

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Российский государственный университет нефти и газа**  
**(научно исследовательский университет) имени И.М. Губкина**  
Кафедра нефтегазовой и подземной гидромеханики

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой, д.т.н.,  
Профессор В.В. Кадет

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

### **КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

Занятий по курсу  
**ТЕОРИЯ МНОГОФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**  
гр. РФ-13-9, 10 семестр

#### **Специальность**

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

#### **Специализация**

Физические процессы нефтегазового производства

#### **Квалификация выпускника**

Специалист

#### **Форма обучения**

Очная

**Москва 2017**

**Неделя 1. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Вводные сведения. Макроскопические характеристики пластов и насыщающих флюидов на основе модели многофазных взаимопроникающих континуумов.***

Физико-геологические факторы разработки. О развитии новых наукоемких технологий разработки месторождений и связанных с ними информационных и диагностических технологий на базе вычислительных машин. Подходы к описанию фильтрации многофазных сред.

**Неделя 2. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Основные параметры, характеризующие неоднородные коллектора, насыщенные многофазными флюидами.***

Физические основы описания фильтрации нефти и газа. Макроскопические характеристики пластов и насыщающих их флюидов. Изотропные и неизотропные пласты. Описание насыщенного пласта на основе модели многофазных взаимопроникающих континуумов. Просветность. Статическая и динамическая пористость. Объемное содержание фильтрующихся фаз. Истинная плотность фильтрующихся фаз. Истинная скорость движения фаз. Расход фаз. Скорости фильтрации фаз. Свойства пластового флюида как многофазной многокомпонентной неравновесной системы с фазовыми переходами и химическими реакциями.

**Неделя 3. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Классификация задач теории многофазной фильтрации основные принципы построения математических моделей таких сред.***

Классификация математических задач многофазной фильтрации. Физические модели пласта. Структура математической модели пласта с учетом свойств самого коллектора и насыщающего его флюида. Понятие скин-фактора.

**Неделя 4. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Качественный вывод законов многофазной фильтрации из уравнений сохранения сплошной среды. Уравнения сохранения масс для фаз фильтрата и порового скелета.***

Вывод законов сохранения на основе теории взаимопроникающих континуумов в приложении к теории многофазной фильтрации. Уравнения сохранения массы для фазы смеси в целом. Уравнение неразрывности фильтрующегося флюида и пористой среды. Уравнения сохранения объемов компонентов в насыщенной пористой среде. Уравнения сохранения массы для твердого или деформируемого скелета, для фильтрующейся жидкости или газа в случаях «однофазной» и «многофазной» фильтрации. Уравнение массы для фильтрующейся газоконденсатной смеси.

**Неделя 5. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Использование теории размерностей для качественного вывода уравнений фильтрации жидкой и газообразной фаз.***

Понятие размерных и безразмерных параметров. Формула размерности. Безразмерные комплексы. П-теорема и ее приложения для теории фильтрации: вывод закона Дарси, закона фильтрации в форме Формгеймера. Моделирование экспериментов по фильтрации. Обобщенные законы фильтрации фаз.

**Неделя 6. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Качественный вывод законов энергии для неизотермической фильтрации многофазного флюида. Условия локального термодинамического равновесия.***

Неизотермическая фильтрация. Постановка задачи о фильтрации многофазной многокомпонентной жидкости. Уравнение энергии. Функции внутренней энергии, энтальпии и термодинамического потенциала фаз. Условие локального термодинамического равновесия внутри фаз и в фильтрующейся смеси в целом. Теплообмен с веществом скелета. Геотермический коэффициент. Уравнение притока тепла для многофазной смеси. Закон теплопроводности Фурье. Задача Стефана.

**Неделя 7. Лекция 1 час, практические занятия 2 часа.**

***Уравнения состояния фаз многофазного флюида, насыщающего деформируемый скелет. Фазовая диаграмма и фазовое равновесие. Понятие о фазовых переходах и химических реакциях.***

Уравнения состояния фаз. Различные виды уравнений состояния для давлений и внутренних энергий для газовой, жидкой фаз, деформируемого скелета. Уравнения состояния многокомпонентного флюида. Фазовая диаграмма и фазовое равновесие. Понятие о фазовых переходах и химических реакциях. Смачиваемость. Капиллярное давление. Условия равновесия давлений на межфазной границе.

