

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

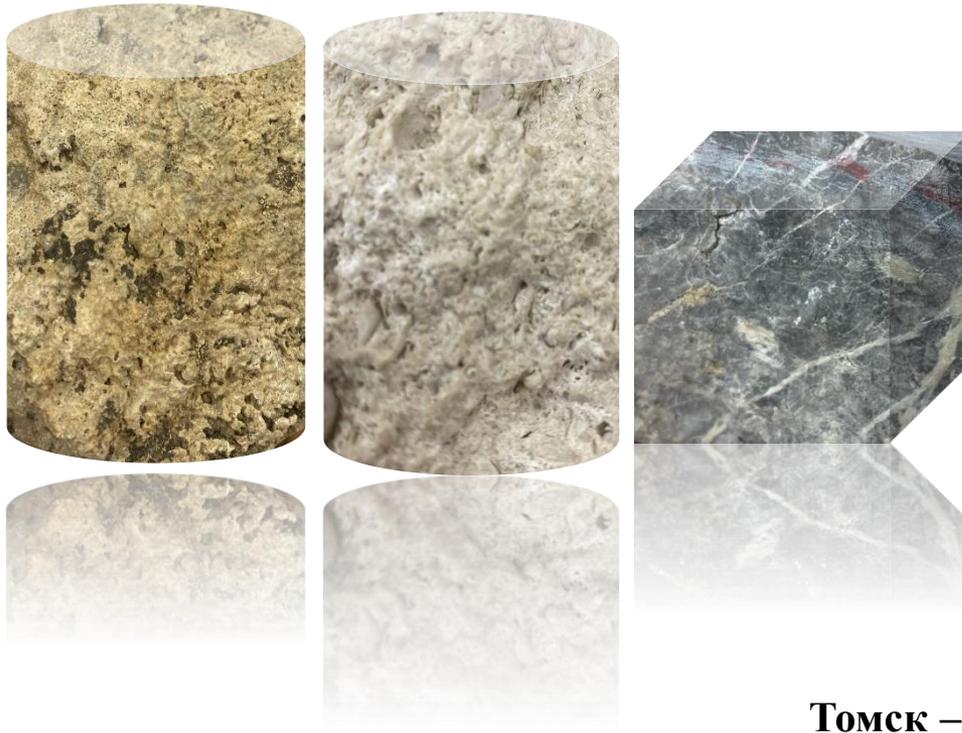


Инженерная школа природных ресурсов

Отделение геологии

Направление ООП 05.04.01 Геология

Профиль подготовки «Нефтегазопромысловая геология»



**КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«НЕФТЕГАЗОВАЯ ЛИТОЛОГИЯ»**

**ЛЕКЦИЯ 2
ПОРОДЫ-КОЛЛЕКТОРЫ**

***Лектор: к.г.-м.н., доцент
Отделения геологии
Недоливко Н.М.***

Томск – 2022 г.

Коллекторы

Коллекторы – это горные породы, обладающие способностью вмещать флюиды (нефть, газ и воду) и отдавать их при разработке (при перепаде давления)

Происхождение пород-коллекторов

Осадочное:

- Терригенные
- Карбонатные
- Кремнистые

Вулканогенно-осадочное:

- Туфы
- Туфогены
- Туффиты

Магматическое:

- Гранитоиды:
граниты, гранофиры,
гранодиориты, риолиты (Египет,
Вьетнам, Венесуэла, Ливия.)
- Базальты (Индия)
- Вулканические и
пирокластические породы
(Индонезия)

Метаморфическое:

- Филлиты, метапесчаники (Китай)
- Глинистые сланцы (США, Калифорния,
Китай)
- Кварциты (США, Канзас)

Классификация коллекторов по распространенности

Традиционные коллекторы

Осадочные:

- Терригенные породы (пески, алевриты,
песчаники, алевролиты и др.)
- Карбонатные (известняки и доломиты)

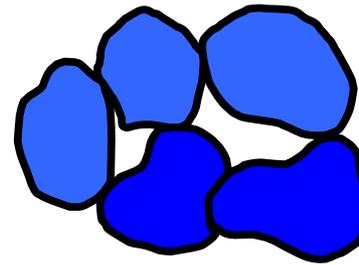
Нетрадиционные коллекторы

- *Осадочные:* кремнистые породы
- *Вулканогенно-осадочные*
- *Метаморфические*
- *Магматические*

Способность вмещать флюиды (нефть, газ и воду) обеспечивается наличием в горной породе пустот

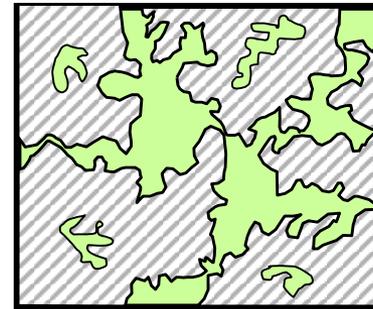
Типы пустот в горных породах

Поры – пространство между отдельными зернами, слагающими горную породу, а также **биопустоты**



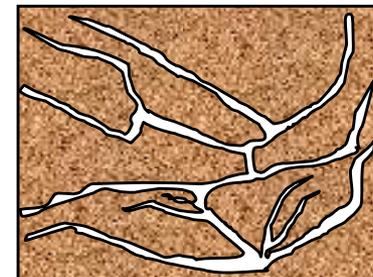
Обломочные зерна
Поры

Каверны – сравнительно крупные пустотные пространства, образовавшиеся в результате действия процессов выщелачивания



Каверны
Матрица породы

Трещины – разрывы сплошности горных пород



Матрица породы
Трещины

Поры. Принципы классификации

□ По отношению к компонентам породы:

- Между и внутри обломочных зерен
- Между и внутри форменных элементов (органических остатков, сферолитов, оолитов)
- Между и внутри кристаллических зерен

□ По времени образования:

- **Первичные – седиментогенные (образованы при накоплении осадка)**
- **Вторичные – постседиментогенные (образованы после осадконакопления)**

□ По степени сообщаемости:

- **Изолированные (закрытые)**
- **Сообщающиеся (открытые)**

□ По размерам:

- **От субкапиллярных до грубых**

Поры внутри и между обломочными зёрнами и форменными элементами

В терригенных породах

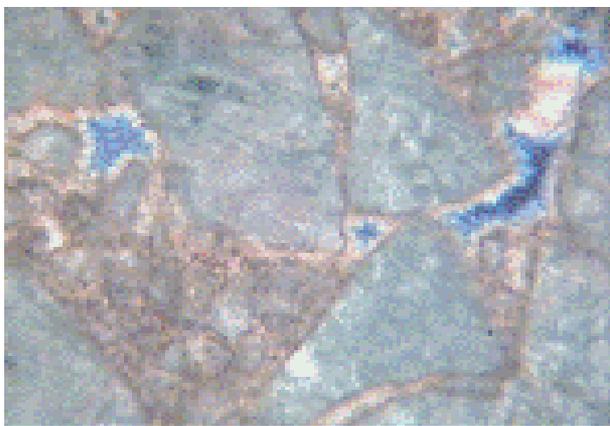


Межзерновые (межгранулярные) поры
в песчанике. Шлиф

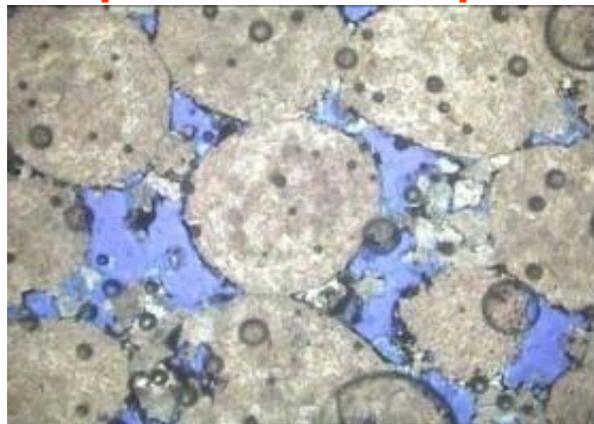


Внутризерновые (внутригранулярные)
поры в песчанике. Шлиф

В карбонатных породах



Межзерновые (межгранулярные)
поры в обломочном известняке.
Шлиф



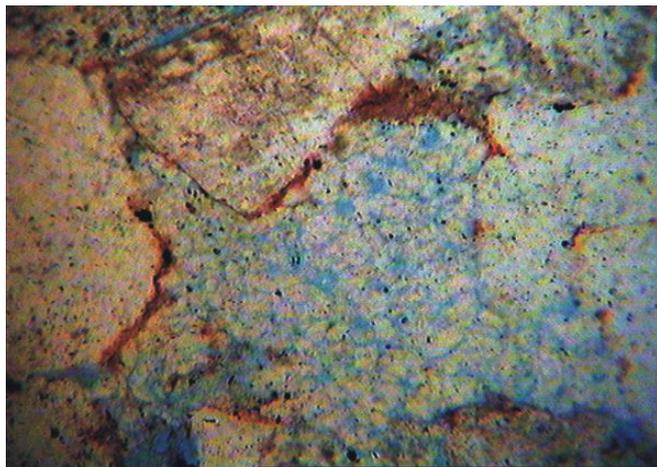
Межформенные биопустотные
поры в органогенном
известняке. Шлиф



Внутриформенные
биопустотные поры в
органогенном известняке.
Шлиф

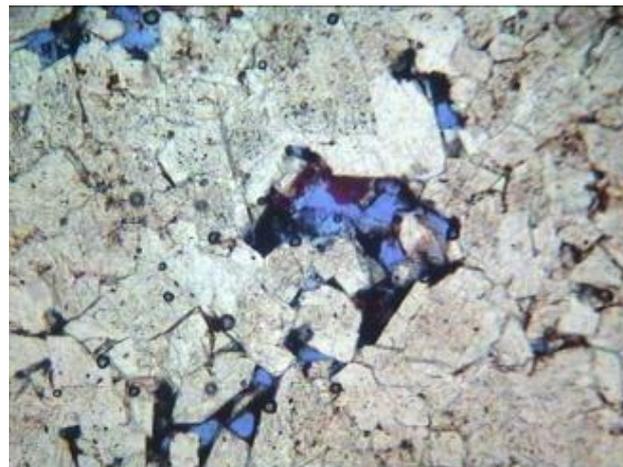
Межкристаллитные поры

В терригенных породах



Межкристаллитные поры в каолиновом цементе в песчанике. Шлиф

В карбонатных породах



Межкристаллитные поры в хомогенном известняке. Шлиф



Межкристаллитные поры в доломите. Шлиф

Классификация пор по происхождению

- **Первичные поры** образуются в процессе осадконакопления и породообразования:
 - промежутки между зернами (межзерновые поры),
 - промежутки между форменными элементами: оолитами, сферолитами и др. (межформенные поры),
 - промежутки между органогенными остатками и внутри них (биопустоты),
 - промежутки между плоскостями наслоения и т.д.,

- **Вторичные поры** образуются в результате последующих процессов:
 - разлома и дробления породы,
 - растворения,
 - перекристаллизации,
 - трещинообразования вследствие уплотнения или сокращения породы (например, при катагенезе или при доломитизации) и др.

