

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ
РОССИИ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования



«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений

Отчет по лабораторной работе № 4:

«Определение коэффициента абсолютной проницаемости горных пород»

Выполнил: ст. группы ЭХТ-21-1

/Мамаев Д. В./

Проверил: доцент

/Лодопригора Д.Г./

Санкт-Петербург
2023

Цель работы:

Определение коэффициента абсолютной проницаемости пород.

Краткие теоретические сведения:

Проницаемость — это способность горных пород пропускать через себя жидкости и газы.

Согласно закону Дарси, существует однозначная линейная взаимосвязь между скоростью фильтрации флюида и градиентом пластового давления. Коэффициент пропорциональности в этой взаимосвязи и является характеристикой проницаемости пласта.

Проницаемость - структурно-чувствительное свойство пласта, поэтому проницаемость зависит от структуры порового пространства - эффективного размера пор, связанности поровой структуры, соотношения открытых и закрытых пор и т.д.

Для характеристики проницаемости нефтесодержащих пород введены понятия:

- абсолютная проницаемость;
- эффективная проницаемость (или фазовая);
- относительная.

Абсолютной проницаемостью называется проницаемость пористой среды при движении в ней лишь одной какой-либо фазы (газа или однородной жидкости). Коэффициент абсолютной проницаемости теоретически характеризует только физические свойства породы. Установлено, что при движении жидкости в пористой среде на величину ее проницаемости оказывают влияние физико-химические свойства жидкостей. Поэтому в качестве абсолютной проницаемости принято считать проницаемость пород, определенную по газу (азоту).

Измерение абсолютной проницаемости пород по воздуху (газу) в формулу Дарси

$$k = \frac{Q \cdot \mu \cdot L}{F \cdot \Delta P},$$

где k – проницаемость породы, м²; Q – объемный расход в единицу времени, м³ /с; η – динамическая вязкость, Па·с; F – площадь фильтрации, м²; ΔP – перепад давления, Па; L – длина пористой среды, м.

Для решения следует подставить средний расход воздуха в условиях образца

$$k = \frac{\bar{Q} \mu L}{F \Delta P},$$

Распределение давления по длине керна, вообще говоря, нелинейно, однако из-за малых размеров керна и при малом перепаде давления на керне этой нелинейностью можно пренебречь. Поэтому среднее давление по длине керна:

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_a}{2},$$

где P_1 – давление (абсолютное) на входе в керн;
 P_a – атмосферное давление.

Так как манометр показывает избыточное давление над атмосферным на входе в керн, то

$$P_1 = P_a + P_{\text{ман}},$$

где $P_{\text{ман}}$ – показания манометра.
 Тогда

$$\bar{P} = \frac{2P_a + P_{\text{ман}}}{2}$$

Для приведения объема газа V , замеренного расходомером при атмосферном давлении P_a , к среднему давлению в керне \bar{P} воспользуемся законом Бойля – Мариотта:

$$P_a V = \bar{P} V,$$

Откуда

$$\bar{V} = V \frac{P_a}{P} = V \frac{2P_a}{2P_a + P_{ман}}$$

Так как

$$\bar{Q} = \frac{\bar{V}}{t},$$

где t – время, в течение которого через керн прошёл объём воздуха V по расходомеру.

Окончательная формула для определения коэффициента проницаемости горной породы по воздуху при малых давлениях будет следующей:

$$k = \frac{V}{t} \frac{\mu L}{F} \frac{2P_a}{(2P_a + P_{ман})P_{ман}}$$

В окончательном выражении для вычисления коэффициента абсолютной проницаемости учтено, что перепад давления на керне ΔP равен манометрическому давлению на входе в керн $P_{ман}$ при сделанных допущениях.

Эффективной (или фазовой) проницаемостью называется проницаемость пород для данного газа или жидкости при наличии или движении только в порах многофазных систем.

Относительной проницаемостью пористой среды называется отношение эффективной проницаемости этой среды к абсолютной ее проницаемости.

Используемое оборудование и материалы:

На рисунке 1 изображена схема установки для определения абсолютной проницаемости горных пород по воздуху. Установка состоит из редуктора 2, присоединённого к системе сжатого воздуха 1 (до 0,15 МПа). От редуктора, позволяющего регулировать давление, воздушная линия идёт на вход кернодержателя 4 с размещённым в нём керном 5. На входе в кернодержатель установлен образцовый манометр 3, показывающий давление. На выходе из кернодержателя установлен расходомер воздуха 6 для измерения объёма газа, прошедшего через керн, который в дальнейшем поступает в атмосферу.

