

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального 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 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Трехмерное моделирование месторождений

Уровень высшего образования:

Магистратура (ММ)

Направление подготовки/ специальность:

05.04.01 Геология

Магистерская программа:

Геология и полезные ископаемые

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 8 от 25 декабря 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины "Трехмерное моделирование месторождений" 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 30 декабря 2020 г. № 1379 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2025

© 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

Целью дисциплины "Трехмерное моделирование месторождений" является приобретение студентами знаний о трехмерном моделировании месторождений твердых полезных ископаемых в программах Datamine Studio RM, Leap Frog Geo, используемых при проведении геологоразведочных работ и при подсчете ресурсов и запасов месторождений.

Задачи

- обучение магистрантов на практике применять традиционные и геостатистические способы при подсчете ресурсов и запасов месторождений полезных ископаемых.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс "Трехмерное моделирование месторождений" рассматривает особенности 3D моделирования, геостатистики и геолого-экономической оценки месторождений. Излагаются принципы составления баз разведочных данных, способы оконтуривания рудной минерализации, вопросы каркасного и блочного анализа для трехмерного моделирования. Рассматриваются теория и практика построения вариограмм, интерполяционные процедуры и кригинг.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП: Дисциплина «Трехмерное моделирование месторождений» относится к вариативной части, дисциплина магистерской программы по выбору студента.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: освоение дисциплин «Полезные ископаемые».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1.ММ	ОПК-1.ММ. (И)-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	Знать: все технические возможности и средства, используемые при геологоразведочных работах Уметь: задавать основные параметры детальных геологоразведочных работ; определять положение точек наблюдения (профилей); собирать оптимальный комплекс необходимой геологической информации, проводить первичную обработку полевого материала;

		Владеть: навыками использования технических средств геологоразведки и выбора их при проектировании геологоразведочных работ
--	--	--

4. **Объем дисциплины:** 4 з. е., в том числе **80** академический час, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 лекционного типа, 14 практические занятия, 42 семинары), **74** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося, часы		
		Занятия лекционного	Занятия семинарское	Занятия практическое	Всего	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному	Всего
Раздел 1. Работа с базами данных.	15	1	2	2	5	5	5	10
Раздел 2. Открытие результирующего файла скважин. Работа в 3D окне.	14	2	6	1	9	5	5	10
Раздел 3. Способы оконтуривания рудной минерализации.	15	1	8	1	10	5	5	10
Раздел 4. Каркасное моделирование.	14	2	5	2	9	5		5
Раздел 5. Блочное моделирование.	20	2	5	3	10	4	6	10
Раздел 6. Теория и практика геостатистики. Вариография.	18	1	5	2	8	5	5	10
Раздел 7. Интерполяционные процедуры. Кригинг.	16	1	6		7	4	5	9
Раздел 8. Геологическое построение модели в	22	4	5	3	12	5	5	10

программе Leap Frog Geo .								
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>								
Итого	144		70				74	

Содержание лекций

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Работа с базами данных. Краткий обзор компьютерных горно-геологических программ. Основные принципы составления баз данных. Обзор компьютерной системы DATAMINE RM. Особенности форматов данных (разных типов ASCII файлов с расширениями CSV, TXT и других). Структура файлов баз данных. Особенности организации первичных данных в файлах. The Assay file – файл опробования. Collars file – файл координат устьев скважин, горных выработок. Surveys file – файл данных измерений в скважине (файл данных инклинометрии). The Geology File – файл геологических данных. The Rockpers file – файл координат точек, трассирующих границы пород и рудных тел в пространстве. The Countours file – файл точек, определяющих топографию и являющийся основой для создания цифровой модели топографической поверхности DTM (Digital Terrain Model). Ввод во внутренний формат программы подготовленной ранее базы данных для работы в 3D окне. Создание учебной базы данных. Знакомство с EXCEL, ACCESS, NOTEPAD и другими программами, особенности работы в этих программах.

Раздел 2. Открытие результирующего файла скважин. Работа в 3D окне.

