Межфакультетский курс

«**Современные проблемы моделирования добычи нефти и газа**»

(Modern problems of numerical modeling for multiphase flow in oil and gas reservoirs)

(осенний семестр 2018-2019 уч. г., 24 часа, зачет)

Лектор: Колдоба Елена Валентиновна,

(м.т. 8-906-705-66-97, [elenakoldoba@mail.ru](mailto:elenakoldoba@mail.ru) )

к.ф.-м.н., доцент кафедры

вычислительной механики мех.-мат. факультета,

зав. кафедры академик В.А. Левин

**Программа курса лекций доц. Е.В.Колдобы**

**Современные проблемы моделирования добычи нефти и газа.**

# 1. «Искусство» математического моделирования. Основные этапы. Построение физической и математической моделей, изучение их свойств, особых точек и аналитических решений. Построение алгоритма и выбор численных методов. Решение задачи на ЭВМ. Проверка адекватности модели. Тестирование аналитическими и автомодельными решениями, экспериментальными данными. Предварительная обработка данных, полученных с месторождения или из лабораторий. Модификация модели. Ошибки расчетов. Грань хаоса — критические точки системы. Крупнейшие техногенные катастрофы XXI века.

2. Углеводородные источники энергии и топлива. Будущее нефти: прогнозы и реальность. Что такое нефть, газ, газовый конденсат, газовые гидраты, сланцевая нефть. Разнообразие углеводородов: предельные, непредельные, ароматические. Формирование нефтяных и газовых месторождений. Способы добычи. Транспортировка. Переработка. Энергетика будущего.

3. Задачи добычи углеводородов. Многокомпонентные растворы. Переход к псевдочастицам. Многофазность. Фазовые переходы и химические реакции. Капиллярные эффекты. Пористость и трещиноватость пласта. Неоднородность коллектора. Закон Дарси. Абсолютная проницаемость породы. Многофазная фильтрация. Относительные проницаемости. Остаточная насыщенность. Гравитационно-капиллярное равновесие. Диффузия и термодиффузия (эффект Соре). Градиент концентраций в пласте.

4. Элементы термодинамики. Термодинамические потенциалы. Начала термодинамики. Уравнения термодинамики для открытых систем. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия фазового равновесия. Время установления фазового равновесия. Локальное термодинамическое равновесие. Фазовые диаграммы состояния чистых веществ: воды и углерода. Критическая точка. Тройная точка. Термодинамика многокомпонентных систем. Растворы и механические смеси. Классификация растворов. Правило фаз Гиббса и его вывод. Термодинамическое согласование функций.

5. Основные виды уравнений состояния (УРС). УРС идеального газа, несжимаемой и слабосжимаемой жидкости. Кубические УРС Ван-дер-Ваальсовского типа. УРС Бенедикта— Вебба— Рубина. Расчет коэффициентов уравнений для чистых веществ и растворов. Ацентрический фактор. Критические давления и температуры для чистых веществ и растворов. Правила смешивания для растворов. Методы решения УРС.

6. Различные виды диаграмм равновесия: «р-Т» и «р-х». Двухкомпонентные и трехкомпонентные растворы. Многокомпонентные смеси: нерастворимость, слабая растворимость, заметная растворимость, сильная растворимость.

7. Фильтрация жидкостей, газов и воды. Уравнения многокомпонентной изотермической фильтрации. Стационарное течение многокомпонентной смеси. Неизотермическая фильтрация.

8. Моделирование способов воздействия на пласт. Методы добычи: первичный, вторичный и третичный. Виды первичной добычи: фонтанный, газлифтный и насосный. Виды вторичной добычи: закачивание жидкости ([вода,](https://en.wikipedia.org/wiki/Water_injection_%28oil_production%29) полимеры), природного или попутного [газа](https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_reinjection). Виды третичной добычи: нагрев нефти в пласте, закачивание водяного пара или газа, сжигание части нефти в пласте, закачивание [ПАВ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%85%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0).

9. Газовые гидраты. Месторождения. «Гидратная революция». Гипотеза о метангидратном ружье. Фазовые диаграммы газовых гидратов. Пример термодинамической модели газогидратов.

