

Раздел 2. Основы литологии

Основные вопросы:

1. Образование обломочных пород-коллекторов:

- **Схема образования**
- **Существующие классификации**
- **Свойства обломочных пород**
- **Основные параметры, определяющие качество обломочных пород-коллекторов**

2. Образование карбонатных пород-коллекторов:

- **Факторы карбонатакопления**
- **Существующие классификации**
- **Основные параметры, определяющие качество карбонатных пород-коллекторов**

3. Общие сведения о глинистых породах-флюидоупорах

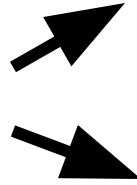
Базовая терминология

- **Коллекторы нефти и газа** – это такие породы, которые способны вмещать нефть и газ и отдавать их при разработке
- **Порода-коллектор** – горная порода, обладающая способностью вмещать жидкости и газы и пропускать их через себя при наличии перепада давления
 - **Поры** – пустоты, заключенные в промежутках между частицами, слагающими породу
- **Проницаемость породы** – способность породы пропускать через себя жидкости и газы (при наличии перепада давления)
- **Каротаж** – геофизические исследования в скважине, позволяющие регистрировать в виде кривых функции глубины то или иное свойство горных пород с целью расчленения и корреляции геологических разрезов, выявления и изучения коллекторов, их нефтегазоводонасыщенности и др.
- **Каротажная кривая** – график изменения каротажных значений по скважине

1. Как образуется осадочная порода?

Схема формирования осадочной породы

Порода



1 - образование исходного осадочного материала (1), перенос осадочного материала (2), накопление осадка (3).

2 - преобразование осадка в горную породу (уплотнение, обезвоживание, перекристаллизация и др.)

1 – образование исходного осадочного материала происходит в результате физического (обломки) и химического (коллоиды и истинные растворы) выветривания; **2 – перенос** осадочного материала осуществляется при участии рек, ветра, ледников, гравитационных процессов; **3 – накопление** осадка происходит в конечных водоемах стока (озерах, морях, океанах) путем гравитационного осаждения твердых частиц, химической кристаллизации из истинных растворов и электрохимического отложения коллоидов. *Эта стадия определяет геометрию и внутреннее строение осадочного тела.*

2 – преобразование осадка происходит в результате его захоронения и перекрытия вышележащими отложениями. В результате осадок уплотняется, обезвоживается, перекристаллизуется и цементируется, превращаясь в твердокаменную горную породу. *Эта стадия видоизменяет внутреннее строение осадочного тела и преобразует пустотное пространство.*

Образование осадочных пород

1. ВЫВЕТРИВАНИЕ

Разрушение коренных горных пород и создание исходного осадочного материала

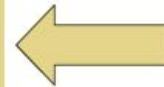


2. ТРАНСПОРТИРОВКА

Перенос осадков водой, ветром, ледниками и частичное осаждение



Осаждение исходного осадочного вещества в водной среде и образование рыхлого пористого насыщенного водой осадка

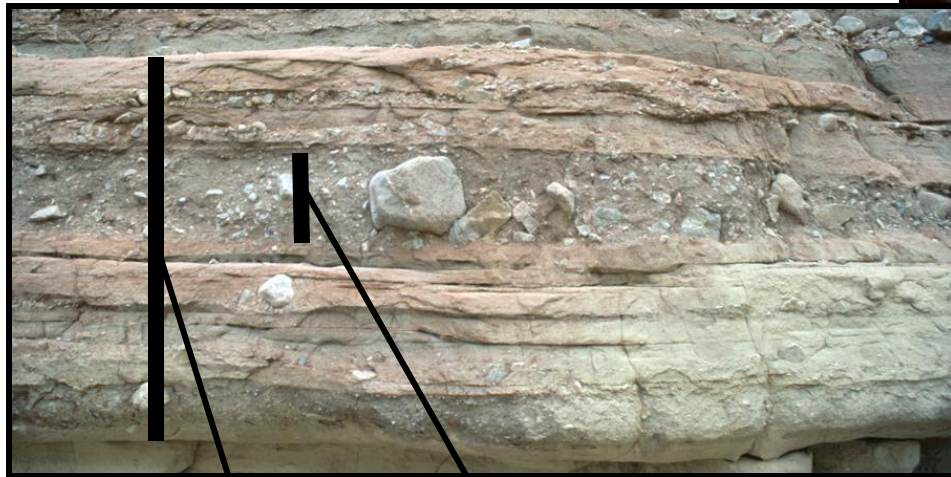


4. ПОРОДООБРАЗОВАНИЕ

Превращение сложной неуравновешенной многокомпонентной системы в осадочную горную породу

3. АККУМУЛЯЦИЯ

В результате отложения образуются слои/пласты горных пород



слой

слоистость



Минерал – это природный неорганический элемент, имеющий упорядоченную внутреннюю структуру и характерный химический состав, определенную форму кристалла и физические свойства

Горные породы – это геологические тела, состоящие из минеральных зерен и их обломков:

- ✓ Мономинеральная порода
- ✓ Полиминеральная порода

Атомы

Молекулы

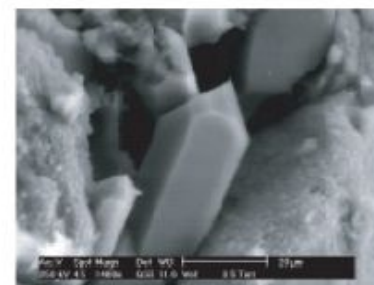
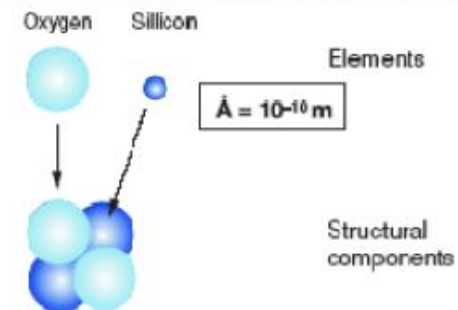
Кристаллы

Минералы

Структурные композиции

Горные породы

Пласты



Mineral



Textural component



Rock



Outcrop 3

Типы осадочных пород

- *Типовыми осадочными породами нефтегазовых регионов являются:*
- *1) обломочные породы (песчаники, алевролиты);*
- *2) карбонатные породы (известняки и доломиты);*
- *3) глинистые породы (глины, аргиллиты).*
- *Все они образуются за счет **физического** (обломочные) и **химического** (карбонатные и глинистые) выветривания других исходных пород: **магматических, метаморфических и ранее отложенных осадочных пород***

Типы осадочных пород

Относительная распространенность

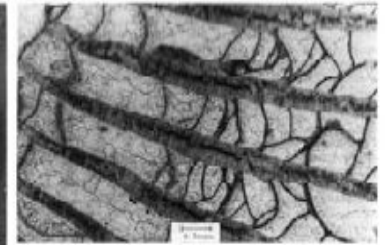
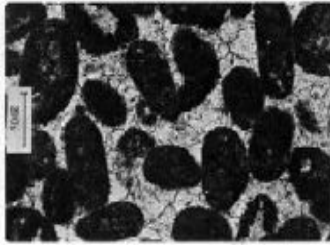


Осадочные горные породы

1. Терригенные (обломочные)



2. Органогенные

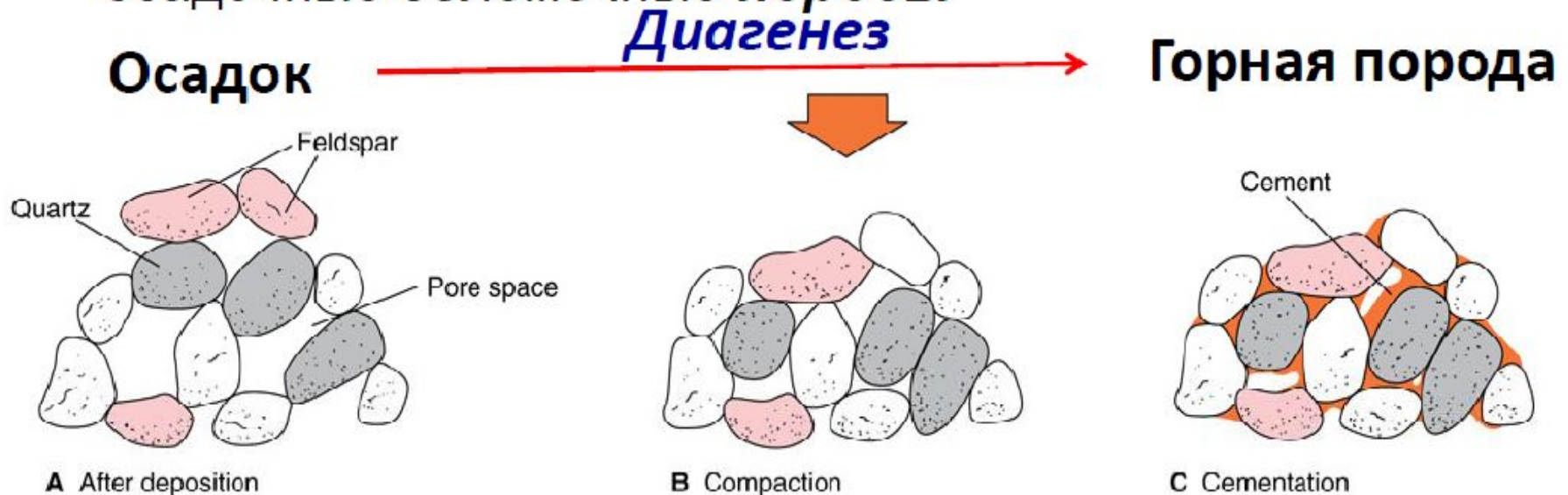


3. Хемогенные



1. Обломочные породы и механизм их образования

- **Обломочные осадки** образуются в процессе накопления продуктов разрушения и денудации исходных материнских пород и состоят большей частью из устойчивых к процессам выветривания (разрушения) минералов и горных пород
- При литификации обломочные осадки превращаются в осадочные обломочные **породы**



**Как классифицируются
обломочные породы?**

Классификация обломочных пород

- В основе размер обломков и степень их окатанности;
- Обломки пород: **различного генезиса** (магматические, метаморфические, осадочные); **различного минерального состава**: мономиктовые (> 95 %), олигомиктовые (75 – 95 %), полимиктовые (< 75 %);
- **Форма обломков** пород и минералов (изометричная, многоугольная, листоватая, плитчатая, уплощенная, игольчатая и т.п.);

Обломочные породы классифицируются по: 1) размеру обломков; 2) минеральному составу; 3) форме обломков и их окатанности; 4) физическому состоянию (рыхлые и сцементированные)

Размер зерна и Гранулометрия

Главный описательный компонент всех осадочных пород.

Осадки, накапливаемые естественным путем показывают нормальное логарифмическое распределение размера зерна, поэтому размер зерна подразделяется в логарифмическом масштабе.

*Размер зерен измеряется в ϕ единицах $\phi = -\log_2(d)$
где d = размер зерна в мм*

Обычно размер зерна оценивается визуально. Однако, если требуются точные размеры зерен, они могут быть получены:

Из ситового анализа осадка

Из анализа шлифов

Путем отмучивания осадка в воде

Классификация по размеру обломков Аддена-Вентворта

Размер обломка может быть выражен в мм или 'phi' единицей.

mm	phi	Name	
256	-8	Глыбы	Гравелит, конгломерат, брекчия
128	-7		
64	-6	Валуны	
32	-5		
16	-4		
8	-3	Галька	
4	-2	Гравий	
2	-1	Весьма грубозернистый песок	Песок, песчаник
1	0	Грубозернистый песок	
0.5	1	Среднезернистый песок	
0.25	2	Тонкозернистый песок	
0.125	3	Весьма тонкозернистый песок	
0.063	4	Грубозернистый алеврит	Алеврит, алевролит
0.031	5	Среднезернистый алеврит	
0.0156	6	Тонкозернистый алеврит	
0.0078	7	Весьма тонкозернистый алеврит	
0.0039	8		
		Глина	

Сравнение зарубежной и российской классификаций

Классификация Аддена-Уэнтуорта		размер зерен, мм	Российская классификация зерен (и обломочных пород)			
Ф			окатанные		неокатанные	
-8	валуны (boulders)	256	валуны (валунный конгломерат)		глыбы (глыбовая брекчия)	
-7	крупная галька (cobbles)	200	галька (конгломерат)	крупная	щебень (брекчия)	крупный
-6		64		средняя		средний
-5		50		мелкая		мелкий
-4	галька (pebbles)	10	гравий (гравелит)	крупный	дресва (дресвяник)	крупная
-3		4		мелкий		мелкая
-2	гравий (granules)	2				
-1	песок (sand)	1	песок (песчаник)	грубозернистый		
0		0,5		крупнозернистый		
1		0,25		среднезернистый		
2		0,125		мелкозернистый		
3		0,1		тонкозернистый		
4	алевроит (silt)	0,062	алевроит (алевоалит)	крупнозернистый		
5		0,031		крупнозернистый		
6		0,016		крупнозернистый		
7		0,008		мелкозернистый		
8	глина (clay)	0,004 0,001	глина (аргиллит)			

Группы обломочных пород	Размеры обломков, мм	Рыхлые породы		Сцементированные породы	
		Окатанные обломки	Угловатые обломки	Окатанные обломки	Угловатые обломки
Грубообломочные	>1000	Глыбы	Глыбы	Конгломераты 	Брекчии 
	1000-100	Валунник	Валунник		
	100-10	Галечник	Щебень		
	10 – 2	Гравий	Дресва		
Песчаные	2 – 0,05	Пески		Песчаники	
Алевритовые	0,05 – 0,01	Алевриты		Алевролиты	
Пелитовые	< 0,01	Глины		Аргиллиты	

Грубообломочные



Конгломераты

Брекчии ²³

Классификация обломочных пород-коллекторов

Песчаные: 0,05 – 2 мм (грубозернистые 1-2 мм; крупнозернистые 0,5-1 мм; среднезернистые 0,25-0,5 мм; мелкозернистые 0,1-0,25 мм); тонкозернистые 0,1-0,05 мм. **Породы-коллекторы:** 1) песчаник крупнозернистый; 2) песчаник среднезернистый; 3) песчаник мелкозернистый...

Алевритовые: 0,05-0,001 мм (крупнозернистые: 0,05-0,01 мм; среднезернистые: 0,025-0,05 мм; мелкозернистые: 0,001-0,025 мм). **Породы-коллекторы:** 1) алевролит крупнозернистый; 2) алевролит среднезернистый; 3) алевролит мелкозернистый

