МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ С ФАЗОВЫМИ ПЕРЕХОДАМИ

К.ф.м.н., доцент Колдоба Е.В.

Специальный курс по выбору кафедры (полугодовой)

Типы месторождения углеводородов. Методы добычи газа и нефти. Актуальность и современные проблемы математического моделирования задач нефте-газовой добычи. Экологические проблемы извлечения полезных ископаемых. Техногенные катастрофы.

Основные этапы математического моделирования.Построение физической и математической модели (диапазон применимости моделей, свойства и особенности уравнений). Точность моделей. Разработка алгоритма. Выбор численных методов. Способы тестирование программ. Погрешности экспериментальных данных. Термодинамическое рассогласование функций.

Основные понятия многокомпонентной многофазной фильтрации растворов с фазовыми переходами. Пористые коллектора. Изотермическая и неизотермической фильтрация.

Элементы термодинамики для чистых веществ. Термодинамические потенциалы. Начала термодинамики.

Многофазность. Фазовые переходы первого и второго рода. Кривая кипения и конденсации. Критические и тройные точки. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Термодинамика многокомпонентных систем. Правило фаз Гиббса.

Растворы и механические смеси. Слабые растворы. Термодинамическое согласование функций, входящих в уравнения. .

Количество молей вещества. Молярный объем. Уравнения состояния (УРС) для чистых веществ (термические, калорические и канонические) разной степени точности. УРС единые и раздельные. Идеальный и совершенный газа. УРС несжимаемой и сжимаемой жидкости, твердого тела. УРС типа Ван-дер-Ваальса: Пенга-Робинсона, Редлиха-Квонга. Расчет коэффициентов уравнений. Критические давление и температура. Ацентрический фактор. УРС Бенедикта— Вебба— Рубина.

Текущий контроль успеваемости

Молярная доля, концентрация. Уравнения состояния для растворов. Расчет коэффициентов уравнений для растворов. Правила смешивания для растворов. Методы решения кубических и некубических УРС: метод Ньютона и метод дихотомии.

Фазовые диаграммы газ(пар)-жидкость для чистых веществ. Фазовое равновесие и время его установления. Локальное термодинамическое равновесие. Фазовые диаграммы «давление-температура» и «давление-состав» для двухкомпонентных растворов. Кривые кипения и конденсации.

Трехкомпонентные и многокомпонентные системы. Фазовые диаграммы многокомпонентных растворов. Поверхности кипения и конденсации. Ноды.

Коэффициенты распределения или константы фазового равновесия. Уравнения фазовых концентраций. Методы построения фазовых диаграмм: метод Ньютона и метод последовательных приближений.

Вязкость газа: формула Сазерленда. Вязкость жидкости: [формула Френкеля-Андраде](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D0%BB%D1%8F-%D0%90%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5&action=edit&redlink=1). Модели Педерсен и Лоренца-Брея-Кларка для растворов, содержащих критическую точку.

Капиллярность. Модели пористости и трещиноватости коллектора. Линейный закон Дарси. Однофазная, двухфазная и трехфазная фильтрация. Абсолютные и относительные проницаемости. Остаточные насыщенности. Модель Стоуна. Адсорбция.

Модель Баклея-Леверетта. Стационарное течение многокомпонентной смеси. Гравитационно-капиллярное равновесие.

Математические свойства уравнений фильтрации. Гиперболичность уравнений многокомпонентной фильтрации с постоянным полным потоком. Параболичность уравнений по давлению.

Текущий контроль успеваемости

Численное решение уравнений многокомпонентной фильтрации. Дивергентная форма. Разностные схемы. Явные и неявные методы. Консервативность разностных схем. IMPES метод. Краевая задача: метод Ньютона и метод прогонки.

Неизотермическая фильтрация. Уравнение энергии. Термическое воздействие на пласт.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСУ ПО КУРСУ

1. Методы добычи газа и нефти

2. Основные этапы математического моделирования.

3. Способы тестирование программ. Погрешности экспериментальных данных.

4. Уравнения изотермической и неизотермической фильтрации.

5. Термодинамические потенциалы.

6. Многофазность. Фазовые переходы первого рода. Кривая кипения и конденсации. Критические и тройные точки.

7. Растворы и механические смеси. Правило фаз Гиббса.

8. Уравнения состояния Ван-дер-Ваальсовского типа. Расчет коэффициентов уравнений.

9. Уравнения состояния для растворов. Расчет коэффициентов уравнений для растворов. Правила смешивания для растворов.

10. Фазовые диаграммы пар-жидкость для чистых веществ. Фазовое равновесие и время его установления. Локальное термодинамическое равновесие.

11. Фазовые диаграммы двухкомпонентных растворов.

12. Коэффициенты распределения или константы фазового равновесия.

13. Методы построения фазовых диаграмм.

14. Вязкость газа и жидкости. Модели Педерсен и Лоренца-Брея-Кларка для растворов, содержащих критическую точку.

15. Капиллярность. Модели пористости и трещиноватости коллектора. Линейный закон Дарси. Однофазная, двухфазная фильтрация. Абсолютные и относительные проницаемости. Остаточные насыщенности.

16. Модель Баклея-Леверетта.

17. Численное решение уравнений многокомпонентной фильтрации. Разностные схемы. Явные и неявные методы. IMPES метод. Краевая задача: метод Ньютона и метод прогонки.

18. Неизотермическая фильтрация. Уравнение энергии. Примеры термического воздействия на пласт.