

# **Структурная геология и геологическое картирование**

## **Лекция № 2**

### ***«Слой, слоистость. Горизонтальное залегание»***

## Слой (пласт) Определения

### Словарь Брокгауза и Эфрона

**"Слоями или пластами** называют те массы, ограниченные более или менее параллельными плоскостями, из которых обыкновенно состоит толща *осадочных пород*"

### Большой Энциклопедический словарь

**"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".

### Стратиграфический кодекс России (2006), Статья V.13.

**"Слой (пласт)** — литологически более или менее однородные *маломощные отложения*, отличающиеся по вещественному составу или по остаткам организмов и ясно отграниченные от ниже- и вышележащих слоев. Морфологическими модификациями слоя являются линзовидный пласт, линза, клин, *лавовый поток (покров)*, залежь и т. д."

### Толковый словарь английских геологических терминов

***bed*** — **слой, пласт** [*стратигр*]. Слой осадков или осадочных пород, ограниченный сверху и снизу более или менее хорошо выраженными поверхностями напластования.

**NB!** Слоем (пластом) будем называть тело *стратифицированных* горных пород, имеющее более или менее параллельные ограничения, отделяющие его от выше- и нижележащих пород.

# Закон Стено

## Нильс Стенсен

(Николаус Стено, или Стенон) 1638 – 1686

Учился медицине в Лейдене и Париже, переехал во Флоренцию и стал врачом герцога Медичи. Сделал массу открытий в анатомии, медицине, кристаллографии, палеонтологии и геологии. Сформулировал **основной и единственный закон геологии:**



***"Каждый верхний слой откладывается только после того, как отложился нижний слой. Между отложением первого и второго существует перерыв".***

Таким образом, слой, расположенный в ненарушенном разрезе выше, является более молодыми, чем тот, который лежит ниже.

**NB!** Основной вопрос изучения слоев в разрезе:

**"Где подошва, а где кровля?"**

Иными словами: **"Где низ разреза, а где его верх?"**

***"Каждый верхний слой откладывается только после того, как отложился нижний слой.  
Между отложением первого и второго существует перерыв".***

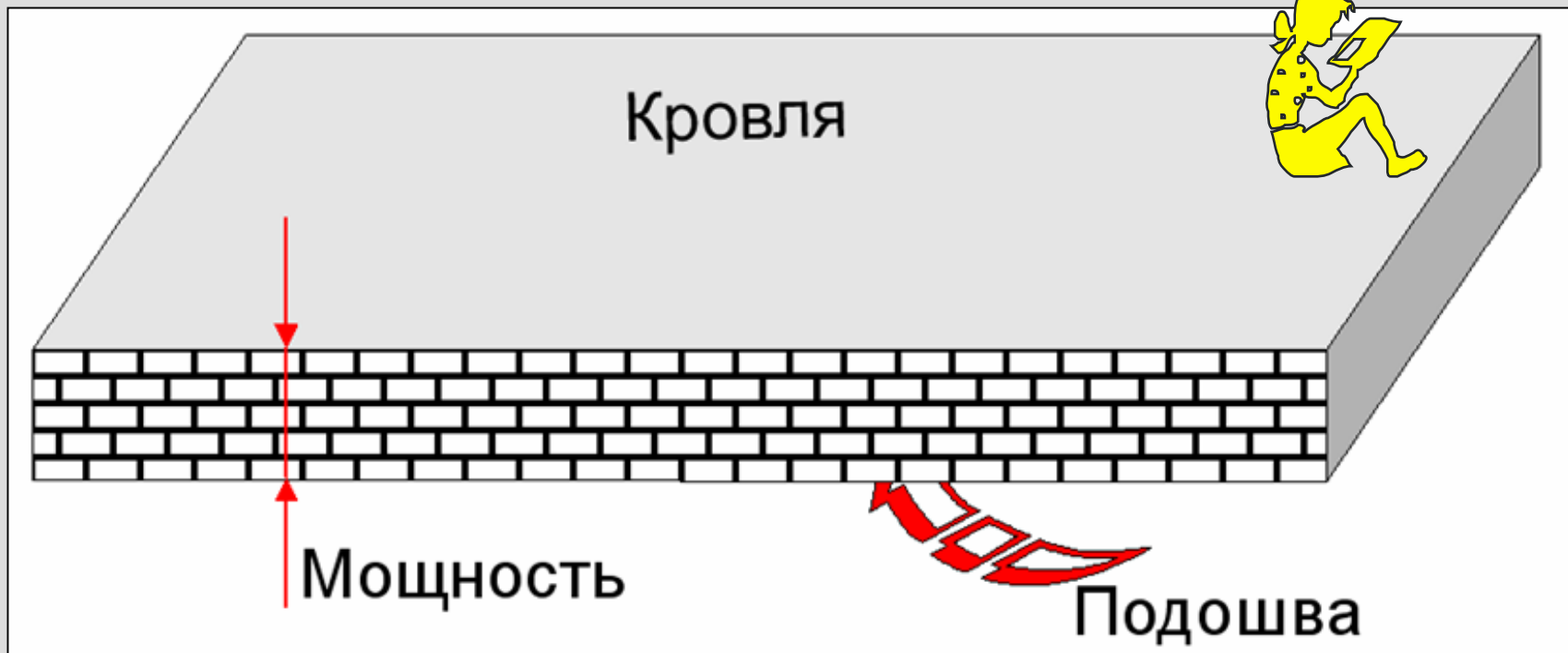


## Геометрические элементы пласта

**Подошва** [*sole*] – нижняя поверхность слоя, контакт с более древним слоем.

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

**Мощность** [*thickness*] – кратчайшее расстояние между подошвой и кровлей.



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

## ● Напластование

Слои обыкновенно налегают друг на друга целым пакетом, называемым серией, свитой, толщей, пачкой и т. п., а последовательную смену одних слоев на другие называют *напластованием*, наслоением.

**Граница** между двумя слоями (пластами) практически всегда (согласно закону Стено) соответствует перерыву в отложении (**гиатусу**), а часто и изменению состава осаждающегося вещества.

Иногда различают *стратиграфический* и *хронологический* гиатусы, понимая под последним именно временной интервал, соответствующий стратиграфическому интервалу.

Перерыв в осадконакоплении (или в излиянии вулканических лав) может сопровождаться частичной эрозией слоя, поэтому гиатусы делят на *седиментационные* (образуются за счет временного ненакопления осадков) и *постседиментационные*, или *эрозионные* (образуются за счет эрозии осадков, уже превращенных в твёрдые породы и последующего отложения новых осадков).

**NB!** Общее время ненакопления при формировании толщи обычно бывает **больше**, чем суммарное время накопления пластов!

## ● Прослои

Очень тонкие слои (обычно – меньше 10 мм), заключенные между другими, называются прослоями, слойками, пропластками и т. п.

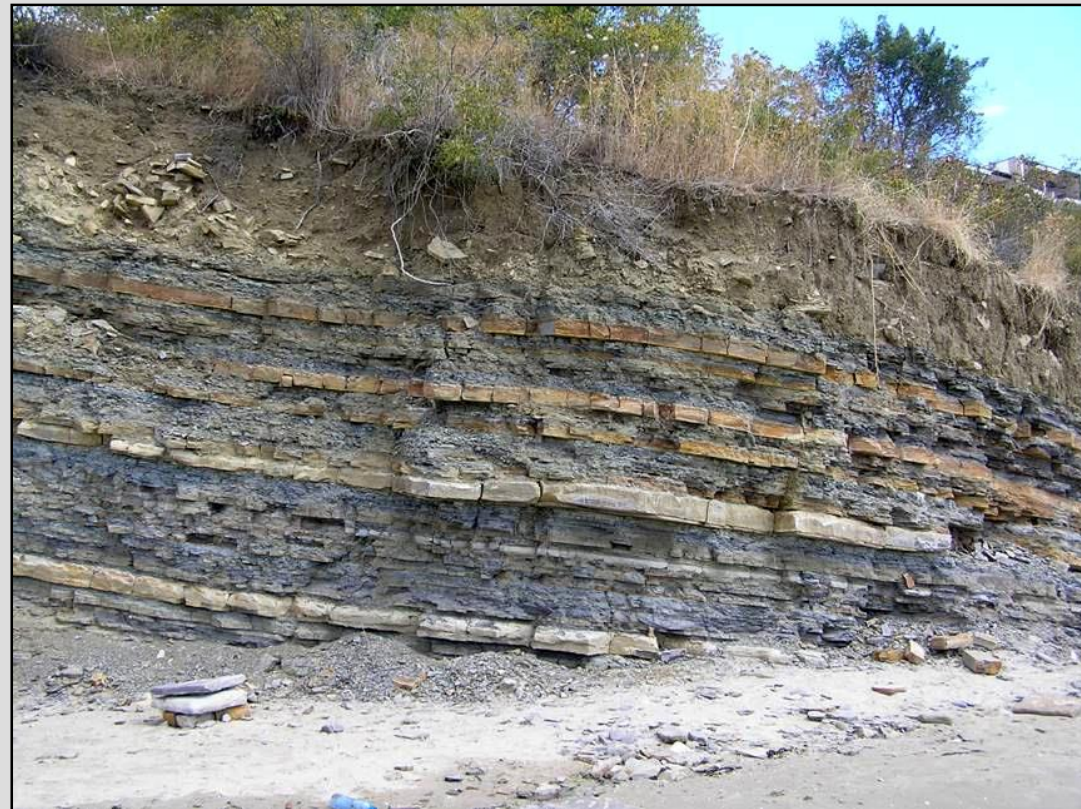
# Морфологические и генетические типы слоистости

**Морфологические** типы слоистости тесно связаны с **генетическими** типами, именно генезис отложений во многом определяет морфологию образующихся пластов и строение поверхностей напластования.

## **Параллельная слоистость (открытых бассейнов)**

Чередование слоев и слоек, *параллельных друг другу и общей поверхности напластования*. Параллельная слоистость формируется в относительно спокойных обстановках, поэтому мощности отдельных слоев оказываются выдержанными на больших пространствах.

Определение **подошвы— кровли** в параллельно слоистых толщах по деталям морфологии самих пластов возможно не всегда, однако при наличии некоторых особенностей строения пластов и поверхностей напластования это сделать можно.