Разнозернистые песчаники



Мелкозернистый

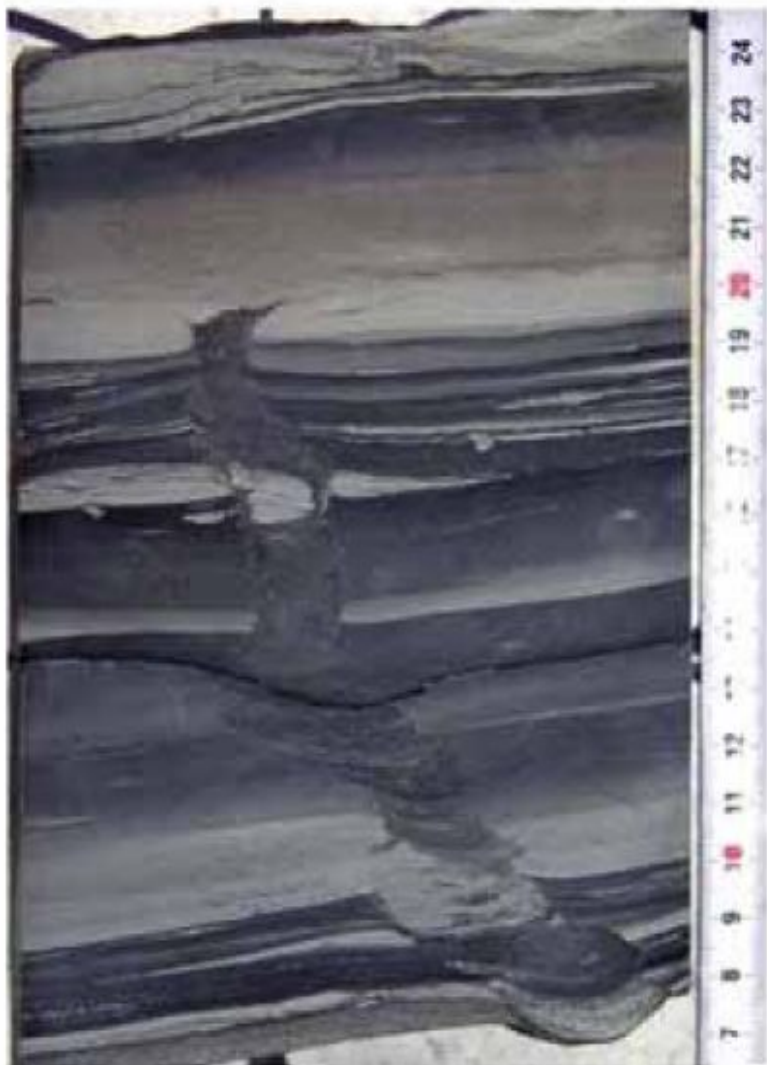


Среднезернистый



Крупнозернистый

Пример переслаивания песчаного, алевритового и глинистого материала в керне



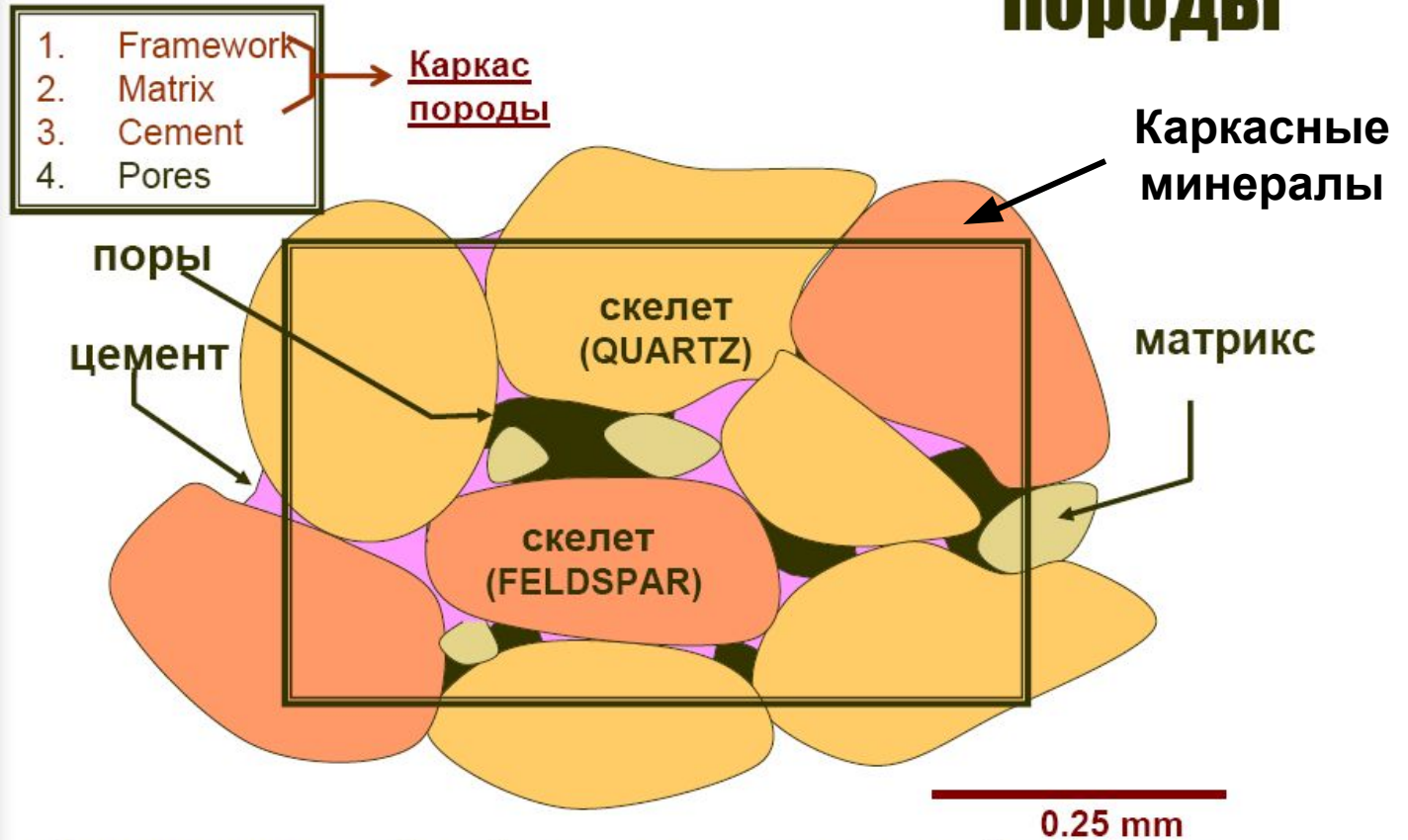
Песчаник с косо́й слоистостью в керне



Разрез песчаного коллектора в керне



Строение терригенной осадочной породы



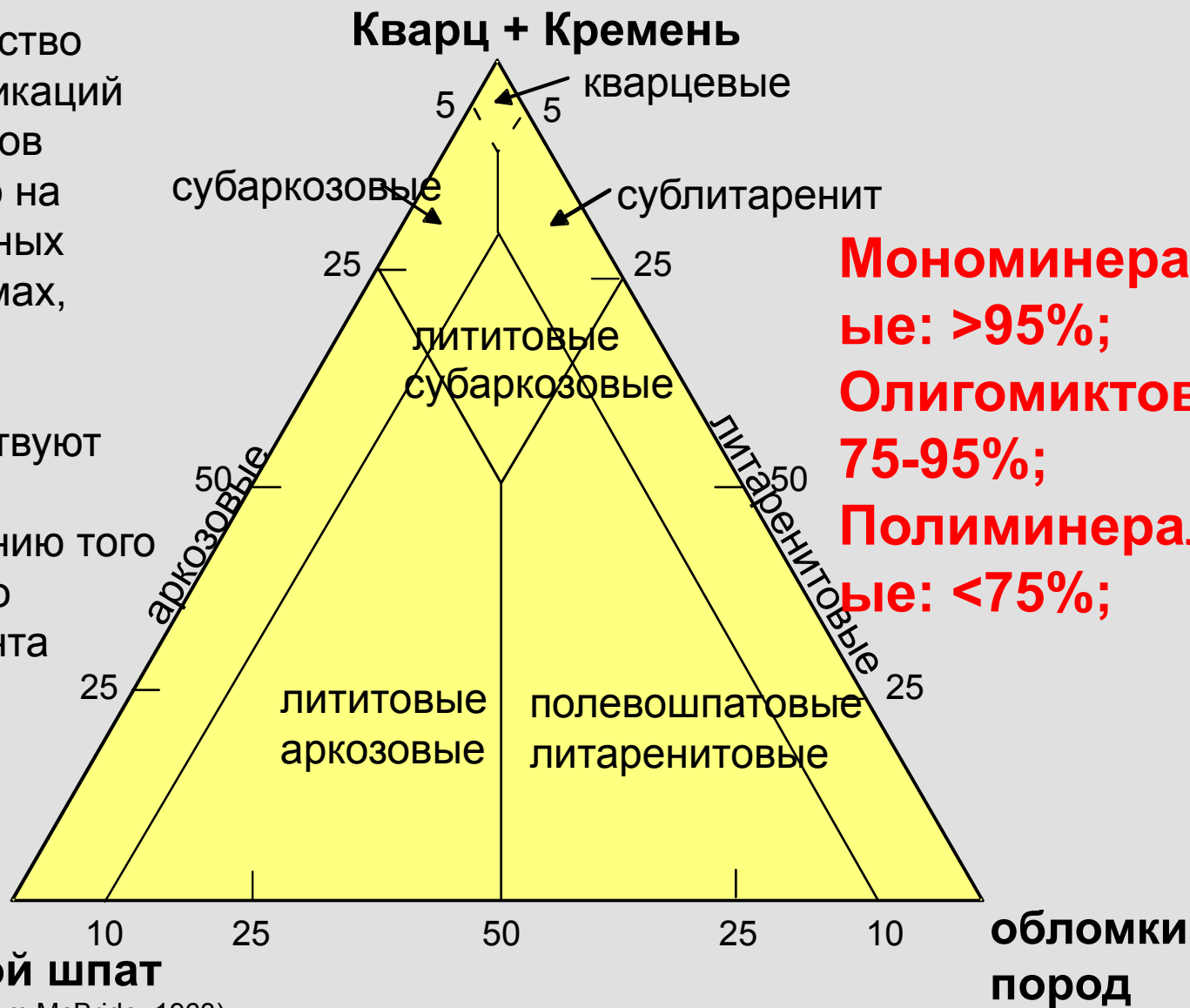
Структура – общий термин, используемый при описании размера, формы и расположения зерна, матрицы и цемента в осадочной породе.

Четыре основных компонента песчаника

- **Каркас** обломочные зерна песчаного (алевритового) размера (кварц, полевой шпат)
- **Матрикс (заполнитель)**
обломочный материал глинистого размера
- **Цемент**
Образовался после осаждения обломков в период захоронения осадка. Цемент заполняет поры и замещает зерна каркаса.
- **Поры**
в промежутках между вышеуказанными компонентами

Классификация песчаников по составу

Большинство классификаций песчаников основано на треугольных диаграммах, вершины которых соответствуют 100% содержанию того или иного компонента



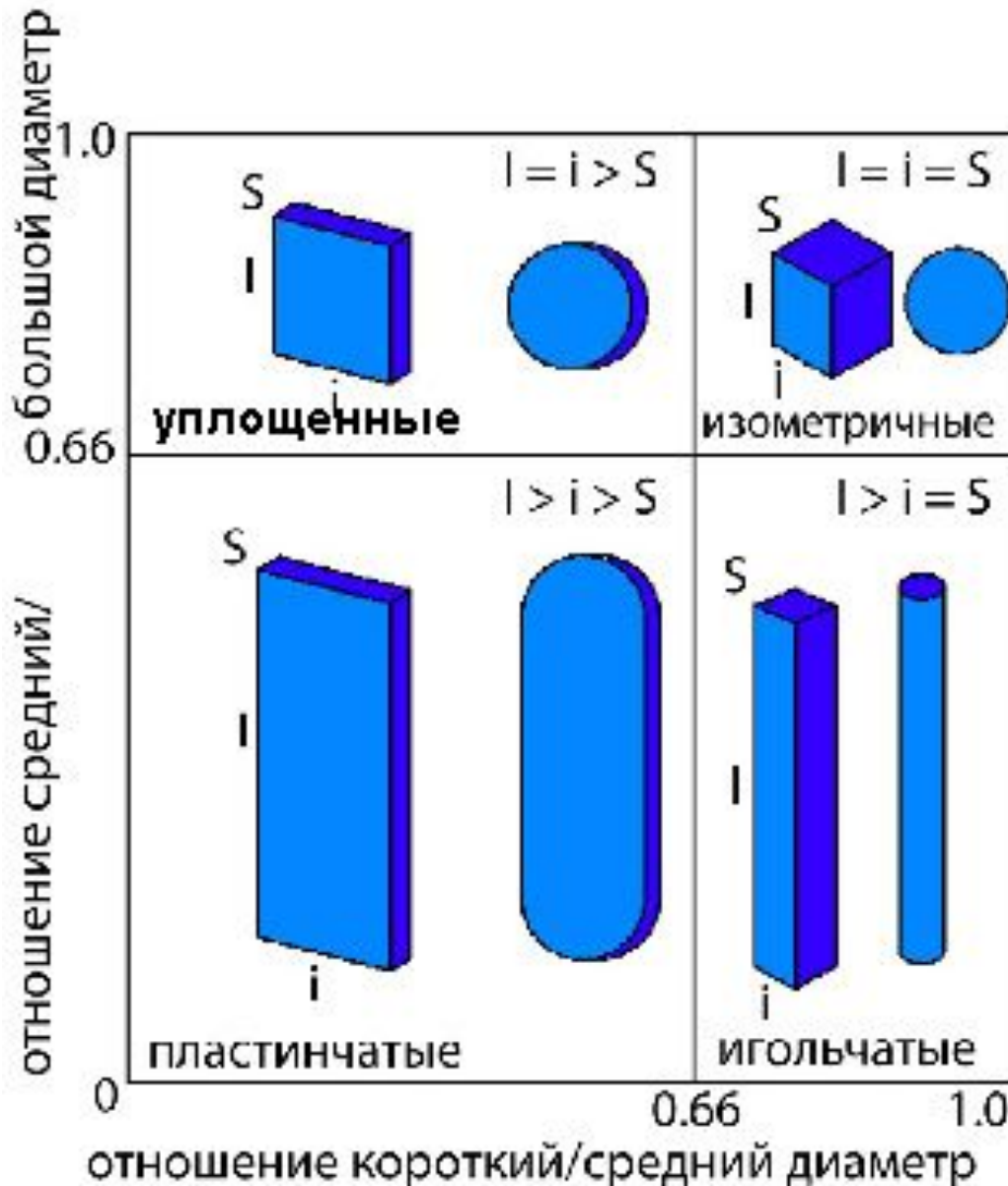
Мономинеральные: >95%;
Олигомиктовые: 75-95%;
Полиминеральные: <75%;

(modified from McBride, 1963)

Дополнительные структурные свойства обломочных пород:

- 1. Форма зерен**
- 2. Окатанность и сферичность**
- 3. Отсортированность**

1. Форма зерен

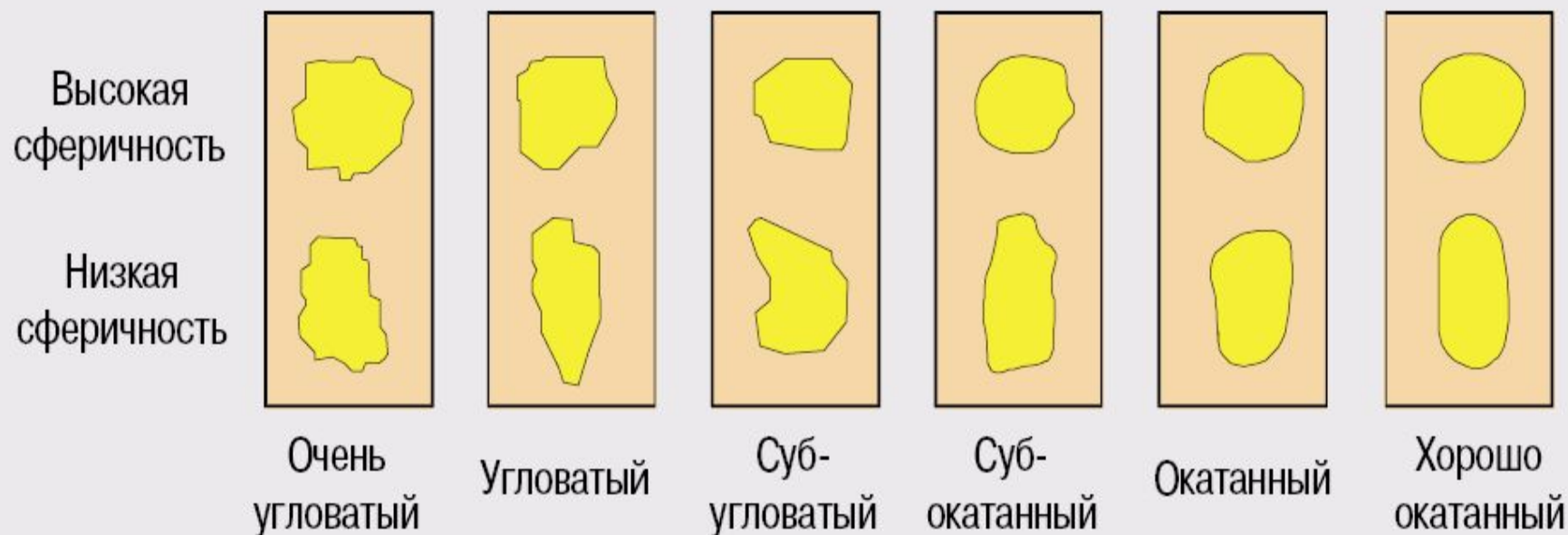


Первичная форма минералов может влиять на форму обломочных зерен

Изометричные (округлые, сферические)
Упленно-цилиндрические (дисковидные)
Уплощенные (пластинчатые)
Цилиндрические (игольчатые)

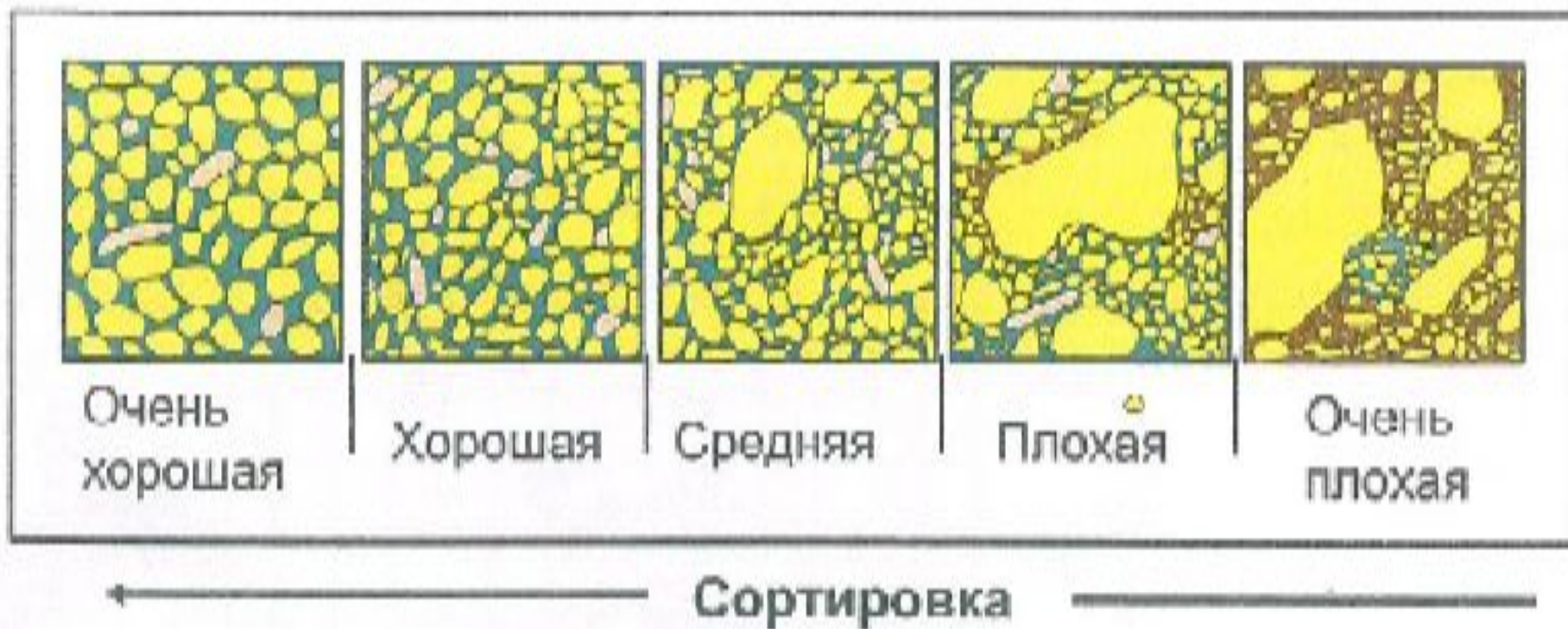
2. Окатанность и сферичность зерен

Эталоны для визуального определения степени окатанности по Пауэрсу



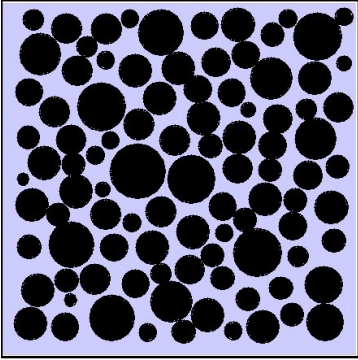
Обратите внимание, что **окатанность** (степень, с которой углы зерен были сглажены) независима от сферичности.

3. Отсортированность зерен

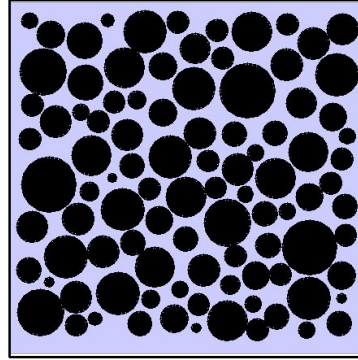


В плохо отсортированных осадках мелкие зерна могут располагаться между крупными зернами.

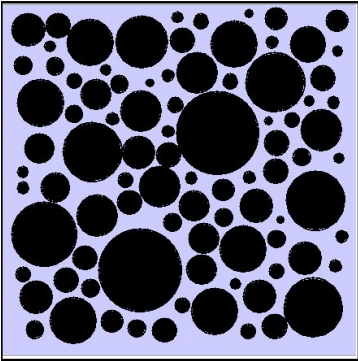
$S_o = Q_3/Q_1$; 1- идеально отсортированы, 1-2,5 – хорошо, 2,5-4,5 – средне, больше 4,5 – плохо отсортированы



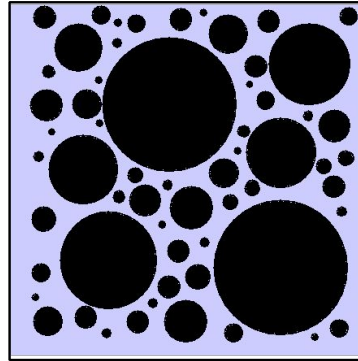
'Standard deviation' = 0.35



'Standard deviation' = 0.5



'Standard deviation' = 1.0



'Standard deviation' = 2.0

Оценка степени отсортированности через стандартное отклонение

Характер сортировки

- Very well sorted
- Well sorted
- Moderately well sorted
- Moderately sorted
- Poorly sorted
- Very poorly sorted

Стандартное отклонение

- < 0.35
- = 0.35–0.5
- = 0.5–0.71
- = 0.71–1.0
- = 1.0–2.0
- > 2.0

**Какие параметры, определяют
качество обломочных пород-
коллекторов?**

Параметры, определяющие качество обломочных пород-коллекторов

- Седиментационные параметры
- 1. *Размер обломочных зерен*
 - 2. *Форма зерен и их окатанность*
 - 3. *Отсортированность зерен*
 - 4. *Вторичные преобразования*

Седиментационные параметры+вторичные преобразования=качество коллектора

1. Влияние размерности зерна на пористость

1. Теоретически пористость не зависит от размера зерна (скопления зерен с одинаковой сортировкой и упаковкой будут иметь одинаковую пористость – независимо от размера частиц) – **идеальная ситуация !**
2. В природе наблюдается обратная тенденция – **пористость** увеличивается с уменьшением размера зерна (влияют форма и сортировка зерен), **проницаемость** возрастает с увеличением размера зерна (в большей степени зависит от упаковки зерен)

