

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова"
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

В-ПД – Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов

Уровень высшего образования:

магистратура

Направление подготовки/ специальность:

05.04.01 Геология

Магистерская программа:

Четырехмерное моделирование в геологии

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины «Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов» разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение: 2024

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

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

Цель и задачи дисциплины

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

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов» нацелен на обучение магистрантов теоретическим основам анализа осадочных бассейнов, умению выполнить анализ осадочных бассейнов и овладению методами компьютерного моделирования осадочных бассейнов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: вариативная часть, дисциплина магистерской программы по выбору, курс – II, семестр – 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Знания в части общекультурной и общенаучной подготовки – на уровне требований Образовательного стандарта МГУ направление «Геология», уровень бакалавриат, знания в области геологии в соответствии с требованиями вступительного экзамена в магистратуру.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-2.М	ОПК-2. (И)-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать</i> теоретические основы анализа углеводородных систем осадочных бассейнов.
ПК-3.М	ПК-3. М.(И)-1. Знает теоретические основы и методологию моделирования. ПК-3. М. (И)-2. Знает возможности и ограничения распространенных стандартных программ моделирования (по профилю подготовки). ПК-3. М.(И)-3. Владеет базовыми навыками использования стандартных программ моделирования (по профилю подготовки).	<i>Уметь</i> выполнять анализ углеводородных систем осадочного бассейна. <i>Владеть</i> методами компьютерного моделирования углеводородных систем

	ПК-3. М.(И)-4. Знает основные особенности интерпретации данных моделирования (по профилю подготовки).	
СПК-1.М	СПК-1.М. (И)-1. Способен применять методы компьютерного моделирования углеводородных систем осадочных бассейнов для решения задач региональной геологии, поиска и разведки углеводородов.	<i>Уметь</i> решать задачи региональной геологии, поиска и разведки углеводородов с помощью методов компьютерного моделирования осадочных бассейнов.

4. Объем дисциплины: составляет 2 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 **44** академических часа. Форма промежуточной аттестации – **зачет**.

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

№ п/п	Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы¹</i>			Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>
			Занятия лекционного типа	Занятия практического	Всего	
1	Введение в анализ углеводородных систем осадочных бассейнов.		2	2	4	
2	Модель истории погружения и прогрева осадочного чехла		2	2	4	7 ч.–сдача практического задания
3	Модель генерации углеводородов		2	2	4	7 ч.–сдача практического задания
4	Свойства флюидов.		2	2	4	7 ч.–сдача практического задания

¹ Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых консультаций или индивидуальной работы с обучающимися.

5	Моделирование фильтрации флюидов в пористой среде.		2	2	4	7 ч.—сдача практического задания
6	Модель миграции и аккумуляции углеводородов.		2	2	4	7 ч.—сдача практического задания
7	Анализ чувствительности модели. Оценка рисков.		2	2	4	7 ч.—сдача практического задания
	Промежуточная аттестация <u>зачет</u>					2
	Итого	72	28			44

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 нефтгазоматеринской толще. Вторичный крекинг в нефтгазоматеринской 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.

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

6.1. 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. Прием практических заданий осуществляется по шкале, указанной в пункте 6.3

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет):

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 ОБ: 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 деградация залежей
12. Фазовый состав залежей и их пространственное распределение
13. Физические и химические свойства поровых флюидов.
14. Плотность поровой воды в зависимости от солености 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.

6.3 Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: теоретические основы анализа углеводородных систем осадочных бассейнов.	Знания отсутствуют	Систематические знания
Умения: выполнить анализ углеводородных систем осадочного бассейна	Умения отсутствуют	Успешное умение выполнить анализ углеводородных систем осадочного бассейна
Владения: методами компьютерного моделирования углеводородных систем	Навыки отсутствуют	Владение методами компьютерного моделирования углеводородных систем

7. Ресурсное обеспечение:

- ☐ Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. Никишин А.М., Ершов А.В., Копяевич 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

б) 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.
 - ☐ Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ: Adobe Acrobat Reader, Open Office, пакет бассейнового моделирования "МОБиУС"/"SBMG".
 - ☐ Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - ☐ Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
 - ☐ Материально-технического обеспечение: для чтения лекций и проведения практических занятий имеется отдельная учебная аудитория 309, рассчитанная на 13 студентов и оснащенная компьютерами (с выходом в Интернет), мультимедийным проектором и необходимым программным обеспечением.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель: доцент, кандидат геол.-мин. наук Ершов А.В.

10. Разработчик программы: доцент, кандидат геол.-мин. наук Ершов А.В.