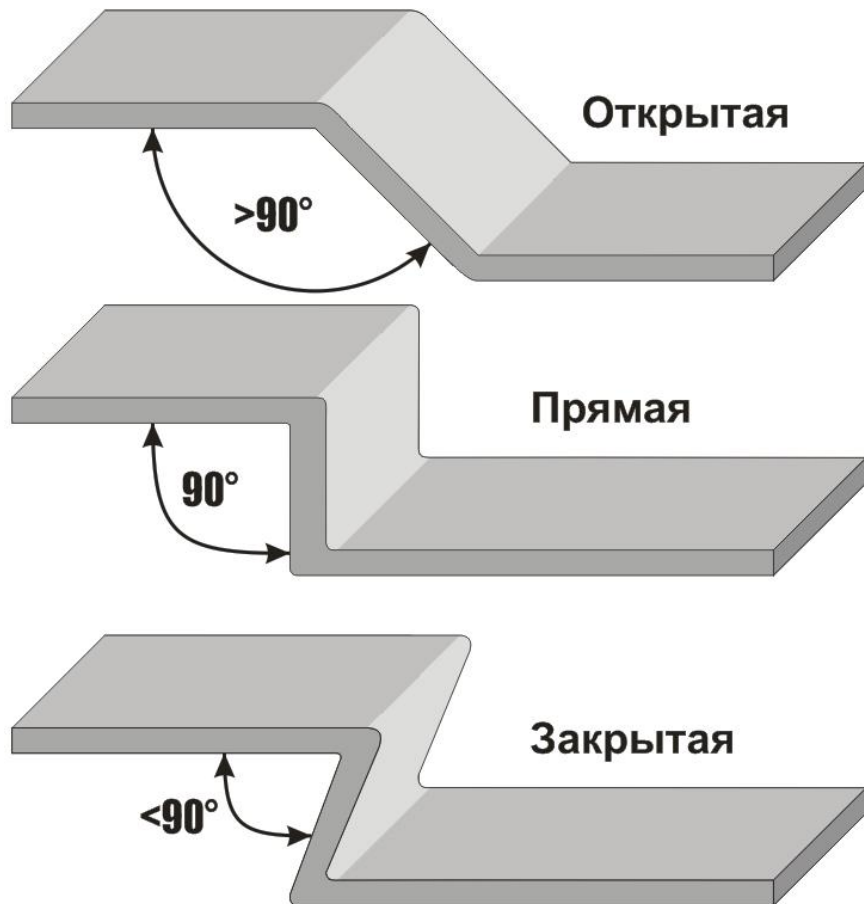


Типы флексур

(по собственной геометрии)

- открытая (угол между крыльями больше 90°);
- прямая (угол между крыльями равен 90°);
- закрытая (угол между крыльями меньше 90°).

Собственная геометрия называется так потому, что она не зависит от положения флексуры в пространстве!



Наиболее распространены в природе открытые флексуры, которые формируются в условиях растяжения. Закрытые флексуры могут осложнять крылья крупных складок, которые формируются в условиях сжатия.

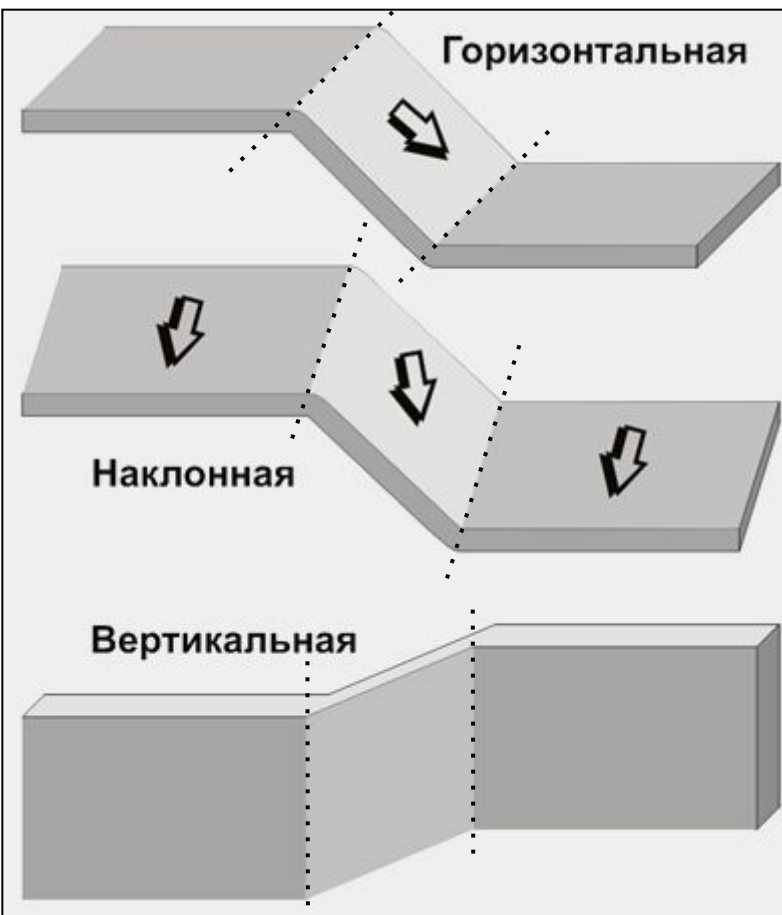
Типы флексур

(по положению в пространстве)

А) по углу наклона шарниров:

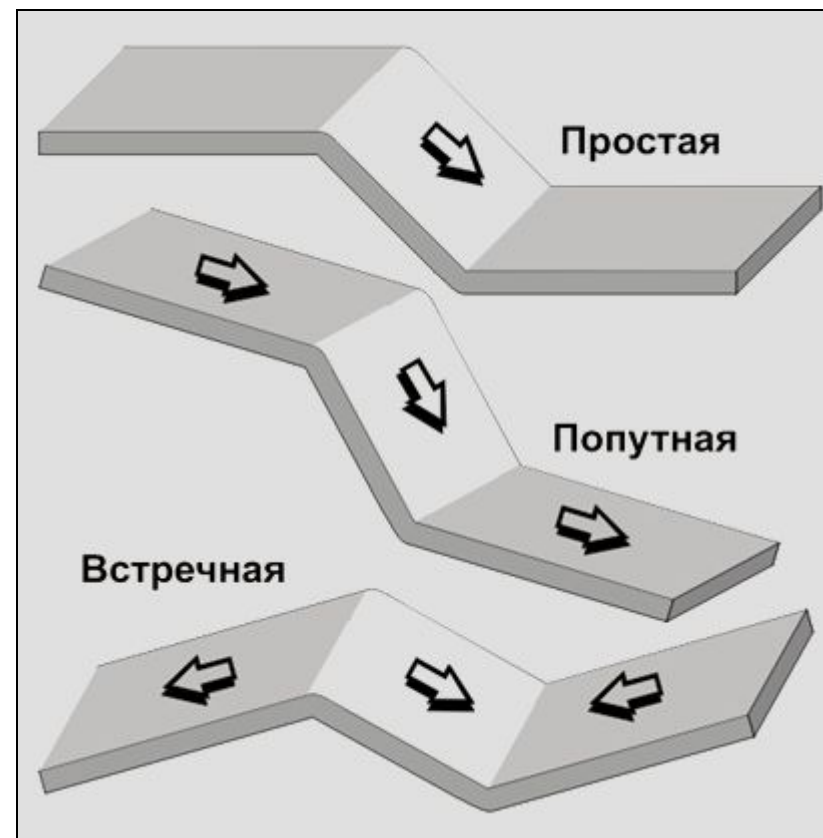
- горизонтальная;
- наклонная;
- вертикальная