Классификация пор и поровых каналов по размерам

Размеры, мм	Поры	Каналы (по М.К. Калинин)	Движение флюидов (воды, нефти, газа)
1-2	Грубые	Грубопоровые	Сверхкапиллярные (движение флюидов происходит свободно)
0,5-1	Крупные	Крупнопоровые	
0,25-0,5	Средние	Среднепоровые	
0,1-0,25	Мелкие	Мелкопоровые	Капиллярные (движение флюидов происходит при значительном участии капиллярных сил)
0,01-0,1	Очень мелкие	Очень мелкопоровые	
0,001-0,01	Тонкие	Тонкопоровые	
0,0002-0,001	Микропоры	Микропоровые	
0,0002	Субкапиллярные	Субкапиллярные	Субкапиллярные (движение флюидов практически не происходит)

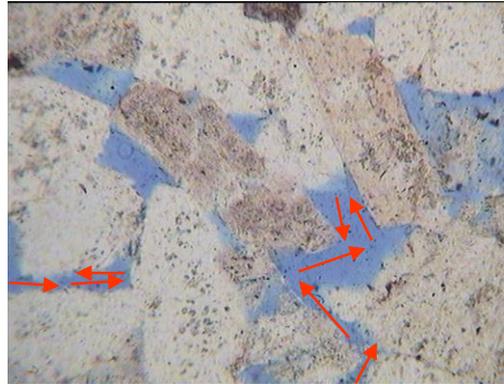
- Породы (глины, глинистые сланцы, соли, гипсы, ангидриты), поры которых представлены в основном субкапиллярными каналами, независимо от пористости практически непроницаемы для жидкостей и газов.
- Хорошие коллекторы нефти — породы, поры которых представлены в основном капиллярными каналами достаточно большого сечения, а также сверхкапиллярными.

Типы пор по степени сообщаемости

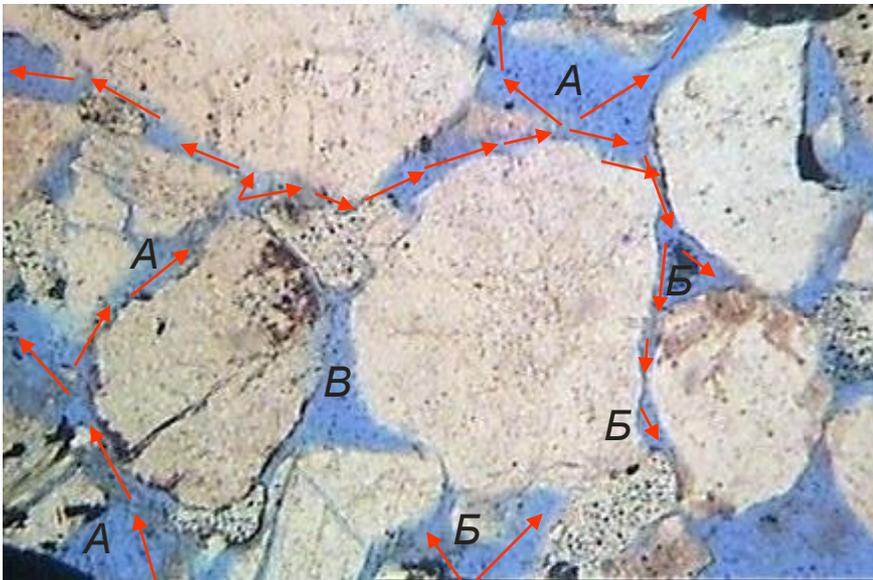
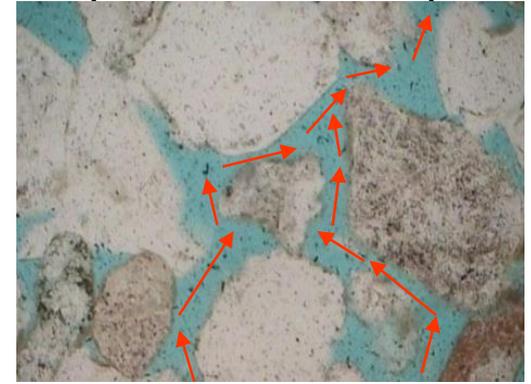
Изолированные
(закрытые)



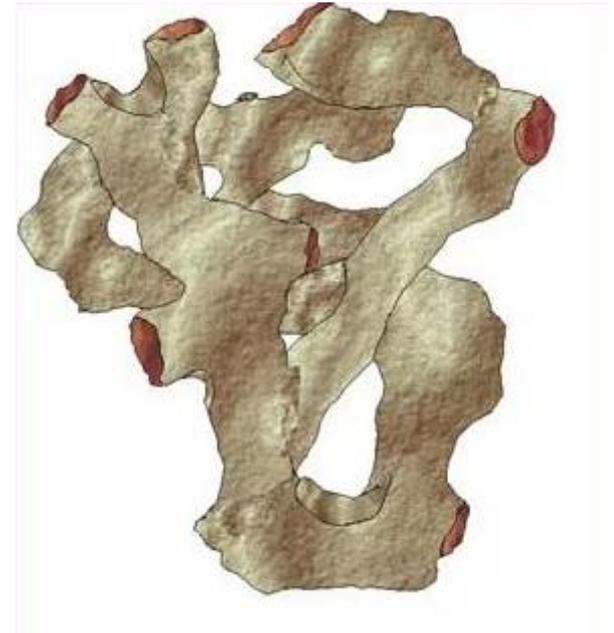
Тупиковые
(частично открытые)



Открытые
(сообщающиеся)



Открытые (А), тупиковые (Б) и изолированные (В) межзерновые поры в песчанике



Слепок поровых каналов
цементированного песчаника

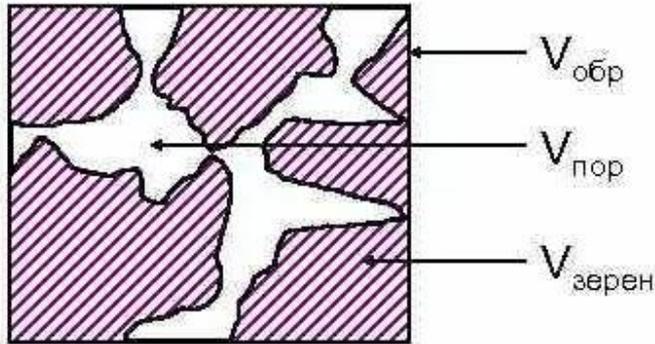
Виды пористости:

- **общая (полная, абсолютная)** – объем всех пор в породе;
- **открытая** – объем связанных сообщающихся между собой пор;
- **эффективная** – объем пор, из которых нефть может быть извлечена при разработке



Все виды пористости оцениваются соответствующими коэффициентами пористости (д.ед.) или соответствующей пористостью (%).

Количественная оценка пористости



$$V_{\text{обр}} = V_{\text{пор}} + V_{\text{зерен}}$$

$$V_{\text{пор}} = V_{\text{обр}} - V_{\text{зерен}}$$

Коэффициентом полной пористости ($K_{\text{п}}$) называется отношение объёма взаимосвязанных и изолированных пустотных каналов ($V_{\text{пор}}$) к общему объёму образца горной породы ($V_{\text{обр}}$)

$$K_{\text{п}} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{обр}}}$$

Коэффициентом открытой пористости (K_{o}) называется отношение объёма открытых сообщающихся пор (V_{o}) к объёму образца горной породы ($V_{\text{обр}}$)

$$K_{\text{o}} = \frac{V_{\text{o}}}{V_{\text{обр}}}$$

Коэффициентом эффективной пористости ($K_{\text{эф}}$) называется отношение объёма пор ($V_{\text{эф}}$), через которые возможно движение нефти, воды или газа при определенных температуре и градиентах давления к объёму образца горной породы ($V_{\text{обр}}$)

$$K_{\text{н.эф}} = \frac{V_{\text{эф}}}{V_{\text{обр}}}$$

Если коэффициент пористости умножить на 100%, то получим соответствующее значение пористости

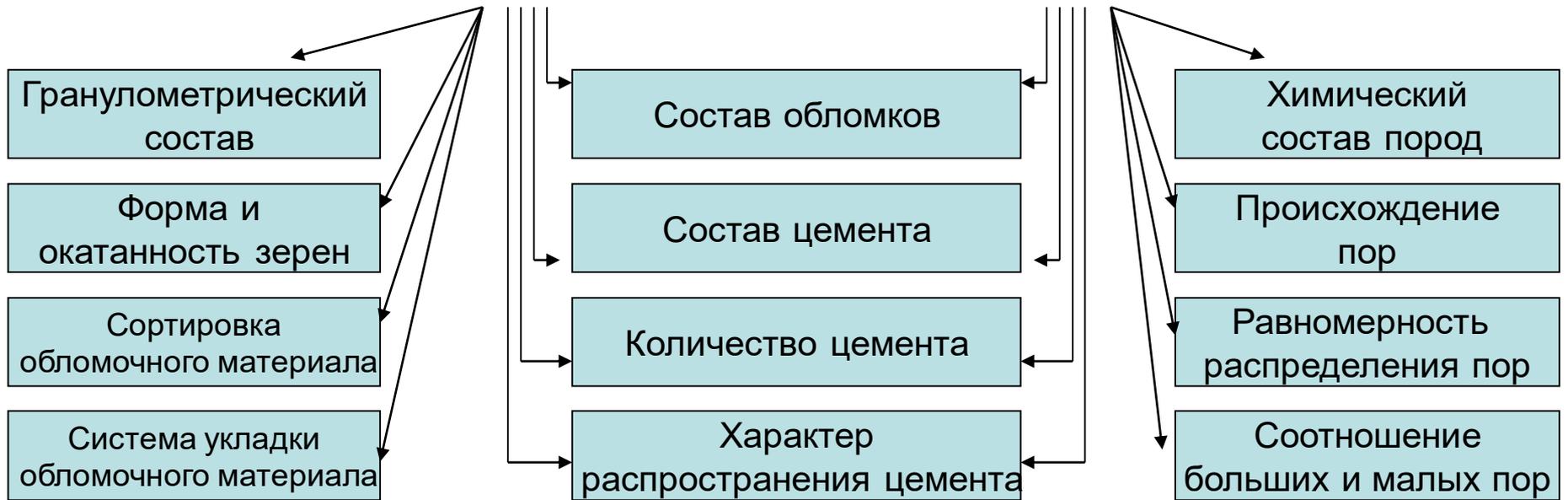
Пористость некоторых осадочных горных пород

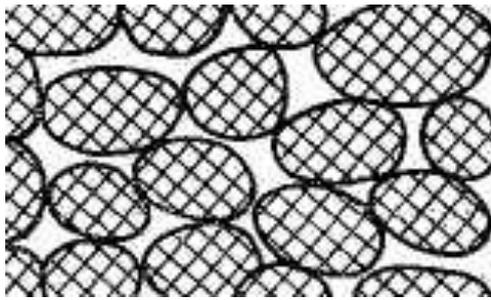
Горная порода	Коэффициент пористости, д.е.	Пористость, %
Глинистые сланцы	0,0054-0,014	0,54-1,4
Глины	0,06-0,50	6-50
Пески	0,06-0,52	6-52
Песчаники	0,13-0,29	13-29
Известняки	До 0,33	до 33
Доломиты	До 0,39	до 39
Известняки и доломиты как покрышки	0,0065-0,025	0,65-2,5

Пористость коллекторов, дающих промышленную нефть, обычно следующая (в %)

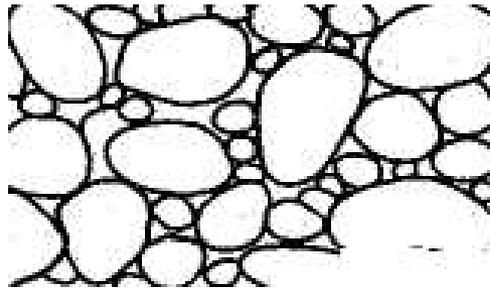
- Пески..... 20-25
- Песчаники..... 10-30
- Карбонатные коллекторы 10-25 и меньше.

