

УТВЕРЖДАЮ

Декан Геологического факультета
академик

_____ /Д.Ю.Пуцаровский/

«___» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

"Моделирование углеводородных систем"

Авторы-составители: доцент Ершов Андрей Викторович

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки

05.03.01 «Геология»

Направленность (профиль) ОПОП:

Геология и полезные ископаемые

Форма обучения

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ №1674 от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение - 2019

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цели и задачи дисциплины

Цель курса: обеспечить подготовку магистрантов в области компьютерного моделирования углеводородных систем осадочных бассейнов.

Задачи курса: усвоить теоретические основы анализа углеводородных систем осадочных бассейнов, теоретически и практически освоить методы компьютерного моделирования УВ систем осадочных бассейнов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – базовая часть, естественно-научный цикл, обязательные дисциплины, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Курс «Моделирование углеводородных систем» опирается на курсы базовой части профессионального цикла ООП бакалавра геологии с профилизацией "геология": «Общая геология», «Историческая геология», «Структурная геология», «Геология осадочных бассейнов», «Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов». Курс предоставляет магистранту возможность профессионального овладения современными методами компьютерного моделирования УВ систем осадочных бассейнов.

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для «Компьютерное моделирование геологических процессов».

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

УК-1.М. Способность формулировать научно обоснованные гипотезы, создавать теоретические модели явлений и процессов, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности (формируется частично).

УК-2.М. Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (формируется частично).

ОПК-2.М. Способность самостоятельно формулировать цели работы, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (формируется частично).

ОПК-3.М. Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично).

ОПК-4.М. Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично).

ОПК-5.М. Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично).

ОПК-6.М. Способность представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности (формируется частично).

ПК-3.М. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично).

ПК-4.М. Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично).

ПК-7.М. Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований (формируется частично).

ПК-18.М. Способность проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по специальным дисциплинам (формируется частично).

ПК-19.М. Способность преподавать предметы естественнонаучного цикла в общеобразовательных учебных заведениях и специализированные (профессиональные) дисциплины в образовательных организациях ВО (формируется частично).

СПК-4.М. Способность применять данные по структурному анализу разрывных нарушений для понимания и расшифровки региональной геотектоники.

СПК-5.М. Способность применять и использовать данные по концентрации напряжений и деформаций на платформах и орогенах для понимания неотектонических процессов на Земле.

В результате освоения дисциплины "Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов" обучающийся должен:

1. **Знать** теоретические основы анализа углеводородных систем осадочных бассейнов.
2. **Уметь** выполнить анализ углеводородных систем осадочного бассейна.
3. **Владеть** методами компьютерного моделирования углеводородных систем.

4. Формат обучения – лекционные и практические занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **1 з.е.**, в том числе **28** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**14** часов – занятия лекционного типа, **14** часов – занятия практического типа). Самостоятельная работа включает **8** академических часов, **2** часа – групповые консультации, **4** часа – мероприятия текущего

контроля успеваемости и промежуточной аттестации), Форма промежуточной аттестации – зачет.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Моделирование углеводородных систем» нацелен на обучение магистрантов теоретическим основам анализа углеводородных систем осадочных бассейнов, умению выполнить анализа углеводородных систем и овладению методами компьютерного моделирования углеводородных систем.

№ п/п	Раздел дисциплины	Всего часы	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
			Занятия лекционного типа	Занятия практического	Занятия семинарского типа	Всего	
1	Введение в анализ углеводородных систем осадочных бассейнов.		2		2	4	0
2	Модель истории погружения и прогрева осадочного чехла		2		2	4	0
3	Модель генерации углеводородов		2		2	4	0
4	Свойства флюидов.		2		2	4	0
5	Моделирование фильтрации флюидов в пористой среде.		2		2	4	0
6	Модель миграции и аккумуляции углеводородов.		2		2	4	4
7	Анализ чувствительности модели. Оценка рисков.		2		2	4	4

	Групповая консультация					2	
	Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>					4	
	Итого	36				28	8