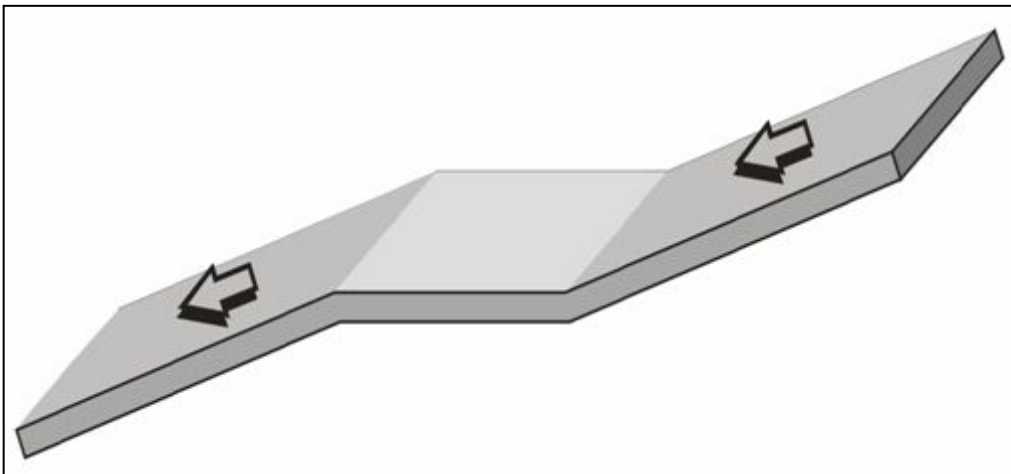
Иногда используют термины
"согласная" вместо
"попутная" и "несогласная"
вместо "встречная"



Б) по относительному углу наклона крыльев:

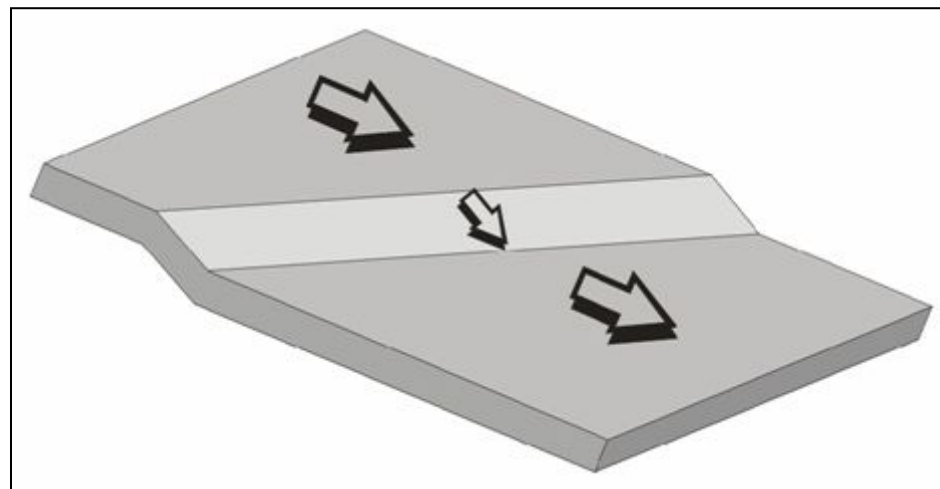
- простая;
- попутная;
- встречная





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

Косая флексора является аналогом *наклонной* (шарниры наклонны!)





**Закрытая флексура. Алевролиты
нижнего карбона. Южный Урал**

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.

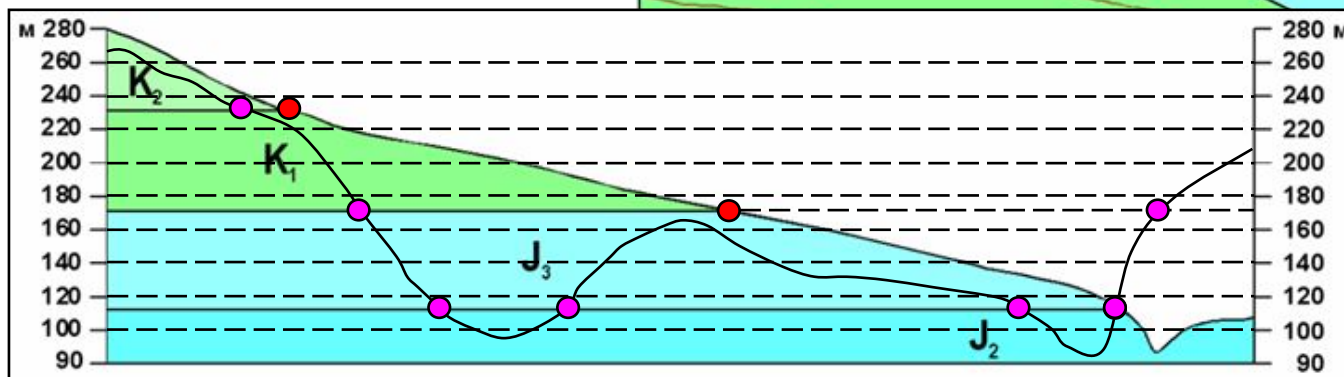
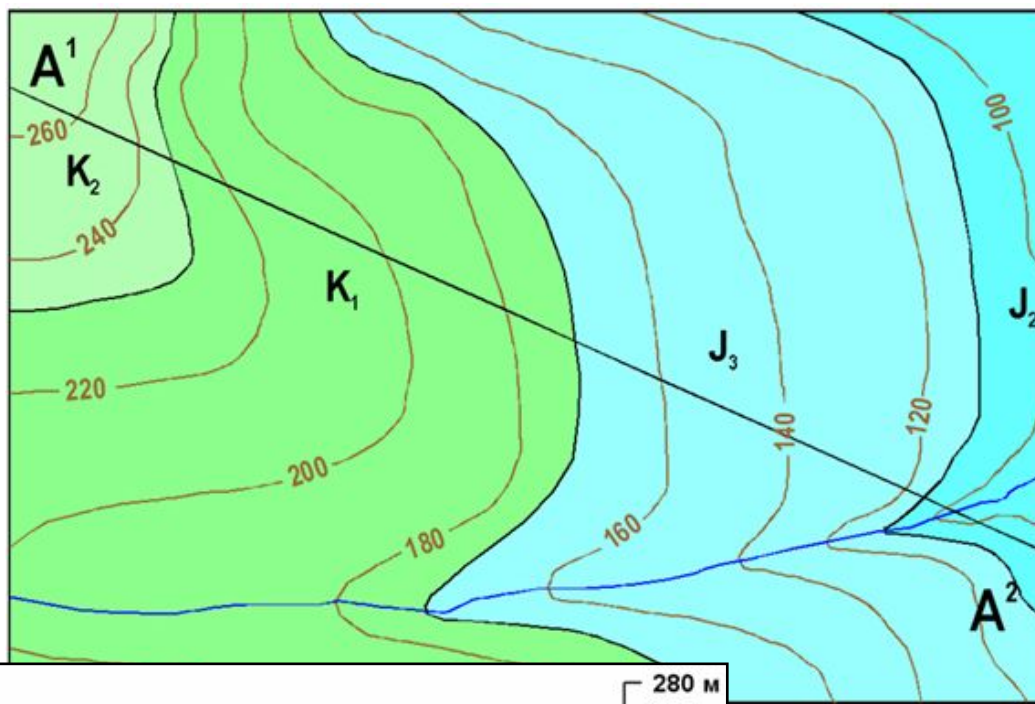
Граница пласта на **геологической карте** представляет собой проекцию реальной границы на горизонтальную плоскость, изображенную в масштабе карты



Выходы слоев базальтовых
туфов. О-в Санторин.
Фото А.Г. Кошелева

Горизонтальные слои (пласты) на геологической карте

Границы **горизонтально** залегающего пласта **конформны** горизонталям рельефа, т.е. их форма на геологической карте зависит **только** от **морфологии рельефа**.

