

Определение показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Автор: Студент группы РНГМ-17-1с Лутфуллин Руслан Вадимович

Руководитель: Доцент Кафедры НГТ Турбаков Михаил Сергеевич

Содержание

Список рисунков

Рис. 1. Схема непоршневого вытеснения нефти водой из прямолинейного пласта стр 12

Рис. 2. Схема элемента пласта при непоршневом вытеснении нефти водой стр 14

Рис. 3. График зависимости $f(s)$ от s стр 23

Рис. 4. График зависимости $f'(s)$ от s стр 24

Рис. 5. Схема элементарного объема радиального пласта стр 27

Введение

- Для учета обводненной продукции была создана модель непоршневого вытеснения нефти водой или модель двухфазной фильтрации.
- Эта модель, начало которой было положено американскими исследователями Бакли и Левереттом, послужила основой многих методик расчетов разработки нефтяных пластов с учетом совместной фильтрации нефти и воды.
- Учет непоршневого характера вытеснения нефти водой привел к необходимости использования относительных проницаемостей, которые, естественно, неодинаковы для различных пластов. Модель процесса непоршневого вытеснения нефти водой даже в сочетании с моделью однородного пласта позволяет рассчитывать данные разработки пласта в период добычи обводненной продукции. Тем не менее необходимо было как-то учитывать и реальную неоднородность пластов.

Введение

- По этой методике пласт состоит из набора отдельных слоев - пропластков (трубок тока). Распределение абсолютной проницаемости устанавливают на основе определенного вероятностно-статистического закона. Чаще всего в качестве такого закона используют логарифмически нормальный закон. Приблизительно принимают, что расход воды, поступающей в каждый отдельный слой, пропорционален абсолютной проницаемости этого слоя. Для расчета фильтрационного сопротивления в зоне совместного движения нефти и воды используют эмпирические зависимости, полученные на основе аппроксимации относительных проницаемостей.
- Определять добычу обводненной продукции можно также на основе сочетания модели поршневого вытеснения нефти водой с моделью слоисто-неоднородного пласта.

Цель и задачи

Цель:

- Определить алгоритм действий для разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой.

Задачи:

- Изучить основные показатели разработки
- Рассмотреть непоршневую модель вытеснения водой
- Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

1. Основные показатели разработки

1. Основные показатели разработки

- Коэффициент вытеснения нефти водой η_2 при разработке нефтяных месторождений с применением заводнения называется отношение извлеченной из пласта нефти к ее запасам, первоначально находившимся в части пласта, подверженной воздействию заводнением.
- Коэффициент охвата пласта воздействием η_2 называется отношение запасов нефти первоначально находившихся в части пласта, подверженной воздействию заводнением, к геологическим запасам нефти в пласте.

1. Основные показатели разработки

Коэффициент вытеснения в процессе разработки месторождения зависит от следующих факторов:

- Минералогического состава и литологической микроструктуры пород – коллекторов нефти и, как следствие этих факторов, - глинистости пород, распределения пор по размерам, уровня абсолютной проницаемости, относительных проницаемостей, параметров микротрещиноватости пород;
- Отношения вязкости нефти к вязкости воды, вытесняющей нефть;
- Структурно-механических (неньютоновских) свойств нефти и их зависимостей от температурного режима пластов;
- Смачиваемости пород водой и характера проявления капиллярных сил в породах;
- Скорости вытеснения нефти водой.

