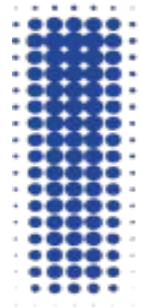


Основы разработки нефтяных и газовых ~~месторождений~~

Ассистент кафедры бурения
нефтяных и газовых скважин

Шалыпина А.Д.



university

Тюменский
индустриальный
университет

Тюмень 2022

Основные понятия и характеристика

пласта

Фильтрацией называется движение жидкостей, газов, их смесей в пористых и трещиноватых средах, то есть в твердых телах, связанных системой сообщающихся пор и микротрещин. Фильтрация жидкостей и газов происходит по двум основным путям: в поровых каналах при очень малых силах трения при движении жидкостей в среде очень вязкой, как площади соприкосновения жидкости с твердыми частицами.

Коэффициент пористости m называется отношением

V_p к

коэффициент пористости выражается в единицах или в процентах к объему образца. $m = V_p / V$ Определены коэффициенты

необходимо оценки танефти и пористост для фильтрац запасов пористо изучения и ии в й среде. 2

процессо

Основные понятия и характеристика

Пластина

Коэффициентом просветности n называется отношение площади просветов $\omega_{\text{пр}}$ в данном сечении пористой среды ко всей площади этого сечения ω :

$$n = \omega_{\text{пр}} / \omega$$

Площадь просветов различна в различных поперечных сечениях $\omega_{\text{пр}}(x)$.

Поперечным сечением ω называется поверхность, проведенная перпендикулярно направлению скорости.

Объемным расходом Q называется объем жидкости, прошедший через поперечное сечение за единицу времени:

Массовым расходом Q_m называется масса жидкости, прошедшая через поперечное сечение за единицу времени:

$$Q_m = m/t$$

Основные понятия и характеристика

~~пласта~~

Массовый расход равен произведению плотности ρ на объемный расход:

$$Q_m = \rho \cdot Q$$

Скоростью фильтрации u называется отношение объемного расхода жидкости к площади поперечного сечения:

$$u = Q / \omega$$

В действительности фильтрация жидкости или газа происходит по просветам, поэтому **действительная скорость v** определяется по следующей формуле:

$$v = u / m$$

Закон Дарси

В основе математической формулировки всякой физической задачи должен лежать какой-либо основной закон, устанавливающий вид связи между изучаемыми величинами. В теории фильтрации одним из таких основных законов, является **закон Дарси**.

Закон Дарси – устанавливает связь между величиной скорости фильтрации вдоль линии тока и силами, действующими в направлении течения. **Проницаемость коллектора** – параметр, характеризующий способность коллектора пропускать жидкость или газ при определенном давлении. Как и коэффициент пористости, проницаемость не постоянная величина и изменяется по площади пласта и по напластованию.

Для характеристики проницаемости пород нефтесодержащих пластов введены понятия **абсолютной, фазовой и относительной проницаемости**.

Закон Дарси

Для оценки горны поро обычн пользуютс ~~привязанном~~ законом фильтрации Дарси, по котором уя скорость фильтрации жидкости в пористой среде пропорциональна градиенту давления и обратно пропорциональна динамической вязкости:

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

где u – скорость линейной фильтрации, м/с; Q – объемный расход жидкости, м³/с; F – площадь фильтрации, м²; ΔP – динамический перепад давления, Па; L – длина пористой среды, м; μ – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

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

Физический смысл размерности k – коэффициент проницаемости, м². $1 \text{ Д} = 10^{-12} \text{ м}^2 = 1 \text{ мкм}^2$. Физический смысл размерности k – проницаемость среды горной породы, по которым происходит фильтрация флюидов.

Нарушение закона Дарси. Нелинейные законы

фильтрации

Подобно тому, как в трубной гидравлике критерием режима движения является

$$Re = v d \rho / \mu$$

В теории фильтрации вводится безразмерный параметр – $Re = u a \rho / \mu$, где u - некоторая характерная скорость; a - линейный параметр, характеризующий среднее сечение поровых каналов; ρ - плотность жидкости; μ - динамический коэффициент вязкости.

Скорость фильтрации, при которой нарушается закон Дарси, называется критической скоростью фильтрации ($u_{кр}$).

Однако нарушение линейного закона фильтрации еще не означает перехода от ламинарного движения к турбулентному. Закон Дарси нарушается вследствие того, что силы инерции, возникающие в жидкости за счет извилистости каналов и изменения площади их поперечных сечений, становятся при $u > u_{кр}$ соизмеримыми с силами трения.

