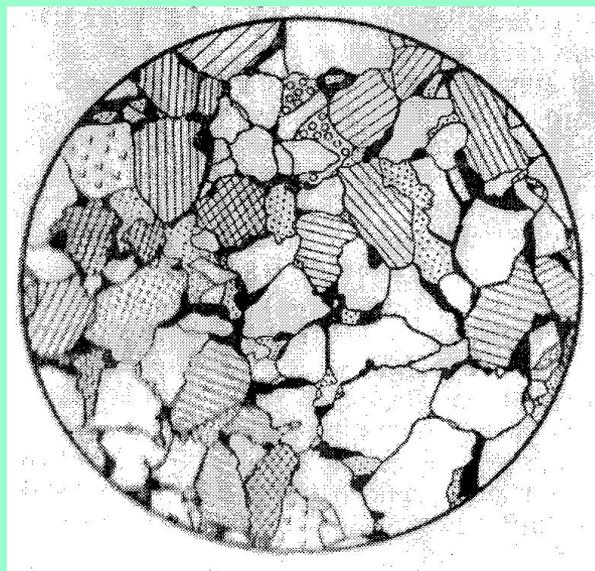




*Ковалёва Лиана Ароновна*

# ФИЗИКА НЕФТЕГАЗОВОГО ПЛАСТА

## Часть 1. Петрофизика



# **Лекция 1. КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД.**

**1.1. Породы - коллекторы нефти и газа.**

**1.2. Залежи нефти и газа.**

**1.3. Отбор и подготовка кернов к исследованию. Экстрагирование.**

# Список литературы по курсу

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гиматудинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта. - М., Недра, 1982.
2. Гиматудинов Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта. М., Недра, 1971.
3. Котяхов Ф.И. Физика нефтяных и газовых коллекторов. - М., Недра, 1977.
4. Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. - М., Недра, 1969.
5. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газовых пластов. - М., Недра, 1976.
6. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. - М., Недра, 1984.
7. Мирзажданзаде А.Х., Аметов И.М., Ковалев А.Г. Физика нефтяного и газового пласта. - М., Недра, 1992.
8. Кобранова В.Н. Петрофизика. - М., Высшая школа, 1986.
9. Вахромеев Г.С. и др. Петрофизика. - М., Высшее Образование, 1997.
10. Дж.Амикс Физика нефтяного пласта. - М., Недра, 1962.
11. Пирсон С.Д. Учение о нефтяном пласте. - И.Л., 1961.
12. Желтов Ю.П. Механика нефтегазового пласта. - М., Недра, 1975.

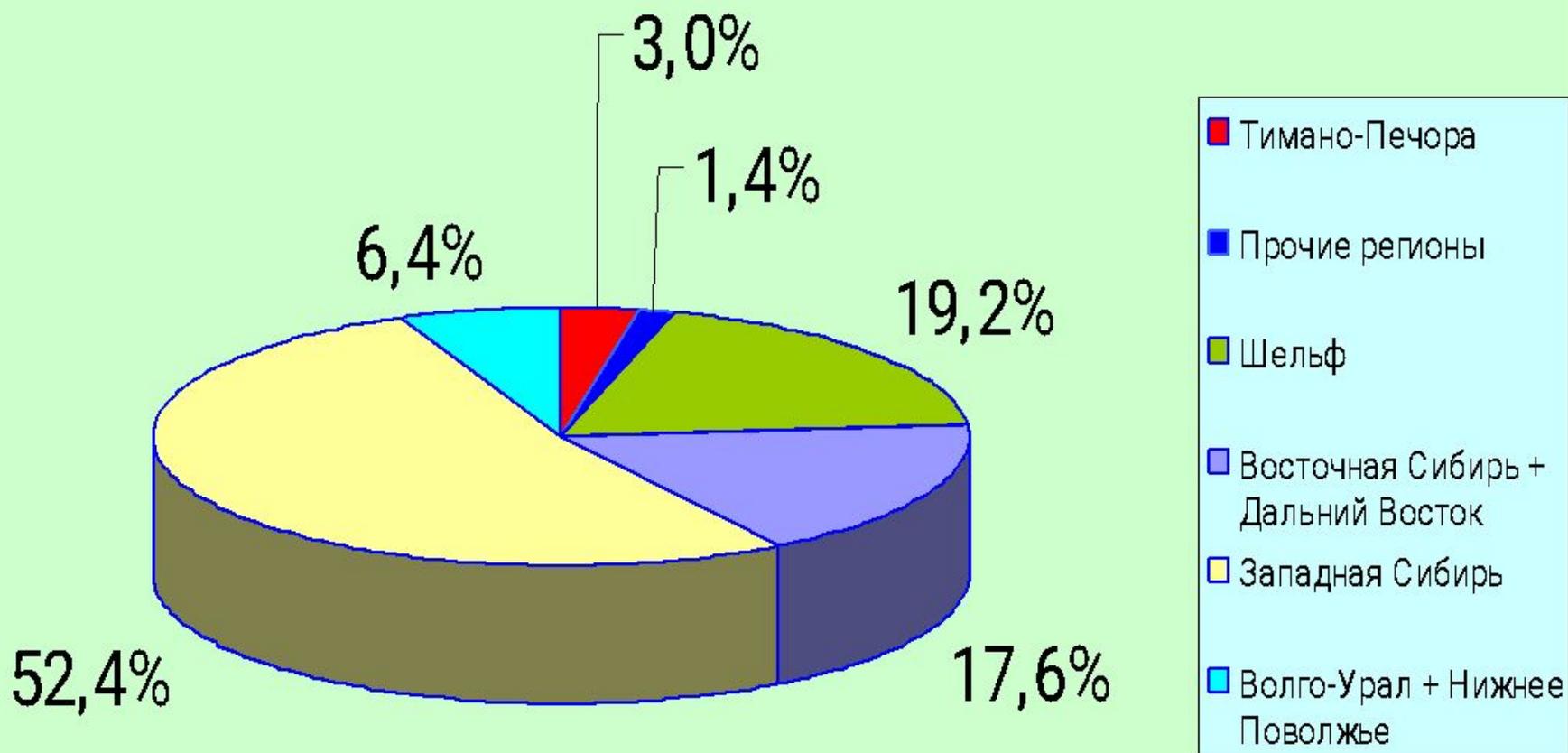
## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

13. Гудок Н.С. Изучение физических свойств пористых сред.-М.,1970.
14. Ермилов О.М. и др. Физика пласта, добыча и подземное хранение газа. - М., Недра, 1996.
15. Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. - М., Недра, 1985.
16. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. -М., Наука, 1976.
17. Сафиева Р.З. Физикохимия нефти. – М.: Химия, 1998. – 448с.
18. Герасимов и др. Курс физической химии, т.1. – М., Химия, 1969. –502с.

