

Структурная геология и геологическое картирование

Лекция № 2 *«Слой, слоистость. Горизонтальное залегание»*

Слой (пласт) Определения

Петрографический словарь

"Слой – плоское или изогнутое тело осадочных горных пород с относительно небольшой мощностью и несоизмеримо большими размерами по простиранию и падению"

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."

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, что лежит ниже.

Из основного закона возникает основной вопрос изучения слоев:

"Где подошва, а где кровля?"

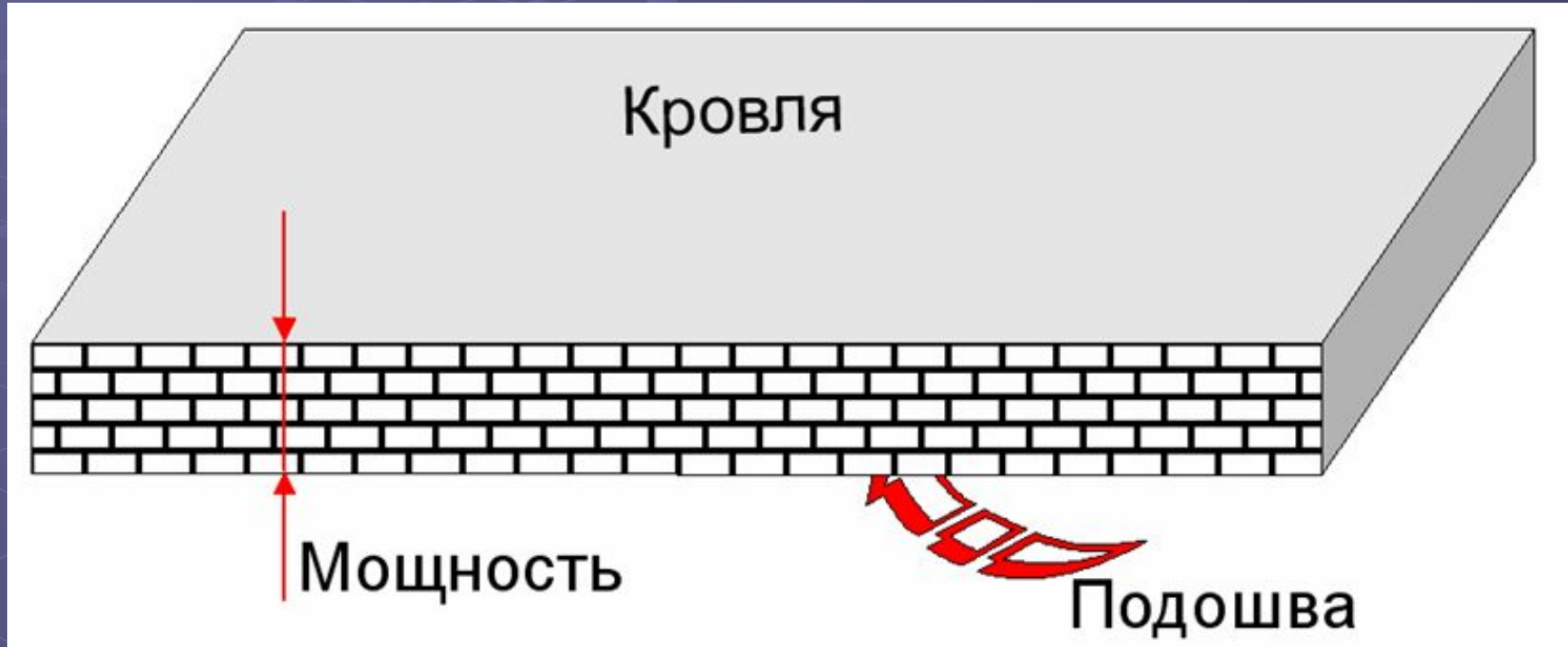
Иными словами: "Где низ разреза, а где его верх?"

Геометрические элементы пласта

подошва — нижняя поверхность слоя

кровля — верхняя поверхность слоя

мощность — *кратчайшее* расстояние между подошвой и кровлей



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

ВСЕГДА РИСУЙТЕ ПОДОШВУ!

• 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 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 пород) 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 отложения и последующего отложения новых осадков).

• Прослои

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

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

Неяснослоистые породы

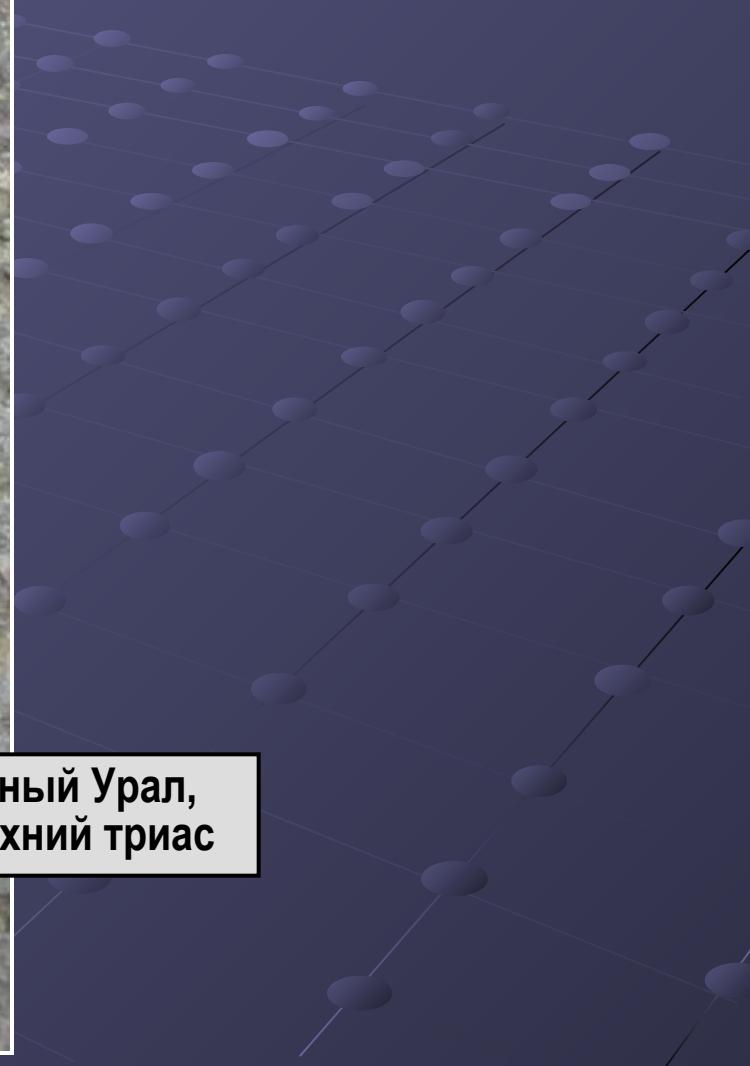


Южный Урал,
квартер, пролювий

Неяснослоистые породы



Южный Урал,
верхний триас



Относительно ясно слоистые породы

Кипр,
плиоцен



Разнозернистые песчаники
и алевролиты. Солнечный
берег, Болгария

Ясно слоистые породы



Ясно слоистые породы

Известняки нижнего
карбона. Южный Урал



Морфологические и генетические типы слоистости

Морфологические типы слоистости теснейшим образом 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 поверхностей напластования это сделать можно. К таким особенностям относятся:

