

Геологические основы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами

к.г.-м.н., доцент ОНД ИШПР
Мищенко Мария Валериевна

Основные данные по дисциплине

Форма контроля – **экзамен**

Аудиторные занятия – 48 часов

✓ лекции – 16 часов

✓ практики – 32 часа

Самостоятельная работа – 60 часов

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее время характеризуется вступлением многих месторождений УВ в **позднюю фазу разработки**.

Особенностью поздней стадии разработки является:

- ✓ то, что более половины запасов залежей уже отобрано и извлечение оставшихся запасов требует значительно больших усилий.
- ✓ вводимые в разработку новые залежи обладают менее благоприятной геологопромысловой характеристикой:
 - залежи с высокой вязкостью нефти,
 - залежи с весьма сложным геологическим строением,
 - залежи с низкой фильтрующей способностью продуктивных пород,
 - залежи приуроченные к большим глубинам с усложненными термодинамическими условиями, к шельфам морей и т. д.

Трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ) нефти

запасы месторождений, залежей или отдельных их частей, отличающиеся сравнительно неблагоприятными для извлечения геологическими условиями залегания нефти и (или) физическими ее свойствами (сосредоточены в залежах с низкопроницаемыми коллекторами и вязкими нефтями):

- ✓ залежи нефти в сложных коллекторах с низким коэффициентом извлечения (менее $0,05 \text{ мкм}^2$), в том числе нефти и газ в доломитах, плотных песчаниках, глинистых сланцах;
- ✓ в зонах контакта нефть-вода (водонефтяных зонах) или нефтегазовых залежах в зоне контакта нефть-газ (газонефтяных зонах);
- ✓ содержащие высоковязкую нефть;
- ✓ характеризующиеся высокой газонасыщенностью и извлечение которых ограничено предельно допустимой величиной депрессии, не вызывающей необратимую деформацию горной породы;

Трудноизвлекаемые запасы (ТРИЗ) нефти

- ✓ в составе которых в растворенном и / или свободном газе присутствуют агрессивные компоненты (сероводород, углекислота) в количествах, требующих применения специального оборудования и технологии работ при бурении скважин и добыче нефти;
- ✓ залегающие на больших глубинах (более 4000 м);
- ✓ с пластовой температурой 1000°С и выше;
- ✓ с низкой разницей между пластовой температурой и температурой застывания парафина и смол.

К истощенным (остаточным) рекомендовано относить запасы залежей (объектов разработки):

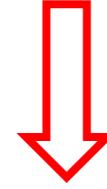
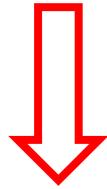
- после извлечения 80 % начальных апробированных государственной экспертизой извлекаемых запасов нефти промышленных категорий;
- и (или) с текущей обводненностью добываемой продукции более 90 %;
- и (или) с текущим газовым фактором, превышающим 10 начальных (нефтегазовые залежи).

Критерии отнесения запасов к трудноизвлекаемым, согласно действующим льготам

Критерии отнесения	Количественные показатели
Высоковязкая нефть	Вязкие нефти > 200 спз
Низкая проницаемость	Проницаемость < 0.002 мкм ²
Высокая степень выработки	Отбор от НИЗ* более 80 %
Сложные географические условия	Для ЗСНГП: ЯНАО севернее 65 широты, Красноярский край, Шельф Карского моря
Мелкие месторождения	НИЗ по ЛУ < 5 млн. т, отбор < 5%
Сложное геологическое строение	Для ЗСНГП: Бажено-абалакский комплекс, Тюменская свита

Примечание: НИЗ* - неосложнённые извлекаемые запасы

Геологические основы разработки месторождений с ТРИЗ



Нефтегазопромысловая геология

Главная цель: повышение эффективности разработки нефтяных и газовых залежей, находящихся на различных стадиях эксплуатации

За счёт геолого-промысловой информации (информация: геологическая, литологическая, геофизическая и т.д.)

Разработка залежей УВ

Главная цель: повышение коэффициента нефтегазоотдачи, т. е. достижение максимального извлечения нефти и газа из недр

За счёт эффективной системы разработки (количество объектов, размещение скважин, темпы отбора УВ и т.д.)

Нефтегазопромысловая геология

отрасль нефтяной геологии, занимающаяся детальным изучением открытых и разрабатываемых залежей и месторождений углеводородов с целью максимального извлечения из них нефти и газа.

Источник:
Геологическая энциклопедия

Система разработки месторождения

"...2.2.1. Под системой разработки месторождения понимается комплекс мероприятий по извлечению нефти и газа из недр и управлению этим процессом. Система разработки определяет количество эксплуатационных объектов, способы воздействия на пласты и темпы отбора нефти из них, размещение и плотность сетки добывающих и нагнетательных скважин, способы и режимы их эксплуатации, мероприятия по контролю и регулированию процесса разработки, охране недр и окружающей среды..."

Источник:

"Правила разработки нефтяных и газонефтяных месторождений" (утв. Коллегией Миннефтепрома СССР, протокол от 15.10.1984 N 44 п. IV)

Нефтегазопромысловая геология

Основные вопросы:

- ✓ методика разведки месторождений УВ,
- ✓ детальное изучение вещественного состава и типов пород продуктивных отложений,
- ✓ детальное расчленение и корреляцию геологических разрезов,
- ✓ определение физических свойств коллекторов,
- ✓ изучение физ.-хим. свойств пластовых жидкостей и газов,
- ✓ условий залегания нефти и газа, изучение неоднородности продуктивных пластов,
- ✓ подсчёт запасов нефти и газа, классификацию запасов углеводородов,
- ✓ обоснование коэффициентов извлечения нефти и газа по данным разведочных работ и разработки месторождений,
- ✓ охрану недр и окружающей среды.

Методы и средства получения промыслово-геологической информации

Регулярность проведения исследований.

Комплекс методов исходя из особенностей залежи (месторождения).

Косвенные и прямые методы исследований.

Технические средства.

Методы комплексного анализа и обобщения исходной информации

Корреляция

Картопостроение

Моделирование

Геологоразведочные работы на (ГРР) нефтяных и газовых месторождениях

ГРР позволяют **оценить промышленные запасы** как отдельных залежей, так и всего месторождения, **дать геолого-промысловую и экономическую оценку месторождения** и приступить к проектированию его разработки.

Регламентируются «Временным положением об этапах и стадиях геологоразведочных работ на нефть и газ» (2001 год).

Подразделяются на три этапа:

1. Региональный;
2. Поисково-оценочный;
3. Разведочный.

Региональный этап (оценка прогнозных ресурсов категории D_2 и частично D_1)

1. Стадия прогноза нефтегазоносности (объекты исследований – осадочные бассейны и их части).
2. Стадия оценки зон нефтегазонакопления (объекты исследования – нефтегазоперспективные зоны и зоны нефтегазонакопления).

Поисково-оценочный этап

1. Стадия выявления объектов для поискового бурения – оценка прогнозных локализованных ресурсов D_n (объекты изучения работ – районы с установленной или возможной нефтегазоносностью).
2. Стадия подготовки объектов для поискового бурения - оценка перспективных ресурсов категории D_0 (объекты проведения работ – выявленные ловушки в структурно-фациальной зоне, в пределах которой установлены залежи).
3. Стадия поиска и оценки месторождений (залежей) – подсчёт запасов по категориям C_2 и частично C_1 (объекты проведения работ – подготовленные ловушки, открытые месторождения (залежи)).

Разведочный этап

1. Стадия разведки и пробной эксплуатации – подсчёт запасов по категориям C_1 и частично C_2 (объекты проведения работ – промышленные месторождения).

Действующая классификация

«Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов» введена в действие с 1 января 2016 г.

ЗАПАСЫ

категория А	разбуренные, разрабатываемые	разрабатываемые месторождения
категория В ₁	разрабатываемые отдельными скважинами, неразбуренные эксплуатационной сеткой скважин, разведанные, подготовленные к промышленной разработке	
категория В ₂	разрабатываемые, неразбуренные, оценённые	
категория С ₁	разведанные	разведываемые месторождения
категория С ₂	оценённые	

РЕСУРСЫ

категория D ₀	подготовленные	отражают возможность открытия залежей нефти и газа в подготовленной к поисковому бурению ловушке и используются для проектирования поисковых работ
категория D _л	локализованные	используются при планировании геолого-разведочных работ по подготовке ловушек к поисковому бурению и подготовке ресурсов категории D ₀
категория D ₁	перспективные	отражают возможность открытия месторождений нефти и газа в оцениваемом регионе и используются для проектирования региональных геолого-разведочных работ на нефть и газ, выбора районов и установления очерёдности проведения на них поисковых работ
категория D ₂	прогнозируемые	отражают потенциальную возможность открытия месторождений нефти и газа в регионе, промышленная нефтегазоносность которого не доказана, и используются для проектирования региональных геолого-разведочных работ на нефть и газ

Методы получения геологопромысловой информации

- ✓ геологическое наблюдение при бурении скважин (*керна, флюиды*);
- ✓ исследование скважин геофизическими методами (*качественные и количественные характеристики*);
- ✓ гидродинамические методы исследования скважин (*дебит, давления*);
- ✓ наблюдение за работой добывающих и нагнетательных скважин (*дебит, давления, флюид, порода*);
- ✓ геолого-промысловые методы (*три вида информации: описательная; качественная; количественная*).

Резервуары, коллектора, ловушки, залежи

Природный резервуар – природное тело, частично или со всех сторон ограниченное относительно непроницаемыми породами, выступающее как естественноеместилище для нефти, газа и воды. В пределах которого могут происходить процессы миграции, аккумуляции и консервации УВ.

И.О. Брод

Коллекторы – горные породы, которые могут вмещать и отдавать жидкости и газы, т.е. породы характеризующиеся пористостью и проницаемостью.

Геологический словарь

Ловушка – (часть коллектора) это объём породы способный вмещать нефть и газ вне зависимости от её формы и условий возникновения, но при условии аккумуляции и консервации нефти и газа в ней.

Мак Коллофом, 1934 г.

Залезь нефти (газа) – естественное скопление нефти (газа) в ловушке, образованной породой-коллектором под покрывкой из непроницаемых пород. Залезь нефти должна иметь замкнутый контур нефтеносности.

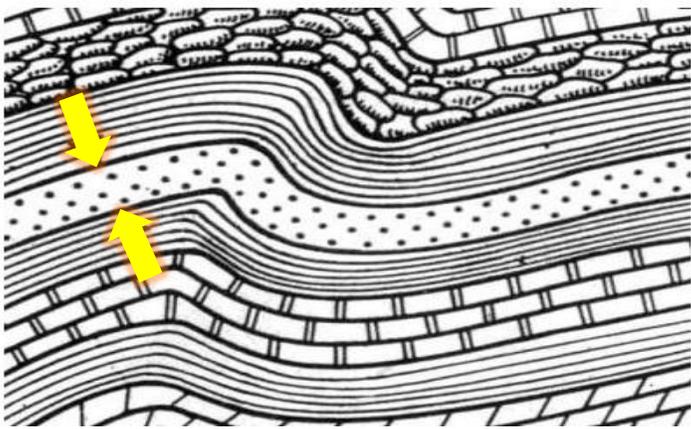
Геологический словарь

Месторождение – это совокупность залежей, расположенных территориально в пределах одной площади и приуроченных к единой тектонической структуре.

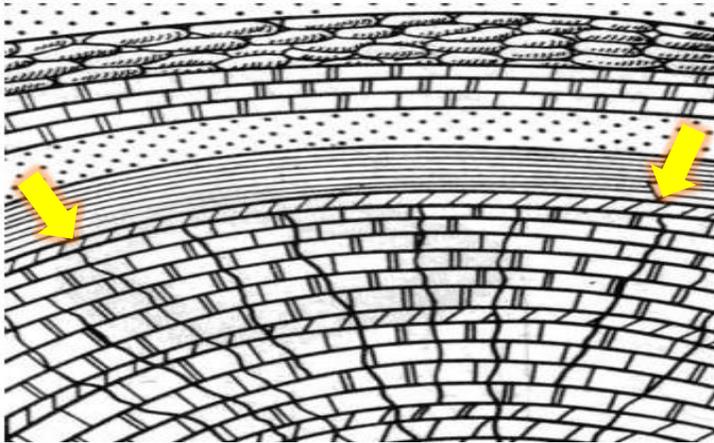
Нефтегазовая энциклопедия

Различают три основных типа резервуаров

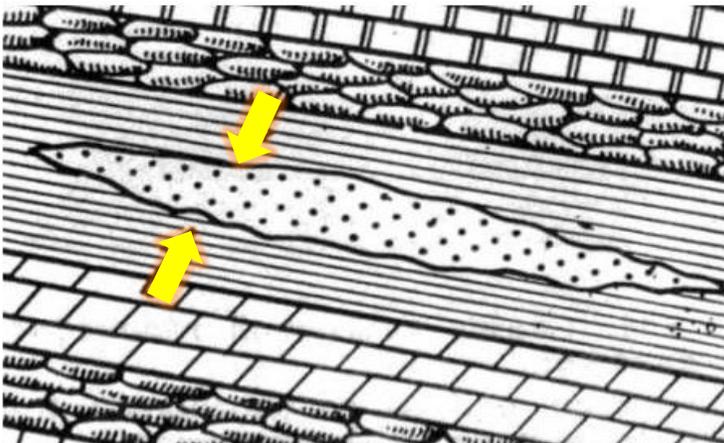
Пластовый резервуар – ограничены на значительном протяжении в кровле и подошве плохо проницаемыми породами.