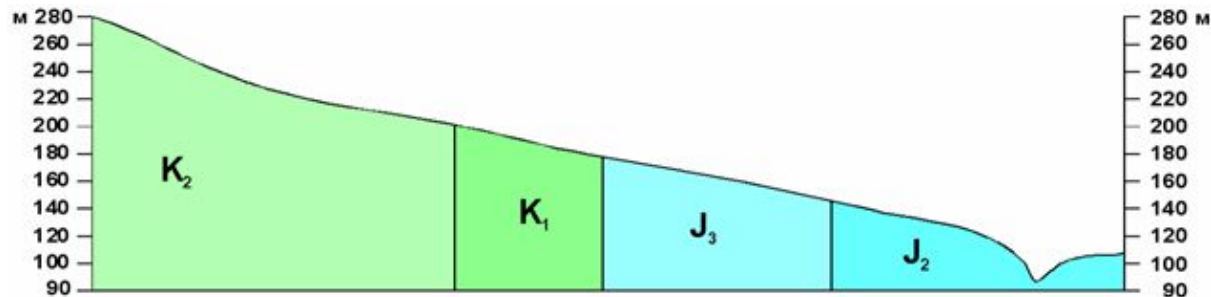
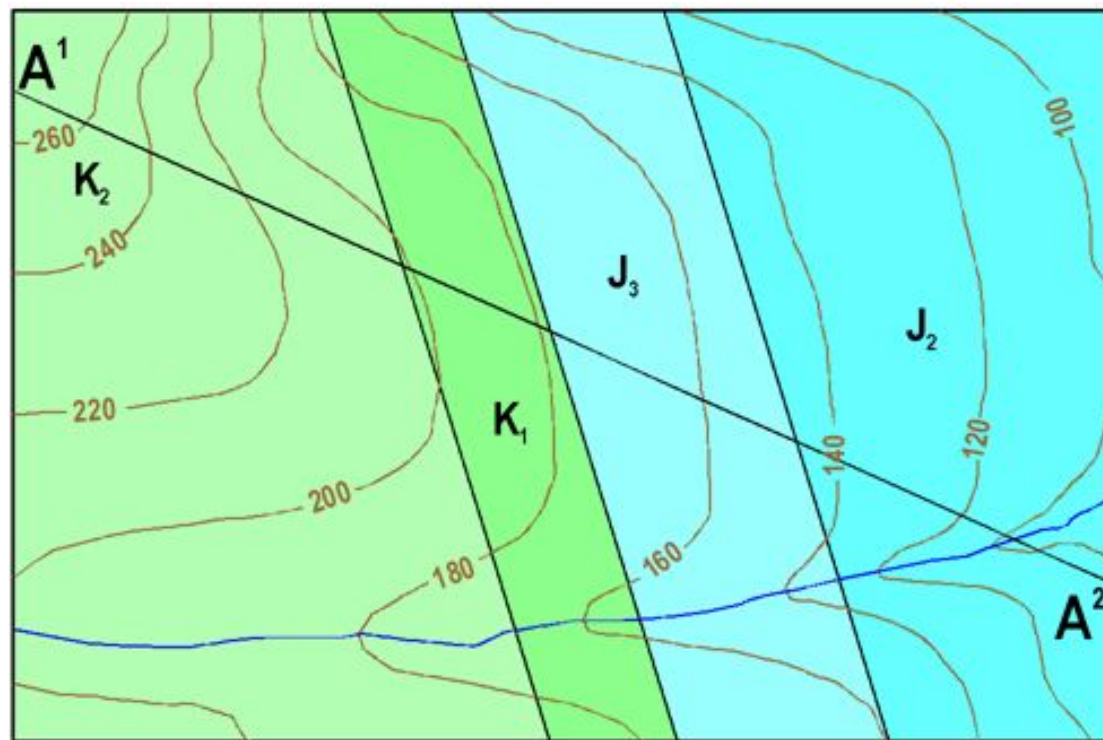


Подолы горизонтально залегающих пластов на всем протяжении сохраняют свои **абсолютные отметки**, поэтому любой рельеф вскроет их на **одной и той же высоте**.

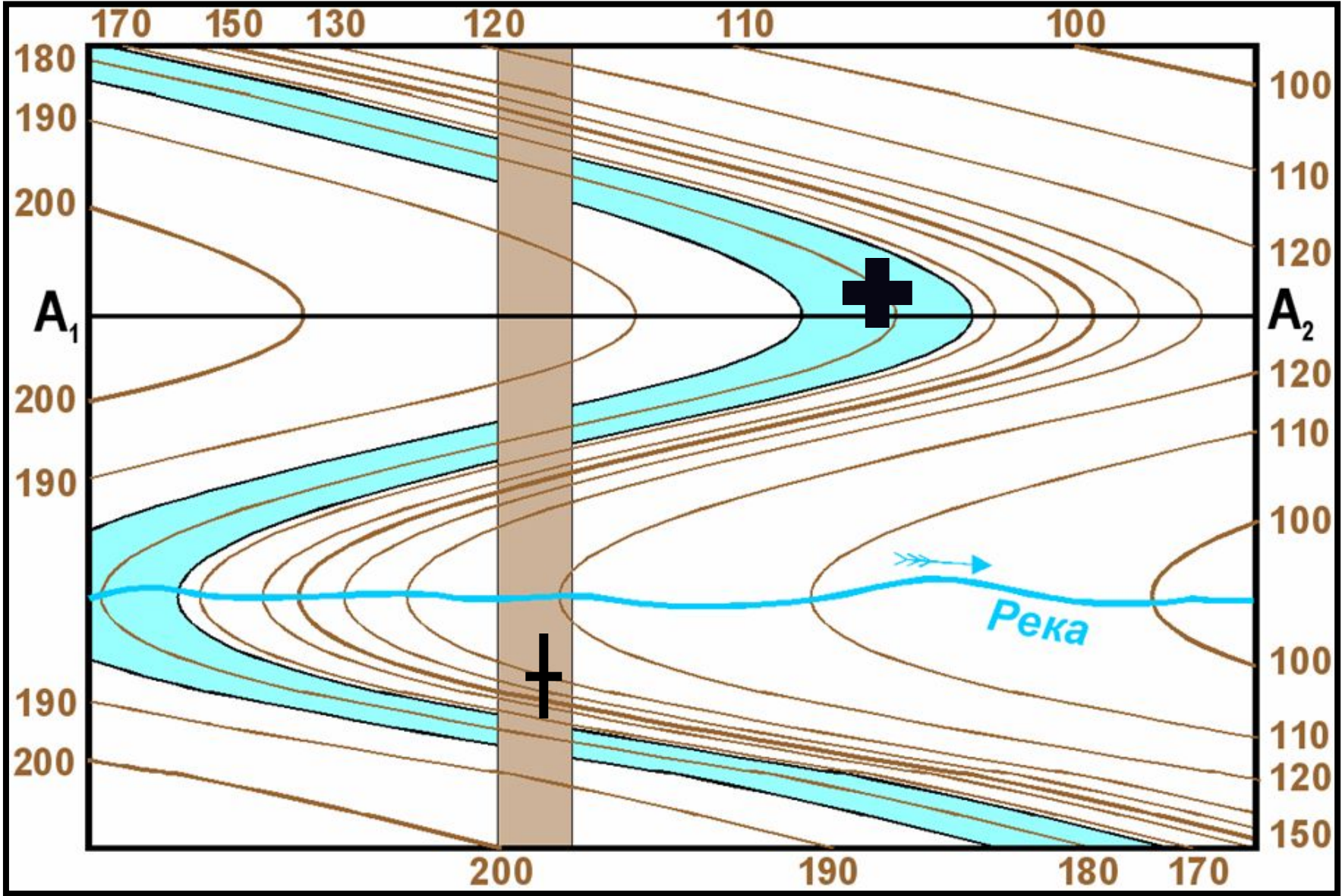
Изображение на карте вертикально залегающего пласта