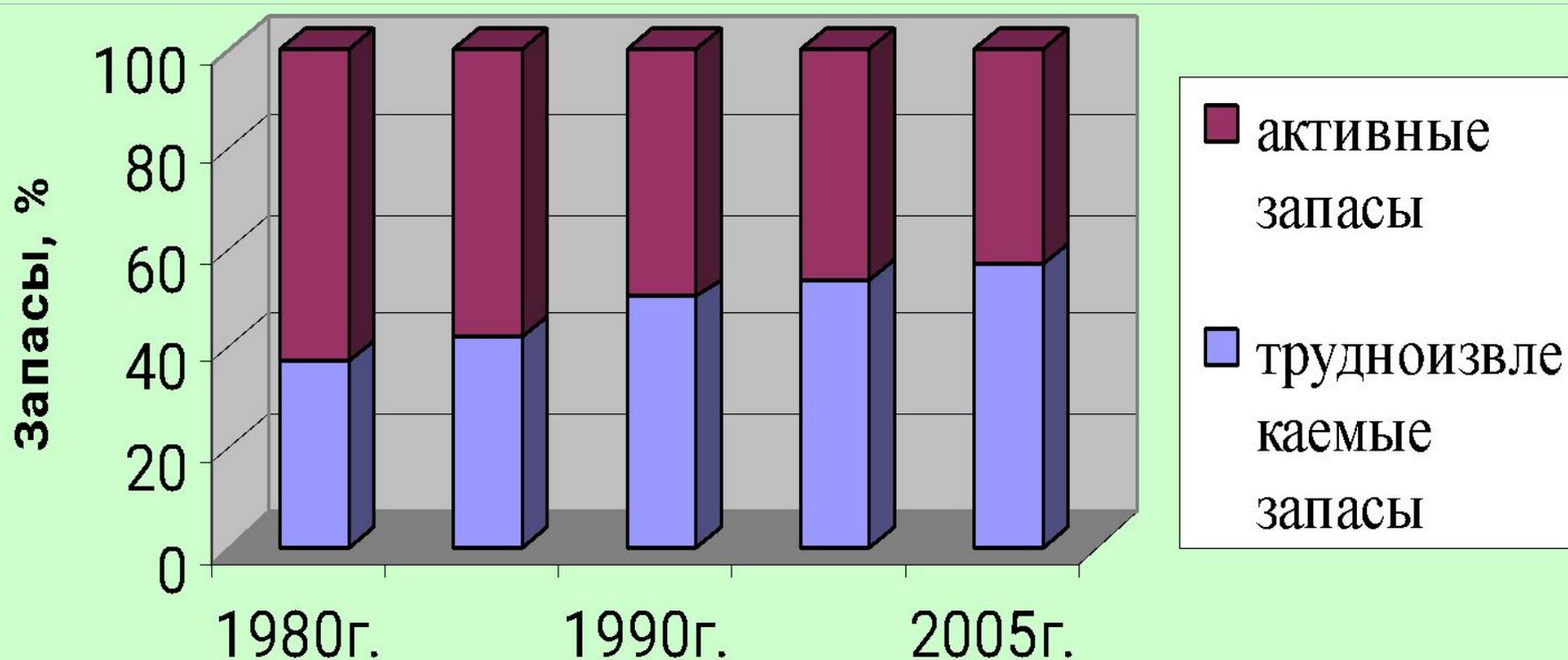
## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Реферативные журналы: Горное дело.  
Разработка нефтяных и газовых месторождений  
Механика
2. Инженерно-физический журнал
3. Журнал "Известия вузов", серия "Нефть и газ"
3. "Нефтяное хозяйство"
4. Научно-технический сборник "Нефтепромысловое дело"
5. "Нефтяная и газовая промышленность"

# Распределение неразведанных ресурсов нефти Российской Федерации по районам



# Динамика структуры запасов нефти категорий АВС<sub>1</sub> Российской Федерации



# Породы - коллекторы нефти и газа.



# ВИДЫ КОЛЛЕКТОРОВ

## ГРАНУЛЯРНЫЕ

(терригенные)

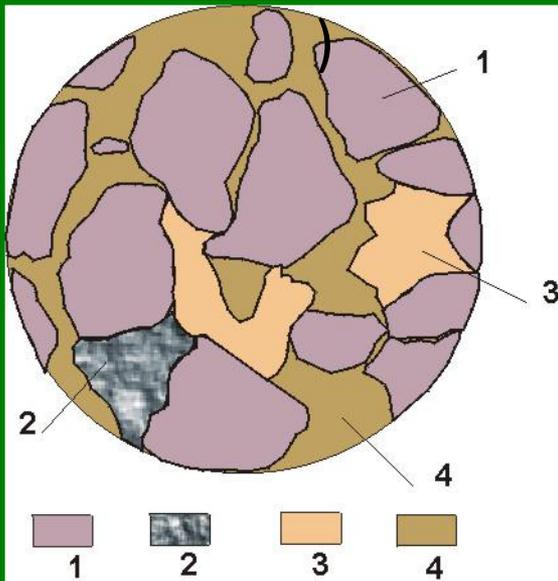


Рис.1. Шлиф пористого коллектора  
1-зерна (частицы); 2-цемент (кальцит); 3-глина; 4-поровое пространство

коллекторы, сложенные песчано-алевритовыми породами, состоящие из песчаников, песка, алевролитов, реже известняков, доломитов

## СМЕШАННЫЕ

- трещинно-пористые,
- трещинно-каверновые,
- трещинно-карстовые.

## ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫЕ

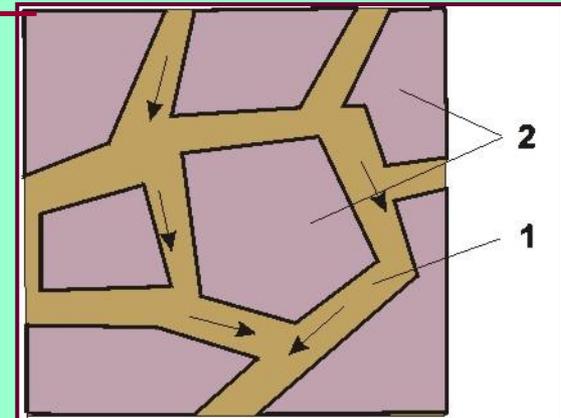
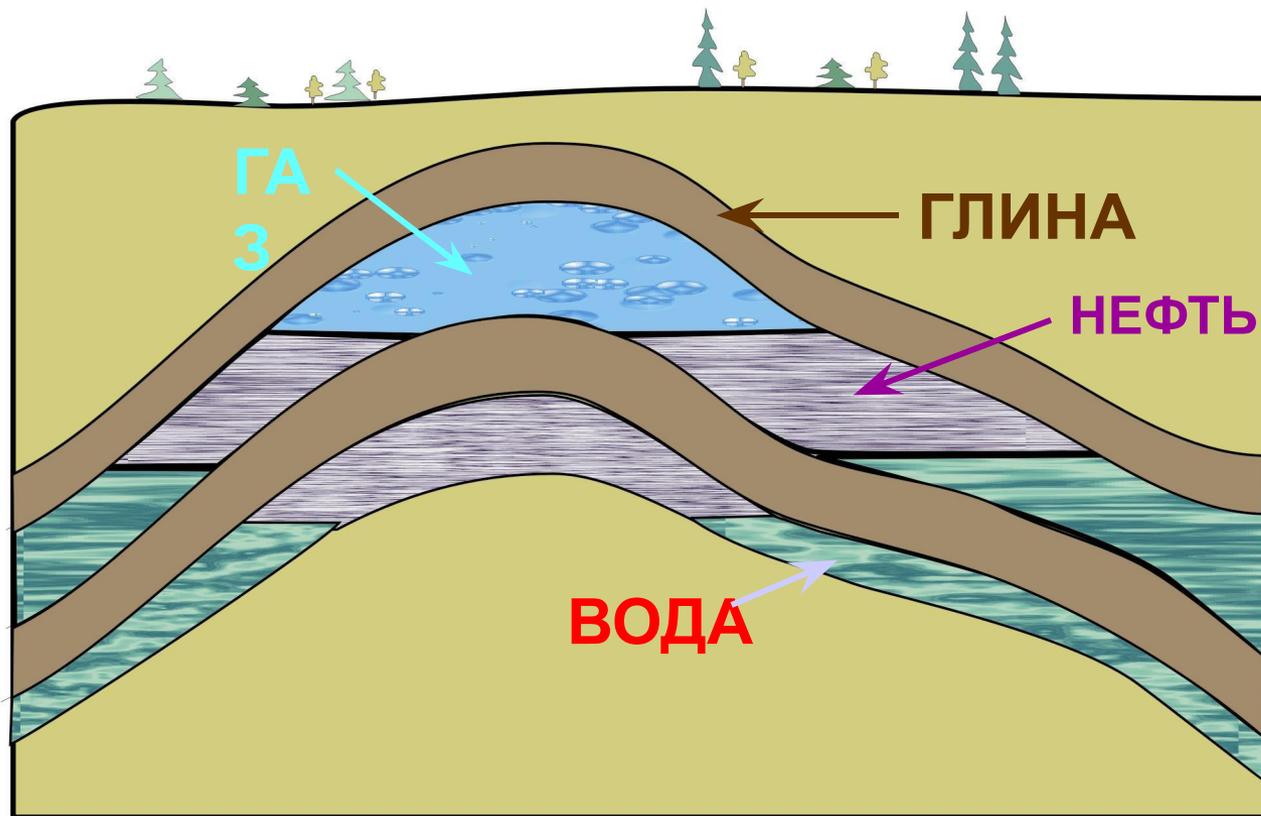


Рис. 2. Схема трещиновато-пористой среды  
1 - трещины; 2 - пористые блоки

Коллекторы трещинного типа сложены преимущественно карбонатами, поровое пространство которых состоит из микро- и макротрещин.

