

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
академик

_____/Д.Ю.Пуцаровский/
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
" Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов "

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 осадочных бассейнов.

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

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

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

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

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для «Моделирование углеводородных систем», «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 осадочных бассейнов.
2. **Уметь** выполнить анализ осадочного бассейна.
3. **Владеть** методами компьютерного моделирования осадочного бассейна.

4. Формат обучения – лекционные и практические занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет **4 з.е.**, в том числе **56** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**14** часов – занятия лекционного типа, **42** часов – занятия практического типа). Самостоятельная работа включает **88** академических часа, **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 «Четырехмерное моделирование осадочных бассейнов» нацелен на обучение магистрантов теоретическим основам анализа осадочных бассейнов, умению выполнить анализа осадочных бассейнов и овладению методами компьютерного моделирования осадочных бассейнов.

№ 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 осадочных бассейнов.		2		6	8	0
2	Реконструкция истории погружения		2		6	8	15
3	Свойства пород. Поправка на уплотнение породы.		2		6	8	15
4	Основы теплофизики. Термальный режим литосферы.		2		6	8	15
5	Модель прогрева осадочного бассейна.		2		6	8	15
6	Органогеохимические методы исследования керогена и нефтей		2		6	8	13
7	Модель генерации углеводородов		2		6	8	15
	Групповая консультация					2	
	Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>					4	
	Итого	144				56	88

1. Введение в анализ осадочных бассейнов. Предмет и методы анализа осадочного бассейна. Основные процессы, определяющие развитие осадочного бассейна. Основной график выполнения анализа осадочного бассейна.
2. Реконструкция истории погружения. Метод последовательного снятия слоев. Поправка на уплотнение. Поправка на палеобатиметрию Поправка на эрозию. Задание разреза. Введение перерывов и эрозионных событий. Задание литологии отложений. Определение альтитуды поверхности осадконакопления.
3. Свойства пород. Пористость и плотность. Уплотнение пород с глубиной. Закон Ати. Цементация и вторичная пористость. Уплотнение глин. Уплотнение песчаников. Уплотнение аргиллитов. Зависимость теплофизических, механических и акустических свойств пород от пористости.
4. Основы теплофизики. Теплофизические свойства пород. Удельная теплоёмкость. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопереноса. Термоизостазия. Термальный режим континентальной литосферы. Модель Мак-Кензи рифтинга и пострифтового погружения осадочного бассейна.
5. Модель прогрева осадочного бассейна. Задание теплофизических параметров пород. Зависимость теплофизических параметров пород от пористости, температуры, давления. Факторы, влияющие на тепловой режим осадочного бассейна. Верхнее и нижнее граничные условия. Определение поверхностной палеотемпературы. Задание нижнего граничного условия на подошве чехла, подошве коры и подошве литосферы. Нижнее граничное условие на температуру и на тепловой поток. Задание второго граничного условия на поверхности осадконакопления. Калибровка модели прогрева.
6. Органогеохимические методы исследования керогена и нефтей. Цикл органического вещества на поверхности Земли. Образование керогена в результате диагенеза отмершего ОВ. Катагенез ОВ при его захоронении. Петрографические методы исследования керогена. Химико-аналитические методы исследования керогена. Пиролиз и интерпретация данных пиролиза. Методы исследования жидких и газообразных УВ.
7. Модель генерации углеводородов. Химические процессы при диагенезе и катагенезе ОВ. Основных химической кинетики. Уравнение Аррениуса. Моделирование созревание керогена набором параллельно идущих реакций. Многокомпонентная модель термального крекинга керогена. Модель вторичного крекинга. Кинетическая модель изменения показателя отражающей способности витринита. Определение параметров кинетической модели по данным пиролиза.

Содержание практических занятий

1. Выполнить анализ данного осадочного бассейна на качественном уровне. 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 осадочного бассейна. Задание разреза. Введение перерывов и эрозионных событий. Задание литологии отложений. Определение альтитуды поверхности осадконакопления.
3. Выполнить калибровку законов уплотнения основных литотипов на основе данных лабораторных замеров пористости пород и определения пористости по каротажу.
4. Оценить величину синрифтового и пострифтового погружения осадочного бассейна в рамках модели Мак-Кензи. Исследовать зависимость величины синрифтового и пострифтового погружения от исходной мощности коры и мантийной части литосферы, коэффициентов утонения коры и подкоровой литосферы, литологии коры и подкоровой литосферы, длительности растяжения, литологического состава заполнения осадочного бассейна.
5. Выполнить расчет модели прогрева осадочного бассейна. Задать теплофизических свойства пород. Определить палеотемпературу на поверхности и задать ее в программе в качестве верхнего граничного условия. Выполнить калибровку нижнего граничного условия по данным замеров отражающей способности витринита и современных температур в скважине.
6. Проинтерпретировать данные пиролиза. Определить тип керогена и его исходный потенциал. Определить содержание ОВ. Выбрать кинетическую модель.
7. Выполнить расчет модели генерации углеводородов. Рассчитать двух- и многокомпонентную модель. Рассчитать модель вторичного крекинга. Учесть сорбцию.

. 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. Основные принципы анализа истории погружения.
2. Основные виды геофизических данных используемых в анализе бассейнов, принципы их интерпретации
3. Методы численного моделирования ОБ
4. Геодинамические модели погружения осадочных бассейнов
5. Реконструкция истории погружения ОБ. Метод бэкстрипинга.
6. Петрофизические характеристики основных осадочных пород. Пористость, проницаемость.
7. Уплотнение пород с глубиной. Законы уплотнения пород. Поправка на уплотнение при реконструкции истории погружения.
8. Учет палеобатиметрии при реконструкции истории погружения.
9. Учет эрозии при реконструкции истории погружения.
10. Состав и строение осадочных пород. Теории усреднения. Свойства составных пород.
11. Источники тепла и факторы влияющие на тепловой режим осадочного бассейна.
12. Что такое температура, градиент температур, количество тепла, тепловой поток. Единицы измерения этих величин, используемые на практике. Среднегодовые температуры. Палеотемпературы. Измеренный тепловой поток на поверхности Земли.
13. Теплофизические параметры пород: коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость, удельная теплогенерация
14. Теплоперенос, закон Фурье, уравнение теплопереноса, граничные условия
15. Структура и состав литосферы, теплофизические свойства пород литосферы
16. Чем определяется тепловой режим ОБ. Источники тепла.
17. Моделирование теплового режима осадочных бассейнов.
18. Как рассчитывается модель прогрева осадочного бассейна. Сравнение моделей прогрева с нижним граничным условием на подошве литосферы и на подошве осадочного чехла.

19. Реперы палеотемператур. Тектоническое погружение как репер палеотемператур.
20. Стационарный и нестационарный тепловой режим, термо-механическая активизация.
21. Модель Мак-Кензи. Коэффициент утонения. Уровень шейкообразования.
22. Термальный режим рифтовых бассейнов. Модель Мак-Кензи. Коэффициент утонения бета.
23. Цикл ОВ: захоронение, первичные изменения, термальный крекинг.
24. Кероген, типы керогена,
25. Закон Аррениуса. Химико-кинетическая модель керогена.
26. Одно- и многокомпонентная химико-кинетическая модель.
27. Расчет генерации УВ в программах моделирования бассейнов.
28. Седиментологические обстановки, способствующие формированию обогащенных ОВ пород
29. Геохимические методы исследования органического вещества (ОВ) осадочных пород, нефтей и битумоидов
30. Петрографические методы изучения ОВ. Пиролиз. Массспектрометрия и хроматомассспектрометрия.
31. Моделирование нефтегазогенерации.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретические основы анализа осадочных бассейнов.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: выполнить анализ осадочного бассейна	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять наиболее распространенные геоинформационные системы для решения геологических задач.	Успешное умение применять наиболее распространенные геоинформационные системы для решения геологических задач
Владения: методами компьютерного моделирования осадочного бассейна	Навыки отсутствуют	Фрагментарное владение навыками	В целом сформированные навыки использования современными геоинформаци	Владение современными геоинформационными системами, модулями их расширения.

			ОННЫМИ СИСТЕМАМИ.	
--	--	--	----------------------	--

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 ПО: 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