Факторы, определяющие пористость терригенных пород

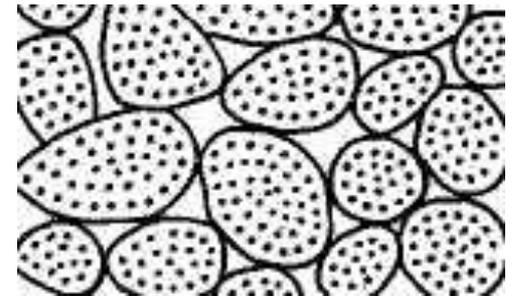




а

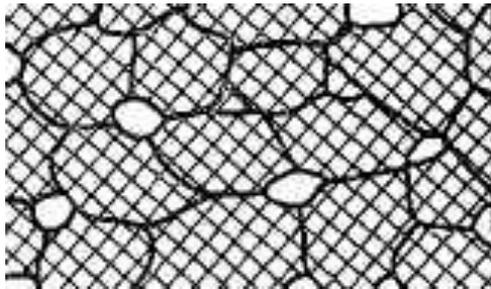


б

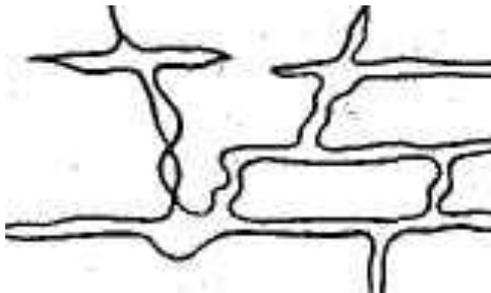


в

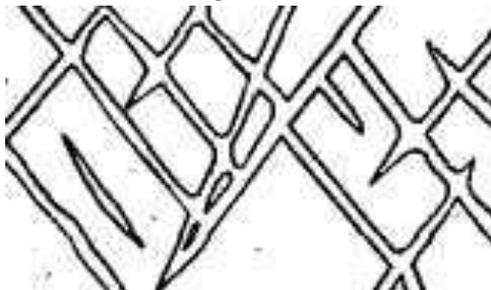
г



д



е



Пористость повышается с улучшением окатанности и отсортированности обломков, с увеличением размеров обломков, с уменьшением количества цементирующего материала, если обломочные зерна сами пористые, если порода подверглась растрескиванию и растворению и т.д.

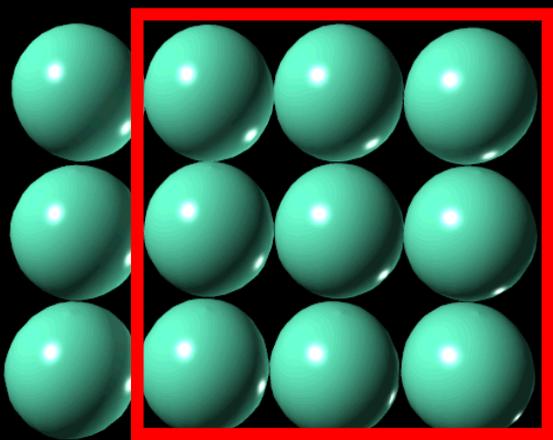
Различные виды порового пространства пород показаны на рисунках

а – хорошо окатанный и отсортированный песок с высокой пористостью; б – плохо отсортированный песок с низкой пористостью; в – хорошо отсортированная порода, зерна которой также пористы; г – хорошо отсортированная порода, пористость которой уменьшена отложениями минерального вещества в пространстве между зернами; д – поровое пространство трещиноватых известняков, частично расширенное растворением; е – порода, ставшая пористой вследствие возникновения трещин.

Влияние упаковки на формирование пористости

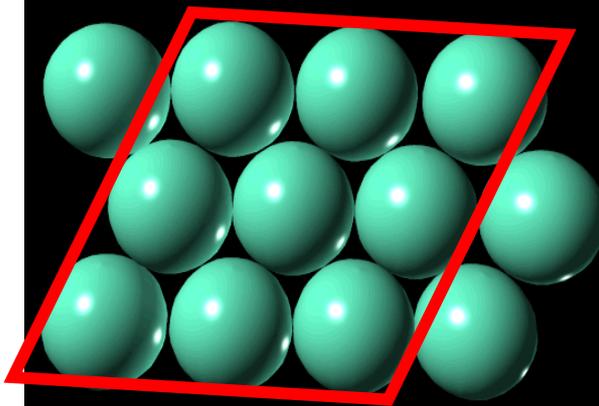
Коэффициент пористости обломочных пород в случаях, когда зерна породы одинаковы по размеру и имеют шарообразную форму, не зависит от размера зерен, а определяется их укладкой и однородностью по размеру. При кубической упаковке пористость составляет 47,64 %; при ромбической – 25,95 %, независимо от размеров шаров.

Кубическая укладка шариков



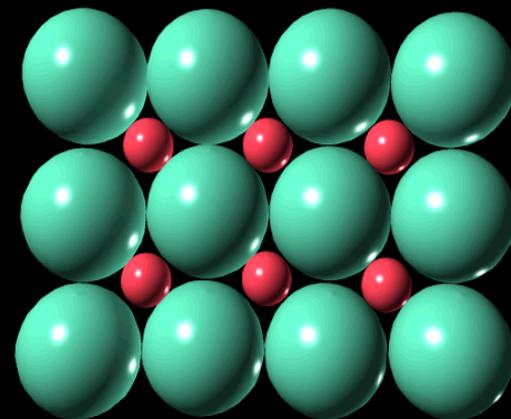
Пористость = 47,64 %

Укладка шариков ромбом



Пористость = 25,95 %

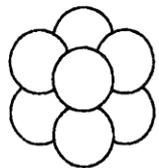
Укладка шариков двух размеров



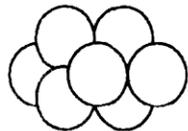
Пористость = 14%

У пород, состоящих из неодинаковых по размеру обломков (конгломератов, глинистых песчаников), пористость резко снижается, так как мелкие зерна занимают промежутки между крупными зернами, уменьшая объем порового пространства

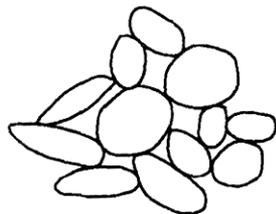
Поровое пространство и характер укладки обломков



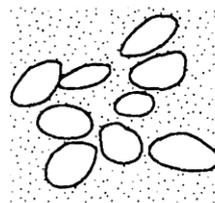
(A)
Cubic packing
(48% porosity)



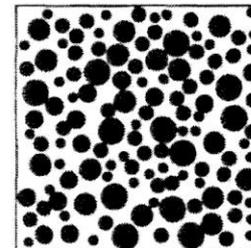
(B)
Rhombohedral packing
(26% porosity)



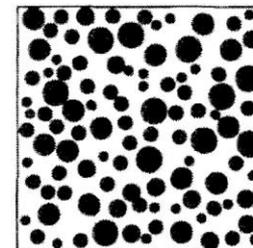
(C)
Grain supported
fabric



(D)
Matrix supported
fabric



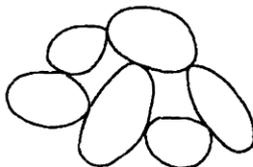
Well Sorted $\alpha = 0.35$



Moderately Well Sorted $\alpha = 0.5$



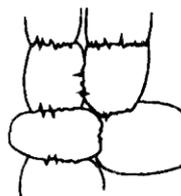
(E)
Preferred orientation
of grains



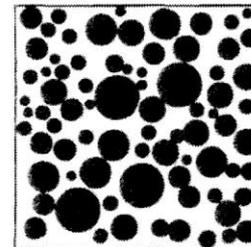
(F)
Point contacts



(G)
Concavo-convex
contacts



(H)
Sutured contacts



M

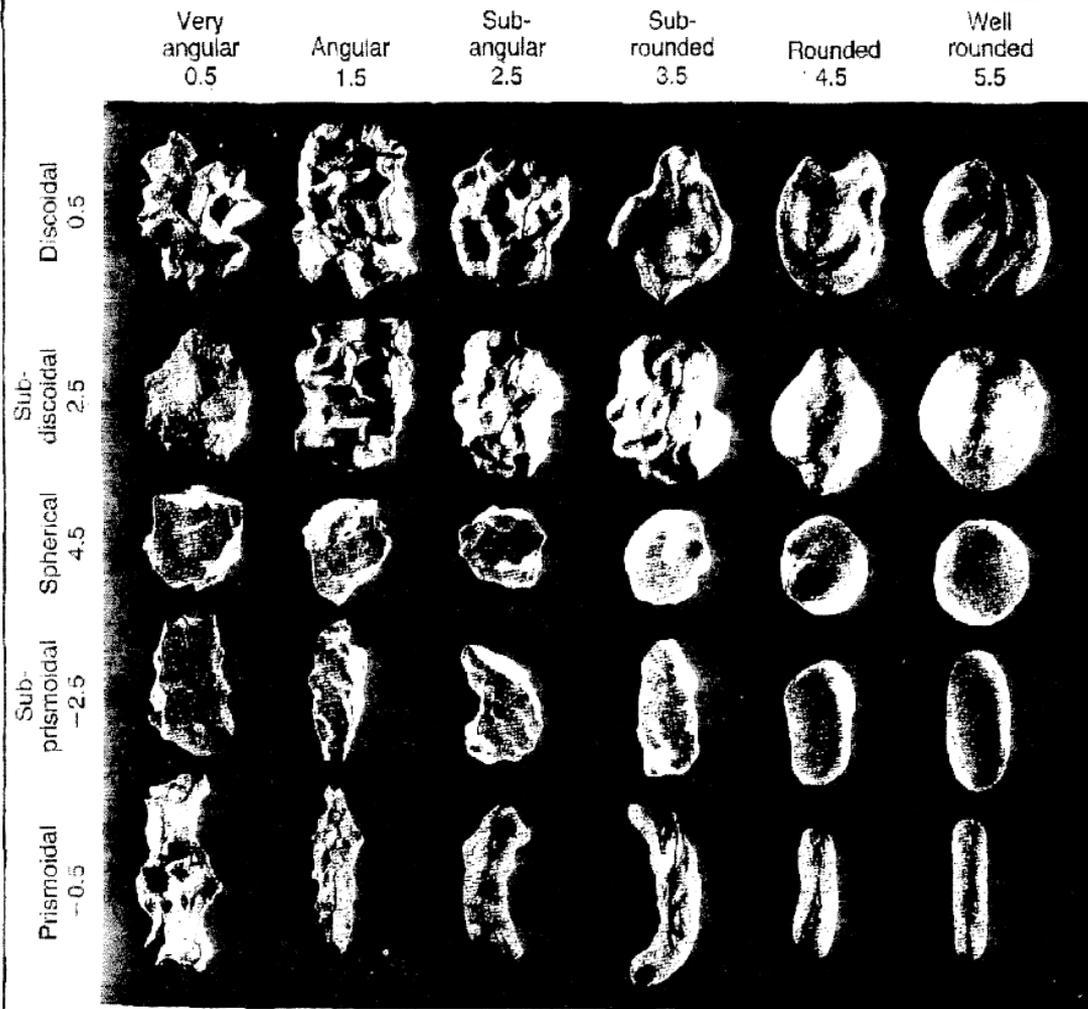
Степень отсортированности
обломков

В природных условиях большое внимание на размеры пор оказывает отсортированность обломочного материала, их пространственное расположение (беспорядочное или ориентированное), плотность прилегания с образованием разных типов контактов (точечных – примыкания, комформации – взаимоприспособления или инкорпорации – вдавливания)

Roundness

Степень окатанности и изометричности обломков

Sphericity



Увеличение степени окатанности обломков способствует формированию пор с гладкими стенками; и наоборот, при неокатанных плохо обработанных поверхностях обломочных зерен образуются поры с неровными стенками.