**Иероглифы** (гиероглифы) [*hieroglyph*] – слепки неровностей кровли нижележащего слоя **на подошве вышележащего**. Представляют собой прихотливо изогнутые, ветвящиеся и амёбовидные валики и борозды, а также изометричные бугорки и ямки. Могут иметь разное происхождение, часто, это волновая рябь.



**Иероглифы в подошве слоя.  
Нижний карбон. Ю. Урал**



Неровности возникают на кровле пласта, а на подошве более молодого пласта наблюдаются их отпечатки, поэтому иногда их называют "негативными" иероглифами.

**NB!** Хребтики указывают на кровлю пласта





Складка в песчаниках,  
нижний карбон. Ю. Урал

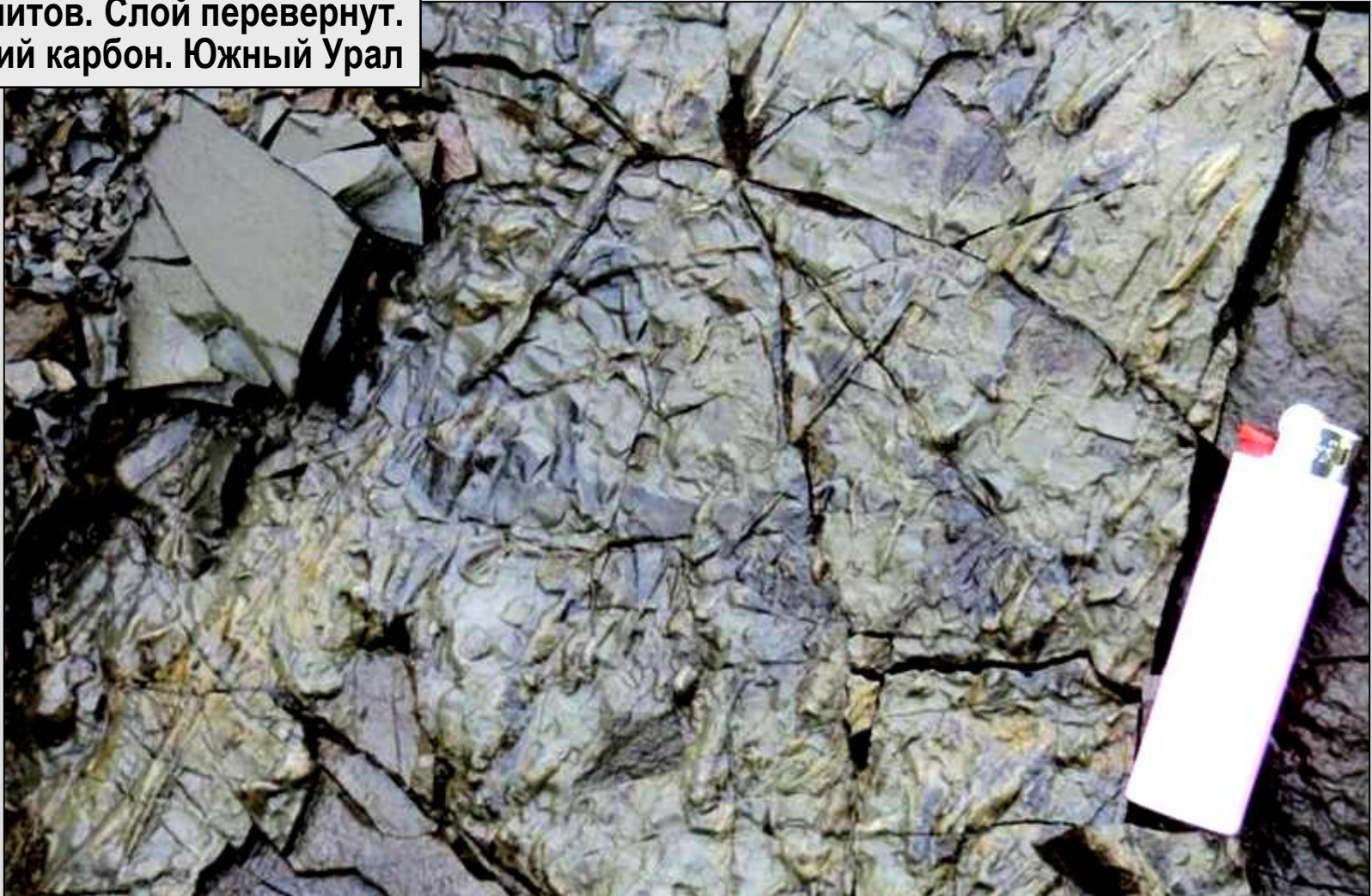
**ВВ!** Разрез нижнего карбона  
в этой складке перевернут



Складка в песчаниках,  
нижний карбон. Ю. Урал

**Механоглифы** возникают за счет переноса и перераспределения терригенного материала – это текстуры течения (*реоглифы*), волновые, эоловые, следы волочения водой по дну различных предметов и т.д.

**Механоглифы в подошве слоя алевролитов. Слой перевернут. Средний карбон. Южный Урал**



# Знаки ряби

Упорядоченные иероглифы, или **знаки ряби** [*ripple mark*] формируются под воздействием волнения и течений в прибрежных зонах, в дельтах рек, а также – ветра (эоловые). К этому же типу относится и линзовидная слоистость. Возникающие серии слойков имеют выпукло-вогнутую форму; в разрезе это создает картину волны или полуволны, которую обычно и называют "знаки ряби".

## Эоловая рябь

← направление ветра

a

Асимметричные знаки ряби – ямки и хребтики не симметричны в поперечном сечении, но симметричны относительно кровли и подошвы. Определить верх – низ нельзя!

← направление течения

б

## Рябь, образованная водным течением

Симметричные знаки ряби – ямки и хребтики симметричны в поперечном сечении, но асимметричны относительно кровли и подошвы. Определить верх – низ можно!

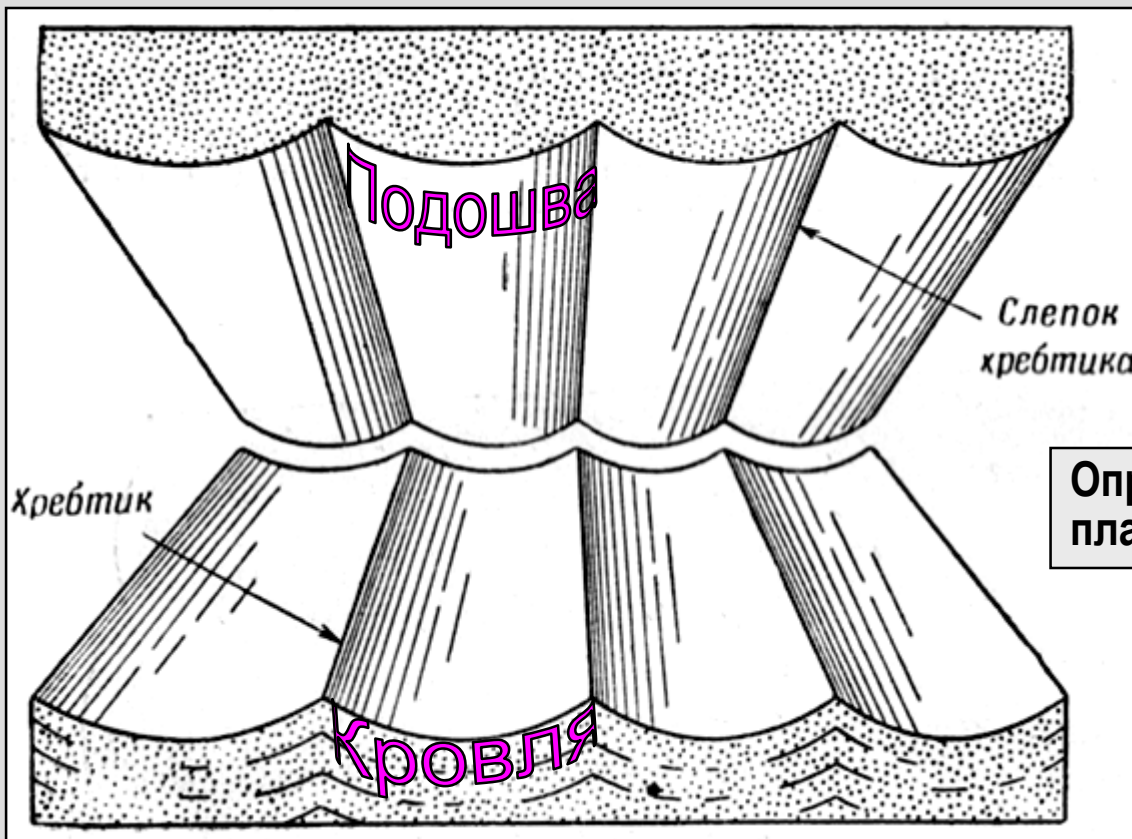
в

## Волновая рябь

Модели формирования знаков ряби. По Р. Шроку, 1950

# Модели формирования знаков ряби

По Р. Шроку, 1950



Определение подошвы–кровли пласта по знакам ряби

Определение подошвы–кровли пласта по знакам ряби сложного строения



**Рябь, образованная водным течением**

**Биоглифы** формируются как результат жизнедеятельности животных организмов (ходы илоедов, норки, холмики и пр.).

***bioglyph*** — биоглиф. Гиероглиф, образованный организмом или имеющий биологическое происхождение  
[Толковый словарь английских геологических терминов].