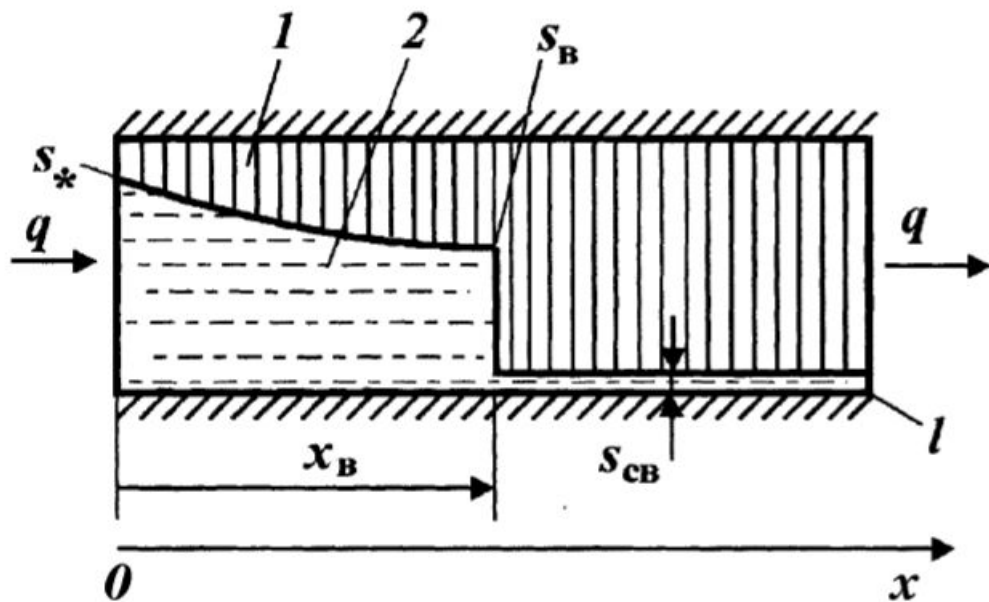
1. Основные показатели разработки

Коэффициент охвата пластов воздействием при заводнении зависти главным образом от следующих факторов:

- Физических свойств и геологической неоднородности разрабатываемого пласта в целом;
- Параметров системы разработки месторождения, т.е. расположения скважин в пласте, расстояний между добывающими, а так же между добывающими и нагнетательными скважинами, отношения числа нагнетательных к числу добывающих скважин;
- Использование наклонно направленных скважин с разветвленными стволами;
- Давления на забоях нагнетательных и добывающих скважин;
- Применения способов и технических средств эксплуатации скважин;
- Применения методов управления процессом разработки месторождения путем частичного изменения системы разработки или без изменения системы разработки.

2. Непоршневая модель вытеснения нефти водой

2. Непоршневая модель вытеснения нефти водой



Непоршневое вытеснение нефти - это вытеснение, при котором за его фронтом движутся вытесняющий и вытесняемый флюиды, т.е. за фронтом вытеснения происходит многофазная фильтрация.

Рис. 1. Схема непоршневого вытеснения нефти водой из прямолинейного пласта:

1 – нефть; 2 – вода.

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Рассматривая двухфазную фильтрацию (непоршневое вытеснение нефти водой) в прямолинейном пласте, выделим элемент длиной Δx , высотой h и шириной b в направлении, перпендикулярном к плоскости. В общем случае слева в элемент пласта поступают, а справа вытекает нефть и вода. При этом расход воды слева равен $bh v_w$, а справа – $bh(\partial v_w + \partial V_w/X \Delta X)$.

Количество накопленной воды в элементе пласта составляет – $bhm S/t \Delta X$ (v -скорость фильтрации воды; s - водонасыщенность пласта; t – время).

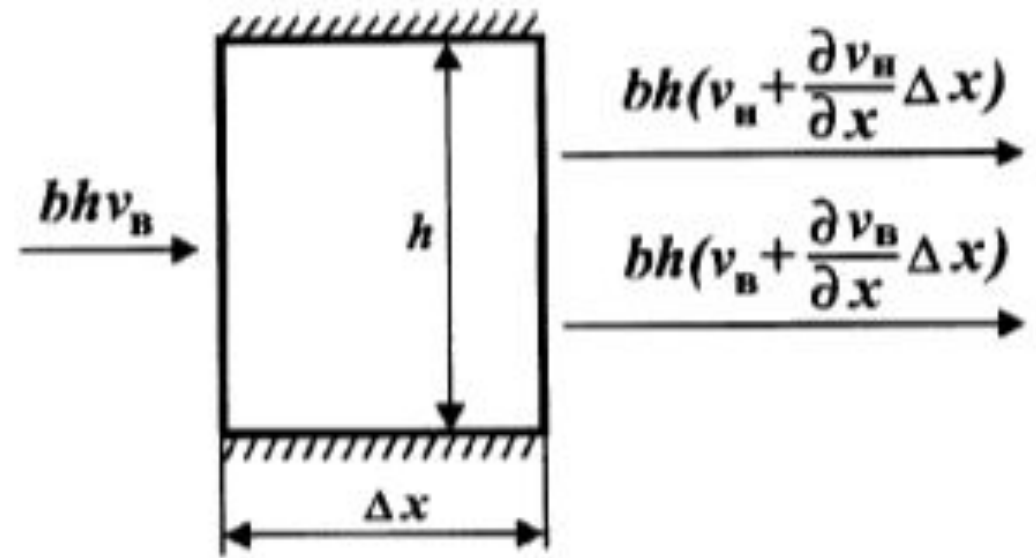


Рис. 2. Схема элемента пласта при непоршневом вытеснении нефти водой

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Согласно закону сохранения вещества разность между скоростями входящей в элемент пласта воды и выходящей из него равна скорости накопления воды в элементе пласта. Выражая сказанное в математической формуле получаем