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

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



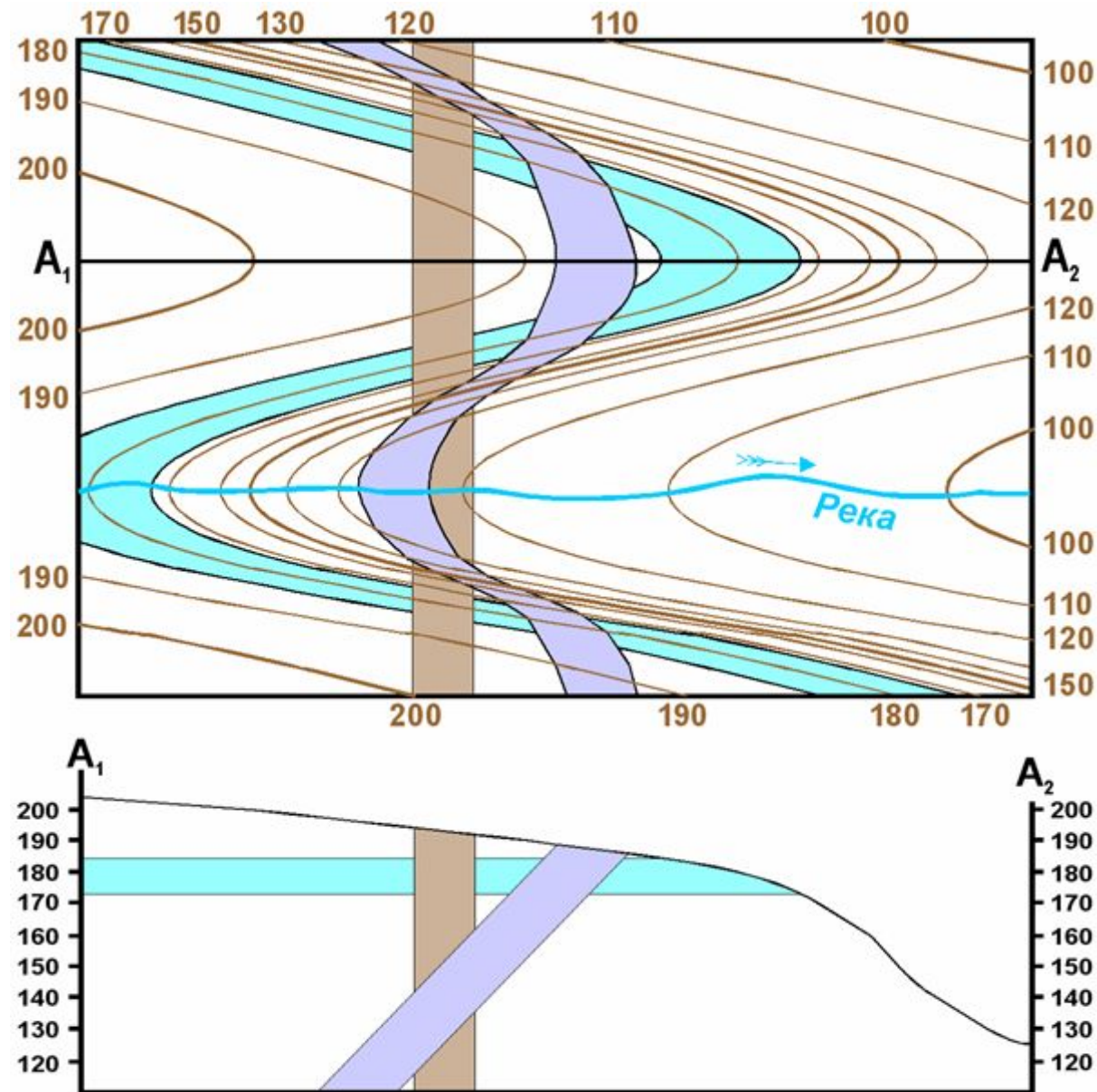
Карта с вертикальным и горизонтальным пластами



Наклонный пласт на геологической карте

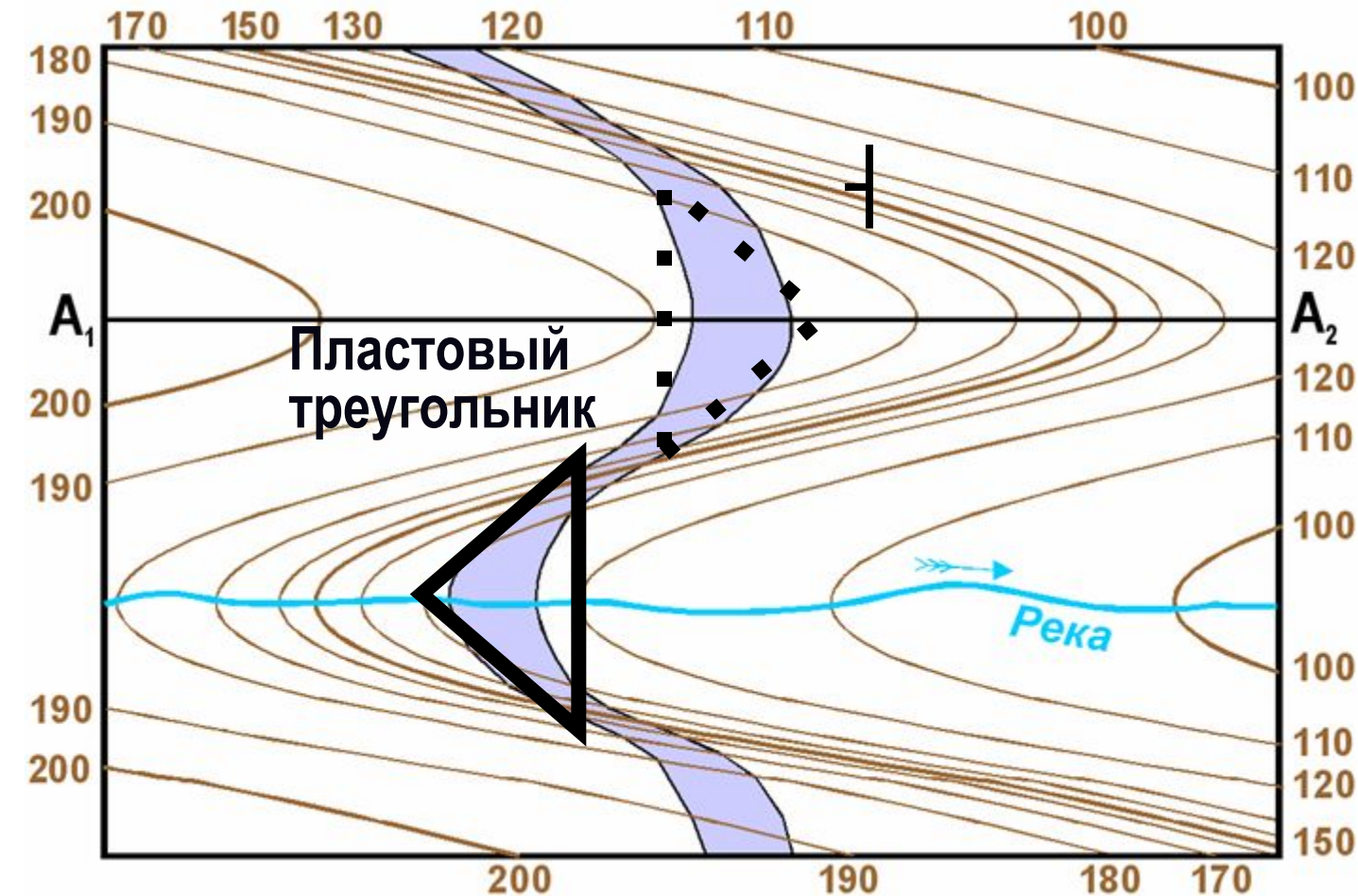
Конфигурация границ **наклонно** залегающих пластов на геологической карте **зависит** и от угла наклона самих пластов, и от морфологии рельефа, т. е. от **соотношения** *углов наклона пласта и склона*

Выход пласта, падающего в 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 называют "*пластовыми треугольниками*".