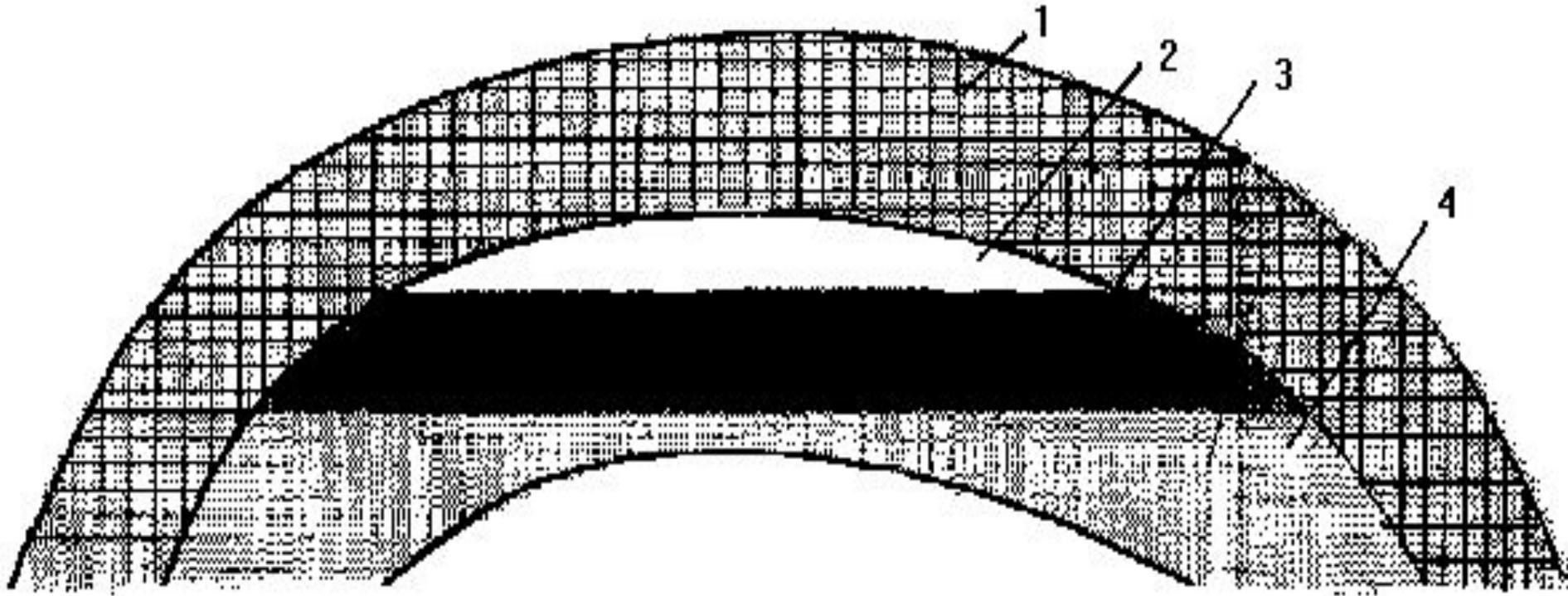
## 1.2. Залежи - природные коллекторы нефти и газа



Промышленные запасы нефти и газа приурочены к тем коллекторам, которые совместно с окружающими их породами образуют **ловушки** различных форм: **антиклинальные складки, моноклинали, ограниченные сбросами или другими нарушениями.**

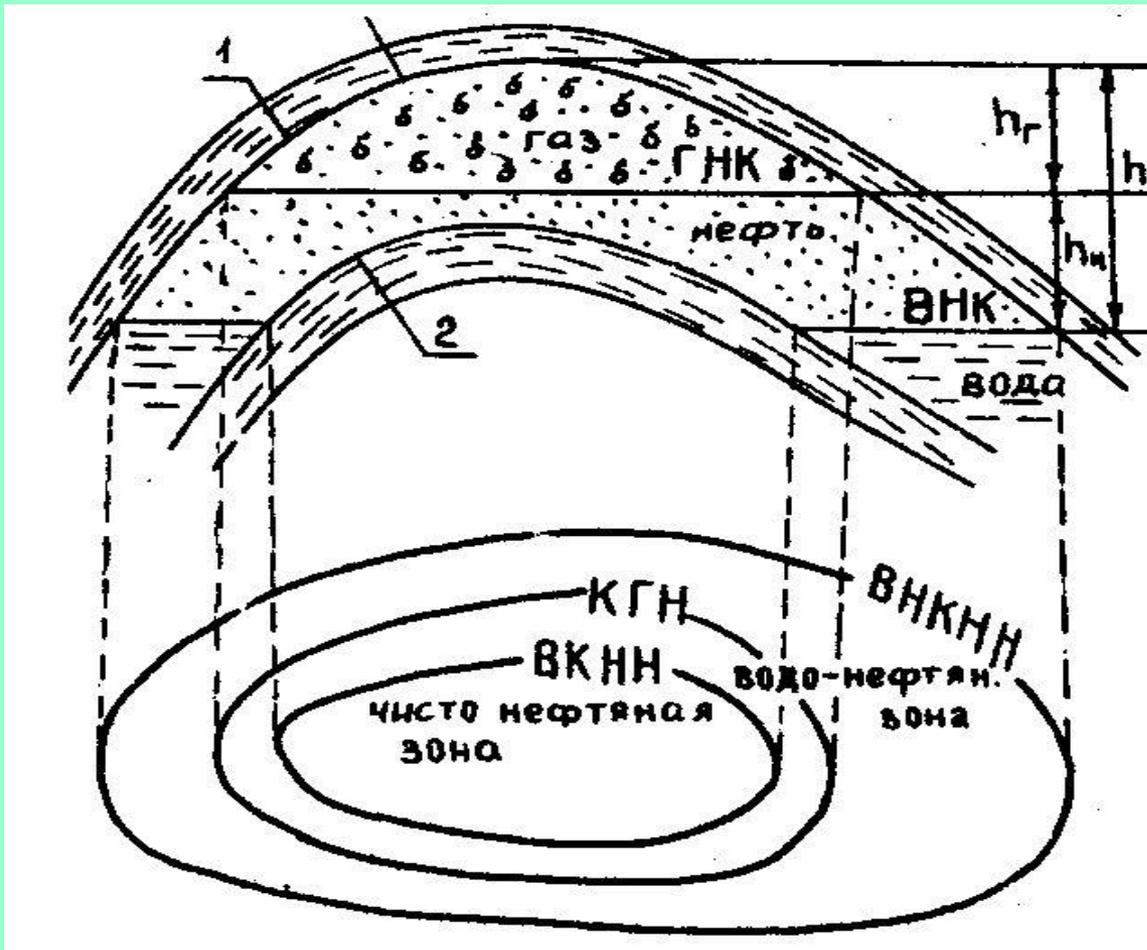
**Условия формирования нефтеносных толщ включают наличие коллекторов с надежными покрышками и подошвами практически непроницаемых пород.<sup>9</sup>**

# Типы нефтегазовых залежей



## Антиклинальная складка

Скопления нефти, газа, конденсата и других полезных сопутствующих компонентов, сосредоточенные в ловушке, ограниченные поверхностями разного типа, в количестве, достаточном для промышленной разработки, называется - **залежью.**