Биоглифы в кровле слоя  
песчаников. Триас. Крым.  
Фото с сайта ГШ МГУ



Биоглифы в кровле слоя.  
Эдиакарий. Подолия.  
Фото Дмитрия Пилипенко

Слепки следов пермских амфибий  
на подошве пласта. По Р. Шроку, 1950

**«Там на неведомых дорожках  
Следы невиданных зверей...»  
А.С. Пушкин**

Следы ползания  
трилобитов на кровле  
пласта. По Р. Шроку, 1950

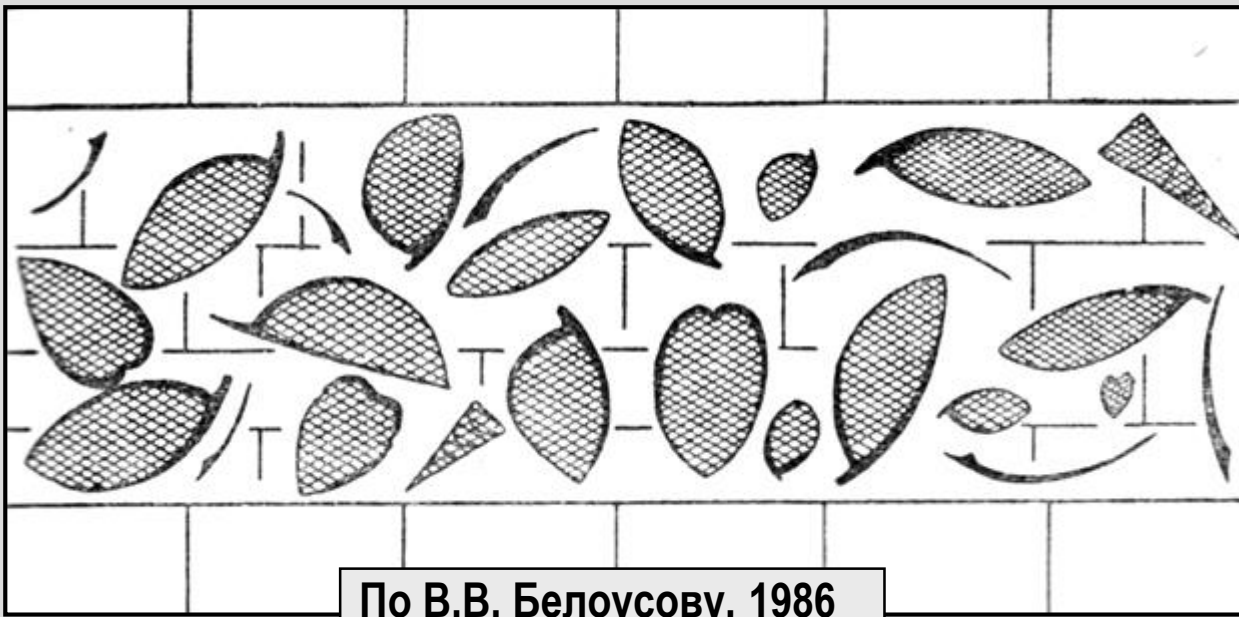


Отпечатки следов пермских амфибий  
на кровле пласта. По Р. Шроку, 1950



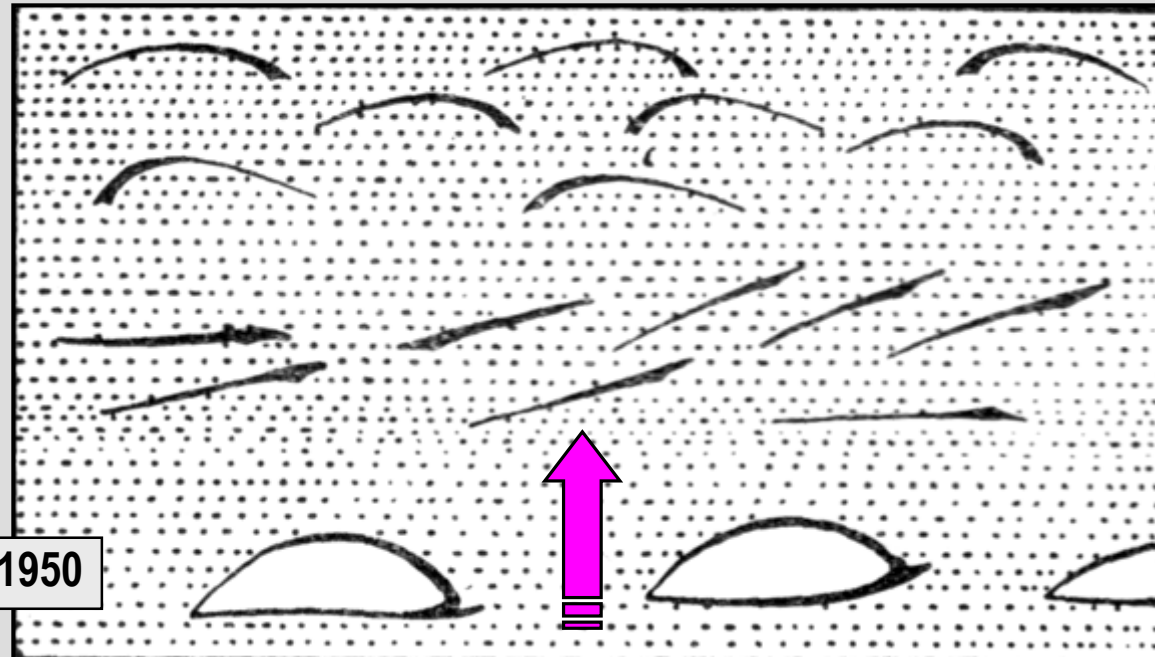
## Характер залегания остатков флоры и фауны

Схема хаотического расположения остатков раковин брахиопод в пласте известняков (разрез). Определение подошвы слоя **НЕВОЗМОЖНО**.



По В.В. Белоусову, 1986

Схема упорядоченного расположения остатков раковин брахиопод в пласте известняков (разрез). Выпуклости раковин показывают **кровлю** пласта.



По Р. Шроку, 1950



Трилобиты на кровле пласта.  
Образец из магазина в Вене

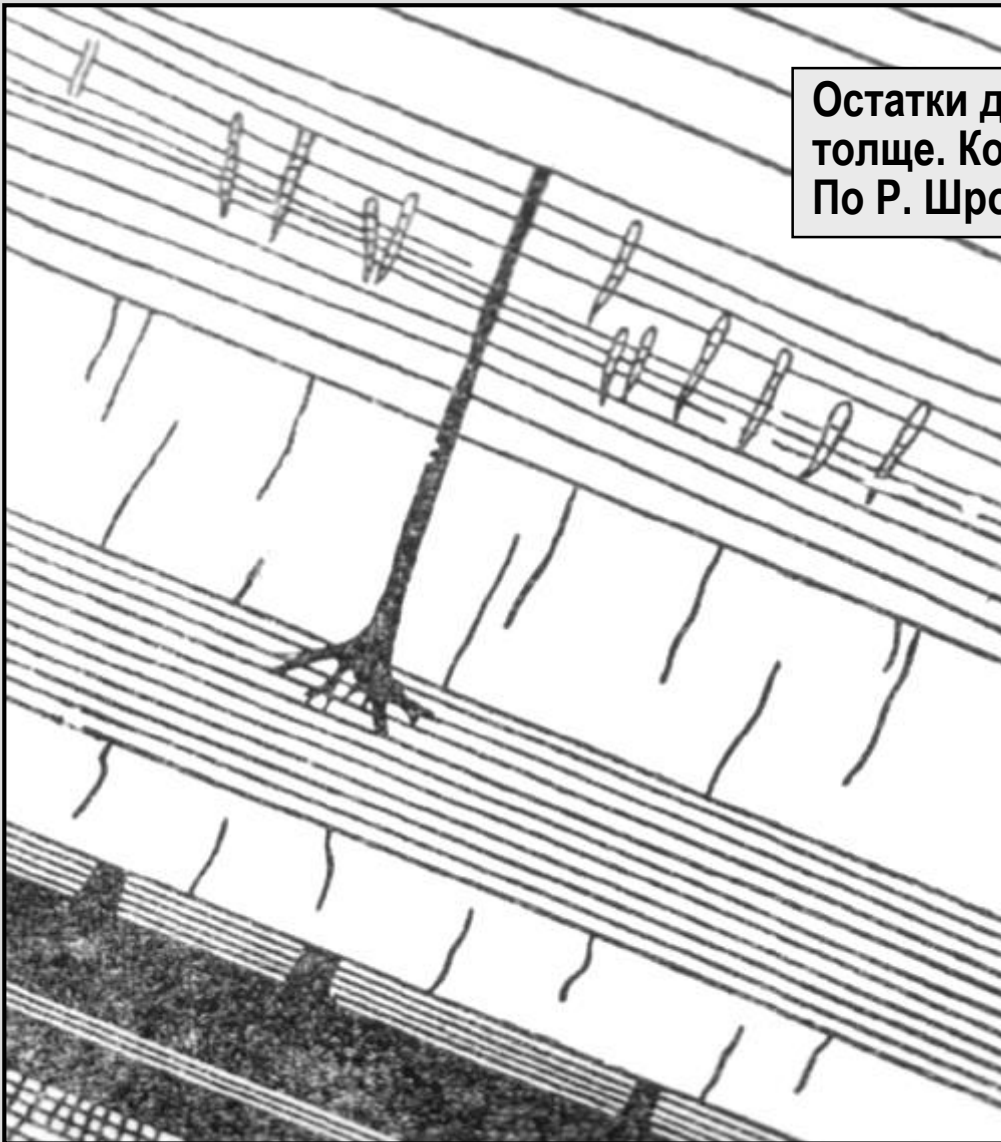


**Выпуклые отпечатки листьев на песчанике.  
Скорее всего, вид со стороны кровли пласта.  
Песчаники нижнего карбона. Южный Урал**



**Слепок листьев на песчанике.  
Скорее всего, вид со стороны подошвы пласта.  
Песчаники нижнего карбона. Южный Урал**

Остатки деревьев и пней в угленосной толще. Корни, естественно, внизу.  
По Р. Шроку, 1950



"...и если упадет дерево на юг или на север, то оно там и останется, куда упадет".

*Экклезиаст*

## Первичные трещины

Образуются при временном осушении бассейна (трещины усыхания [*mud crack*]) или при уплотнении осадка в процессе литификации. Во влажном состоянии скорлупки еще загнуты вниз, а сухие выгибаются вверх!

