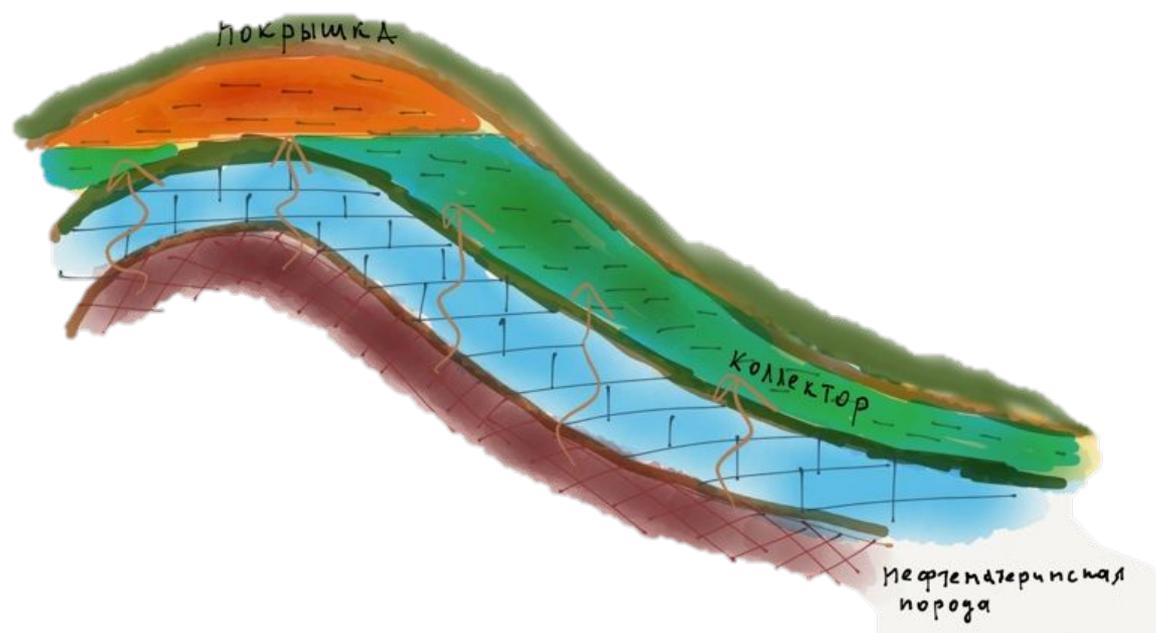


Общие сведения о резервуаре и
его характеристики

Введение

Определения

Коллектор – горная порода, обладающая пустотным пространством, заполненным флюидами – водой, нефтью и газом, в котором возможно их перемещение под действием межмолекулярных сил, силы тяжести и перепада пластового давления. По форме пустотного пространства коллекторы подразделяются на два типа: поровые и трещинные.



Ловушка – часть природного резервуара, в котором устанавливается равновесие между, с одной стороны, внешним давлением, вызывающим перемещение воды и растворенных в ней веществ, нефти, свободного газа в породах-коллекторах, и с другой – силами, препятствующими перемещению. Наиболее простая ловушка – пласт-коллектор в антиклинали.

Определения

- **Нефтематеринская порода** – это в основном подводные, глинисто-карбонатные осадки, накапливающиеся в областях длительного прогибания, обогащенные органическим веществом
 - Где формируется нефть
- **Природный резервуар** – пласт, участок пласта или группа сообщающихся пластов, обладающих поровым (межзерновым) каверновым или трещинным пространством, вмещающим жидкость или газ, которые могут перемещаться.
 - Где накапливается нефть
- **Покрышки или флюидоупоры** - породы, препятствующие уходу (миграции) нефти, газа и воды из коллектора. Эти породы могут перекрывать коллектор сверху или замещать его по площади и т.д.
 - Чем задерживается нефть

Обобщение

Покрышка

- пористая
- непроницаемая



Резервуар

- пористый
- проницаемый

Характеристики горных пород

Факторы влияющие на емкость породы и течение в ней:

- пористость
- проницаемость
- капиллярное давление
- сжимаемость
- насыщение

С экономической точки зрения рентабельность разработки месторождения зависит от значений:

- минимальной пористости
- минимальной толщины
- минимальной проницаемости
- минимальной площади

Пористость

Пористость

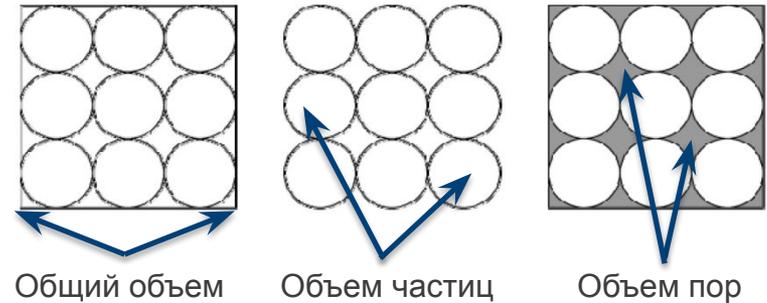
Пористость - одно из наиболее важных свойств горной породы!