Важную роль играет также степень изометричности обломочных зерен: при прочих равных условиях при укладке изометричных обломков, по сравнению с обломками удлиненной формы, размеры седиментогенных пор более крупные.

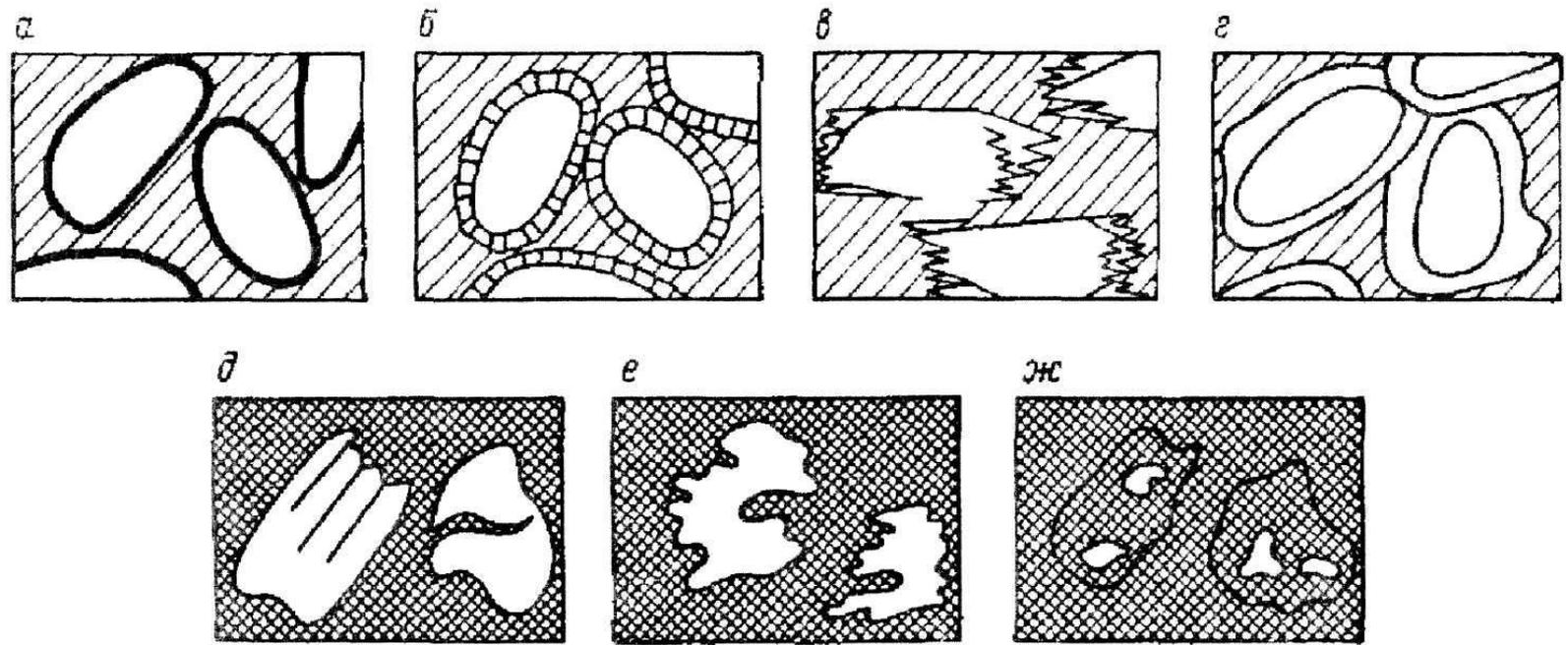


Рис. Типы цемента по взаимоотношению с обломочными зернами: а – пленочный; б – кристификационный; в – неравномерного нарастания; г – регенерационный; д – проникновения; е – коррозионный; ж – замещения

Немаловажное значение для формирования коллекторских свойств терригенных пород имеет также цемент. Первичный цемент (глинистый, карбонатный, железистый и др.) часто накапливается вместе с обломочным материалом и уменьшает пористость. Цемент присутствует в подавляющем большинстве обломочных пород и является их важной составной частью, обуславливающей физические свойства, состав и последовательность выделения минералов. Тип цемента выражает его структурные особенности по отношению к породе в целом (т.е. соотношение цемента с обломочной частью).

Обычно выделяют 4 типа цемента:

- 1. Базальный – зерна не соприкасаются друг с другом, а погружены в цемент.
- 2. Заполнения пор (поровый) – зерна соприкасаются друг с другом, а цемент заполняет лишь поры между ними.
- 3. Пленочный – цемент покрывает зерна пленкой (иногда не сплошной), а остальная часть пор остается пустой; цементация большей частью непрочная. В некоторых случаях (например, в метаморфизованных породах) эти поры могут быть заполнены цементом другого типа (заполнения пор или регенерации) и тогда следует говорить о наличии пленочного цемента другой разновидности.
- 4. Соприкосновения, или контактовый, – цемент присутствует лишь в местах соприкосновения зерен, а основная часть пор остается незаполненной.

Наилучшей пористостью обладают теригенные породы с контактовым и неполным поровым цементом.

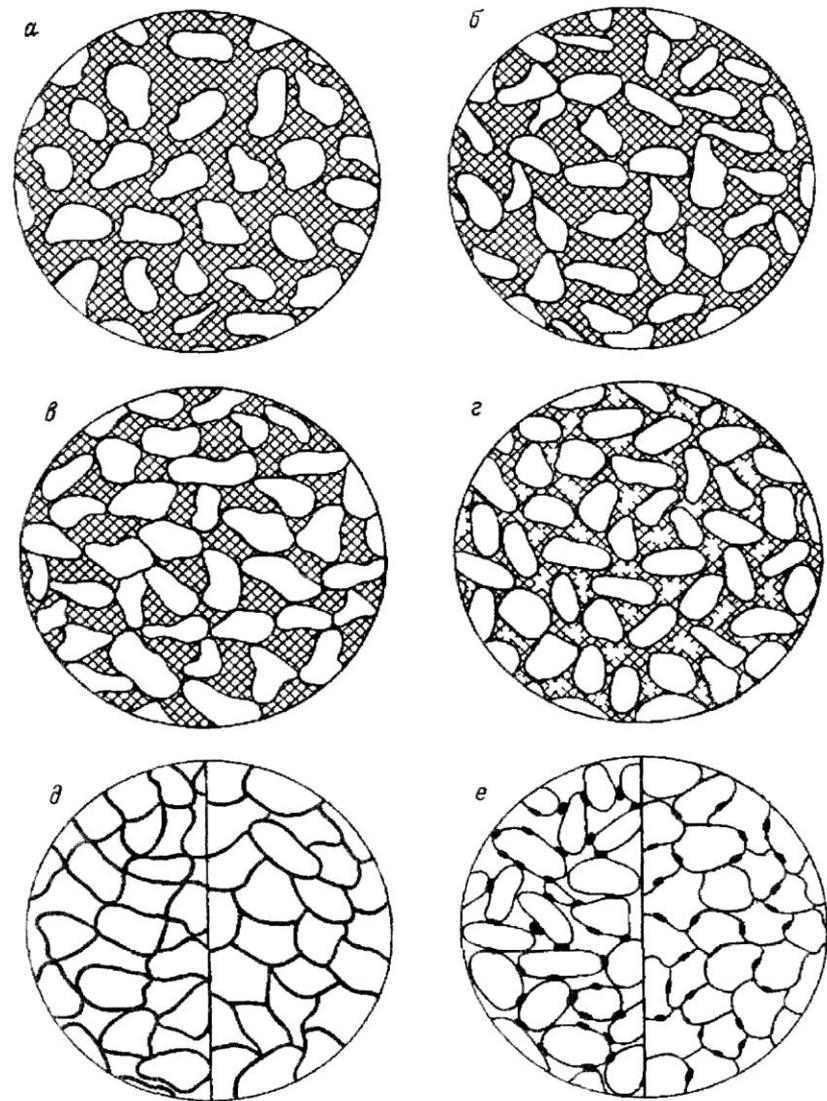


Рис. Типы цемента по количеству и распределению в породе: а – базальный; б – открытый поровый; в – закрытый поровый; г – неполный поровый; д – пленочный; е – контактовый

Каверны

Каверны – сравнительно крупные пустотные пространства, образовавшиеся в результате действия процессов выщелачивания



Мелкие каверны в известняке органическом



Крупные каверны в известняках хемогенных доломитизированных



Каверны в песчанике с кальцитовым цементом



Микрокаверны в хемогенном известняке



Каверны по слоистости в известняке. Шлифы, прокрашенные смолой



Каверны в известняке. Шлифы, прокрашенные смолой

Классификация каверн по размеру (по М.К. Калинин)

Тип каверн	Размер, мм
Микрокаверны (поры выщелачивания)	< 2
Макрокаверны	
Мелкие	2 - 20
Средние	2 - 100
Крупные	100 - 200 см



