

Содержание

Заводнение терригенных и карбонатных коллекторов

Конспект лекций

Муравцев А.А.¹ Юдин Е.В.²

10 апреля 2022 г.

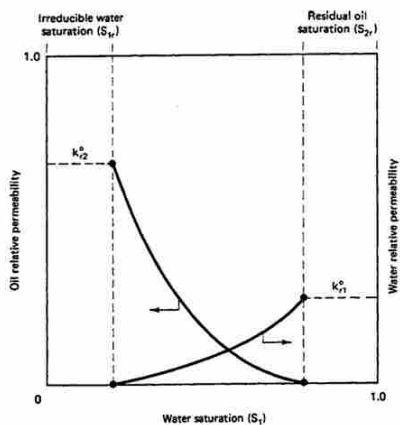
Семинар 08.04.2022.

Относительные фазовые проницаемости

Относительная проницаемость - это отношение фазовой проницаемости фазы к абсолютной проницаемости среды

Три типа абсолютной проницаемости среды:

1. Абсолютная проницаемость по воздуху
2. Абсолютная проницаемость по воде
3. Фазовая проницаемость по нефти при остаточной насыщенности для смачивающей фазы



Типичный вид ОФП для нефть-вода

S_{or} - остаточная нефтенасыщенность – нефть, остающаяся в тщательно отмытой области проницаемой среды

S_{wr} - остаточная водонасыщенность

$$\frac{k_{wo}}{k_{ro}}$$

!!! ОФП – это множитель на проницаемость, зависящий от насыщенности фаз, но не зависящий от давления и градиента давления

(с) Юдин Е.В.

42

Эволюция моделей вытеснения:

- поршневое вытеснение (для очень хороших коллекторов);
- модель Баклея-Левретта (после прохождения фронта воды за фронтом остаётся нефть; вода и нефть мешают друг другу течь)

Модель Баклея-Левретта формулируется для двух типов флюида (например, нефти и воды)

¹конспектирует; email: almuravcev@yandex.ru

²лектор и составитель слайдов, Высшая школа теоретической механики, Санкт-Петербургский Политехнический университет. Дополнительные материалы к лекциям [доступны по ссылке](#).

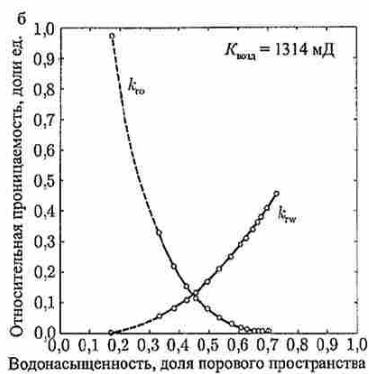
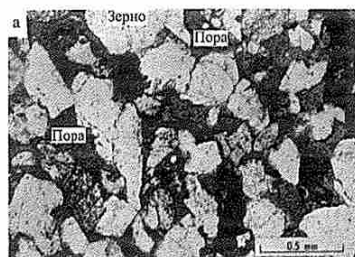
ОФП – функция от насыщенности данного типа флюида. Является множителем на абсолютную проницаемость.

Важна монотонность зависимости ОФП от насыщенности данного типа флюида.

Вид Относительных фазовых проницаемостей для различной проницаемости

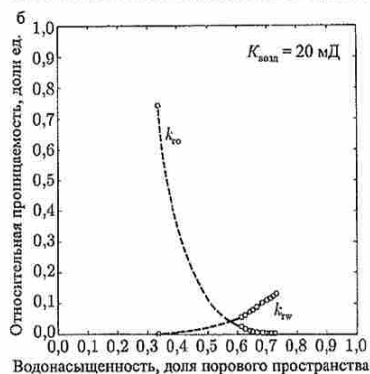
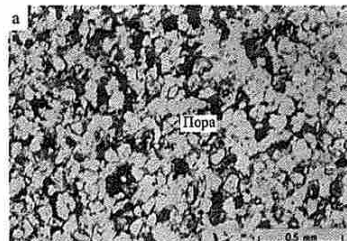
Высокая проницаемость