10. Численные методы. Решение нестационарных задач методом конечных разностей: явные, неявные схемы**.** Распараллеливание для многоядерных процессоров. Мультигрид.

**Рекомендуемая литература:**

1. Колдоба А.В., Повещенко Ю.А. и др. Методы математического моделирования окружающей среды. // М.: Наука, 2000. -254 с.
2. Баталин О.Ю., Брусиловский А.И. Фазовые равновесия в системах природных углеводородов.// Москва, Недра, 2004**.**
3. Curtis H*.* Whitson and Michael R. Brule PHASE BEHAVIOR.//Richardson, Texas, 2000, p.230.
4. Pedersen, K. S. Phase behavior of petroleum reservoir fluids.// Taylor & Francis Group, 2007.
5. Firoozabadi [A. Thermodynamics of Hydrocarbon Reservoirs](http://yandex.ru/clck/jsredir?from=yandex.ru%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text=&etext=1216.rwgP91Z_sg-mNoSr-45XVqgL1t_9p8WXagVrE-rq94NmhqD24Ey2zZo_EMyfd_q9.38b24f43d081c82c82a00d999f42291e9ead4d12&uuid=&state=PEtFfuTeVD5kpHnK9lio9XPOnieP7YQBovzVqj9ang0YEepmskggOQ&data=UlNrNmk5WktYejY4cHFySjRXSWhXQk1memJPR0dYSWpOMmFuWmMxZTBJNy03cnY2Y3V2cWFaSGtiRWFXaVRkSmVsTXY1MkFZaC1jRGNETGFIRDJhN2pmMFdzTlNQU1RHV0owcHBNQTlGSmZXSS1vWFhkOW9oNFU4dzlpeFJSVkxNYUViQXNZcFV3Z3VtZjZHV3k3Q0Q3UkxJa19LdDhIWUxqVFRnVFVaVC1YSDV6ZTQySWZFTTVtZEw3clk2TElW&b64e=2&sign=689cc959aca6ac0f47d40346c4f3b15a&keyno=0&cst=AiuY0DBWFJ5fN_r-AEszk7cP7y9e3Eu14vTMxHM71OitPAphrEdEQ0d5SLsMOG95-jETE8QmP3SYvUw8u5erc4I_tZUCgL5bnqrb3Co6uVhvl31A385PMLC1ZXwAcf7YTBuoRfWD2QJd1KpJ04RLP9SghzLJdRIaYbx7azDFqo62T8GQEIskq3QAyRNxr20qCZJE68-1tMLdO5xyM0KEcmsuq8qt7bwrGN3MpEAAIYNEMZLvz64ES6mw5Ki5ZNP3QdfshfQyTjohx2Kt_v30_t4pbIRCNMPvKUL0GifnkJWu-IWnPdNr6mmf2MX5sBa3zQHJ2MDnDYflQM8xyvTuacthBBfX9xxq_oVDHdSE5NCAKDtlyhdYtdQuvtlJwg5ca4OsCjjmElPVeWwQVUWWzkKVfXkq9h-T&ref=orjY4mGPRjk5boDnW0uvlrrd71vZw9kpP5r2Tbr893AVqysVwqMypXbBEPakA06tvTxiiVf6N1n4TLSy8p6hnFZmm0CE0hQJkiYWPbx9KJrcYwv0VC-AzWcONrBbZpwSf7tnDnoY_oAgaBIXKn4ktzvw6tmwE3n-keKTgXSR7A_m9_SBISKqhpZtOrd3G4jXgmCxsmKUSqc&l10n=ru&cts=1477045716479&mc=5.7624040336415145).// New York: McGraw-Hill, 1999. p. 373.
6. Chen Z., Huan G., Ma Y. Computational Methods for Multiphase Flows in Porous Media.// Siam, Dallas, Texas, 2006, 569 pp.
7. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику.// М.: Издательство МФТИ, 1994.
8. [Х. Азиз, Э. Сеттари. Математическое моделирование пластовых систем](http://petrolibrary.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=84:2011-10-20-19-36-31&catid=1:catnarus&Itemid=36).// М.: Мир, 2004.
9. С.Уэйлес. Фазовые равновесия в химической технологии.// М.: Мир, 1986.

*Необходимое материально-техническое обеспечение*:

проектор с экраном и компьютер.