Под пористостью горной породы понимается наличие в ней пор (пустот). Пористость характеризует способность горной породы вмещать жидкости и газы.

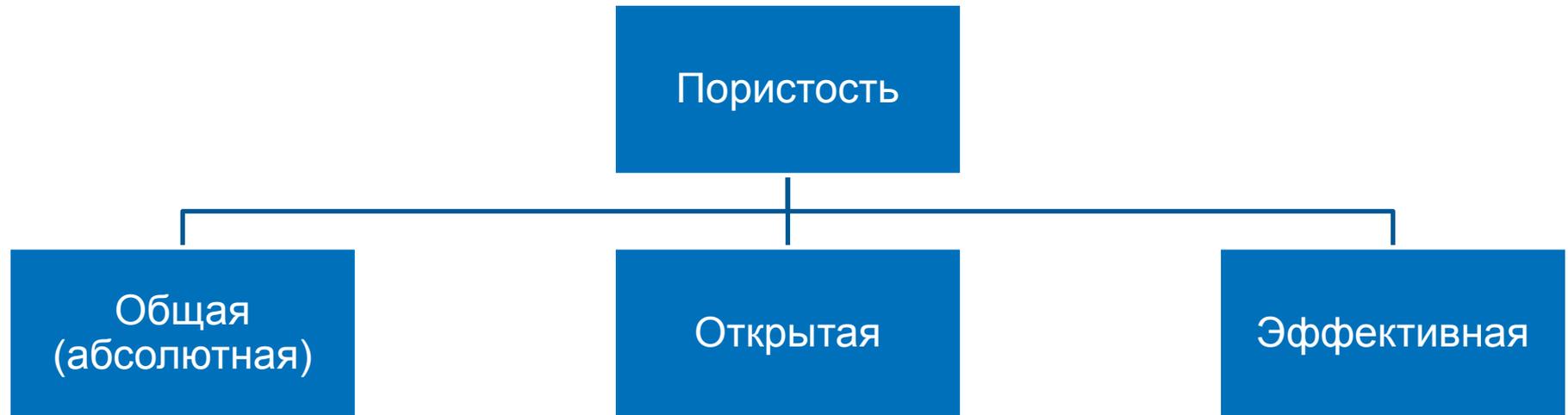
$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{общий}} - V_{\text{объем частиц}}}{V_{\text{общий}}}$$

$$\text{Пористость} = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{пор}} + V_{\text{объем частиц}}}$$



Виды пористости



$$\varphi_a = \frac{V_{\text{пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Общая пористость определяется как суммарный объем всего порового пространства, которое включает в себя открытые и закрытые поры.