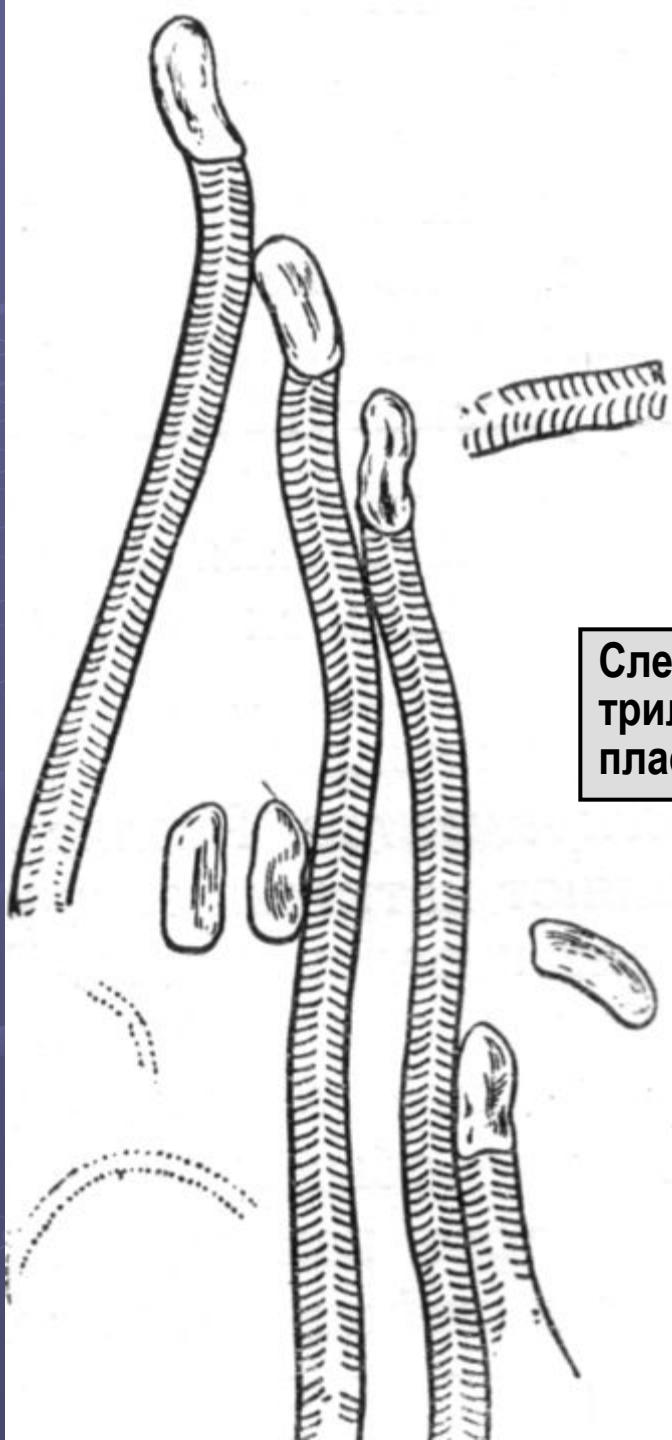
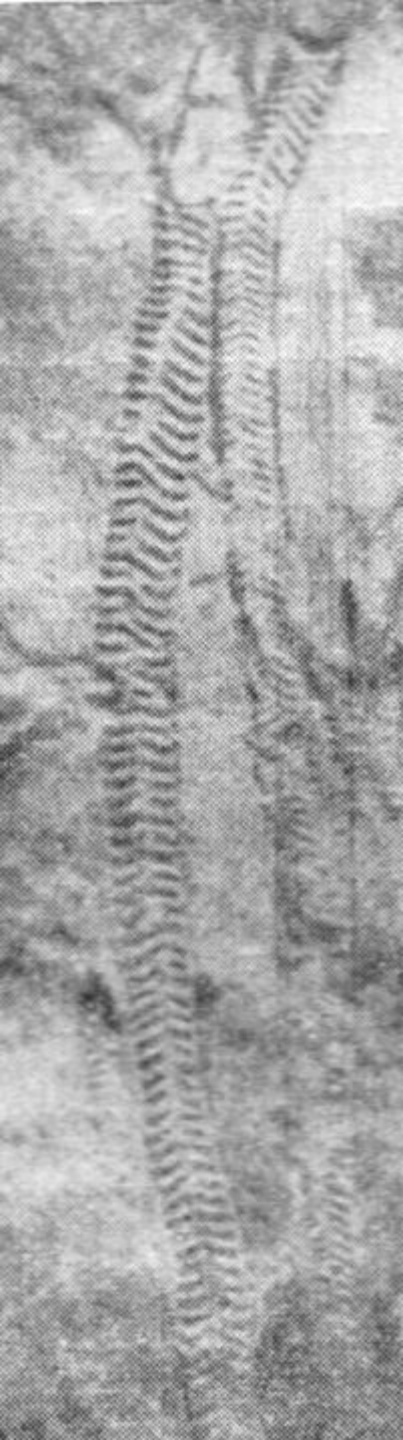
- биоглифы;
- поверхность "твердого дна";
- поверхность "мягкого дна";
- первичные трещины



Остатки организмов, их отпечатки и следы жизнедеятельности
на поверхности и внутри слоя



Трилобиты на кровле пласта.
Образец из музея в Вене



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

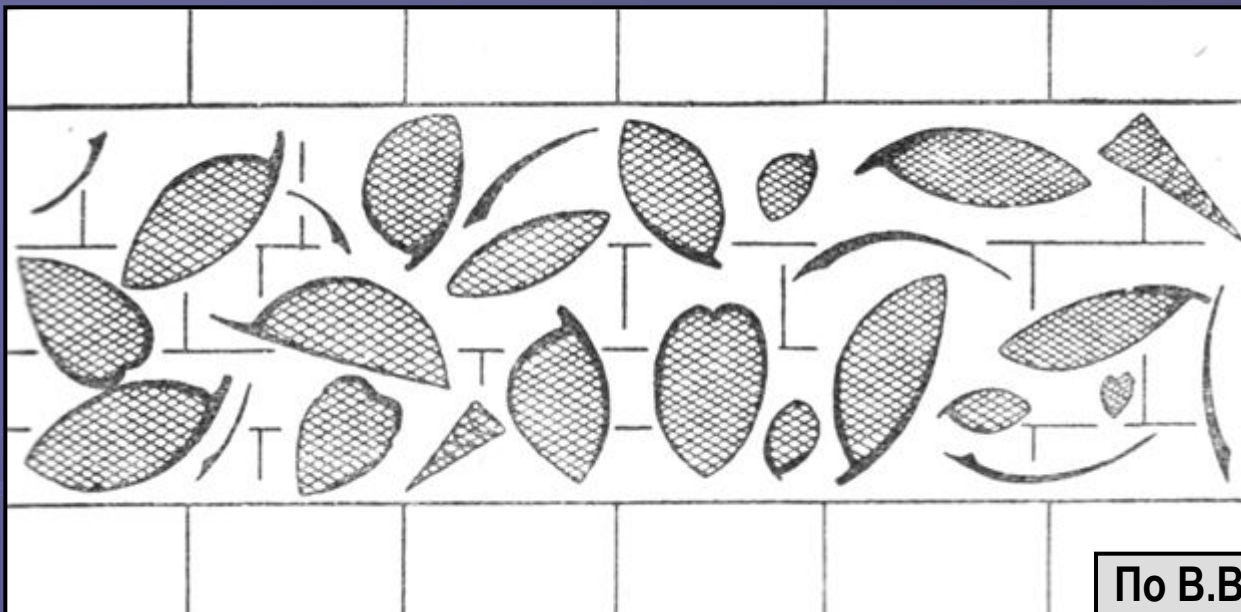
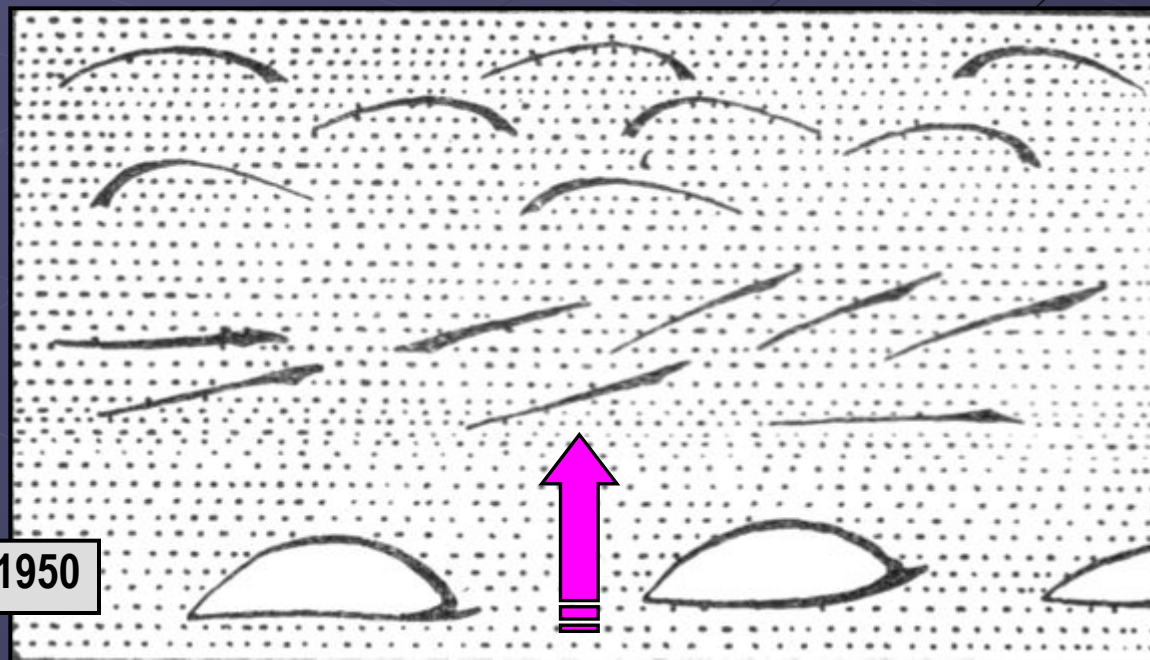


Схема хаотического расположения остатков раковин брахиопод в пласте известняков (разрез). Определение подошвы слоя невозможно.

По В.В. Белоусову, 1986

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



По Р. Шроку, 1950

Выпуклый отпечаток листьев на песчанике.
Скорее всего, вид со стороны кровли пласта.