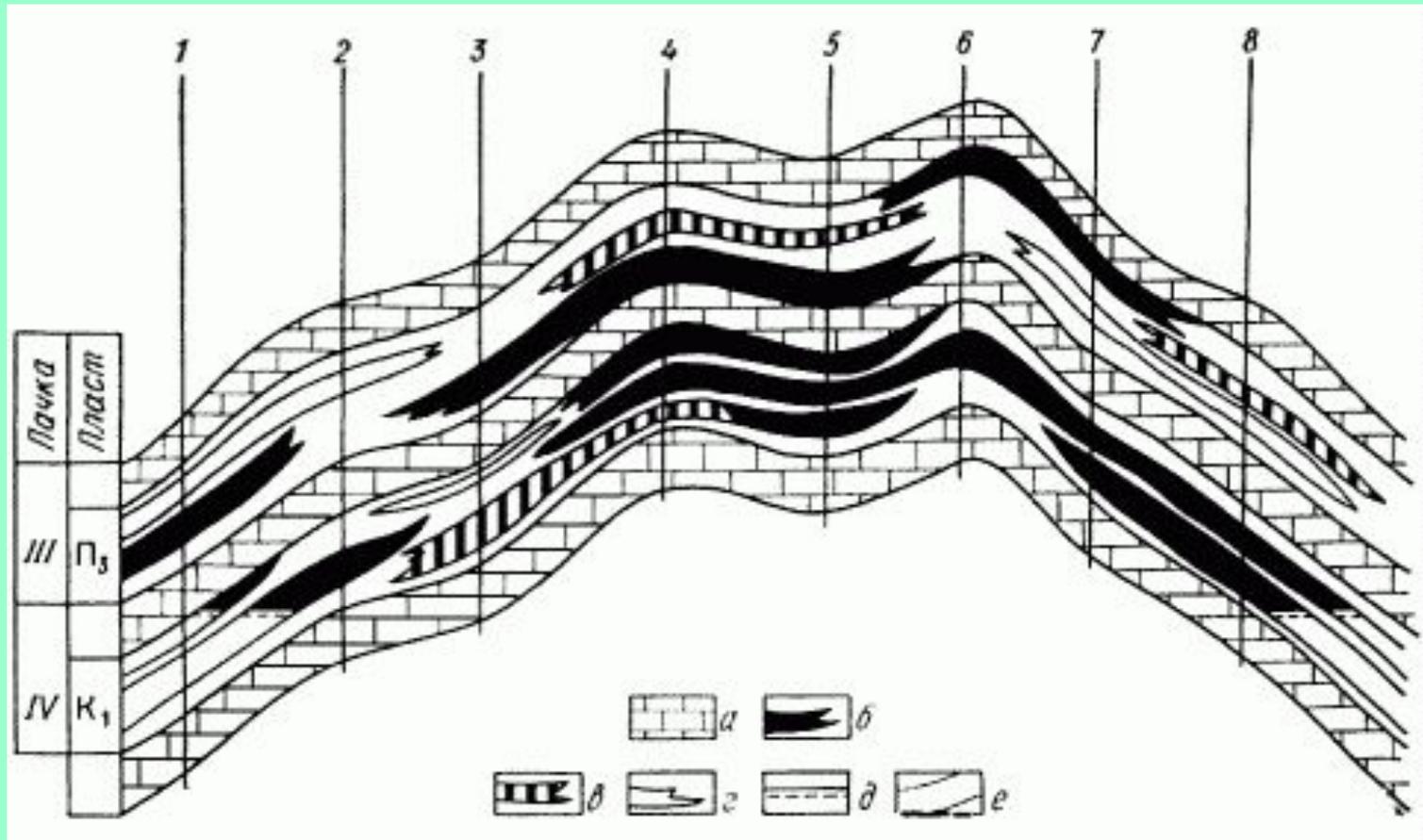


### Схема сводовой нефтегазовой залежи

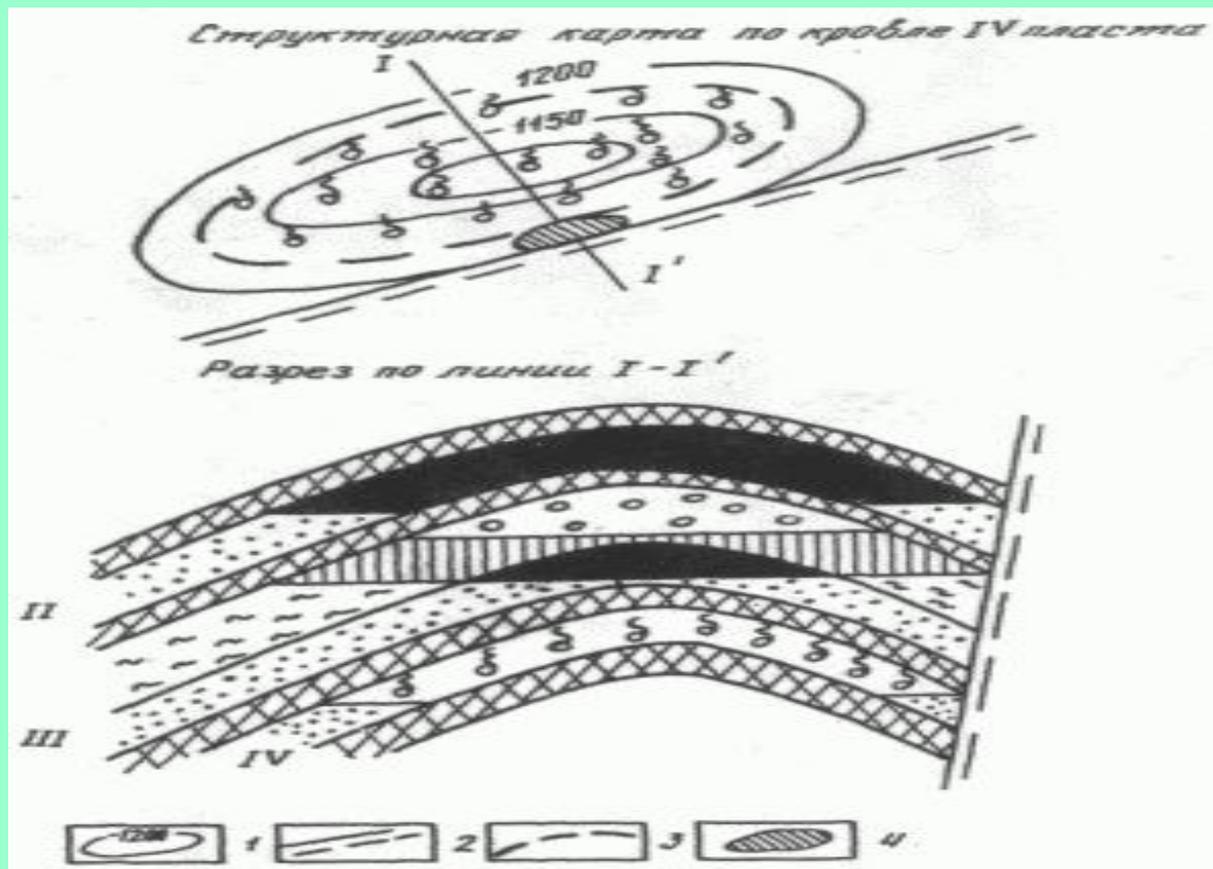
Линия пересечения ВНК с *кровлей* пласта (нижней поверхностью покрывки -1) называется *внешним контуром нефтеносности*, линия пересечения ВНК с *подошвой* (верхняя поверхность подошвы -2) пласта называется *внутренним контуром нефтеносности*.

Соответствующим образом определяются *газо-нефтяной контакт* (ГНК), *внешний и внутренний контуры газоносности*.