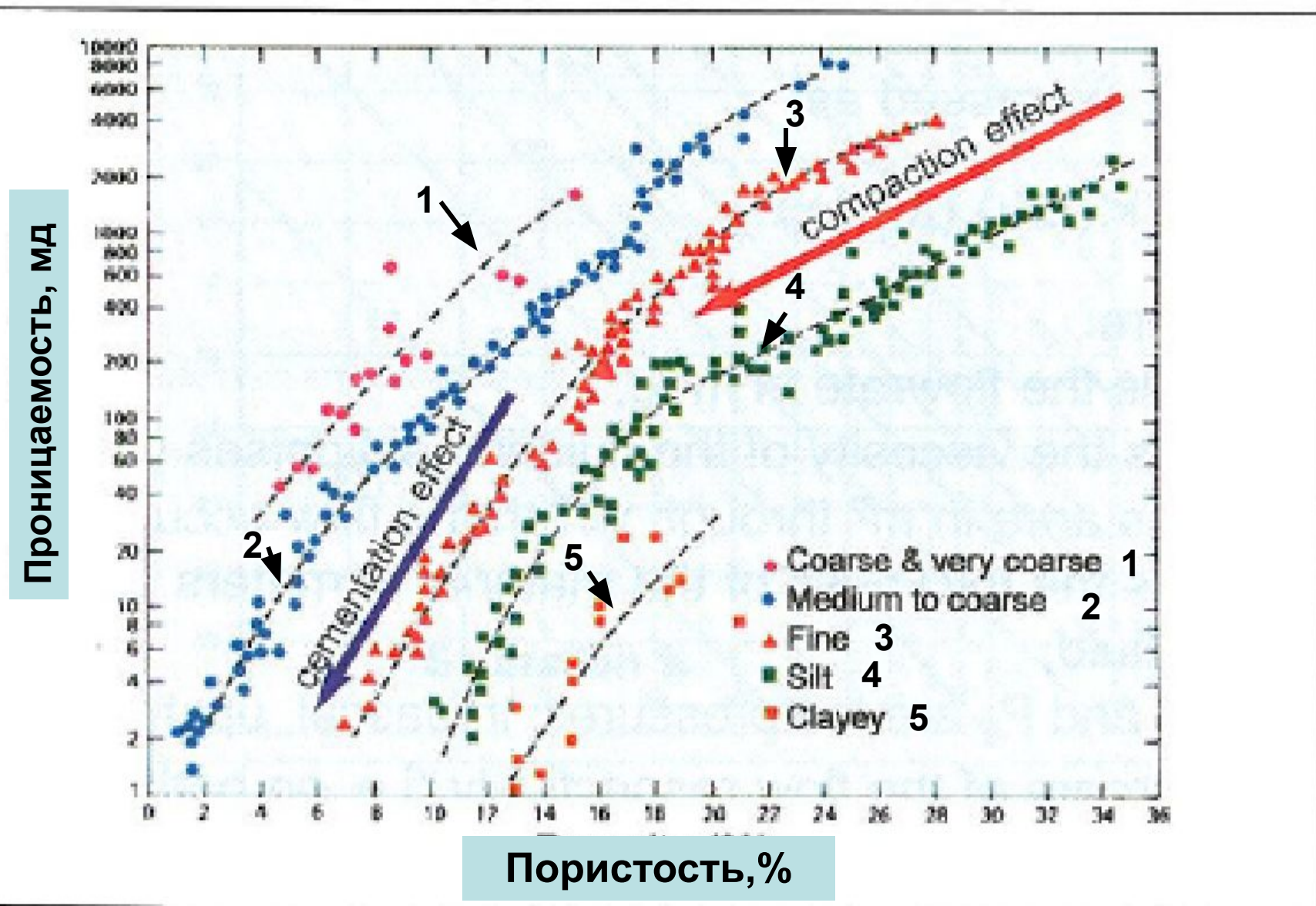
Примеры :

Глины могут иметь пористость 50-85 %

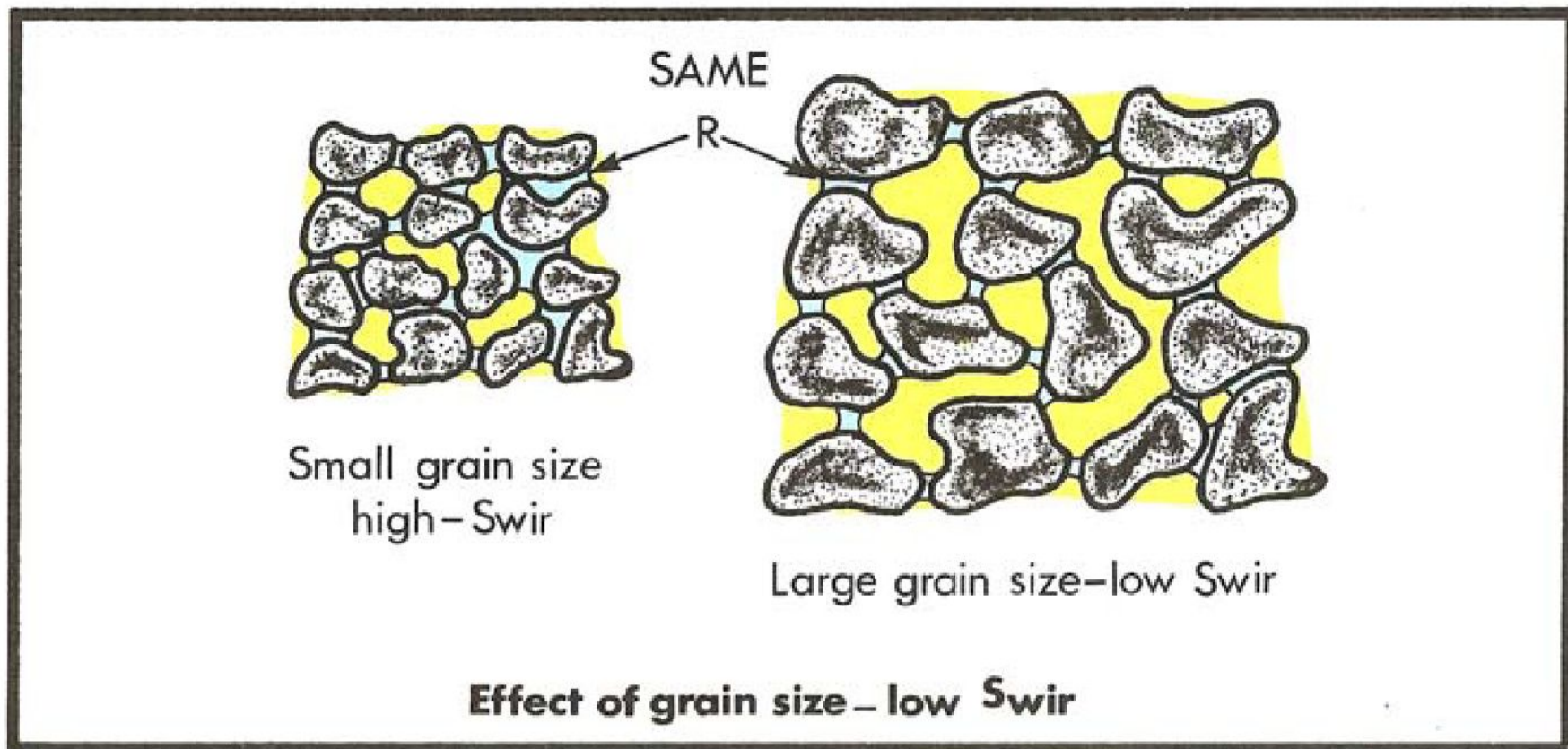
Мелкозернистый песок может иметь пористость 48 %

Крупнозернистый песок редко более 40 %

Зависимость пористости/проницаемости от размеров обломков



Размеры зерен и количество остаточной воды



Чем мельче зерна, тем больше количество остаточной воды в терригенном коллекторе

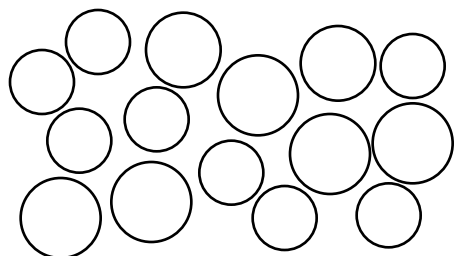
2. Форма зерен и их окатанность

Влияние формы и округлости на пористость

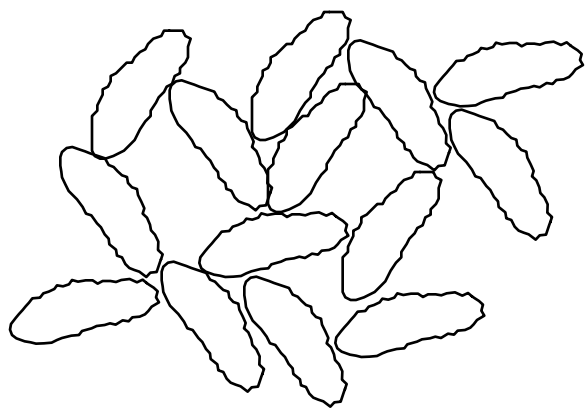


Влияние почти не исследовано, но осадки, состоящие из изометричных зерен, обладают более низкой пористостью, чем осадки, состоящие из менее изометричных зерен – *более изометричные зерна образуют более плотные упаковки.*

-
- *Чем меньше равномерность формы зерна, тем больше пористость*

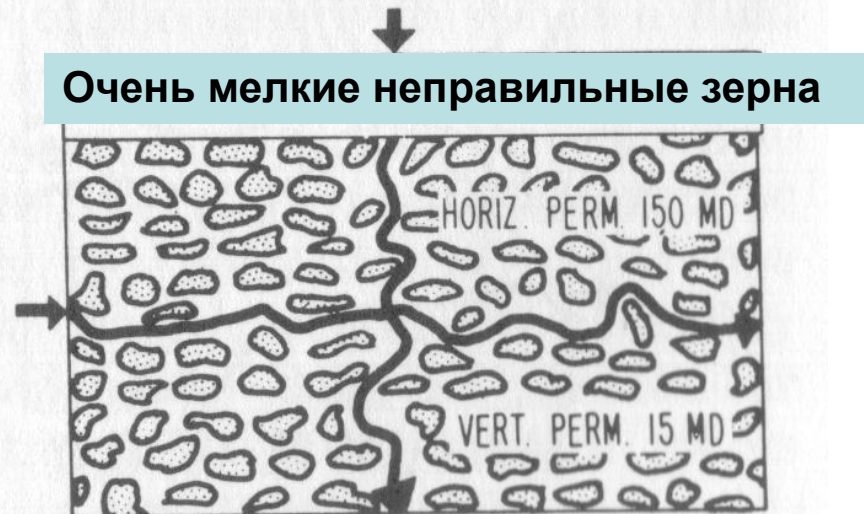


Минимальная пористость



Максимальная пористость

Пример зависимости проницаемости от размера и формы зерен



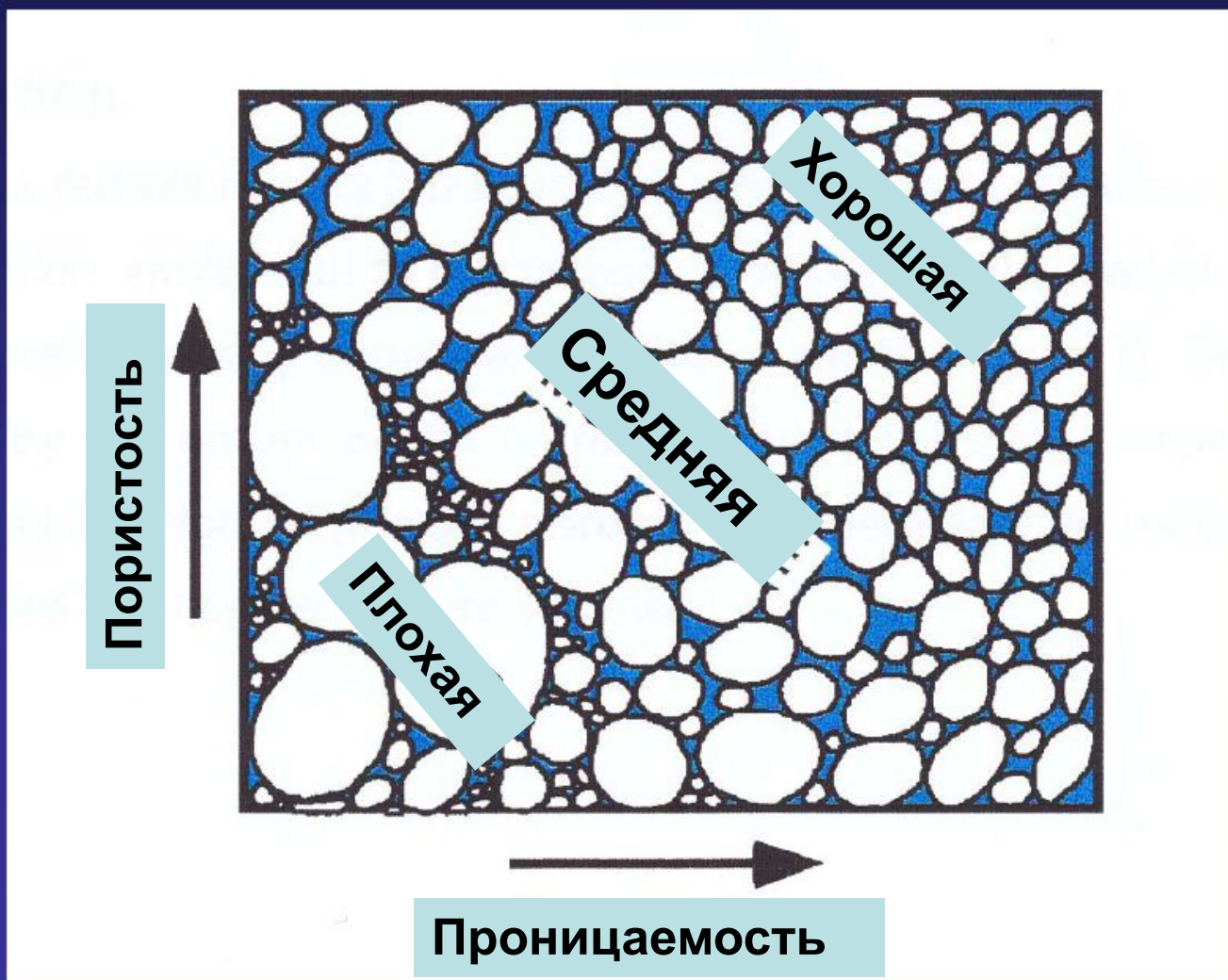
3. ВЛИЯНИЕ СОРТИРОВКИ НА ПОРИСТОСТЬ

**Увеличение сортировки ведет к
увеличению пористости и
проницаемости**

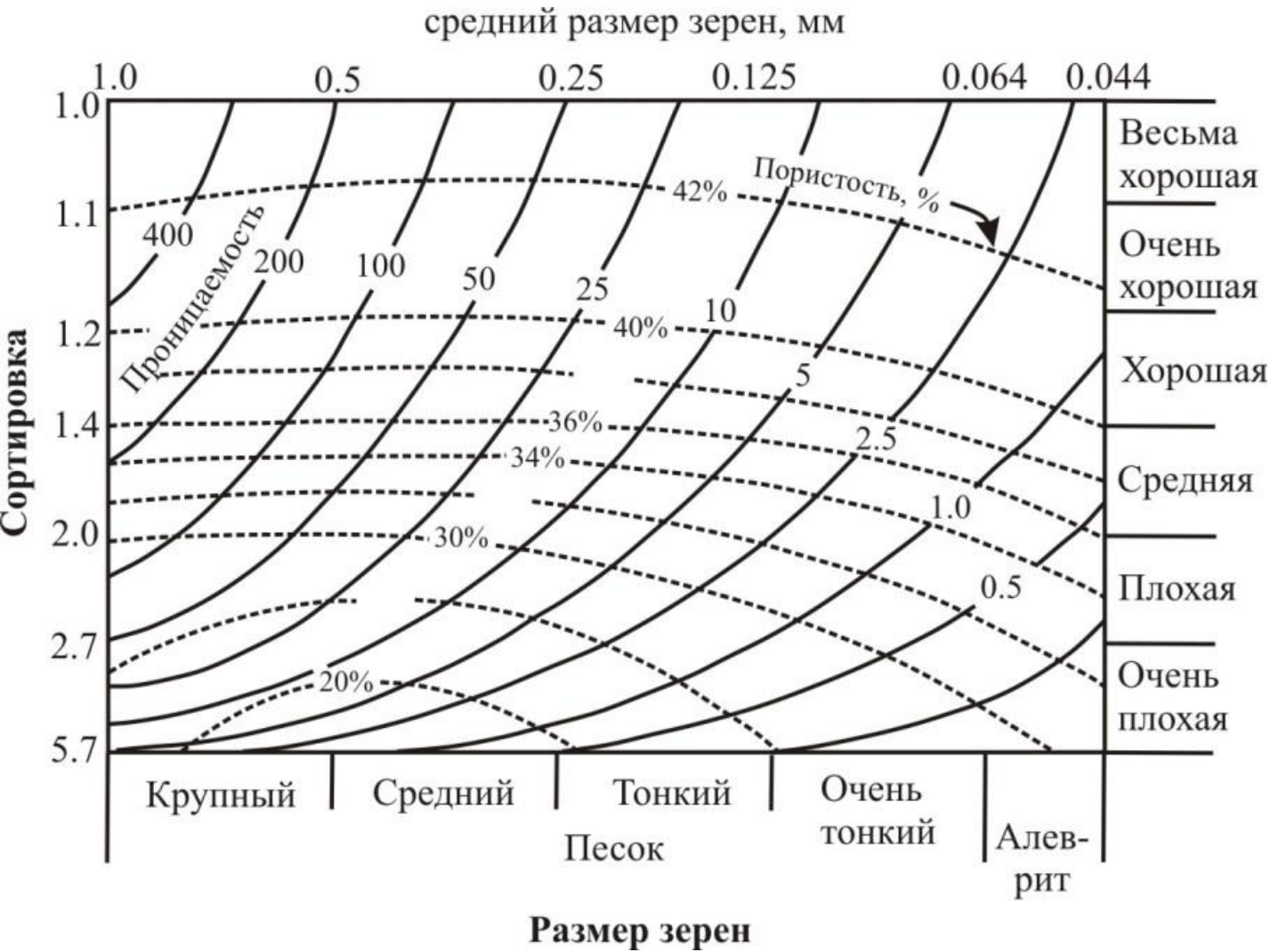


- ❖ Хорошо отсортированные песчаники содержат большее количество обломочных зерен и мало цемента*
- ❖ В плохо отсортированных песчаниках мелкие зерна основной массы закупоривают поры и каналы между крупными зернами, что ведет к уменьшению пористости и проницаемости*

Связь пористости и проницаемости осадка с его отсортированностью



Пористость и проницаемость как функция сортировки и размера зерен



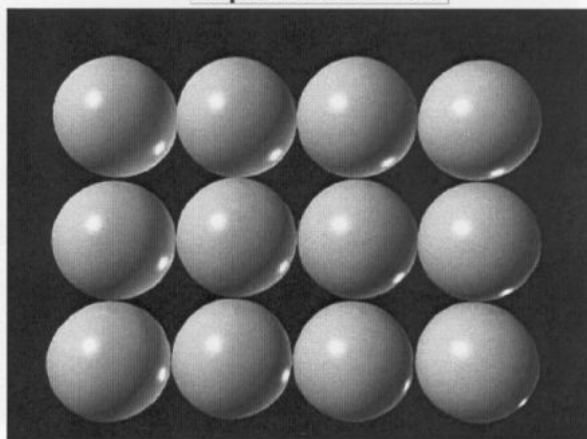
Проницаемость увеличивается с улучшением сортировки.