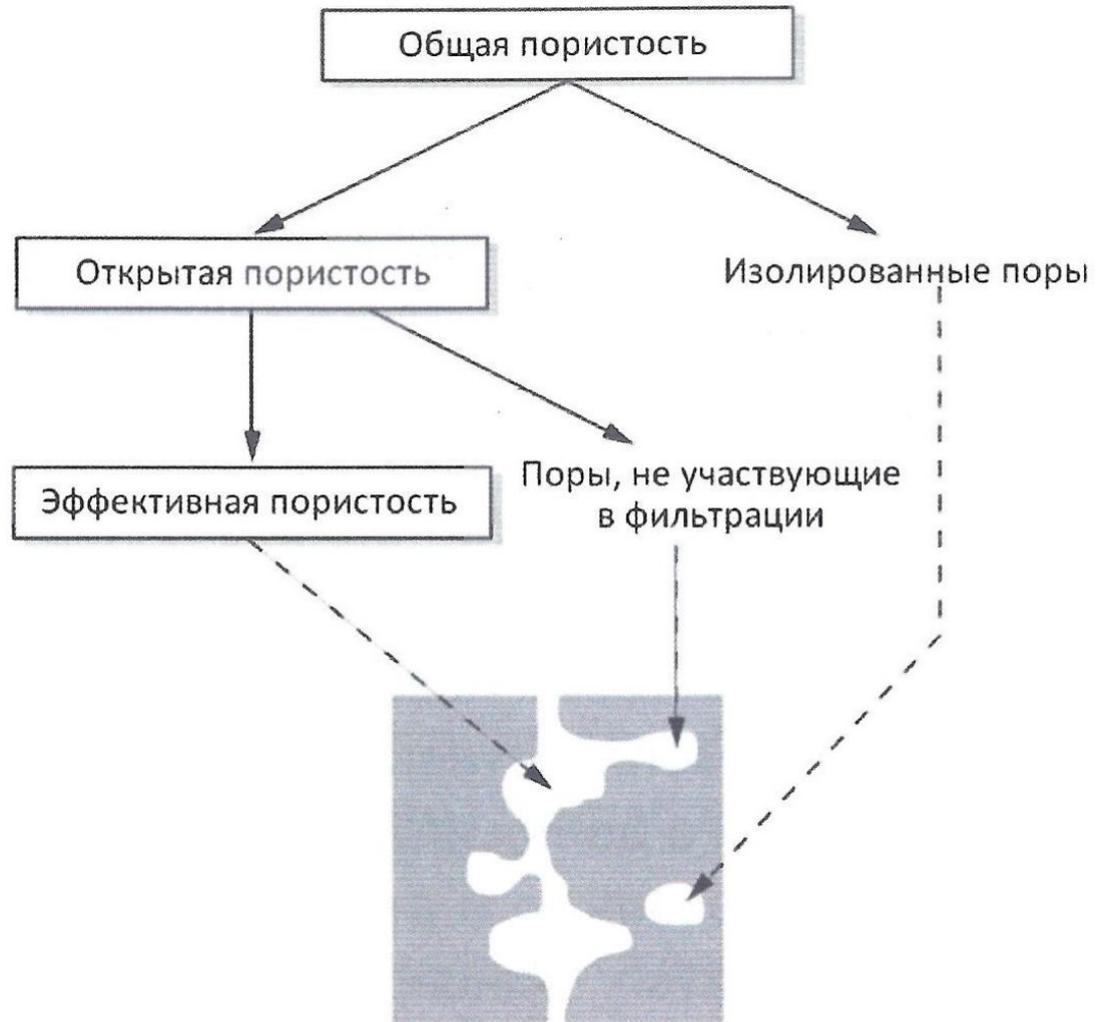
$$\varphi_o = \frac{V_{\text{сообщ пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Под открытой пористостью понимают объем связанных между собой пор.

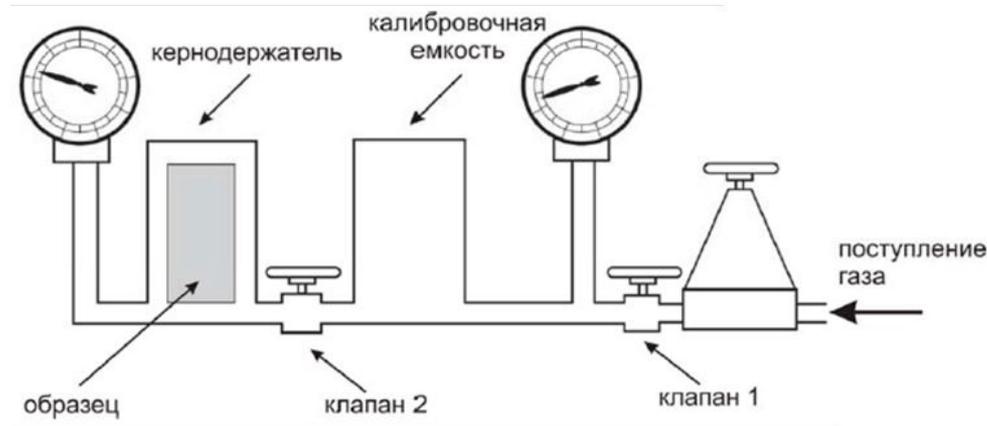
$$\varphi_{\text{эф}} = \frac{V_{\text{фильтр пор}}}{V_{\text{общий}}}$$

Эффективной пористостью является тот объем порового пространства, через которое возможна фильтрация флюидов.

Виды пористости



Определение пористости



$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 (V_1 + V_2 - V_{\text{скелета}})$$