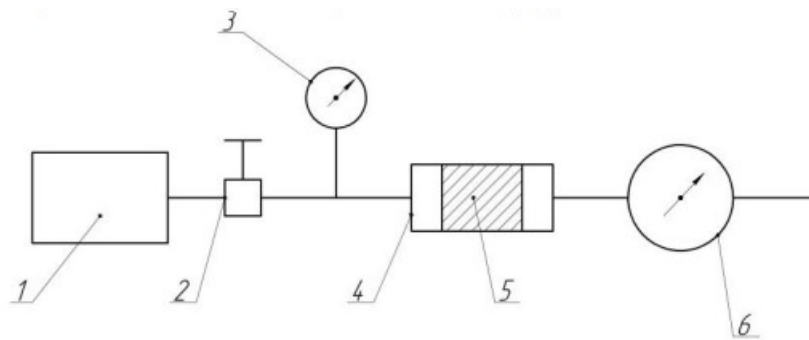


Рис.1. Принципиальная схема установки для определения абсолютной проницаемости горных пород по воздуху.

Кернодержатель – капсула, в которую будет помещаться исследуемый образец керна – разборный. Кернодержатель состоит из корпуса, на который навинчиваются крышки герметизирующими уплотнениями. В крышке имеется контрольное отверстие. Образец породы (керна) цилиндрической формы устанавливается внутрь корпуса с использованием герметизирующих уплотнений с обоих торцов керна.

Ход работы:

1. Замеряются геометрические размеры образцов и вычисляется площадь поперечного сечения;

2. Собирается установка согласно схеме (рисунок 1) с помещением образца керна в кернодержатель;

3. Редуктор устанавливается на искомое давление 0,1 МПа и измеряется объём воздуха, прошедшего через образец керна, расходомером. Для лучшей воспроизводимости результатов необходимо замерять расход газа при каждом режиме не менее 3–5 минут.

4. Все измеренные величины приводятся к единой системе единиц СИ и заносятся в таблицу 1.

Пример вычислений:

Диаметр и длина первого образца:

$$D = 26 \text{ мм} = 0,026 \text{ м},$$

$$L = 47 \text{ мм} = 0,047 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения керна:

$$F = 0,78 D^2$$

$$F = 0,00053 \text{ м}^2$$

Формула для определения проницаемости пород по газу:

$$k = \frac{V}{t} \frac{\mu L}{F} \frac{2P_a}{(2P_a + P_{ман})P_{ман}}$$

Вычислим значение абсолютной проницаемости для первого образца:

Измерение	Давление на входе P0, кПа	Объем газа, вышедший через керна V, м ³	Проницаемость K, м ²
1	100	0,0002	153*10 ⁻¹⁵
2	1000	0,002	546*10 ⁻¹⁵

$$k_1 = \frac{0,0002 * 18,08 * 10^{-6} * 0,047 * 2 * 101325}{0,00053 * 300 * (2 * 101325 + 100000) * 100000} = 153 * 10^{-15} \text{ м}^2$$

$$k_2 = \frac{0,002 * 18,08 * 10^{-6} * 0,047 * 2 * 101325}{0,00053 * 300 * (2 * 101325 + 1000000) * 1000000} = 546 * 10^{-15} \text{ м}^2$$

Таблица 1. Результаты работы в табличном виде

Номера скважин	Номера образцов	P _{ман} , кПа	V, см ³ 10 ⁵	t, °C	K*10 ⁻¹⁵ , м ²	Примечания
2101	1	100	2	180	153	P _a = 0,101325 МПа μ = 18,08 _{мкПа·с}
		1000	20		546	
	2	100	1		145	
		1000	4		379	
	3	100	1		167	
		1000	9		407	
	4	100	3		163	
		1000	19		530	
	5	100	2		158	
		1000	28		687	
	6	100	1		133	
		1000	5		389	

--	--	--	--	--	--	--

Вывод

В ходе данной лабораторной работы мы смогли определить абсолютную проницаемость образцов с помощью формулы Дарси. Проницаемость горных пород пласта - способность пород пласта пропускать жидкость и газ при перепаде давления.

При относительно небольших перепадах давления в нефтеносных пластах многие породы в результате незначительных размеров пор оказываются практически непроницаемыми для жидкостей и газов (глины, сланцы и т.д.). Но при сверхвысоком давлении все горные породы проницаемы