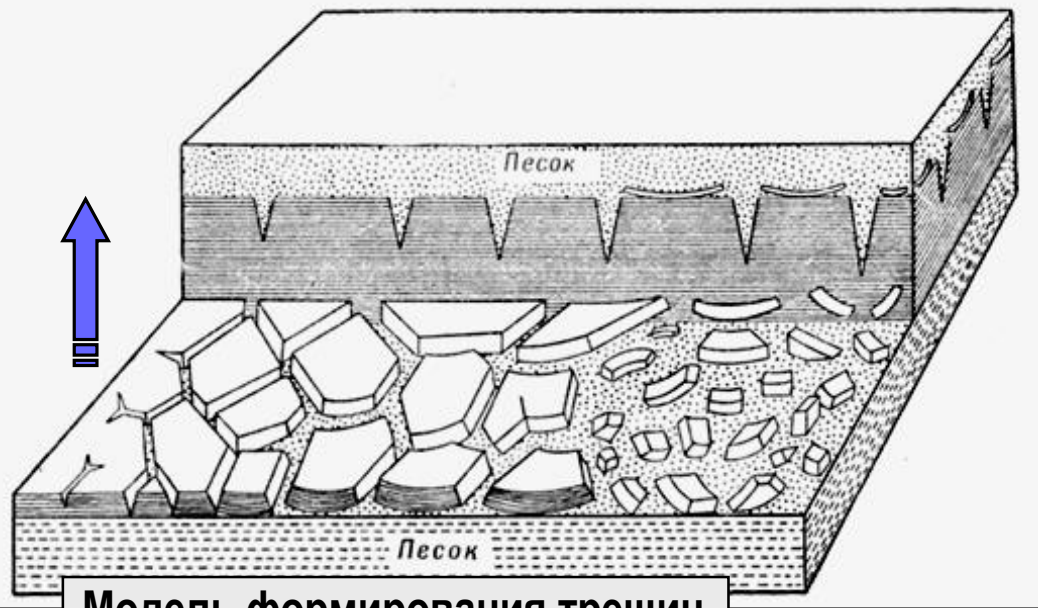
Трещины усыхания.  
По Р. Шроку, 1950



Трещины усыхания.  
По Л.Н. Болдушевской



Концентрические трещины  
усыхания. Средний карбон.  
Южный Урал



Модель формирования трещин усыхания. По Р. Шроку, 1950

Определение подошвы слоя при наличии вогнутых скорлупок от трещин усыхания достаточно однозначно: **выпуклая** часть указывает на **подошву** слоя, а **загнутые** края указывают на **кровлю**. При хаотическом расположении скорлупок определить подошву слоя затруднительно.

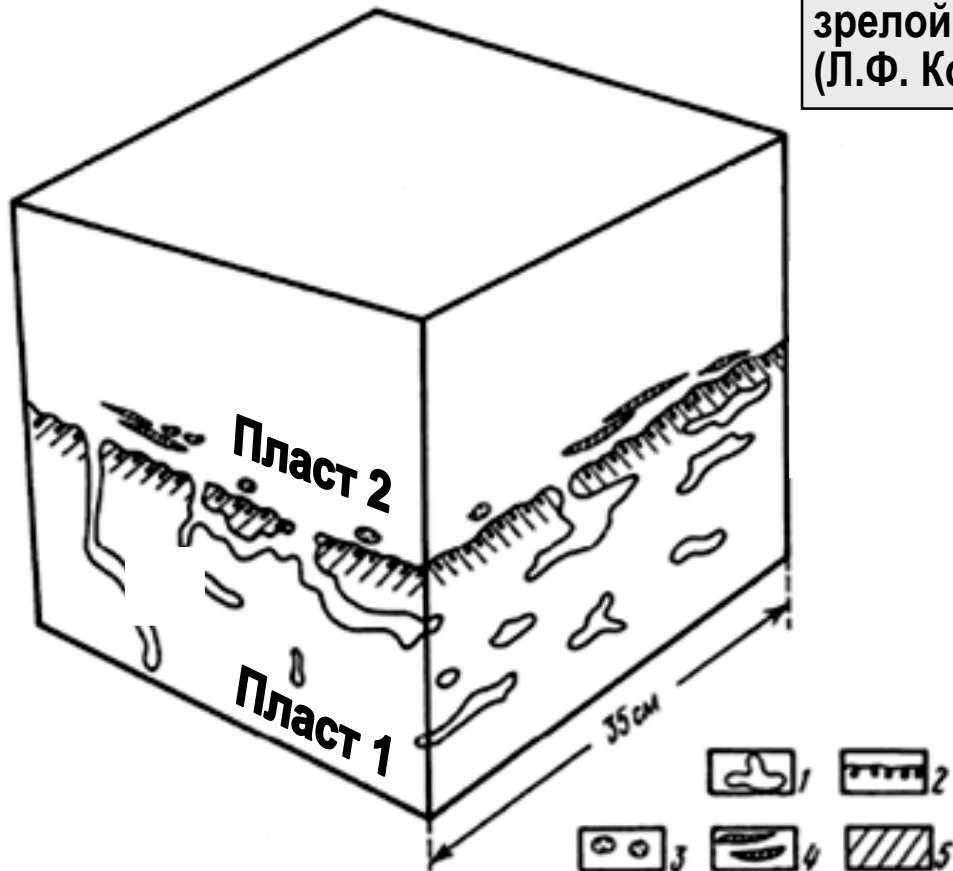


Трещины усыхания в аргиллитах. Частично скорлупки выпали, обнажив вышележащий слой песчаников. Нижняя пермь. Южный Урал

# Поверхность "твёрдого дна"

Структуры "*твёрдого дна*", или "*hardground*" представляют собой бугорчатые "...каменистые поверхности на дне морского бассейна, возникающие при остановке **карбонатного осадконакопления** за счет цементации карбонатных илов" (Барабошкин и др., 2002). Кровля пласта определяется по максимальному ожелезнению, выходам ходов илоедов, подошва – по обломкам раковин, галькам фосфатизированного мела и т.д.

Схема строения "твёрдого дна" зрелой стадии развития (Л.Ф. Копаевич, Д.П. Найдин, 1988)



**ВВ!** Между отложением пластов существует перерыв!

- 1 – норы раков,
- 2 – поверхность твёрдого дна, исверленная камнеточками,
- 3 – обломки фосфатизированного мела, исверленные камнеточками,
- 4 – обломки створок иноцерамов,
- 5 – ожелезнение.

Поверхность "твёрдого дна" на  
кровле известняков фамена.  
Южный Урал. Фото А.А. Борисенко



# Поверхность "мягкого дна"

Структуры "мягкого дна", или "*softground*" возникают "... при замедлении осадконакопления в бассейнах с **терригенной седиментацией** (когда карбоната в осадке слишком мало или он вообще отсутствует)" (Барабоскин и др., 2002). Подошва–кровля пласта при наличии "мягкого дна" определяются хуже, чем при наличии "твёрдого дна", однако их можно установить по положению ходов илоедов, имеющих выполнение, отличное от вмещающих пород.

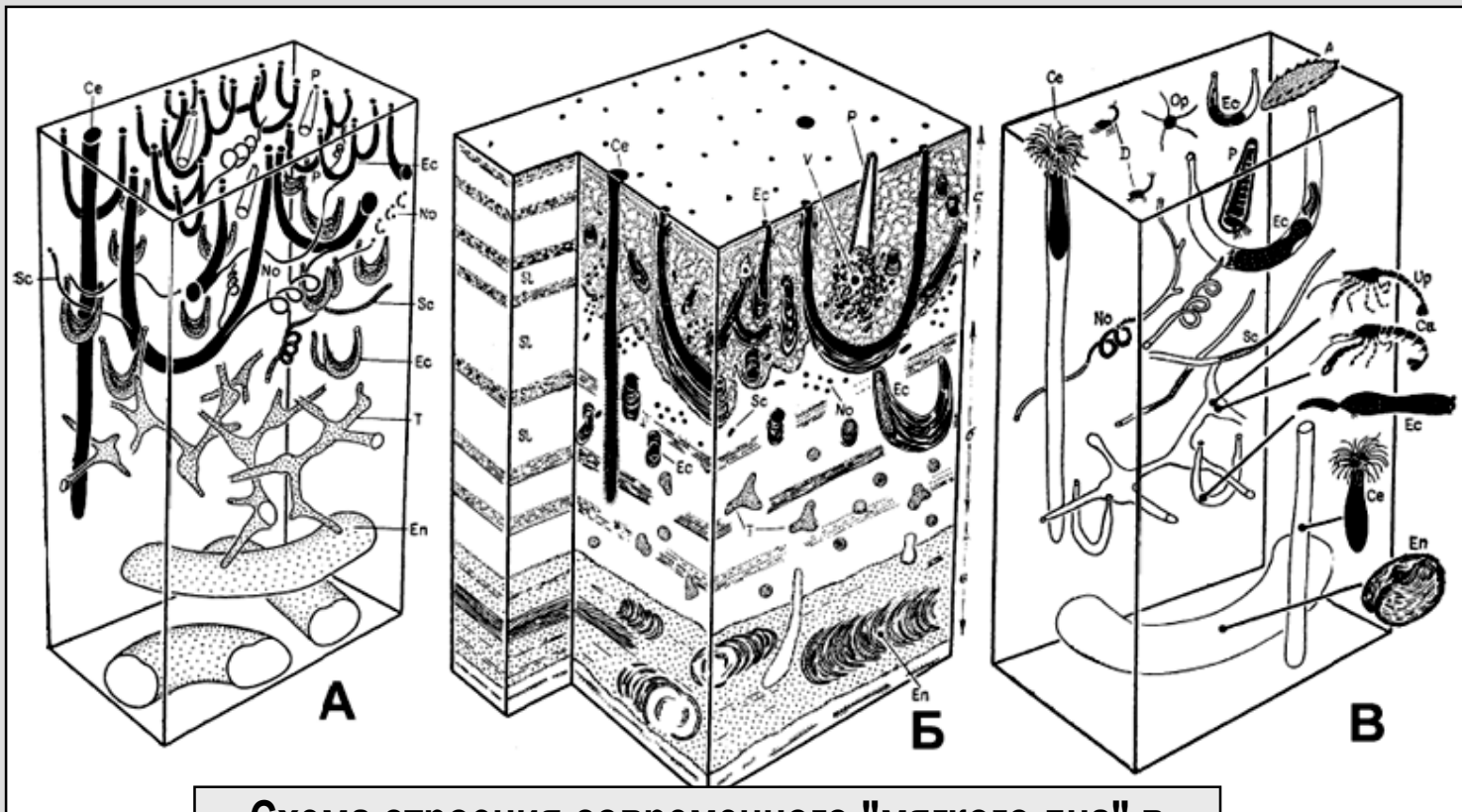


Схема строения современного "мягкого дна" в отложениях Северного моря (Рейнек, Сингх, 1981)