Массивный резервуар – их размеры сопоставимы в трёх измерениях, ограничены со всех сторон плохо проницаемыми породами, представлены, например, рифовыми образованиями, структурными изгибами мощных толщ проницаемых пород.



Литологически ограниченный (линзовидный) резервуар – песчаные линзы среди глин, трещинные участки в различных плохо проницаемых породах.



Породы-коллекторы разного вещественного состава характеризуются соответствующим типом пустотного пространства – *поровым, трещинным, кавернозным, смешанным в разных сочетаниях*, что в целом определяет его структуру.

✓ *Поровый коллектор* (гранулярный) – коллектор в котором движение пластового флюида преимущественно происходит по поровым (капиллярным) каналам.

Характерен для: песка, песчаника, алевролита, глин, переотложенной карбонатной породы (в природе чаще всего встречается смешанный тип – порово-трещиноватых).

✓ *Трещиноватый коллектор* – коллектор, вмещающий жидкость, газ в трещинах.

Характерен для карбонатных пород (чаще всего встречается – трещиновато-каверновый тип).

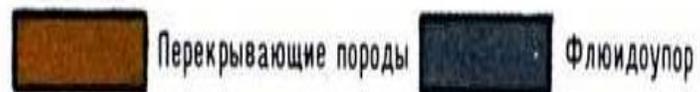
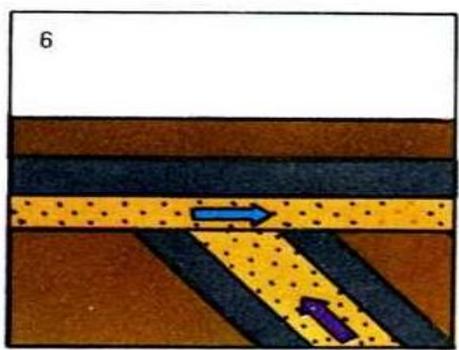
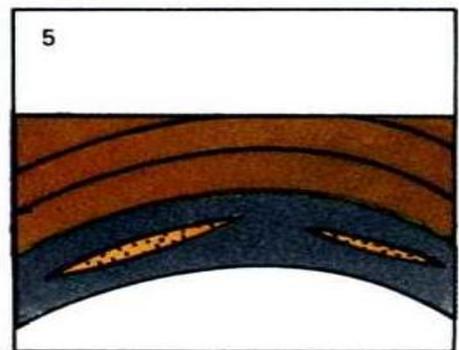
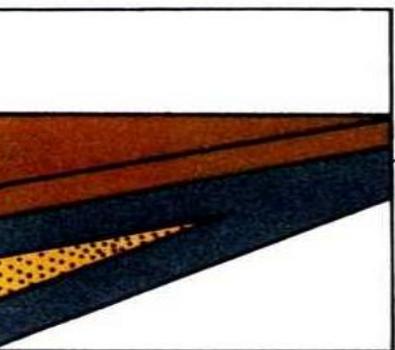
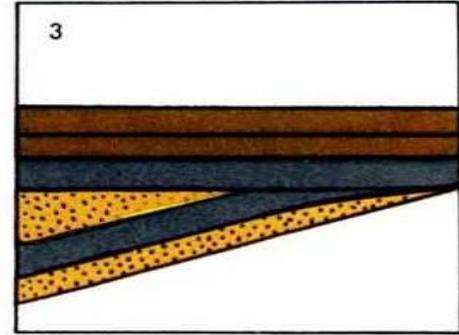
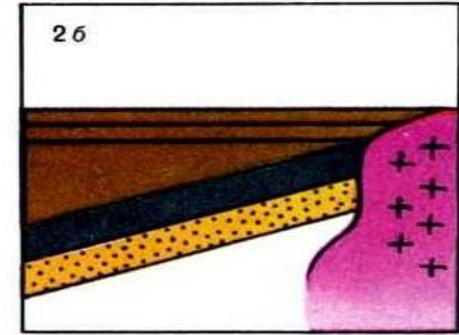
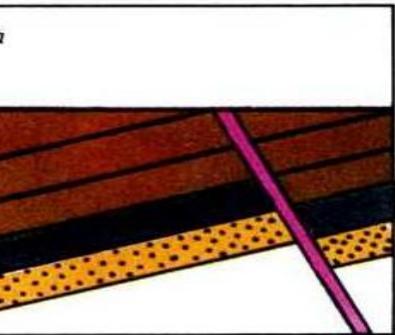
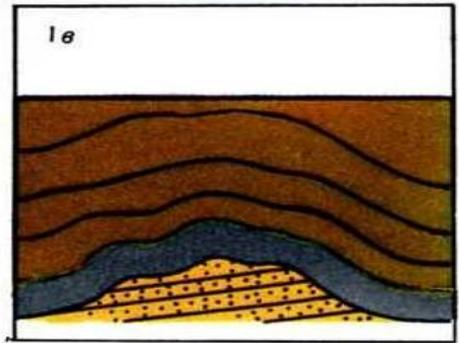
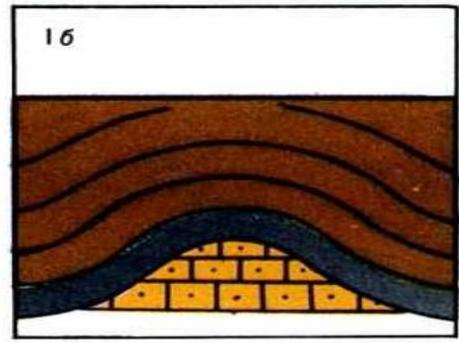
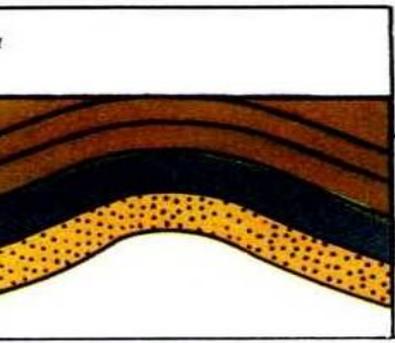
Покрышки – практически непроницаемые породы (обычно – глины, каменная соль, гипсы, а иногда известняки и мергели, не нарушенные трещинами).

Ловушки

1 – Структурные сводовые:
 а - в антиклиналях,
 б - в рифовом массиве (*останцовые*),
 в - в эрозионном выступе (*останцовые*);

2 – Структурные тектонически экранированные:
 а - экранированные сбросом,
 б - экранированные боковой поверхностью
 соляного массива, глиняного диапира, жерла
 грязевого вулкана или интрузивного массива;
 3 – Стратиграфически экранированные;

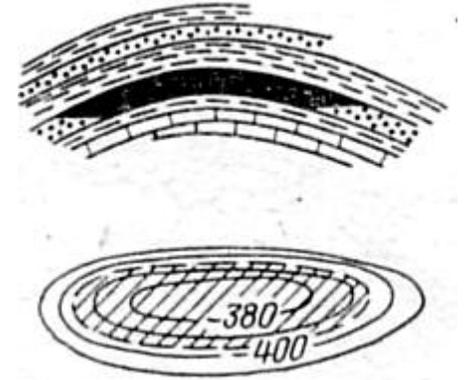
Литологические:
 4 – литологически экранированные;
 5 – литологически ограниченные
 (линзообразные);
 6 – Гидродинамические.



Залежи

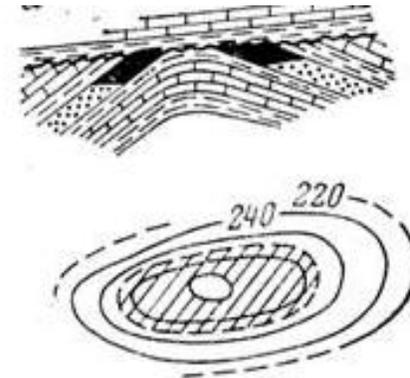
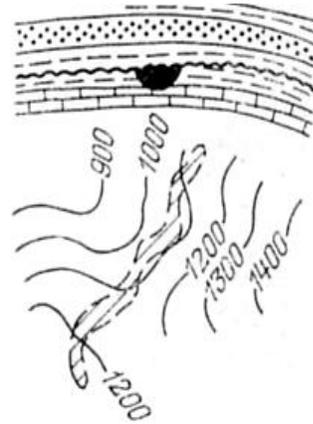
Структурные:

- Залежи антиклинальных и куполовидных структур (сводовые, висячие, тектонические экранированные, приконтактные)
- Залежи моноклиналей (экранированные разрывными нарушениями на моноклиналях, связанные с флексурными образованиями на моноклиналях, связанные со структурными носами на моноклиналях)
- Залежи синклинальных структур



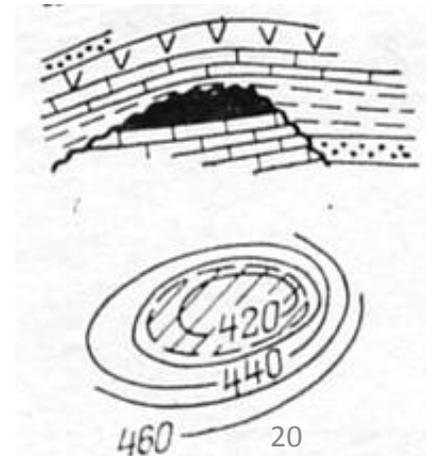
Литологические:

- Залежи литологически экранированные
- Залежи литологически ограниченные



Стратиграфические:

- Залежи в коллекторах срезанных эрозией и перекрытых непроницаемыми породами

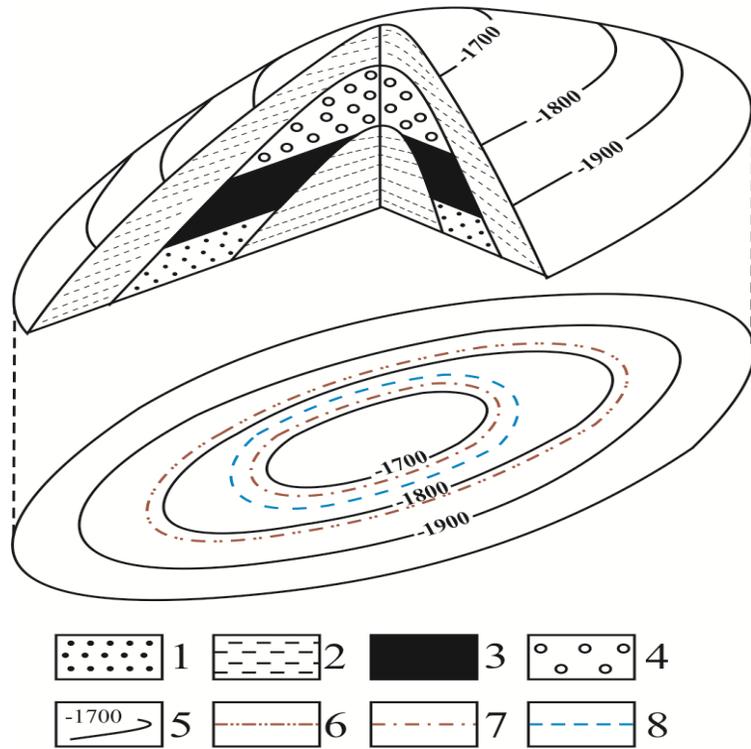


Рифогенные:

- Связанные с рифовыми массивами

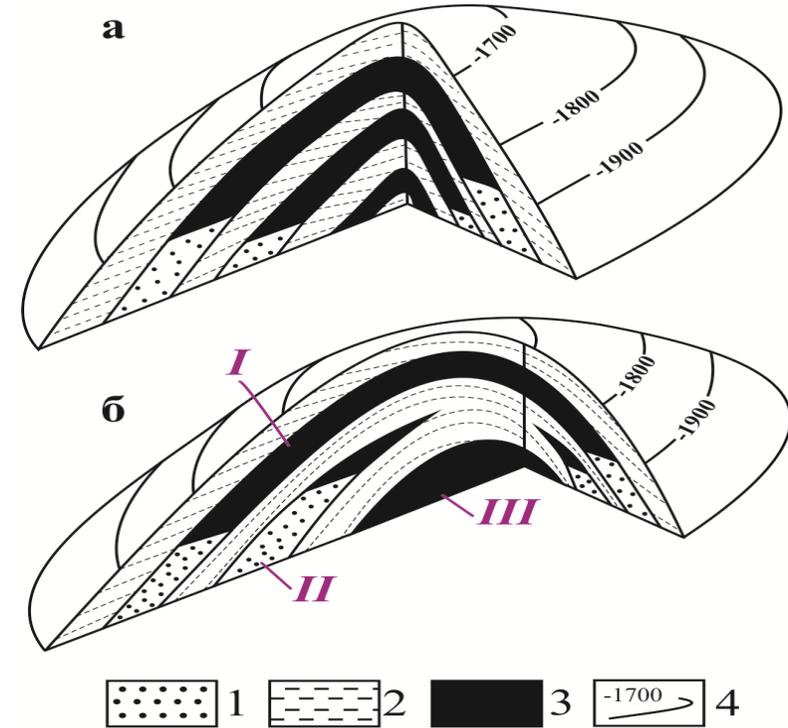
Модели месторождений

однозалежных (однопластовых)



1 – водонасыщенный коллектор; 2 – непроницаемая покрывка; 3 – нефть; 4 – газ; 5 – изогипсы структурной поверхности в м; 6 – внешний контур нефтеносности; 7 – внутренний контур нефтеносности; 8 – контур газоносности.

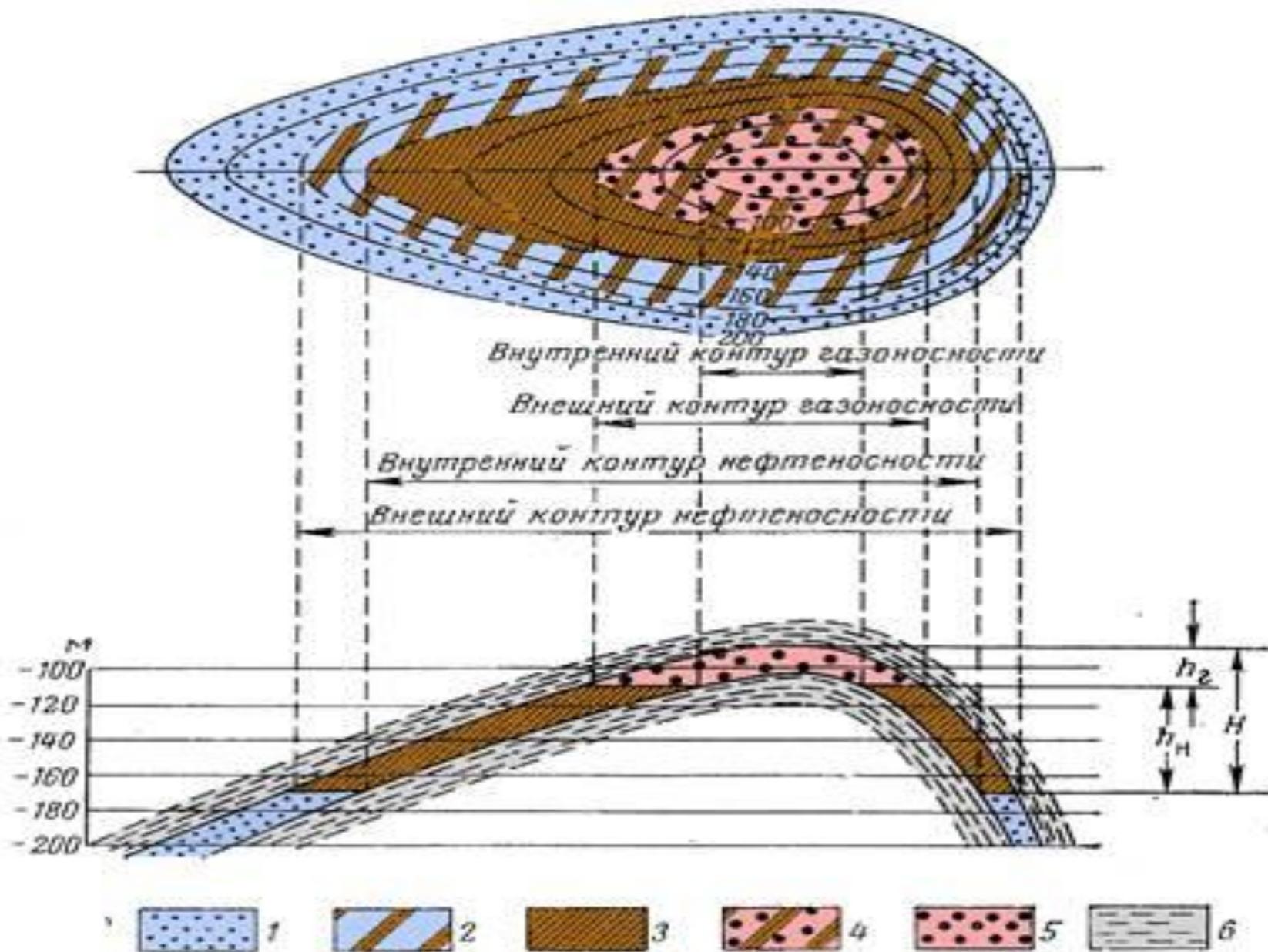
многозалежных (многопластовых)



Сочетание залежей: а – пластово-сводовых; б – пластово-сводовой (I), пластовой, литологически ограниченной (II) и массивной (III).

1 – водонасыщенный коллектор; 2 – непроницаемые покрывки; 3 – нефть; 4 – изогипсы структурной поверхности в м.

Схема пластовой сводовой залежи



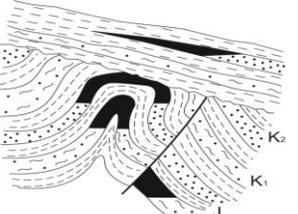
Части пласта:

- 1** - водяная,
- 2** - водонефтяная,
- 3** - нефтяная,
- 4** - газонефтяная,
- 5** - газовая;
- 6** – породы-коллекторы;
- H - высота залежи;
- n_2 - высоты газовой шапки части залежи
- n_1 - высоты шапки нефтяной части залежи

По величине начальных извлекаемых запасов нефти и газа месторождения подразделяются на **пять групп**:

Полезное ископаемое	Единица измерения	Группы месторождений				
		уникальные	крупные	средние	мелкие	очень мелкие
Нефть	млн. т	> 300	30 - 300	5 - 30	1 - 5	< 1
Газ	млрд. м ³	> 300	30 - 300	5 - 30	1 - 5	< 1

По сложности геологического строения, условиям залегания и выдержанности продуктивных пластов независимо от величины запасов месторождения (залежи) разделяются на **три типа**:

Тип месторождения (залежи)	Описание
Простого строения 	однофазные, связанные с ненарушенными или слабонарушенными структурами, продуктивные пласты характеризуются выдержанностью толщин коллекторов и фильтрационно-емкостных свойств по площади и разрезу;
Сложного строения 	одно- и двухфазные, продуктивные пласты характеризуются невыдержанностью толщин коллекторов и фильтрационно-ёмкостных свойств продуктивных пластов по площади и разрезу или наличием литологических замещений коллекторов непроницаемыми породами, либо тектонических нарушений;
Очень сложного строения 	одно- и двухфазные, продуктивные пласты характеризуются невыдержанностью толщин коллекторов и фильтрационно-ёмкостных свойств продуктивных пластов по площади и разрезу, наличием литологических замещений коллекторов непроницаемыми породами, развитием тектонических нарушений, а также коллекторами со сложной структурой порового пространства.

Фильтрационно-ёмкостные свойства породы: пористость, проницаемость

Коллекторами нефти и газа являются такие породы, которые способны вмещать нефть и газ и отдавать их при разработке.

Полная пористость учитывает весь объем пустот в породе, **открытая** объем пор связанных между собой, **эффективная** учитывает часть объема связанных между собой пор насыщенных нефтью и **динамическая** учитывает тот объем нефти который будет перемещаться в процессе разработки залежи.

Проницаемость пористой среды – это способность пропускать жидкость или газ при перепаде давления.

Измерение пористости

Для образцов пород

- Цилиндрики керна, полный керн (для конгломератов или кавернозных карбонатов) или керн, выбуренный из стенки скважины:
 - Ртутная порометрия;
 - CAT сканер .
- Горизонтальный срез керна:
 - Визуальная оценка или CAT Scanner.

Каротажи в открытом стволе

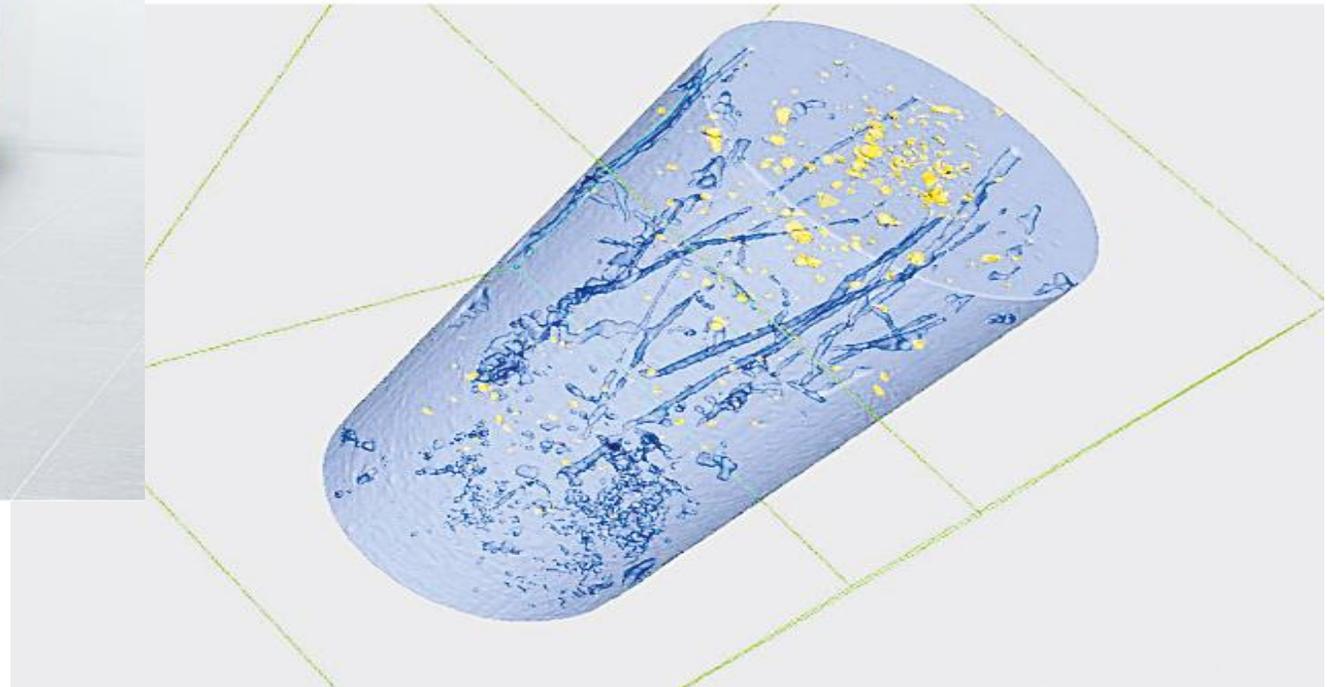
Измерение пористости в скважинах (пластовых условиях):

- Нейтронный каротаж;
- Акустический каротаж;
- Плотностной каротаж.