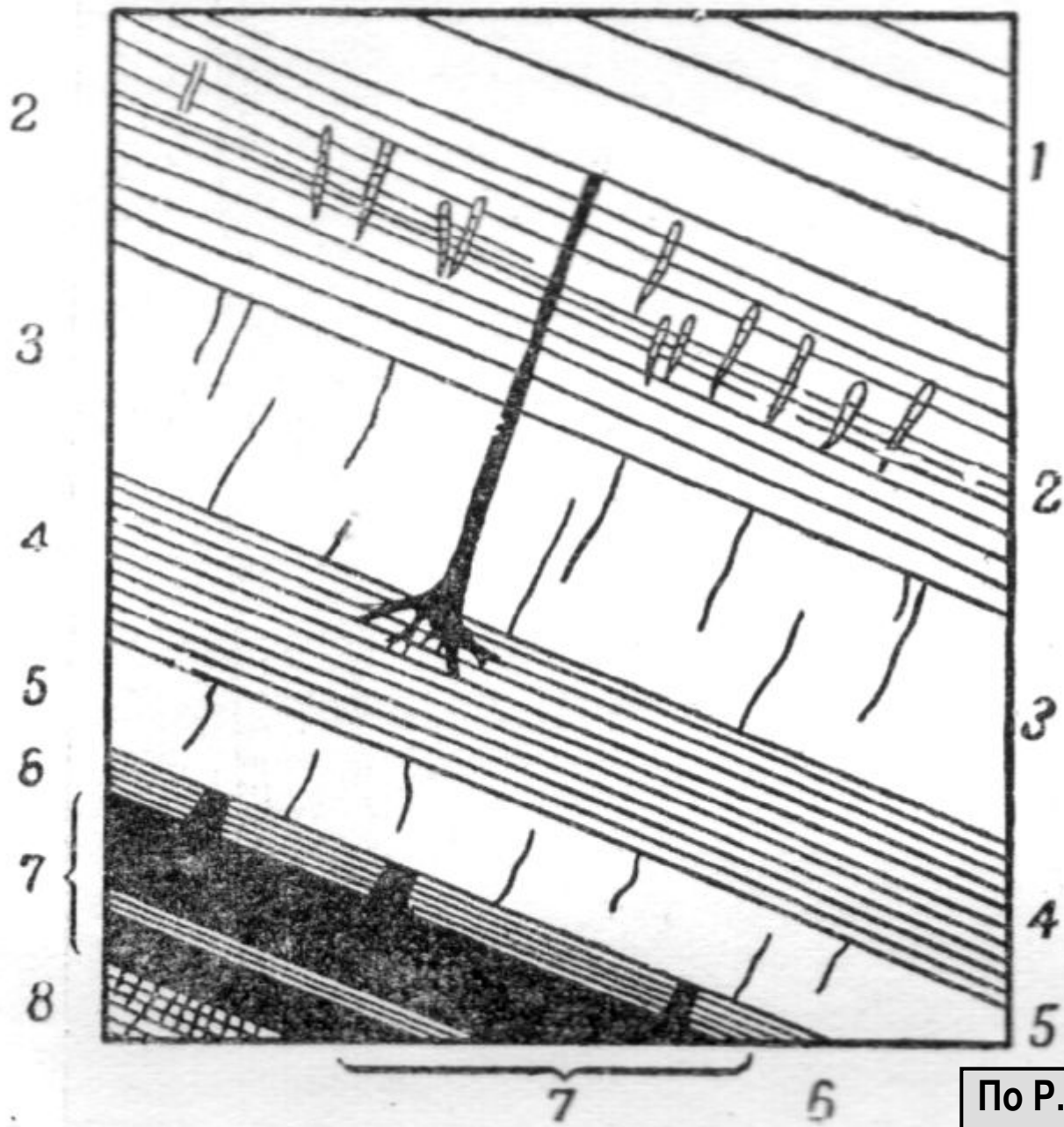


Песчаники нижнего
карбона. Южный Урал

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

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



По Р. Шроку, 1950

Выпуклые слепки следов
каменноугольных и пермских
амфибий на подошве пласта



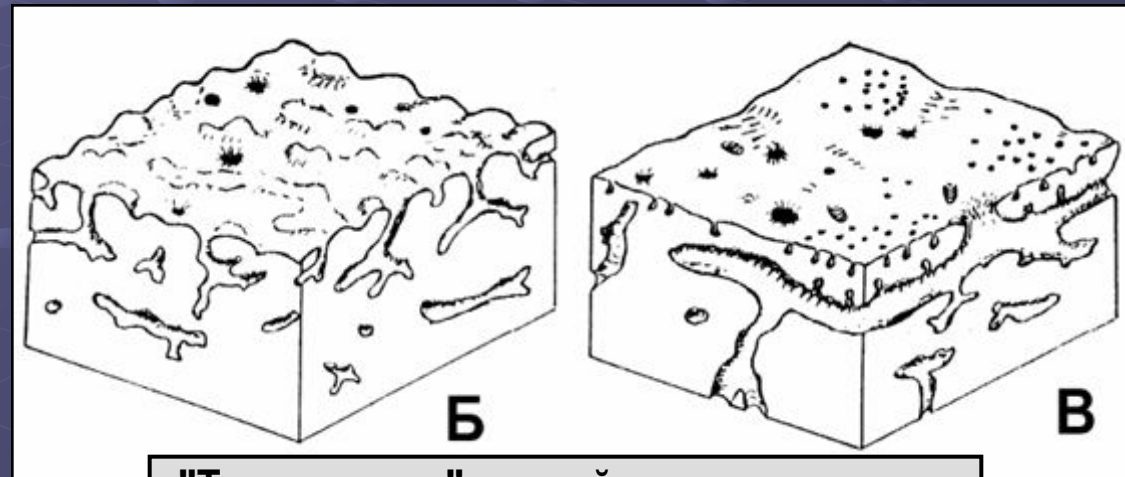
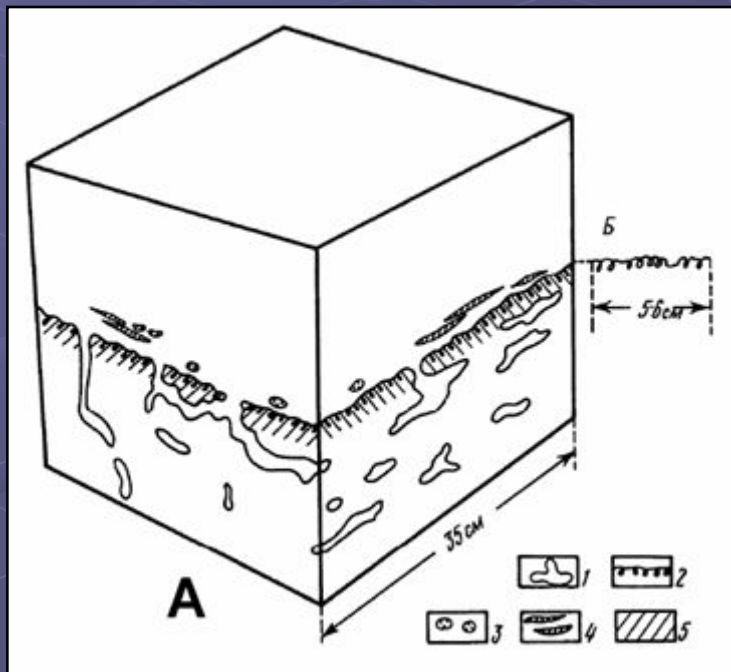
Отпечатки следов
каменноугольных и пермских
амфибий на кровле пласта

По Р. Шроку, 1950



Поверхность "твердого дна"

Структуры "*твердого 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.

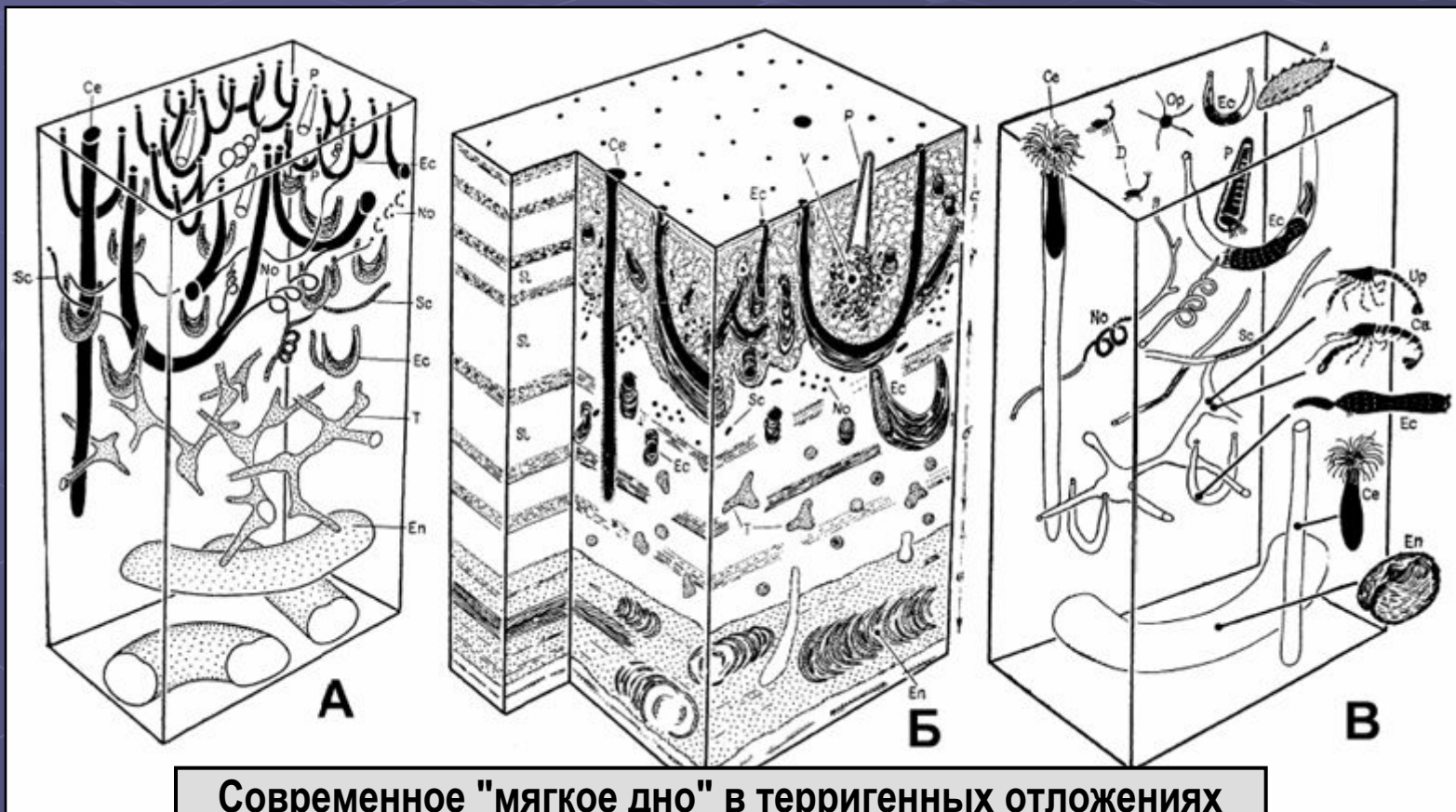


"Твердое дно" зрелой стадии развития
(Л.Ф. Копаевич, Д.П. Найдин, 1988)

А: 1 – норы раков, 2 – поверхность твердого дна, исверленная камнеточцами, 3 – обломки фосфатизированного мела, исверленные камнеточцами, 4 – обломки створок иноцератов, 5 – ожелезнение; Б, В – блок-диаграммы

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)" (Барабошкин и др., 2002). Подошва–кровля пласта при наличии "мягкого дна" определяются хуже, чем для "твёрдого дна", однако их можно установить по наличию ходов илоедов, имеющих выполнение, отличное от вмещающих пород.