**NB!** Между отложением пластов существует перерыв!



## Косая слоистость

Косая слоистость [*cross-bedding*] характеризуется волнистыми сериями слоев, которые расположены косо по отношению к кровле и подошве пластов

Наиболее распространена дельтовая и эоловая косая слоистость



Косослоистые песчаники.  
Фото Е.Ю. Барабошкина

Косослоистые песчаники.  
Нижний рифей. Ю. Урал



# Модель формирования косой слоистости

Дельтовая косая слоистость в песчаниках юры. Северный Кавказ.  
Фото А.М. Никишина



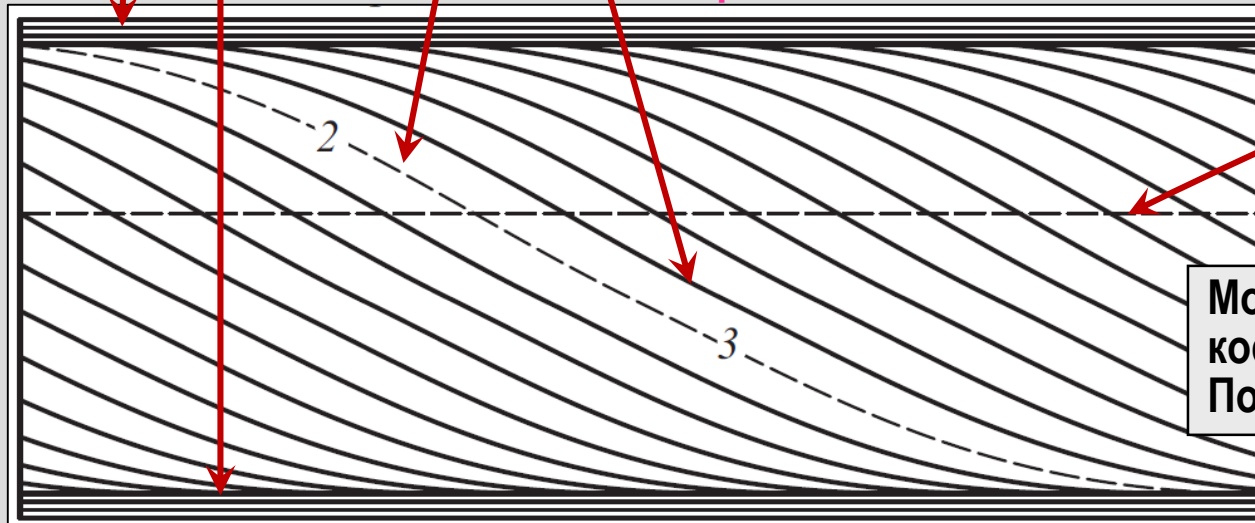
Поверхности слойков,  
асимптотически  
приближающиеся  
к кровле и подошве пласта

Перекрывающий  
пласт

Подстилающий  
пласт

Направление течения →

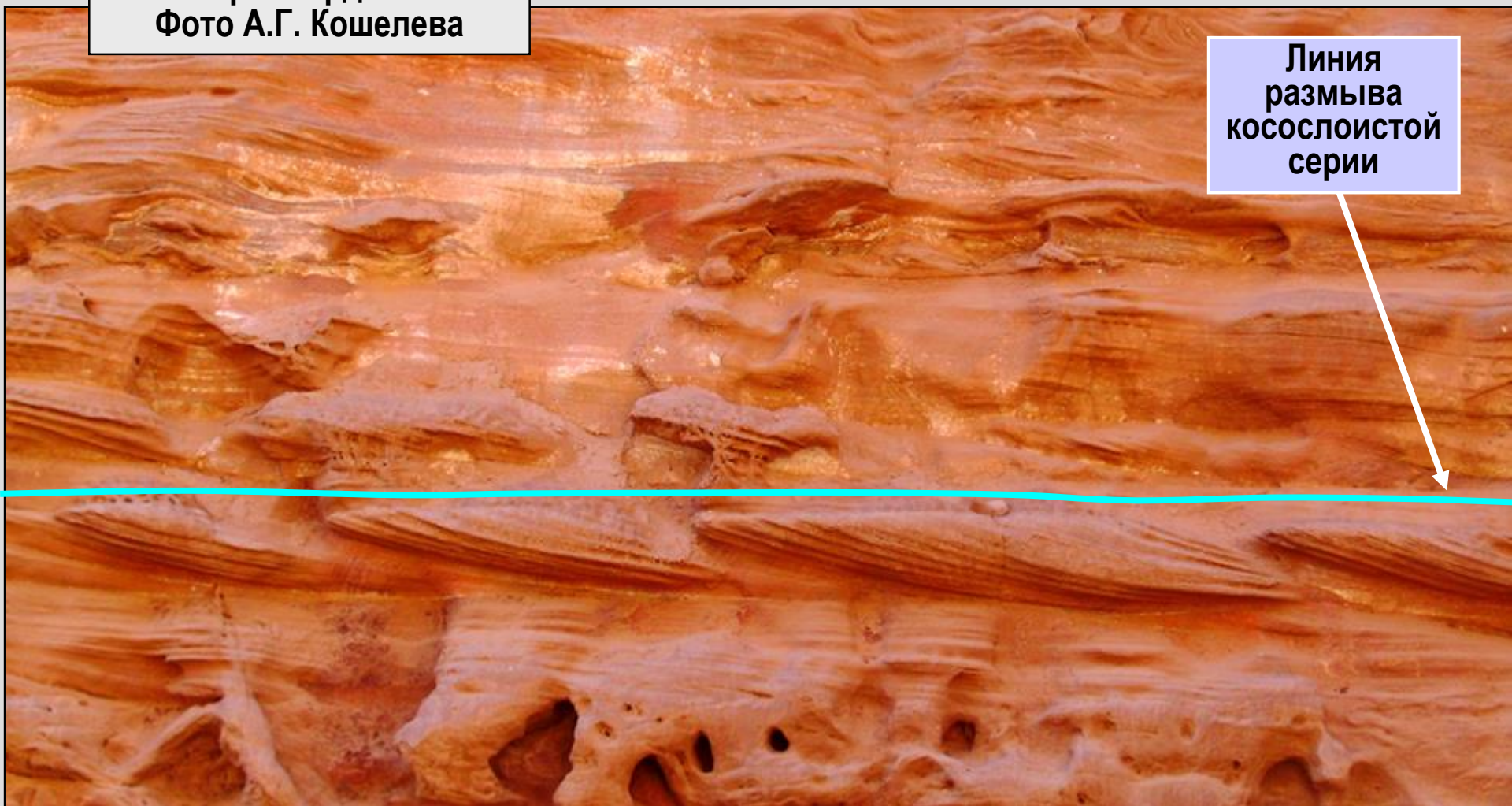
Линия  
последующего  
размыва




Модель формирования  
косой слоистости.  
По Р. Шроку, 1950


**Красноцветные золотые  
косослоистые песчаники.  
Петра. Иордания.  
Фото А.Г. Кошелева**

**Линия  
размыва  
косослоистой  
серии**





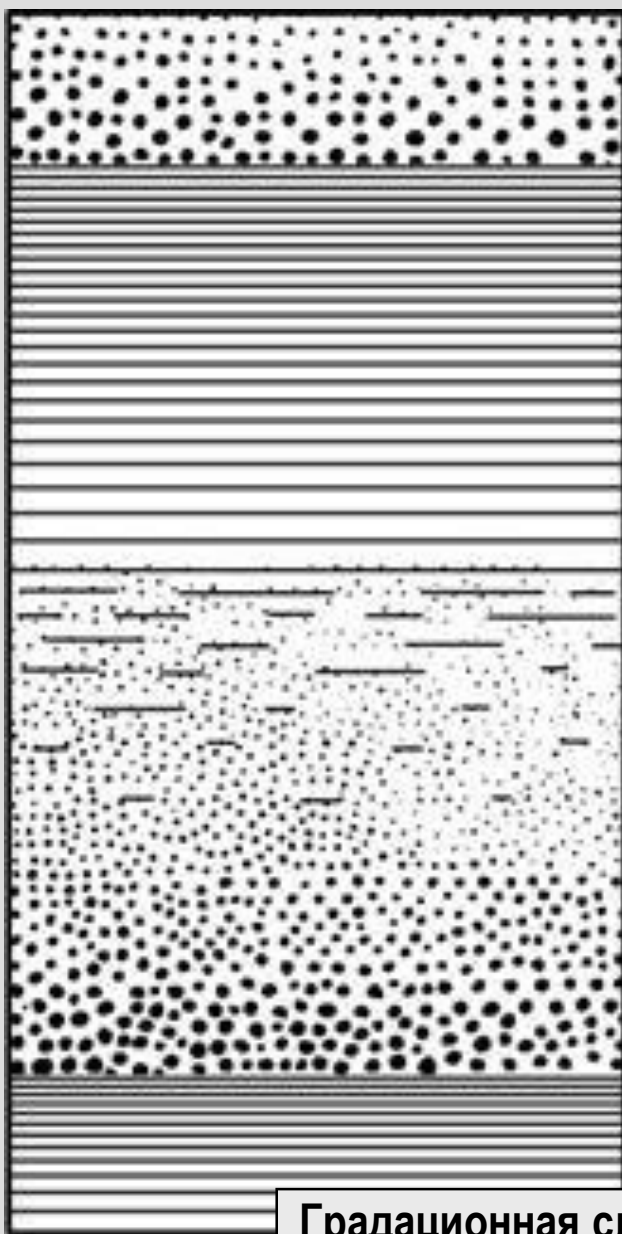
**Косослоистые песчаники.  
Квартер. Подмосковье**