Рентгеновский компьютерный томограф керна в пластовых условиях «РКТ-225-ПЛ»

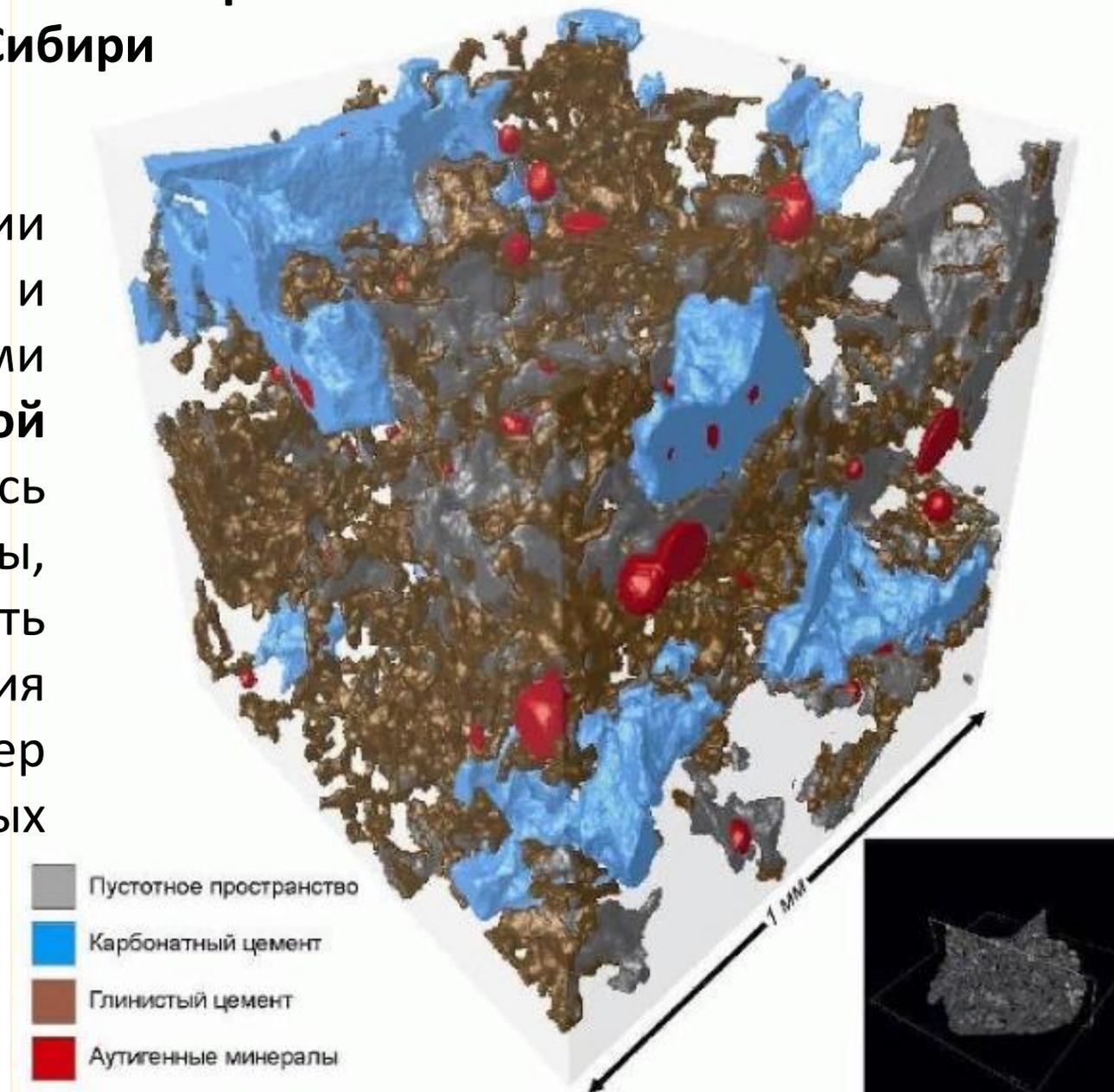


Томограф предназначен для томографии
керна, включая полноразмерный, в
пластовых условиях.

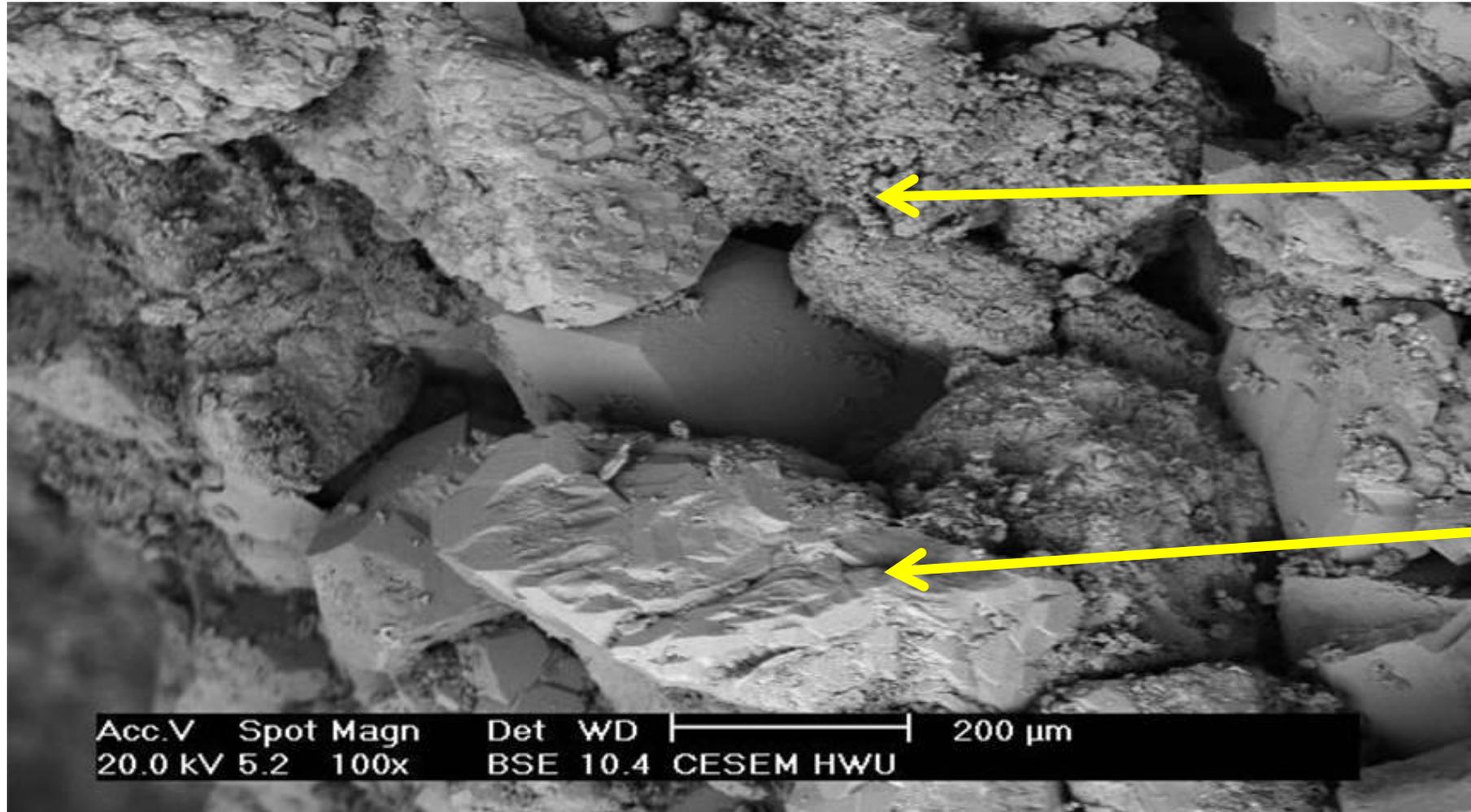


Верхняя часть тюменской свиты Урненского нефтяного месторождения Западной Сибири

На основе результатов интерпретации карт распределения элементов и сопоставления их с данными компьютерной рентгеновской микротомографии, создавались объемные 3D модели породы, позволяющие проводить стереологический анализ строения горной породы и оценивать характер взаимоотношения ее отдельных компонент



Вертикальный масштаб: 0.00001 м



Каолинит

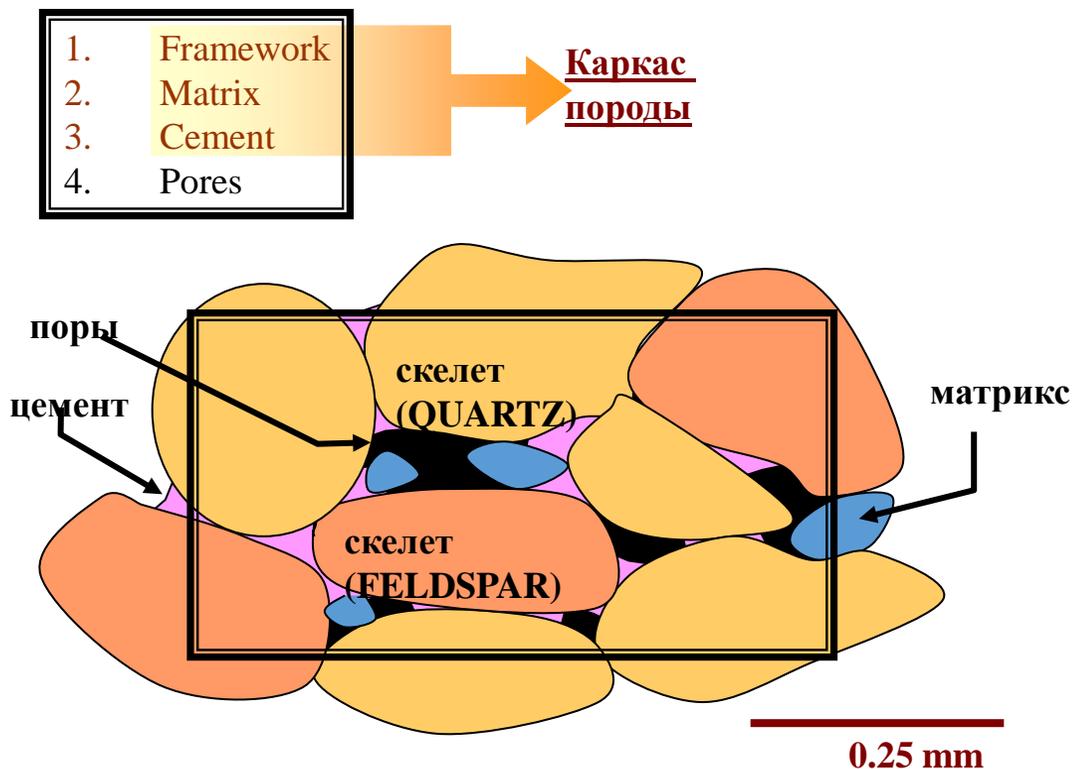
Кварц

Крапивинское
месторождение , скв.314

Источник: Scanning Electron Microscope Study - Jim Buckman; Heriot-Watt Institute of Petroleum Engineering

Строение терригенной осадочной породы

ЧЕТЫРЕ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТА,
СЛАГАЮЩИХ ПЕСЧАНИКИ



❖ **Framework** – скелетный каркас

Песок (алеврит); обломки пород

❖ **Matrix** – м/т/з материал

Обломочный материал алевритовой и глинистой размерности

❖ **Cement** – цемент

Химически осаждённый материал, заполняющий пространство между зёрнами; материал, образующийся в течение захоронения осадка; привнесённый при растворении

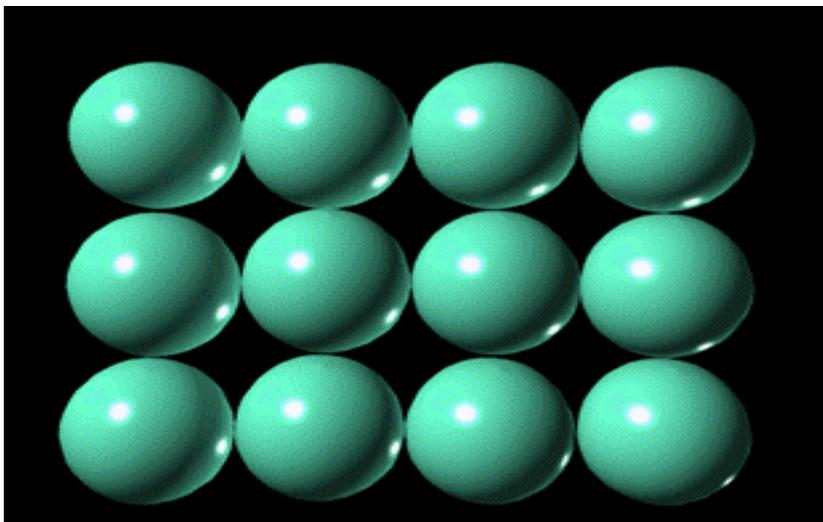
❖ **Pores** – поры

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

Пористость осадка изменяется в зависимости от способа **упаковки** его зёрен.