Обратите внимание, что наивысшие пористость и проницаемость, показанные на данной схеме будут значительно уменьшаться под действием диагенеза при захоронении осадка

Геометрические модели пористости при разной упаковке частиц

Кубическая упаковка сфер

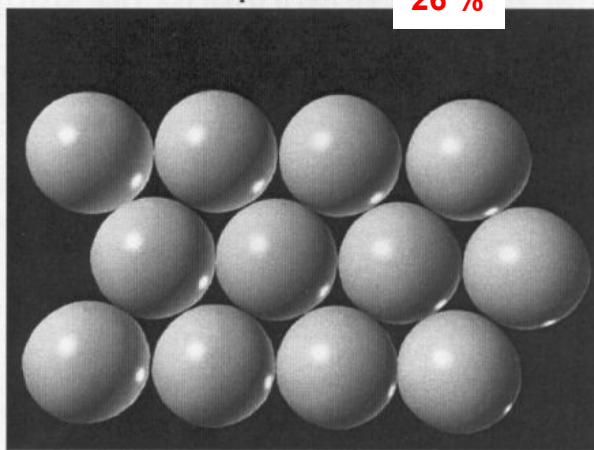
Пористость = 48%



48%

Ромбическая упаковка сфер

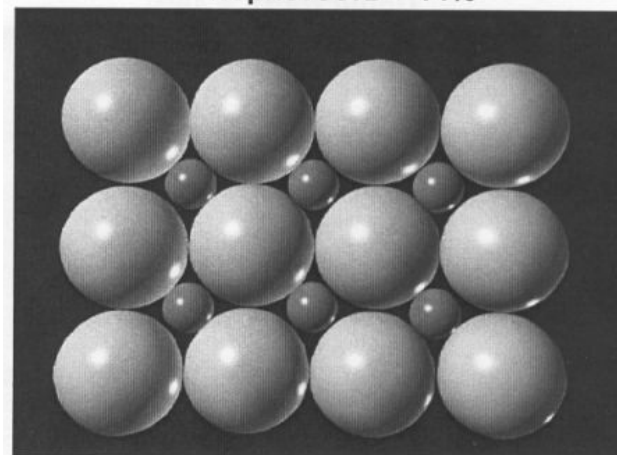
Пористость = 26%



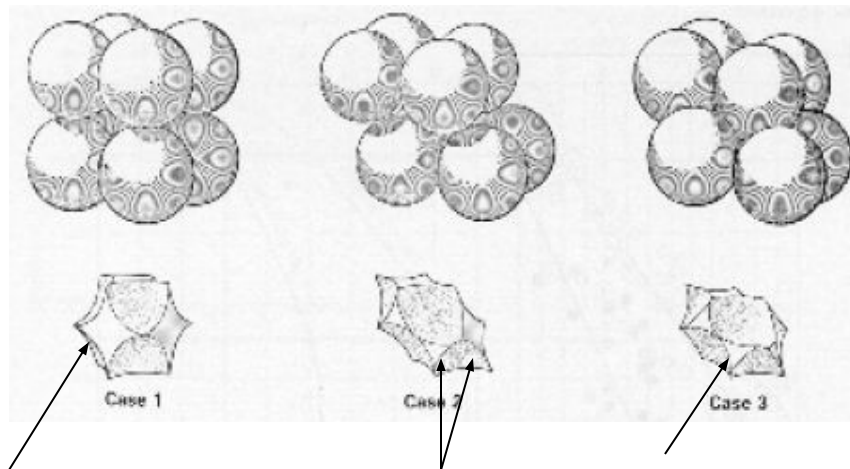
26%

Упаковка сфер двух размеров

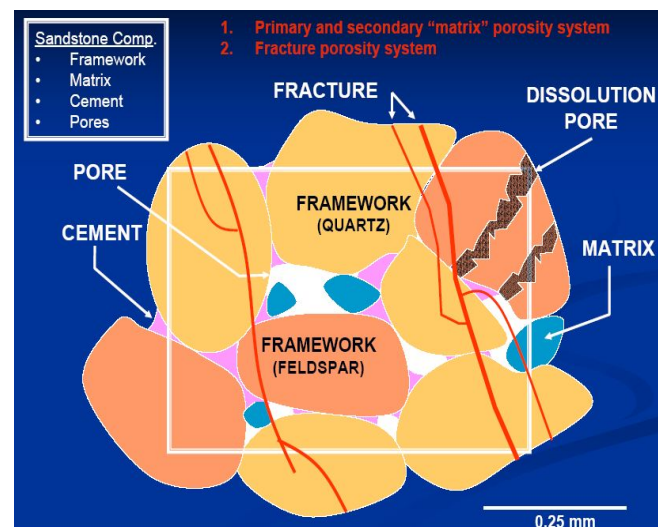
Пористость = 14%



14%



Пустоты



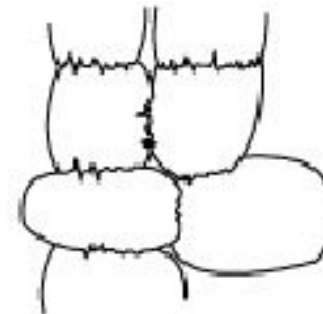
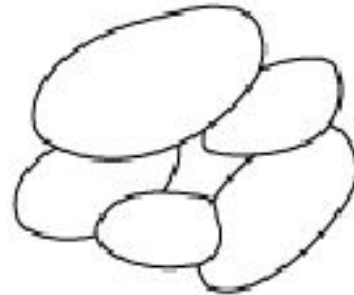
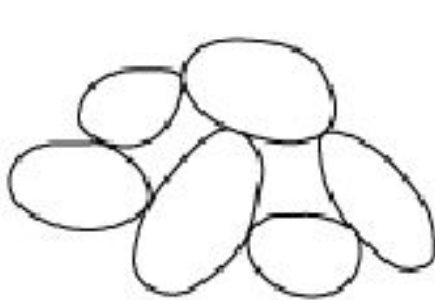
Упаковка, ориентировка и контакты осадочных зерен

Формы контактов зерен :

- *Точечные контакты*
- *Прямолинейные контакты*
- *Выпукло-вогнутые контакты*
- *Сутуровидные контакты*



**Увеличение
глубины
захоронения**



Пористость в природном песчанике

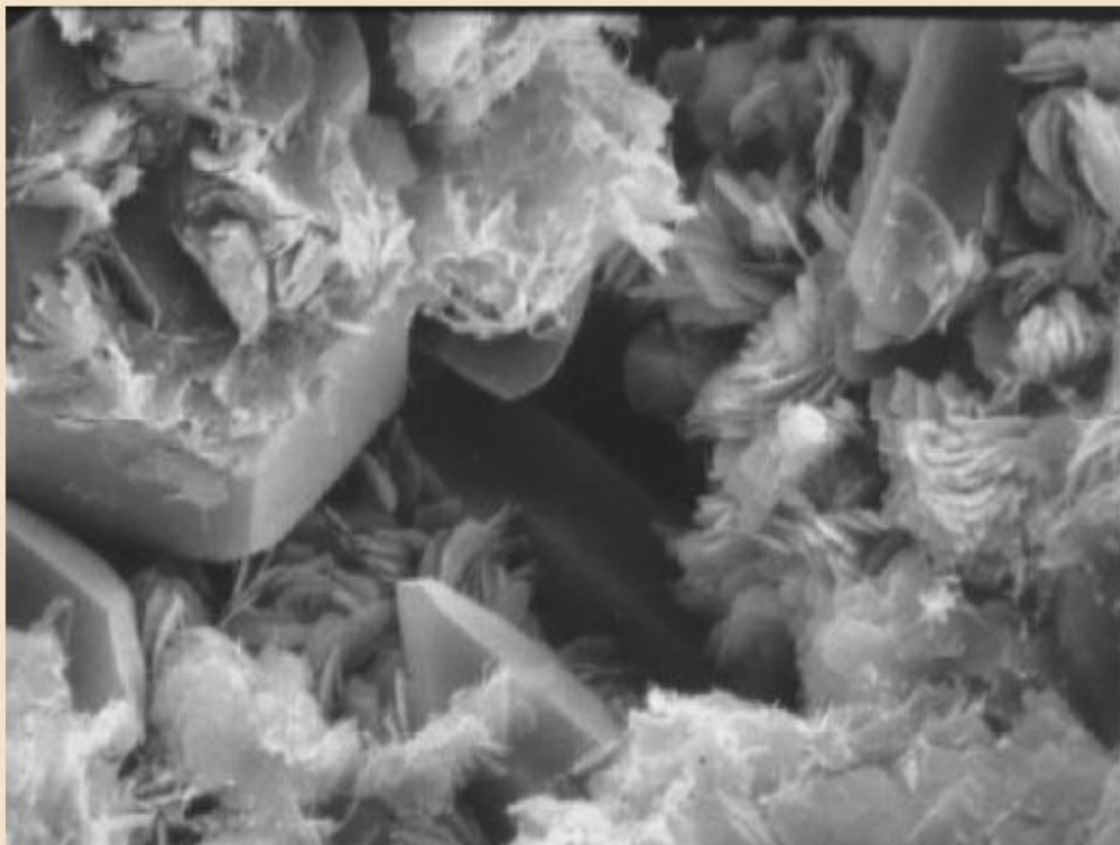


Пористость в песчанике обычно ниже, чем пористость идеально упакованных сфер, вследствие:

- Различного размера зерен
- Различной формы зерен
- Цементации
- Механического и химического уплотнения

Сканирующая электронная микрофотография
Песчаник Norphlet, побережье Алабамы, США

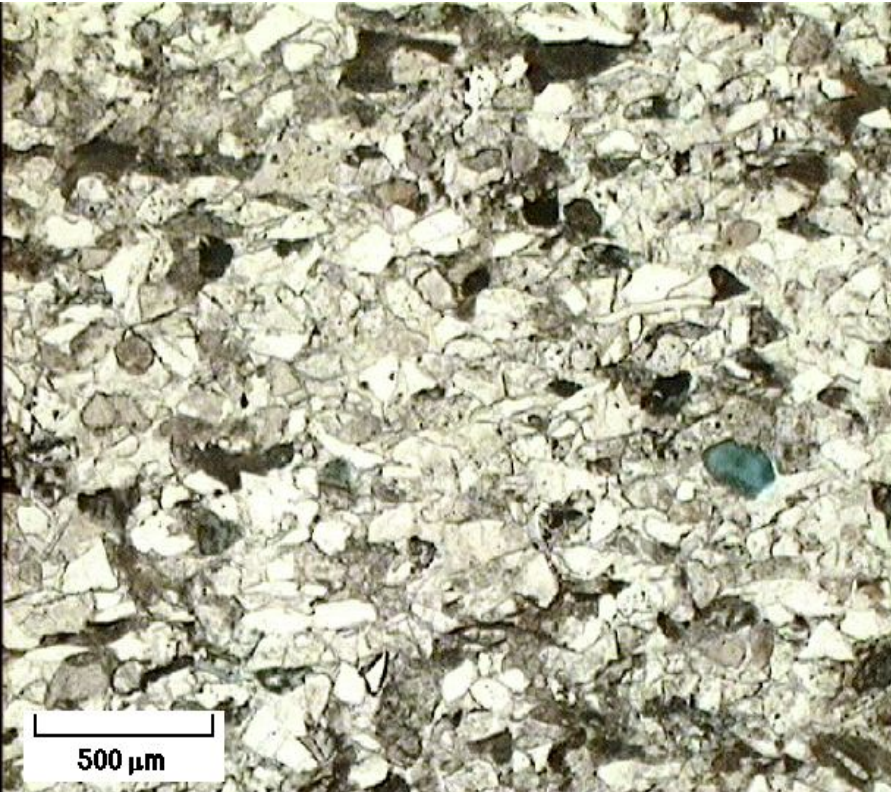
Пористость в песчанике



Устья пор в песчанике могут быть окружены различными минералами цемента, что влияет на петрофизические свойства

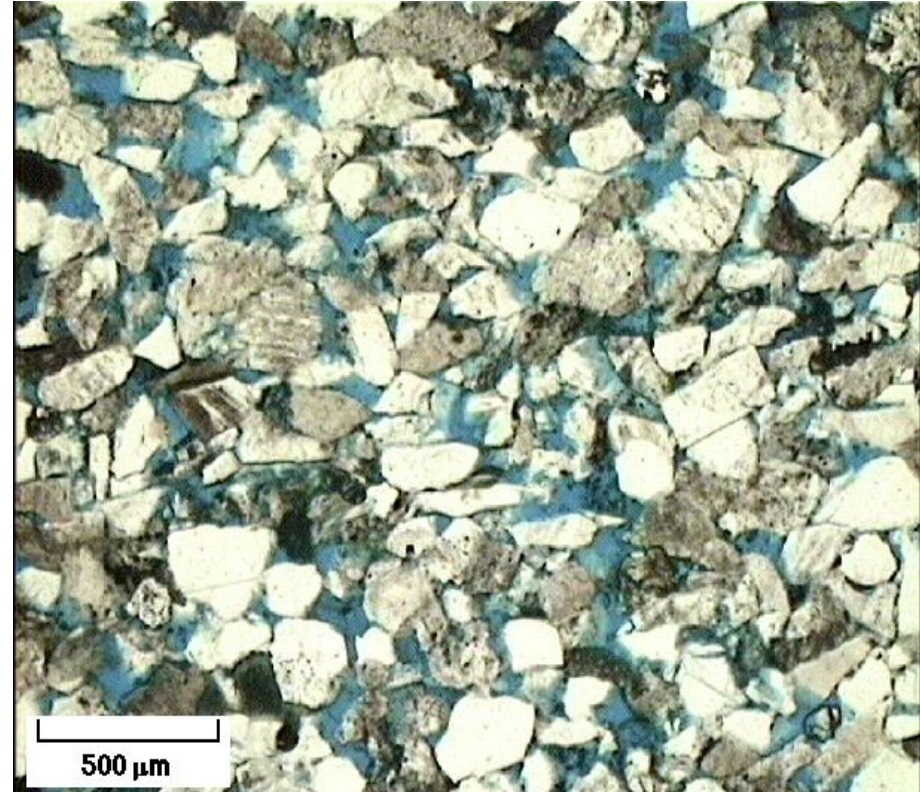
Чем больше цемента в породе, тем более извилисты поровые каналы и мельче поры, менее надежна связь между ними и ниже проницаемость.

Сцементированная и несцементированная порода



• Карбонатный цемент

- Пористость = 4.7%
- Проницаемость = 0.05 мД



• Несцементированный

- Пористость = 19.6%
- Проницаемость = 62 мД

4. Вторичные преобразования

1) Механические процессы:

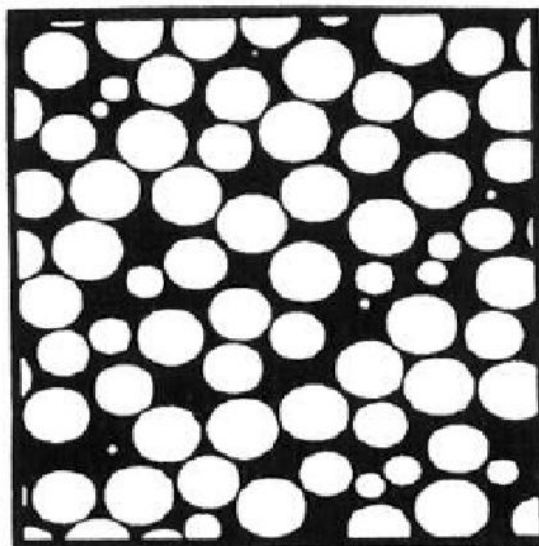
- уплотнение,
- пластические деформации,
- хрупкое разрушение,
- развитие трещин и пр.

2) Геохимические процессы:

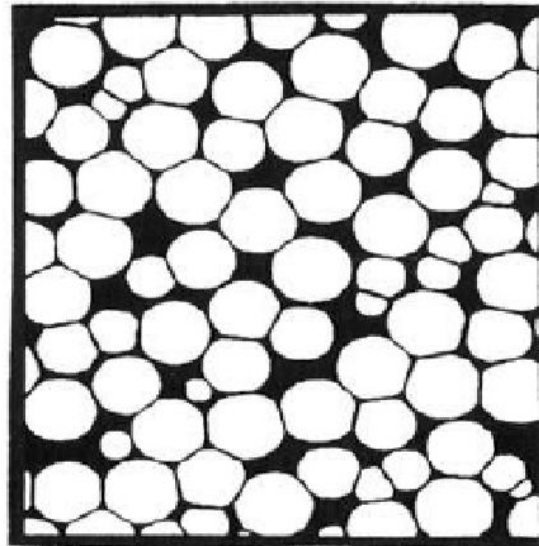
- растворение,
- осаждение вторичных минералов (в порах),
- изменение объёма, связанное с минералогическими преобразованиями

Уплотнение

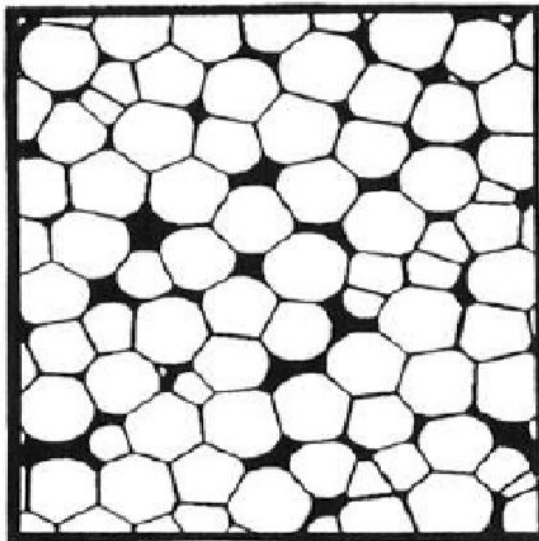
(a)



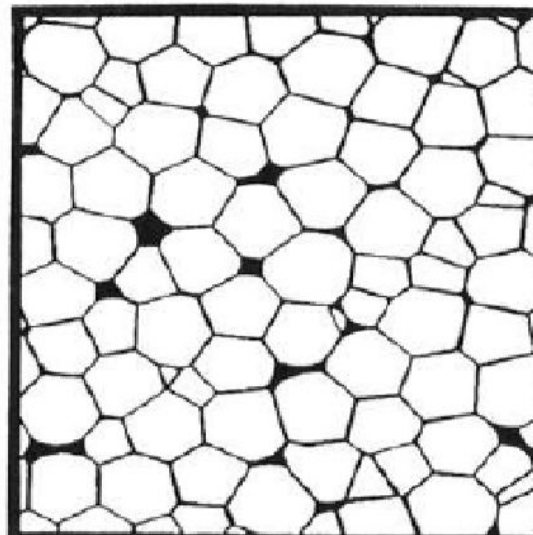
(b)



(c)

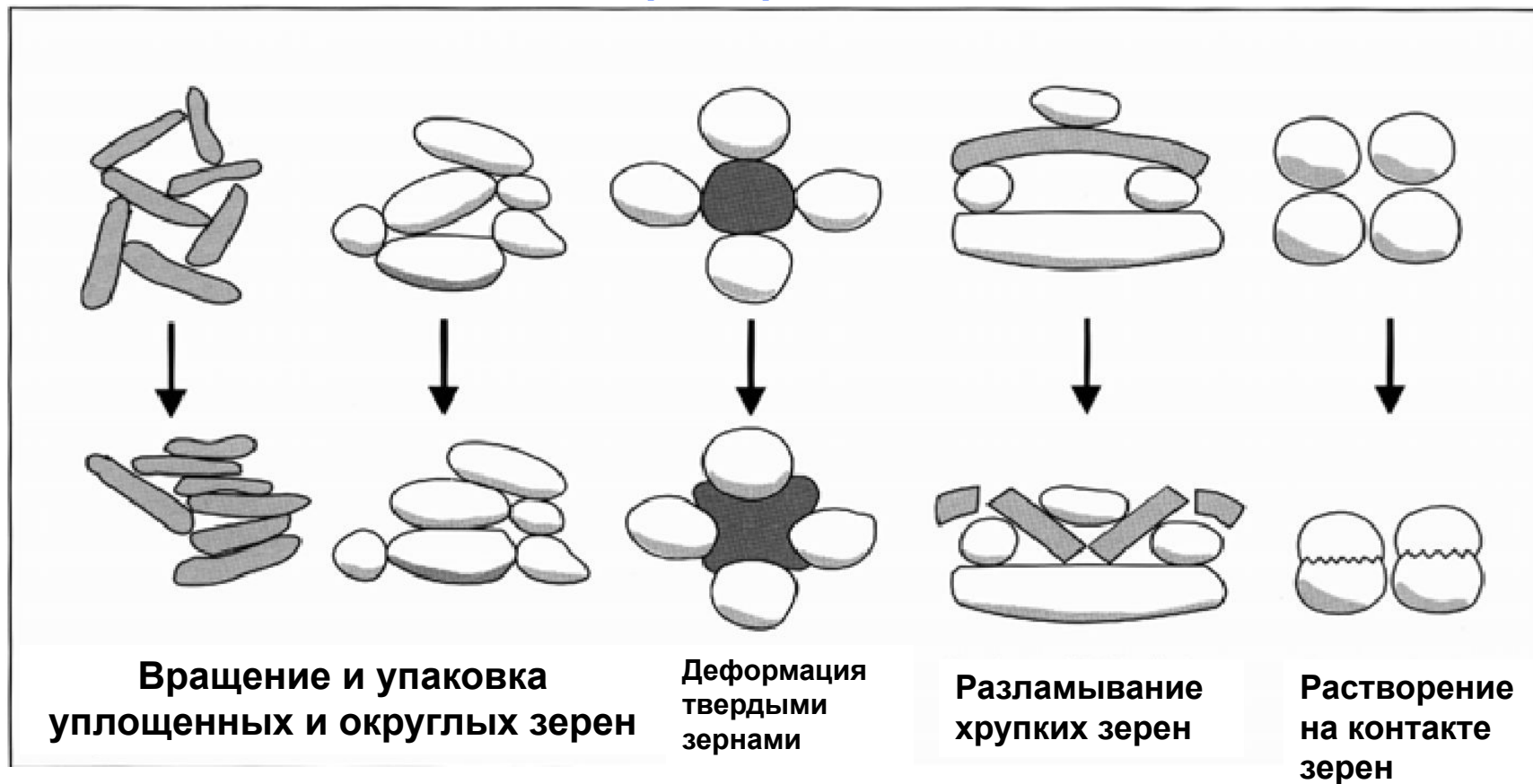


(d)