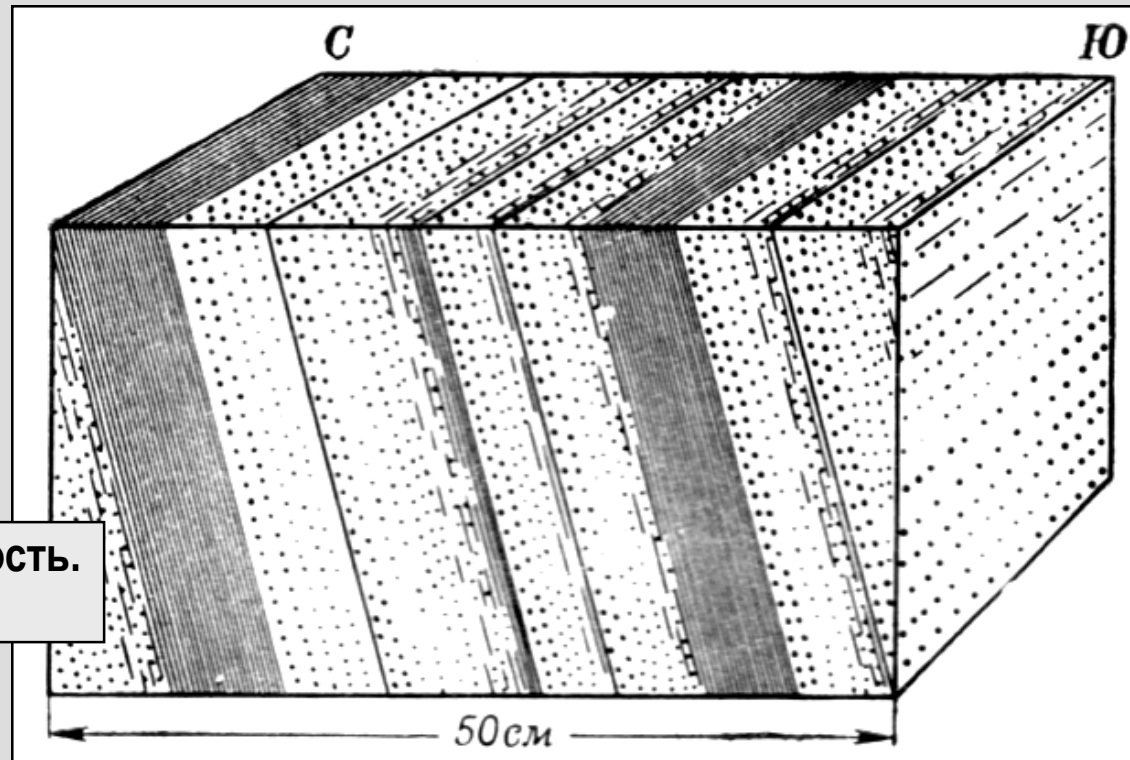
**Косослоистые красцветные  
песчаники. Аризона, США.  
Косослоистые пачки срезаны  
вышележащими слоями.  
Фото С.А. Зимина**

## Градационная (ритмичная) слоистость

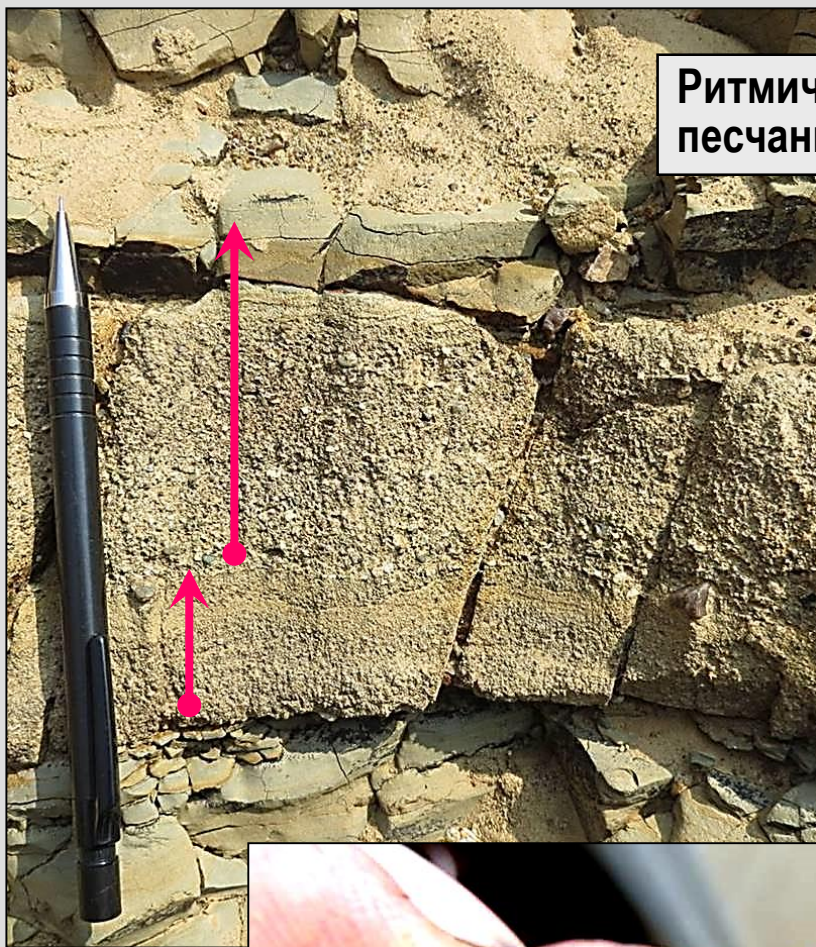
Обычно градационная слоистость [*graded bedding*] это более или менее параллельная слоистость с четкой сортировкой обломочного материала внутри слоя (крупнозернистый материал располагается у подошвы слоя). Градационная слоистость формируется при сходе по склону мутьевых потоков и отложении их у подножья. С каждым сходом образуется следующий слой и формируется ритмичная слоистость.



Градационная слоистость.  
По Р. Шроку, 1950



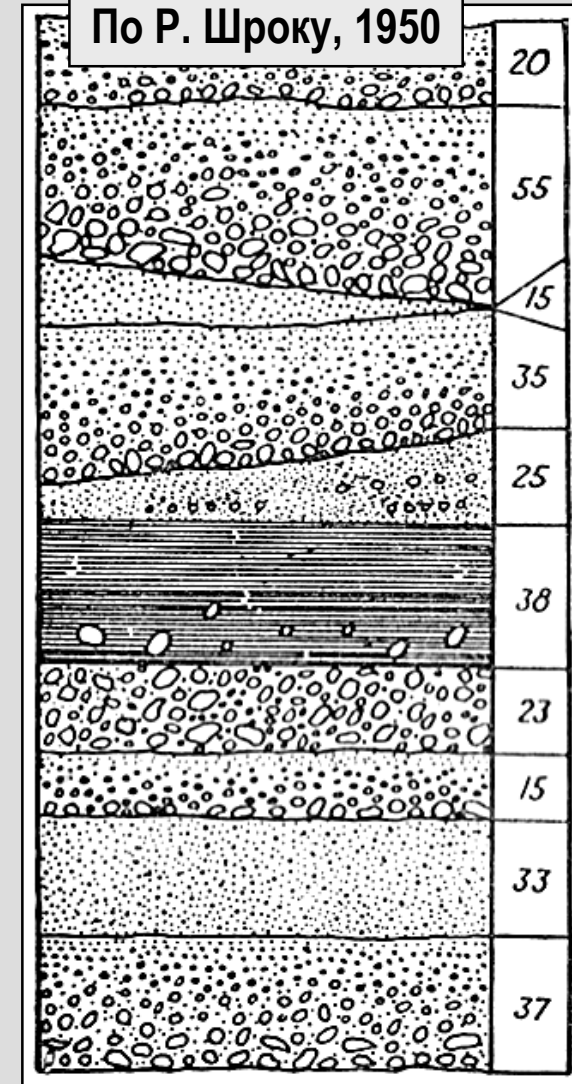
Ритмичнослоистые разномерные песчаники. Средний карбон. Южный Урал.



Ритмичнослоистые разномерные песчаники. Средний карбон. Южный Урал.



Градационная слоистость.  
По Р. Шроку, 1950




## Подводно-оползневая слоистость

Подводно-оползневая слоистость формируется при оползании слабо консолидированного материала. Её отличительный признак – сложно закрученные мелкие складки отдельных прослоев



Подводно-оползневая слоистость  
[oldwebsite.laurentian.ca](http://oldwebsite.laurentian.ca)



Подводно-оползневая слоистость.  
Слабо песчанистые известняки  
нижнего карбона. Южный Урал

# Конволютная слоистость

Конволютная слоистость

[*convolute lamination*] возникает за счет турбулентного течения в слабо литифицированных осадках, движущихся по пологим склонам.

В отличие от подводно-оползневых складок, деформируются только слойки внутри пласта, а не весь пласт.

Конволютная слоистость  
radant.narod.ru



Кремнистые алевролиты.  
Нижний карбон. Южный Урал.  
Фото Н.В. Правиковой



Кремнистые алевролиты.  
Нижний карбон. Южный Урал.  
Фото Н.В. Правиковой



# Первично горизонтальное залегание пластов

Горизонтально лежащие пласты  
песчаников. Египет. Фото М.Я. Каца

Горизонтальная слоистость  
формируется в спокойной  
обстановке открытых  
бассейнов, когда дно бассейна  
выровнено предыдущим  
осадконакоплением.  
Она считается первичной.

Горизонтально лежащие  
пласты известняков мела.  
Парижский бассейн.