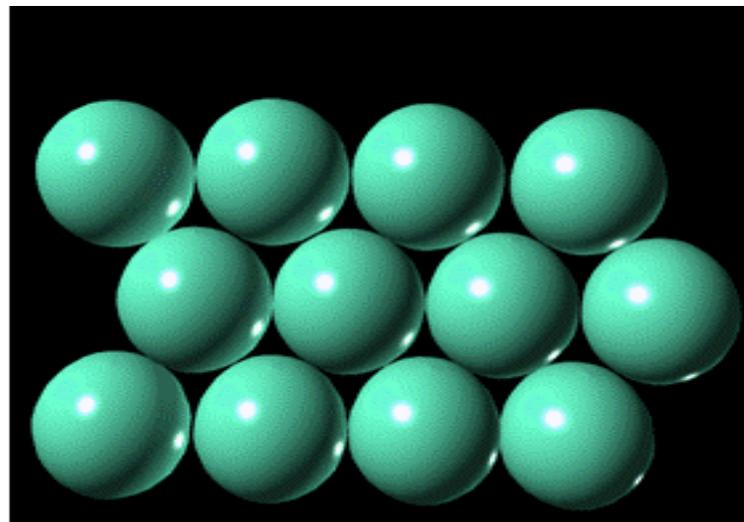
Теоретически имеется три геометрических способа упаковки сфер одинакового размера:

Porosity = 47,7%



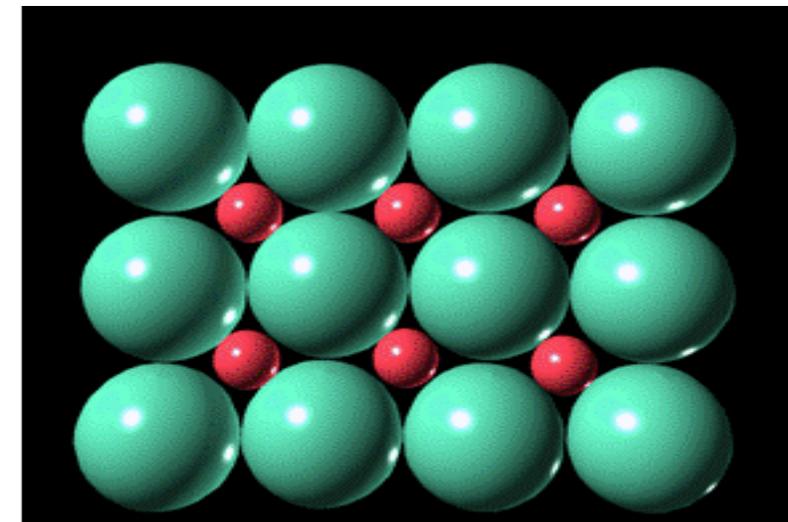
Кубическая упаковка

Porosity = 25,96 %



Ромбоэдрическая упаковка

Porosity = 14%

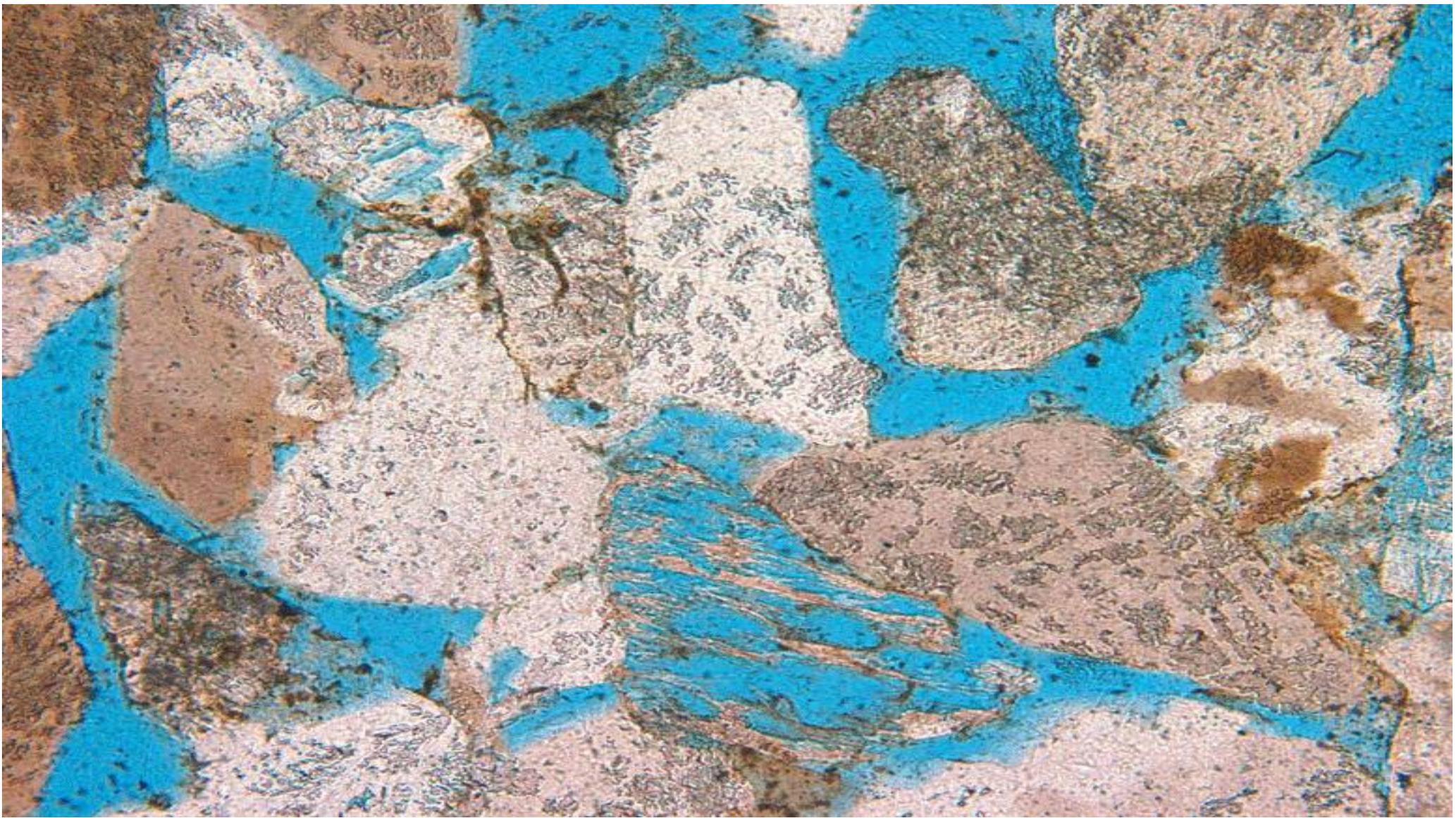


*Упаковка зёрнами
двух размеров*

Грубозернистые песчаники

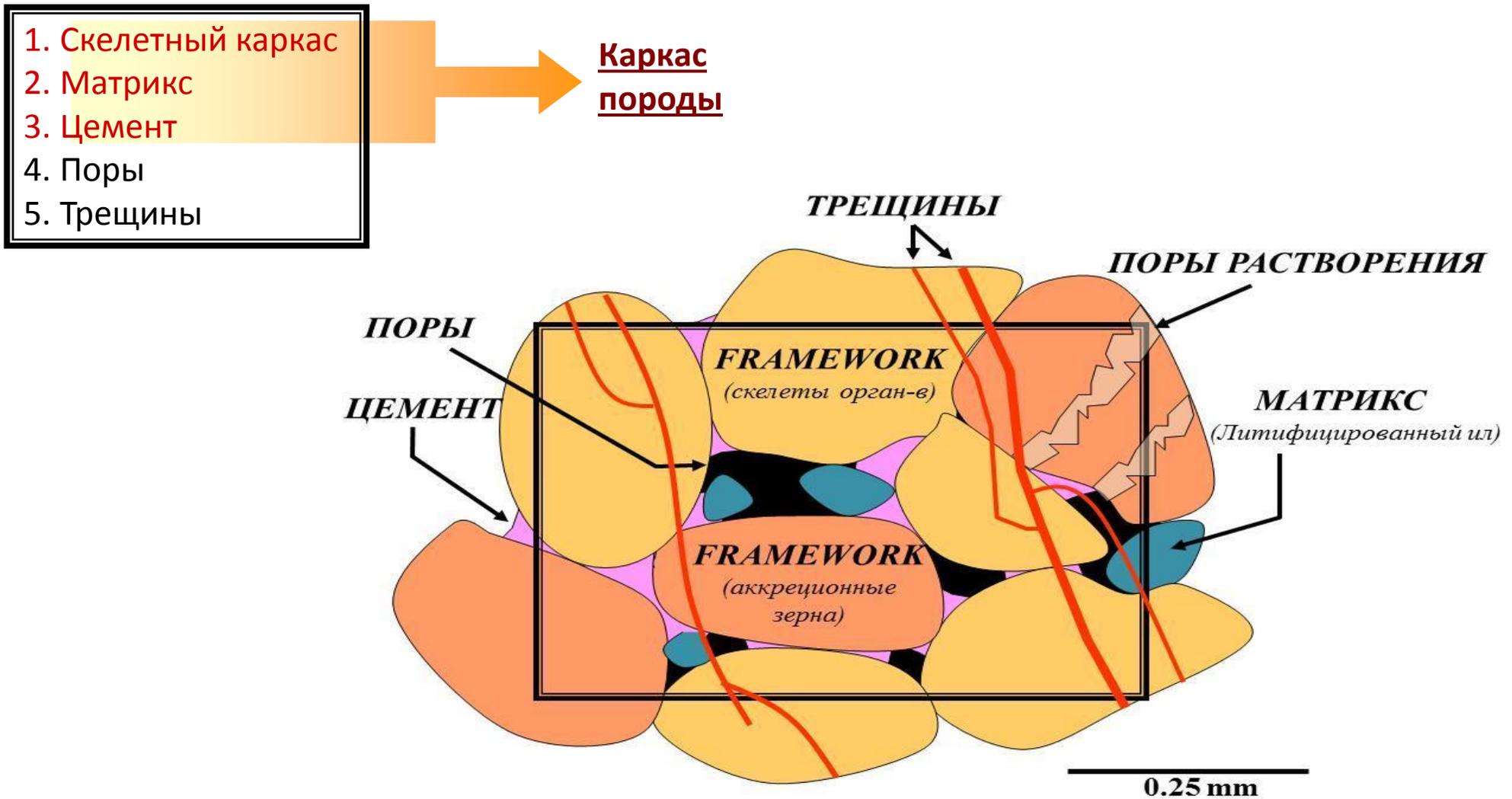
/ Very coarse Sandstone





Западно-Моисеевская пл., скв. 31-П. Пористость – 40 %, великолепная, зерна растворенных ПШ вплоть до образования реликтов. Пористость вторичная. Фото: Жуковской Е.А.

