

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

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/

« ____ » _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Компьютерное моделирование геодинамических процессов

Автор-составитель: Захаров В.С.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геотектоника и геодинамика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 20__

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 (годы) 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.

Цель и задачи дисциплины

Цель: получение студентами знания о компьютерном моделировании, принципах, методах и особенностях этого вида моделирования в геодинамике.

Задачи: познакомить студентов с рассмотрением геологических процессов с точки зрения действующих сил и энергий, с методами построения компьютерных моделей в геодинамике; дать практические навыки компьютерного моделирования.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, курс – I, семестр – 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Общая геология», «Геотектоника», «Физика Земли».

Дисциплина необходима в качестве предшествующей для дисциплин «Прикладные аспекты компьютерного моделирования в геодинамике», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

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

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

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

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

СПК-3.М Способность реконструировать кинематику и динамику формирования структур земной коры; определять и реконструировать структурные парагенезы, сформировавшиеся в различных геодинамических обстановках (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

знать: основы методов тепло- и массопереноса в геодинамике, знать основные этапы моделирования; принципы построения моделей.

уметь: под руководством преподавателя применить теоретическую модель и численный метод для решения геодинамических задач, провести компьютерное моделирование для решения базовых геодинамических задач.

владеть: навыками использования основных методов моделирования для решения геодинамических задач.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе 38 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – занятия семинарского типа, 10 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 34 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. 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):

Геодинамика рассматривает геологические процессы с точки зрения действующих сил и энергий. Сопоставляются модели локальной изостазии, модель региональной изостазии для упругой и упруго-вязкой литосферы, области их применимости, связь с гравитационными аномалиями, стационарная задача теплопроводности и тепловой режим континентальной литосферы, нестационарная задача теплопроводности и тепловой режим океанической литосферы, тепловой режим зоны субдукции.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы * (виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение		1			1	
Раздел 2. Изостатические схемы.		3		4	7	2 расчетно-графических работы, 8 часа
Раздел 3. Тепловой режим континентальной литосферы.		2		2	6	2 расчетно-графические работы, 8 часов
Раздел 4. Тепловой режим океанической литосферы.		4		4	6	2 расчетно-графические работы, 8 часов
Раздел 5. Тепловой режим зоны субдукции		4		4	8	2 расчетно-графические работы, 10 часов
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>						10**
Итого	72			28		44

Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных занятий

Введение. Принципы и методы построения и анализа математических моделей. Численные методы и математическое моделирование. Компьютерное моделирование в науках о Земле.

Изостатические схемы. Физические основы изостазии. Модели локальной изостазии. Схемы Эри и Пратта. Области применимости. Модель региональной изостазии с учетом упругой литосферы. Устойчивость литосферы к продольной нагрузке. Степень изостатической компенсации, ее связь с упругими характеристиками литосферы и размерами горизонтальной нагрузки. Определение упругих характеристик литосферы на основании анализа гравитационных аномалий и рельефа. Моделирование региональной изостазии на основании численного решения уравнения в конечных разностях. Моделирование изостазии в случае упруго-вязкой литосферы.

Тепловой режим континентальной литосферы. Стационарная задача теплопроводности. Постановка, уравнение, граничные условия, параметры. Расчет континентальных геотерм с учетом радиогенного тепловыделения в коре. Анализ базы данных по глобальному тепловому потоку.

Тепловой режим океанической литосферы. Одномерная нестационарная задача теплопроводности. Методы решения. Модель остывания полупространства и модель остывания плиты для описания теплового режима океанической литосферы. Расчет океанических геотерм, теплового потока, мощности литосферы, глубины океанического бассейна для этих моделей. Сопоставление результатов с данными изучения океанского дна.

Тепловой режим зоны субдукции. Двумерная нестационарная задача теплопроводности. Постановка, уравнение, граничные условия, параметры. Моделирование теплового режима остывания тела. Моделирование теплового режима зоны субдукции. Зависимость теплового режима от скорости погружения. Особенность хода изотерм в погружающемся слебе, сопоставление с геофизическими данными.

Основные темы семинарских занятий:

1. Модель региональной изостазии с учетом упругой литосферы.
2. Определение упругих характеристик литосферы на основании анализа гравитационных аномалий и рельефа.
3. Континентальные геотермы с учетом радиогенного тепловыделения с коре.
4. Океанические геотермы, мощности океанической литосферы.
5. База данных по глобальному тепловому потоку.
6. Моделирование двумерного теплового режима остывания тел.
7. Моделирование теплового режима зоны субдукции.