**Горизонтально лежащие пласты  
песчаников. Ронда, Испания.  
Фото И.А. Кошелевой**



**Горизонтально лежащие пласты  
песчаников неогена. Ущелье Чарын.  
Ю. Казахстан. Фото Е.И. Безуглых**



Горизонтально лежащие пласты.  
Большой Каньон. США.  
<http://img.sci-lib.com>



Горизонтально лежащие пласты  
песчаников. Скалы "12 апостолов".  
Австралия. Фото С. Зимина



**Горизонтальные слои. Долина  
монуменов. США. Фото С. Зимина**



**Горизонтальные слои. Место неизвестно.  
Фото прислано Светланой Юрьевной**

# Первично негоризонтальное залегание пластов



Первично наклонное залегание пластов базальтовых туфов на склоне вулкана Санторин.  
Фото А.Г. Кошелева

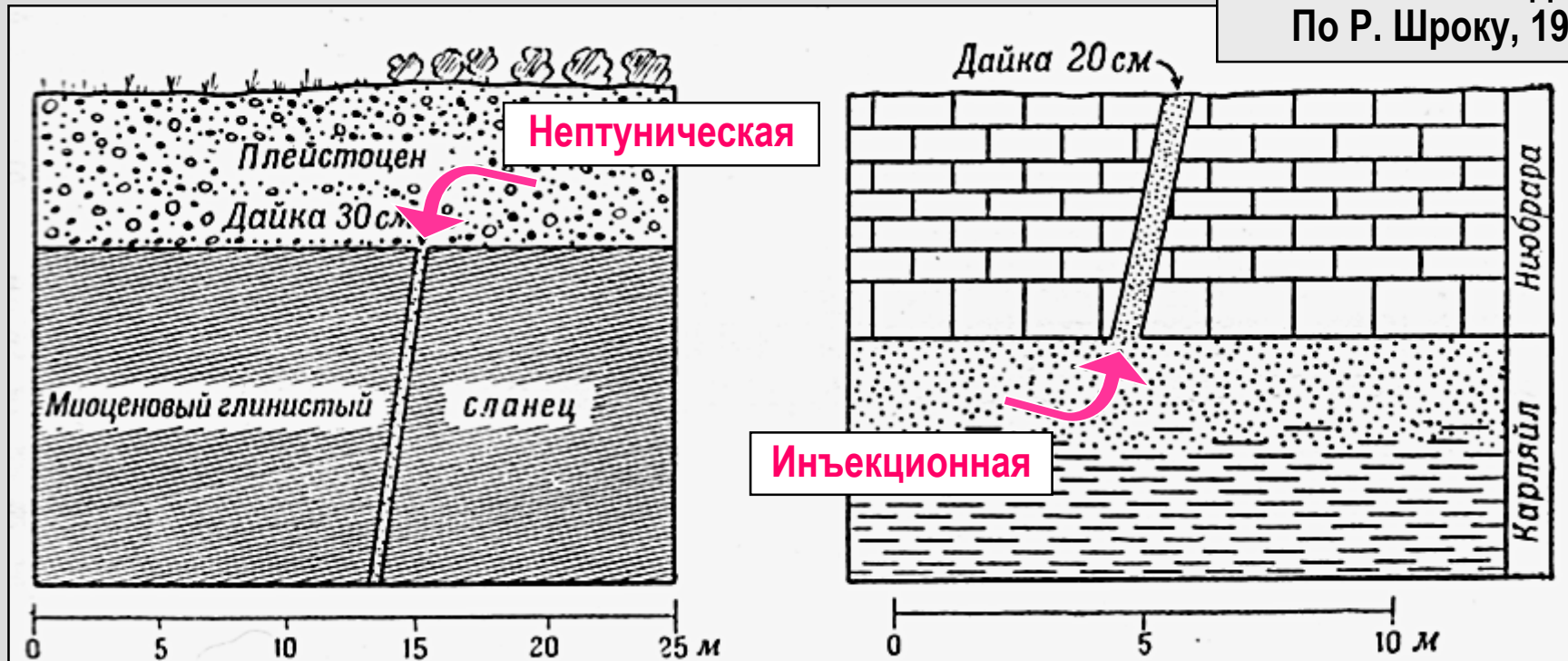
**NB!** Первичное залегание пластов не всегда горизонтально!

## Кластические дайки

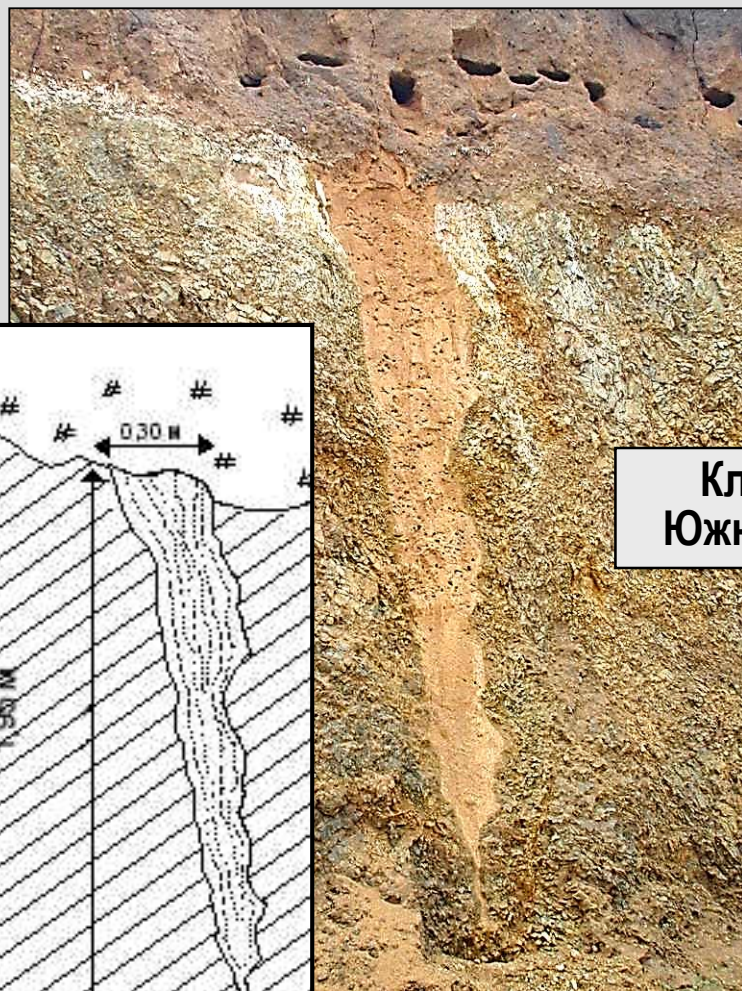
**Кластические дайки** [*clastic dike*] возникают за счет заполнения трещин в твердых породах рыхлым обломочным материалом. Они могут заполнять трещины в более твердых породах как сверху (*нептунические* [*neptunian dike*]), так и снизу (*инъекционные* [*injection dike*]). Поэтому определение подошвы и кровли пластов по ним не всегда однозначно.

Поскольку *нептуническая дайка* заполняется слоями ритмично за счет сезонного растяжения трещины при замерзании поровой воды и последующего оттаивания, слоистость в ней *первично ориентирована вертикально*.

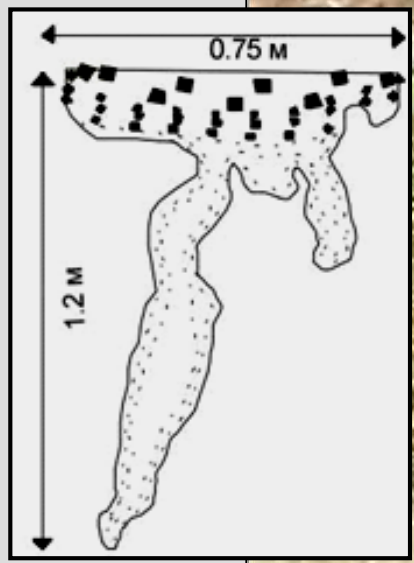
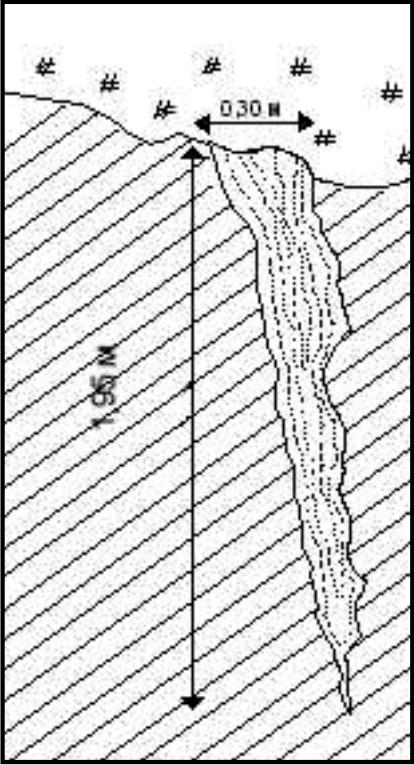
Модель формирования  
кластических даек.  
По Р. Шроку, 1950



Каждый более молодой слой нептунической дайки образуется **внутри** более древнего, т.е. формально имеет две "подошвы", а его "кровля" возникает только после того, как образуется "подошва" следующего слоя.



Кластические дайки. Квартер. Южный Урал. По Арк.В. Тевелеву



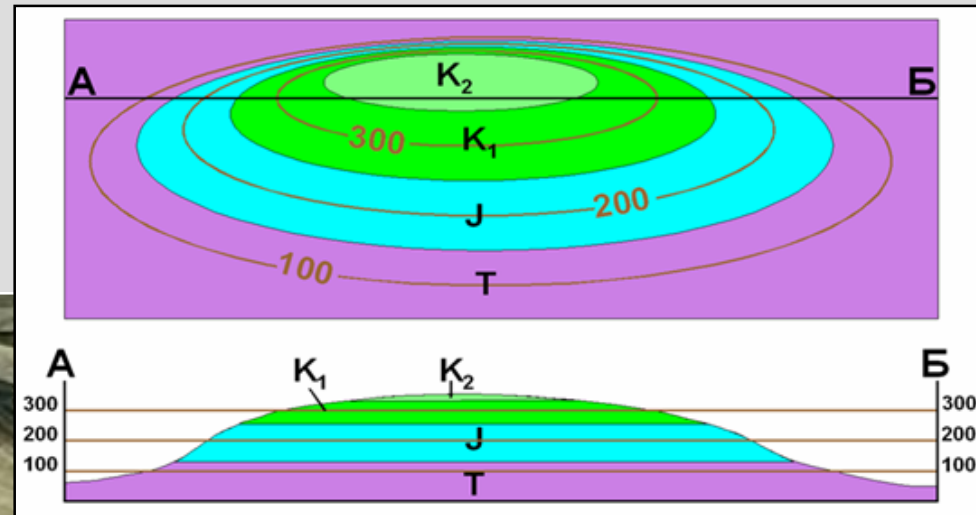
**ВВ!** Чтобы определить верх – низ разреза, надо изучать литологию пород, выполняющих кластическую дайку!