$$-bh \left(v_w \frac{\partial v_w}{\partial x} \Delta x \right) + bhv_w = bhm \frac{\partial s}{\partial t} \Delta x.$$

После сокращения соответствующих членов при устремлении $\Delta x \rightarrow 0$ имеем

$$\frac{\partial v_w}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

Поскольку в пористой среде содержатся только нефть и вода, то насыщенность пористой среды нефтью $s_n = 1 - s$.

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Рассматривая аналогично предыдущему скорости проникновения нефти в элемент пласта и выхода из него, получаем

$$\frac{\partial V_{вн}}{\partial x} - m \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

Складывая уравнения, имеем

$$\frac{\partial}{\partial x} (v_n + v_w) = 0; \quad v_n + v_w = v(t).$$

Таким образом, суммарная скорость фильтрации нефти и воды не изменяется по координате x , что и следовало ожидать т.к. нефть и воду принимают за несжимаемые жидкости.

Следовательно, режим пласта жесткий водонапорный.

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Скорости фильтрации воды и нефти подчиняются обобщенному закону Дарси, так что

$$V_{\text{в}} = -\frac{kk_{\text{в}}(s)}{\mu_{\text{в}}} \frac{\partial p}{\partial X}; \quad V_{\text{н}} = -\frac{kk_{\text{н}}(s)}{\mu_{\text{н}}} \frac{\partial p}{\partial X},$$

Где $k_{\text{в}}$ и $k_{\text{н}}$, $\mu_{\text{в}}$ и $\mu_{\text{н}}$ — относительные проницаемости зависящие от водонасыщенности s и вязкости воды и нефти.

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Рассмотрим функцию $f(s)$, называемую функцией Бакли-Лeverетта. При этом

$$f(s) = \frac{V_B}{V_B + V_H} = \frac{k_B(s)}{k_B(s) + \frac{\mu_B}{\mu_H} k_H(s)}, \quad \text{или} \quad f(s) = v_B / v(t).$$

После подстановки получим одно дифференциальное уравнение первого порядка для определения s , т.е.

$$v(t)f'(s) \frac{\partial s}{\partial x} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

По мере вытеснения нефти водой из прямолинейного пласта фронт вытесняющей нефть воды продвигается к концу пласта и водонасыщенность в каждом сечении заводненной области непрерывно увеличивается. Процесс вытеснения нефти водой из прямолинейного пласта можно представить и иным образом, следя за изменением по пласту некоторой водонасыщенности. Для указанного $s = \text{const}$ можно принять

$$ds = \frac{\partial s}{\partial x} dx + \frac{\partial s}{\partial t} dt = 0, \quad \text{или} \quad \frac{\partial s}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Сравним данные выражения. Они будут идентичными если положить

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{f'(s)v(t)}{m}.$$

Умножим и разделим данное выражение на bh и проинтегрируем. Получим

$$bhm x = f'(s)Q_{вз}(t); \quad Q_{вз}(t) = \int_0^t bhv(t)dt.$$

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Обозначим

$$\xi = bhm x / Q_{вз}(t),$$

тогда

$$\xi = f'(s).$$

Задавая s в формуле, можно определить расстояние от входа в пласт для данного значения водонасыщенности. Однако в период безводной эксплуатации закачиваемая вода ещё не достигает конца пласта. Чтобы установить положение фронта вытеснения нефти водой и водонасыщенность вытеснения, рассмотрим материальный баланс закачанной в пласт воды. Если к моменту времени t в пласт закачан объем воды, равный $Q_{ва}(t)$, расстояния $x=0$ до фронта вытеснения составит x_B , насыщенность пласта связанной водой $S=S_{св}$, то

$$Q_{ва}(t) = bhm \int_0^{x_B} s(x) dx - bhm x_B S_{св}.$$

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Используем следующие обозначения:

$$x = \frac{Q_{B3}}{bhm} \xi; \quad x_B = \frac{Q_{B3}}{bhm} \xi_B;$$

$$dx = \frac{Q_{B3}}{bhm} d\xi.$$

Тогда подставляя, получаем

$$\int_0^{\xi_B} s(\xi) d\xi - s_{CB} \xi_B = 1.$$

Поскольку $\xi = f'(s)$, то $d\xi = f''(s)ds$.