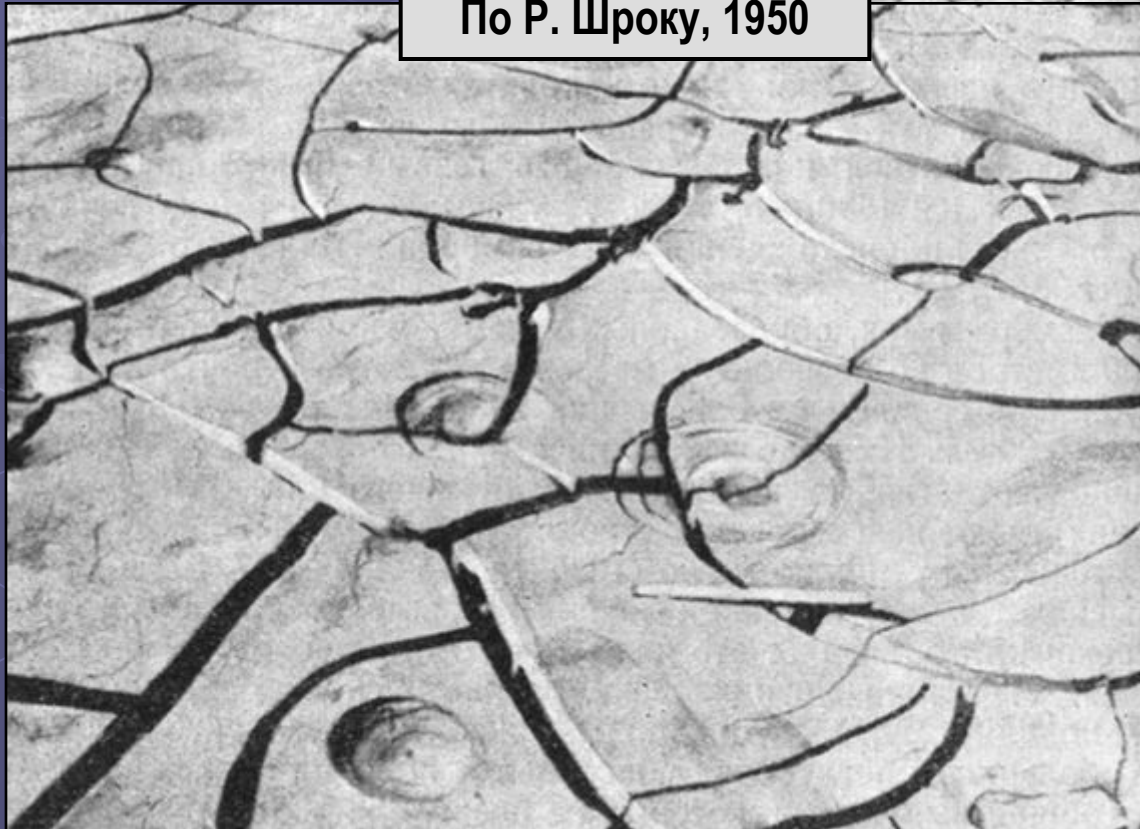
Современное "мягкое дно" в терригенных отложениях Северного моря (Рейнек, Сингх, 1981)

Первичные трещины

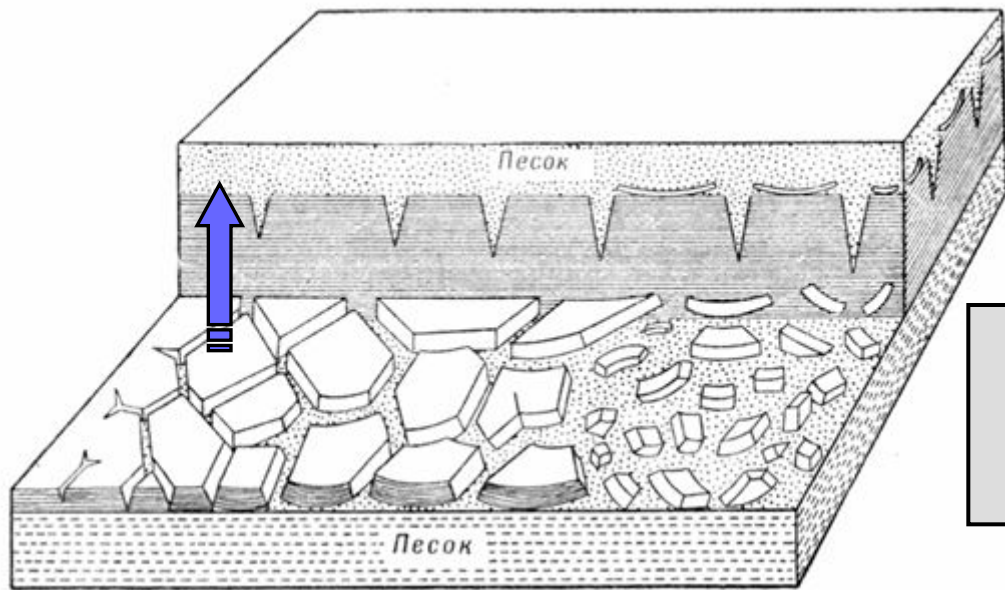
Образуются при временном осушении бассейна (трещины усыхания) или при уплотнении осадка в процессе литификации



Трещины усыхания.
По Р. Шроку, 1950



Модель-1



Модели
формирования
трещин усыхания.
По Р. Шроку, 1950

Определение подошвы слоя при наличии
вогнутых скорлупок от трещин усыхания
достаточно однозначно:
выгнутая часть показывает на подошву слоя,
загнутые края – на кровлю