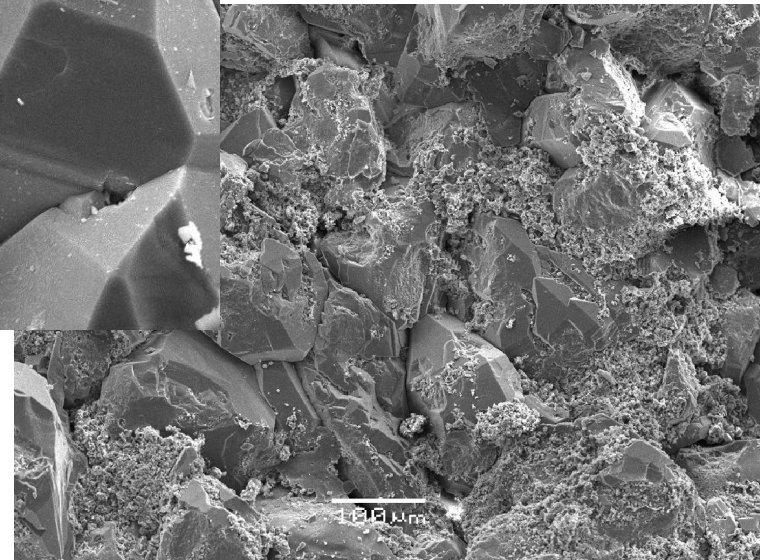
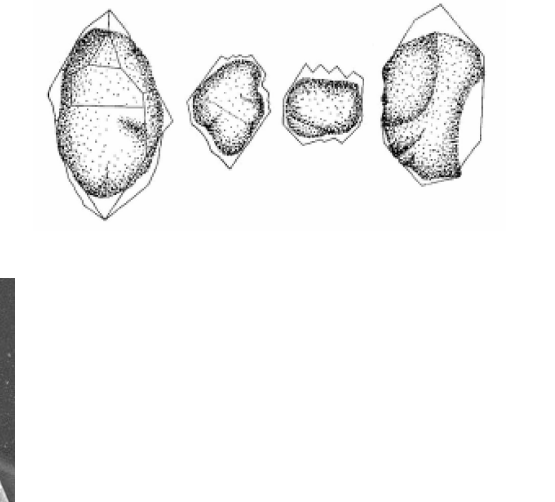
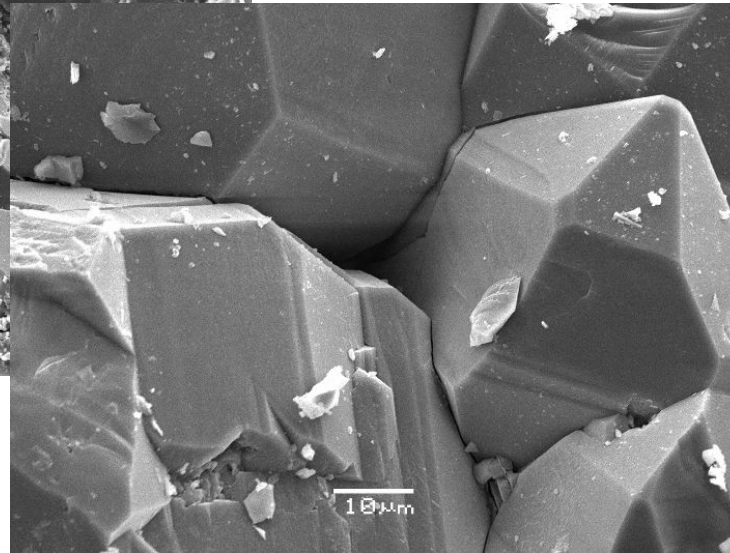
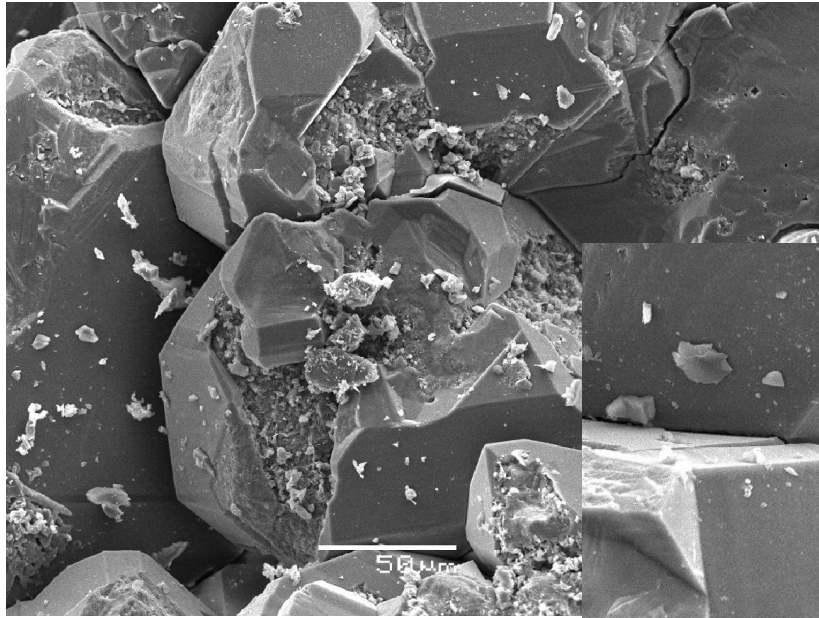


Изменение структуры в связи с различным механизмом уплотнения

Уменьшает объем пустотного пространства

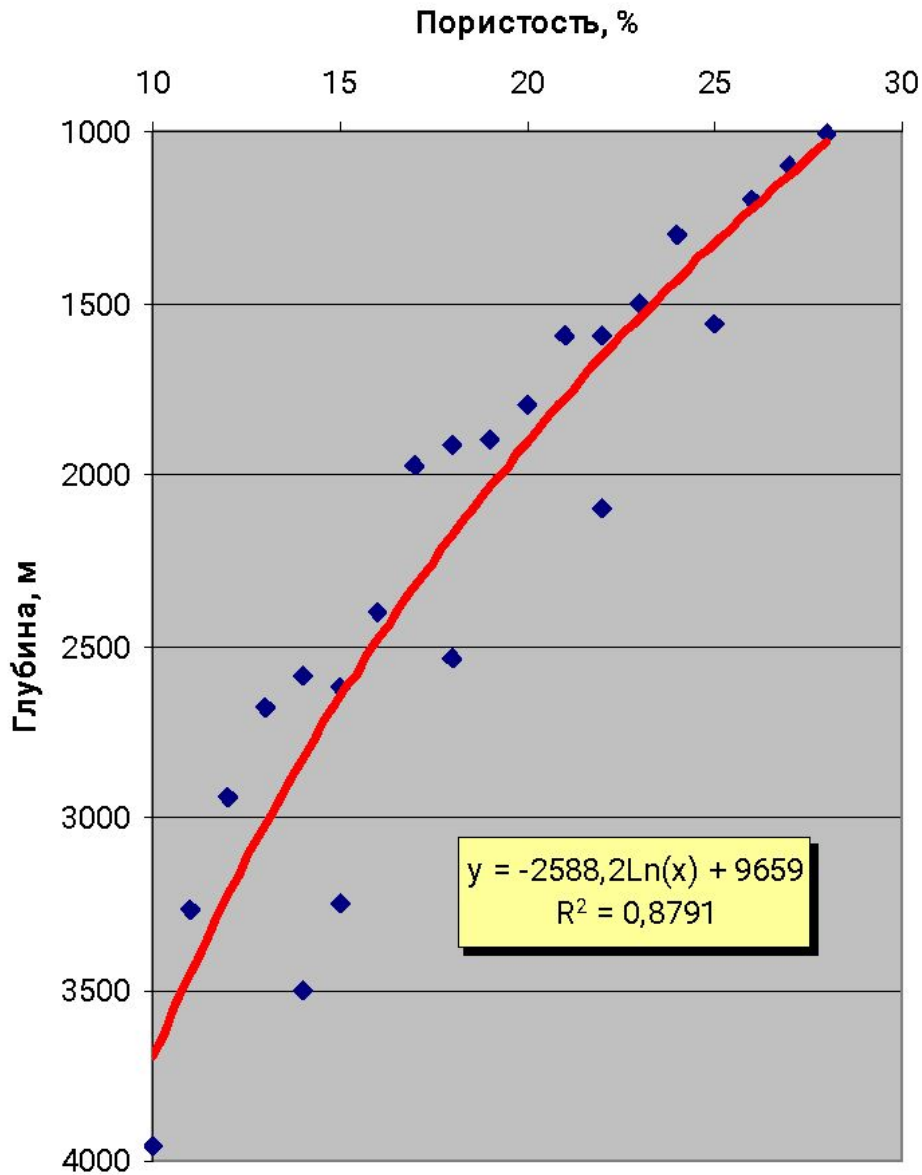


Регенерация кварцевых зерен



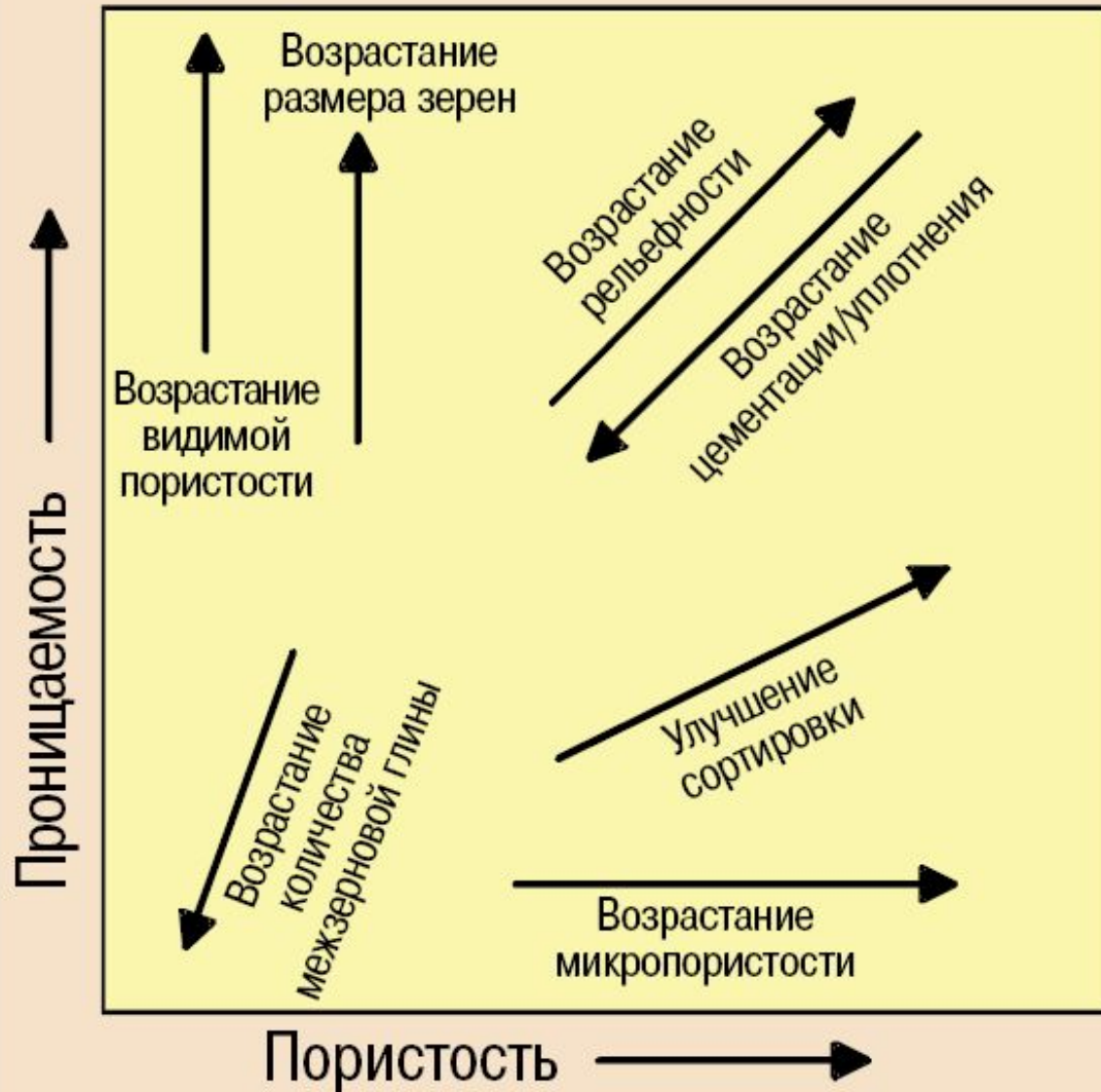
*Уменьшает объем
пустотного пространства*

Изменение пористости с глубиной



Песчаный коллектор с глубиной теряет промышленное значение за счет потери первичной пористости

Влияние различных факторов на пористость и проницаемость



Типы пористости – песчаник

**Первичная
межзерновая**

Интерстициальное свободное пространство между зернами

**Пористость
растворения
или каверна**

Частичное или полное растворение зерен или цемента

Микропоры

Небольшие поры, в основном между обломочными или аутигенными зернами (может также присутствовать внутри зерен)

Трещины

Образование трещин в результате действия напряжений в земной коре

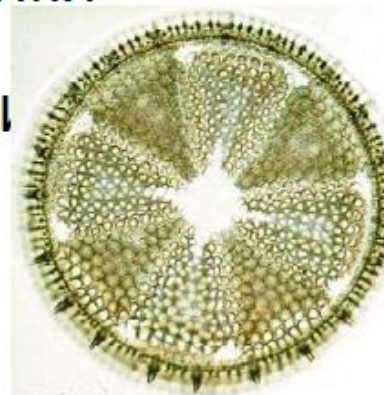
5. Образование карбонатных пород

Органогенные осадочные породы

Органогенные осадки и осадочные породы образуются в результате процессов, в которых принимали участие организмы, или они полностью сформировались за счёт организмов.

Подразделяются по химическому составу:

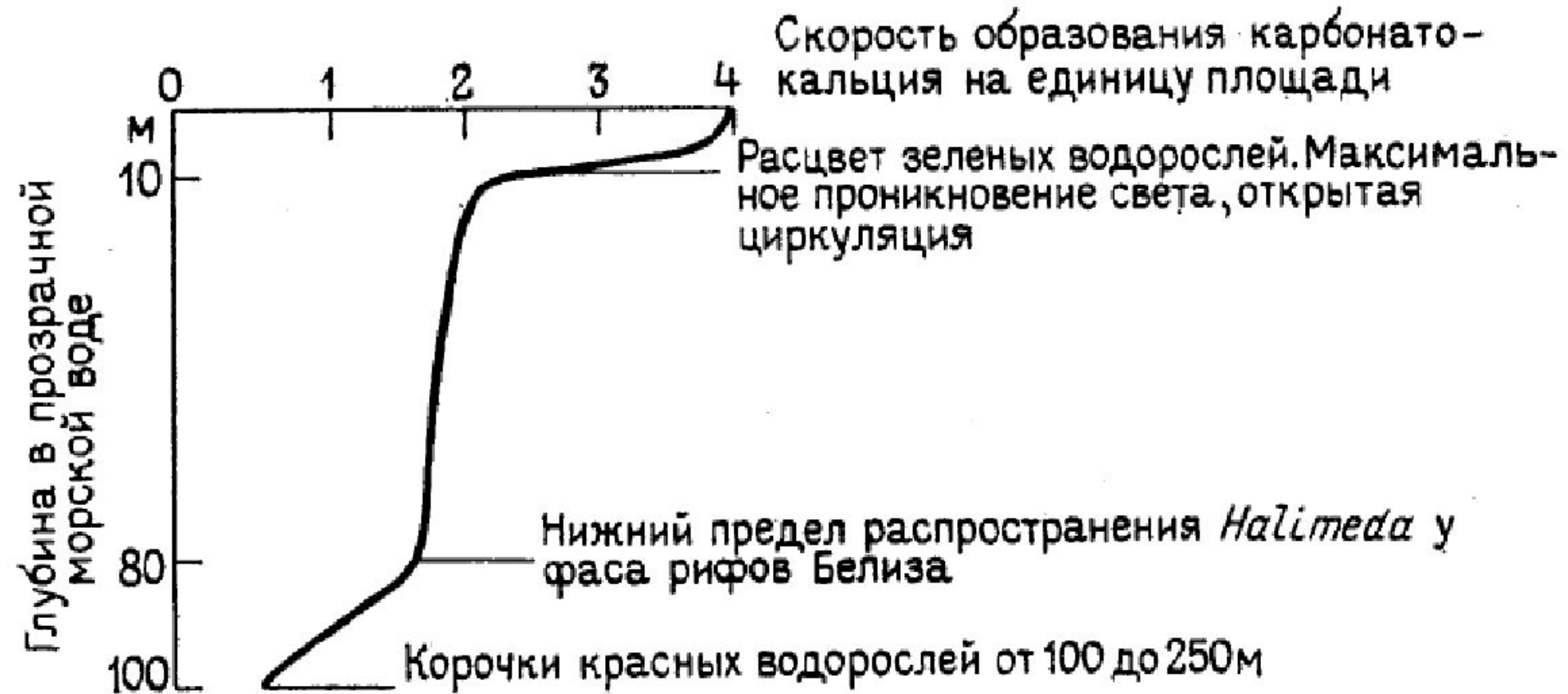
- Кремнистые (диатомиты, радиоляриты)
- Карбонатные (известняки ракушечники, мел)
- Каустобиолиты (горючие ископаемые)



Растворимость карбоната кальция

- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- CaCO_3 меньше растворим в теплых водах, чем в холодных
- CaCO_3 осаждается в теплых мелких водах, но имеет повышенную растворимость на глубине в более холодных водах
- CO_2 в растворе буферизирует концентрирование карбонат-иона (CO_3^{-2})
- CaCO_3 более растворим при более высоких давлениях и понижении температуры
- Благоприятна среда с $\text{pH} = 8,4$

