

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.



«18» декабря 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

В-ПД – Математическое моделирование геодинамических и тектонических процессов

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 № 8 от 15 декабря 2025 г)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование геодинамических и тектонических процессов» 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 геодинамики и математического моделирования геодинамических процессов.

Задачи курса: усвоить теоретические основы геодинамики, теоретически и практически освоить методы математического моделирования геодинамических процессов.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Математическое моделирование геодинамических и тектонических процессов» нацелен на обучение магистрантов теоретическим основам геодинамики, умению решения геодинамических задач и овладению методами исследования геодинамических процессов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: вариативная часть, обязательная дисциплина магистерской программы, курс – I, семестр – 2.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Курс «Математическое моделирование геодинамических и тектонических процессов» опирается на курсы «Тектоника складчатых поясов», «Избранные главы геодинамики»

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. М. (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 геодинамики.
ПК-3.М	ПК-3. М. (И)-1. Знает теоретические основы и методологию моделирования. ПК-3. (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). ПК-3. М. (И)-4. Знает основные особенности интерпретации данных моделирования (по профилю подготовки).	<i>Знать</i> теоретические основы и методологию моделирования геодинамических и тектонических процессов. <i>Уметь</i> решать базовые геодинамические задачи. <i>Владеть</i> методами исследования геодинамических процессов.
СПК-3.М	СПК-3.М. И-1. Способен применять мето-	<i>Уметь</i> применять мето-

	ды геомеханического моделирования, геодинамического моделирования, трехмерного структурного анализа для решения задач структурной геологии, региональной геологии и тектоники, геодинамики, геомеханического обеспечения безаварийного бурения скважин.	ды моделирования геодинамических и тектонических процессов для решения задач структурной геологии, региональной геологии и тектоники, геодинамики, геомеханического обеспечения безаварийного бурения скважин.
--	---	--

4. Объем дисциплины: составляет 3 з.е., в том числе **26** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**13** часов – занятия лекционного типа, **13** часов – занятия семинарского типа). Самостоятельная работа включает **82** академических часа), Форма промежуточной аттестации – **экзамен**.

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) Виды контактной работы, часы ¹				Самостоятельная работа обучающегося Виды самостоятельной работы, часы
			Занятия лекционного типа	Занятия практического	Семинарского	Всего	
1	Вводная лекция. Предмет и методы геодинамики.		1		1	2	
2	Изостазия. Изостатическое равновесие.		1		1	2	10 ч. сдача практического задания
3	Приложение принципа изостазии к горным сооружениям и осадочным бассейнам		1		1	2	20 ч. сдача практического задания
4	Теплоперенос. Дифференциальное уравнение теплопереноса.		2		2	4	10 ч. сдача практического задания

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

5	Стационарная термальная модель континентальной литосферы.		2		2	4	10 ч. сдача практического задания
6	Термальная модель океанической литосферы		2		2	4	10 ч. сдача практического задания
7	Термоизостазия.		2		2	4	10 ч. сдача практического задания
8	Региональная изостазия. Эффективная упругая толщина литосферы		2		2	4	12 ч. сдача практического задания
	Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						
	Итого	108	26				82

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение. Определение и предмет геодинамики. История развития и современное состояние.
2. Понятие изостазии. Изостатическое равновесие. Локальная и региональная изостазия. Изостатический контроль рельефа поверхности суши и батиметрии дна океана.
3. Расчет локального изостатического равновесия. Метод расчета высоты рельефа горного сооружения на основе принципа локального изостатического равновесия. Метод расчета высоты глубины осадочного бассейна на основе принципа локального изостатического равновесия.
4. Теплопередача. Теплофизические свойства пород. Удельная теплоёмкость. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопереноса. Качественные методы оценки величины решения уравнения теплопереноса.
5. Стационарное решение уравнения теплопереноса. Учет радиогенной теплогенерации пород. Распределение радиогенных элементов в литосфере. Сравнение данных радиогенной теплогенерации пород и поверхностного теплового потока. Провинции теплового потока. Стационарное распределение температур в континентальной литосфере.
6. Задача остывания полупространства. Термальная модель океанической литосферы. Расчет распределения температур в океанической литосфере на основе модели остывающего полупространства. Оценка термальной мощности океанической литосферы.
7. Термоизостазия. Глубина погружения океанского дна на основе термальной модели океанической литосферы. Сравнение с наблюдаемыми данными. Модель остывающей плиты.
8. Региональная изостазия. Модель изгиба упругой литосферы. Решение задачи изгиба упругой плиты под действием вертикальной нагрузки. Случаи цельной и сложенной плит. Эффективная упругая толщина литосферы. Определение упругих свойств литосферы (D , EET) по наблюдениям.