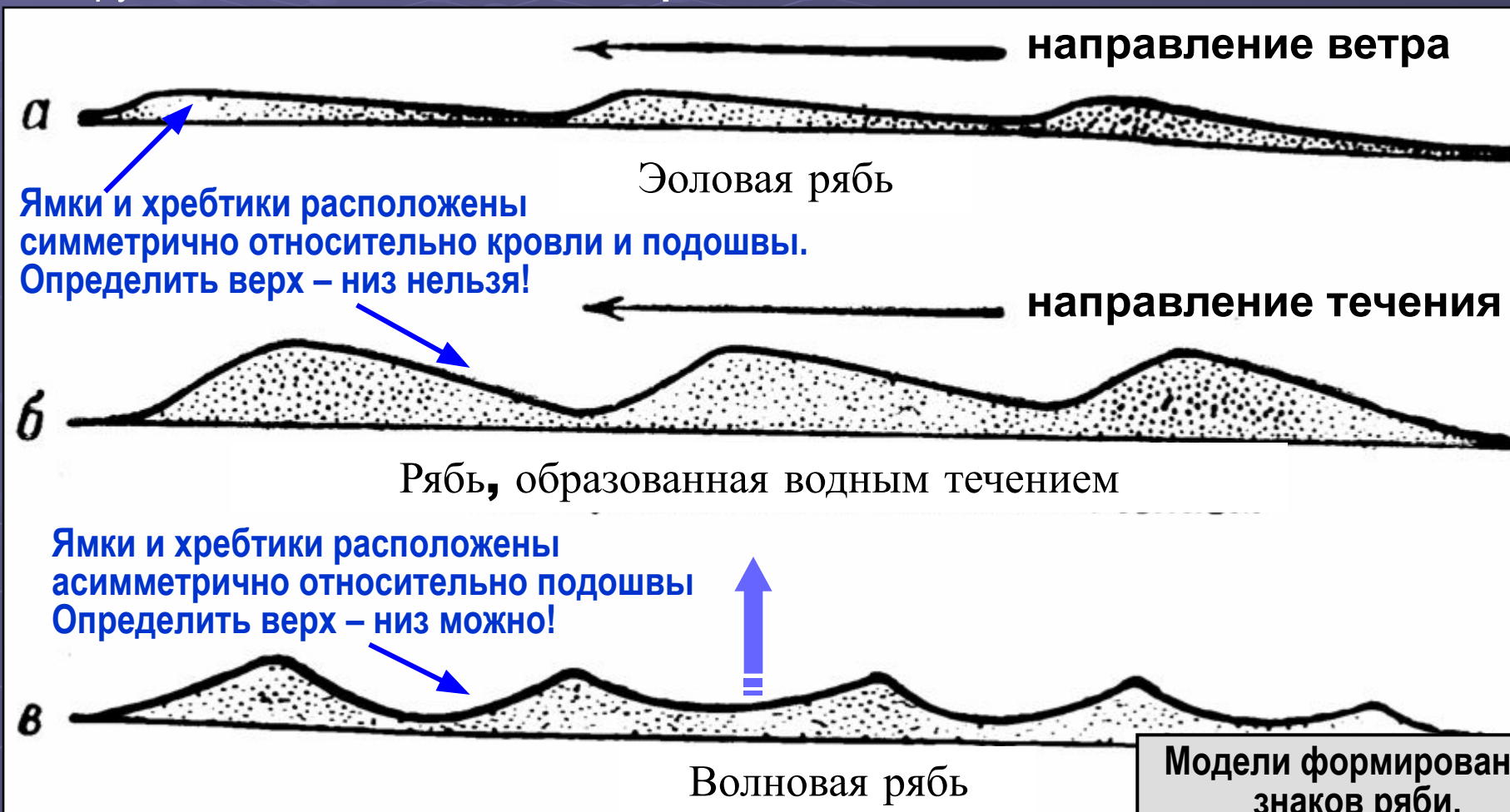
Модель-2

При хаотическом расположении скорлупок
определить подошву слоя затруднительно



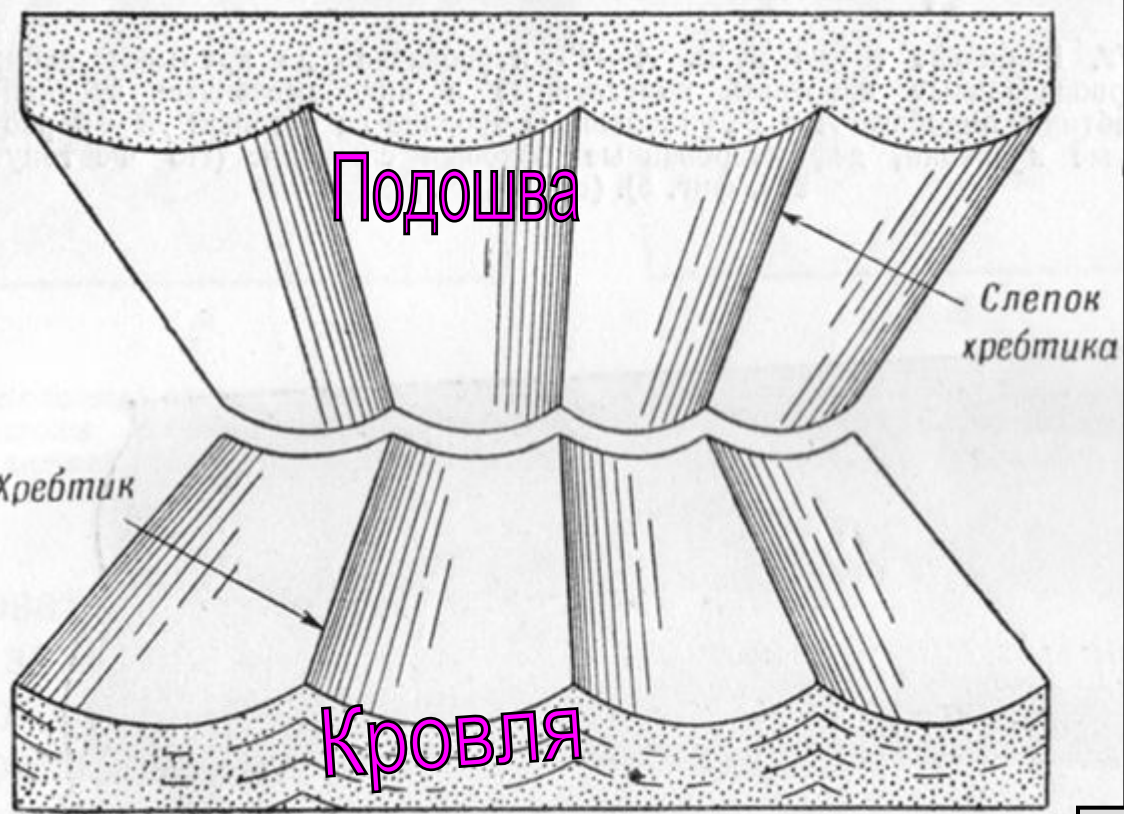
Волнистая (прибрежных зон, дельтовая и пр.)

Волнистая слоистость формируется в прибрежных зонах, в дельтах рек, а также как эоловая, т.е. возникает под воздействием волнения, течений и ветра. К этому же типу относятся и линзовидная слоистость. Возникающие серии слоев имеют выпукло-вогнутую форму; в разрезе это создает картину волны или полуволны, которую обычно называют "знаки ряби".



Модели формирования знаков ряби.
По Р. Шроку, 1950

Модель



Определение подошвы–кровли пласта по знакам ряби.
По Р. Шроку, 1950



Рябь, образованная водным течением

В зоне активного волнения возникает неупорядоченная рябь, следы которой называют "*иероглифами*".

По иероглифам можно определить подошву – кровлю пласта так же, как по ряби.



Иероглифы в подошве слоя.
Нижний карбон. Ю. Урал



NB! Хребтики указывают
на кровлю пласта

Разрез нижнего карбона в этой складке перевернут



Складка в песчаниках, нижний карбон. Ю. Урал

Косая (дельтовая, эоловая и пр.) слоистость

Характеризуется волнистыми сериями слоев, внутри которых слои расположены косо по отношению к кровле и подошве пластов