Песчаник с крупными хорошо связанными порами



Низкая проницаемость

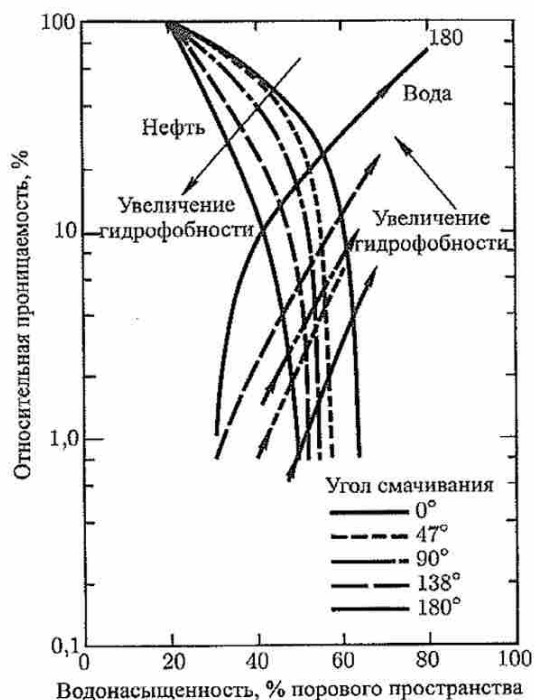
Песчаник с мелкими хорошо связанными порами



43

Чем выше проницаемость, тем ниже значение остаточной водонасыщенности: в песчанике с крупными порами небольшие капиллярные давления. Так как они небольшие, то и намертво связанной воды тоже немного.

Вид ОФП для Различных состояний смачиваемости при увеличении гидрофобности



С увеличением гидрофобности относительная проницаемость по воде увеличивается, а по нефти уменьшается

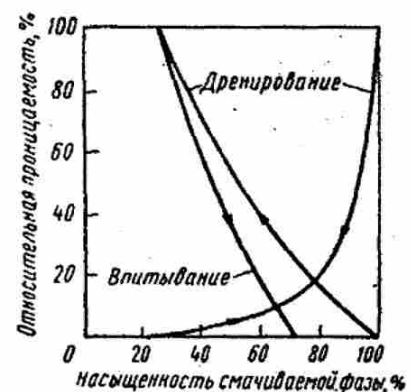
(с) Юдин Е.В.

44

Относительные фазовые проницаемости

Дренаживание – процесс при котором увеличивается насыщенность несмачивающей фазы (миграция нефти в пласт)

Процесс пропитки - процесс при котором увеличивается насыщенность смачивающей фазы (например заводнение для гидрофильных пластов)



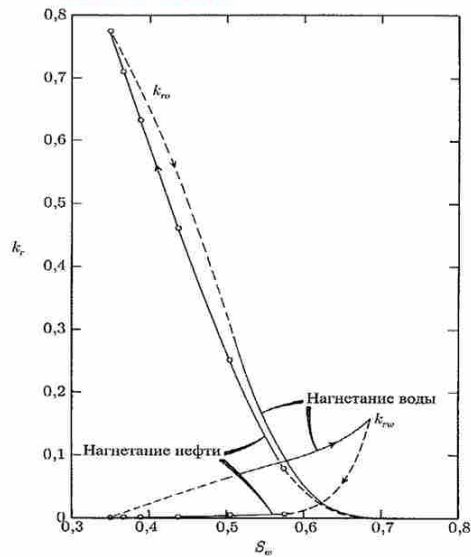
Экспериментальные данные показывают, что относительная проницаемость для конкретной породы зависит от свойств флюидов и взаимодействия флюид-порода, но не зависит от градиента давления

(с) Юдин Е.В.

45

Гистерезис относительной фазовой проницаемости

Относительная проницаемость зависит от метода достижения определенной насыщенности пористой среды



Гистерезис фазовых кривых тесно связан с гистерезисом кривых капиллярного давления

Факторы влияющие на гистерезис:

- Шероховатость поверхности
- Величина угла смачиваемости
- Гистерезис угла смачиваемости

Если в процессе интенсификации добычи нефть мобилизуется, образуя подвижную нефтяную зону или область увеличенной насыщенности, метод насыщения путем пропитывания изменяется на дренирование, и наоборот

Практическое применение ограничено из-за необходимости обоснования использования в промысловых расчетах подходящей кривой фазовой проницаемости

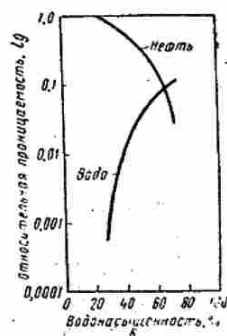
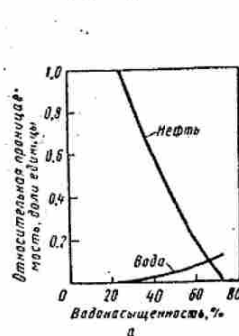
(с) Юдин Е.В.