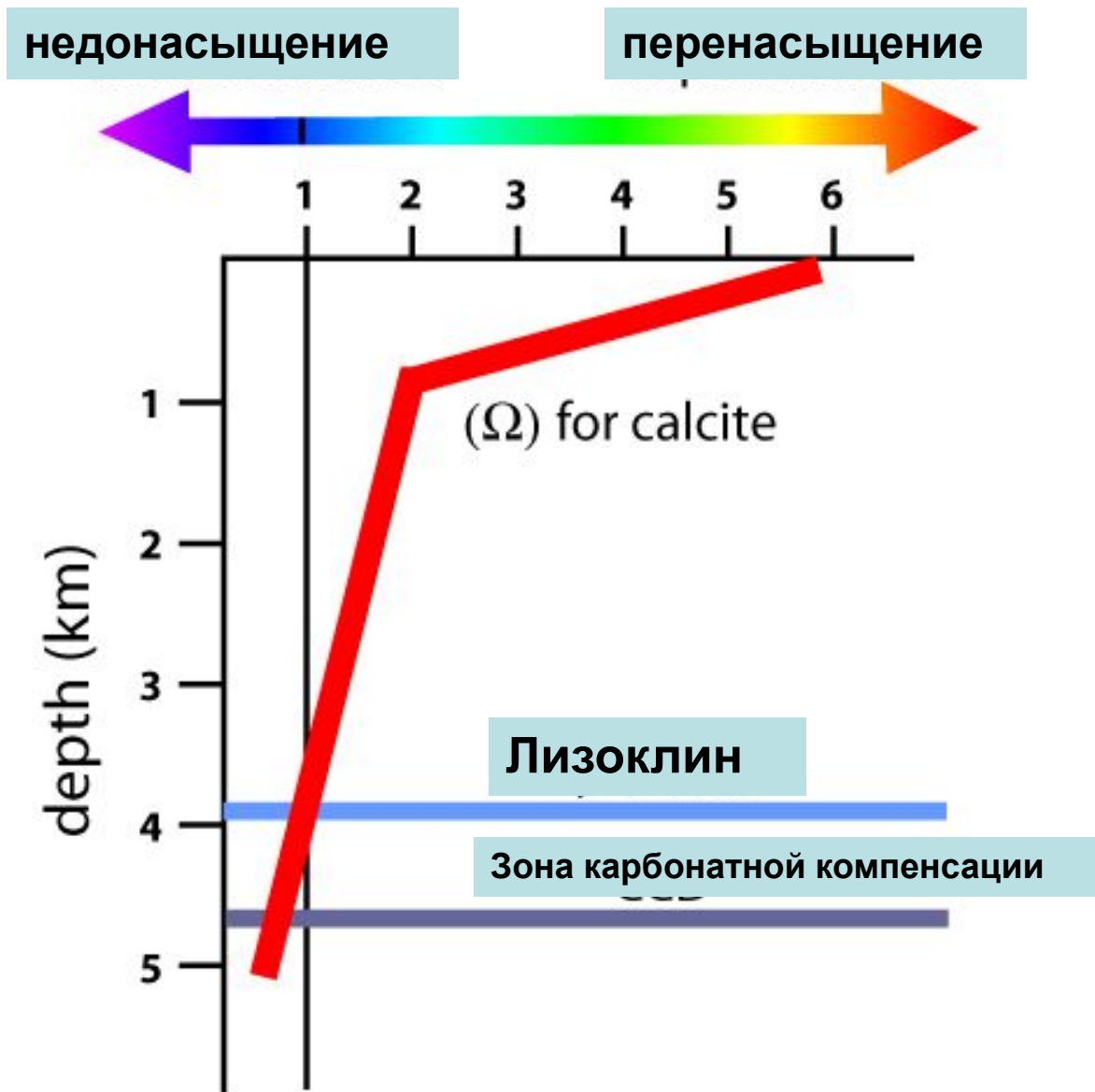
Скорости образования карбонатов в зависимости от глубины



Контроль карбонатной седиментации

- 1. Температура** (климат) – тропики и субтропические регионы благоприятствуют карбонатакопленению
- 2. Освещенность** – фотосинтез управляет производством карбонатов
- 3. Давление** – повышение давления с глубиной увеличивает растворимость карбонатов
- 4. Волновое перемешивание** – источник кислорода и удаление углекислого газа
- 5. Деятельность организмов** – производство карбоната кальция за счет биогенной дифференциации

Диаграмма степень насыщения – глубина бассейна для кальцита



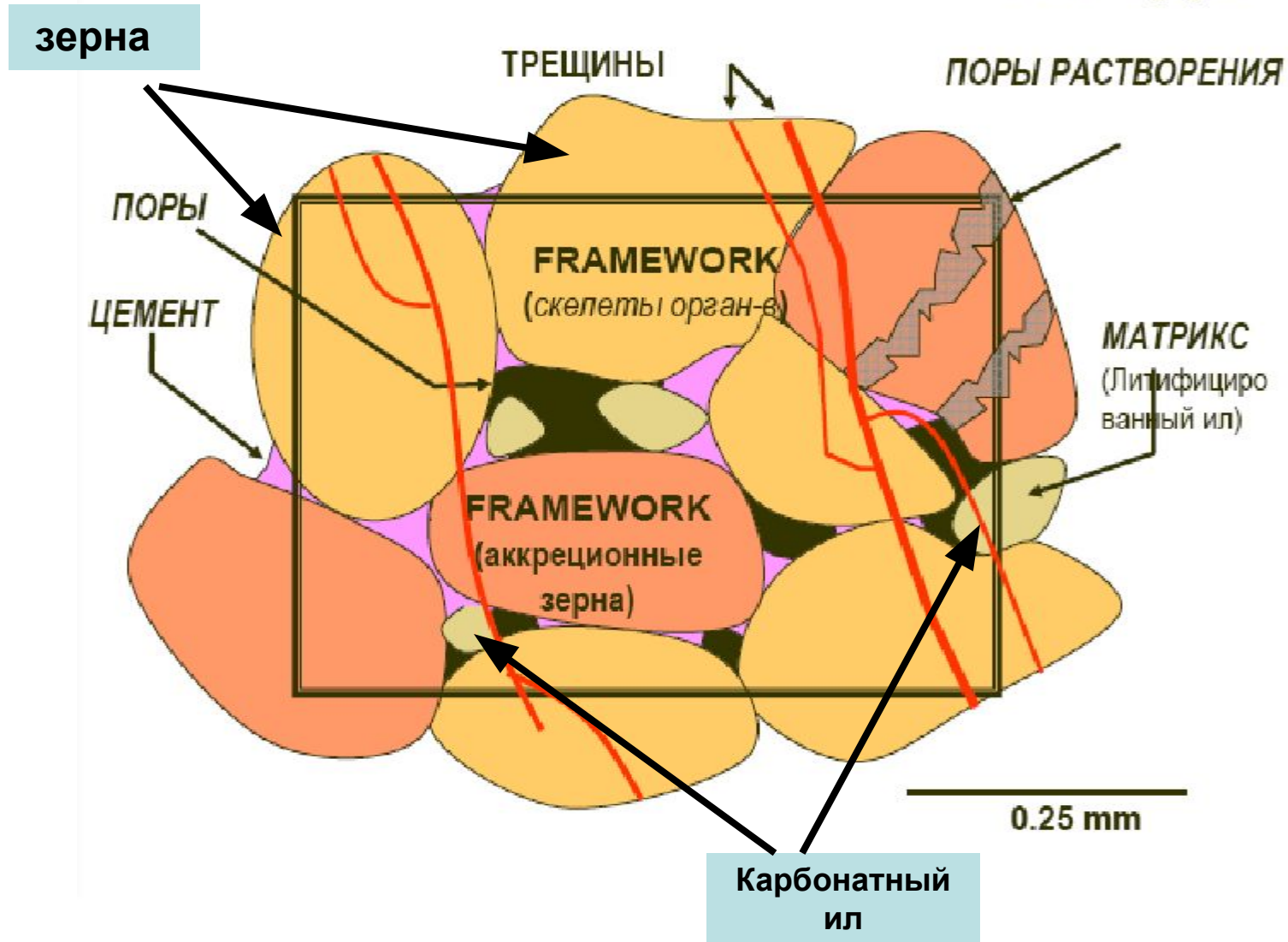
Минералогия карбонатов

- *Кальцит* – CaCO_3
- *Доломит* – $(\text{CaMgCO}_3)_2$
- *Породы:* 1) известняк (состоит из кальцита); 2) доломит (состоит из доломита)

Составные части карбонатных пород

- Представляют собой ассоциацию двух разнородных компонентов: **1) зерен и 2) связующей массы (карбонатного ила)**
- Зерна делятся на две группы: **скелетные и нескелетные** (био-физико-химические зерна), которые подразделяются на основе формы и внутреннего строения

Строение карбонатной осадочной породы



6. Существующие классификации

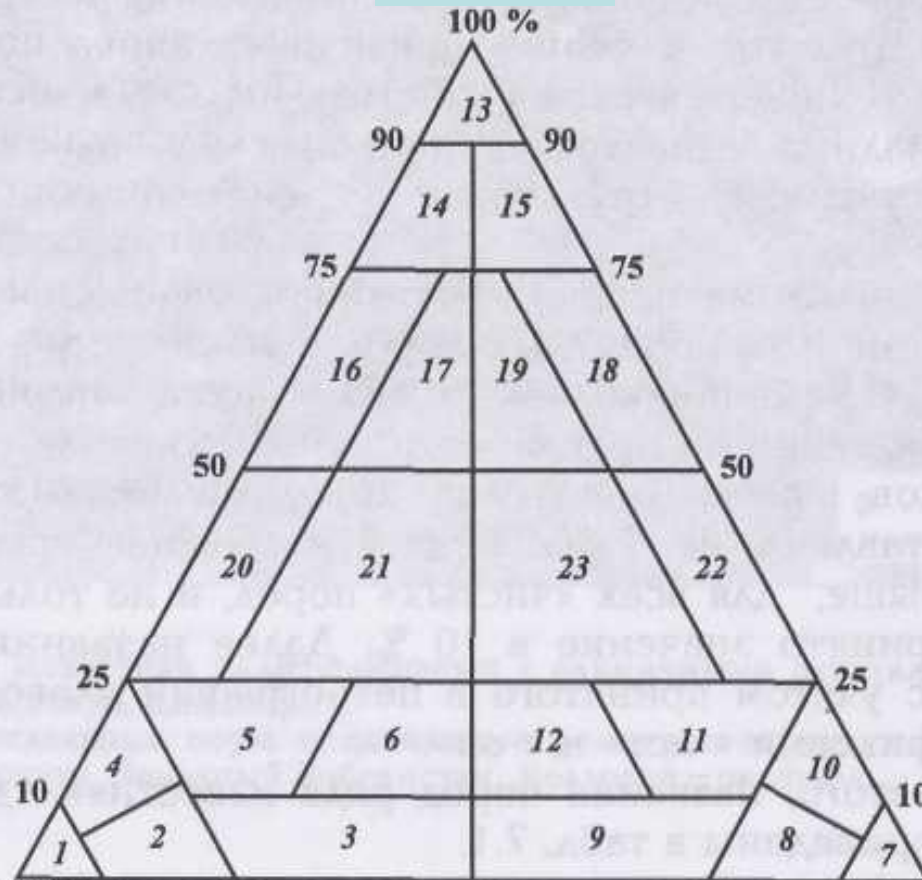
- 1. *Вещественная*** (относительное содержание в породе кальцита, доломита и обломочной примеси). Классификация ряда известняк-доломит и известняк-доломит-глина (С.Г. Вишняков, Г.И. Теодорович)
- 2. *Генетическая*** (органогенные, хемогенные, био-хемогенные, обломочные)
- 3. *По структуре пустотного пространства*** (каверновые, каверно-поровые, поровые, трещиновато-каверновые, трещиновато-поровые, трещиноватые, трещиновато-каверно-поровые)
- 4. Структурно-генетическая** (Данхэм, Лусиа)

Классификация известково-доломитовых пород по химико-минералогическому составу (по С.Г.Вишнякову)

Порода	Содержание, %		CaO/MgO
	CaCO ₃	CaMg(CO ₃) ₂	
Известняк	90 – 100	10 – 0	24,6 и более
Известняк доломитистый	75 – 90	25 – 10	9,1 – 24,6
Известняк доломитовый	50 – 75	50 – 25	4,0 – 9,1
Доломит известковый	25 – 50	75 – 50	2,3 – 4,0
Доломит известковистый	10 – 25	90 – 75	1,7 – 2,3
Доломит	0 – 10	100 – 90	1,4 – 1,7

Схема классификации глинисто-карбонатных пород

Глина



Известняк

Доломит

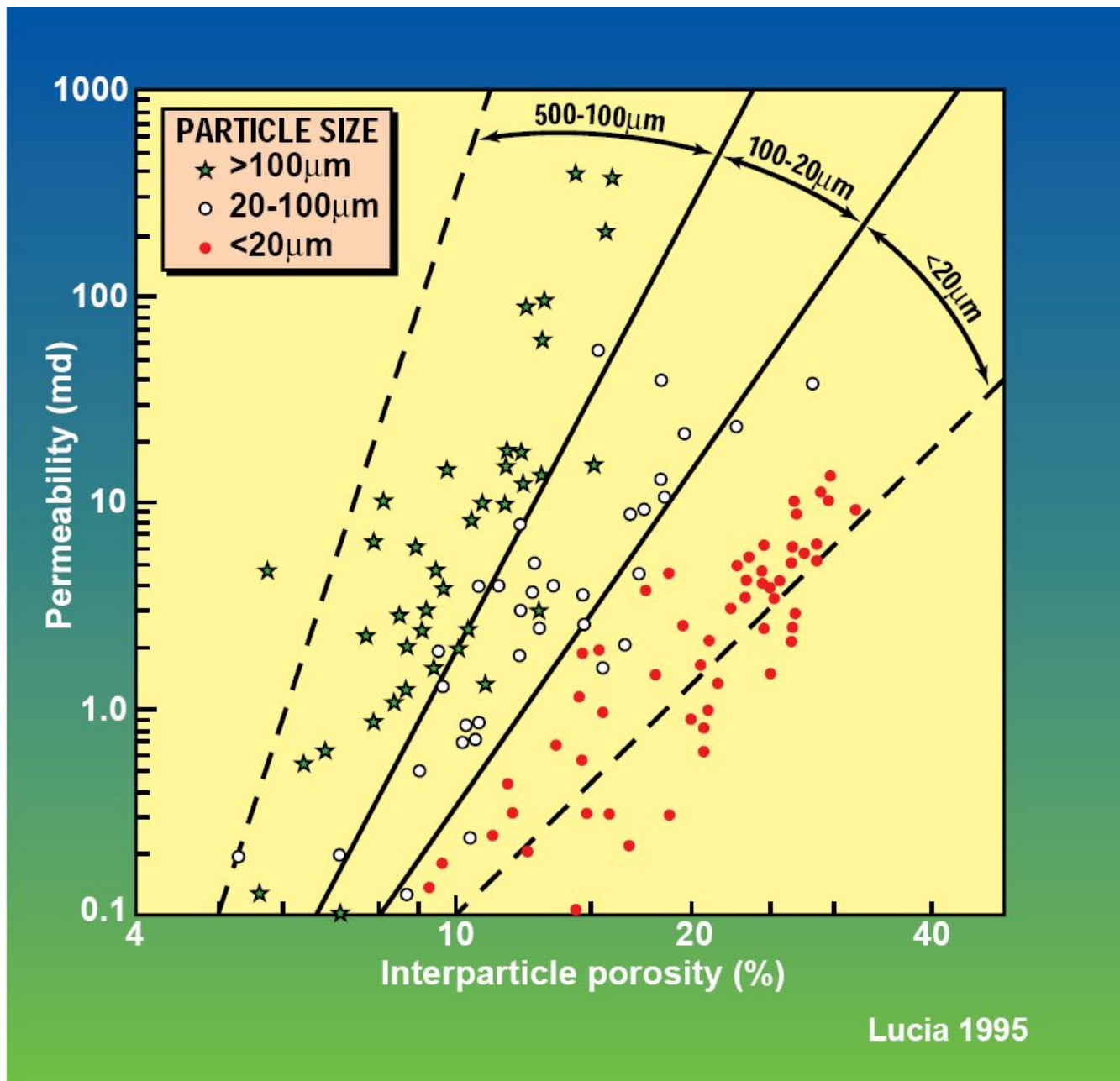
CaCO_3	100 %	90	75	50	25	10	0	
	0	10	25	50	75	90	100	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, %
CaO, %	56,0	53,44	49,6	43,21	36,8	32,96	30,4	
	0	2,17	5,44	21,74	16,31	19,56	21,74	MgO, %
$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}}$		24,6	9,12	3,97	2,26	1,69	1,40	$\frac{\text{CaO}}{\text{MgO}}$

Типы пористости в карбонатах

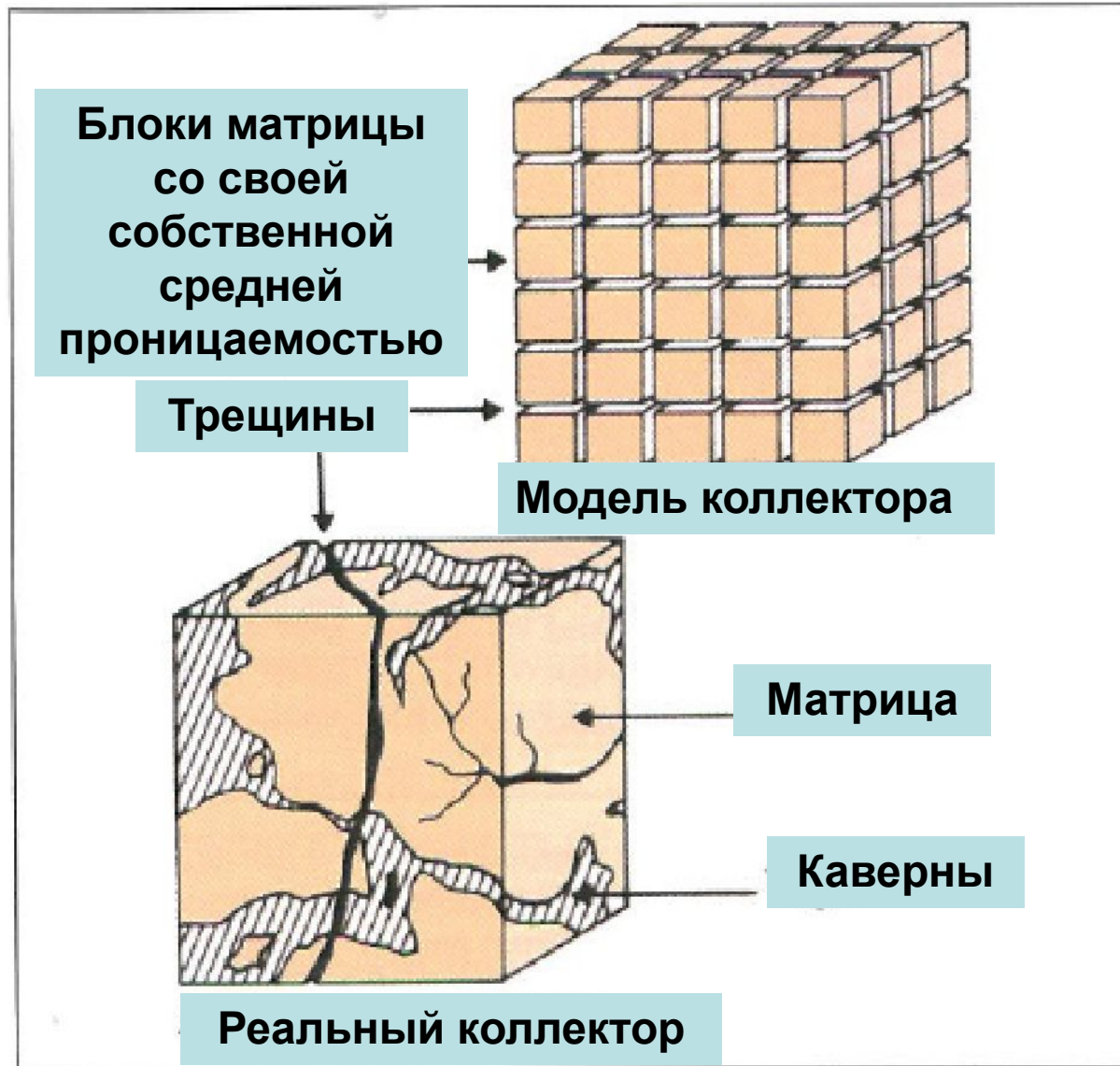


Межзерновая	Поры между частичками или зернами
Внутризерновая	Поры внутри отдельных частичек или зерен
Межкристаллическая	Поры между кристаллами
Молдическая	Поры, образованные путем растворения отдельных зерен или кристаллов в породе
Фенестральная	Первичные поры больше, чем образованные зернами пустоты
Трещиноватость	Формируется при плоскостном разрыве породы
Каверны	Большие поры, образованные путем смешанного растворения цемента и зерен