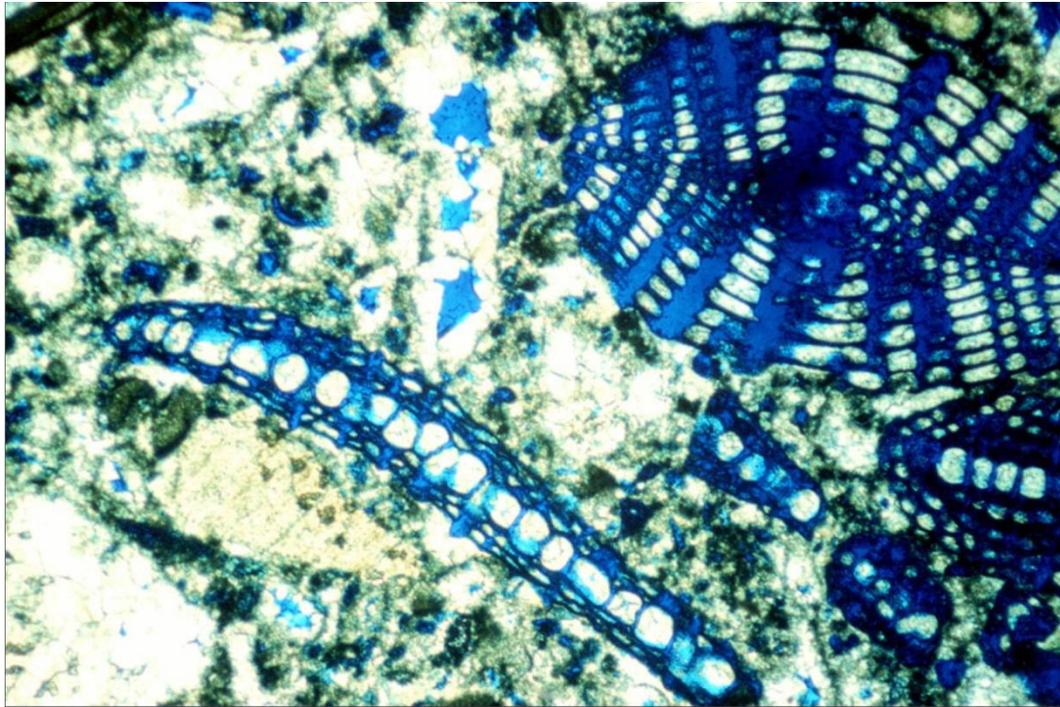
Строение карбонатной осадочной породы



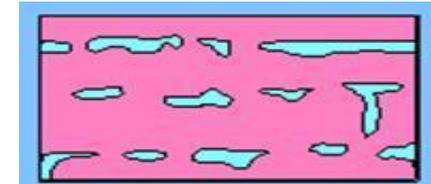


Moldic

Пористость отпечатков /
Moldic porosity

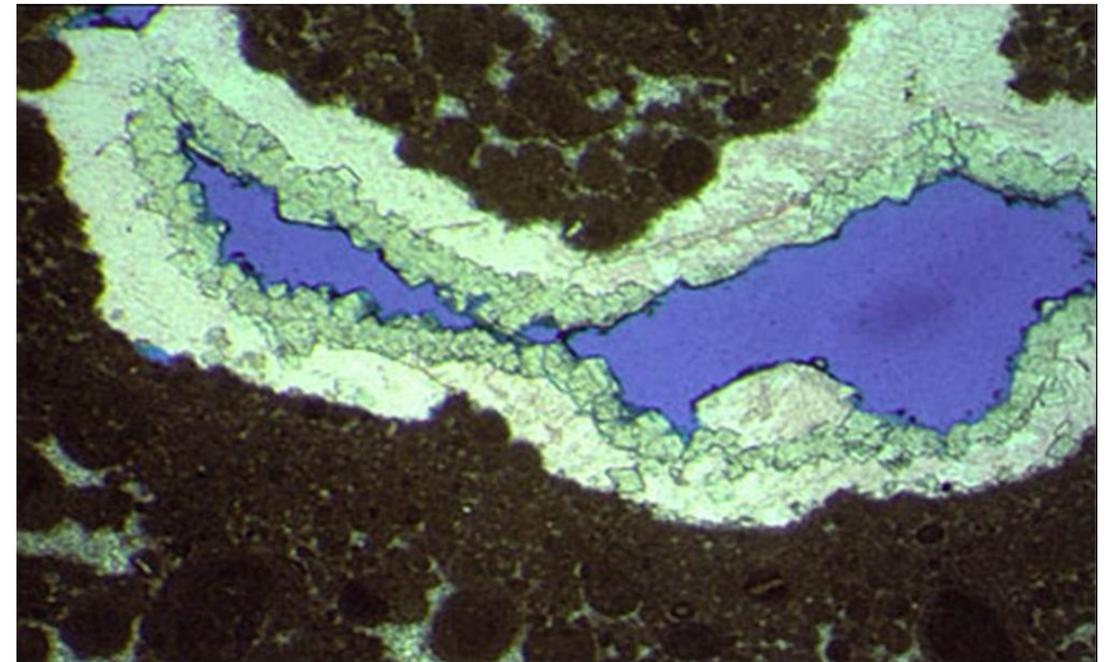


Источник: Carbonate Porosity
(<http://www.sepmstrata.org/page.aspx?pageid=480>)



Fenestral

Пористость фенестральная / **Fenestral porosity** – крупномасштабная пористость каркаса, возникающая при растворении водорослевых микритовых отложений.



Известняк нуммулитовый



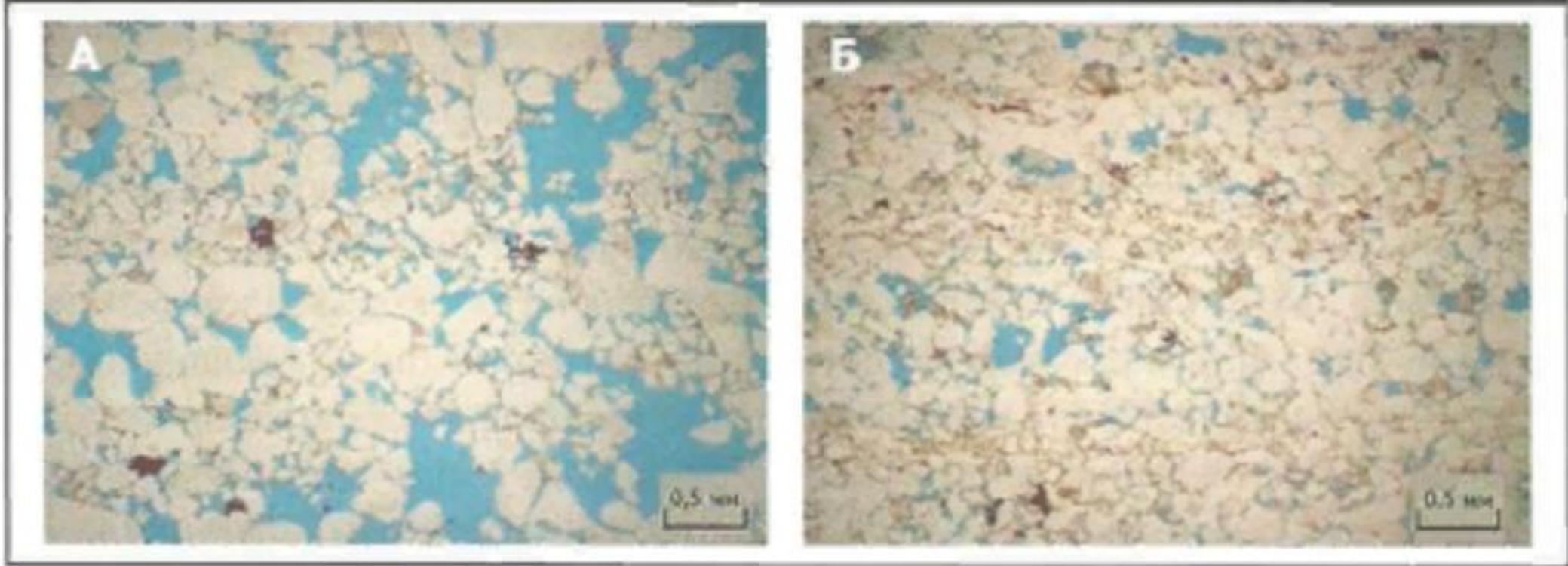
Многочисленные разнонаправленные раковины Nummulites, сложенных кальцитом. Цемент однородный, кальцитовый. Структура зоогенная, биоморфная. Текстура неяснослоистая

Источник: петрографический справочник-определитель

(http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Материал: А.Е.Рыжов. Особенности строения пустотного пространства пород-коллекторов ботубинского горизонта Чайндинского месторождения // журнал "Геология нефти и газа" № 4, 2011

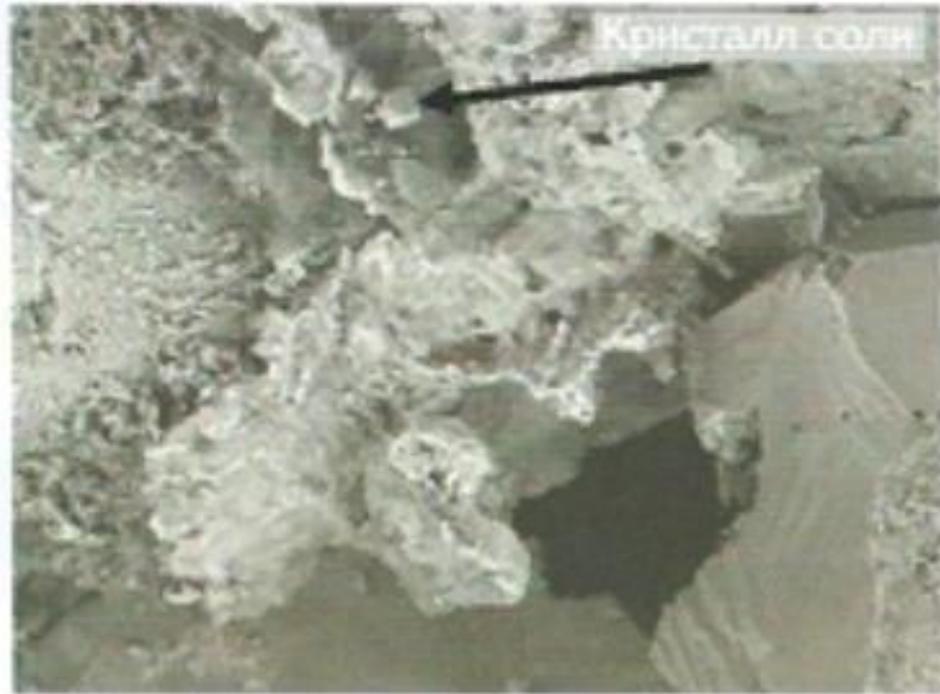
Рис. 4. ФОТО ШЛИФОВ ПОРОД, ПРОКРАШЕННЫХ СМОЛОЙ



А – однородная структура – песчаник кварцевый, мелко-крупнозернистый ($K = 503,4 \cdot 10^3 \text{ мкм}^2$, $m = 20 \%$, глубина 1985 м, скв. 321-40), Б – микрослоистая структура – переслаивание песчаника кварцевого, мелко-среднезернистого и алев-ролита ($K = 10^2 \text{ мкм}^2$, $m = 11,6 \%$, глубина 1979,95, скв. 321-40)

Материал: А.Е.Рыжов. Особенности строения пустотного пространства пород-коллекторов ботубинского горизонта Чайндинского месторождения // журнал "Геология нефти и газа" № 4, 2011

**Рис. 2. ЭЛЕКТРОННЫЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИЕ СНИМКИ СКОЛОВ
ОБРАЗЦОВ КВАРЦЕВЫХ ПЕСЧАНИКОВ ИЗ РАЗРЕЗА скв. 321-40
(растровая электронная микроскопия)**



А



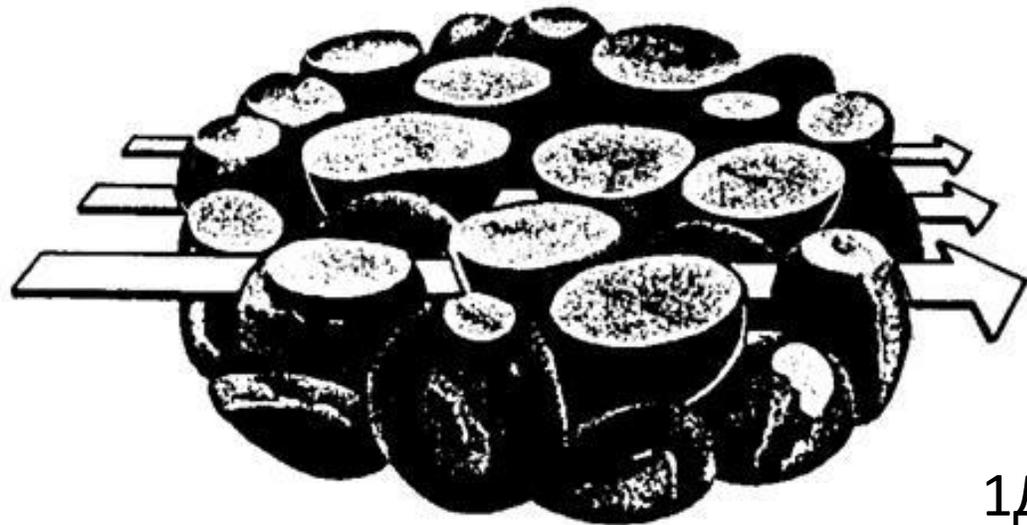
Б

Песчаник: *А* – средне-мелкозернистый, *Б* – крупно-среднезернистый

Проницаемость горных пород в случае линейной фильтрации определяется по закону Дарси:

$$Q = k_{\text{пр}} \frac{F(P_1 - P_2)}{\mu L}$$

где Q – объемный расход жидкости в $\text{м}^3/\text{с}$; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент проницаемости в м^2 ; F – площадь поперечного сечения в м^2 ; μ – вязкость флюида в $\text{Па}\cdot\text{с}$; L – длина пути в см ; $(P_1 - P_2)$ – перепад давления в Па .