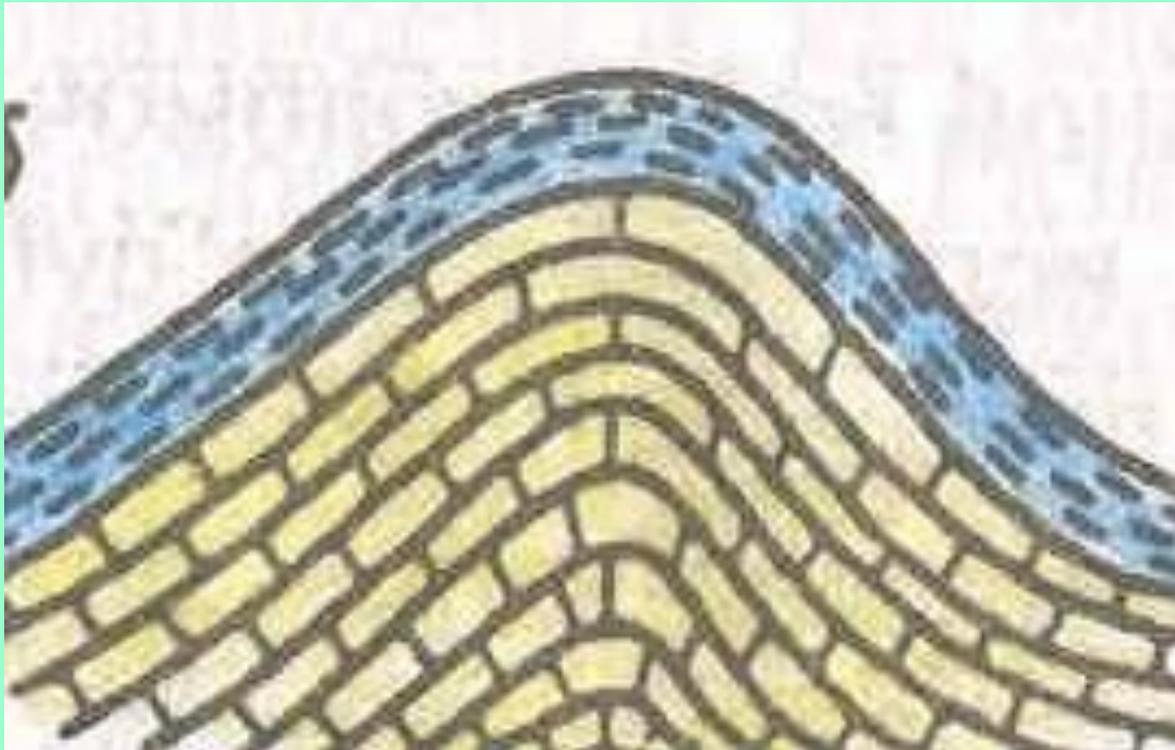
# Многопластовая нефтегазовая залежь



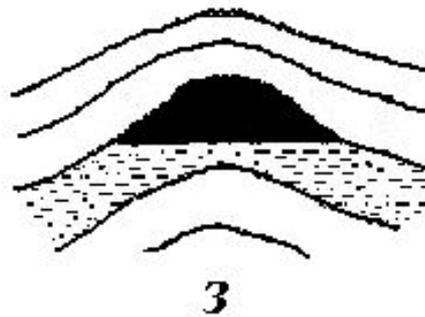
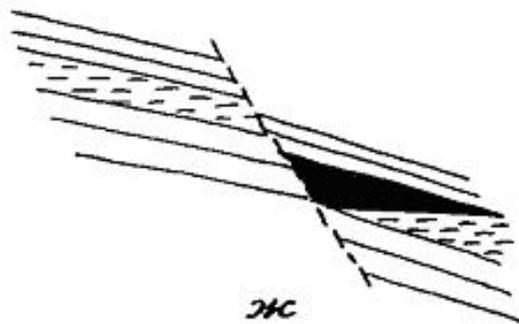
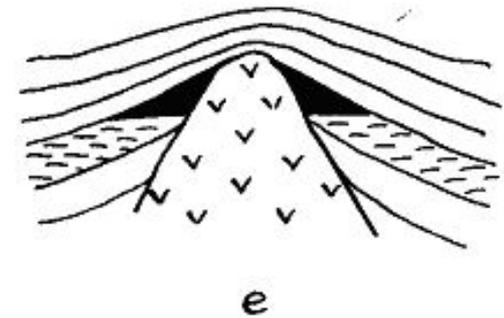
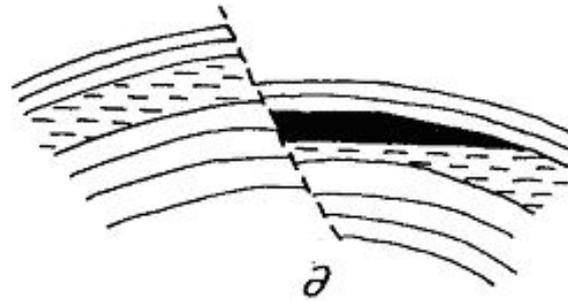
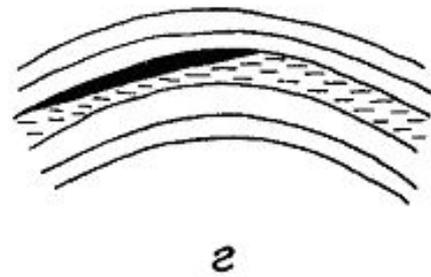
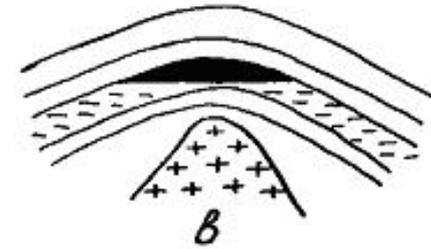
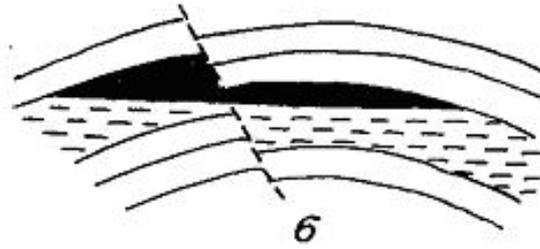
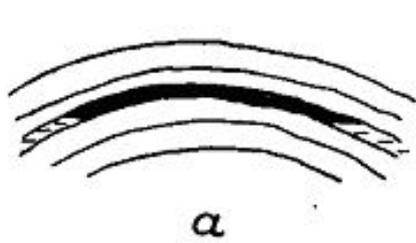
# Многопластовая нефтегазовая залежь



*Массивные (рифовые) залежи* - мощные (несколько сот метров) толщи пластов-коллекторов: поровых, кавернозных, трещиноватых. Над толщей пород-коллекторов залегает мощная толща непроницаемых пород-покрышек.



# Типы нефтяных залежей



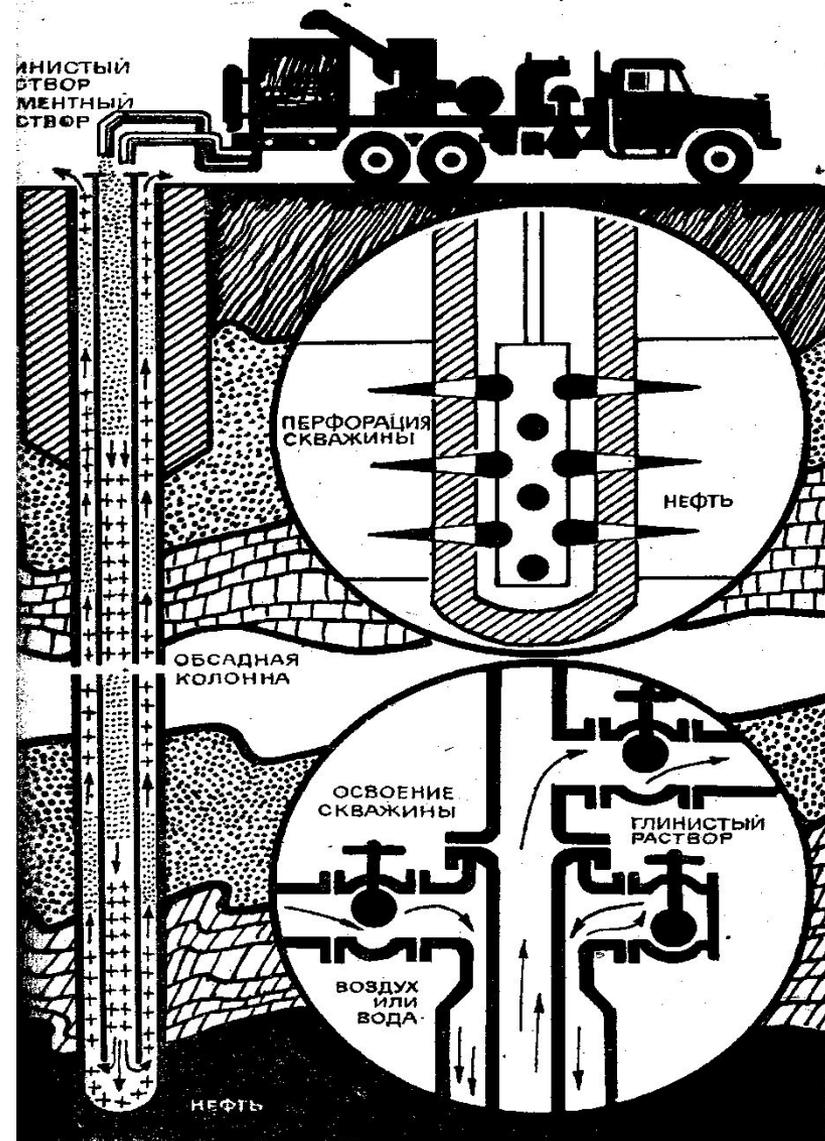
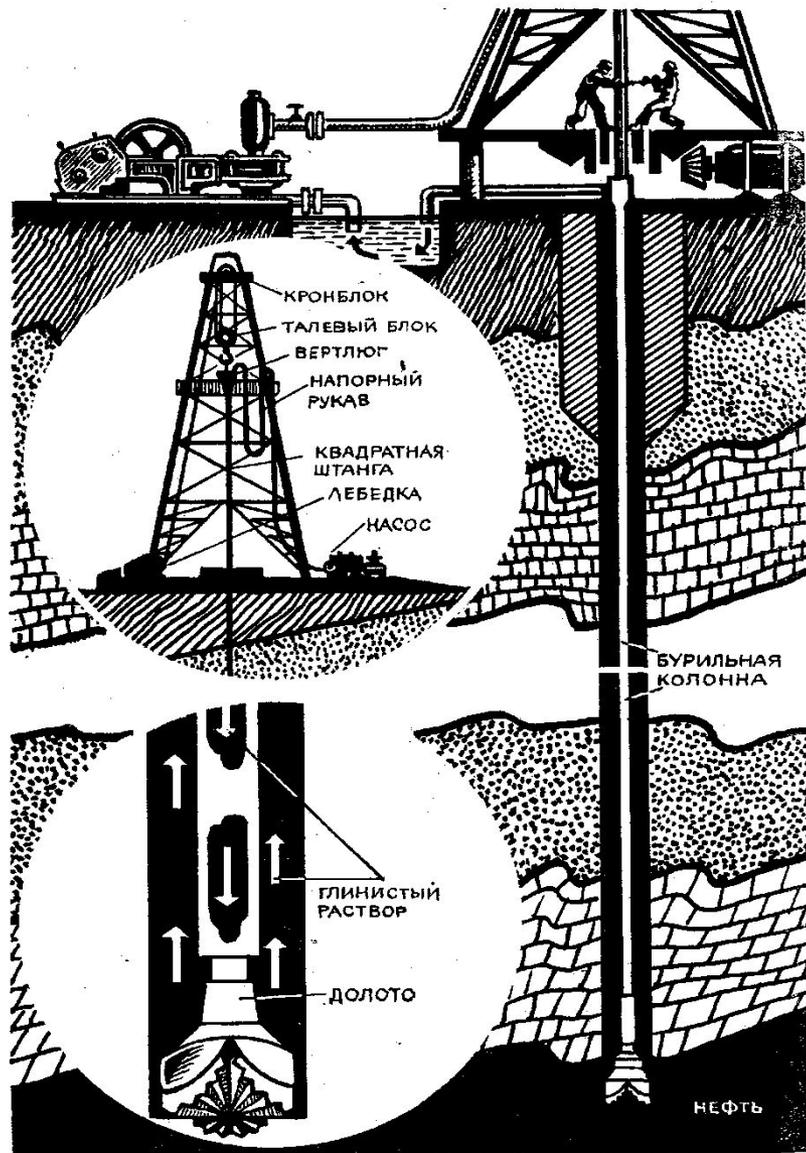
# Отбор и подготовка кернов к исследованию. Экстрагирование.