46

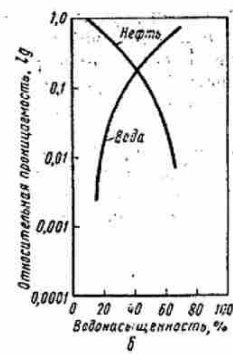
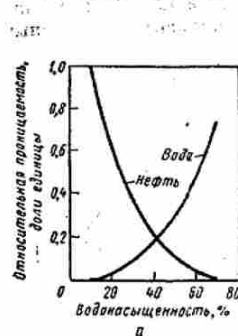
На принципе гистерезиса ОФП построен метод увеличения нефтеотдачи (МУН), называемый циклическим заводнением. В 2008-2010 годах был очень популярен.

Типичные кривые относительных фазовых проницаемостей для гидрофобных и гидрофильных коллекторов

В гидрофильном:



В гидрофобном:



Основные различия в свойствах потоков при разной фальности породы

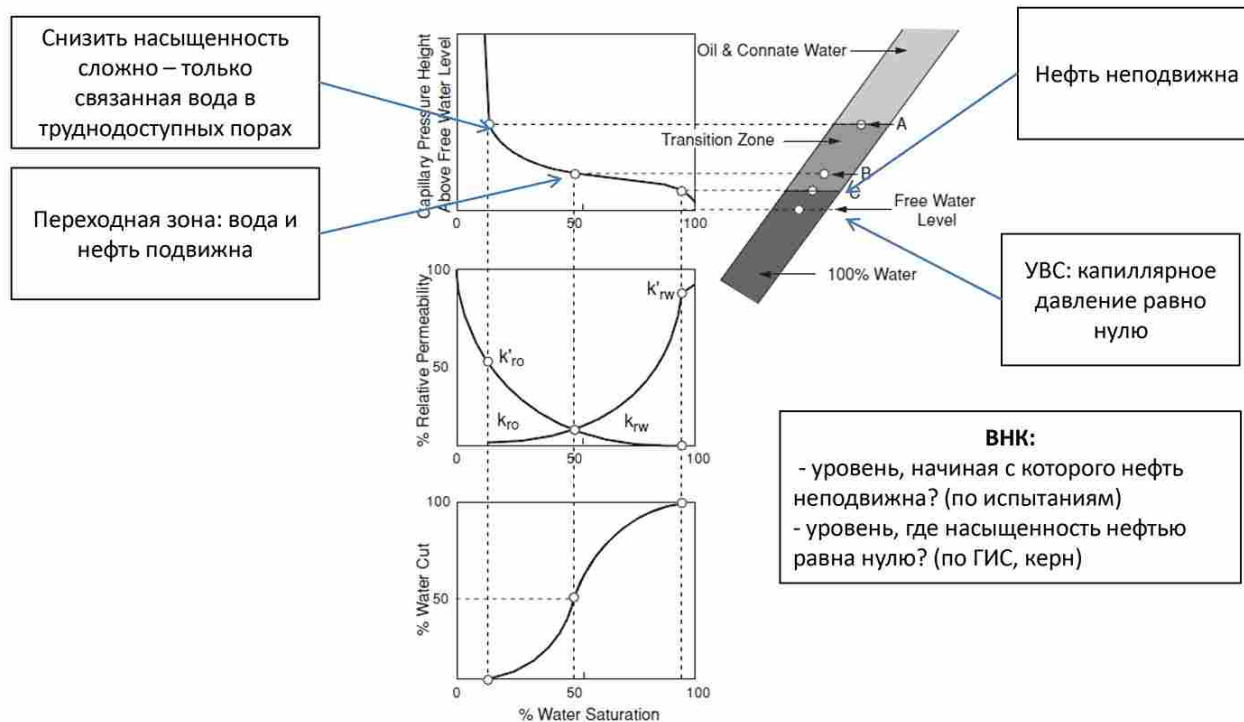
	Гидрофильная среда	Гидрофобная среда
Насыщенность связанной водой	Обычно больше 20-25% (порового объема)	Обычно меньше 15%, часто меньше 10%
Насыщенность, при которой относительные проницаемости для воды и для нефти одинаковы	Водонасыщенность больше 50%	Водонасыщенность меньше 50%
Относительная проницаемость для воды при максимальной водонасыщенности, т. е. при полном заводнении	Обычно меньше 30%	Больше 50%, приближается к 100%

