



**ФЕС и ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПОРОД
(ПРЕЗЕНТАЦИЯ ЛЕКЦИЯ № 3)
(ПОРИСТОСТЬ)**

Лектор: доцент Дахнов А.В.
Кафедра исследования нефтегазовых пластовых
СИСТЕМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

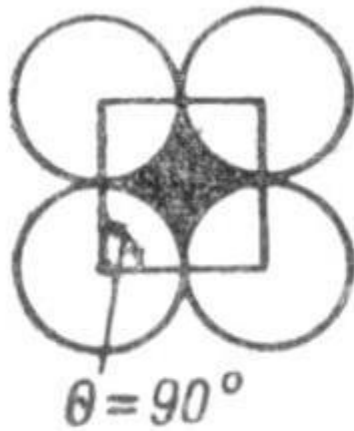
ПОРИСТОСТЬ-

СПОСОБНОСТЬ ПОРОД СОДЕРЖАТЬ
РАЗНЫЕ НЕ ЗАПАЛНЕННЫЕ ТВЕРДОЙ
ФАЗОЙ ОБЪЕМЫ $V_{\text{пор}}$ В ЕДИНИЦЕ
ОБЪЕМА СУХОЙ ПОРОДЫ V_c

$$K_{\text{п}} = V_{\text{пор}} / V_c (\%, \text{ д.е.})$$

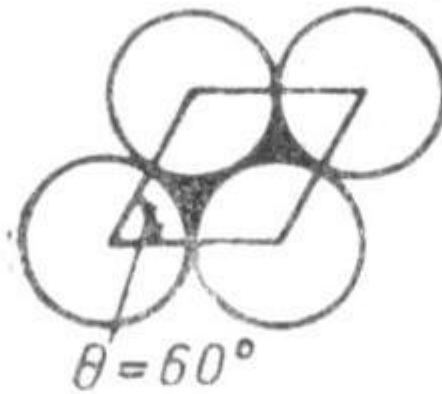
ПОРИСТОСТЬ – ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ СВОЙСТВО
ПОРОДЫ, КОТОРОЕ ОПРЕДЕЛЯЕТ
БОЛЬШИНСТВО ЕЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

УПАКОВКА ЗЕРЕН



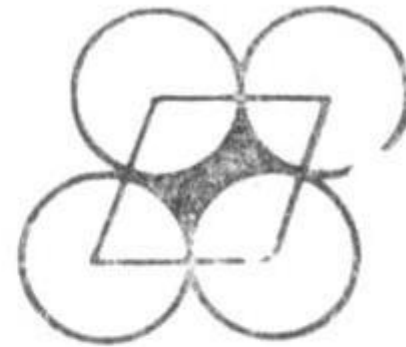
a

кубическая



b

ромбоэдрическая



b

промежуточная

$$K_n = V_{\text{пор}} / V_c. \quad V_{\text{пор}} = 8d^3 - \pi d^3/6;$$

$$V_c = 8d^3; \quad \rightarrow$$

$$K_n = 1 - \pi / 6;$$

$$K_n = 1 - \pi / 6(1 - \cos\theta)\sqrt{1 + \cos\theta}$$

$$\cos 90 = 0;$$

ВИДЫ ПОРИСТОСТИ

ПОРИСТОСТЬ РАЗЛИЧАЕТСЯ:

- ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ;**
- ПО ФОРМЕ;**
- ПО РАЗМЕРУ**

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПОР

- ПЕРВИЧНЫЕ;