Оценка кавернозности

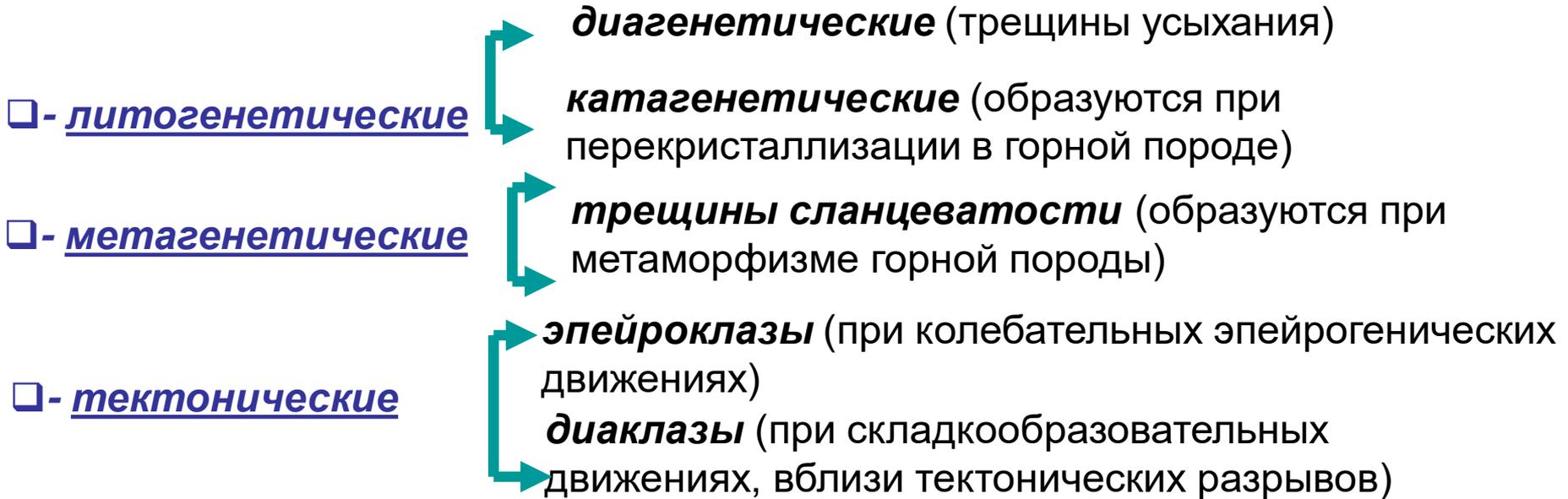
*Коэффициент кавернозности –
отношение объема каверн к объему
образца*

$$K_k = V_k / V_{обр}$$

Трещины

Трещины – разрывы сплошности горных пород, перемещение по которому либо отсутствует, либо имеет незначительную величину

Классификация трещин по происхождению



Наибольшую роль играют при:

- первичной миграции** нефти – катагенетические трещины;
- вторичной миграции** нефти – тектонические трещины

Морфология трещин различного происхождения



Диагенетические трещины



Катагенетические трещины уплотнения в глинистой породе



трещины уплотнения в известняке (стилолит)



Тектонические трещины



Трещины выветривания



Метагенетические трещины

Характеристики трещин, влияющие на миграцию флюидов

- *густота трещин,*
- *интенсивность трещиноватости: объемная и поверхностная плотность трещин,*
- *раскрытость,*
- *особенности поверхности стенок,*
- *характер и степень минерального выполнения (кольматация),*
- *время образования, генерация трещин;*
- *ориентировка и протяженность трещин.*

Густота (ед./м) – число трещин на единицу длины нормали к поверхности стенок. Вычисляется по формуле:

$$\Gamma = \Delta n / \Delta L,$$

где Δn – число трещин, пересекающих линию длиной ΔL , перпендикулярную к направлению простирания трещин.

Плотность – суммарное количество трещин в единице объема. Вычисляется по формуле:

$$T = S / V,$$

где: T – объемная плотность трещин; S – суммарная площадь продольного сечения всех трещин, секущих объем V породы;

Интенсивность трещиноватости определяется общим количеством трещин в породе. Вычисляется по формуле:

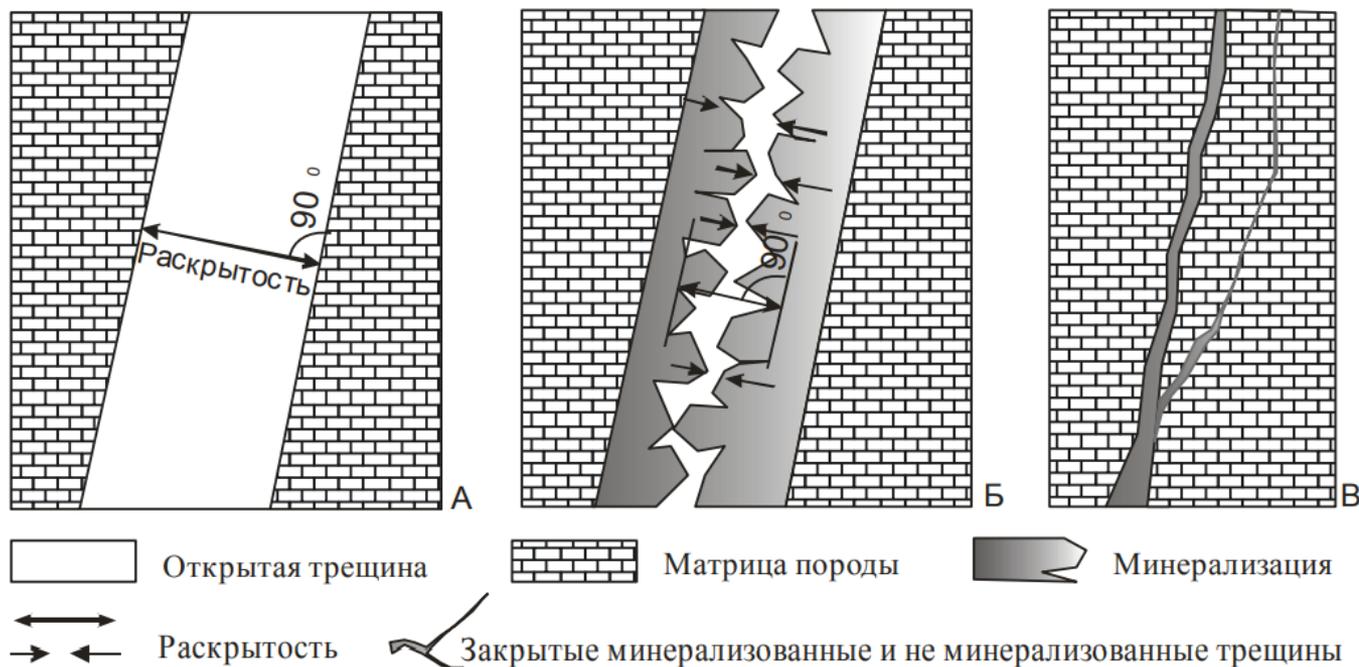
$$П = L / F,$$

где: $П$ – поверхностная плотность трещин; L – суммарная длина срезов всех трещин, пересекаемых поверхностью площади F

Раскрытость трещин

По степени заполнения различают трещины:

- **открытые** – заполненные газом, водой, нефтью
- **частично выполненные** – не полностью минерализованные (кальцитом, кварцем, пиритом, глинистыми минералами и др.), битумом, перетертыми обломками;
- **закрытые** – трещины с сомкнутыми стенками и трещины (прожилки), полностью заполненные минеральным веществом.



Раскрытость – средняя величина между минимальным и максимальным расстоянием между стенками трещин. Фильтрацию определяют самые узкие участки, но флюиды могут их обтекать по более широким частям.

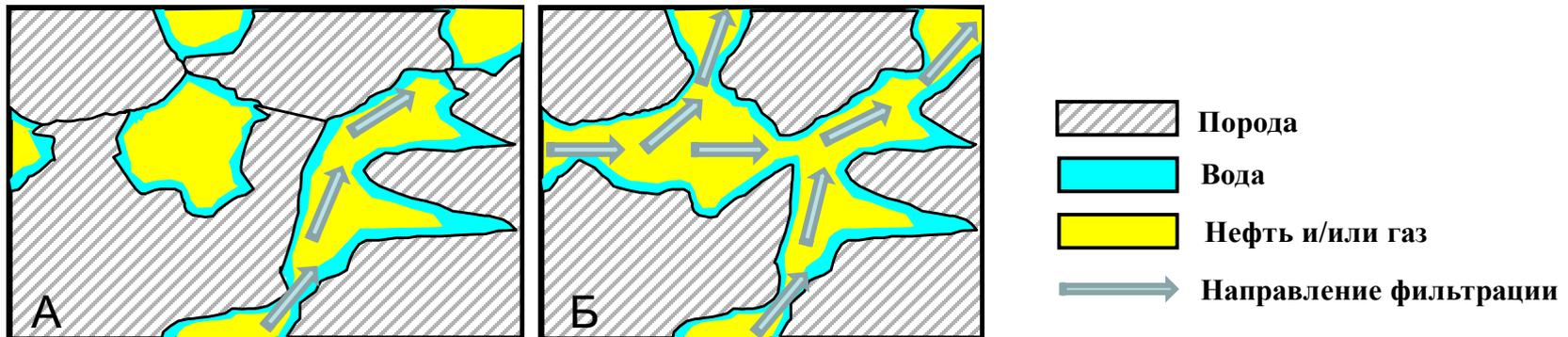
Классификация трещин по степени раскрытости (по М.К. Калинин)

Тип трещин	Раскрытость, мм
Субкапиллярные	<0,0002
Микротрещины	0,0002–0,001
Волосяные	0,001–0,01
Тонкие	0,01–0,05
Очень мелкие	0,05–0,1
Средние	0,1–0,5
Крупные	0,5–1,0
Грубые	1,0–2,0
Макротрещины	2–5
Широкие макротрещины	5–20
Весьма широкие макротрещины	20–50

Проницаемость

Проницаемостью называют свойство горных пород пропускать сквозь себя жидкости и газы при наличии перепада давления

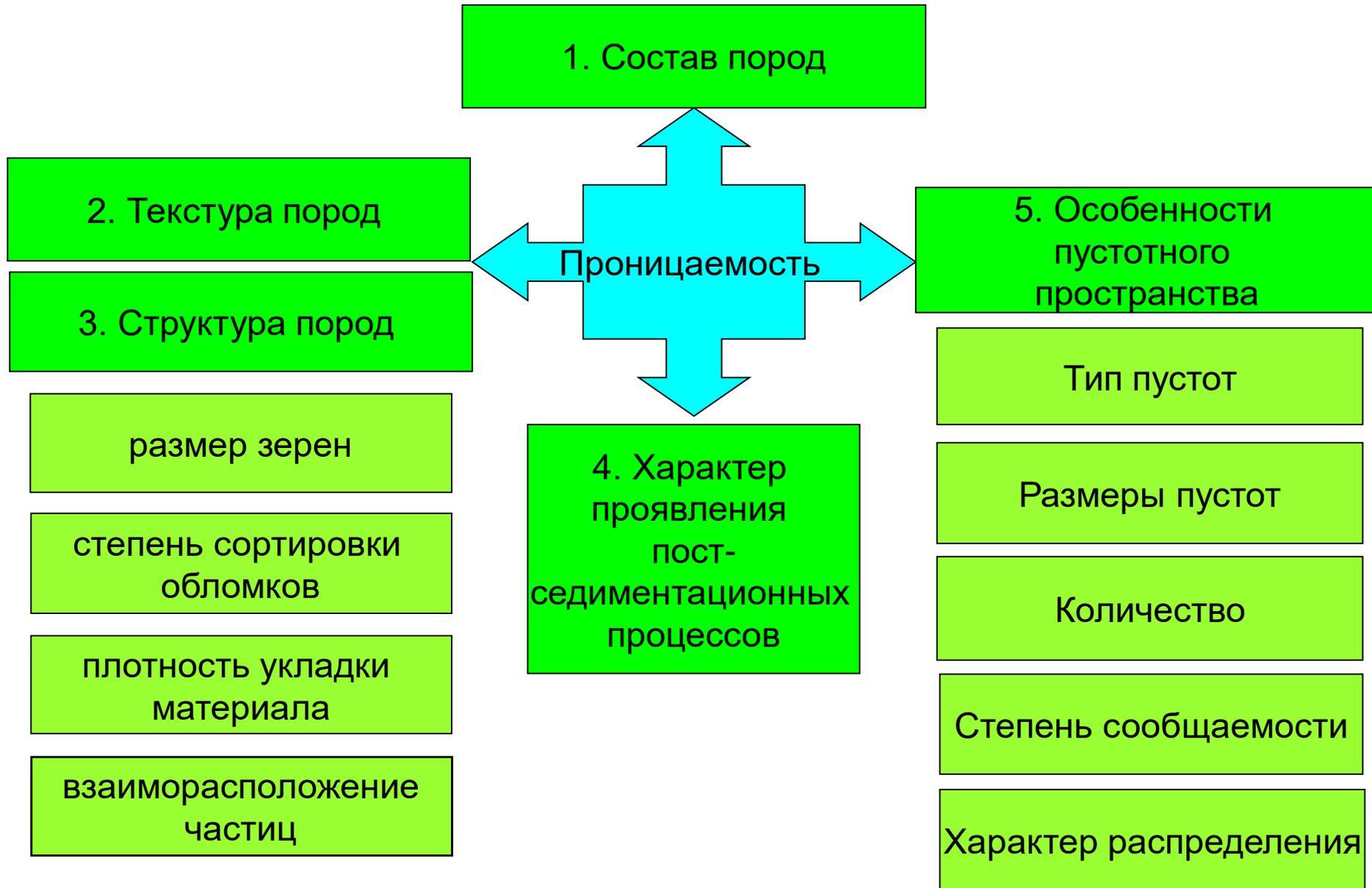
Проницаемость – важнейший параметр, характеризующий проводимость коллектора, его **фильтрационные свойства**, т. е. способность пород пласта пропускать к забоям скважин нефть и газ.