Следовательно

$$\int_{s_*}^{s_B} s f''(s) ds = 1 + s_{CB} f'(s_B).$$

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

На рисунке 3 приведен график, построенный с учетом кривых относительных проницаемостей.

По кривой $f(s)$ можно найти значение s_B графическим путем.

В самом деле согласно рисунку 3,

$$f'(s_B) = \operatorname{tg} \alpha = \frac{f(s_B)}{s_B - s_{св}}$$

Проведя касательную к кривой $f(s)$ из точки $s = s_{св}$, по точке касания, определяем $f(s_B)$ и s_B .

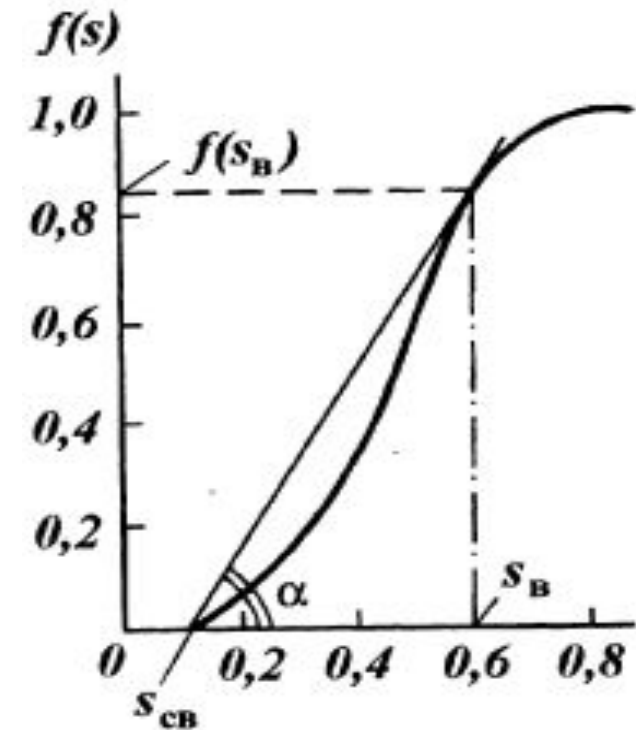


Рис. 3. График зависимости $f(s)$ от s

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Для того, чтобы найти распределение водонасыщенности по длине пласта, необходимо построить кривую $f'(s)$. Это можно сделать методом графического дифференцирования кривой $f(s)$ или, представив кривые относительных проницаемостей аналитически, выполнить дифференцирование аналитическим путем, сделав соответствующее построение.

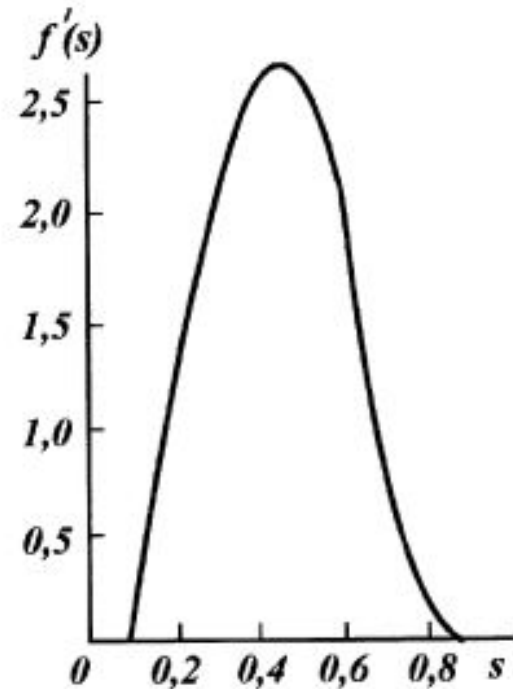


Рис. 4. График зависимости $f'(s)$ от s

3. Расчет показателей разработки однородного пласта на основе модели непоршневого вытеснения нефти водой