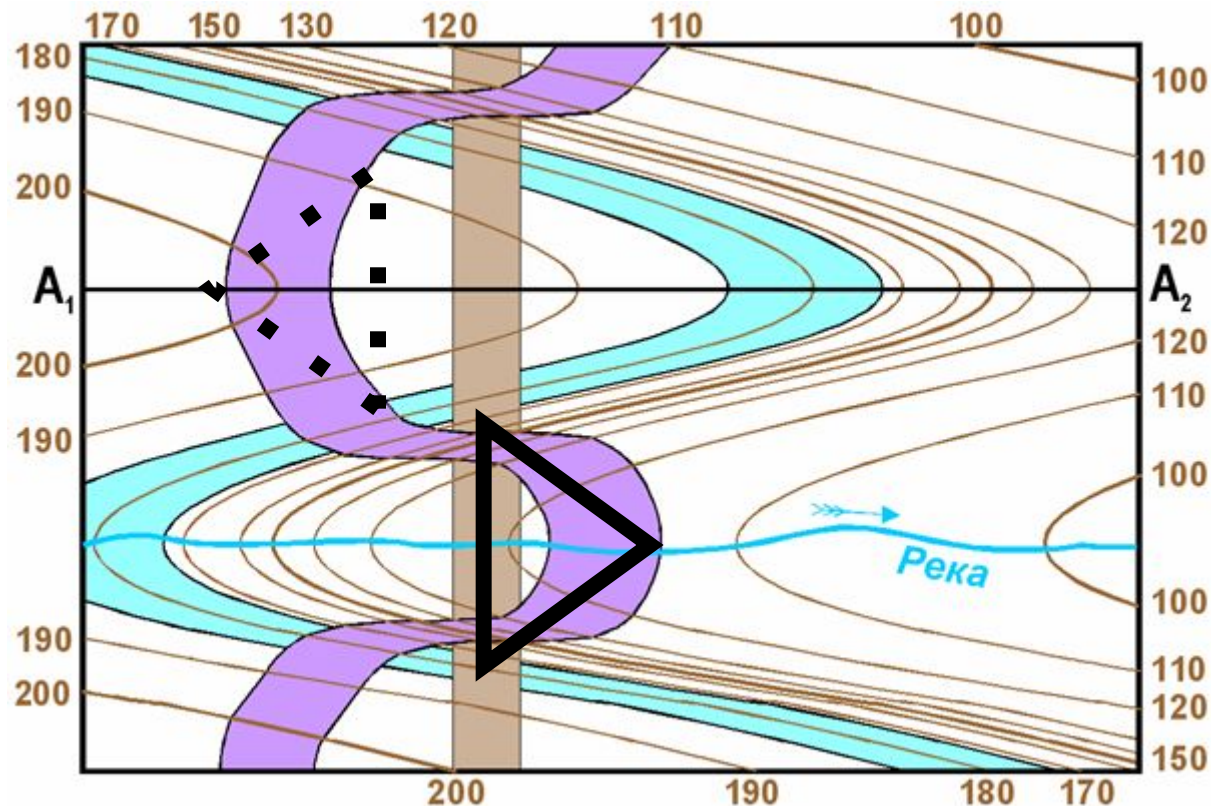
Правило пластовых треугольников: «Пластовый треугольник **в долине** указывает **направление падения** пласта, а **на водоразделе** – **направление восстания**»



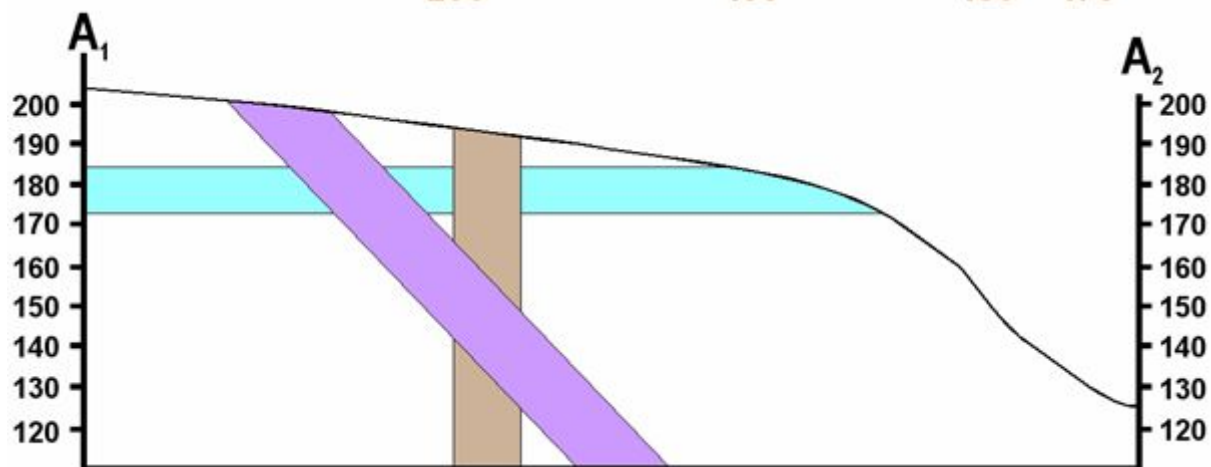


Пластовые треугольники в моноклинали. Загрос. Google Earth

Выход пласта, имеющего падение такое же, как и склон, но круче склона, на карте занимает положение противоположное выходам горизонтального пласта, т.е. выход пласта "изогнут" в **другую сторону**, чем горизонтали.



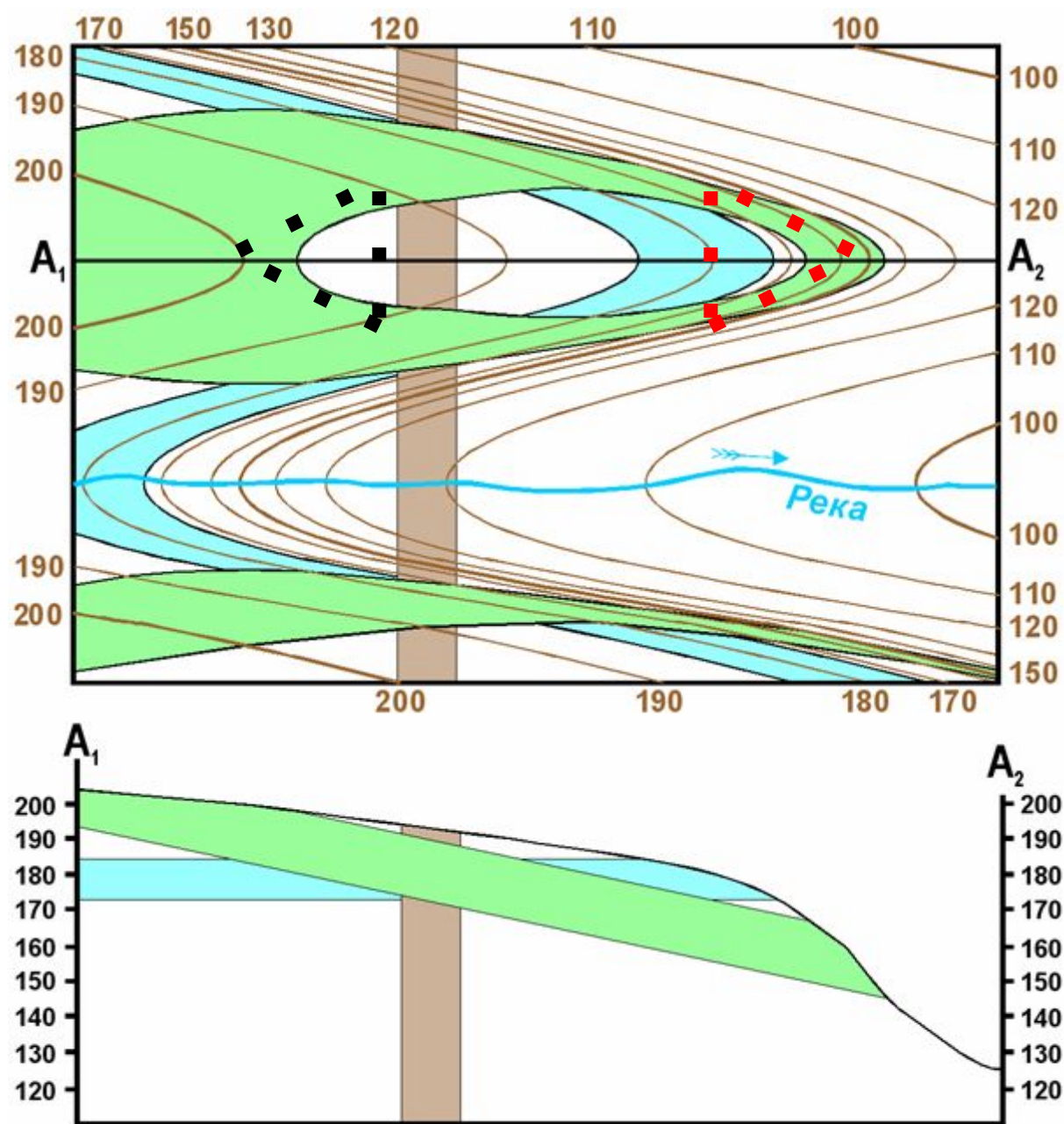
Правило пластовых треугольников: «Пластовый треугольник в долине указывает направление падения пласта, а на водоразделе – направление восстания» и в этом случае "работает"