Содержание разделов дисциплины

1. Введение в анализ углеводородных систем осадочных бассейнов. Определение углеводородной системы. Основные элементы углеводородной системы. Процессы в УВ системе. Основной граф выполнения анализа УВ системы. Временные соотношения в УВ системы. Критический момент УВ системы. Документирование УВ системы.
2. Модель истории погружения и прогрева осадочного чехла. Реконструкция истории погружения методом последовательного снятия слоев в 1D, 2D, 3D. Учет поправок на уплотнение, палеобатиметрию, эрозию слоев в 1D, 2D, 3D. Расчет модели прогрева осадочного бассейна в 1D, 2D, 3D. Определение верхнего и нижнего граничных условий. Калибровка модели прогрева.
3. Модель генерации углеводородов. Однокомпонентная и многокомпонентная кинетическая модель керогена. Сорбция УВ в нефтьгазоматеринской толще. Вторичный крекинг в нефтьгазоматеринской толще и в коллекторе. Эмиграция углеводородов из НГМТ. Механизмы эмиграции, порог эмиграции. Калибровка модели генерации УВ.
4. Свойства флюидов. Свойства воды. Соленость. Плотность, вязкость, упругость, теплофизические свойства. Фазовая диаграмма воды. Свойства углеводородных флюидов. Фазовая диаграмма. Модель Black-oil. Компонентная модель. PVT-соотношения. Уравнения состояния. Вязкость флюидов. Теплофизические свойства. Растворимости. Свойства смесей.
5. Моделирование фильтрации флюидов в пористой среде. Закон Дарси. Коэффициент проницаемости. Однофазная фильтрация. Двух- и трехфазная фильтрация. Относительная фазовая проницаемость. Зависимость ОФП от насыщения.
6. Модель миграции и аккумуляции углеводородов. Методы расчет модели фильтрации. Метод Дарси. Метод линий тока. Метод перколяции. Комбинированные методы.
7. Анализ чувствительности модели. Оценка рисков. Стохастическое моделирование. Вероятностные распределения значений параметров модели. Задание целевых параметров. Метод Монте-Карло. Метод латинского гиперкуба.

Содержание практических занятий

1. Выполнить анализ углеводородной системы. Определить основные элементы и процессы УВ системы. Выполнить пространственную и стратиграфическую их локализацию. Оценить временные соотношения в УВ системе. Определить критический момент УВ. Системы. Документировать проведенный анализ.
2. Задать необходимые данные и выполнить реконструкцию истории погружения в программе моделирования осадочного бассейна. Подготовка и экспорт данных в программу. Задание слоев. Задание литологического состава. Задание датировок. Реконструкция истории погружения. Задание палеобатиметрии и эрозии. Задание граничных условий модели прогрева. Расчет модели прогрева осадочного бассейна.
3. Задание кинетической модели керогена. Задания параметров нефтегазоматеринской толщи на основе интерпретации данных органогеохимических исследований. Расчет модели нефтегазогенерации. Задание параметров модели сорбции. Расчет модели с учетом сорбции. Задание параметров модели эмиграции углеводородов. Расчет порога эмиграции. Расчет модели вторичного крекинга в НГМТ. Калибровка модели генерации УВ.
4. Задание свойств пластовых флюидов. Пересчет плотности, состава и фазового состояния смеси между различными Р-Т состояниями.
5. Расчет однофазной фильтрации. Влияние различных факторов на фильтрацию. Влияние рельефа. Эффект эрозии. Эффект изменяющегося теплового потока. Термальная конвекция. Эффект солености. Расчет течения в окрестности соляного тела. Растворения и осаждение минералов. Расчет цементации и образования вторичной пористости.
6. Расчет двух- и трехфазной фильтрации. Расчет методом Дарси. Расчет методом линий тока. Сравнения результатов
7. Выполнение анализа чувствительности модели методом стохастического моделирования.

. Рекомендуемые образовательные технологии

А. Образовательные технологии. Лекция по текущей теме и объяснение смысла и способов решения задач и выполнение практического задания под контролем и при консультациях преподавателей.

Темы практических занятий в основном совпадают с темами лекционного курса. выполняемой студентом индивидуально с начала семестра.

Б. Научно-исследовательские технологии. Каждый студент получает отдельное индивидуальное задание по каждой теме. Для самостоятельной работы студентов предназначены компьютерные классы компьютерным и программным обеспечением.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся сдача заданий, соответствующих теме каждого занятия.