$$V_{\text{скелета}} = \frac{P_2 V_1 + P_2 V_2 - P_1 V_1}{P_2}$$

$$V_{\text{пор}} = V_{\text{образца}} - V_{\text{скелета}}$$

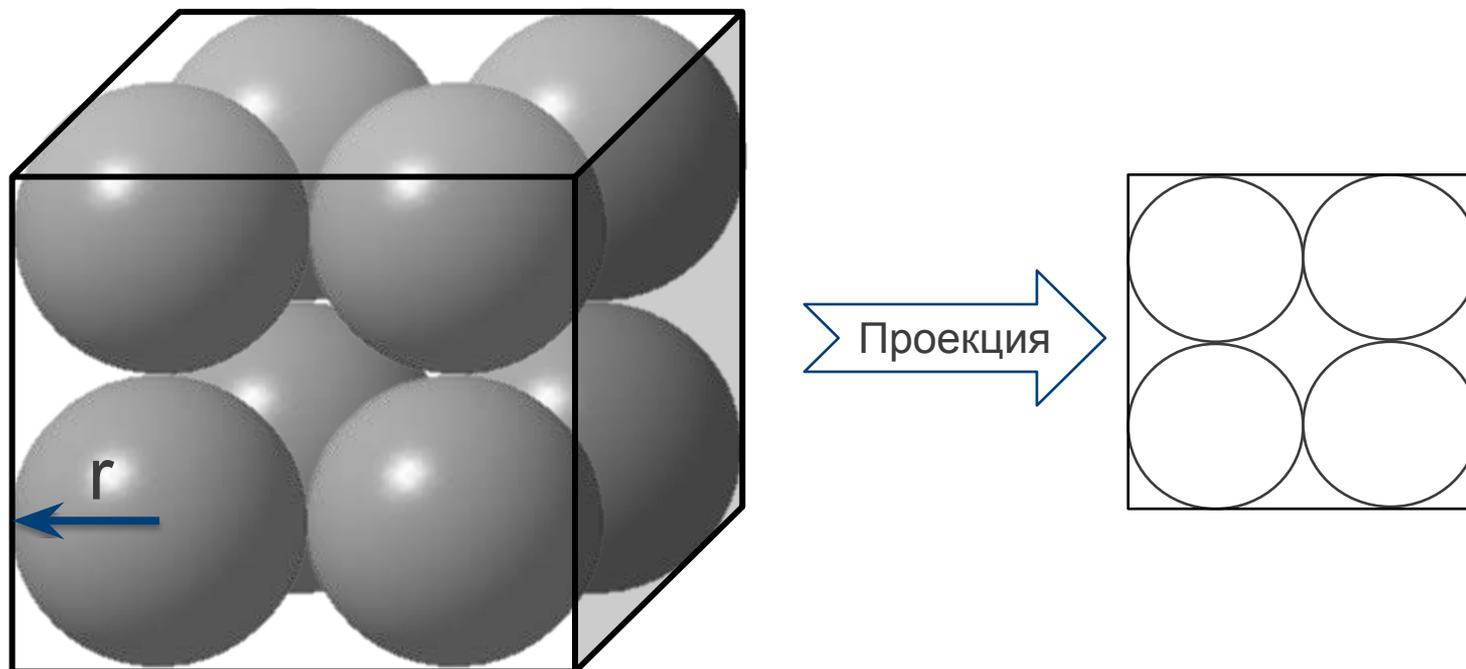
P_1 - давление в калибровочной камере

V_2 - объем калибровочной камеры

P_2 - давление в калибровочной камере и кернодержателе, после открытия клапана 2

V_2 - суммарный объем калибровочной камеры и кернодержателя

Задача: определить пористость



Насыщенность

Насыщенность

Насыщенность определяет, какую часть порового пространства занимает рассматриваемый флюид. Насыщенность является количественной мерой и выражается в долях или процентах от порового объема.

$$K_{\text{нн}} = \frac{V_{\text{нефти}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент нефтенасыщенности}$$

$$K_{\text{нг}} = \frac{V_{\text{газа}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент газонасыщенности}$$

$$K_{\text{нв}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент водонасыщенности}$$

$$K_{\text{нн}} + K_{\text{нг}} + K_{\text{нв}} = ?$$

Насыщенность

Насыщенность определяет, какую часть порового пространства занимает рассматриваемый флюид. Насыщенность является количественной мерой и выражается в долях или процентах от порового объема.

$$K_{\text{нн}} = \frac{V_{\text{нефти}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент нефтенасыщенности}$$

$$K_{\text{нг}} = \frac{V_{\text{газа}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент газонасыщенности}$$

$$K_{\text{нв}} = \frac{V_{\text{воды}}}{V_{\text{пор}}} \quad - \text{коэффициент водонасыщенности}$$

$$K_{\text{нн}} + K_{\text{нг}} + K_{\text{нв}} = 1$$

Проницаемость

Проницаемость

Проницаемость – способность породы пласта пропускать флюид при наличии перепада давления

Абсолютная проницаемость – проницаемость породы, заполненной одним флюидом (водой или нефтью). Не зависит от насыщающего флюида.

Эффективная проницаемость (фазовая) – проницаемость породы для отдельно взятого флюида (K_o , K_w), когда число присутствующих в породе фаз больше единицы. Эффективная проницаемость зависит от флюидонасыщения (степени насыщенности флюидов и их физико-химических свойств).

Относительная проницаемость (K_{ro} , K_{rw}) – отношение эффективной проницаемости (K_o , K_w) к абсолютной проницаемости:

$$K_{ro} = K_o / K_a$$

$$K_{rw} = K_w / K_a$$

Проницаемость

Проницаемость породы определяется при фильтрации флюидов через керн. Для оценки проницаемости пользуются линейным законом фильтрации Дарси, по которому скорость фильтрации флюида в пористой среде пропорциональна градиенту давления и обратно пропорциональна вязкости:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{k \cdot \Delta P}{\mu \cdot L} \text{ откуда получаем } k = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{\Delta P \cdot F}$$

V – скорость линейной фильтрации, (см/с)

Q – объемный расход флюида в единицу времени, (см³/с)

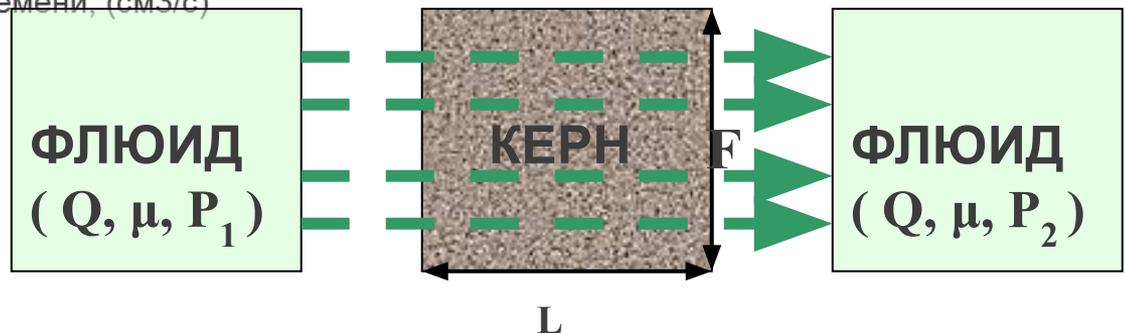
μ – вязкость флюида, (сП)

ΔP – перепад давления, (атм)

F – площадь фильтрации, (см²)

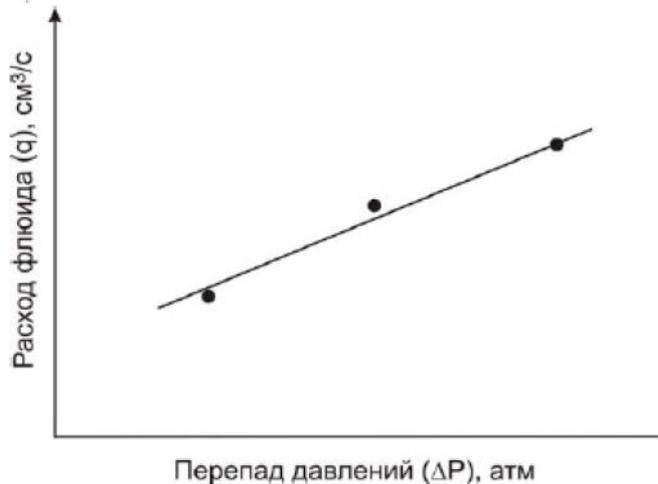
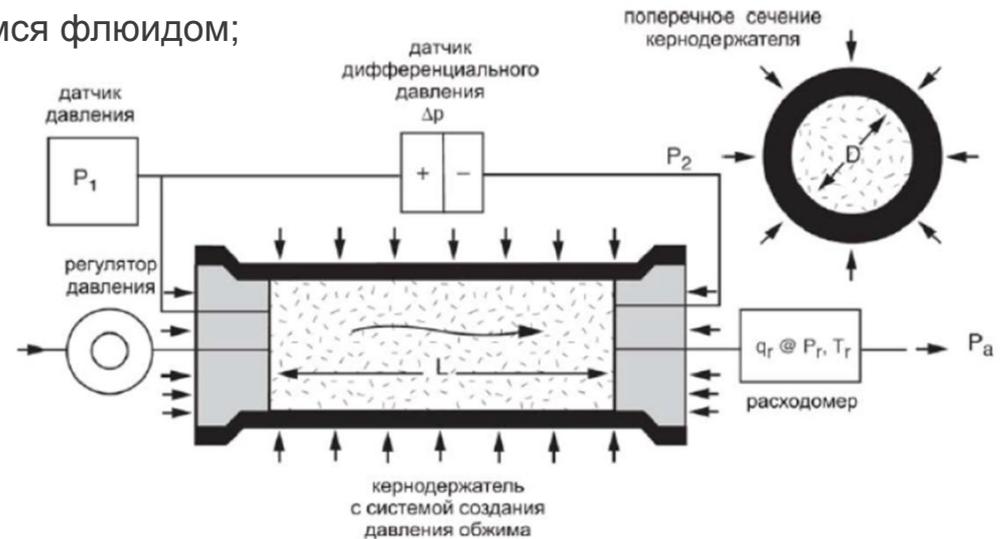
L – длина образца, (см)

k – проницаемость, (мД).



Определение абсолютной проницаемости

- Абсолютная проницаемость по жидкости:
- 100% насыщение образца фильтрующимся флюидом;
- горизонтальный поток;
- несжимаемый флюид;
- отсутствие химических реакций;
- не менее 3 точек измерения расхода
- при различных перепадах давления;
- определение проницаемости;
- осреднение полученных результатов;



q , см ³ /с	1	3	10
ΔP , атм	7,2	24,5	76
K , Д	0,106	0,093	0,101
			0,1

Определение эффективной проницаемости

Для определения ЭФФЕКТИВНОЙ проницаемости через керн совместно фильтруются нефть и вода. Определение эффективных проницаемостей проводится на нескольких режимах, но не менее пяти (0%, 25%, 50%, 75%, 100% воды в потоке).



Величины эффективных проницаемостей рассчитываются по формулам:

$$k_o = \frac{Q_o \cdot \mu_o L}{\Delta P \cdot F} \text{ и } k_w = \frac{Q_w \cdot \mu_w L}{\Delta P \cdot F}$$

где индекс «o» - нефть (oil), «w» - вода (water).

Задача: определение проницаемости

Предположим керн насыщен на 100% и промывается водой. Данные по керну следующие:

$F = 2.5 \text{ см}^2$; $L = 3.0 \text{ см}$; $Q_w = 0.6 \text{ см}^3/\text{с}$; $\Delta P = 2 \text{ атм}$; $\mu_w = 1.0 \text{ сП}$

$K = ?$

Тот же керн насыщен 100% нефтью:

$\mu_o = 2.7 \text{ сП}$; $Q_o = 0.222 \text{ см}^3/\text{с}$;

$K = ?$

Тот же керн с водонасыщенностью 70 % и нефтенасыщенностью 30 %

$Q_o = 0.027 \text{ см}^3/\text{с}$; $Q_w = 0.48 \text{ см}^3/\text{с}$;

$K_o = ?$

$K_w = ?$

Задача: определение проницаемости

Предположим керн насыщен на 100% и промывается водой. Данные по керну следующие:

$$F = 2.5 \text{ см}^2; L = 3.0 \text{ см}; Q_w = 0.6 \text{ см}^3/\text{с}; \Delta P = 2 \text{ атм}; \mu_w = 1.0 \text{ сП}$$

$$K = (Q \mu L) / (\Delta P F) = 0.6 * 1 * 3 / 2 * 2.5 = 360 \text{ мД}$$

Тот же керн насыщен 100% нефтью:

$$\mu_o = 2.7 \text{ сП}; Q_o = 0.222 \text{ см}^3/\text{с};$$

$$K = Q \mu L / \Delta P F = 0.222 * 2.7 * 3 / 2 * 2.5 = 360 \text{ мД}$$

Тот же керн с водонасыщенностью 70 % и нефтенасыщенностью 30 %

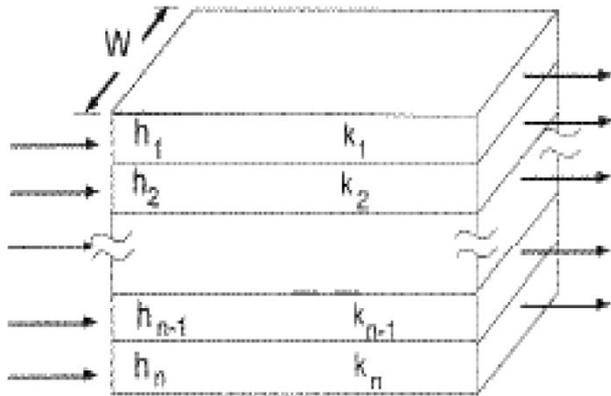
$$Q_o = 0.027 \text{ см}^3/\text{с}; Q_w = 0.48 \text{ см}^3/\text{с};$$

$$K_o = Q_o \mu_o L / \Delta P F = 0.027 * 2.7 * 3 / 2 * 2.5 = 44 \text{ мД}$$

$$K_w = Q_w \mu_w L / \Delta P F = 0.48 * 1 * 3 / 2 * 2.5 = 288 \text{ мД}$$

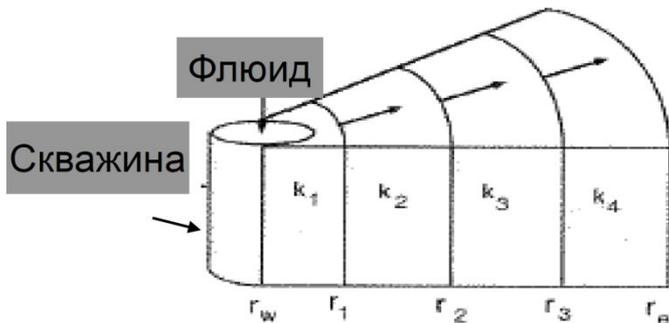
$$! (44 + 288) < 360$$

Средняя проницаемость



$$\bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot k_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

h_i – мощность i – го пропластка
 k_i – проницаемость i – го пропластка



$$\bar{k} = \frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)}{\sum_{i=1}^n \frac{\ln\left(\frac{r_i}{r_{i-1}}\right)}{k_i}}$$

r_e – радиус дренирования

r_w – радиус скважины

r_i – радиус i – го сегмента коллектора

Задача

Проницаемость коллектора – 50 мд.

Толщина поврежденной зоны вокруг скважины – 20 см.

Проницаемость поврежденной зоны – 10 мд.

Радиус скважины – 8 см.

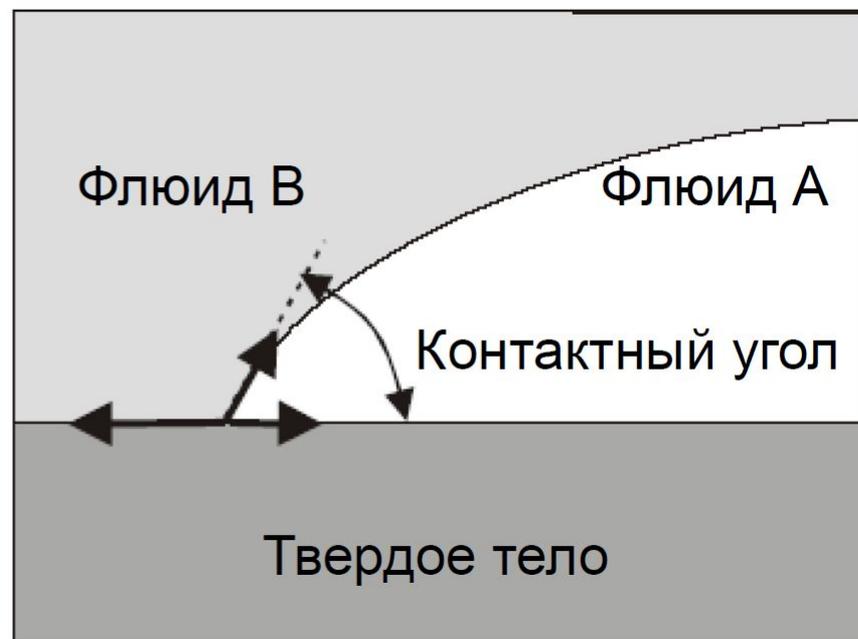
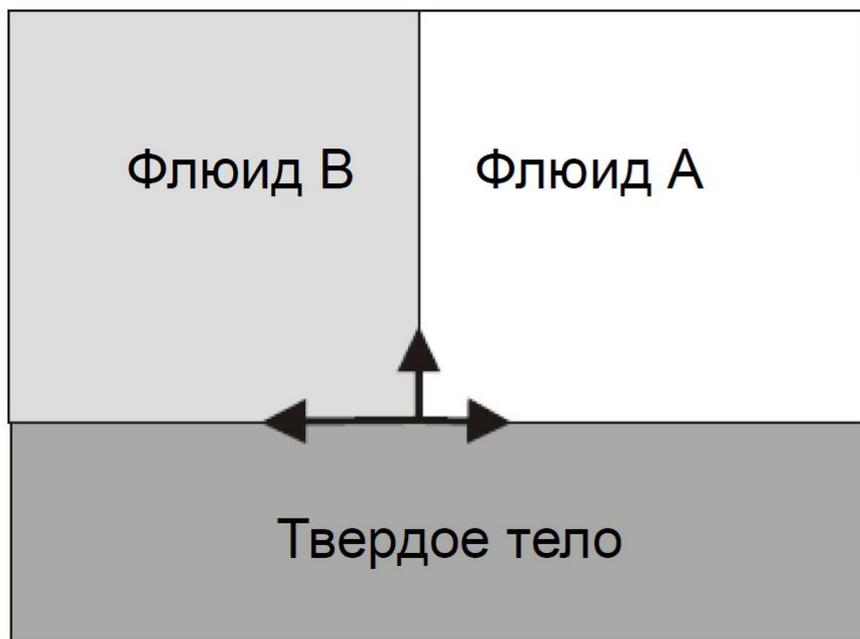
Радиус дренирования – 250 м.

Вычислить среднюю проницаемость коллектора.

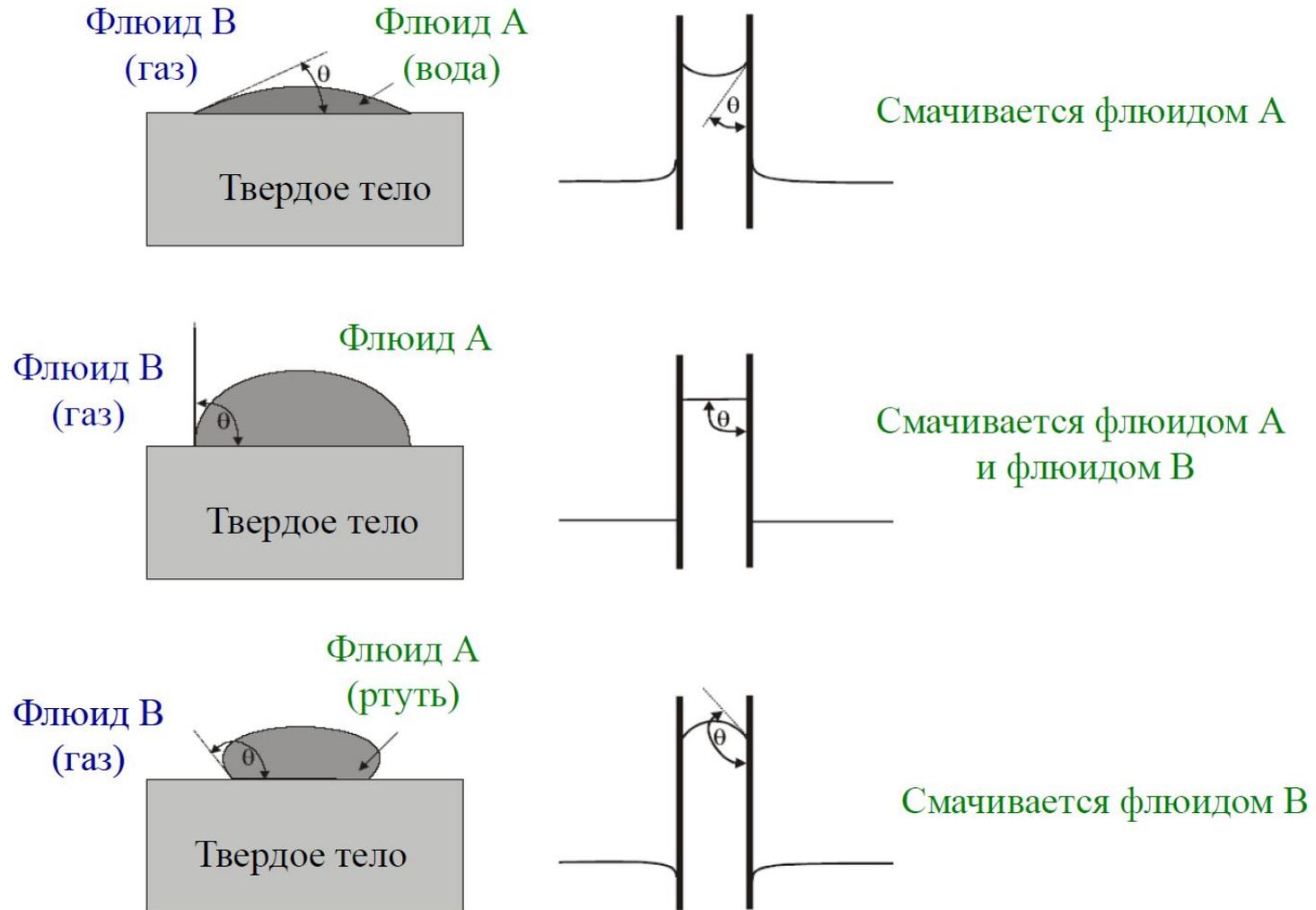
Смачиваемость

Смачиваемость

Смачиваемость – взаимодействие флюида и твердого тела.



Смачиваемость



Контакты

Текст

Алексей

Управление комплексного проектирования разработки
Korovin.AYu@gazpromneft-ntc.ru