- ВТОРИЧНЫЕ

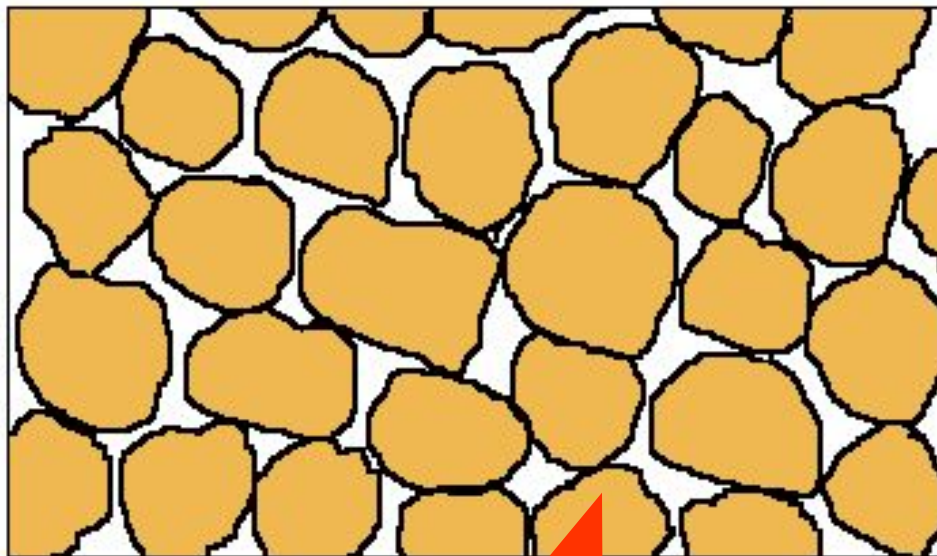
ПЕРВИЧНЫЕ ПОРЫ

ВОЗНИКАЮТ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ПОРОДЫ:

- СТРУКТУРНЫЕ (МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ КЛАСТИЧЕСКИХ ПОРОД)
- МЕЖКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ
- ПОРЫ, ОСТАВШИЕСЯ ПОСЛЕ РАЗРУШЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА (РАСТАНИЙ, ЖИВОТНЫХ И Т.Д.)
- ПОРЫ, ОБРАЗОВАННЫЕ ПУЗЫРЬКАМИ ГАЗОВ, И Т.Д.

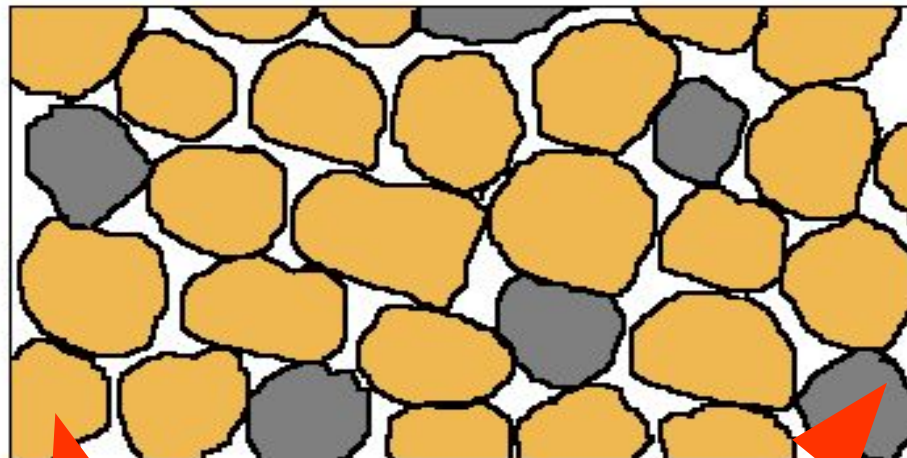
**ТИПИЧНЫ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ,
ДЛЯ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД**