Особые случаи соотношения углов наклона пласта и рельефа

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

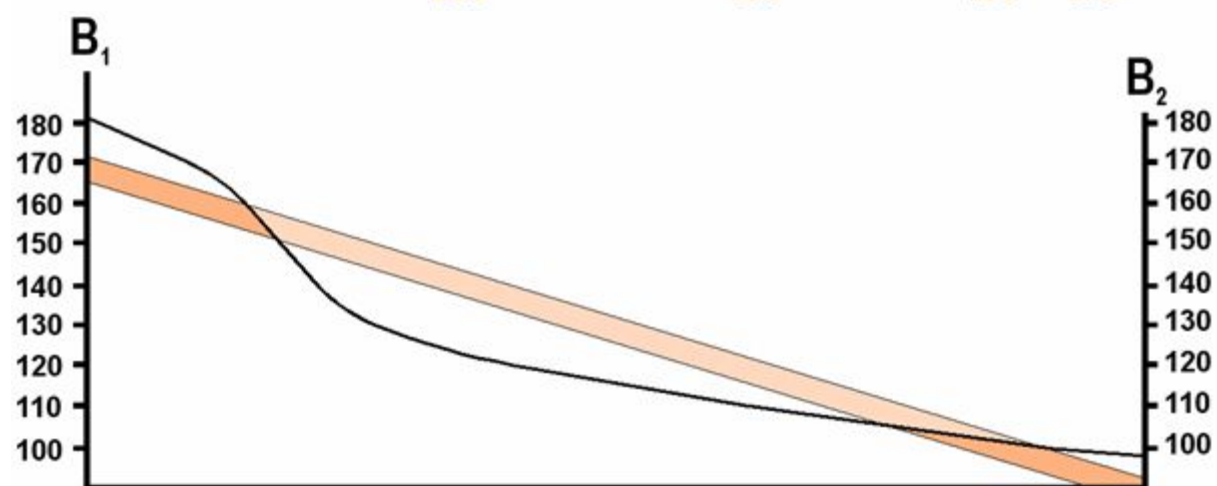
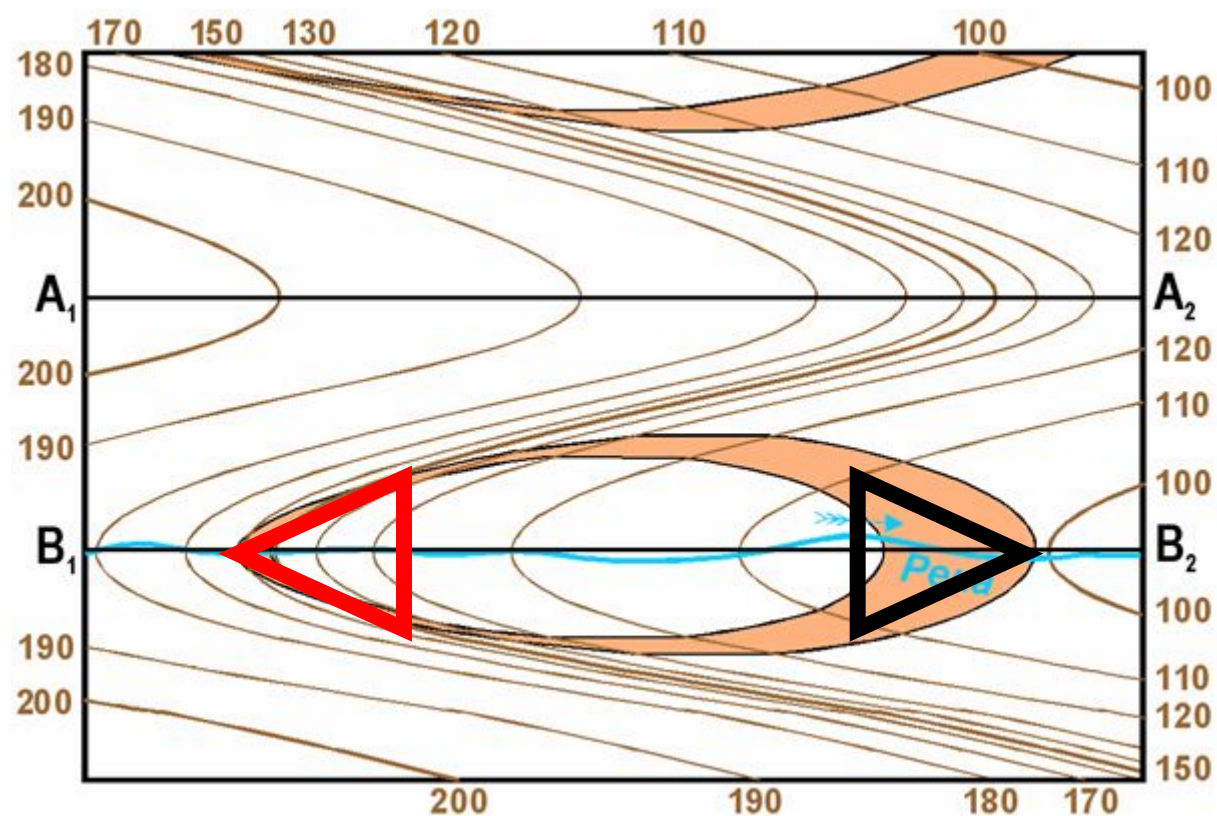
На востоке, где пласт падает
в ту же сторону, что и склон,
но положе его, его выход
"изогнут" в ту же сторону,
что горизонтали, но с
большей кривизной!
Поэтому: «Пластовый
треугольник на водоразделе
в этом случае показывает
направление падения
пласта!»



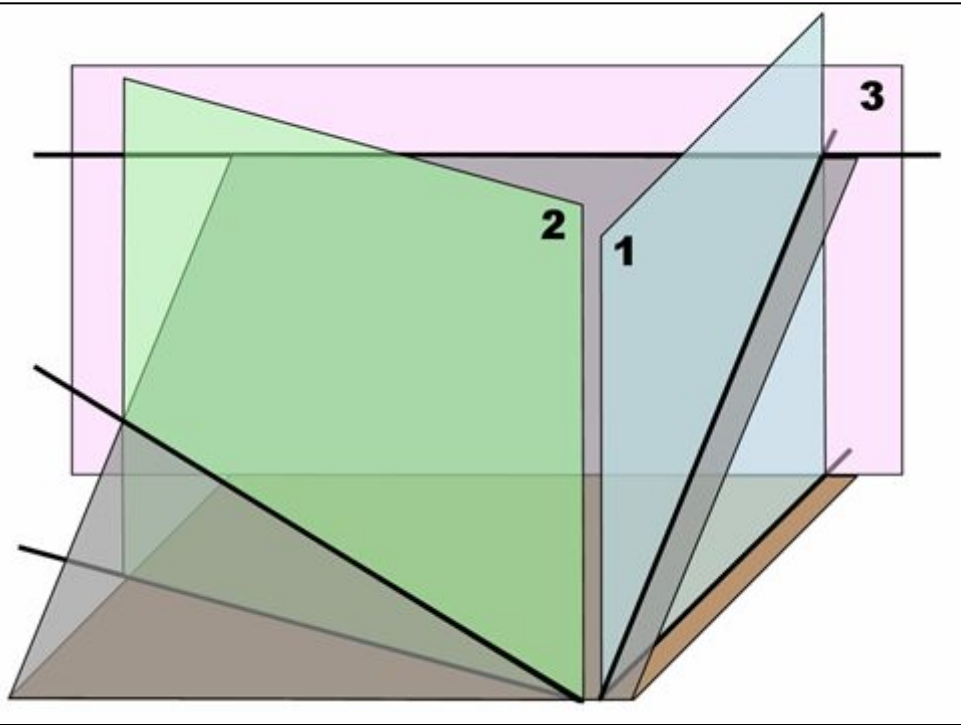
2. Выход полого
наклоненного пласта в
долину (на западе **положе**
склона, на востоке – **круче**
склона)

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

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



Геометрия наклонного пласта



1 вертикальная плоскость сечет наклонный пласт вкрест простирания;

2 вертикальная плоскость сечет наклонный пласт косо к простиранию;