Фильтрация флюидов через непроницаемую (А) и проницаемую (Б) среду

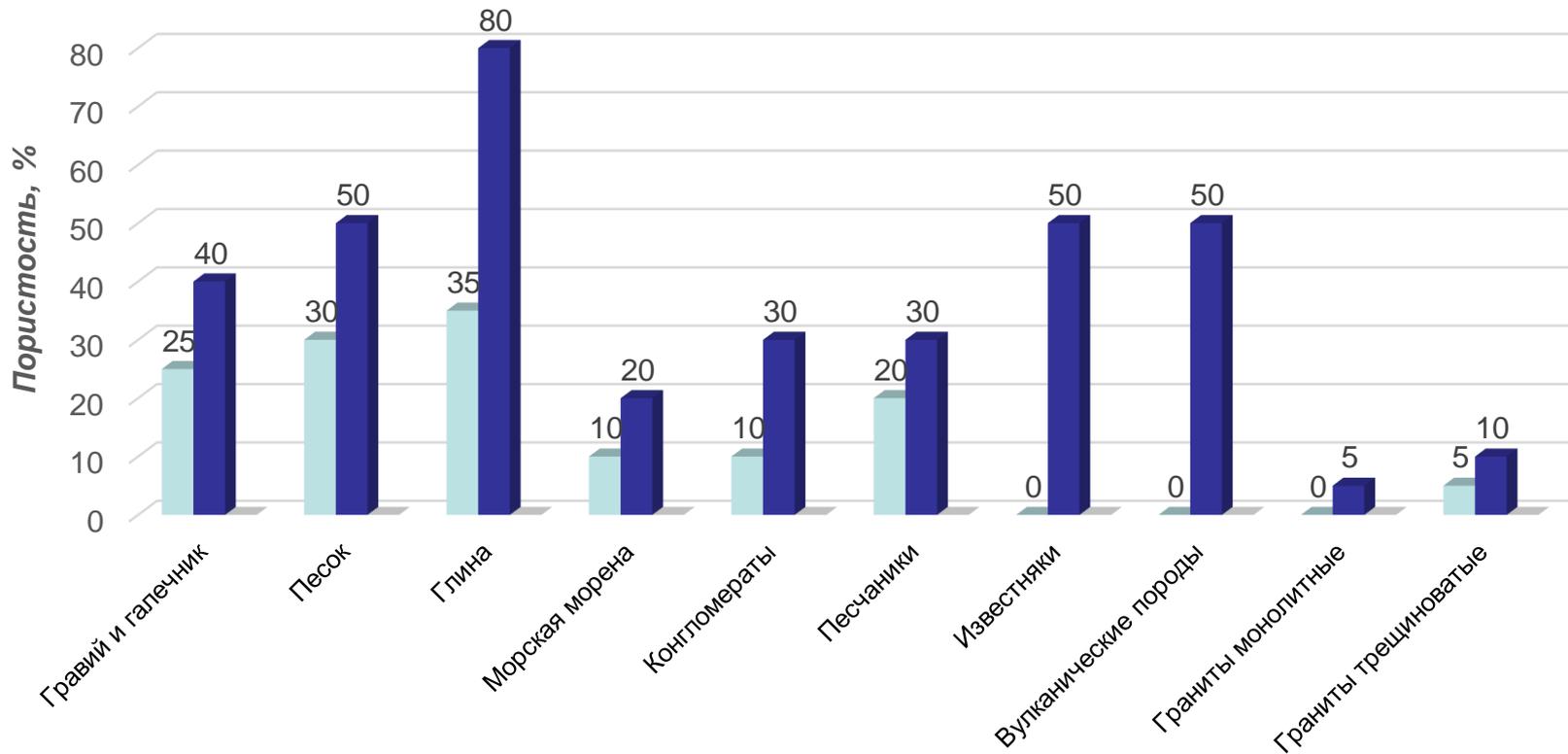
Условием миграции является наличие **сообщающихся** между собой пустот: пор, каверн, трещин

Факторы, определяющие проницаемость пород



Влияние состава пород на проницаемость

Порода	Пористость, %		Оценка проницаемости
	от	до	
Гравий и галечник	25	40	очень хорошая
Песок	30	50	хорошая
Глина	35	80	очень плохая
Морская морена	10	20	очень плохая
Конгломераты	10	30	средняя
Песчаники	20	30	хорошая
Известняки	0	50	средняя
Вулканические породы	0	50	плохая-отличная
Граниты монолитные	0	5	очень плохая
Граниты трещиноватые	5	10	плохая



Ухудшают фильтрационные свойства пород:

- призматический габитус,**
- неправильная форма большинства зерен,**
- высокая сорбционная емкость,**
- цементация пород,**
- глинистые частицы:**

1) занимают часть пространства между зернами других минералов (кварца, полевых шпатов и т.п.), *уменьшают сечение пор и снижают пористость пород;*

2) обладают высокой сорбционной емкостью, вследствие высокой диспергированности и связанной с ней огромной поверхностью, удерживают на поверхности зерен воду и УВ, и *сужают сечение пор.*

- низкая степень кристалличности.**

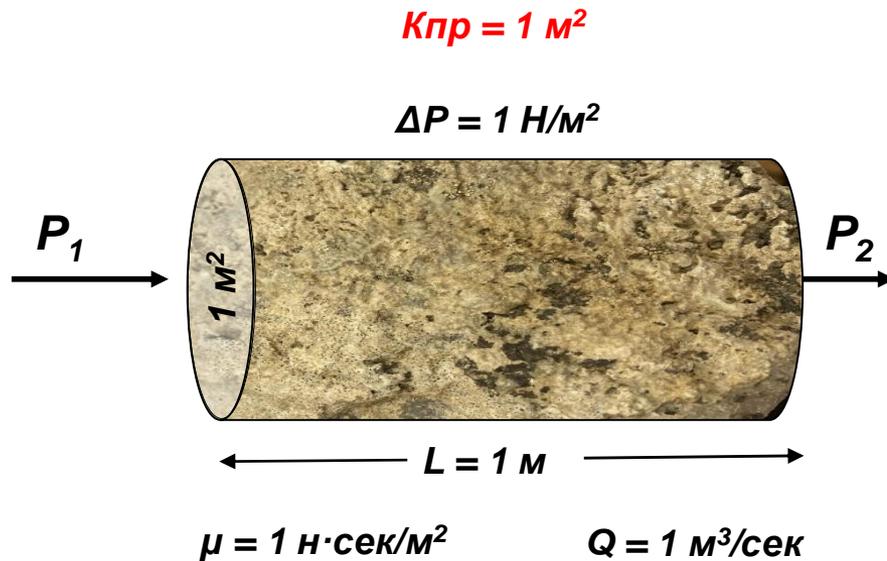
Улучшают фильтрационные свойства пород:

- наличие крупных и хорошо окатанных зерен;**
- хорошая отсортированность обломочного материала,**
- наличие трещин:** трещинное пространство обладает высокой проводимостью; трещины создают в пласте направления преимущественной фильтрации,
- наличие выщелачивания,**
- увеличение глубины залегания пород**

Единица измерения проницаемости

В Международной системе (СИ)

за единицу проницаемости в 1 м^2 принимается проницаемость такой пористой среды, при фильтрации через образец которой площадью 1 м^2 и длиной 1 м при перепаде давления 1 Н/м^2 расход жидкости вязкостью $1 \text{ н} \cdot \text{сек/м}^2$ составляет $1 \text{ м}^3/\text{сек}$.



$$K_{пр} = \frac{Q}{F} \cdot \frac{\mu \cdot L}{\Delta P}$$

$K_{пр}$ – коэффициент проницаемости
 Q – объемный расход флюида;
 A – площадь фильтрации;
 μ – вязкость флюида;
 L – длина образца;
 ΔP – перепад давления

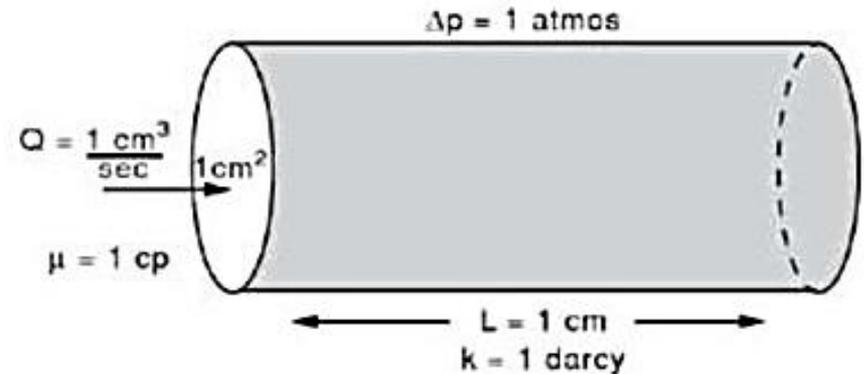
Единица измерения проницаемости в системе СИ:

квадратный метр (м^2).