- Изучение физических и физико-химических свойств насыщенных пористых сред производится главным образом путем лабораторных анализов кернов и проб нефти, воды и газа, отбираемых из скважин.
- Образцы отбираются в продуктивной части разреза скважины. Поскольку в пределах разреза скважины свойства пород могут меняться значительно, необходимо стремиться к тому, чтобы **каждый метр разреза был представлен не менее, чем 3 – 4 образцами породы для анализа.**

## **Основные понятия:**

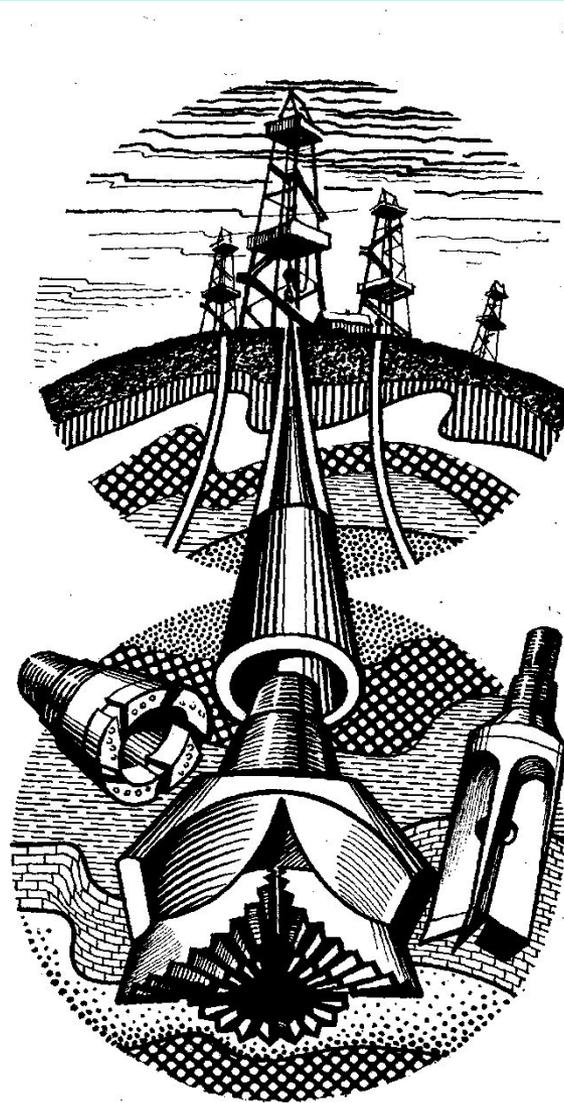
- **Коллектор** – горная порода, содержащая нефть и газ, «отдающая» их при разработке месторождений
- **Керн** - образец горной породы, отобранный из продуктивного нефтегазоносного коллектора.
- **Пластовые флюиды** – нефть, вода и газ, содержащиеся в продуктивных пластах.

# 1.3. Отбор и подготовка кернов к исследованию.



Принцип бурения скважин

# Виды долот при бурении







## Экстрагирование.

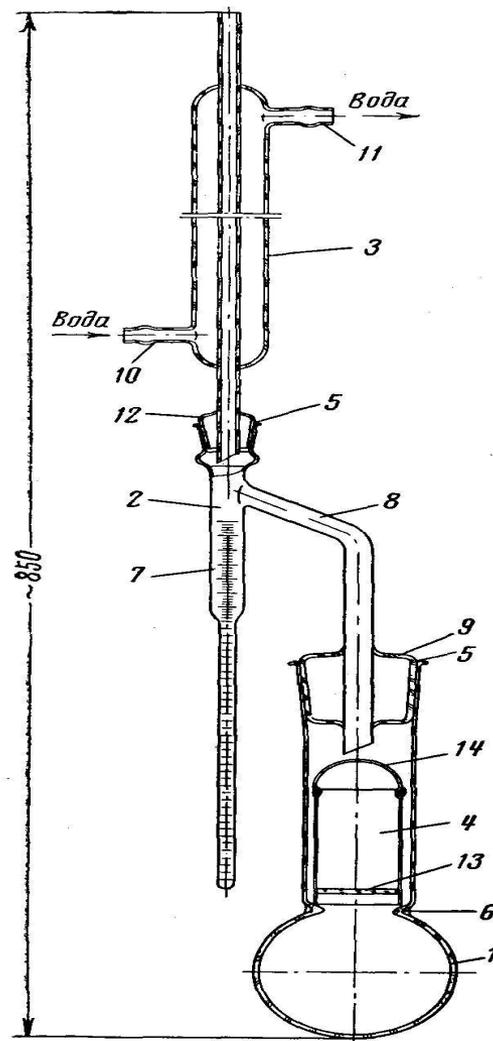
- Экстрагирование – освобождение керна от содержимого путем промывки спирто - бензольной смесью (или другими растворителями) в аппарате Сокслета и сушка до постоянной массы при температуре 105-107С.
- Определение водо- и нефтенасыщенности проводят на аппаратах Дина и Старка и Закса (дополнительный материал к лекции 1).

## Аппарат Сокслета

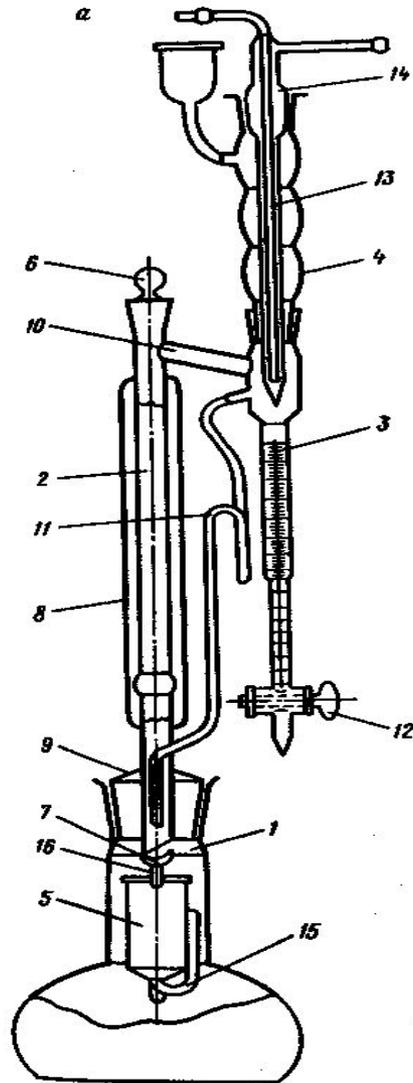




# Аппарат Закса ВН-2 (ЛП-4)



# Аппарат Дина и Старка



# **Лекция 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД.**

**2.1. Структура пористых сред.**

**2.2. Гранулометрический состав горных пород.  
Ситовой и седиментационный анализы.**

**2.3. Коэффициент неоднородности горных  
пород.**

## 2.1. Структура пористых сред

### По происхождению:

- Обломочные –сохраняются в рыхлом или сцементированном состоянии при осадконакоплении
- Химические
- Органогенные

### По структуре:

- *псефиты* - обломки средним диаметром более 2 мм;
- *псаммиты* - размер зерен составляет 0,1 ÷ 2 мм;
- *алевриты* - размер зерен составляет 0,01 ÷ 0,1 мм;
- *пелиты* - порода состоит из частиц 0,01 мм и менее.