ПЕРВИЧНЫЕ ПОРЫ



Зёрна песчаные

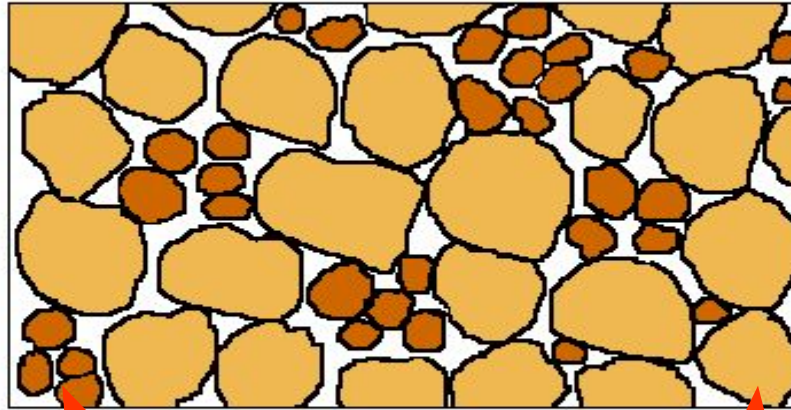
ПЕРВИЧНЫЕ ПОРЫ



Зёрна песчаные

Зёрна глинистые

ПЕРВИЧНЫЕ ПОРЫ



Зёрна алевритовые

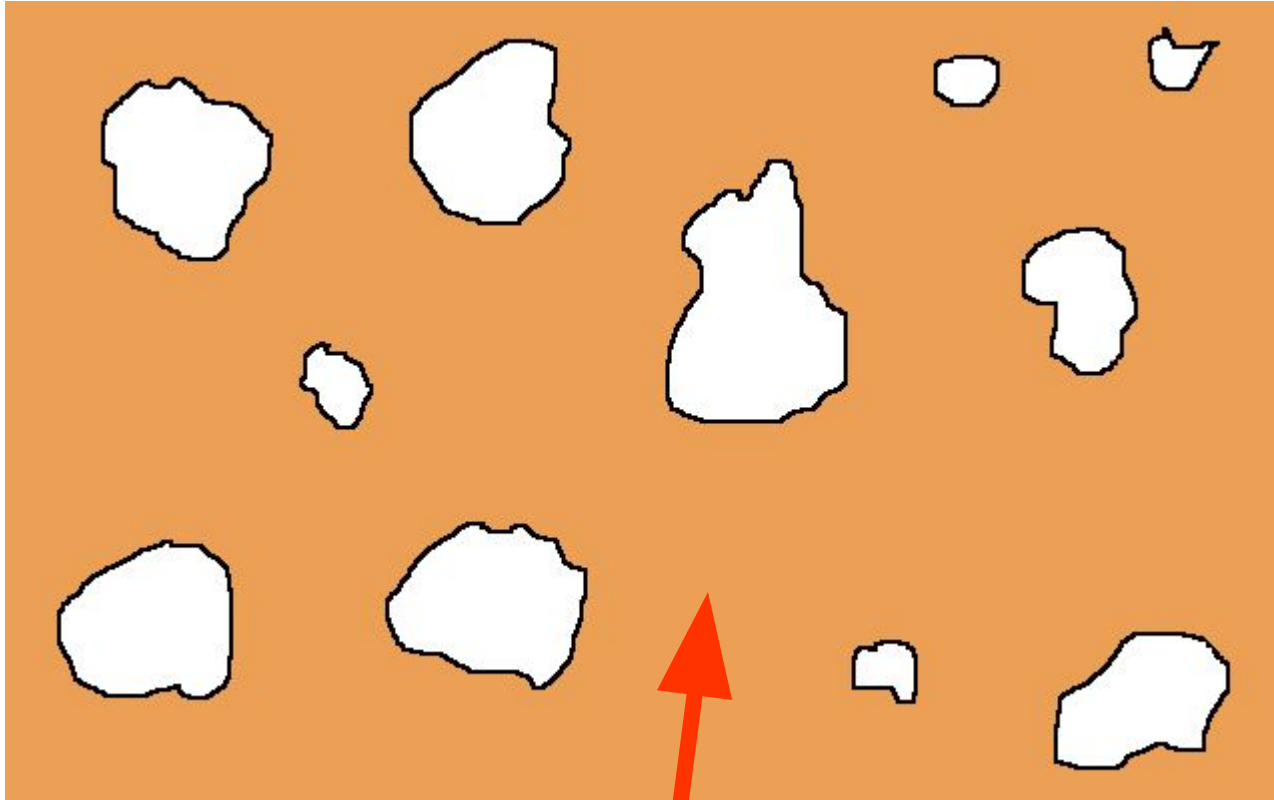
Зёрна песчаные

ВТОРИЧНЫЕ ПОРЫ

ВОЗНИКАЮТ В РЕЗУЛЬТАТЕ:

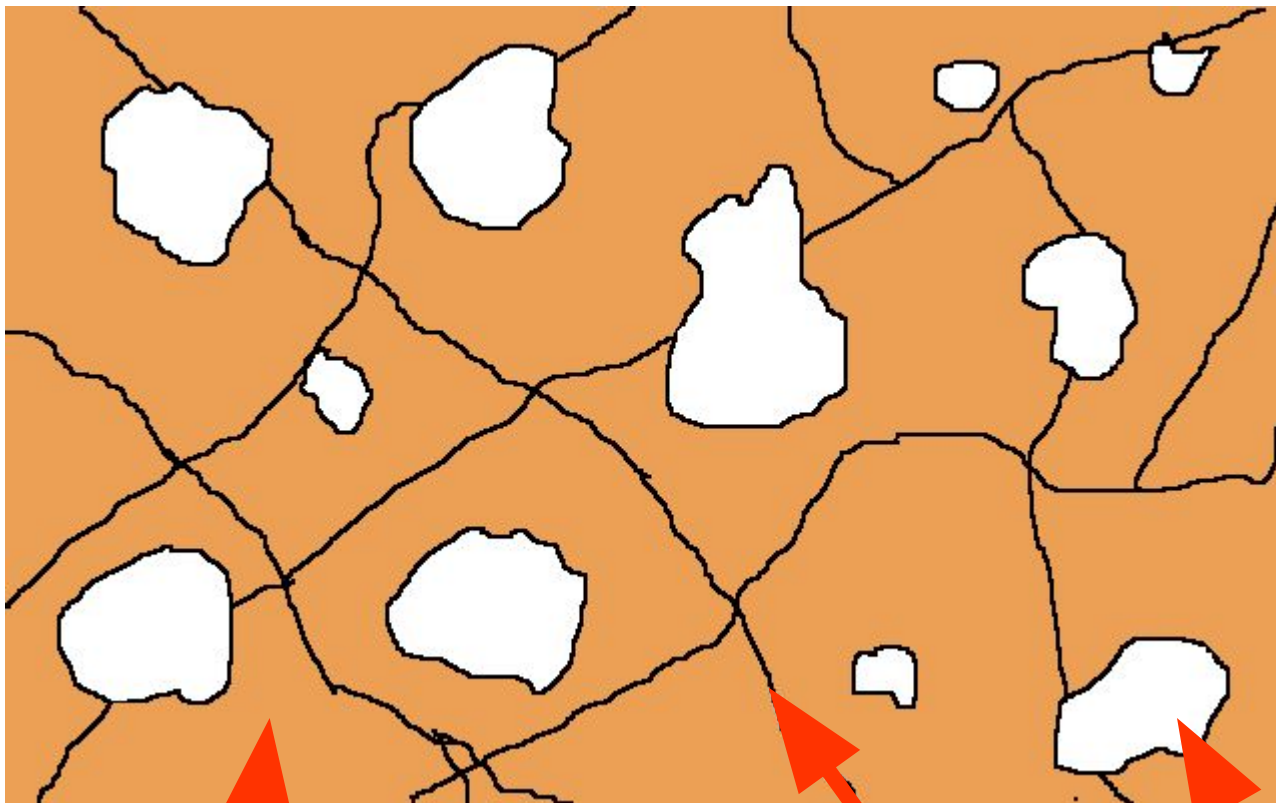
- ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
- ДЕФОРМАЦИИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ
- ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ
- ДЕГИДРАТАЦИИ ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4$)
- ДОЛОМИТИЗАЦИИ ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 = \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)
- ВЫВЕТРИВАНИЯ
- БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
 - ЧАЩЕ ВСЕГО НАБЛЮДАЮТСЯ
 - В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ

ВТОРИЧНЫЕ ПОРЫ



Карбонатное вещество

ВТОРИЧНЫЕ ПОРЫ

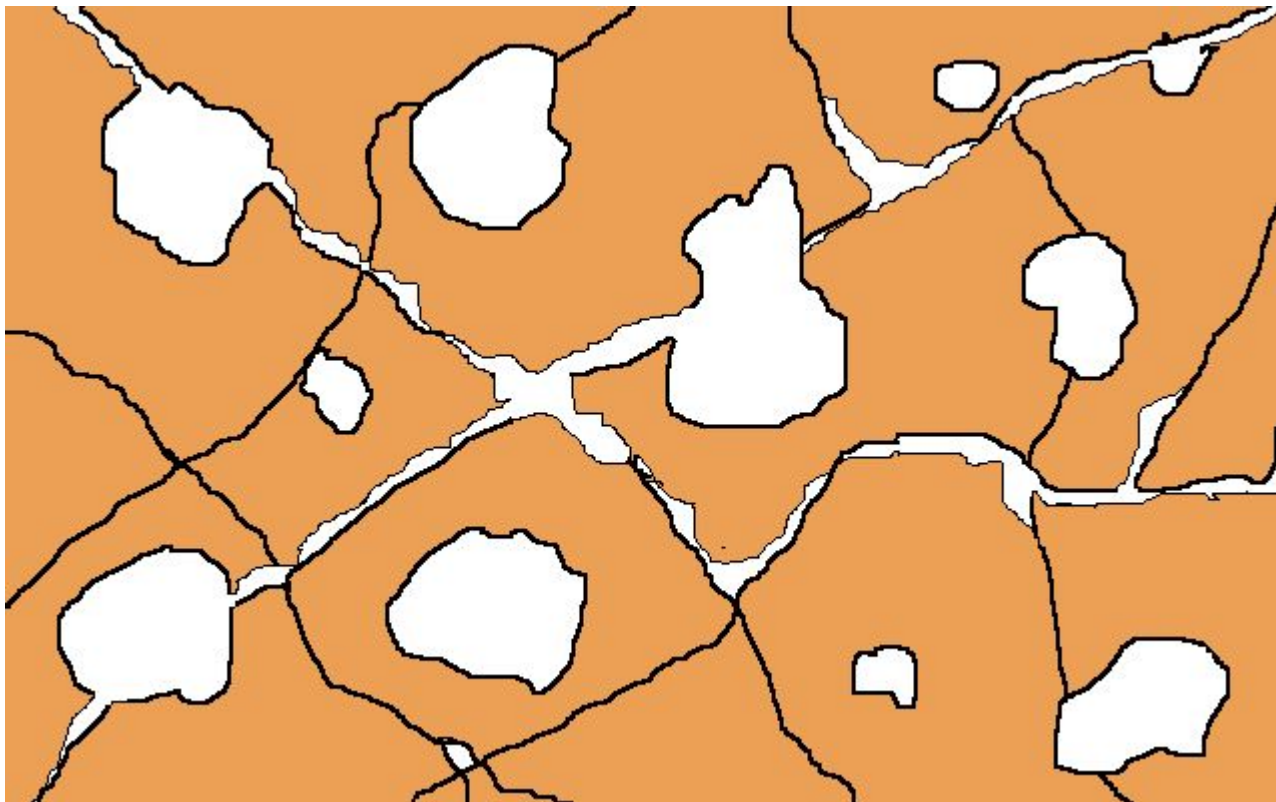


Карбонатное вещество,

Трещины,

Каверны

ВТОРИЧНЫЕ ПОРЫ



ВТОРИЧНЫЕ ПОРЫ



ТАКИМ ОБРАЗОМ:

$$\begin{aligned} K_{\text{п}} &= (V_{\text{пор.мз}} + V_{\text{пор.т}} + V_{\text{пор.кав}}) / V_{\text{с}} = \\ &= K_{\text{п.мз}} + K_{\text{п.т}} + K_{\text{п.кав}} \end{aligned}$$

ФОРМА ПОР

Для первичных пор типичны:

- Ромбоэдрические
- Тетраэдрические
- Щелевидные
- Каналовидные
- Пузырчатые
- и др.