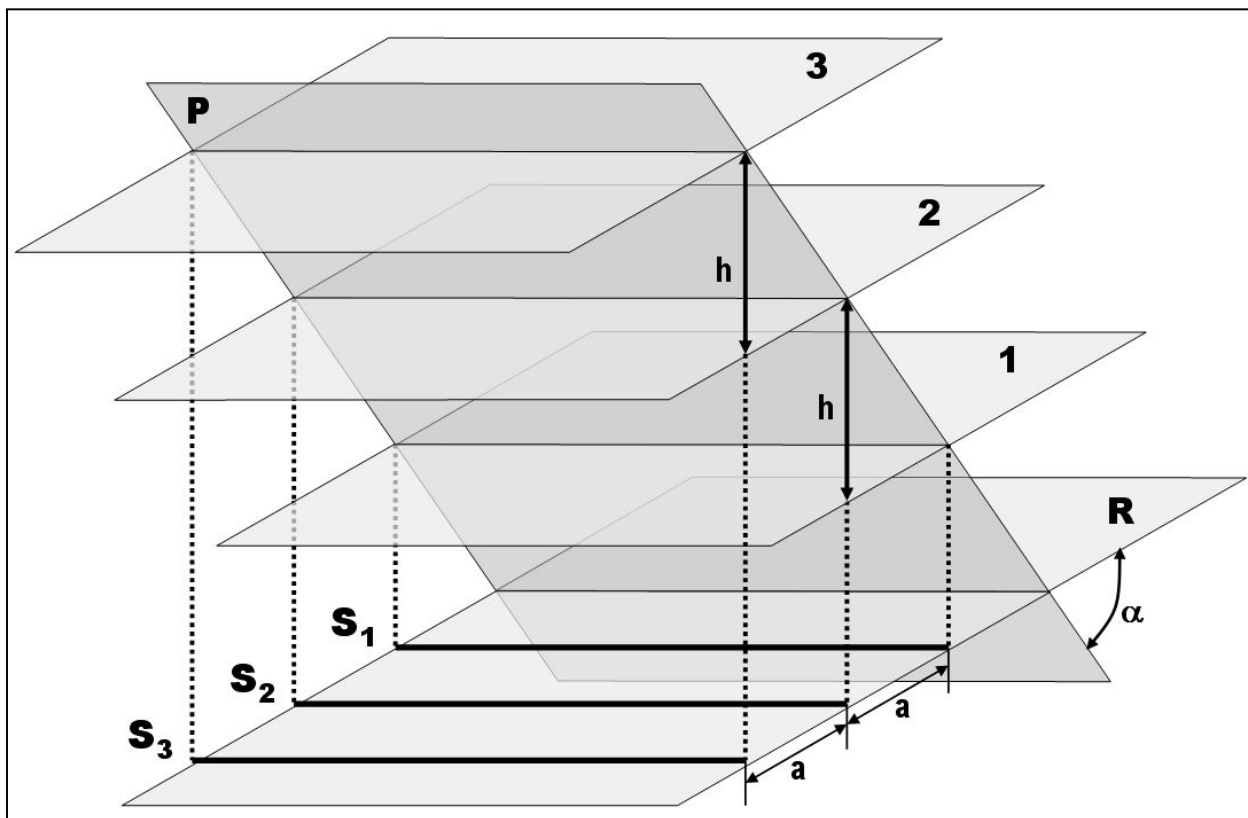
3 вертикальная плоскость сечет наклонный пласт по простиранию.

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



Стратоизогипсы являются аналогами горизонталей рельефа, только проводятся для поверхности пласта (**P**). Представьте себе линии простирания пласта как линии пересечения поверхности пласта с горизонтальными поверхностями (**R**) известной заданной высоты.

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

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

Заложение стратоизогипс (a) – кратчайшее расстояние между соседними стратоизогипсами.

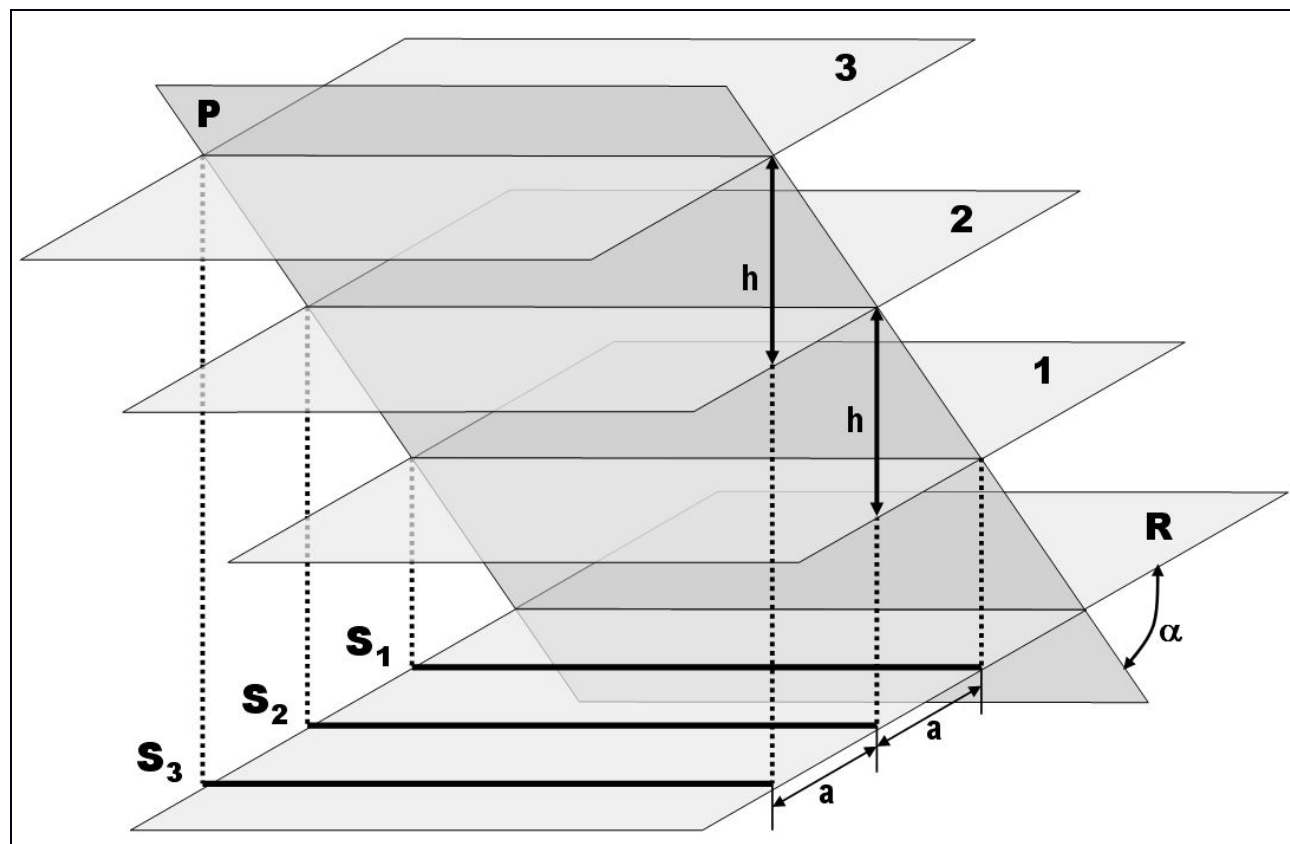
Свойства стратоизогипс

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 слоя, а уменьшение заложения – более крутое залегание.
3. Если значение высоты стратоизогипс совпадает со значением высоты горизонталей, то точки пересечения этих линий с одинаковыми абсолютными отметками являются точками выхода поверхности пласта на дневную поверхность.