Для большинства нефтесодержащих пород - в пределах 0,01 ÷ 1 мм.

### По текстурным особенностям:

- слоистость,
- характер размещения и расположения пород,
- взаиморасположение и количественное соотношение цемента и зерен породы и т.д.

**Цемент** - минеральные вещества, заполняющие в породе промежутки между крупными зернами и обломками и связывающие их между собой

## 2.1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОДЫ

**Гранулометрический состав** – количественное содержание в породе частиц различной величины, выраженное в % от массы или количества зерен исследуемого образца.

### Методы анализа гранулометрического состава горных пород

Ситовой  
анализ

$d > 0,05$  мм

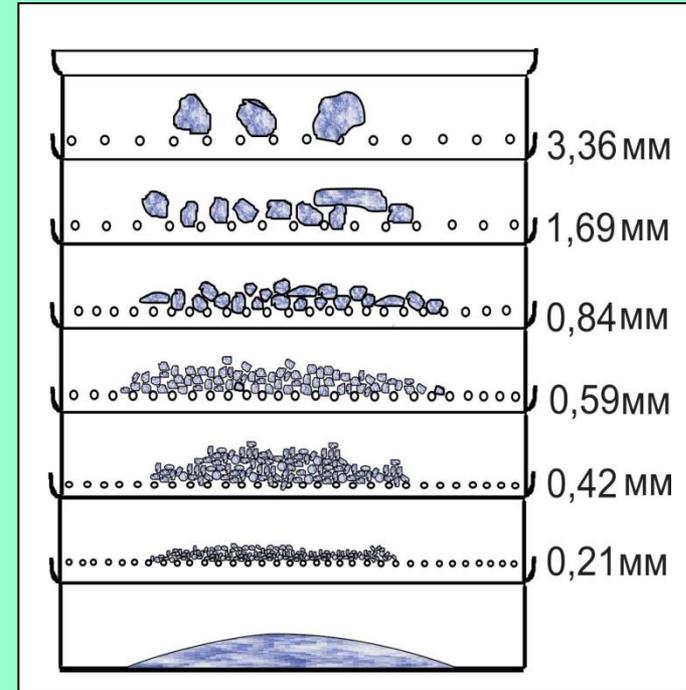
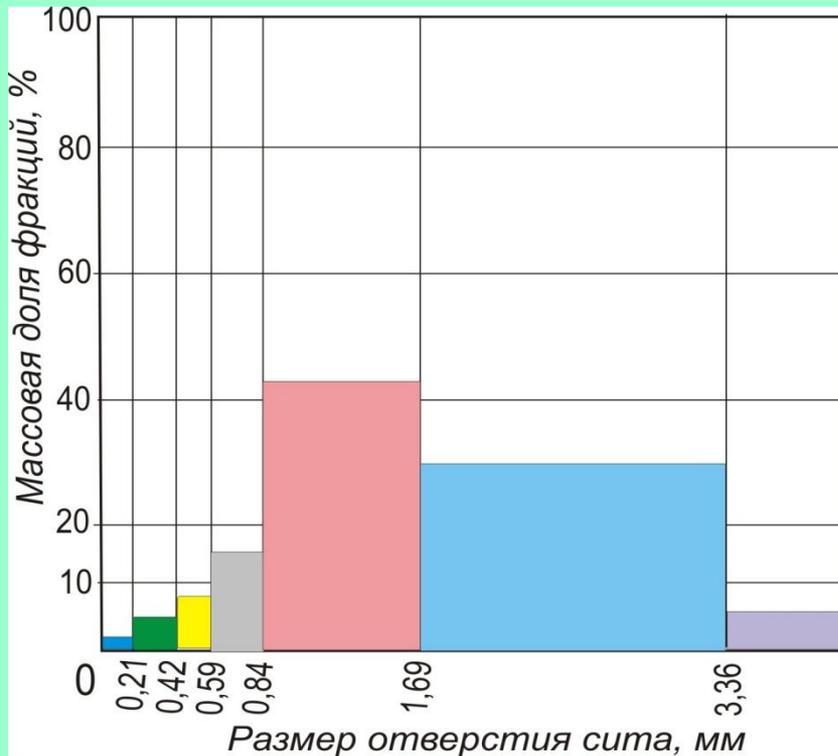
Седиментационн  
ый анализ

$0,01 < d < 0,1$  мм

Микроскопическ  
ий анализ  
шлифов

$0,002 < d < 0,1$  мм

# СИТОВОЙ АНАЛИЗ



Ситовой анализ сыпучих горных пород применяют для определения содержания фракций частиц размером от 0,05 до 6 - 7 мм, а иногда и до 100 мм. В лабораторных условиях обычно пользуются набором проволочных или шелковых сит с размерами отверстий (размер стороны квадратного отверстия) 0,053; 0,074; 0,105; 0,149; 0,210; 0,227; 0,42; 0,59; 0,84; 1,69 и 3,36 мм.

# Седиментационный анализ

## Задача 1

Определить постоянную скорость осаждения частицы в вязкой жидкости, если известно:

$d$  - диаметр частицы;

$\rho_{ж}$  - плотность жидкости;

$\rho_n$  - плотность твердой частицы;

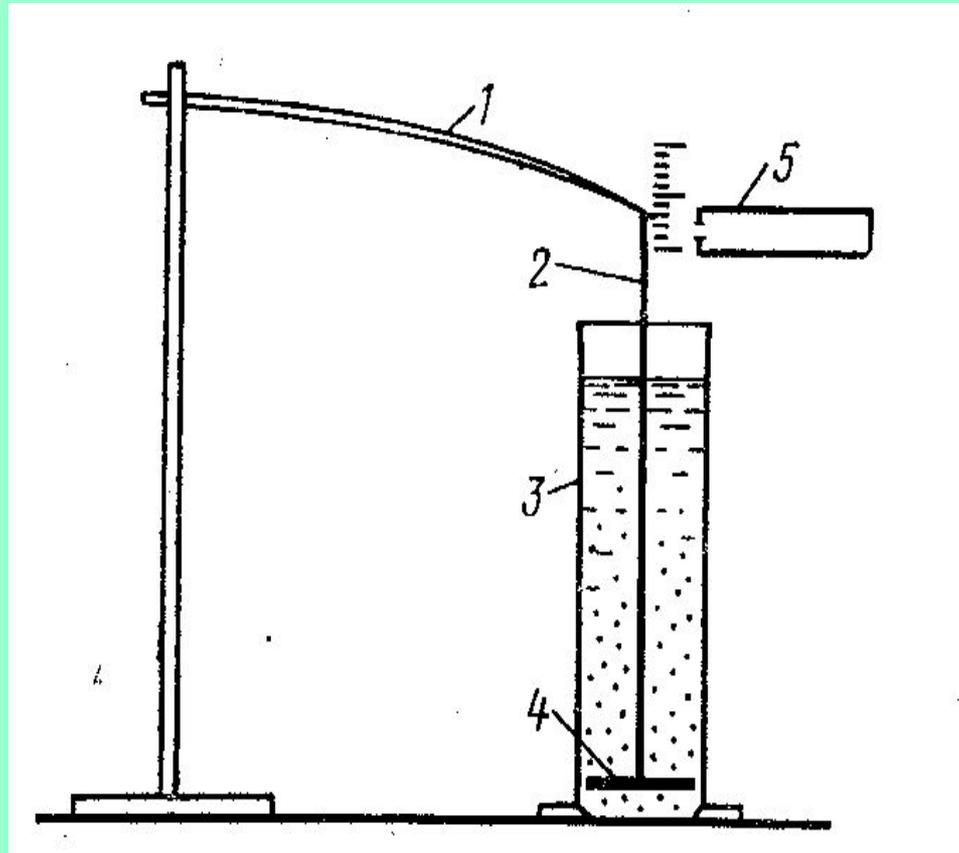
$\nu$  - кинематическая вязкость жидкости.