Пористость и проницаемость для различных классов крупности зерен



Теоретическая модель коллектора



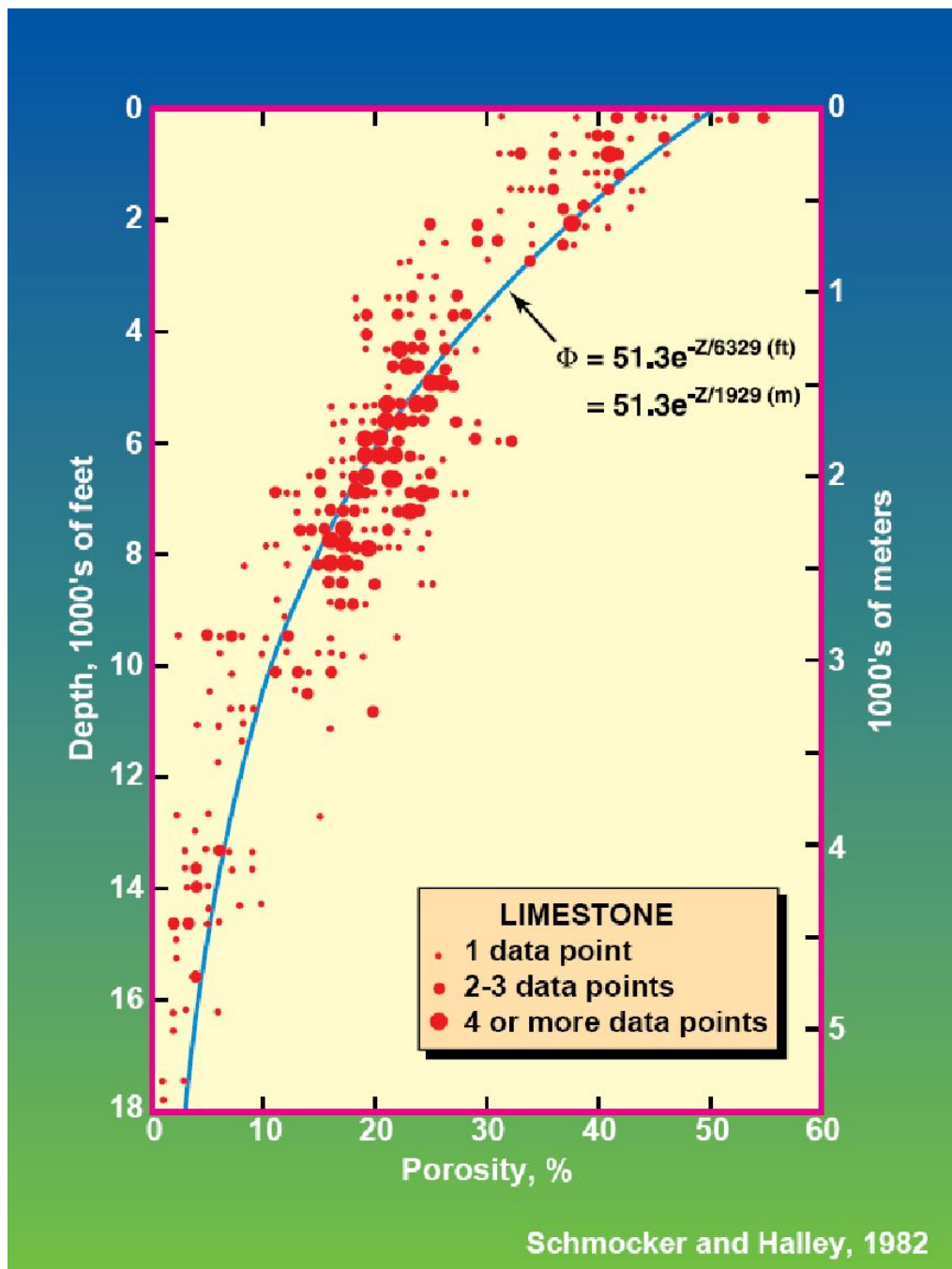
7. Какие параметры определяют качество карбонатных пород-коллекторов?

- 1. Уплотнение и цементация***
- 2. Перекристаллизация***
- 3. Долomitизация***
- 4. Выщелачивание***
- 5. Трещинообразование***

1. Уплотнение и цементация

- Уплотнение ведет к увеличению плотности и сокращению пустотного пространства
- Сокращение пористости карбонатных пород с глубиной происходит медленнее, чем обломочных. В месторождениях, лежащих на глубине более 4 км, в обломочных породах сосредоточено 18%, а в карбонатных – 82% запасов УВ.
- Сравнительно слабая уплотненность карбонатных пород объясняется: 1) относительно быстрой литификацией за счет цементации (в связи с химической неустойчивостью); 2) органогенные образования изначально формируются как твердые породы.
- Цементация является важным фактором и приводит к литификации осадка. Это частично сокращает объем порового пространства, но препятствует уплотнению осадка и снижению пористости.

Изменение пористости известняков с глубиной



Изменение пористости с глубиной в различных литотипах карбонатных пород (Южная Флорида)



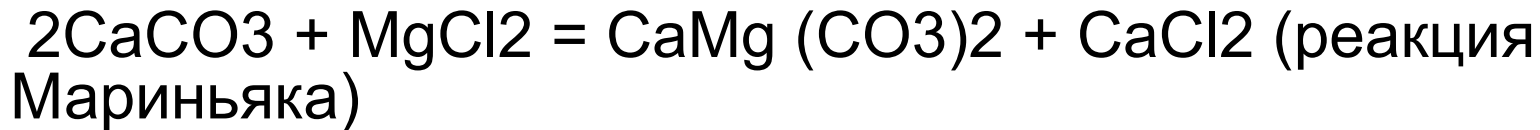
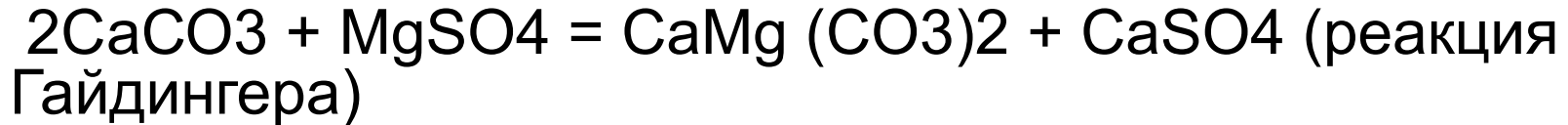
2. Перекристаллизация

Перекристаллизация – это процесс укрупнения размеров кристаллов без изменения их минерального состава. Она происходит путем растворения первичных зерен и образования новых, но уже более крупных.

- Перекристаллизация связана с наличием пластовых вод и наиболее развита в породах, имеющих первично высокую пористость и проницаемость.
- Результаты перекристаллизации по данным разных авторов различны: 1) перекристаллизация ведет к уменьшению пористости; 2) перекристаллизация ведет к увеличению пористости: микрозернистые известняки 4,6%, микротонкозернистые 7,1%, тонкозернистые – 9,4%.
- **Причины увеличения открытой пористости:** 1) не весь карбонатный материал, переходящий в раствор, затем вновь кристаллизуется; часть его выносится пластовыми водами, что ведет к общему увеличению пустотности; 2) при образовании более крупных кристаллов формируются более крупные межкристаллические поры и соответственно межпоровые каналы.

3. Доломитизация

- **Доломитизация** – процесс замещения кальцита доломитом:



Два моля исходного кальцита с плотностью 2,71 г/см³ занимают объем **73,8 см³**, а один моль образовавшегося доломита с плотностью 2,85 г/см³ занимает объем **64,8 см³**. Сокращение объемов твердой фазы карбонатов составляет **12,2%**; на эту величину и должен теоретически возрасти объем пустотного пространства.

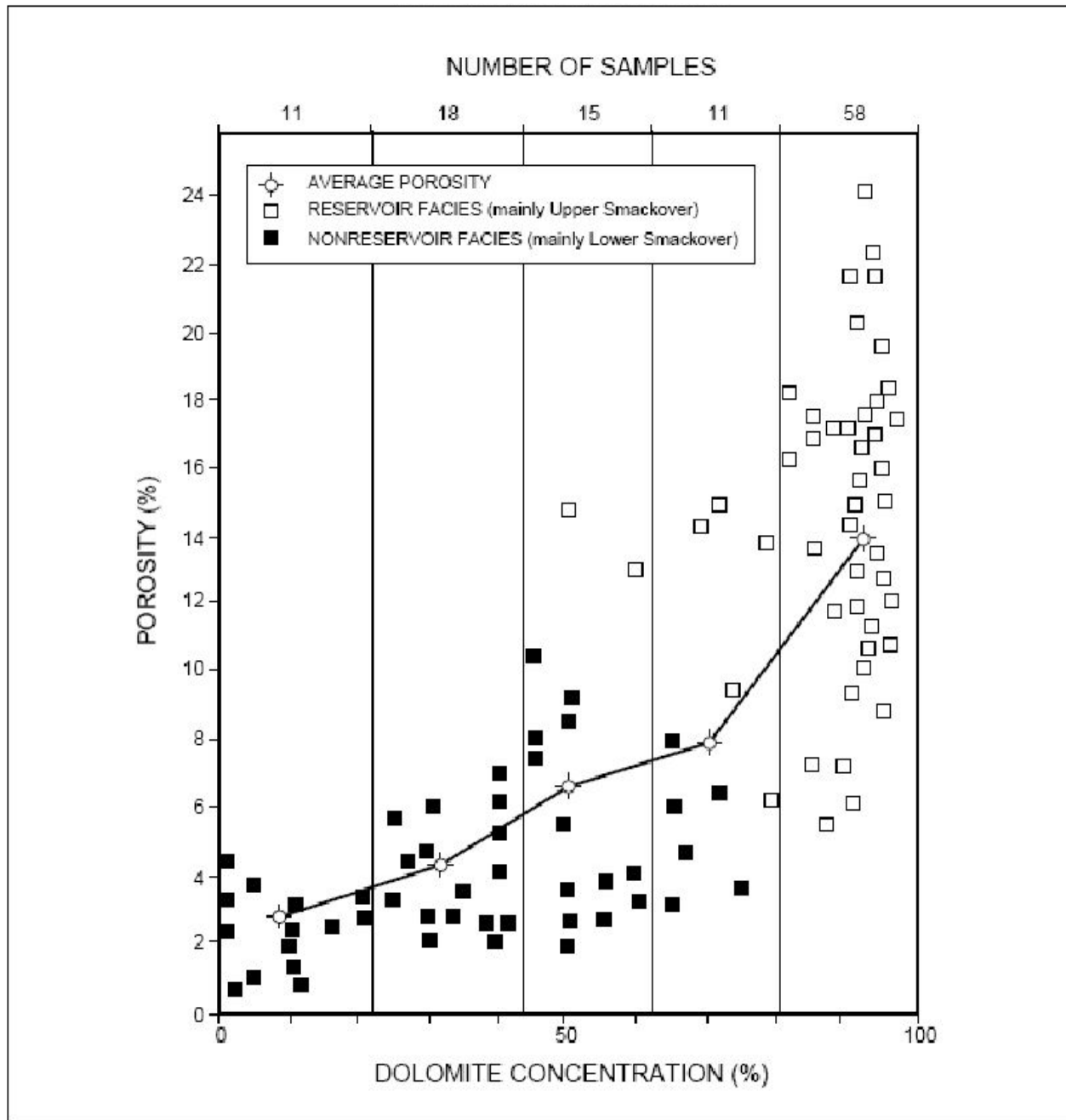
3. Доломитизация

Если доломитизация идет по реакции *Мариньяка*, то хлорид кальция из-за своей высокой растворимости находится в растворе; если же по схеме *Гайдингера* – образующиеся сульфаты кальция могут выпадать в виде *ангидрита*, заполняя часть пустотного пространства.

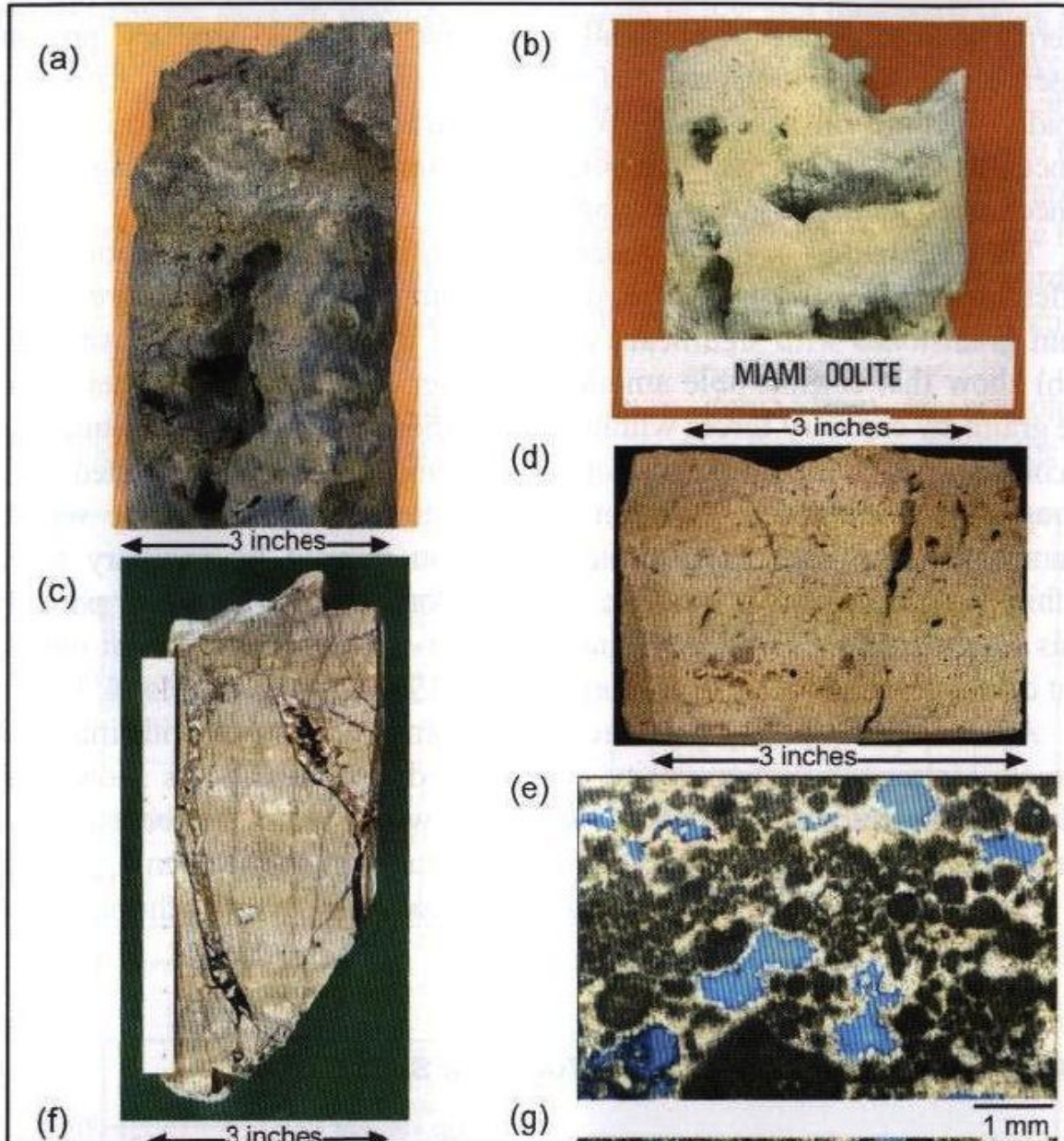
Доломитизация может увеличить пористость на величину **10-13% абс.** Эффект зависит от пористости известняка до этапа доломитизации. Известняк с пористостью 30% при полной доломитизации увеличивает пористость на 9%. Если пористость известняка составляет 5%, то при доломитизации она может увеличиться до 11,7%.