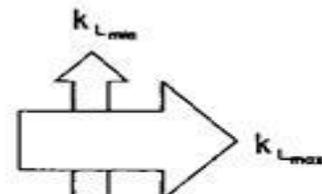
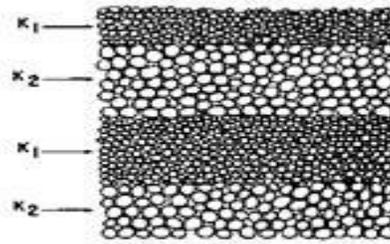
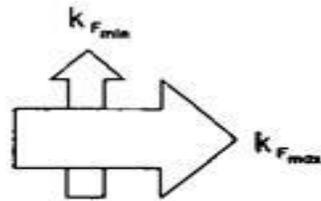
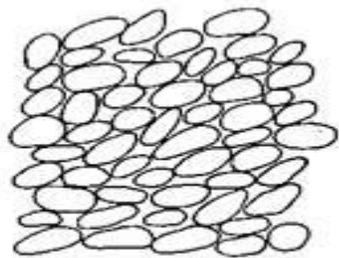
Коэффициент проницаемости

$$K_{\text{пр}} = \frac{Q\mu l}{\Delta p S},$$

$$1\text{Д} \approx 1.02 \cdot 10^{-3} \text{ мкм}^2 \approx 1.02 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2 \approx 1000 \text{ мД.}$$

Анизотропия проницаемости

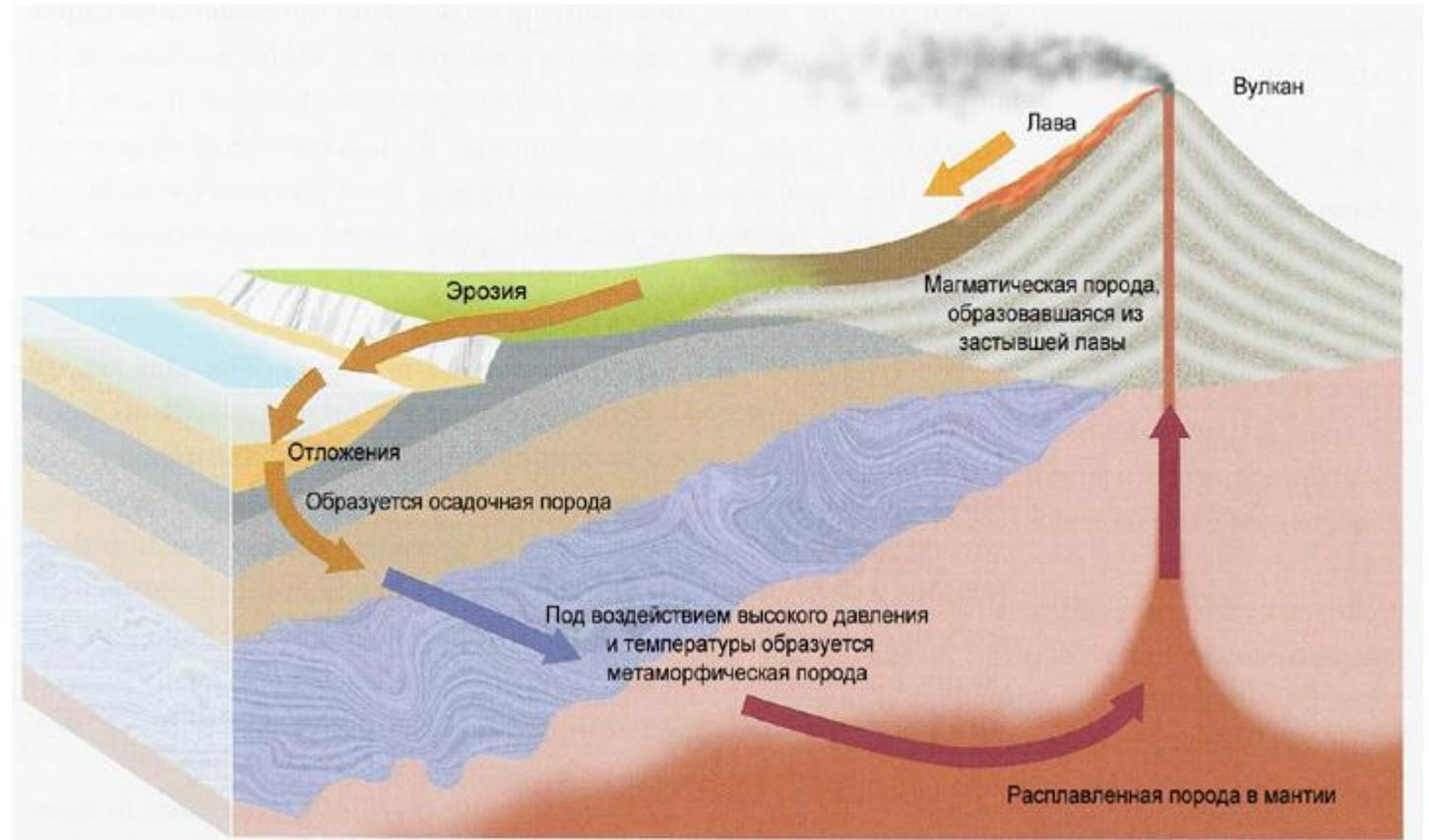
- Слоистость
- Прерывистость глин
- Сообщаемость песчаных тел
- Диагенетические конкреции



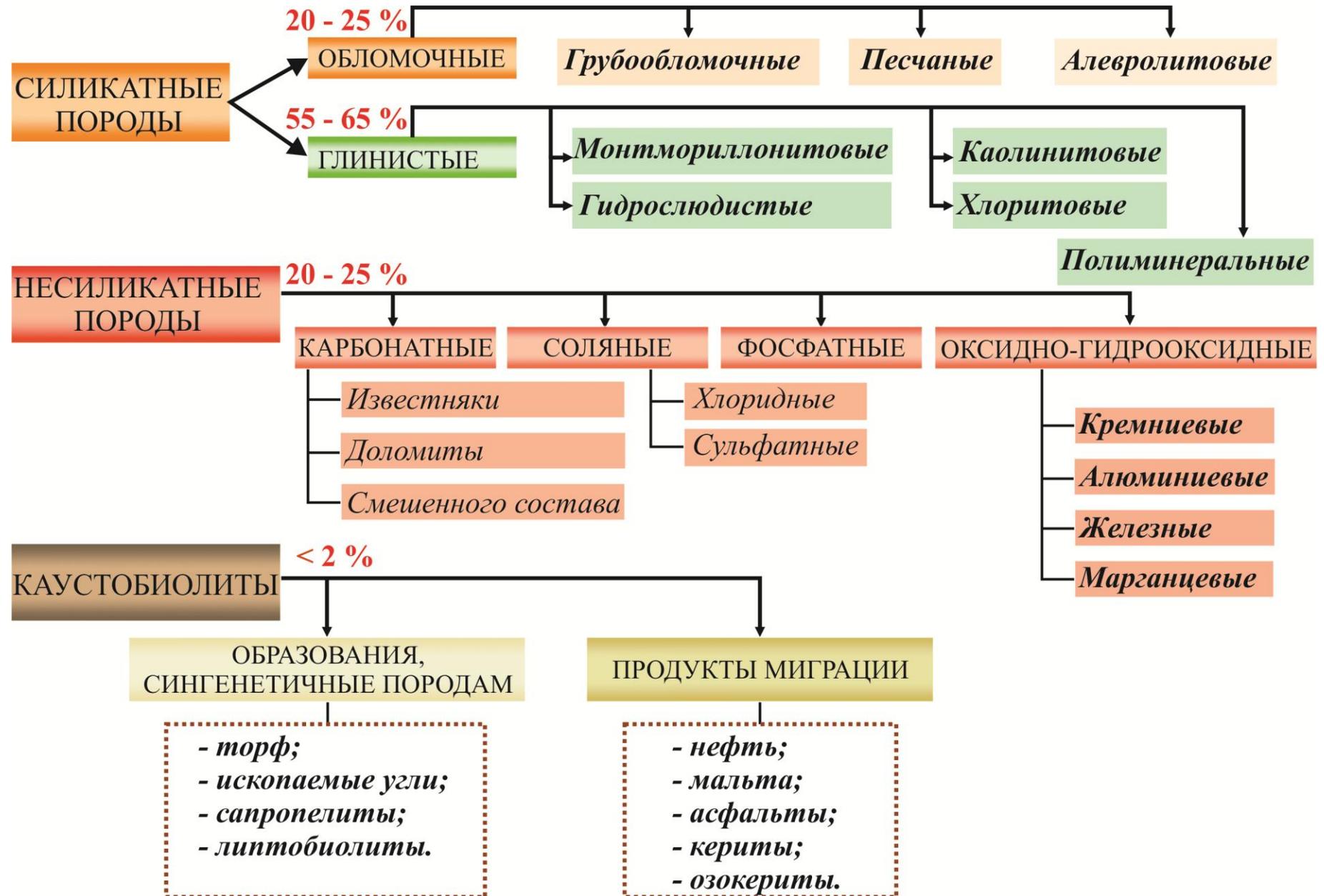
Осадочные горные породы

Горные породы – плотные или рыхлые агрегаты, слагающие земную кору, состоящие из однородных или различных минералов, либо минералов и обломков других пород.

Осадочные горные породы – формируются во всех обстановках осадконакопления; образуют разнообразные по генезису и морфологии тела и являются главным объектом изучения геологов – нефтяников.



Классификация осадочных горных пород



Силикатные породы

Группа пород	Рыхлые осадочные горные породы (<i>Unconsolidated rocks</i>)		Сцементированные осадочные горные породы (<i>Consolidated rocks</i>)	
	Обломки неокатанные (<i>angular pebbles</i>)	Обломки окатанные (<i>rounded pebbles</i>)	Обломки неокатанные (<i>angular pebbles</i>)	Обломки окатанные (<i>rounded pebbles</i>)
Псефиты >100 (200)	Глыба (block)	Валуны (boulder)	Глыбовая брекчия (block breccia)	Валунный конгломерат (boulder conglomerate)
10 – 100 (200)	Щебень (scree)	Галечник (cobble, boulder bed)	Брекчия (breccia)	Конгломерат (conglomerate)
1(2) – 10	Дресва (gruss)	Гравий (gravel)	Дресвянник (grusstone)	Гравелит (gravelstone)
Псаммиты 0,1 – 1 (2)	Песок (sand)		Песчанник (sandstone)	
Алевриты 0,01 – 0,1	Алеврит (лёсс) (loess)		Алевролит (aleurolite)	
Пелиты <0,01 (0,005)	Глина (clay)		Аргиллит (argillite)	

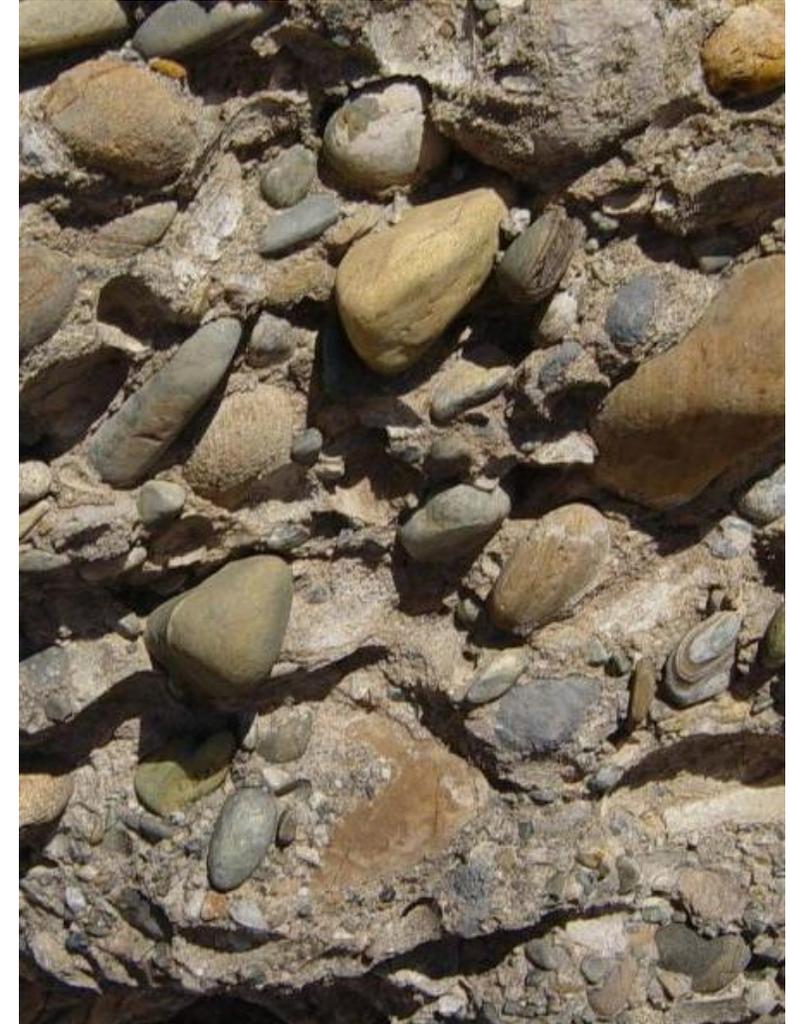
Валуны



Щебень



Конгломераты



Класс песчаных пород (псаммиты)

Псаммиты (от греч. *psammites* – *песчаный*) – песчаные породы – это породы, состоящие на 50 % и более из зёрен минералов и обломков горных пород размером от 0,05 до 1 мм (0.0625 и 2 мм).