**Неделя 8,9. Лекция 2 час, практические занятия 4 часа.**

***Многокомпонентные смеси. Уравнения сохранения с учетом многокомпонентности.***

Понятие о молярной и массовой концентрациях компонентов многофазной многокомпонентной смеси. Скорость химических реакций между компонентами. Вычисление фазового состава по заданным давлениям и температурам. Уравнения неразрывности компонент и фаз. Парциальные давления. Закон Дальтона. Уравнения фильтрации многофазной многокомпонентной смеси. Уравнения баланса энергии. Уравнение состояния многофазной многокомпонентной среды в форме Пенга-Робертсона.

**Неделя 10,11. Лекция 2 часа, практические занятия 4 часа.**

***Математические модели фильтрации, установившаяся и неуставившаяся фильтрация. Постановка задач вытеснения нефти и газа.***

Постановка задач вытеснения. Поршневое вытеснение. Функция Бакли-Ливеретта и ее физический смысл. Одномерные задачи Бакли-Ливеретта и Раппопорта-Лиса двухфазной фильтрации. Возникновение и распространение фронта насыщенности. Вытеснение в анизотропных пластах.

**Неделя 12-16. Лекция 6 час, практические занятия 12 часа.**

***Методы повышения нефтеотдачи пластов. Вычислительные алгоритмы для решения задач вытеснения.***

Использование горизонтальных скважин. Обобщение метода источников и стоков для расчета притока к горизонтальным скважинам. Полуэмпирические и расчетные формулы притока к горизонтальным скважинам. Использование метода гидроразрыва пласта. Характеристики процесса ГРП. Метод кислотной обработки пласта. Разработка месторождений трудноизвлекаемых углеводородов.

**Темы семинарских занятий**, соответствуют теме лекции с рассмотрением конкретных примеров задач нефтегазовой промышленности.

**Примерные темы домашнего задания**

В домашних работах предлагается провести расчеты параметров течения, отвечающих условиям разработки реальных месторождений в простейших постановках и сравнить их с расчетами по имеющимся аналитическим формулам:

1. Рассчитать параметры движения фронта вытеснения одной жидкостью (газом) другой более вязкой жидкости в простейшей постановке в предположении поршневого механизма вытеснения.
2. Установить набор безразмерных параметров, отвечающих постановке задачи гидроразрыва пласта
3. Рассчитать время вытеснения нефти водой по модели поршневого вытеснения.
4. Рассчитать коэффициент вытеснения нефти водой по модели Бакли-Левверетта при различных вязкостях вытесняющего агента.

5 неделя – Домашнее задание №1

14 неделя – Домашнее задание №2

### **Примерные вопросы теста**

1. Отличие моделей поршневого вытеснения и смешанного вытеснения.
2. Отличие моделей Бакли-Левверетта и Раппопорта-Лиса.
3. Сравнение моделей поршневого вытеснения и Бакли-Левверетта
4. Сравнение моделей поршневого вытеснения и Раппопорта-Лиса.
5. Особенности использование метода гидроразрыва пласта.
6. Характеристики процесса ГРП.
7. Особенности метода кислотной обработки пласта.
8. Особенности вытеснения в анизотропных пластах.

17 неделя-Тест

### **Примерные темы курсовой работы**

2 нед. – выдача темы курсовой работы.

10 нед. – промежуточный этап проверки курсовой работы.

17 неделя-Защита курсовой работы

В курсовой работе предлагается провести расчеты параметров течения для задач, моделирующих использование реальных методик повышения нефтеотдачи пластов, в том числе с закачкой химически активных веществ в пласт, имеющий сложную структуру:

1. Рассчитать параметры движения фронта насыщенности для задачи Бакли-Левверетта при изменении параметра подвижности (путем применения ПАВ)
2. Рассчитать параметры продвижения фронта химически-активного вещества, закачиваемого в пласт, с учетом фазовых переходов и химических реакций и анизотропии пласта (для условий реального месторождения).
3. Рассчитать эффективность кислотной обработки призабойной зоны пласта (для условий реального месторождения).