Косослоистые песчаники.
Фото Е.Ю. Барабошкина



Косослоистые песчаники.
Далане. Швеция



**Косослоистые песчаники.
Квартер. Южный Урал.
Фото Арк.В. Тевелева**



**Косослоистые песчаники.
Квартер. Южный Урал.
Фото Арк.В. Тевелева**

Перекрывающий пласт

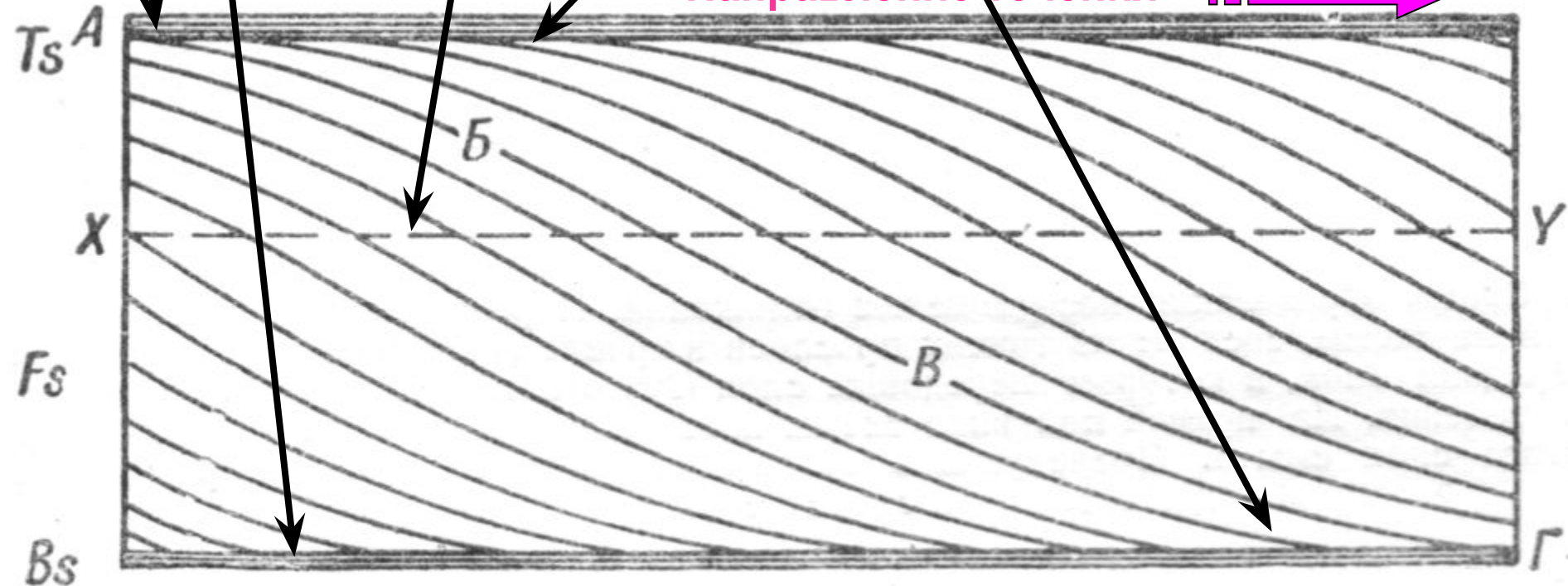
Линия последующего размыва

Поверхности слоев, асимптотически приближающиеся к кровле и подошве пласта

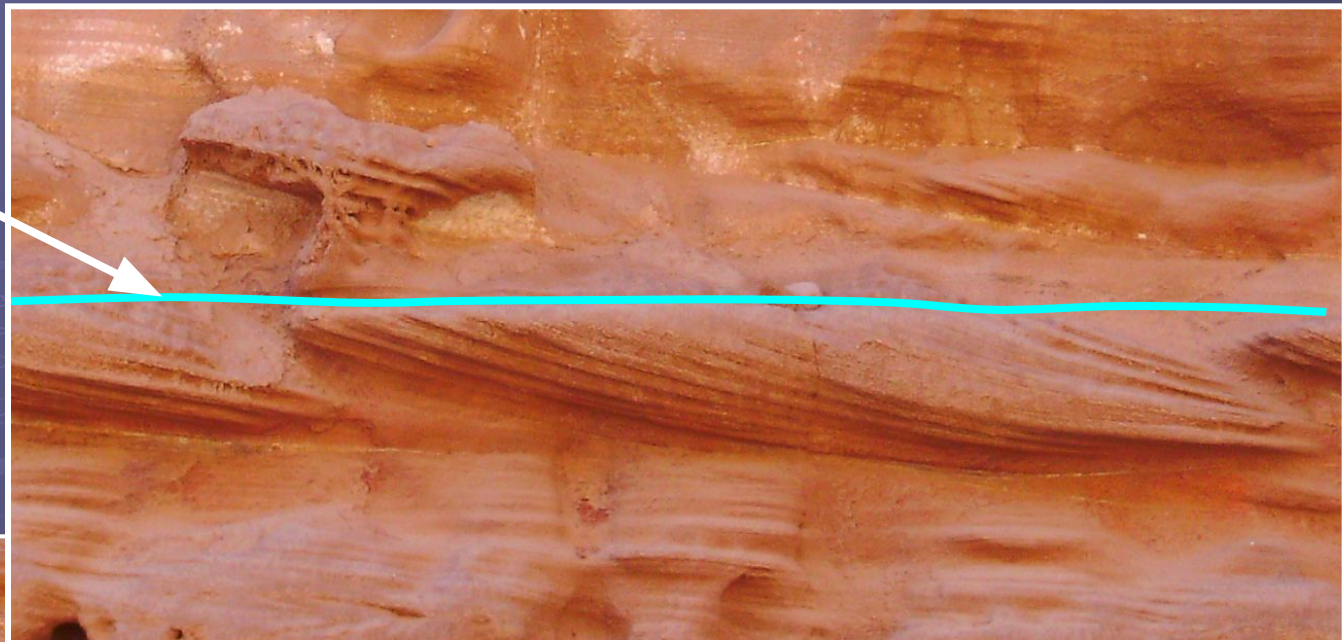
Подстилающий пласт

Модель формирования косої слоистости.
По Р. Шроку, 1950

Направление течения 



Линия
размыва
косослойной
серии



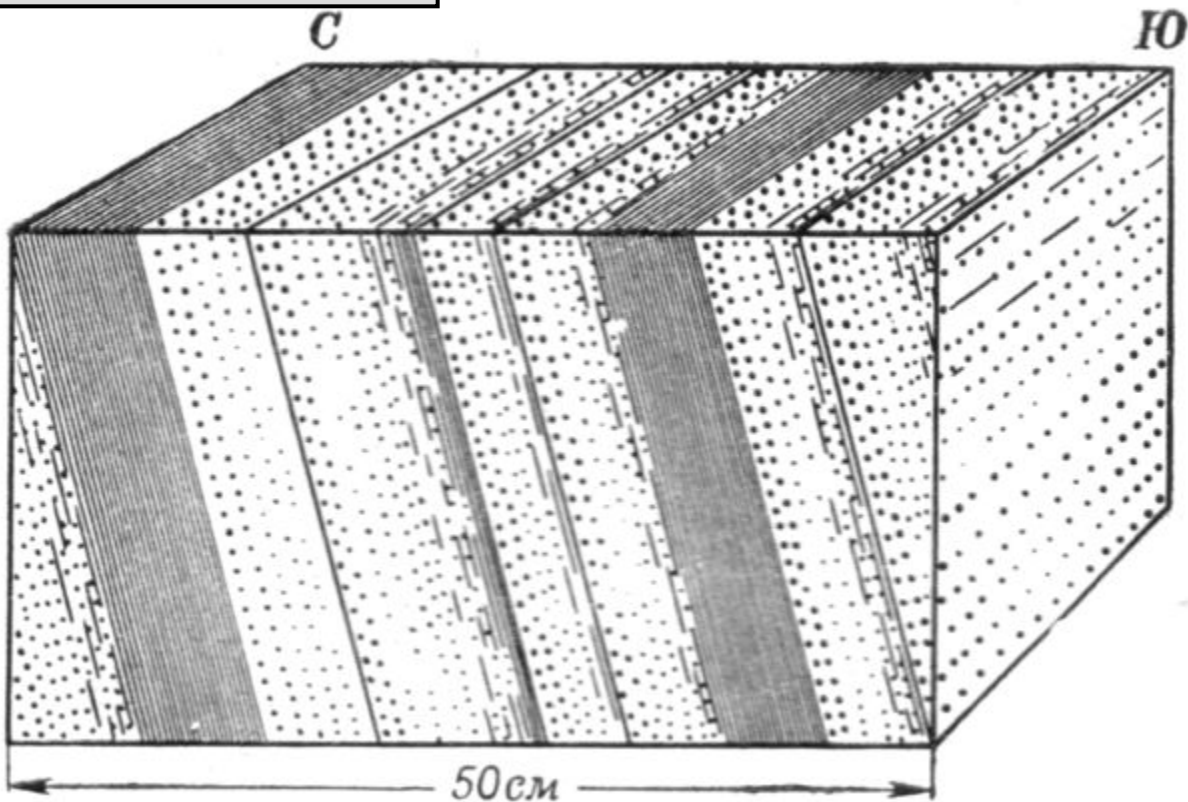
Красноцветные
косослойные
песчаники.
Петра. Иордания.
Фото А.Г. Кошелева



Градационная (турбидитная) слоистость

Обычно это более или менее параллельная слоистость с четкой сортировкой обломочного материала внутри слоя (крупнозернистый материал располагается у подошвы слоя)

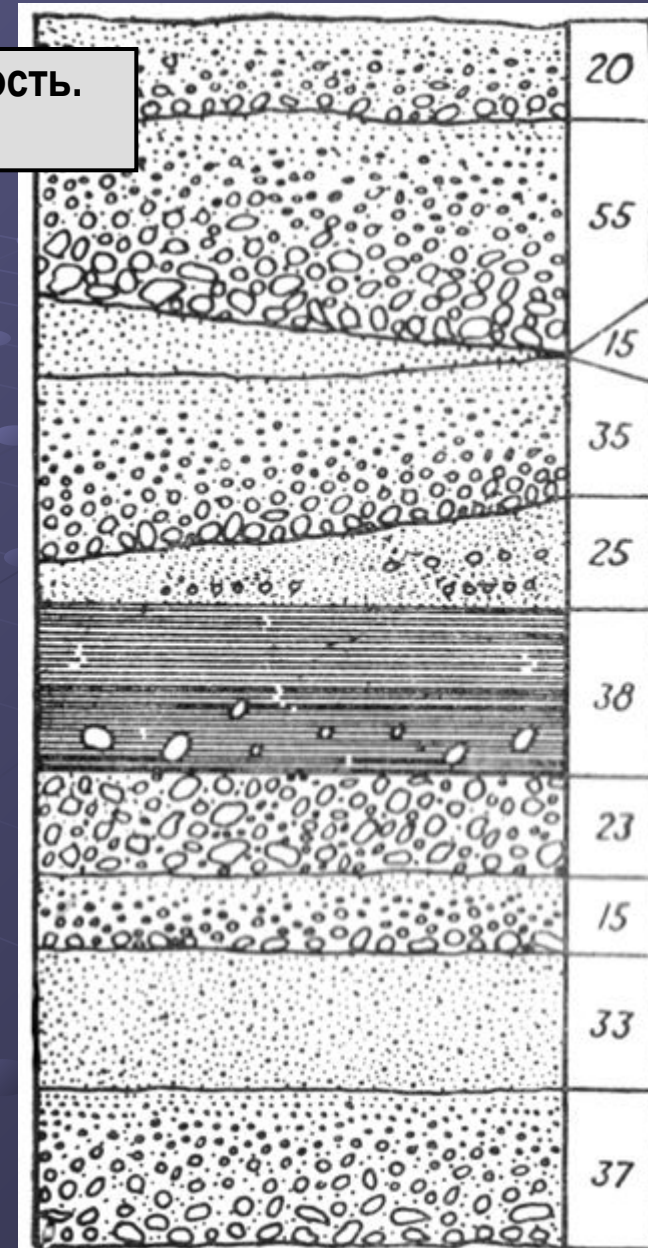
Градационная слоистость.
По Р. Шроку, 1950



Иногда градационная слоистость бывает и не параллельной, но четкая сортировка обломочного материала внутри слоя сохраняется

Градационная слоистость.
По Р. Шроку, 1950

Ритмичнослоистые песчаники
и алевролиты. Нижний
ордовик Южный Урал.



Подводно-оползневая (конволютная) слоистость

Конволютная слоистость формируется при подводном оползании слабо консолидированного материала. Её отличительный признак – сложно закрученные мелкие складки внутри слоя



Конволютная слоистость
oldwebsite.laurentian.ca



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



Конволютная слоистость
radant.narod.ru

Строение поверхностей напластования

Рассмотренные элементы строения поверхностей напластования

- Биоглифы.
- Твердое дно (**hardground**).
- Мягкое дно (**softground**).
- Знаки ряби (иероглифы).
- Первичные трещины.