чаще используют **квадратный микрометр (мкм^2)**

Единица измерения проницаемости

Обычно для оценки проницаемости пользуются практической единицей Дарси, которая приблизительно в 10^{12} раз меньше, чем проницаемость в 1 м^2 , или миллидарси (мД).



$$1\text{Д} = \frac{1\text{см}^3 \cdot 10^{-3}\text{Па} \cdot \text{с} \cdot 1\text{см}}{1\text{с} \cdot 1\text{см}^2 \cdot 0,1 \cdot 10^6\text{Па}} = 10^{-8}\text{см}^2 = 10^{-12}\text{м}^2 = 1\text{мкм}^2$$

За единицу проницаемости в 1 Дарси (1 Д) принимают проницаемость такой пористой среды, при фильтрации через образец которой площадью 1 см^2 и длиной 1 см при перепаде давления 1 кг/см^2 расход жидкости вязкостью 1 спз (сантипуаз) составляет $1 \text{ см}^3/\text{сек}$.

$$1 \text{ мД} = 0,001 \text{ Д},$$
$$1 \text{ мД} = 10^{-3} \text{ мкм}^2$$

Виды проницаемости

Проницаемость пористой среды зависит также от типа пластового флюида и характера его движения. Поэтому для характеристики проницаемости нефтесодержащих пород введены понятия абсолютной (физической, удельной), эффективной (фазовой) и относительной проницаемости.

Под абсолютной проницаемостью понимают проницаемость пористой среды, которая определена при движении в ней лишь одной какой-либо фазы (газа или однородной жидкости), химически инертной по отношению к породе, при условии полного заполнения порового пространства газом или жидкостью

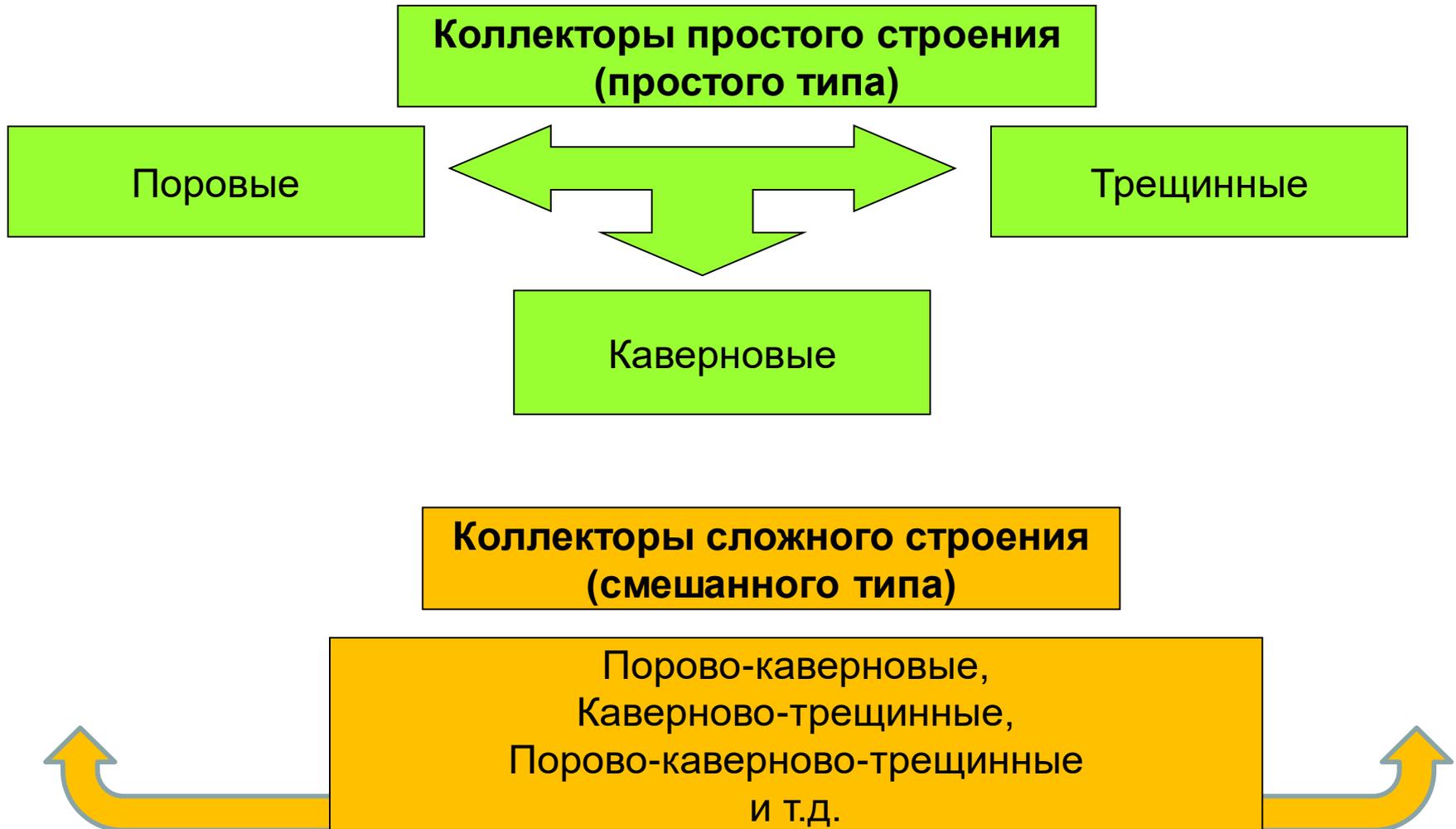
В случае, когда поровое пространство породы содержит в себе более одного флюида, проницаемость по конкретному флюиду называется эффективной.

Относительная проницаемость определяется как отношение эффективной проницаемости для флюида при данной насыщенности к абсолютной проницаемости

КЛАССИФИКАЦИЯ КОЛЛЕКТОРОВ

1) по типу пустотного пространства

По преобладающему типу пустот, слагающих поровое пространство, коллекторы делятся на три основных типа:



Терригенные коллекторы порового (гранулярного) типа

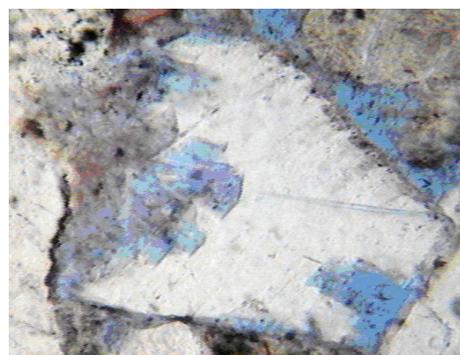
Песчано-алевритовые породы



Песчаник нефтенасыщенный. Коллектор порового типа



Межзерновые поры в песчанике. Шлиф



Внутризерновые поры в песчанике. Шлиф



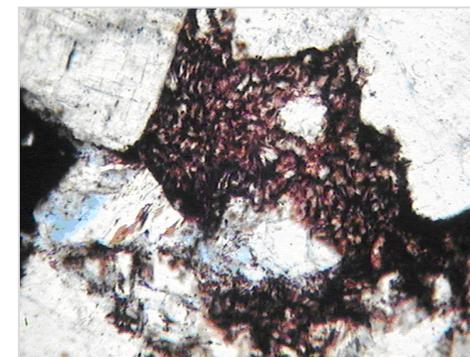
Межкристаллитные поры в каолините песчаника. Шлиф



Нефтяное вещество в межзерновых порах в песчанике. Шлиф



Нефтяное вещество во внутризерновых порах в песчанике. Шлиф



Нефтяное вещество в межкристаллитных порах в каолините песчаника. Шлиф

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм

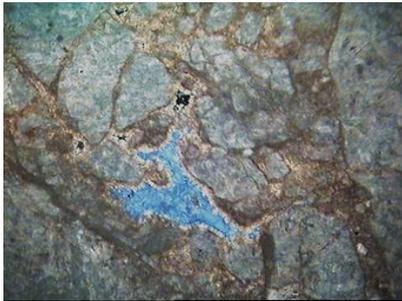
Тип пустот в терригенном поровом (гранулярном) коллекторе

Поры	межзерновые	внутризерновые	межкристаллитные в каолиновом цементе
------	-------------	----------------	---------------------------------------

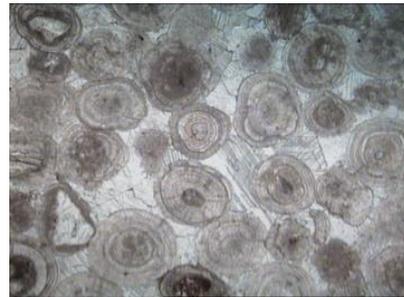
Карбонатные коллекторы порового (гранулярного) типа

Известняки и доломиты кристаллические, оолитовые, органогенные

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм



Межзерновые поры в обломочном известняке. Шлиф



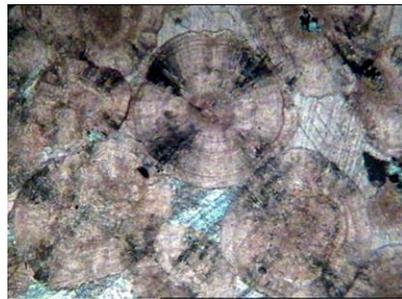
Межоолитовые поры в хомогенном известняке. Шлиф



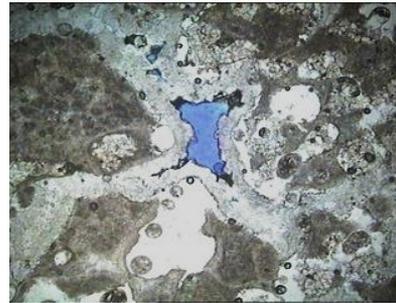
Межкристаллитные поры в известняке. Шлиф



Нефтяное вещество в межкристаллитных порах в известняке. Шлиф



Межферолитовые поры в хомогенном известняке. Шлиф



Межформенные биопустоты в водорослевой известняке. Шлиф



Внутриформенные биопустоты в водорослевом известняке. Шлиф



Нефтяное вещество во внутриформенных биопустотах в известняке. Шлиф

Тип пустот в карбонатном поровом (гранулярном) коллекторе

Поры	межзерновые	межформенные поры и биопустоты	внутриформенные поры и биопустоты	межкристаллитные поры
------	-------------	--------------------------------	-----------------------------------	-----------------------

Коллекторы кавернового типа

Песчаные и алевритовые породы



Песчаник с растворенным карбонатным цементом.
Коллектор кавернового типа

Карбонатные породы



Известняк доломитизированный.
Коллектор кавернового типа



Известняк нефтенасыщенный.
Коллектор кавернового типа.