ФОРМА ПОР

Для вторичных пор типичны:

- Трещиновидные
- Каверновидные
- Каналовидные
- Соответствующие выщелаченным минералам
- Ячеистые
- и др.

РАЗМЕР ПОР

ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ СРЕДНИМ (ЭФФЕКТИВНЫМ)
ДИАМЕТРОМ

- КРУПНЫЕ СВЕРХКАПИЛЛЯРНЫЕ ($>10^{-1}$ мм)
- КАПИЛЛЯРНЫЕ ($10^{-4} - 10^{-1}$ мм) (КОЛЛЕКТОРА)
- СУБКАПИЛЛЯРНЫЕ ($2 \cdot 10^{-6} - 10^{-4}$ мм)
(ПРИРОДНЫЕ АДСОРБЕНТЫ)
- МИКРОПОРЫ ($< 2 \cdot 10^{-6}$ мм) (ЦЕОЛИТЫ)

ВИДЫ ПОРИСТОСТИ

1. ОБЩАЯ

$$K_{п. общ} = V_{пор} / V_c$$

2. ОТКРЫТАЯ

$$K_{п. о} = V_{о. пор} / V_c$$

3. ЗАКРЫТАЯ

$$K_{п. з} = V_{з. пор} / V_c$$

4. ЭФФЕКТИВНАЯ

$$K_{п. эф} = (V_{пор} - V_{о. в}) / V_c$$

5. ДИНАМИЧЕСКАЯ

$$K_{п. д} = (V_{пор} - V_{о. в} - V_{о. н}) / V_c$$

СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

ПОД СТРУКТУРОЙ ПОРОВОГО
ПРОСТРАНСТВА ПОНИМАЮТ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОР ПО
РАЗМЕРАМ

СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА:

- ПРЯМЫЕ;
- - КОСВЕННЫЕ (КАПИЛЛЯРНЫЕ)

СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ
ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА:

- ОПТИЧЕСКИЕ (ИССЛЕДОВАНИЕ
МИКРОФОТОГРАФИЙ ШЛИФОВ)