Ощутимый эффект достигается при **70%** доломитизации известняка

Соотношение пористости и концентрации доломита



Пустоты выщелачивания в различных литотипах карбонатных пород



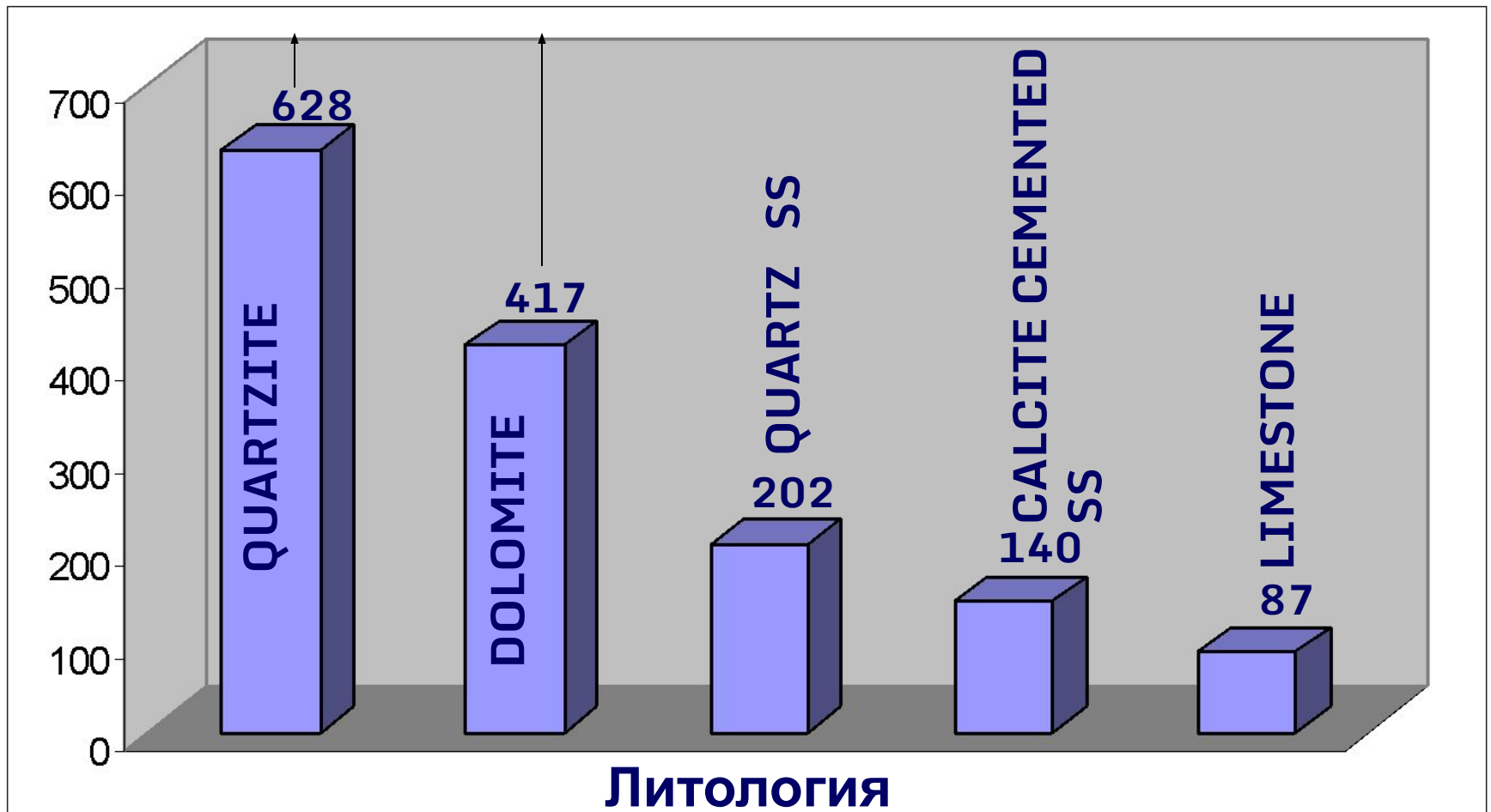
5. Трещинообразование

Трещины динамических нагрузок -

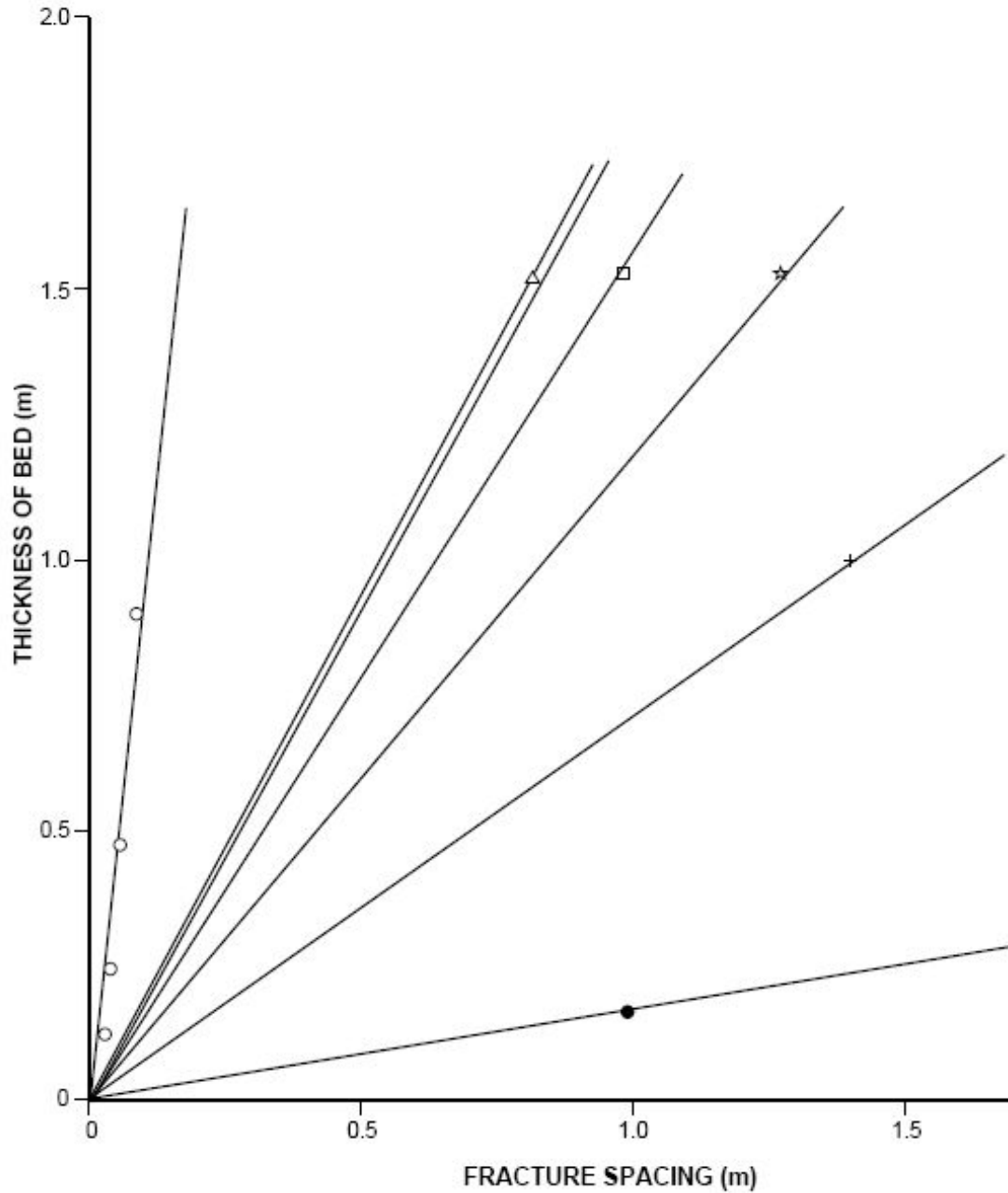
прямолинейные, стенки ровные или шероховатые, пересекают или огибают зерна. Могут быть открытые со следами желтого битума или целиком минерализованы. Открытые трещины чаще всего являются эффективными и принимают участие в фильтрации флюидов. На малых глубинах (до 1 км) открытые трещины имеют наибольшую ширину (до 50 мкм), на средних (3-4 км) – 20-25 мкм, на глубинах больше 4 км – 10-15 мкм.

Влияние литологии

Интенсивность трещиноватости является функцией литологии



Плотность трещин как функция мощности слоя

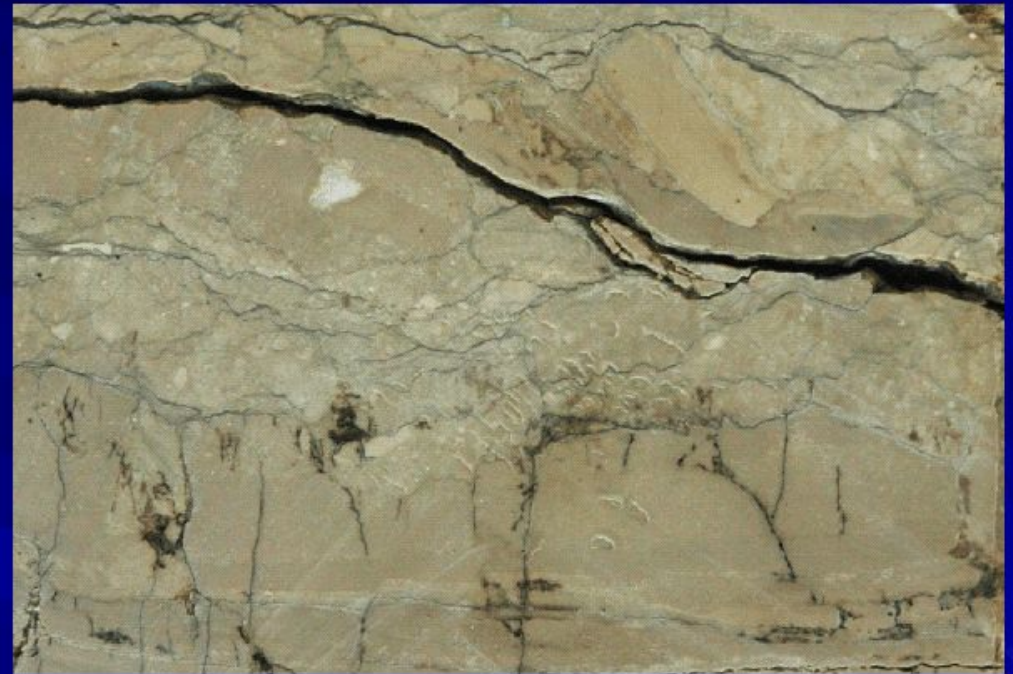


**Чем меньше
мощность слоя,
тем плотнее
трещиноватость**

Трещинообразование



ТЕКТОНИЧЕСКИЕ МИКРОТРЕЩИНЫ В ИЗВЕСТНЯКАХ

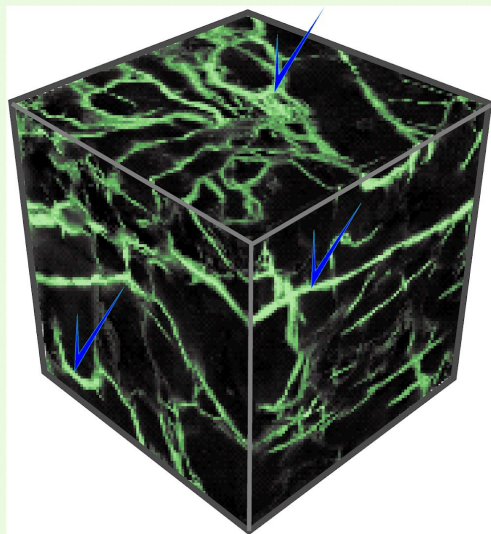
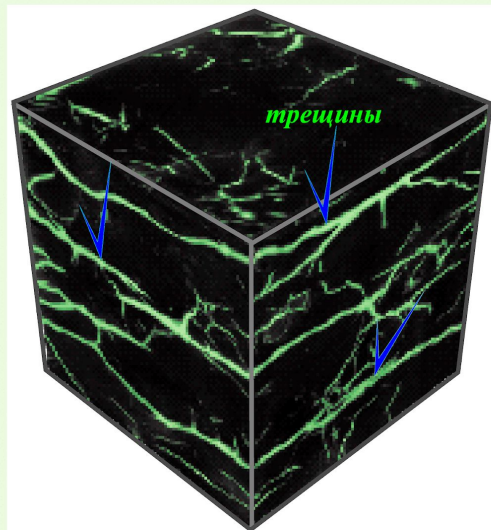


«Трещинная» неоднородность осадочных толщ зависит от взаимодействия трех факторов:

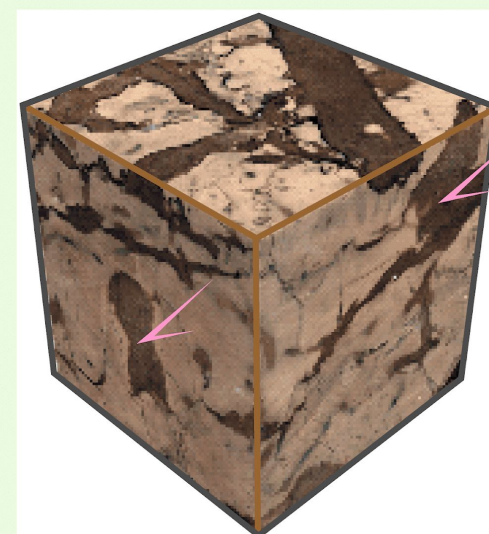
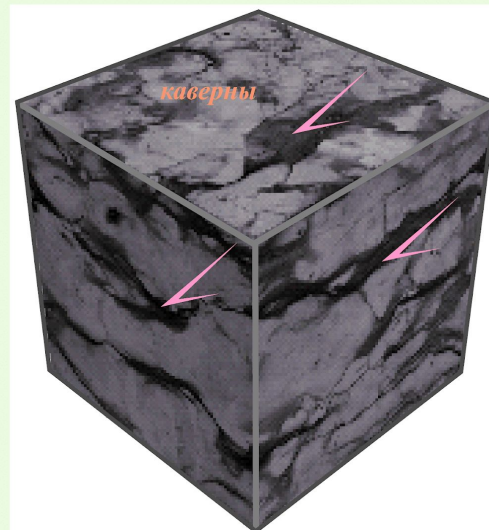
- седиментационного (состав осадков, их первичные структурные и емкостные характеристики);
- постседиментационного;
- тектонического.

ИЗУЧЕНИЕ И ОЦЕНКА ТРЕЩИНОВАТОСТИ (а) И КАВЕРНОЗНОСТИ (б) КАРБОНАТНЫХ ПОРОД (по К.И.Багринцевой, 1977)

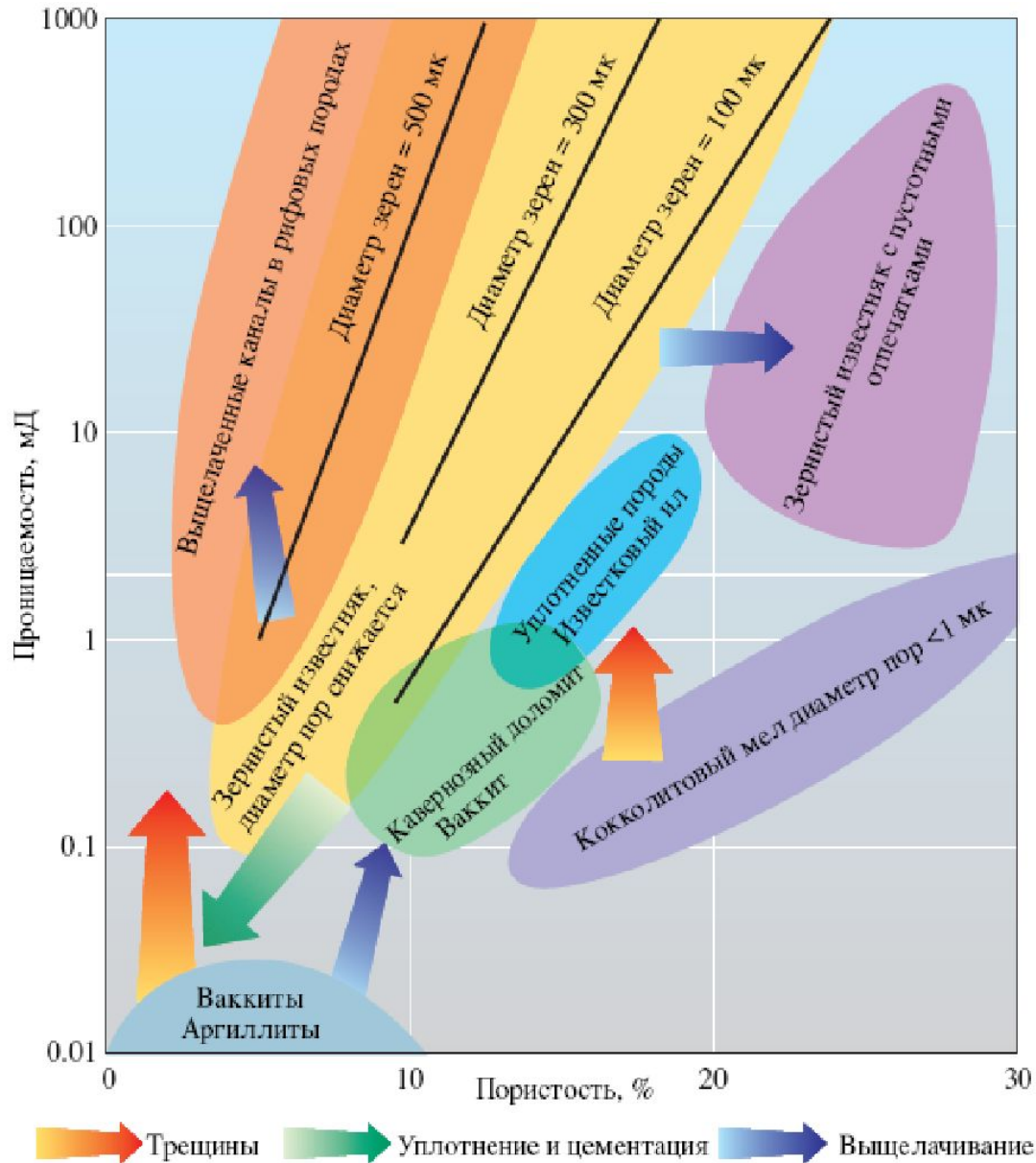
а



б



Взаимосвязь пористости и проницаемости для карбонатных пород



8. Общие сведения о глинистых породах-флюидоупорах

Глинистые породы

Глинистыми называются породы, которые более чем наполовину слагаются глинистыми минералами. Эти породы наиболее распространены: на их долю приходится от 50% до 70% всех осадочных пород.

В нефтяной геологии изучение глинистых пород важно с нескольких позиций:

- 1. присутствие глинистой примеси прямо влияет на качество коллекторов;*
- 2. именно глинистые породы являются, как правило, основными флюидоупорами;*
- 3. многие глинистые толщи являются нефтематеринскими и, следовательно, без их изучения невозможно понять происхождение нефти.*

По степени уплотнения образуют ряд:

Глинистые породы

Глины

Уплотненные глины

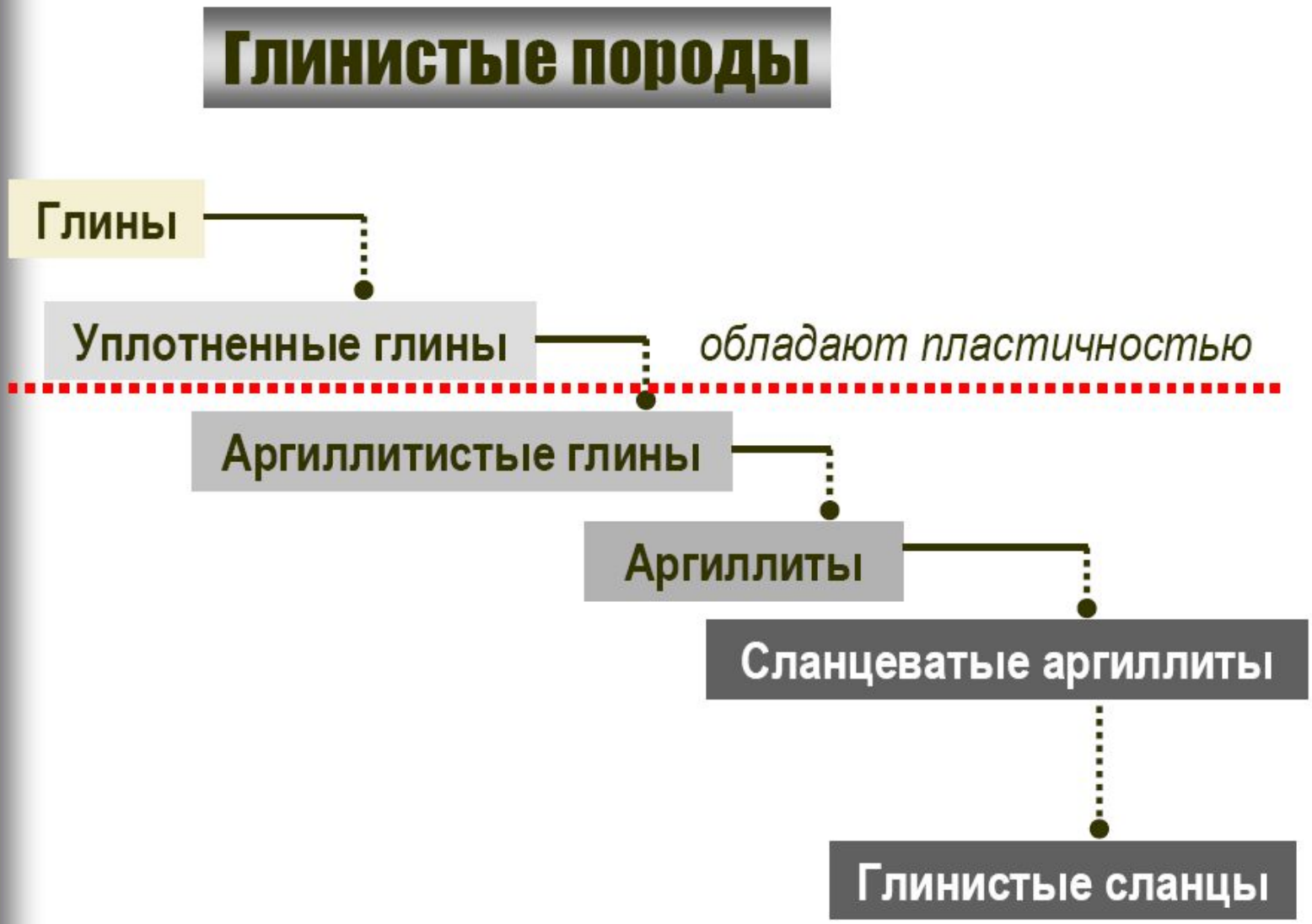
обладают пластичностью

Аргиллитистые глины

Аргиллиты

Сланцеватые аргиллиты

Глинистые сланцы



Глинистые минералы образуют обширную и сложную группу, образующуюся в основном путем химической дегградации первичных минералов при выветривании.

ИЛЛИТЫ

СМЕКТИТЫ

КАОЛИНИТЫ

три основные группы глинистых минералов

ХЛОРИТЫ

**группа
глауконита**

*Отличаются способом образования,
но сходны по составу и строению*

Минеральный состав:

С глубиной происходит трансформация глинистых минералов: **монтмориллонит (иллит) – каолинит – гидрослюда – хлорит**

Глинистые минералы обладают высокой адсорбционной способностью к катионам Fe, Ca, Mg. Это уменьшает размеры пор и повышает экранирующую способность. Наиболее высокой способностью к набуханию и адсорбцией обладает **монтмориллонит**.

Вследствие высокой гидрофильности, на небольших глубинах (2-2,5 км) в монтмориллоните и других глинистых минералах часть порового пространства перекрывается связанной водой, что увеличивает экранирующие свойства.