Рекомендуемые образовательные технологии

Во время аудиторных занятий проводятся лекции с использованием ПК и компьютерного проектора, активные и интерактивные формы: демонстрация моделей, зависимости результатов моделирования от параметров, разбор конкретных ситуаций, обсуждение отдельных разделов дисциплины. Используются авторские презентации, демонстрационные программы по всем разделам дисциплины. Для формирования навыков анализа используются учебные авторские компьютерные программы. Для закрепления знаний студентов по всем разделам курса проводятся семинарские занятия в компьютерном классе, целью которых является формирование навыков компьютерного моделирования геодинамических процессов и объектов.

Самостоятельная работа студентов включает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь при выполнении расчетных работ) и индивидуальную работу

студента по выполнению расчетно-графических работ. Результаты выполнения работ по основным разделам дисциплины служат для текущей и промежуточной аттестации студентов.

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 выполняются расчетно-графические работы.

Примерные темы расчетно-графических работ

1. Численная модель региональной изостазии для упругой литосферы.
2. Численная модель региональной изостазии для упруго-вязкой литосферы.
3. Построение континентальных геотерм.
4. Анализ базы данных по глобальному тепловому потоку.
5. Построение модели теплового режима океанской литосферы для модели остывания полупространства.
6. Построение модели теплового режима океанской литосферы для модели остывания плиты.
7. Построение двумерной нестационарной модели остывания геологических тел.
8. Построение модели теплового режима зоны субдукции.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Модели локальной изостазии.
2. Модель региональной изостазии с учетом упругой литосферы.
3. Устойчивость литосферы к продольной нагрузке.
4. Степень изостатической компенсации, ее связь с упругими характеристиками литосферы и размерами горизонтальной нагрузки.
5. Определение упругих характеристик литосферы на основании анализа гравитационных аномалий и рельефа.
6. Численное решение уравнения региональной изостазии методом конечных разностей.
7. Примеры применения модели упругого изгиба в геологии и геофизике.
8. Тепловой режим континентальной литосферы, континентальные геотермы.
9. Моделирование теплового режима океанической литосферы.
10. Океанические геотермы.
11. Мощность океанической литосферы.
12. Численное решение уравнения теплопроводности методом конечных разностей.
13. Двумерная нестационарная задача теплопроводности.
14. Моделирование теплового режима остывания интрузивного тела.
15. Моделирование теплового режима зоны субдукции.

Требования к получению зачета:

1. Умение проводить дискретизацию основных уравнений, используемых при моделировании геодинамических процессов.
2. Умение сформулировать начальные и граничные условия.
3. Умение проводить компьютерное моделирование рассмотренных в курсе геодинамических задач.
4. Умение исследовать влияние параметров на полученные результаты.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Теркот Д., Шуберт Дж. Геодинамика. В 2-х т. М.: "Мир", 1985. 730 с.
2. Харбух Д., Бонэм-Картер Г. Моделирование на ЭВМ в геологии. М.: "Мир", 1974. 319 с.

- дополнительная литература:

1. Андерсон Д., Таннехилл Д., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. В 2-х т. М.: Мир, 1990.
2. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. В 2-х т. М.: Мир, 1969.
3. Реология. Теория и приложения. Под ред Ф.Эйриха. М.: Изд. иностр. лит., 1962. 824 с.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1999. 798 с.
5. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. 560 с.
6. Gerya T. V. Introduction to numerical geodynamic modelling. New York: Cambridge University Press. 2010, 345 p.
7. Ismail-Zadeh A., Tackley P.J. Computational Methods for Geodynamics. New York: Cambridge University Press. 2010. 313 p.
8. Turcotte D.L., Schubert G. Geodynamics. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. 2002. 863 p.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения: пакет программ Microsoft Office PowerPoint

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. U.S. Geological Survey. www.usgs.gov.
2. Computational Infrastructure for Geodynamics (CIG). <https://geodynamics.org/>.
3. Справочная система языка программирования Python 3. <https://www.python.org/doc/>.

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

1. Язык программирования Python 3. <https://www.python.org/download/releases/3.0/>.
2. Среда разработки программ [PyCharm](https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/). <https://www.jetbrains.com/ru-ru/pycharm/> .
3. Интерактивная оболочка Jupyter Notebook. <https://jupyter.org/> .
4. Пакет Anaconda. <https://www.anaconda.com>.
5. Редактор Notepad++. <https://notepad-plus-plus.org/downloads/>.

Д) Материально-техническое обеспечение: персональные компьютеры, мультимедийный проектор, компьютер, экран.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Захаров В.С.

11. Автор (авторы) программы – Захаров В.С.