НЕДОСТАТОК – ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ
КОНКРЕТНЫЙ СРЕЗ ОБРАЗЦА, А НЕ ВЕСЬ
ЕГО ОБЪЕМ

- ЭЛЕКТРОННАЯ МИРОСКОПИЯ
- ПРИМЕРЫ НА СЛАЙДАХ №№ 16,17
ЛЕКЦИИ №1

СЛЕПОК ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПЕСЧАНИКА



СТРУКТУРА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА

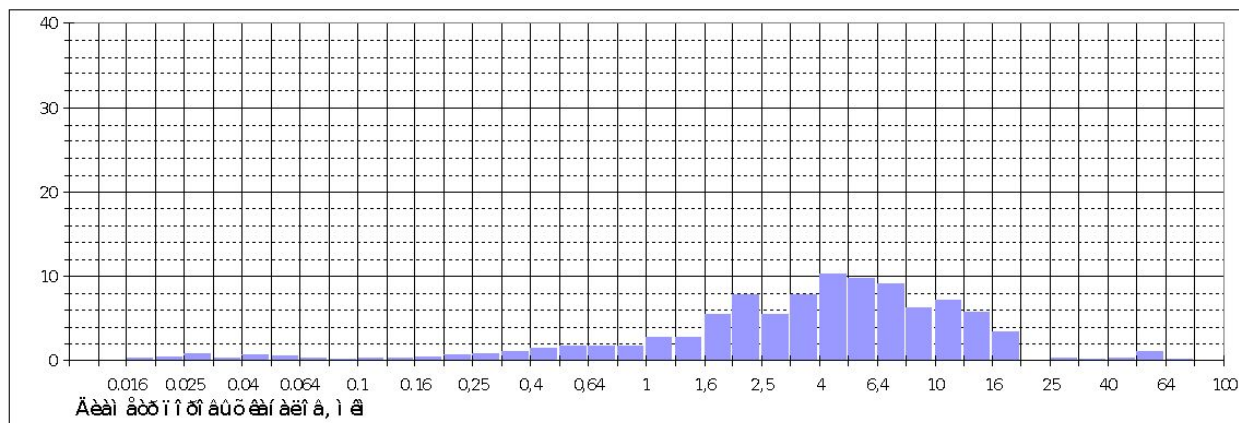
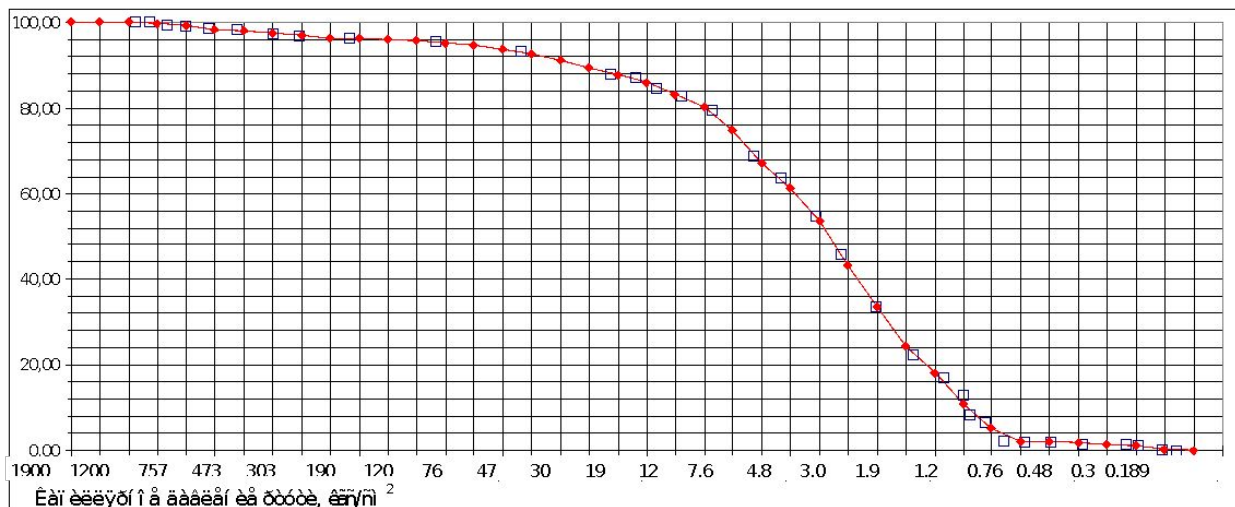
КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ:

- ПОЛУПРОНИЦАЕМАЯ МЕМБРАНА;
 - - РТУТНАЯ ПОРОМЕТРИЯ;
- КАПИЛЛЯРНАЯ ПРОПИТКА И Т.Д.

$$- d_{\text{эф}} = 4\sigma \cos\theta / p_k,$$

- $d_{\text{эф}}$ — эффективный диаметр, м; σ — поверхностное натяжение, Н/м; θ — краевой угол смачивания; p_k — капиллярное давление, Па.