Содержание практических занятий

1. Определить наличие или отсутствие изостатического равновесия для различных объектов.
2. Используя принцип локальной изостазии оценить высоту горного сооружения для раз-

личных случаев строения орогена. Проанализировать полученные численные оценки, и сделать выводы относительно динамики воздымания орогена и погружения осадочного бассейна. Сформулировать временны соотношения между процессами складчатости и орогенеза. Проанализировать соотношения высот орогена на ранне- и позднеорогенной стадиях и глубин бассейна на синрифтовой и пострифтовой стадиях. Результаты анализа изложить в виде презентации

3. Используя принцип локальной изостазии оценить глубину рифтогенного осадочного бассейна на синрифтовом и пострифтовом этапах для различных случаев его заполнения. Проанализировать полученные численные оценки, и сделать выводы относительно динамики воздымания орогена и погружения осадочного бассейна. Сформулировать временны соотношения между процессами складчатости и орогенеза. Проанализировать соотношения высот орогена на ранне- и позднеорогенной стадиях и глубин бассейна на синрифтовой и пострифтовой стадиях. Результаты анализа изложить в виде презентации
4. Оценить по порядку величины значение решения уравнения теплопроводности для различных постановок задач: определение глубины нейтрального слоя, определение мощности океанической литосферы, определение скорости остывания Земли (задача Кельвина).
5. Рассчитать распределение величины радиогенной теплогенерации в земной коре. Рассчитать стационарное распределение температур в континентальной литосфере.
6. Рассчитать нестационарное распределение температур в океанической литосфере в зависимости от времени в рамках модели остывающего полупространства.
7. Численно оценить мощность океанической литосферы в зависимости от ее возраста на основе модели остывающего полупространства. Оценить глубину дна океана в зависимости от термального возраста океанической литосферы на основе модели остывающего полупространства.
8. Численно оценить эффективную упругую толщину литосферы по данным о гравияномалиях и погружении бассейна для цепи вулканических островов, зоны субдукции, предгорного прогиба. Проанализировать полученные численные оценки.

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 (экзамен):

1. Понятие изостазии. Доказательства выполнения принципа изостазии на Земле.
2. Локальная изостазия.
3. Региональная изостазия.
4. Отличие региональной от локальной изостазии.
5. Принципы расчета величины синрифтового погружения осадочного бассейна.
6. Объяснить причины пострифтового погружения. Как его рассчитать?

7. Принципы расчета величины воздымания горного сооружения.
8. Зависимость высоты горного сооружения от величины корового корня орогена
9. Зависимость высота горного сооружения от наличия и величины литосферного корня орогена
10. Термоизостазия
11. Чем определяется батиметрия океанического дна?
12. Определение упругих свойств литосферы (D, EET) по наблюдениям
13. Термальная модель континентальной литосферы
14. Стационарный и нестационарный термальный режим.
15. Что такое провинции теплового потока.
16. Тектоно-термальный возраст литосферы.
17. Тепловые модель океанической литосферы.
18. Модель остывающего полупространства
19. Модель остывающей плиты

6.3. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретические основы геодинамики.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: решать базовые геодинамические задачи	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять умения для решения геологических задач.	Успешное умение решать базовые геодинамические задачи
Владения: методами исследования геодинамических процессов	Навыки отсутствуют	Фрагментарное владение навыками	В целом сформированные навыки исследования геодинамических процессов	Владение современными методами исследования геодинамических процессов

7. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. Теркот Д., Шуберт Д., Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред. М. Мир, 1985 (в 2-х тт.)
2. Аргюшков Е.В., Геодинамика, 1979
3. Жарков В.Н., Внутреннее строение Земли и планет, М. Наука, 1983
4. Самарский А.А., Введение в численные методы.
5. Бахвалов Н., Жидков Н., Кобельков Н., Численные методы.
6. Ботт. М., Внутреннее строение Земли, М. Мир, 1974

б) дополнительная литература:

1. Никишин А.М., Тектонические обстановки, изд-во МГУ, 2002
 2. Буллен К., Плотность Земли
 3. Шейдеггер А., Основы геодинамики, М. Недра, 1987
 4. Jackson I. (ed.), The Earth mantle, Cambridge university press, 1998
 5. Schubert G., Turcotte D., Olson P., Mantle convection in the Earth and planets, Cambridge university press, 2001
- Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ: Adobe Acrobat Reader, Open Office
 - Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:
 - Материально-техническое 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.