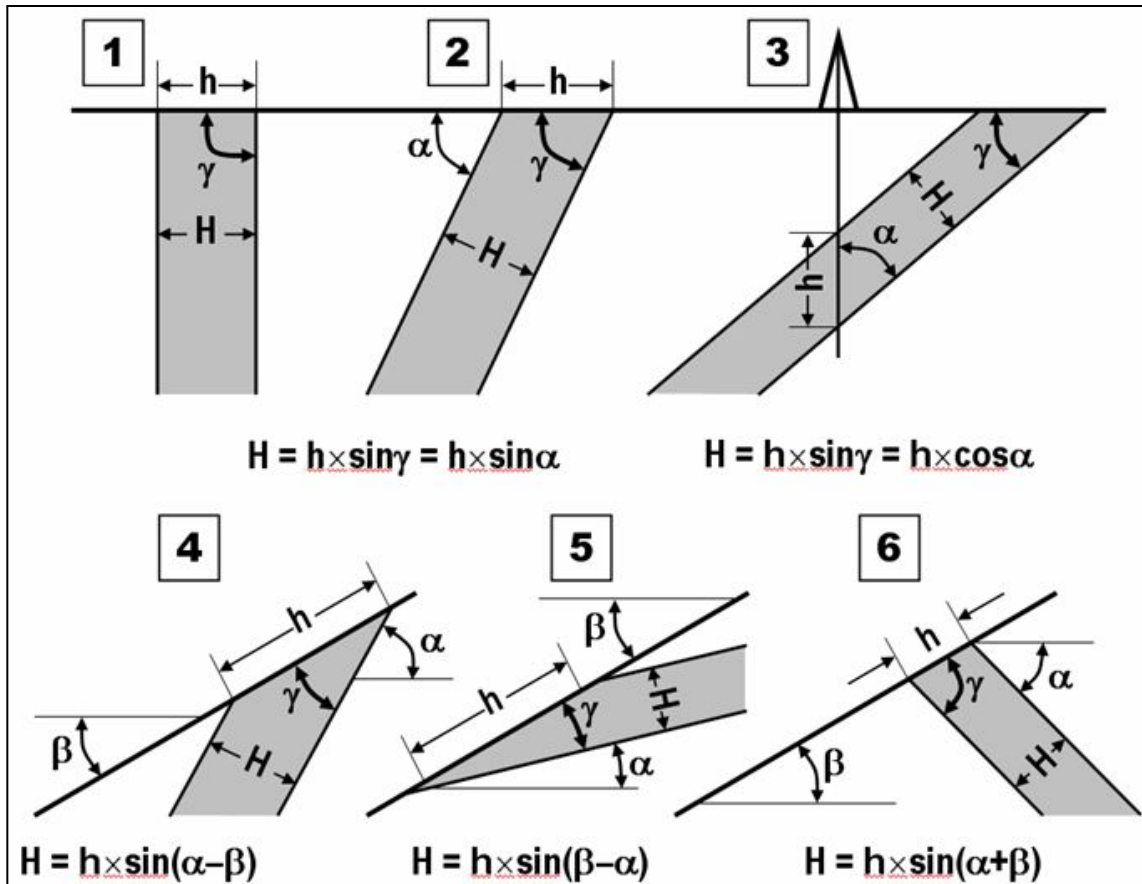
$$a = h \times \operatorname{ctg} \alpha$$

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

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



Определение мощности пласта по ширине выхода и наклону рельефа



h – "видимая мощность":

№ 1, 2 – "горизонтальная мощность"

№ 3 – "вертикальная мощность"

№ 4, 5, 6 – "ширина выхода"

H – истинная мощность слоя;
 α – угол падения слоя;
 β – угол падения склона;
 γ – угол между поверхностью пласта и склона

Если не видна (или неизвестна!) подошва или кровля слоя,
то его мощность называется **"неполной"**

Масштаб 1:50 000

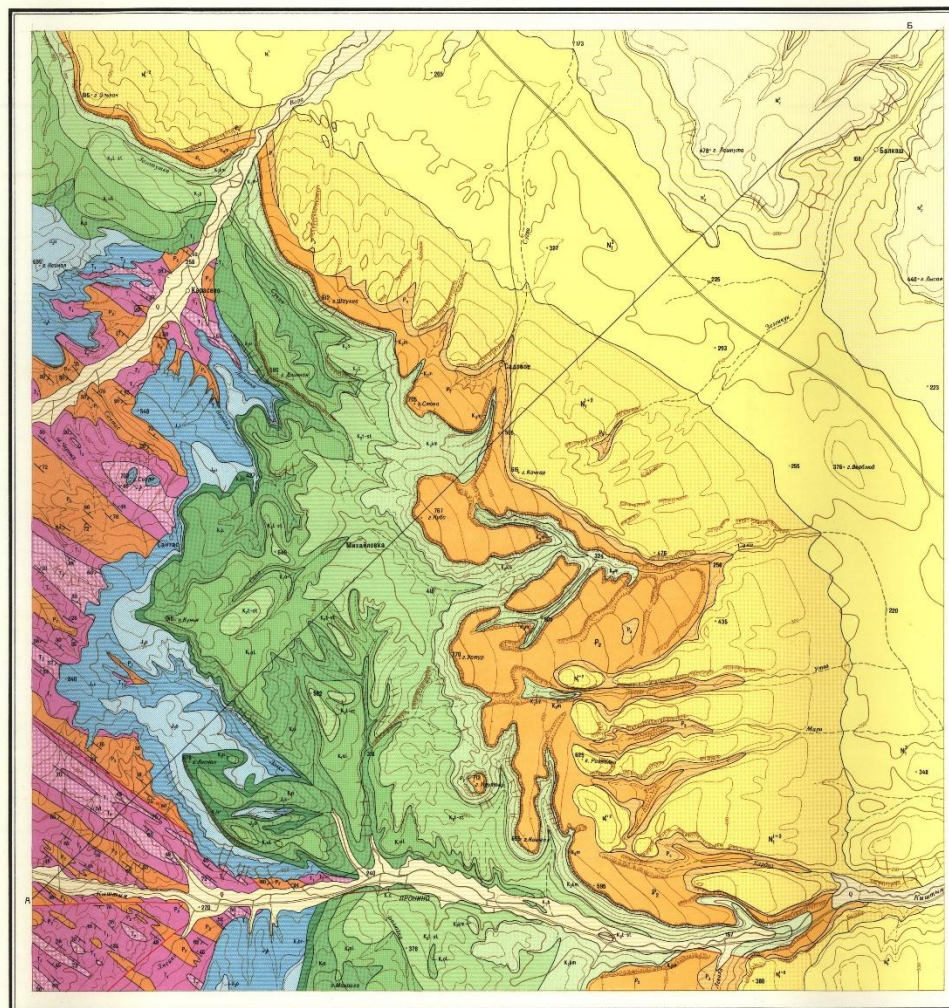
Лист №4

1984 г.

[illegible]

Примечания: 1. Мощности указаны минимальные в работе
2. Мощности некоторых слесей указаны по данным бурения

Автор Д.С. КИЗЕНАЛЬТЕР
Редакторы: В.А. ЗАЙЦЕВ, И.М. НОСОВИЧ



1:50 000

к 1000 500 0 1 2 км
в 1 сантиметре 500 метров
Глобусы горизонтально проведены через 50 метров

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- | | | | | |
|-------------------|---------------|-------|--|--|
| БЕОГОНОВА СИСТЕМА | ПЕЩЕРЫ | | Искусственные системы, дачники | |
| | | | Средняя дачная, коттеджные и дачные | |
| | ЖИЛЫЕ | | Жилые здания, дачники | |
| | | | Зеркала, экраны, лампы и осветительные приборы | |
| | | | Жилые и средние жилые, морские и зимовые | |
| | ПЕЩЕРЫ | | Осветительные системы и лампы | |
| | | | Зеркала, лампы, осветительные | |
| | СНОВА СИСТЕМА | ЖИЛЫЕ | | Искусственные системы, морские |
| | | | | Жилые здания, морские |
| | | | | Турки, лампы, лампы и лампы, морские и зимовые |
| ЖИЛЫЕ | | | Средние системы, морские и лампы | |
| | | | Лампы, лампы | |
| | | | Лампы, лампы | |
| | | | Жилые системы, лампы, лампы | |
| ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | | Средние системы, лампы | |
| | | | Жилые системы, лампы | |
| | ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | | Средние системы, лампы и лампы | |
| | | | Лампы, лампы, лампы и лампы | |
| ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | | Средние системы, лампы и лампы | |
| | | | Средние системы, лампы и лампы | |
| | ЖИЛЫЕ СИСТЕМА | | Средние системы, лампы и лампы | |
| | | | Средние системы, лампы и лампы | |

LETTER OF CESSA

К листу №4



Масштабы горизонтальный и вертикальный 1:50 000

Министерство геологии СССР
Волоцкий ордена Ленина научно-исследовательский
геологический институт (ВНИИГ)
Ленинград