7.2. Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Что такое анализ углеводородных систем
2. Определение УВ системы
3. Основные элементы УВ системы
4. Временные соотношения в УВ системе. Критический момент УВ системы
5. Документирование УВ системы
7. Преобразования осадочных пород при погружении.
8. Эволюция органического вещества в осадочном бассейне.
9. Моделирование нефтегазогенерации.
6. Цикл ОВ: захоронение, первичные изменения, термальный крекинг
7. Расчет генерации УВ в программах моделирования бассейнов
8. Эмиграция УВ: основные модели
9. Эмиграция за счет гидроразрыва
10. Первичная и вторичная миграция углеводородов в осадочном бассейне
11. Бактериальная дегградация залежей
12. Фазовый состав залежей и их пространственное распределение
13. Физические и химические свойства поровых флюидов.
14. Плотность поровой воды в зависимости от солёности температуры и давления
15. Теплофизические свойства поровой воды.
16. Плотность нефтей и УВ газа
17. Вязкость УВ флюидов
18. Относительная проницаемость. Зависимость от насыщения.
19. Смачиваемость. Капиллярное давление.
20. Моделирование однофазной фильтрации флюидов,
21. Закон Дарси, коэффициент проницаемости пород
22. Уравнение фильтрации флюида

23. Гидродинамический потенциал
24. Фильтрация в трещиноватой среде, фильтрация по разломам,
25. Рассеянная и сосредоточенная фильтрация,
26. Порог перколяции. Остаточное водо- и нефтенасыщение
27. Факторы определяющие гидрогеологический режим в масштабах ОБ
28. Генерация аномальных давлений.
29. Локализация течения в высокопроницаемых толщах
30. Влияние рельефа на течения флюидов
31. Эффект эрозии.
32. Конвекция в окрестности соляного диапира.
33. Термальная адвекция порового флюида.
34. Выщелачивание и цементация
35. Фильтрация УВ в растворенном виде и в виде отдельной фазы
36. Двух- и трехфазная фильтрация
37. Капиллярные силы
38. Методы расчета фильтрации в программах моделирования ОБ
39. Метод линий тока (Flowpath)
40. Гибридный метод
41. Метод инвазивной перколяции
42. Учет разломов и зон трещиноватости
43. Принципы выделения локализованных объектов на основе моделирования
44. Оценка ресурсов локализованных объектов объемным методом
45. Оценка ресурсов локализованных объектов историко-генетическим методом
46. Анализ чувствительности модели.
47. Оценка геологических рисков стохастическим методом.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретические основы анализа углеводородных систем осадочных бассейнов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: выполнить анализ углеводородных	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не	В целом успешное, но содержащее	Успешное умение применять наиболее

систем осадочного бассейна		систематическое умение, допускает неточности непринципального характера	отдельные пробелы умение применять наиболее распространенные геоинформационные системы для решения геологических задач.	распространенные геоинформационные системы для решения геологических задач
Владения: методами компьютерного моделирования углеводородных систем	Навыки отсутствуют	Фрагментарное владение навыками	В целом сформированные навыки использования современными геоинформационными системами.	Владение современными геоинформационными системами, модулями их расширения.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Основная литература:

1. Никишин А.М., Ершов А.В., Копаевич Л.Ф. и др. Геоисторический и геодинамический анализ осадочных бассейнов (под. ред. Н.В. Межеловского, А.Ф. Морозова). М., 1999
2. Леонов Ю.Г., Волож Ю.А. (ред.). Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. Москва, Научный мир, 2004, 526 с

Дополнительная литература:

1. Mial A., Principles of Sedimentary Basin Analysis, Second Edition, Springer-Verlag, 1990, 652 p.
2. Allen P.A., Allen J.R. Basin analysis: principles and applications. Blackwell Science, 1992, 451 p.
3. Singerland R., Harbaugh J., Furlong K., Simulating clastic sedimentary basins, Prentice Hall, 1994, 194 p.
4. Magoon L.B., Dow W.G. (eds.), The petroleum system - from source to trap, AAPG Special Publication, 1994,
5. Busby C.J., Ingersoll R.V. (eds.) Tectonics of Sedimentary Basins. Blackwell Scientific Publications, Massachusetts, 1995.
6. Hunt J., Petroleum geology and geochemistry, Second edition, 1996.
7. Reading H.G. (ed), Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy, Third edition, Blackwell Science, 1996, 688 p.

8. Beaumont E., Norman H. (eds.), Handbook of petroleum geology: exploring for oil and gas traps. / Treatise of petroleum geology, AAPG Special Publication, 1999
9. Einsele G., Sedimentary basins, Second edition, Springer-Verlag, 2000, 792 p.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ

Специализированное программное обеспечение: программный пакет моделирования осадочных бассейнов и углеводородных систем "МОБиУС".

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем.

Не требуется.

Г) Интернет –ресурсы

Требуется наличие интернета и поисковой системы (yandex.ru или google.com).

Д) Материально-технического обеспечение: - персональные компьютеры с необходимым программным обеспечением. По числу обучающихся, ЛВС с выходом в интернет, мультимедийный проектор

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – А.В.Ершов

11. Авторы-составители

А.В.Ершов