Заметим, что распределение водонасыщенности в пласте изменяется по мере продвижения в глубь пласта фронта вытеснения нефти водой таким образом, что значения s_w на фронте вытеснения x_w и s на входе в пласт остаются неизменными. Таким образом, кривая распределения водонасыщенности как бы «растягивается», оставаясь подобной себе. Такое распределение некоторого параметра, будь то водонасыщенность или какой-либо другой параметр, называется автомобильным. Соответствующее решение задач так же именуется автомобильным.

Полученные формулы позволяют рассчитать распределение водонасыщенности к моменту подхода воды к линии добывающих скважин, т.е. в безводный период разработки пласта.

Таким образом, мы определили основные технологические показатели разработки элемента пласта.

4. Непоршневое вытеснение нефти водой в радиальном направлении

4. Непоршневое вытеснение нефти водой в радиальном направлении

Рассмотрим непоршневое вытеснение нефти водой в радиальном направлении, например при разработке элемента семиточечной системы с использованием заводнения. Схема элементарного объема пласта для такого случая показана на рисунке 5.

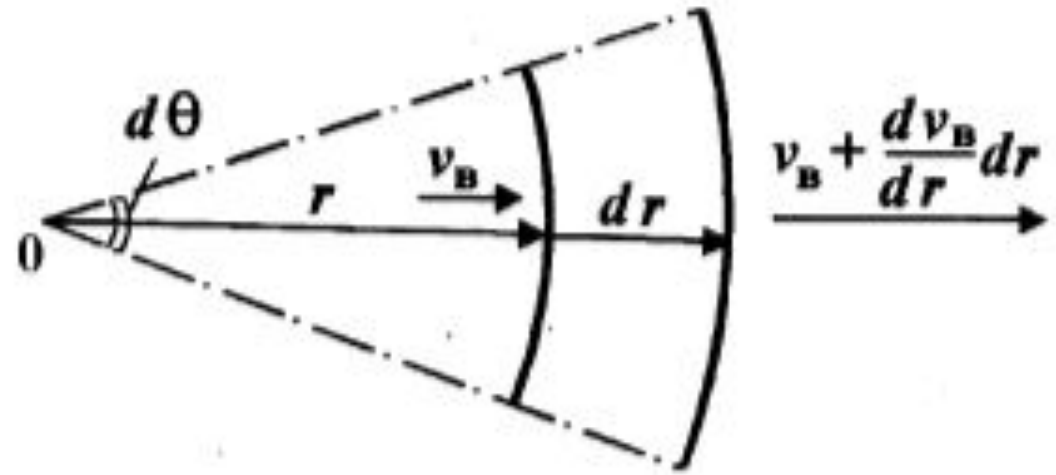


Рис. 5. Схема элементарного объема радиального пласта

4. Непоршневое вытеснение нефти водой в радиальном направлении

Уравнение неразрывности фильтрующейся воды в таком объеме получим с учетом баланса втекающей и вытекающей воды за время dt в виде

$$2\pi r d\theta h v_{\text{в}} dt - 2\pi(r + dr) d\theta h \left(v_{\text{в}} + \frac{\partial v_{\text{в}}}{\partial r} dr \right) dt - \\ - 2\pi r dr d\theta m ds = 0.$$

Раскрывая скобки в выражении, сокращая в нем соответствующие члены и заменяя обозначения обыкновенных производных на частные, имеем

$$\frac{\partial v_{\text{в}}}{\partial r} + \frac{v_{\text{в}}}{r} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0, \quad \text{или} \quad \frac{1}{r} \frac{\partial (v_{\text{в}} r)}{\partial r} + m \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

4. Непоршневое вытеснение нефти водой в радиальном направлении

Вполне аналогичным образом, но с учетом того, что насыщенность пористой среды нефтью $s_n = 1 - s$, установим соответствующее уравнение неразрывности для фильтрующейся в пласте нефти в следующем виде:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(v_{\text{н}} r)}{\partial r} - m \frac{\partial s}{\partial t} = 0.$$

Список литературы

1. Разработка нефтяных месторождений: учебник для вузов /
Желтов Ю.П. – Москва: Недра, 1998