2 нед. – выдача темы курсовой работы.

10 нед. – промежуточный этап проверки курсовой работы.

17 неделя-Защита курсовой работы

### **Примерные вопросы для проведения промежуточной аттестации**

1. Понятие физической модели пористой среды.
2. Понятие математической модели пористой сплошной среды.
3. Понятие математической модели многофазной многокомпонентной среды.
4. Аксиомы подземной гидромеханики.
5. Пористость, просветность, проницаемость пласта.
6. Скорости фильтрации фаз.
7. Понятие многофазной смеси.
8. Многокомпонентные среды (определение, свойства).
9. Понятие анизотропного пласта. Деформируемый скелет(определение, свойства).
10. Понятие скин-фактора.
11. Системы единиц измерения. Понятие размерности параметра.

12. Формула размерности физической величины.
13. Основная теорема теории размерности (П - теорема).
14. Приложения теории размерности в науке и практике.
15. Моделирование физических явлений. Критерии подобия.
16. Вывод закона Дарси из теории размерности.
17. Вывод закона Форгеймера из теории размерности.
18. Моделирование вытеснения из пласта жидкости газом.
19. Постановка задачи о вытеснении одной жидкости другой с подвижной границей раздела.
20. Поршневое вытеснение.
21. Уравнение движения границы раздела..
22. Одномерные модели двухфазных потоков..
23. Функция Бакли-Левретта.
24. Насыщенность начальная, конечная, фронтовая.
25. Уравнения состояния и реологии..
26. Абсолютные и фазовые проницаемости.
27. Интенсивность фазового перехода.
28. Абсолютные и фазовые проницаемости.
29. Уравнение Бакли-Левретта.
30. Уравнение энергии для фильтрующихся флюидов.
31. Влияние силы тяжести и капиллярного давления на процесс вытеснения.
32. Обобщенный закон Дарси.
33. Уравнение массы для пористого скелета.
34. Уравнения состояния фаз и компонент.
35. Уравнение совместного деформирования.
36. Уравнение полной энергии.
37. Понятие о методе ГРП.
38. Понятие о методе кислотной обработки.
39. Особенности использования горизонтальных скважин.
40. Тепловые методы интенсификации притока.

### **Рекомендуемая литература**

#### ***а) основная литература:***

1. Дмитриев Н.М., Кадет В.В. «Подземная гидромеханика. Учебное пособие для вузов». Серия: "Высшее профессиональное образование. Бакалавриат". Издательство: "Academia" (2014)
2. Дейк Л.П. Практический инжиниринг резервуаров.-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007.-548 с.
3. М.Экономидес, Р.Олини, П.Валько. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007.-236с.
4. Р. М. Батлер. Горизонтальные скважины для добычи нефти газа и битумов. Институт компьютерных исследований. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2010.-536с.
5. Эртекин Т., Дж. Абу-Кассем, Г.Кинг. Основы прикладного моделирования пластов. М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2012.-1070 с.

#### ***б) дополнительная литература***

1. Басниев К.С., Дмитриев Н.М. и др. Подземная гидромеханика .-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006.-488 с.

2. Эрлагер Р. Гидродинамические методы исследования скважин. .-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.-557с.
3. Азиз Х., Сеттари Э. Математическое моделирование пластовых систем. - М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.-416 с.
4. Сулейманов Б.А. Особенности фильтрации гетерогенных систем..-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007.-356с.
5. Молокович Ю.П. Неравновесная фильтрация и ее применение в нефтепромысловой практике. .-М.-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006.-218с.
6. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа. Недра, Москва, 1984 г., 288 с

***в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы***

Программные пакеты MatLab, MAPLE, Mathematica, Excel.

Лектор: к.ф.-м.н., доц. Кравченко М.Н.