Грубозернистые песчаники / **Very coarse Sandstone**



Среднезернистый песчаник / **Medium Sandstone**



Грубозернистый песчаник / **Coarse Sandstone**



Мелкозернистый песчаник / **Fine Sandstone**

Класс алевролитовых пород

Породы, состоящих из мелкообломочного материала с размером зёрен от 0,1 до 0,01 мм. Рыхлые разновидности называются **Алевритом / Silt**, сцементированные – **Алевролитом / Siltstone**.



Класс глинистых пород

Глинистые породы – это породы, которые более чем наполовину слагаются глинистыми минералами.

По степени уплотнения образуют следующий ряд:

Глины

Уплотненные глины

обладают пластичностью

Аргиллитистые глины

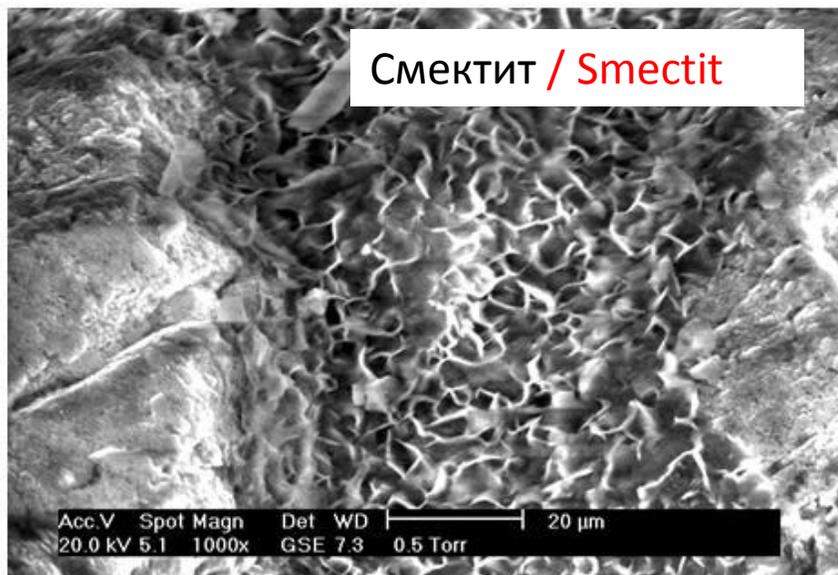
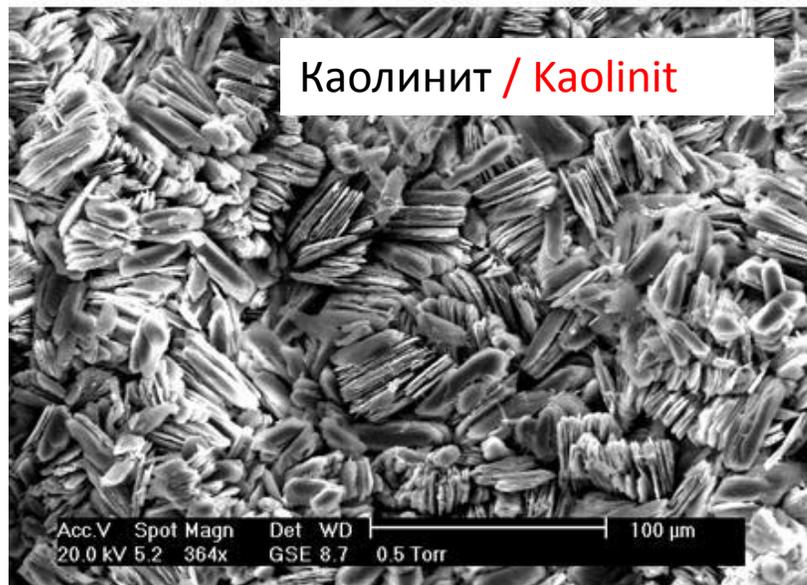
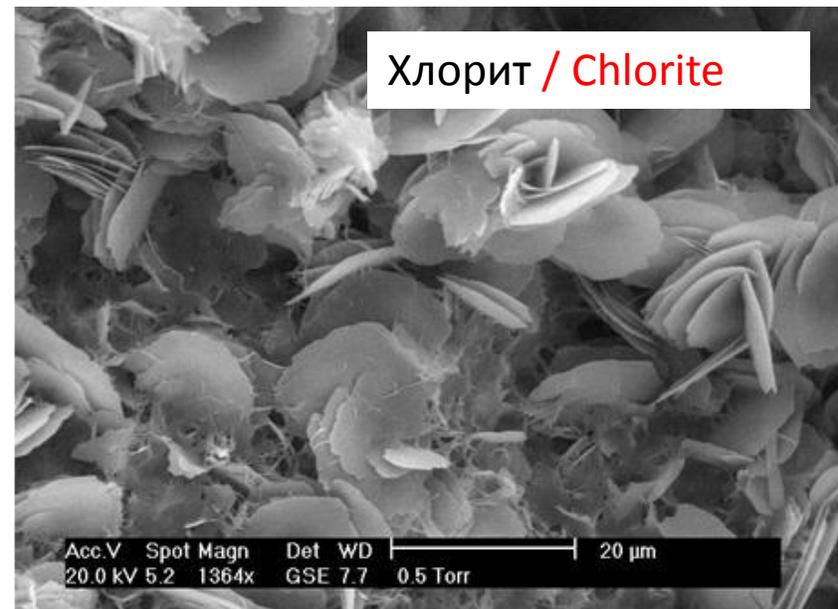
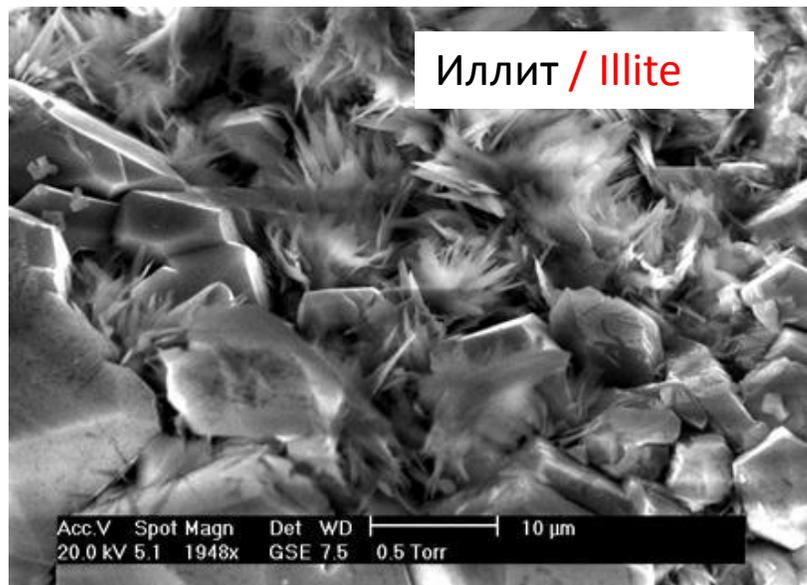
Аргиллиты

Сланцеватые аргиллиты

Глинистые сланцы



Наиболее важные минералы



❖ **Группа каолинита.**

- **Каолиновые глины** в воде не разбухают, имеют белый или светло-серый цвет, жирны на ощупь, нередко ассоциируются с углистым веществом.

❖ **Группа монтмориллонита (смектита).**

- **Монтмориллонитовые глины** имеют светло-серый цвет с желтовато-зеленоватыми оттенками, на ощупь тощие или жирные, имеют раковистый излом. В воде сильно разбухают, быстро впитывают воду, иногда с повышением температуры увеличиваются в объеме и превращаются в гель.
- **Бейделлитовые глины** сходны с монтмориллонитами; окраска их имеет желтовато-зеленый оттенок, в воде разбухают, но слабее монтмориллонитовых глин.

❖ **Группа гидрослюд (иллитов).**

- **Гидрослюдистые глины** (большая часть глинистых пород) в воде не разбухают, особых визуально-отличительных признаков не имеют, за исключением глауконитовых глин темно-зеленого цвета, которые можно спутать с хлоритовыми.

!!! глауконит

❖ **Группа хлоритов.**

- **Хлоритовые глины**, развиты существенно меньше, чем другие глинистые минералы, но состав очень различен из-за широко развитых изоморфных замещений.

Несиликатные породы

Класс карбонатных пород

Породы, представленные карбонатными минералами угольной кислоты H_2CO_3
Наиболее распространенные породообразующие минералы: **кальцит** – CaCO_3 ,
доломит – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$; сидерит – FeCO_3 ; магнезит – MgCO_3 ; родохрозит – MnCO_3

Известняки: обломочные, органоогенный, хемогенные

Карбонатная порода, состоящая преимущественно из CaCO_3 (карбоната кальция) или кальцитовых скелетных остатков организмов, редко – из арагонита

Доломиты: хемогенные и метасоматические

Карбонатные породы, состоящие более чем на 50 % из доломита $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Биокластический известняк (обломки криноидей)



Источник: Палеонтолого-стратиграфический музей кафедры динамической и исторической геологии. Санкт-Петербургского государственного университета

(http://www.paleostratmuseum.ru/stud_coll_ind_sedim_edu_2.html)

Известняк с трилобитом



Порода, сложенная кальцитом содержит фрагмент щита крупного (10 см) трилобита и его обломков. Структура известняка пелитоморфная, органогенно-детритовая. Текстура неяснослоистая. *Источник:* петрографический справочник-определитель (http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Известняк фораминиферовый (милиолиновый)



Для породы характерно присутствие многочисленных породообразующих раковин фораминифер, сцементированных карбонатным веществом. Структура органогенная, биоморфная. Текстура слоистая, пористая. *Источник:* петрографический справочник-определитель (http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Известняк оолитовый



Порода состоит из кальцитовых округлых, реже овальной формы оолитов (0,5 мм), сцементированных кальцитовым цементом. Структура оолитовая. Текстура неясно слоистая, скорлуповатая. *Источник:* петрографический справочник-определитель (http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Туф известковый



Лёгкая, твёрдая, пористая порода, состоящая из кальцита. Структура инкрустационная. Текстура губчатая..

Источник: петрографический справочник-определитель (http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Доломит мелкозернистый



Порода плотная, сливная, сложена мелкозернистым однородным доломитом. Цемент глинисто-карбонатный. Структура кристаллическизернистая.

Текстура массивная. *Источник:* петрографический справочник-определитель
(http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)

Доломит с пустотами выщелачивания каменной соли



В породе видны пустоты выщелачивания кубических кристаллов каменной соли. Минеральный состав: доломит. Структура тонкозернистая. Текстура выщелачивания. *Источник:* петрографический справочник-определитель (http://rockref.vsegei.ru/petro/pages/Sedimentary_rocks/carbonaceous_group/limestone.html)