

# Определение проницаемости

Лабораторная работа №4

# ПОНЯТИЕ И КАТЕГОРИИ ПРОНИЦАЕМОСТИ

- **Проницаемостью** называется свойство горных пород пропускать сквозь себя жидкости и газы при наличии перепада давления.

# Типы проницаемости

- **Абсолютной проницаемостью** называется проницаемость пористой среды для однофазного флюида при отсутствии заметного физико-химического взаимодействия его с пористой средой.
- **Эффективной проницаемостью** - проницаемость пористой среды (для данных жидкости или газа) при наличии в ней других флюидов.
- **Относительной проницаемостью** называется отношение эффективной проницаемости пористой среды для данного флюида к ее абсолютной проницаемости.

# Закон Дарси

- Значение  $K_{пр}$  в лабораторных условиях определяют путем фильтрации флюидов через керн. Для оценки проницаемости пользуются линейным законом фильтрации Дарси, согласно которому скорость фильтрации флюида в пористой среде пропорциональна градиенту давления и обратно пропорциональна вязкости.

$$V = \frac{K_{пр} \Delta p}{\mu \Delta L}$$

- где  $V$  – скорость фильтрации (см/с);  $\mu$  – вязкость газа (жидкости) (сПз);  $\Delta p$  – перепад давления (атм);  $\Delta L$  – длина образца (см);  $K_{пр}$  – коэффициент проницаемости (мД).

Скорость фильтрации  $V$  можно определить следующим образом:

$$V = \frac{Q}{F}$$

где  $Q$  – объемный расход газа (жидкости) через образец в единицу времени ( $\text{см}^3/\text{с}$ );  $F$  – площадь фильтрации ( $\text{см}^2$ ).

Объединив две формулы получаем:

$$k_{\text{пр}} = \frac{Q\mu l}{\Delta P F} = \frac{1 \text{ м}^3/\text{с} * 1 \text{ Па} * \text{с} * 1 \text{ м}}{1 \text{ Па} * 1 \text{ м}^2} = 1 \text{ м}^2 \text{ (система СИ)}$$

$$k_{\text{пр}} = \frac{Q\mu l}{\Delta P F} = \frac{1 \text{ см}^3/\text{с} * 1 \text{ сантипуаз} * 1 \text{ см}}{1 \text{ атм} * 1 \text{ см}} = 1 \text{ Дарси}$$

$$1 \text{ Д} = 1 \text{ мкм}^2 = 1 * 10^{-12}$$

# Схема прибора

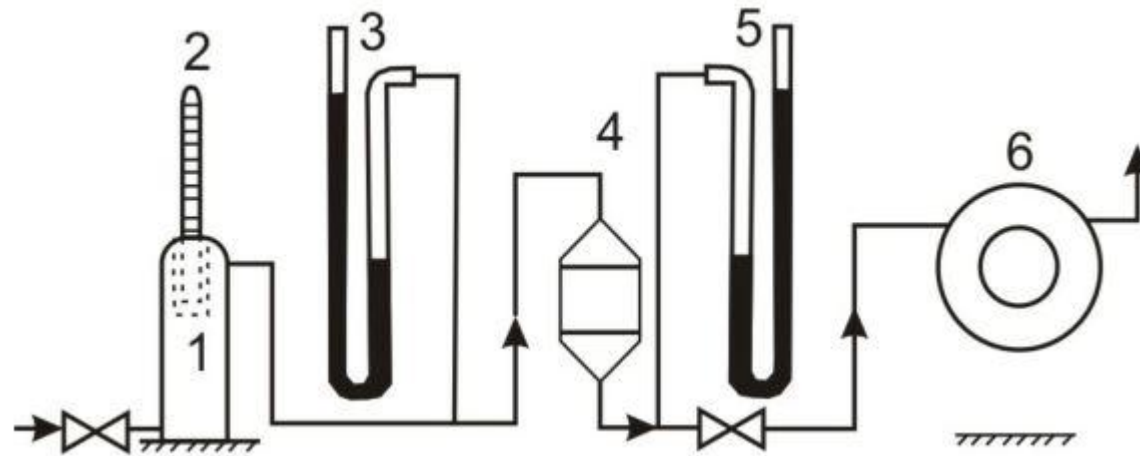


Схема прибора для определения проницаемости  
1 – хлоркальциевая трубка; 2 – термометр; 3 – манометр  
перед образцом; 4 – винтовой зажим и обойма для  
образца; 5 – манометр за образцом; 6 – газовые часы

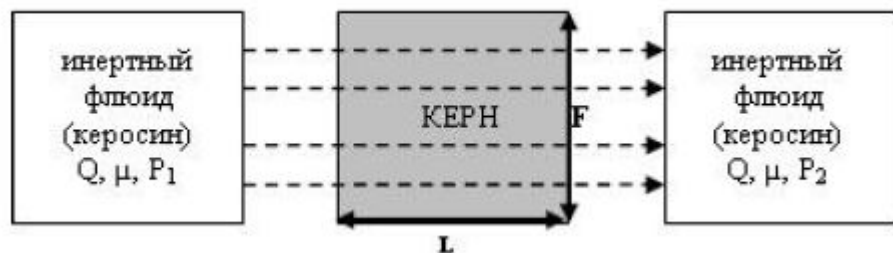
# Порядок проведения работ

1. Подготавливают образец (экстрагируют; выпиливается образец цилиндрической или кубической формы размером 3x3 см и диаметром 30, 25 или 20 мм).
2. Перед установкой в обойму для образца – образец измеряется (длину  $L$  и диаметр  $d$ ).
3. Образец помещается в обойму для образца, давление перед образцом измеряют с помощью манометра перед образцом.
4. Испытание проводится несколько раз (обычно три раза) при различных перепадах давления, продолжительность испытания зависит от проницаемости образца. При хорошей и средней проницаемости необходимо выдержка 2-5 минут, после того как установиться режим течения воздуха.

# Порядок проведения работ

5. Проводиться серия измерения каждые 30 сек, а затем вычисляется среднее давление  $P_1$  перед образцом.
6. На манометре после образца делают отсчет  $P_2$ .
7. По газовым часам рассчитывают объем флюида прошедший за определенный промежуток времени.
8. Подставляется в формулу и рассчитывается значение коэффициента проницаемости.





Определение абсолютной  
проницаемости



Определение эффективной  
проницаемости

Если поровое пространство ПК содержит в себе более одного флюида, то в этом случае проницаемость по конкретному флюиду называется *эффективной*. Значение ее зависит от физических свойств ПК, физико-химических свойств жидкостей и газа, а также от степени насыщенности пустотного пространства каждой из фаз. Для определения этого вида проницаемости через керн совместно фильтруются нефть и вода, причем определение проводится на нескольких режимах, но не менее пяти (0%, 25%, 50%, 75%, 100% воды в потоке). Эффективная проницаемость для каждой отдельной фазы, и сумма эффективных проницаемостей меньше, чем абсолютная проницаемость.

Величины эффективных проницаемостей рассчитываются по формулам:

$$k_{\text{прэн}} = \frac{Q_{\text{н}} \mu_{\text{н}} l}{\Delta P F}$$

$$k_{\text{прэв}} = \frac{Q_{\text{в}} \mu_{\text{в}} l}{\Delta P F}$$

# Пример

Определение абсолютной и эффективной проницаемостей.

Предположим, что керн насыщен на 100% и промывается водой.

Данные по керну следующие:  $F = 2,5 \text{ см}^2$ ;  $L = 3 \text{ см}$ ;  $Q_v = 0.6 \text{ см}^3/\text{с}$ ;  $\Delta P = 2 \text{ атм}$ ;  $\mu_v = 1 \text{ сПз}$ .

Подставляя данные по керну в формулу, получаем:

$$k_{\text{прв}} = \frac{Q_v \mu_v l}{\Delta P F} = \frac{0,6 * 1 * 3}{2 * 2,5} = 360 \text{ мД}$$

# Пример

Тот же керн насыщен 100% нефтью:  $\mu_n = 2,7$  сПз;  $Q_n = 0.222$  см<sup>3</sup>/с.

Используя формулу, получаем:

$$k_{\text{прн}} = \frac{Q_n \mu_n l}{\Delta P F} = \frac{0,222 * 2,7 * 3}{2,5 * 2} = 360 \text{мД}$$

Тот же керн с водонасыщенностью 70% и нефтенасыщенностью 30%:  $Q_n = 0,027$  см<sup>3</sup>/с;  $Q_v = 0,48$  см<sup>3</sup>/с.

$$k_{\text{прэн}} = \frac{Q_n \mu_n l}{\Delta P F} = \frac{0,027 * 2,7 * 3}{2 * 2,5} = 44 \text{мД}$$

$$k_{\text{прэв}} = \frac{Q_v \mu_v l}{\Delta P F} = \frac{0,48 * 1 * 3}{2 * 2,5} = 288 \text{мД}$$

$$44 \text{мД} + 288 \text{мД} < 360 \text{мД}$$

Из расчетов видно, что эффективная проницаемость для каждой отдельной фазы, и сумма эффективных проницаемостей меньше, чем абсолютная проницаемость.