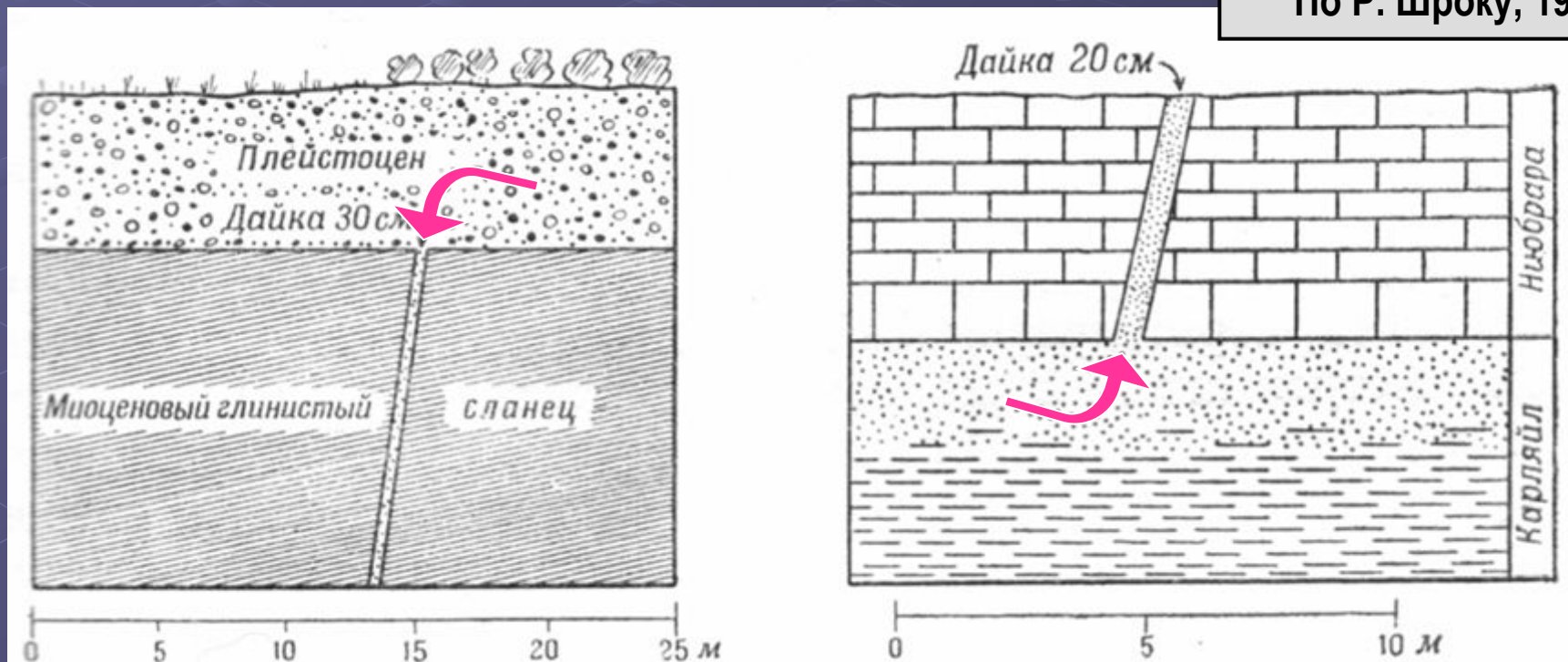
Другие элементы строения поверхностей напластования

- Следы гипергенных изменений. Погребенные почвы, коры выветривания
- Кластические дайки.
- Стиллитовые швы.
- Прочие знаки на поверхности пластов. Следы капель дождя, ударов молний и т.д.

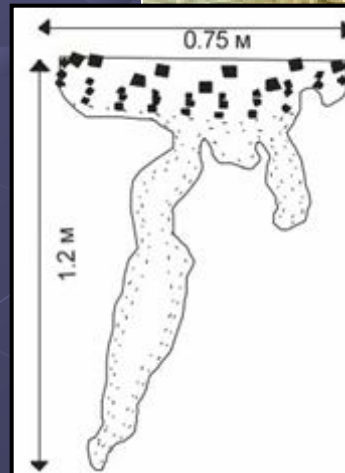
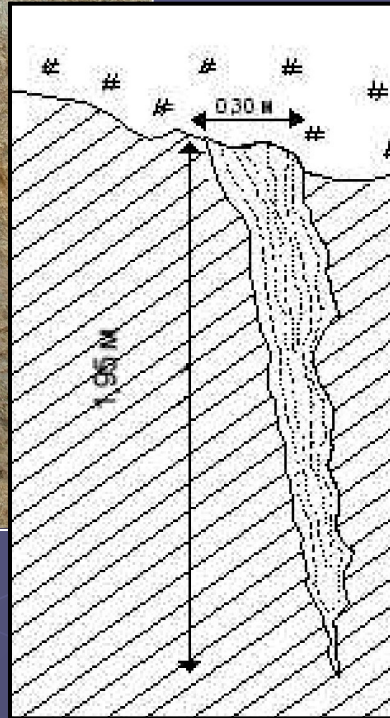
Кластические дайки

Кластические, или *нептунические* дайки возникают за счет заполнения трещин в твердых породах рыхлым обломочным материалом. Они могут заполнять трещины в более твердых породах как сверху, так и снизу. Поэтому определение подошвы и кровли пластов по ним не всегда однозначно.

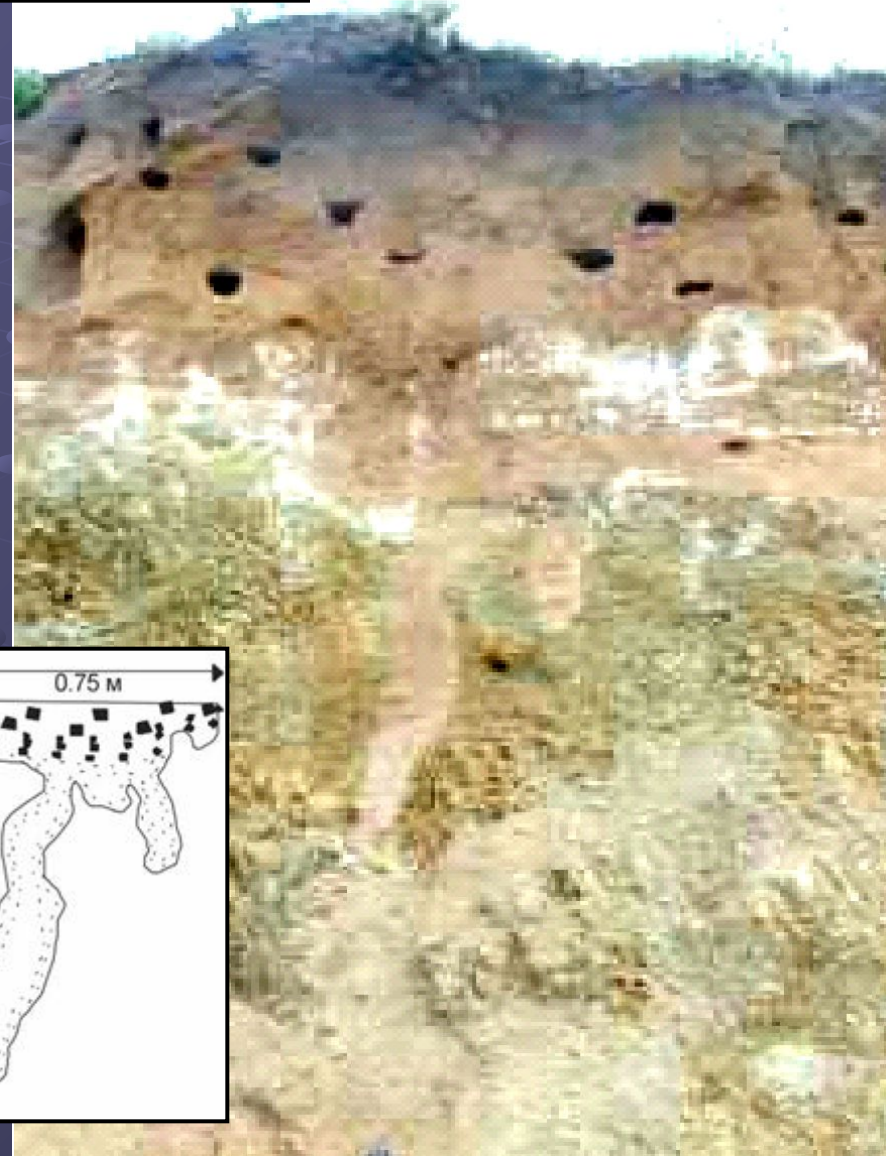
Модель формирования
кластических даек.
По Р. Шроку, 1950



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



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

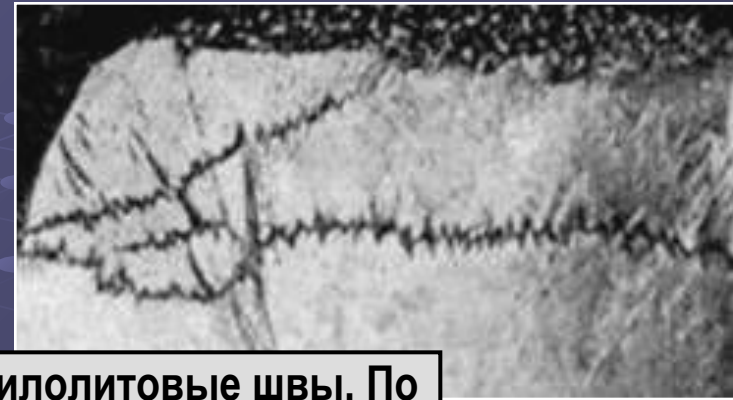


Стилолитовые швы

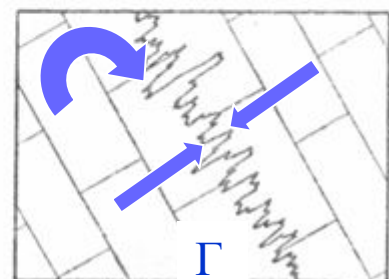
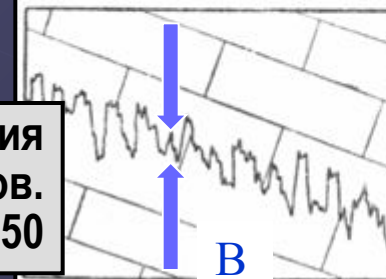
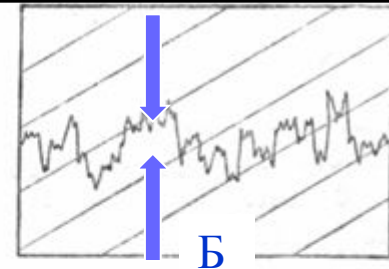
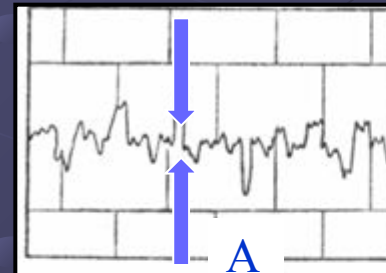
Сильно извилистые, часто зазубренные зоны растворения в карбонатных породах, выполненные глинисто-углистым, реже рудным, веществом. Считается, что они возникают в результате взаимного растворения пластов известняков в зоне контакта под давлением



Стилолитовый шов в туронских известняках. Крым. Фото Арк.В. Тевелева



Стилолитовые швы. По М.С. Швецову, 1938



NB! Определение верха и низа разреза по стиололитовым швам невозможно!