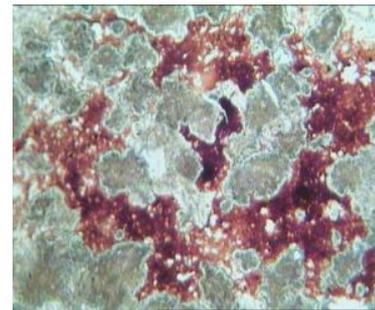


Известняк нефтенасыщенный.
Каверна битумом.
Коллектор кавернового типа

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм



Сообщающиеся
разнообразные каверны
в известняке. Шлиф



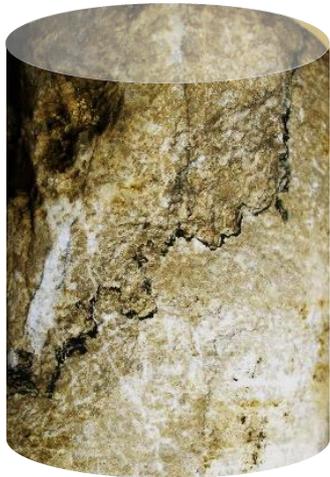
Каверны с нефтяным
веществом в известняке.
Шлиф



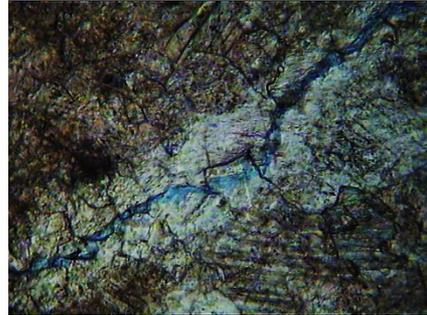
Каверны с пленками
битума в известняке.
Шлиф

Коллекторы трещинного типа

Карбонатные породы

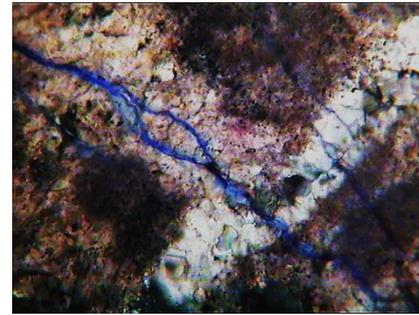


Известняк с литогенетическими стилолитовыми трещинами. Коллектор трещинного типа



Открытая трещина в известняке. Шлиф

0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм



Система открытых однонаправленных трещин в известняке. Шлиф



Трещина с битумом в известняке. Шлиф



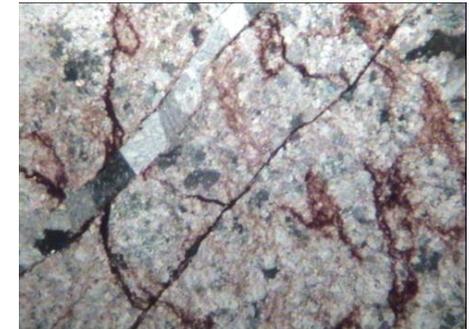
Известняк трещиноватый. Коллектор трещинного типа



Литогенетические трещины с нефтяным веществом в известняке. Шлиф



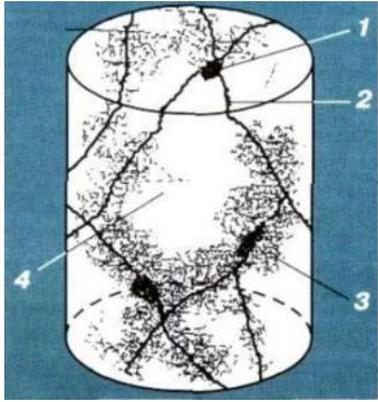
Тектонические трещины с нефтяным веществом в известняке. Шлиф



Сочетание литогенетических и тектонических трещин с нефтяным веществом в известняке. Шлиф

Коллекторы смешанного типа

Схема коллектора смешанного типа



Карбонатные породы-коллекторы



Структура порового пространства карбонатных пород:

- 1 - каверны
- 2 - макротрещины
- 3 - высокопустотные участки матрицы
- 4 - плотная непроницаемая матрица

Коллектор трещинно-кавернового типа с нефтяным веществом

Коллектор каверново-трещинного типа

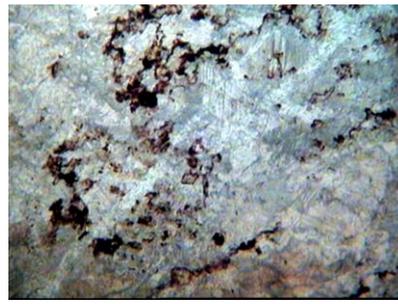
Коллектор трещинно-каверново-порового типа с нефтяным веществом

Коллектор порово-трещинно-кавернового типа с нефтяным веществом

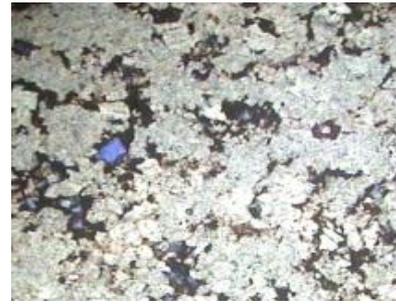
0 0,1 0,2 0,3 0,4 мм



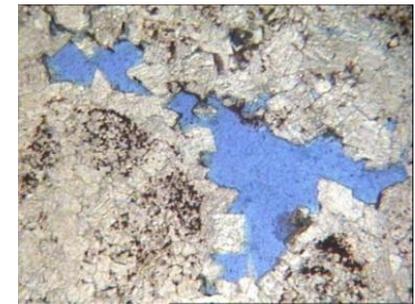
Трещина с кальцитом и нефтяным веществом в известняке. Шлиф



Поры и трещины с нефтяным веществом в известняке. Шлиф



Поры и мелкие каверны с пленками битума в доломите. Шлиф



Крупные каверны и мелкие поры с битумом в доломите. Шлиф

Соотношение типов пустотно-порового пространства и типы коллекторов в породах разного генезиса

Типы коллекторов	Межгранулярные (поровые)	Трещинные	Каверновые	Биопустотные	
Пустоты	порово-трещинные		трещинно-каверновые		Внутри-скелетные и межскелетные
	Поры	Трещины	Каверны		
Породы	Обломочные				
	К а р б о н а т н ы е				
	Изверженные			Кремнистые	
	Глинистые				
	Метаморфические				

2. Классификация коллекторов по типу горных пород



3. Классификация коллекторов по условиям фильтрации и аккумуляции пластовых флюидов:

- Простые** (поровые и чисто трещинные)
- Сложные** (трещинно-поровые и порово-трещинные)

Нетрадиционные коллекторы нефти и газа

1. Вулканогенные породы: нефть и газ в туфах, лавах и других разностях связаны с пустотами, которые образовались при выходе газа из лавового материала или с вторичным выщелачиванием. Нефтеносность этих пород всегда вторична.

Примеры: осадочно-туфогенный вулканогенный комплекс эоценового возраста Восточной Грузии и Западного Азербайджана; формация «зеленых туфов» палеогенового возраста в Японии. Здесь резервуар массивного типа образован вторично измененными туфами и лавами риолитов.

2. Метаморфические и интрузивные породы также могут быть нефтегазоносны. Природные резервуары в них возникают за счет выветривания, проработки гидротермальными растворами и других вторичных изменений.

Примеры: коры выветривания гранитно-метаморфических пород, залегающих в ядрах мезозойских поднятий в Шаимском районе Западной Сибири; крупное месторождение Белый Тигр связано с гранитогнейсовыми породами на шельфе Вьетнама.

3. Глинистые и биогенные кремнистые толщи. В них нефтегазоносность обычно сингенетична; природные резервуары возникают в процессе катагенеза; возникновение или увеличение пустот связано с генерацией нефтяных и газовых углеводородов и перестройкой минеральной матрицы породы. При преобразовании ОВ возрастает объем флюидов (жидкости, в том числе углеводороды, газы). Возросшее давление способствует образованию сети трещин в основном по наслоению вдоль ослабленных уровней. Формирование коллекторских свойств и генерация нефтяных углеводородов совпадают по времени. Повышению растресканности породы способствуют и некоторые тектонические процессы.

Примеры: резервуары в баженовской карбонатно-кремнисто-глинистой толще верхней юры в Западной Сибири (Салымское месторождение и др.), в майкопской глинистой серии Ставрополя (Журавское месторождение).

4. Классификация песчано-алевролитовых коллекторов по ФЭС

Исходя из значений эффективной пористости и проницаемости по газу с учетом литологического состава пород А.А. Ханин предложил классификацию песчано-алевролитовых пород-коллекторов:

Класс	Название породы по преобладанию гранулометрической фракции	Пористость эффективная, %	Проницаемость по газу, мкм ²	Оценка коллектора по проницаемости и емкости
I	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	16,5 29	≥ 1	очень высокая
II	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	15 – 16,5 26,5 - 29	0,5 - 1	высокая
III	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	11 – 15 20,5 – 26,5	0,1 – 0,5	средняя
IV	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	5,8 – 11 12 – 20,5	0,01 – 0,1	пониженная
V	Песчаник среднезернистый Алевролит мелкозернистый	0,5 – 5,8 3,6 - 12	0,001 – 0,01	низкая
VI	Песчаник среднезернистый Песчаник мелкозернистый Алевролит крупнозернистый Алевролит мелкозернистый	0,5 2 3,3 3,6	< 0,001	коллектор не имеет промышленного значения

Классификация карбонатных коллекторов, по И.А. Конюхову

Группа, эффективная пористость	Класс	<u>Проницаемость,</u> <u>10⁻¹⁵ м²</u> эффективная пористость, %	Литологические разности
А. Классы высшей емкости. Эффективная пористость >15 %	I	<u>>1000</u> >25	Известняки биоморфные, скелетные (рифовые), крупно-кавернозные
	II	<u>1000–500</u> 25–20	Известняки биоморфные, кавернозные
	III	<u>500–300</u> 20–15	Известняки кавернозные и органогенно-обломочные
Б. Классы средней емкости. Эффективная пористость от 15 до 5 %	IV	<u>300–100</u> 15–10	Известняки крупнозернистые порово-кавернозные, крупно- оолитовые
	V	<u>100–50</u> 10–5	Известняки и доломиты средне- и мелкозернистые порово- кавернозные, мелко-оолитовые
В. Классы малой емкости. Эффективная пористость <5 %	VI	<u>50–25</u> –	Известняки оолитовые, мелко- детритовые, биоморфные, инкрустированные
	VII	<u>25–10</u> –	
	VIII	<u>10–1</u> –	

Общая классификация коллекторов нефти и газа

Типы коллектров	Классы по емкостным и фильтрационным свойствам
<u>Каверновые</u> в карбонатных и других осадочных, а также выщелоченных магматических и метаморфических породах	<u>1 класс</u> открытая пористость до 40%, проницаемость до 1000 мД и выше
<u>Гранулярные</u> хорошо отсортированные преимущественно мономинеральные с малым количеством цемента оолитовые известняки <u>Биопустотные</u> рифовые известняки, биоморфные породы	<u>2 класс</u> открытая пористость более 20%, проницаемость 100-1000мД
<u>Гранулярные</u> олигомиктового и аркозового состава; <u>Карбонатные</u> органогенно-детритусовые	<u>3 класс</u> открытая пористость 15-20%, проницаемость 10-100 мД
<u>Гранулярные</u> полимиктового состава с высоким содержанием цемента; <u>Карбонатные</u> пелитоморфные, мелкозернистые, комковатые, строматолитовые	<u>4 класс</u> открытая пористость 10-15%, проницаемость 1-10 мД
<u>Трещинные.</u> Тектоническая трещиноватость	<u>5 класс</u> трещинная пустотность 2-3%, проницаемость до 1000 мД
<u>Трещинные.</u> Литогенетическая трещиноватость	<u>6 класс</u> трещинная пустотность 5-10%, проницаемость 10-1000 мД.

5. По рентабельности промышленной эксплуатации



Коллектор эффективный — коллектор, обладающий такими емкостными и фильтрационными свойствами, которые обеспечивают рентабельность промышленной эксплуатации месторождения в конкретных геолого-технических условиях.