# Горизонтальные слои на геологической карте

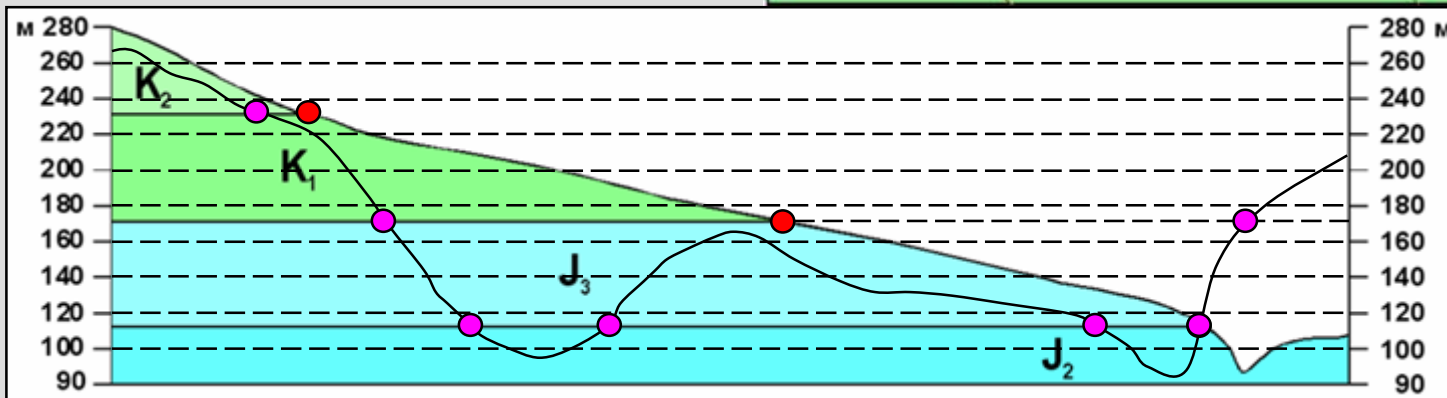
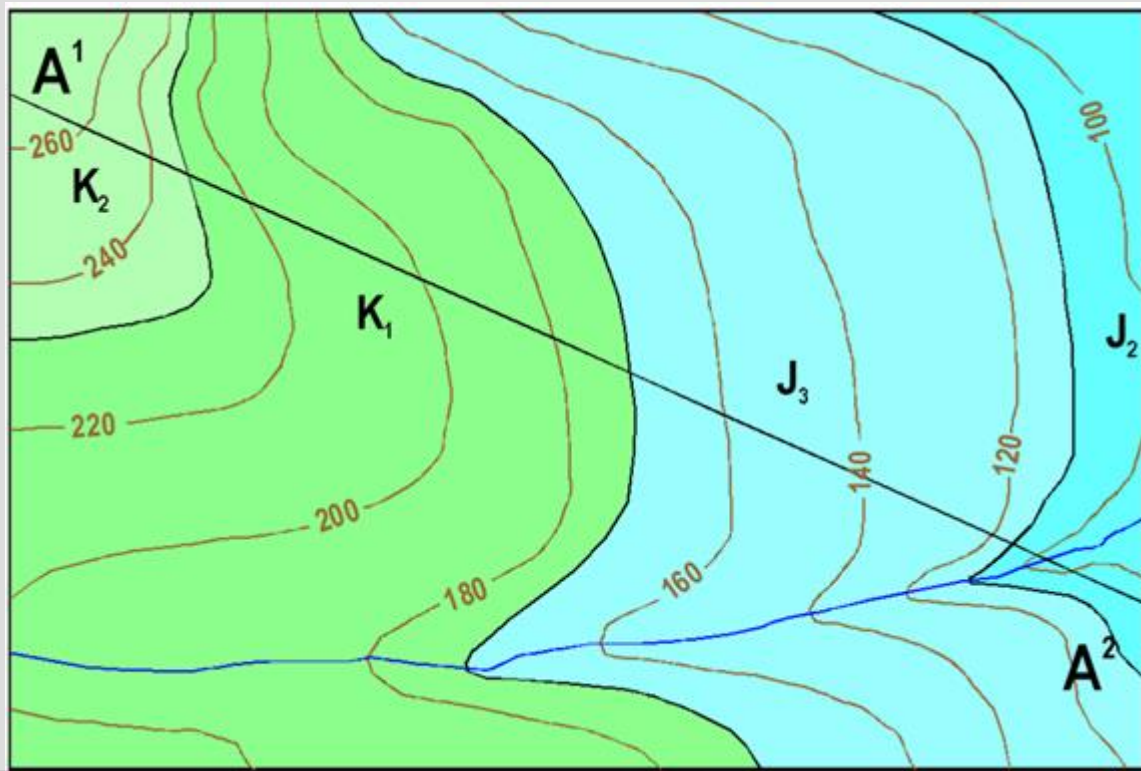
Изображаемые на геологической карте границы пластов есть линии пересечения подошв пластов с поверхностью рельефа.

В идеальном случае рисовка границ горизонтально залегающих пластов **конформна рисовке горизонталей рельефа**, поскольку сами горизонталы являются линиями пересечения поверхности рельефа с горизонтальными плоскостями.



Горизонтальные слои.  
Западная Сахара. GoogleEarth

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



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



**Модель грубой и тонкой горизонтальной слоистости. Каждый слой на своем уровне!**

# Финальный тест

1. Можно ли прямо по геологической карте, не строя разреза, примерно определить мощность горизонтально лежащего пласта?
2. Почему ракушки остаются лежать на дне выпуклостью вверх?
3. В каком веке был открыт закон Стено?
4. Вы наблюдаете достаточно мощный слой, в котором снизу вверх алевролиты сменяются сначала мелко-, потом средне-, затем крупнозернистыми песчаниками, но на поверхности последних есть иероглифы, указывающие на то, что это кровля слоя. Чему верить?
5. Какой общезначимый закон обеспечивает выполнение закона Стено?

Назовите тип слоистости





Назовите тип слоистости

Кремнистые алевролиты. Нижний карбон.  
Южный Урал. Фото Н.В. Правиковой

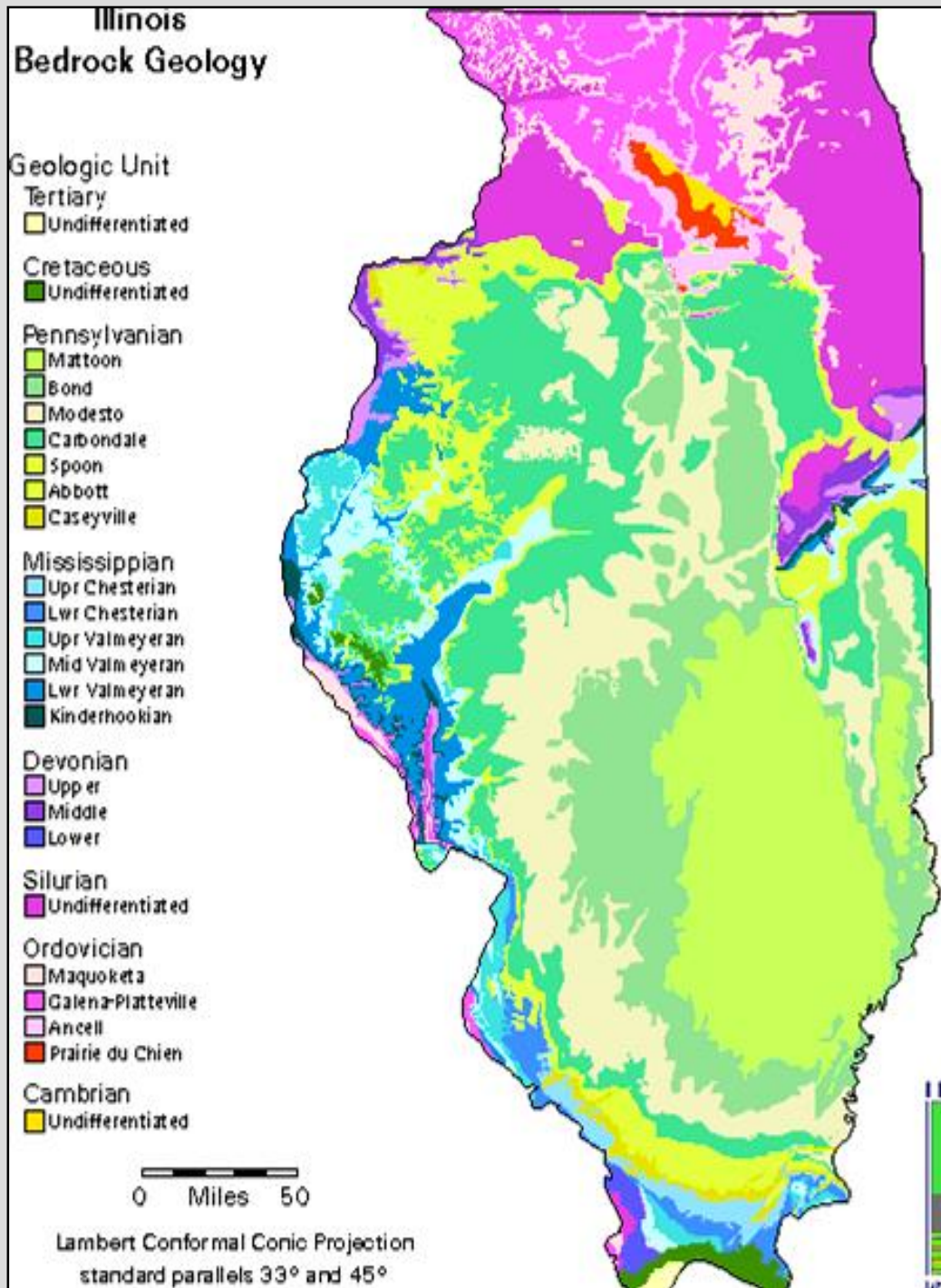
Перед Вами  
геологическая карта  
штата Иллинойс, США.

Пенсильваний (зеленый),  
миссисипий (синий),  
девон и силур (лиловый)  
лежат горизонтально.

Где протекает главная река?

Как она называется?

А куда впадает?



Перед Вами геологическая карта штата Иллинойс, США.

Пенсильваний (зеленый), миссисипий (синий), девон и силур (лиловый) лежат горизонтально.

Где протекает главная река?

Как она называется?

А куда впадает?