Модели расположения стиололитовых швов. По Р. Шроку, 1950

Следы капель дождя

Такие структуры иногда называют "пепловый град"



Скорлупки, шарики. Следы
капель на поверхности слоя
тонких осадочных пород
Фото Н.В. Правиковой

Горизонтальное залегание пластов

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



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




Горизонтально лежащие пласты базальтовых туфов вулкана Санторин. Фото А.Г. Кошелева

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




**Горизонтально лежащие
пласты известняков мела
с кремневыми конкрециями.
Штольня в Польше**





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



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

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

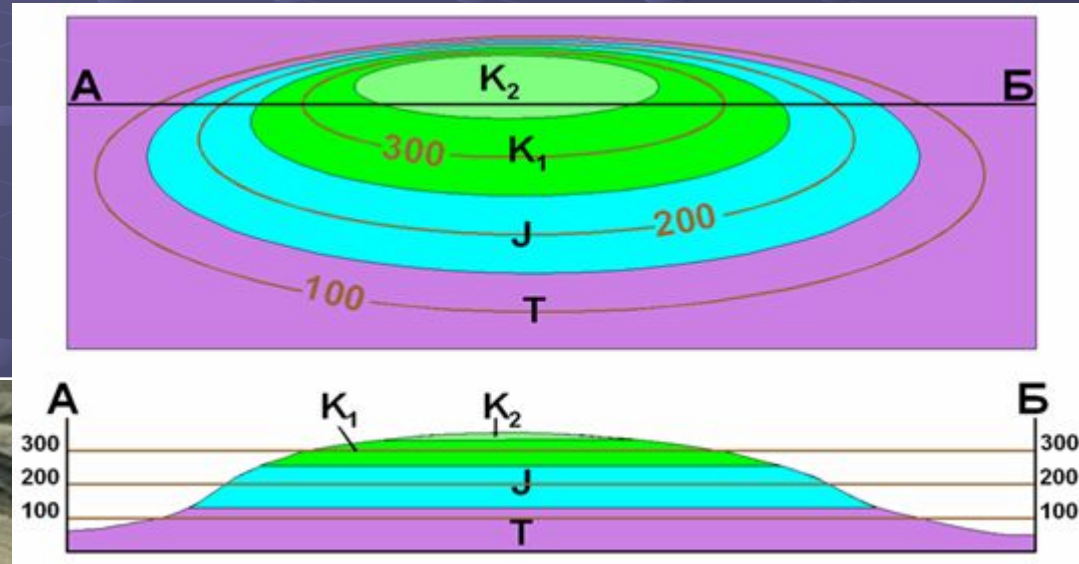


NB! Первичное залегание пластов не всегда горизонтально!

Горизонтальные слои на геологической карте

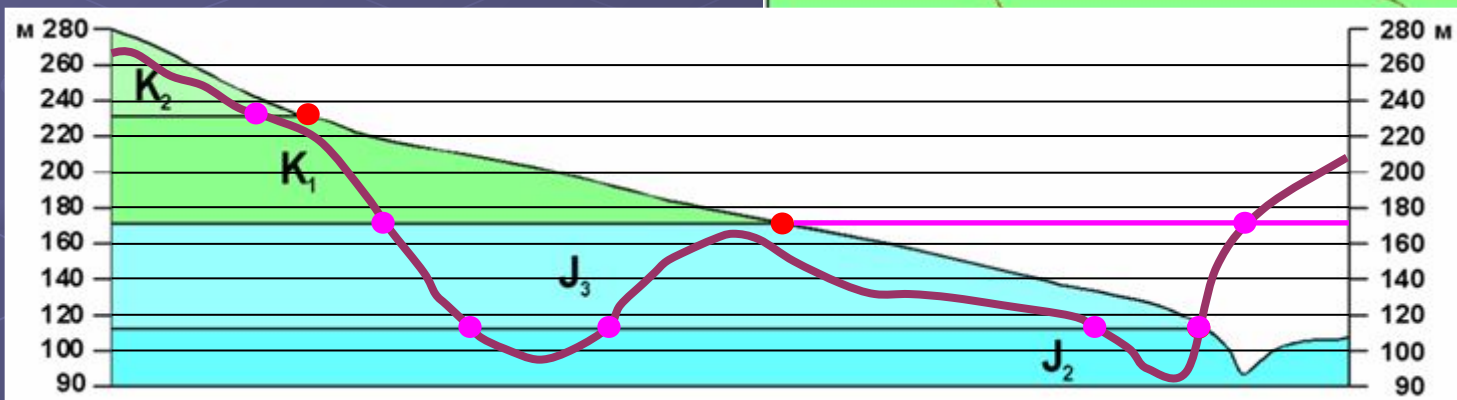
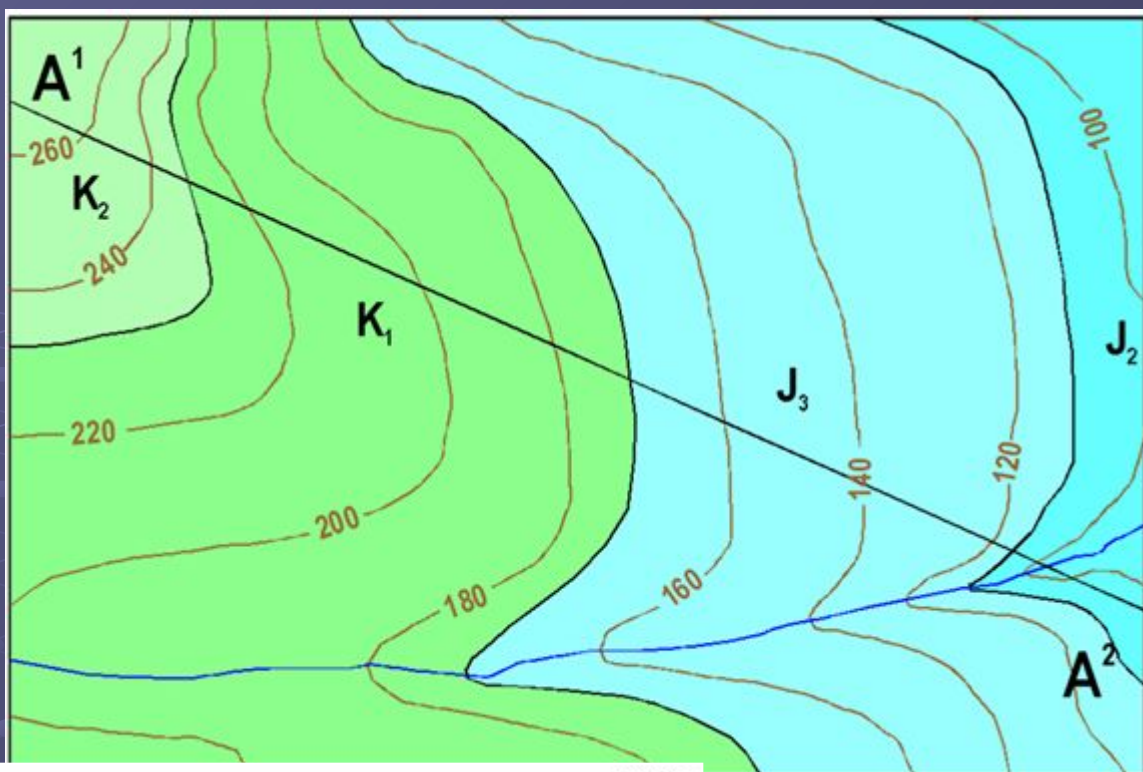
Изображаемые на геологической карте границы пластов есть линии пересечения подошв пластов с поверхностью рельефа.

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.



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



Грубая и тонкая горизонтальная слоистость. Каждый слой на своем уровне!

Финальный тест

1. Можно ли прямо по геологической карте, не строя разреза, хоть примерно определить мощность горизонтально лежащего пласта?

2. Почему ракушки остаются лежать на дне выпуклостью вверх? Ведь тонут-то они выпуклостью вниз!

3. В каком веке был открыт закон Стено?

4. Если по стилолитовым швам нельзя определять положение кровли–подошвы слоя, то зачем их изучать?

5. Вы наблюдаете достаточно мощный слой, в котором алевролиты сменяются сначала мелко-, потом средне-, затем крупнозернистыми песчаниками, но на поверхности последних есть иероглифы, указывающие на то, что это кровля слоя. Чему верить?

6. Что Вы хотели бы увидеть для определения положения подошвы–кровли пласта:

- стилолитовые швы;
- следы волновой ряби;
- отпечатки ископаемой фауны;
- трещины усыхания;
- градационную слоистость.