

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 – Геодинамическое моделирование

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 «Геодинамическое моделирование» 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 «Геодинамическое моделирование»: 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 «Геодинамическое моделирование» нацелен на обучение магистрантов теоретическим основам геодинамики, умению решения геодинамических задач и овладению методами моделирования геодинамических процессов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: вариативная часть, дисциплина магистерской программы по выбору, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Курс «Геодинамическое моделирование» опирается на курсы профессионального цикла «Математическое моделирование геодинамических и тектонических процессов», «Избранные главы геодинамики». Курс предоставляет магистранту возможность профессионального овладения современными методами геодинамики и математического моделирования.

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные 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. 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). ПК-3.М. (И)-4. Знает основные особенности интерпретации данных моделирования (по профилю подготовки).	<i>Знать</i> теоретические основы и методологию геодинамического моделирования. <i>Уметь</i> решать базовые геодинамические задачи. <i>Владеть</i> методами моделирования геодинамических процессов.
СПК-3.М	СПК-3.М. (И)-1. Способен применять методы геомеханического моделирования, геодинамического моделирования, трех-	<i>Уметь</i> применять методы геодинамического моделирования для ре-

	мерного структурного анализа для решения задач структурной геологии, региональной геологии и тектоники, геодинамики, геомеханического обеспечения безаварийного бурения скважин.	шения задач структурной геологии, региональной геологии и тектоники, геодинамики, геомеханического обеспечения безаварийного бурения скважин.
--	--	---

4. Объем дисциплины: 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. 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 семинарского типа	Всего	
1	Введение. Предмет и методы геодинамического моделирования.		2	0	2	0
2	Теоретические основы. Напряжение и деформация.		2	4	6	1 ч.–сдача практического задания
3	Упругие модули и прочностные параметры пород.		2	2	6	1 ч.–сдача практического задания
4	Определение петрофизических, упругих и прочностных параметров пород по каротажным данным.		2	2	4	1 ч.–сдача практического задания

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

5	Принцип Терцаги. Прогноз поровых давлений.		2	2	4	1 ч.–сдача практического задания
6	Калибровка региональных напряжений по скважинным данным.		2	2	4	1 ч.–сдача практического задания
7	Расчет напряженно-деформированного состояния.		2	2	4	1 ч.–сдача практического задания
	Промежуточная аттестация <u>зачет</u>					2
	Итого	36			28	8

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение. Предмет и методы геодинамического моделирования. Решаемые задачи и используемые средства их решения.
2. Теоретические основы. Напряжение и деформация. Вывод тензора деформации из поля перемещений. Тензор напряжений. Полное и эффективное напряжение. Алгебра тензоров второго порядка. Определение главных осей и главных компонент тензора. Использование кругов Мора для преобразования тензора.
3. Упругие модули и прочностные параметры пород. Виды упругих модулей. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, объемный модуль. Изотропная и анизотропная среда. Измерения упругих модулей в лаборатории.
4. Критерий прочности Мора-Кулона. Прочностные параметры пород. Прочность при одноосном сжатии, трехосный коэффициент, сцепление, угол внутреннего трения.
5. Определение петрофизических, упругих и прочностных параметров пород по каротажным данным. Динамические и статические упругие модули. Построение корреляций. Использование корреляций для оценки упругих и прочностных параметров на базе каротажных данных.
6. Поровое и пластовое давление. Принцип Терцаги. Эффективные напряжения. Коэффициент Био-Виллиса. Прогноз поровых давлений. Метод Итона. Метод Бауэрса.
7. Калибровка региональных напряжений по скважинным данным. Методы определения горизонтальных напряжений в скважинах. Тест на приемистость. Расширенный тест. Гидро-разрыв пласта.
8. Расчет напряженно-деформированного состояния. Определение вертикальных напряжений. Коэффициент бокового распора. Локальная и региональная компонента горизонтальных напряжений. Нарушение напряженно-деформированного состояния среды в результате бурения скважины. Уравнение Кирша. Соответствие критерию прочности пород.

Содержание практических занятий

1. Используя метод кругов Мора определить направление главных осей для заданного напряженного состояния. Определить ориентацию плоскости наибольшего сдвига, определить величину касательного напряжения на этой плоскости.

2. Определить величину модуля Юнга и коэффициента Пуассона по данным измерений. Пересчитать модуль Юнга и коэффициент Пуассона в модуль сдвига.
3. Построить паспорт прочности по данным испытаний на одноосное сжатие, псевдотрехосное сжатие и бразильского теста.
4. Рассчитать динамический модуль Юнга и коэффициент Пуассона по данным акустического каротажа. Построить кросс-плот и определить корреляционную зависимость. Определить статический модуль Юнга корреляцией с динамическим, используя полученную корреляционную зависимость.
5. Определить нормальный тренд данных акустического каротажа. Выполнить прогноз поровых давлений по данным акустического каротажа, используя методы Итона и Бауэрсса.
6. Проинтерпретировать данные теста на приемистость. Проинтерпретировать данные теста на мини-ГРП. Определить ограничения на величину горизонтальных напряжений.
7. Рассчитать профиль вертикальных напряжений, используя распределения плотности пород. Рассчитать горизонтальные напряжения, используя вертикальные, коэффициент бокового распора и ограничения, определенные по данным тестов на приемистость и мини-ГРП. Оценить выполнение критерия прочности для напряжений, рассчитанных с использованием формулы Кирша.

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 шкалы указанной в пункте 6.3

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Что такое главные напряжения.
2. Как определить главные направления тензора используя технику кругов Мора
3. Определение эффективных напряжений
4. Сформулировать принцип Терцаги
5. Связь модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля сдвига и объемного модуля.
6. Критерий прочности Мора-Кулона
7. Основные прочностные параметры
8. Объяснить почему динамические модули отличаются от статических
9. Привести качественное обоснование метода Итона прогноза порового давления
10. Чем метод Бауэрсса качественно отличается от метода Итона
11. Что такое коэффициент Био-Виллиса
12. Определение коэффициента бокового распора
13. Калибровки горизонтальных напряжений.
14. Расчет вертикальных напряжений
15. Расчет горизонтальных напряжений

6.3. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: теоретические основы геодинамики.	Знания отсутствуют	Систематические знания
Умения: решать базовые геодинамические задачи	Умения отсутствуют	Успешное умение решать базовые геодинамические задачи
Владения: методами моделирования геодинамических процессов	Навыки отсутствуют	Владение методами моделирования геодинамических процессов

7. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. K. Stuwe, Geodynamics of the lithosphere, 2007, Springer-Verlag, 493 p.
2. E. Fjaer, R.M. Holt, P. Horsrud, A.M. Raaen, R. Risnes, Petroleum related rock mechanics, 1992, Elsevier, 491 p.
3. M.D. Zoback, Reservoir geomechanics, 2007, Cambridge University Press, 449 p.

б) дополнительная литература:

1. T. Gerya, Numerical geodynamic modeling, 2010, Cambridge University Press, 345 p.
 2. A. Ismail-Zadeh, P. Tackley, Computational methods for geodynamics, 2010, Cambridge University Press, 313 p.
 3. G. Mavko, T. Mukerji, J. Dvorkin, The rock physics handbook, 2009, Cambridge University Press, 511 p.
- Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ: Adobe Acrobat Reader
 - 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.