В трубной гидравлике значение Re , при котором происходит смена режимов, равно $Re_{кр} = 2320$, в теории фильтрации закон Дарси нарушается вследствие того, что силы инерции становятся соизмеримыми с силами трения. В теории фильтрации закон Дарси нарушается вследствие того, что силы инерции становятся соизмеримыми с силами трения.

Нарушение закона Дарси. Нелинейные законы

фильтрации

Впервые число Рейнольдса для фильтрации жидкости было введено Н.Н.Павловским в виде:

$$Re = \frac{ud\rho}{(0,75m + 0,23)\mu}$$

$$\bar{a} = \frac{d_s}{0,75m + 0,23}$$

Критические значения Re по Павловскому заключены в интервале:

$$Re_{кр} = 7,5 \div 9$$

В.Н.Щелкачев предложил взвешанный парадоксальный коэффициент вязкости

$$\bar{a} = 10\sqrt{km}^{-2,3}$$

Число Рейнольдса по В.Н.Щелкачеву имеет вид

$$Re = \frac{10u\sqrt{\rho}}{m^{2,3}\mu}$$

а критические значения лежат в интервале

$$1 < Re_{кр} < 12$$

Нарушение закона Дарси. Нелинейные законы

фильтрации

По М.Д.Миллионщикову за характерную скорость взят действительная скорость движения жидкости, а за линейный а параметр $\sqrt{\frac{k}{m \kappa \rho}}$, т.е. $Re = \frac{\sqrt{v} \frac{k}{m \rho} \sqrt{u}}{m^{1,5}} - 0,022 < Re_{кр} \leq 0,29$.

Если вычисленное по одной из μ вышепредставленных формул значение числа Re оказывается меньше нижнего критического значения $Re_{кр}$, то закон Дарси справедлив, если Re больше верхнего значения $Re_{кр}$, то закон Дарси заведомо нарушен.

Определение режима фильтрации жидкостей и газов имеет большое практическое значение, ибо без знания закона фильтрации в пласте нельзя правильно рассчитать дебиты скважин, распределение давления в пласте, а также невозможно определение параметров пласта по данным исследования нефтяных и газовых скважин.

Нарушение закона Дарси

Нелинейные законы фильтрации

При нарушении закона Дарси зависимость между скоростью фильтрации u и градиентом давления dp/ds лучше всего описывается формулой

$$-\frac{dp}{ds} = au + bu^2$$

которая выражает плавный переход от линейного закона фильтрации к

нелинейному. При малых значениях скорости $au \gg bu^2$ au и bu^2 имеют один и тот же порядок; при больших значениях скорости bu^2 преобладают. При $au \ll bu^2$ можно пренебрегать вторым членом и получать закон Дарси; при значениях $u \geq u_{кр}$ принимают

$$-\frac{dp}{ds} = bu^2,$$

что соответствует квадратичному закону сопротивления и имеет место при фильтрации в крупнозернистых и трещиноватых породах. Формула называется формулой А.А. Краснопольского.

$$a = \mu / k$$

$$b = \rho \frac{63 \cdot 10^6}{(k / m)^{3/2}}$$

Задач

И

Задача 1

По керну диаметром 2 см, длиной 5 см за десять минут прокачано $0,6 \text{ см}^3$ воды. Абсолютное давление на входе 0,5 МПа, а на выходе 0,2 МПа. Определить действительную скорость и скорость фильтрации на входе в керн, если пористость керна 10%.

Задача 2

Определить значение числа Рейнольдса у стенки гидродинамически несовершенной по характеру вскрытия нефтяной скважины, если известно, что эксплуатационная колонна перфорирована, на каждом метре длины колонны прострелено 10 отверстий диаметром $d_0=10 \text{ мм}$, толщина пласта $h=15 \text{ м}$, проницаемость пласта $k=1 \text{ мкм}^2$, пористость его $m=18\%$, коэффициент вязкости нефти $\mu=4 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, плотность нефти $\rho=870 \text{ кг/м}^3$ и дебит скважины составляет $140 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Задача 3

Определить по формуле Щелкачева, происходит ли фильтрация в пласте по закону Дарси, если известно, что дебит нефтяной скважины $Q=200 \text{ м}^3/\text{сут}$, толщина пласта $h=5 \text{ м}$, коэффициент пористости $m=16\%$, коэффициент проницаемости $k=0,2 \text{ мкм}^2$, плотность нефти $\rho=0,8 \text{ г/см}^3$, коэффициент вязкости ее $\mu=5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. гидродинамически совершенна, радиус ее $r_c=0,1 \text{ м}$.

План лекционного занятия

1. Основные понятия и характеристики пласта;
2. Закон Дарси;
3. Нарушение закона Дарси. Нелинейные законы фильтрации;
4. Исследование прямолинейно-параллельного установившегося фильтрационного потока несжимаемой жидкости в однородном пласте.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!