ПРИМЕР РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОР ПО РАЗМЕРАМ



$$K_p \gg K_{p.o} \gg K_{p.эф} \gg K_{p.d}$$

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОР

$$K_{\text{п.эф}} = K_{\text{п.о}} (1 - K_{\text{в.св}})$$

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОР

$$K_{\text{п.д}} = K_{\text{п.о}} (1 - K_{\text{в.о}})$$

НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ

ЭФФЕКТИВНОЕ ДАВЛЕНИЕ

$$P_{\text{эф}} = P - P_{\text{пл}}$$

НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ

ГОРНОЕ ДАВЛЕНИЕ P

$$P = g \sum h_i \delta_{pi}$$

$$P \sim 2,5 * 100 (\text{атм})$$

$$H = 1000 \text{ м}; p \sim 250 \text{ атм}$$

НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ

ПЛАСТОВОЕ ДАВЛЕНИЕ $P_{пл}$

$$P_{пл} = g \sum h_i \delta_{vi}$$

$$P_{пл} \sim 1,1 * 100 (\text{атм})$$

$$H = 1000 \text{ м}; p_{пл} = 110 \text{ атм}$$

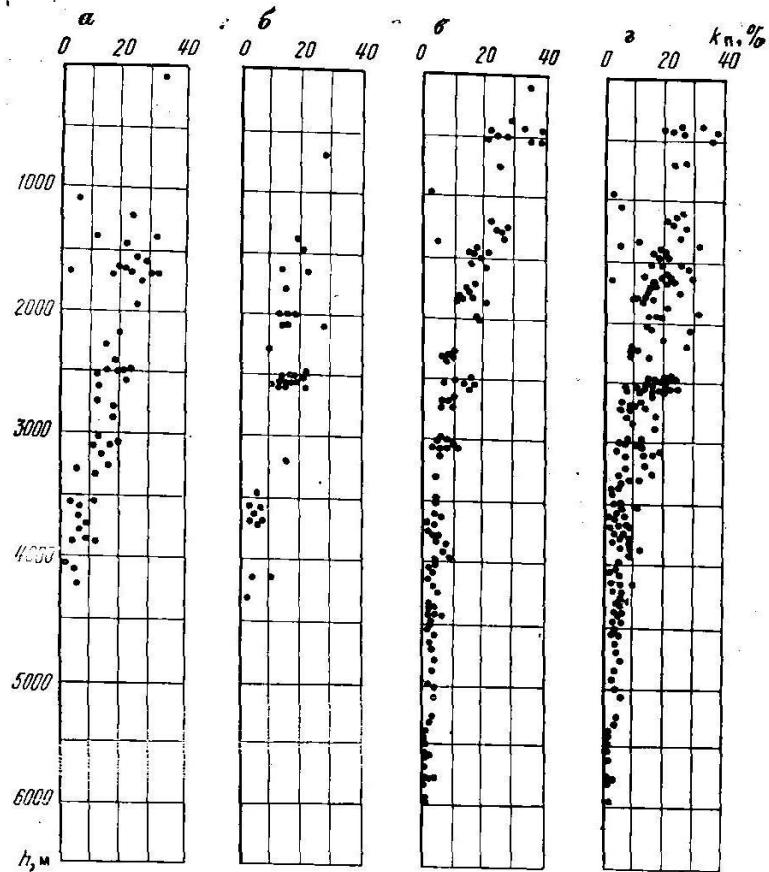
НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ

$$d K_{п.о} / K_{п.о} = (d V_{п.о} / V_{п.о}) - (d V / V),$$

Т.К. $d V \sim d V_{п.о}$, ТО

$$d K_{п.о} / (1 - K_{п.о}) K_{п.о} \sim (d V_{п.о} / V_{п.о})$$

НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ



НЕОБРАТИМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ С ГЛУБИНОЙ

КОЭФФИЦИЕНТ НЕОБРАТИМОГО УПЛОТНЕНИЯ ПОРОДЫ $\beta_n(t, T)$

$$\beta_n(t, T) = - (d V_{n.o} / V_{n.o}) * (1/d(p - p_{пл}))$$

вопросы для самоконтроля

1. Первичные и вторичные поры в горных породах. Классификация пор по размерам.
2. Коэффициент пористости. Виды пористости. Связь коэффициентов общей, открытой, эффективной и динамической пористости.
3. Методы изучения структуры порового пространства горных пород.
4. Необратимые изменения пористости с глубиной. Коэффициент необратимого уплотнения пород. Факторы, влияющие на него.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

internet: www.vniigaz.ru
intranet: www.vniigaz.gazprom.ru
e-mail: vniigaz@vniigaz.gazprom.ru
телефон: (+7 495) 355-92-06
факс: (+7 495) 399-32-63