Формула Стокса:

$$F_s = 6\pi \mu r v$$

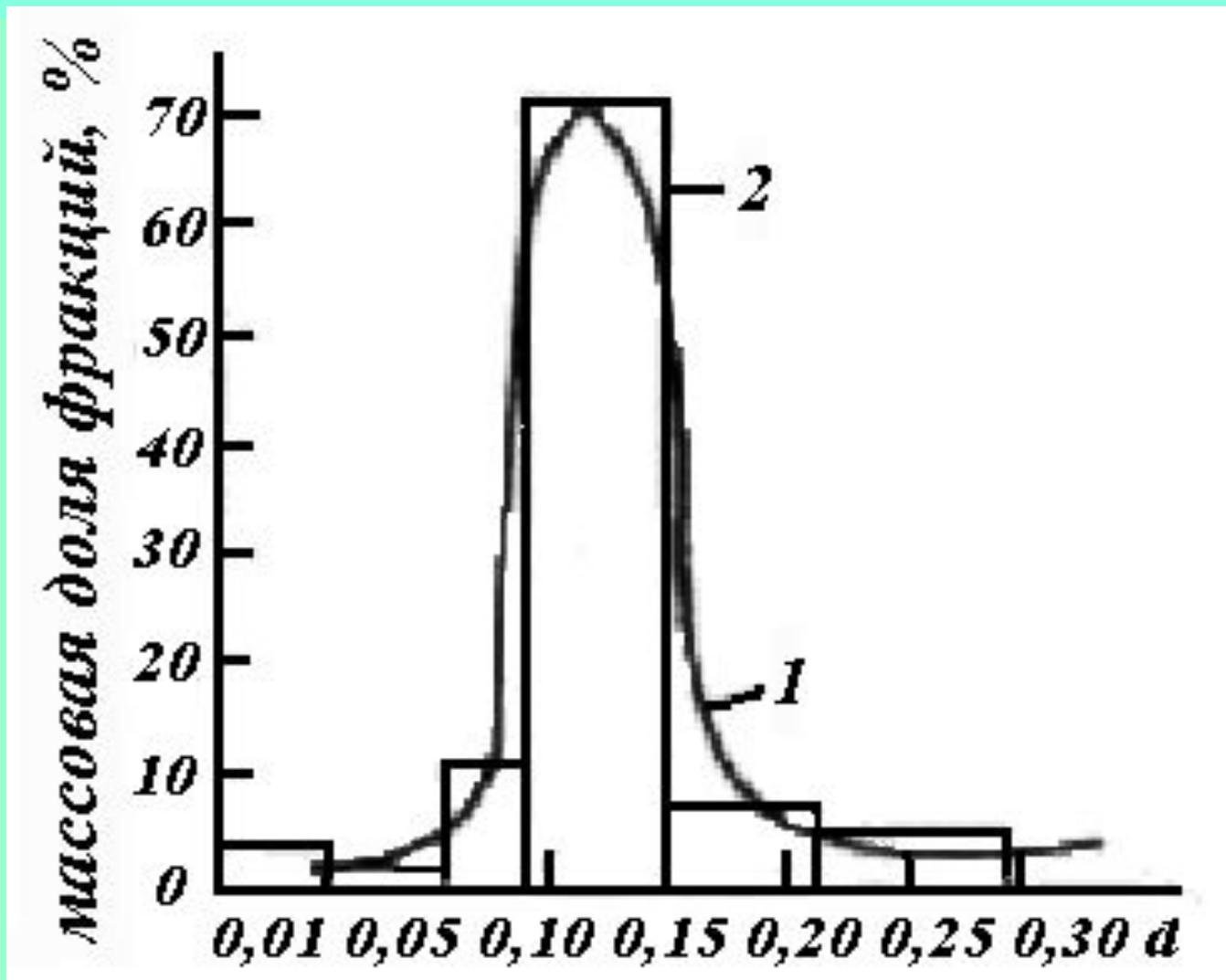
Ответ: 
$$U = \frac{gd^2}{18\nu} \left( \frac{\rho_n}{\rho_{жс}} - 1 \right)$$

### Весы Н.А. Фигуровского

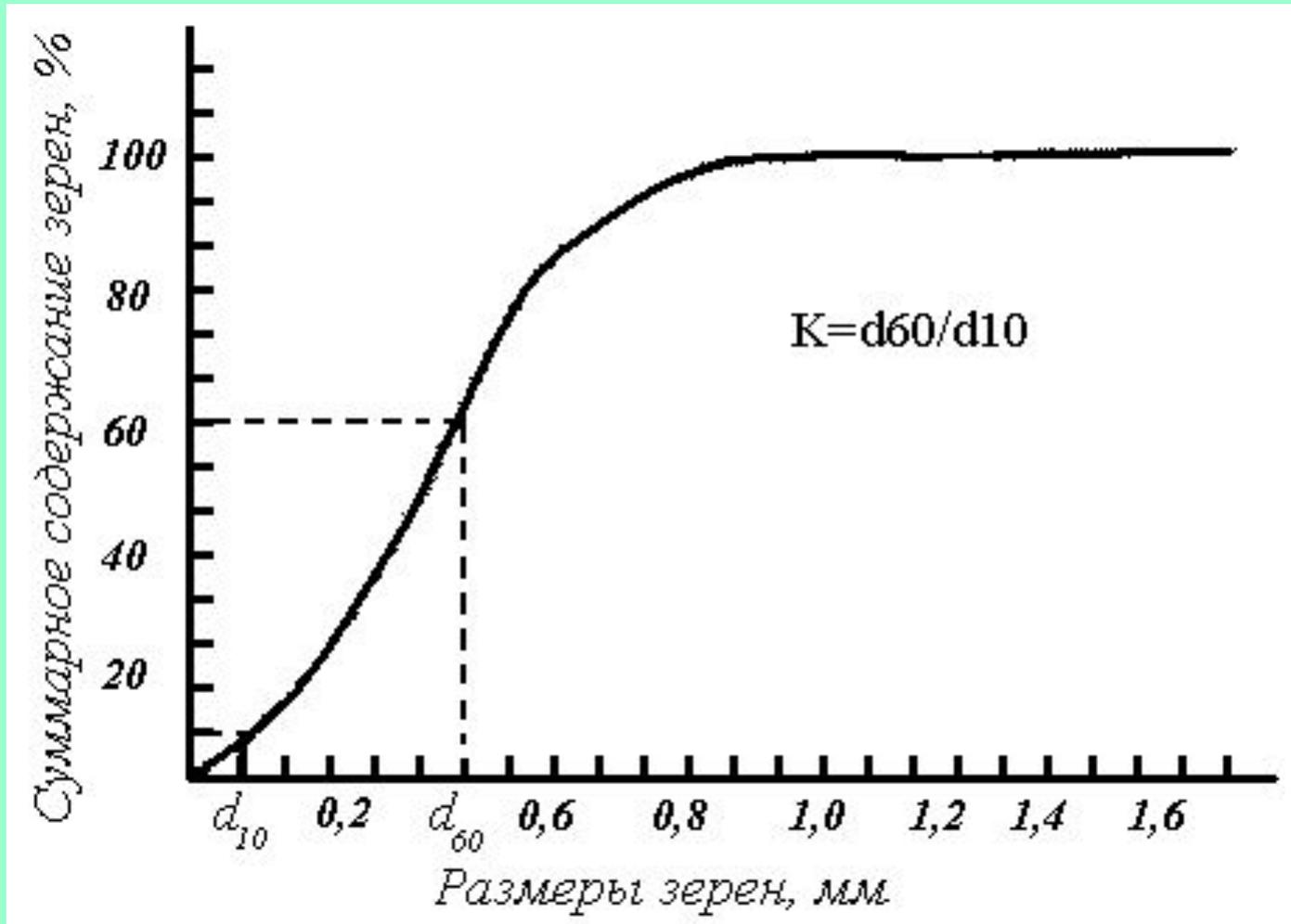


1 – стеклянный стержень; 2 – нить; 3 – цилиндрический сосуд; 4 –  
стеклянный диск; 5 – отсчетный микроскоп.

# Кривая распределения зерен породы по размерам (1) и гистограмма (2)



## 2.3. Коэффициент неоднородности горных пород



Кумулятивная (интегральная) кривая суммарного гранулометрического состава зерен породы