Импорт файлов с расширением CSV в программу Datamine RM. Операция HOLMER (Merge Downhole Files) - позволяет объединять данные опробования (файл Assay) с информацией о типах пород (файл Geology), которые пересекают скважины или горные выработки. Операция JOIN- позволяет объединять файл опробования скважин и типов пород с файлом, содержащим данные координат устьев скважин или горных выработок. с получением на выходе временного файла. Операция DESERV (Holes3d) – позволяет создать результирующий файл, включающий данные о положении скважины в 3D (трехмерном) пространстве, путем объединения промежуточного файла с файлом данных измерений в скважине и одновременно пересчетом данных инклинометрии для определения положения каждой точки скважины в трехмерном пространстве. Знакомство с технологией ввода в программу информации по бороздовым пробам канав и любым пробам, взятым на поверхности (команды – Project to wireframe, String to drillhole). Приобретение навыков редактирования файлов в Datamine Studio RM. Работа с учебными данными. Работа с информацией в окне проектирования в Datamine RM. Открытие результирующего файла скважин с данными опробования, файлов точек или стрингов. Создание и корректировка легенды, фильтры. Знакомство с системным контролем, введение в макросы. Знакомство с командой - Snap. Работа с скважинами, с атрибутами скважин, с интервалами опробования, контроль за положением скважин относительно экрана монитора. Знакомство с командой Compositing (объединение интервалов опробования и автоматический пересчет содержаний с учетом кондиций), так же разновидности композитирования - команды Compdh, Compbr, Compse для пересчета и объединения интервалов опробования в базе данных. Знакомство с возможностями первичной статистической обработки данных. Современные способы корректировки ураганных проб.

Раздел 3. Способы оконтуривания рудной минерализации. Способы оконтуривания рудных тел или зон рудной минерализации. Кондиционные требования к оконтуриванию. Представления о естественном и экономическом борте.

Знакомство с блоком команд - View Control – эти команды контролируют ориентацию, размер, масштаб скважин и привязанных к ним баз данных в трехмерных проекциях.

Работа с Viewer, изменение проекций, получение разрезов и планов любой пространственной ориентации по одной точке, двух и трех точек в 3D пространстве. Знакомство с командами в директории Viewer (команда SET Clipping – устанавливает дистанцию просмотра данных, вне этой дистанции все данные скрыты, команда ADJUST PLANE позволяет передвигаться внутри 3D пространства). Редактирование точек и стрингов – линий, соединяющих точки. Редактирование атрибутов точек, их нанесение, передвижение, уничтожение. Сохранение файлов точек и файлов стрингов. Работа с учебными данными.

Раздел 4. Каркасное моделирование. Создание модели дневной поверхности – Digital Terrain Model. Векторизация растровых образов изолиний поверхности в программах Autocad, Easy Trasy. Способы оконтуривания рудных тел или зон рудной минерализации и знакомство с технологией создания вайфреймов - трехмерных каркасных моделей рудных тел в программе Datamine RM. Знакомство с особенностями применения команды - String Linking, работа над ошибками. Манипуляции с каркасными моделями, команды wf-merge, wf-union, wf-intersection, wf-difference, позволяющие разделять, объединять каркасные модели, вычитать одну каркасную модель из другой. Создание трехмерной модели рудной залежи и модели поверхности с использованием учебной базы данных. Каркасное моделирование в программе Leap Frog Geo.

Раздел 5. Блочное моделирование. Блочное геологическое моделирование в программе Datamine Studio RM. Технология создания прототипа модели (процесс Protom) – определение ограничений прямоугольного пространства и определение размеров и формы элементарных блоков модели. Технология заполнения элементарными блоками с помощью процессов Wirefill, Trifil всего пространства модели от дневной поверхности до нижних границ распространения рудных зон и замкнутых каркасных моделей, созданных внутри этого пространства, как для рудных тел, так и для разновидностей вмещающих пород. Знакомство с процессом Seltri, позволяющим обрезать блоковые модели, по границам каркасных моделей, например, блоковые модели рудных тел по верхней границе DTM, а также ограничивать базу данных опробования замкнутыми границами каркасных моделей рудных тел. Знакомство с интерполяционными возможностями программы. Технология объединения моделей с помощью процесса Addmod, позволяющая соединить все модели в одну. Создание учебных блоковых моделей.

Раздел 6. Теория и практика геостатистики. Вариография. Теоретические модели вариограмм (линейная модель, сферическая модель, и другие модели), представления об одно структурных, двух структурных и трех структурных вариограммах. Технология расчета вариограмм. Знакомство с процессами VGRAM и VARFIT. Подбор моделей вариограмм, определение порога вариограммы, зоны влияния и эффекта самородков с помощью процесса VARFIT.