Вопрос: какие фазовые проницаемости используются для трещин в двойной среде?

(с) Юдин Е.В.

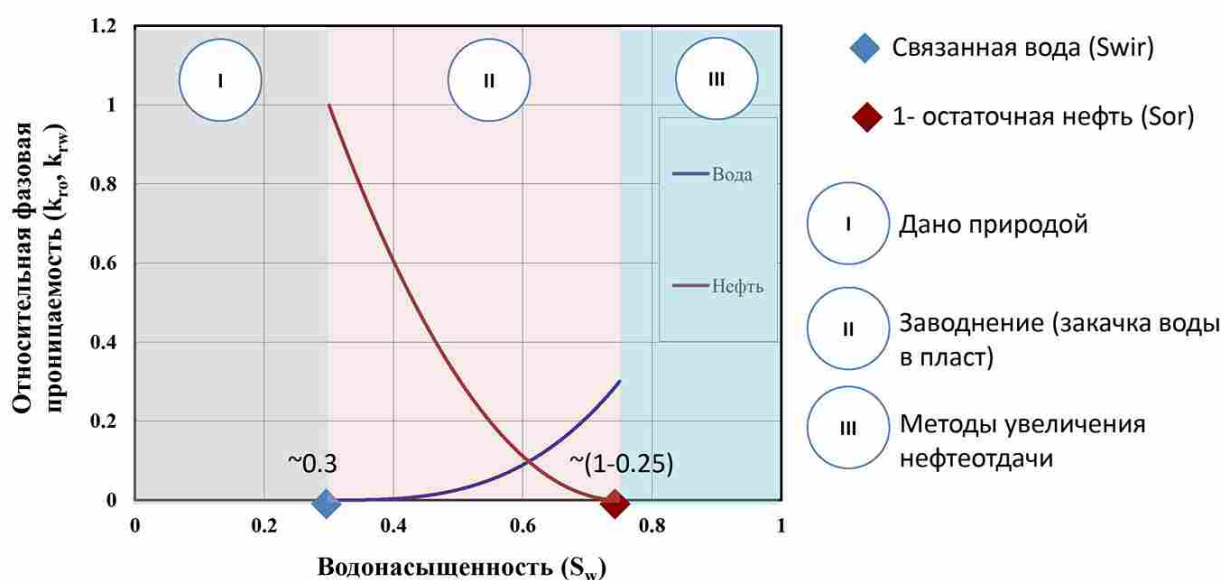
В гидрофобном коллекторе проблемы при заводнении: прорывы, не будет вытеснения. Чисто гидрофобных коллекторов мало, но даже коллектора с промежуточной смачиваемостью — это уже большая проблема.

Взаимосвязь между капиллярным давлением, относительными проницаемостями и кривой фракционного потока



48

Относительная фазовая проницаемость



Существует несколько аналитических выражений, используемых для характеристики формы ОФП. Наиболее часто используется модель Corey, в которой ОФП задаются в степенном виде.

$$k_{rw} = k_{rwm} \left(\frac{S_w - S_{wr}}{1 - S_{or} - S_{wr}} \right)^{\alpha_w}$$

$$k_{ro} = k_{rom} \left(\frac{1 - S_{or} - S_w}{1 - S_{or} - S_{wr}} \right)^{\alpha_o}$$

k_{rwm} — относительная фазовая проницаемость воды при остаточной нефтенасыщенности
 k_{rom} — относительная фазовая проницаемость нефти при связанной водонасыщенности
 S_w — текущая водонасыщенность
 S_{wr} — водонасыщенность связанной водой
 S_{or} — остаточная нефтенасыщенность
 α_w — показатель степени для воды
 α_o — показатель степени для нефти