Раздел 7. Интерполяционные процедуры. Кригинг. Геостатистические методы интерполяции- метод обратных расстояний (invert power distance), ближайшего соседа (nearest neighbour), кригинг (ordinary kriging). Возможности программы Datamine по подсчету ресурсов. Подсчет ресурсов полезных ископаемых и определение объемов вскрышных пород. Подсчет ресурсов и запасов процессом TONGRADE. Проверка результатов интерполяции.

Раздел 8. Геолого-экономическая оценка в программе Leap Frog Geo. Подготовка модели для импорта в программу Leap Frog Geo. Принципы создания экономической модели месторождения. Принципы расчета бортового содержания (cut of grade). Знакомство с алгоритмом Лерча-Гроссмана, расчет оболочки карьера. Международная классификация запасов и ресурсов, гармонизация международной классификации и внутренней классификацией запасов. Подсчет доказанных и предполагаемых запасов внутри оболочки карьера. Этапы отработки карьера (pushbacks). График отработки месторождения по годам. Создание экономической модели отработки месторождения. Расчет NPV, внутренней нормы прибыли и других экономических показателей.

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

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных практических заданий.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы. Результат каждого задания оценивается по системе зачет/незачет.

Примерный перечень вопросов для проведения устных опросов:

1. Методика нахождения естественного борта минерализации.
2. Методы композитирования данных опробования.
3. Способы декластеризации.
4. Преобразования данных перед геостатистическим анализом.
5. Методы интерполяции: метод ближайшего соседа и метод обратных расстояний.
6. Методы интерполяции: обыкновенный кригинг.
7. Принципы построения вариограмм и их анализ.
8. Определение степени достоверности ресурсов по анализу вариограмм.
9. Международная классификация ресурсов и запасов.
10. Методика расчета экономического бортового содержания.
11. Сравнение Российской классификации запасов с международной.
12. Методы оптимизации в программе NPV Scheduler.

Шкала и критерии оценивания результатов тестирования и устных опросов по дисциплине

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания технических возможностей и средств, используемые при геологоразведочных работах (устный опрос)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения определять положение точек наблюдения (профилей); собирать оптимальный комплекс необходимой геологической информации, (устный опрос)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)

Владения навыками использования технических средств геологоразведки и выбора их при проектировании геологоразведочных работ (<i>практические занятия</i>)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме
--	--	---

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Особенности структуры базы данных.
2. Особенности ввода базы данных в программу.
3. Особенности создания каркасов и DTM.
4. Особенности создания блоковых моделей.
5. Методы интерполяции: метод ближайшего соседа и метод обратных расстояний.
6. Методы интерполяции: обычный кригинг.
7. Построение вариограмм и их анализ.
8. Подготовка модели к оптимизации.
9. Международная классификация запасов.
10. Принципы построения вариограмм.
11. Способы оконтуривания рудной минерализации.
12. Принципы создания экономической модели месторождения

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (экзамен).

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: основные традиционные и геостатистические способы при подсчете ресурсов и запасов месторождений полезных ископаемых, в том числе экономические основы оценки месторождений;	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умение: составлять базы данных результатов опробования буровых скважин и горных выработок, создавать каркасные и блоковые модели месторождений, считать	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение создавать базы данных и каркасные и блоковые

ресурсы и запасы месторождений;		непринципиального характера		модели месторождений
Владение: современными компьютерными программами Datamine Studio RM, Leap Frog Geo и NPV Scheduler для геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых.	Навыки владения основными отсутствуют	Фрагментарное владение, наличие отдельных навыков	В целом сформированы навыки.	Владение современными компьютерными программами для составления моделей и подсчета запасов

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература:

1. Авдонин В.В. Технические средства и методика разведки месторождений полезных ископаемых. Издательство Московского университета. 1994
2. Нескоромных В.В. Бурение скважин. –М: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2015.
3. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых: [учеб. для студентов учреждений высш. проф. образования] / [В. В. Авдонин и др.]; под ред. В. В. Авдонина М.: Академия, 2011

- Перечень лицензионного программного обеспечения: Datamine Studio RM, Leap Frog Geo.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:
 - реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
 - USGS; госдоклад
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
 - поисковая система научной информации www.scopus.com
 - электронная база научных публикаций www.webofscience.com
 - электронная база научных публикаций www.elibrary.ru
- Описание материально-технической базы:
 - Лекционные аудитории с проектором и экраном.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель;

ответственный за курс — Богуславский М.А.

преподаватель: Вильданов Д.И.

10. Разработчики программы: – Богуславский М.А., доцент кафедры геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых.