

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического
факультета, чл.-корр. РАН
Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Комплексный анализ и интерпретация геолого-геофизических данных

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01. Геология

Магистерская программа:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом
Геологического факультета МГУ
(протокол № 6 от 8 сентября 2025)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология», утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2024.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП. Относится к профильному блоку вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору. Курс магистратуры – 2, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. обучающийся должен владеть базовыми естественно-научными, математическими и профессиональными знаниями в объеме вступительного экзамена в магистратуру, а также знаниями дисциплин «Общая геология», «Геофизические методы исследования», «Теория геофизических полей», «Комплексирование геофизических методов» и другие, в зависимости от выбора модуля подготовки.

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-2.М.	ММ.ОПК-2. И-1. Определяет цель, задачи, обосновывает актуальность и разрабатывает логическую схему проекта в профессиональной области. ММ.ОПК-3. И-2. Формулирует методику решения исследовательских задач на основе классических подходов и инновационных идей геологических и смежных наук.	Знать: основные принципы комплексирования, особенности современных методов, подходов и технологий качественной и количественной интерпретации данных геофизических методов с учетом петрофизической и геологической обстановки. Уметь: выбрать и обосновать оптимальный комплекс методов исследования; последовательность методов и процедур интерпретации комплекса геолого-геофизических данных, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи (геологической, поисковой, геотехнической и пр.), реализуемое в комплексе геолого-геофизических методов исследования.

ОПК-5.ММ.	ММ.ОПК-5. И-1. Выбирает способы обработки данных и программные средства для решения задач профессиональной деятельности с учетом основных требований информационной безопасности. М.ОПК-5. И-2. Использует ГИС-технологии для решения профессиональных задач. М.ОПК-5. И-3. Использует компьютерные, в т.ч. ГИС-технологии для представления результатов исследований.	Знать: особенности современных методов, подходов и технологий качественной и количественной интерпретации геофизических данных, обеспечивающих максимальный учет геологических параметров объекта. Уметь: активно использовать и модернизировать современные средства и технологии комплексной интерпретации геолого-геофизических данных; выбрать и обосновать последовательность методов и технологий комплексной интерпретации, обеспечивающую эффективное решение поставленной задачи (геологической, геотехнической, поисковой и пр.); построить наглядные результативные модели.
МПК-1.	МПК-1. И-1 Определяет цели и задачи геофизических исследований. МПК-1. И-2 Владеет методами проведения геофизических наблюдений и обработки данных. МПК-1. И-3 Знает основы решения прямых и обратных задач геофизики, геологической интерпретации данных.	Знать: современные методы обработки и интерпретации комплексной геологической, гравиметрической, магниторазведочной и электроразведочной информации, формальные и неформальные способы учета априорной геологической информации, применяемые при решении сложных геологических задач. Уметь: творчески, с учетом особенностей геологического объекта и задач и стадии исследований, использовать современные методы обработки и интерпретации геофизических данных, выбрать оптимальную методику комплексного

		анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи, строить наглядные и геологически значимые результативные 2Д и 3Д решения (разрезы и объемные модели).
--	--	---

4. Объем дисциплины 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции 20, семинары 8), 44 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка контрольному опросу	Всего
Тема 1. Введение.	6	1			1			2	3	5
Тема 2. Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных.	11	2		2	4			2	5	7
Тема 3. Количественная комплексная интерпретация геоданных.	10	1		4	5				5	5
Тема 4. Комплексная интерпретация гравитационных и магнитных полей	10	1		4	5				5	5
Тема 5. Методика построения согласованных физико-геологических моделей земной коры	12	1		4	5			2	5	7

Контрольный опрос.										
Тема 6. Геоинформационные системы Контрольный опрос.	14	1		4	5		2	2	5	9
Тема 7. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем при решении задач комплексного анализа и количественной интерпретации геолого-геофизических данных.	9	1		2	3		2		4	6
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	0	<i>Письменный экзамен</i>				0				
Итого	72	28				44				

Содержание лекций и семинаров

Тема 1. Введение.

История создания методов комплексных анализа и интерпретации геолого-геофизических данных. Развитие геоинформационных систем и технологий комплексного анализа и интерпретации данных. Математические модели комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации.

Тема 2. Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных.

- Атрибутный анализ геофизических полей. Расчеты атрибутов волновых и потенциальных полей в скользящих окнах «живой» формы статистических, спектральных, корреляционных и градиентных. Размеры окна для вычисления состоятельных и эффективных оценок атрибутов. Информативность атрибутов и ее оценка при решении задач геологического картирования и поисков. Атрибуты для волновых и потенциальных полей.

- Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных при наличии эталонных объектов: логические, регрессионные (нейронные регрессионные сети), проверки статистических гипотез (байесовский подход) и вероятностные нейронные сети. Оценка качества методов распознавания образов. Примеры применения.

- Основные алгоритмы классификации геофизических полей при отсутствии эталонных объектов: метод главных компонент, метод К-средних и его модификации. Оценка качества проведенной классификации. Методики расчетов по алгоритмам классификации. Примеры применения.

- Метод главных компонент при решении задач классификации с учетом корреляционных связей между полями и их атрибутами по всей площади наблюдений или в пределах временного разреза. Математическая и физическая идентичность метода главных компонент и энергетической фильтрации. Алгоритм многопризнаковой (многоатрибутной) энергетической фильтрации и результаты его применения при обработке потенциальных и волновых полей.

Тема 3. Количественная комплексная интерпретация геоданных.

Математическая постановка задач количественной комплексной интерпретации по определению геометрических и физических параметров искомых объектов. Понятие о согласованных физико-геологических моделях. Количественные оценки адекватности физико-геологических моделей реальной среде.

Тема 4. Комплексная интерпретация гравитационных и магнитных полей.

Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе их трансформации в нижнее полупространство, включающая:

- пересчеты полей в нижнее полупространство по алгоритмам Б.А. Андреева, А.В. Петров, И.М. Приезжева с построением разрезов эффективных значений плотности и намагниченности;

- расчет коэффициента ранговой корреляции эффективных значений физических параметров в скользящем 3D-окне;
- геометризация глубинного разреза по аномальным значениям коэффициента ранговой корреляции;
- задачи априорной плотностной (магнитной) модели и перевод эффективных значений физических параметров в их «истинные» значения;
- оценка вещественного состава пород по значениям плотности и намагниченности с привлечением имеющихся значений скорости и проводимости.

Тема 5. Методика построения согласованных ФГМ земной коры.

Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры, включающих: использование карт глубин залегания поверхностей по данным ГСЗ, КМПВ и др. методов, задание априорной плотностной (магнитной) модели и ее коррекция путем линейной интерполяции

- расчет физических параметров между слоями, создание сети точечных источников по разрезу с дальнейшим решением прямой задачи и расчетом невязки между наблюдаемыми и модельными данными;
- возможности интеграции детерминированного и вероятностно-статистического подхода для количественной комплексной интерпретации.

Технология построения согласованных ФГМ земной коры по данным комплекса глубинной сейсморазведки, МТЗ, грави- и магниторазведки масштаба 1:200000.

Тема 6. Геоинформационные системы.

Современные геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных (ГИС-ПАРК, ГИС-ИНТЕГРО GCIS, СЭВР, COMINTER, СИГМА-3D, ПАНГЕЯ, КОСКАД-3D, Geo Frame, Petrel и др.).

Тема 7. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем в аспекте комплексирования геолого-геофизических данных. Актуальные направления модернизации геоинформационных систем; Российские и зарубежные тенденции. Возможности генетических алгоритмов и экспертных систем.

План проведения семинаров:

1. Обсуждение современных алгоритмов комплексного анализа геолого-геофизических данных.
2. Основы количественной интерпретации данных комплекса методов.
3. Особенности и эффективность комплекса данных гравиразведки и магниторазведки.

4. Обсуждение методик построения физико-геологических моделей.
5. Анализ примеров практического применения комплексного подхода к интерпретации данных.
6. Геоинформационные системы: назначение, сопоставление возможностей, преимущества и недостатки.
7. Геологическая интерпретация – построение результативных моделей по данным комплекса методов.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Атрибутный анализ волновых и потенциальных полей
2. Нейронные (регрессионные и вероятностные) сети для анализа геолого-геофизических данных.
3. Алгоритмы классификации полей при отсутствии и наличии эталонных объектов.
4. Методики комплексного анализа гравитационного и магнитного полей.
5. Методики построения физико-геологических моделей строения земной коры по комплексу геолого-геофизических данных.
6. Возможности прямого прогноза наличия углеводородов по комплексу геоданных.
7. Геоинформационная система и технология комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных (ГИС-ПАРК, ГИС-ИНТЕГРО GCIS, СЭВР, COMINTER, СИГМА-3Д, ПАНГЕЯ, КОСКАД-3д Geo Frame, Petrel и др.).
8. Геоинформационная система и технология комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных Petrel.
9. Геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных ГИС-ПАРК и ГИС-ИНТЕГРО.
10. Геоинформационные системы и технология комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных СИГМА-3Д и КОСКАД-3д.

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

6.1. Примерный перечень типовых вопросов при текущей аттестации при проведении контрольных работ и докладов по темам рефератов:

1. Понятие комплексного анализа геолого-геофизических данных. Математические модели комплексного анализа и количественной интерпретации.
2. Атрибутный анализ геофизических полей. Расчеты атрибутов волновых и потенциальных полей в скользящих окнах «живой» формы.

3. Основные алгоритмы комплексного анализа геоданных при наличии эталонных объектов. Примеры применения.
4. Основные алгоритмы классификации геополей при отсутствии эталонных объектов: метод главных компонент, метод К-средних и его модификации. Примеры применения.
5. Метод главных компонент при решении задач классификации с учетом корреляционных связей между полями и их атрибутами по всей площади наблюдений или в пределах временного разреза. Сравнение методов главных компонент и энергетической фильтрации.
6. Алгоритм многопризнаковой (многоатрибутной) энергетической фильтрации и результаты его применения при обработке потенциальных и волновых полей.
7. Математическая постановка задач количественной комплексной интерпретации по определению геометрических и физических параметров целевых объектов.
8. Понятие о согласованных физико-геологических моделях. Количественные оценки адекватности физико-геологических моделей реальной среде.
9. Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе пересчета полей в нижнее полупространство (алгоритмы Б.А. Андреева, А.В. Петрова, И.М. Приезжева).
10. Методика комплексной интерпретации гравитационного и магнитного полей на основе расчета коэффициента ранговой корреляции эффективных значений физических параметров в скользящем 3D-окне. Геометризация глубинного разреза по аномальным значениям коэффициента ранговой корреляции.
11. Задачи априорной плотностной (магнитной) модели и перевод эффективных значений физических параметров в их «истинные» значения.
12. Оценка вещественного состава пород по значениям плотности и намагниченности с привлечением имеющихся значений скорости и проводимости.
13. Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры на основе данных ГСЗ, КМПВ и др. методов, задание априорной плотностной (магнитной) модели и ее коррекция путем линейной интерполяции.
14. Методика сеточного моделирования при построении слоистых и слоисто-блоковых моделей глубинного строения земной коры. Расчет физических параметров между слоями, создание сети точечных источников по разрезу с дальнейшим решением прямой задачи и расчета невязки между наблюдаемыми и модельными данными.
15. Интеграция детерминированного и вероятностно-статистического подхода для количественной комплексной интерпретации геоданных.

16. Технология построения согласованных ФГМ земной коры по данным комплекса глубинной сейсморазведки, МТЗ, грави- и магниторазведки масштаба 1:200000. Примеры ее использования по геотраверсам на территории Восточной Сибири.
17. Технологии «прямого» прогноза углеводородов по данным комплексного анализа атрибутов временного сейсмического разреза, потенциальных и электромагнитных полей. Возможности подтверждения абиогенной гипотезы образования ловушек углеводородов.
18. Геоинформационные системы и технологии комплексного анализа и количественной комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.
19. Перспективы развития новых математических методов и геоинформационных систем при решении задач комплексного анализа и количественной интерпретации геолого-геофизических данных. Возможности генетических алгоритмов и экспертных систем.

6.2. Примерный перечень типовых вопросов при промежуточной аттестации (экзамен):

1. Общая и частная постановка прямой задачи гравиразведки и магниторазведки;
2. Общая и частная постановка обратной задачи гравиразведки и магниторазведки;
3. Эквивалентность, единственность и неустойчивость в обратных задачах;
4. Физико-геологические и математические модели интерпретации;
5. Идеи оптимальности моделей. Общая схема геологической интерпретации гравитационных аномалий;
6. Комплексные потенциалы и напряженности гравитационного и магнитного поля;
7. Комплексные напряженности поля двухмерных моделей точечного источника, диполя, линии;
8. Алгоритм расчета гравитационного и магнитного эффекта многоугольника;
9. Аппроксимационные способы решения прямой задачи от сложных распределений плотности;
10. Применение ЭВМ при решении прямой задачи гравиразведки и магниторазведки;
11. Физические предпосылки разделения гравитационных полей на составляющие. Региональные и локальные аномалии;
12. Выделение регионального фона с помощью аппроксимационного полинома;
13. Построение контактной границы на основе корреляционного анализа;
14. Разделение полей как процесс частотной фильтрации;
15. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий;
16. Основные линейные трансформации потенциальных полей и их частотные характеристики: осреднение, вычисление производных, продолжение поля и его производных в верхнее и нижнее полупространства;

17. Методы регуляризации в некорректных трансформациях поля;
18. Качественная и количественная интерпретация аномалий гравитационного и магнитного полей;
19. Решение обратной задачи гравиразведки и магниторазведки для сложных аномальных полей;
20. Метод особых точек, метод подбора;
21. Понятие о детерминистском и статистическом подходах к интерпретации методом подбора;
22. Роль и место априорной информации в методе подбора. Понятие о способах подбора сложных геологических объектов и разрезов на ЭВМ;
23. Решение обратной задачи для контактной поверхности.

6.3. Шкала и критерии оценивания

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания принципов и задач оптимального комплексирования; основные алгоритмы и методику комплексного анализа геоданных. (письменный опрос)	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения целенаправленно, с учетом конечной геологической задачи и масштаба исследований, собрать необходимый данные, выбрать оптимальную методику	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение.

комплексного анализа геоданных и применить ее для решения конкретной геолого-геофизической задачи. (письменный опрос)				
Владения, опыт деятельности методами сбора информации, методами комплексного анализа геоданных и способами наглядного изображения результатов. (письменный опрос)	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методами, наличие отдельных навыков.	В целом сформированные навыки.	Свободное владение и использование.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы.

Основная литература:

1. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов: учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: ВНИИГеосистем, 2012. 346 с.
2. Никитин А.А., Петров А.В. Теоретические основы обработки геофизической информации: учебное пособие. – 3-е изд., доп. – М.: ВНИИГеосистем, 2013. 118 с.
3. Черемисина Е.Н., Никитин А.А. Геоинформационные системы и технологии: учебник для вузов. – М.: ВНИИГеосистем, 2011. 376 с.
4. Черемисина Е.Н., Никитин А.А. Системный анализ в природопользовании: учебное пособие для вузов. – М.: ВНИИГеосистем, 2014. 117 с.

Дополнительная литература:

1. Андреев Б.А., Клушин И.Г. Геологическое истолкование гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1965. 405 с.
2. Гвишиани А.Д., Диаман М., Михайлов В.О. и др. Алгоритмы искусственного интеллекта для кластеризации магнитных аномалий // Физика Земли. 2002. № 7. С. 13-28.
3. Гольцман Ф.М. Статистические модели интерпретации. М.: Наука, 1971. 327 с.
4. Гольцман Ф.М., Калинина Т.Б. Статистическая интерпретация магнитных и гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1983. 248 с.
5. Никитин А.А. Использование статистической теории обнаружения сигналов для выделения слабых геофизических аномалий // Изв. вузов. Геология и разведка. 1977. № 6. С. 77-87.
6. Петров А.В., Трусов А.А. Компьютерная технология статистического и спектрально-корреляционного анализа трехмерной геоинформации КОСКАД 3D // Геофизика. 2000. № 4. С. 29-33.
7. Приезжев И.И. Уточнение геологической модели по данным гравитационного поля на основе критериальных методов решения обратных задач // Геофизика. 2010. № 1. С. 65-68.
8. Серкерев С.А. Корреляционные методы анализа в гравиразведке и магниторазведке. М.: Недра, 1986. 247 с.
9. Шимелевич М.И., Оборнев Е.А. Нейросетевой метод магнитотеллурического мониторинга геоэлектрических параметров среды на основе неполных данных // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 1. Вып. 11. С. 171-176.
10. Элланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. М.: Недра, 1978. 254 с.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения:

- лицензионное:

Программы Microsoft PowerPoint, Microsoft Word;

Программный комплекс Coscad 3D;

Программный комплекс Geosoft Oasis montaj (Версия 7 и выше);

Программы Golden Software – Surfer (версия 10 или выше) и Golden Software – Grapher (версия 6 или выше);

- нелицензионные и свободного доступа:

пакет программ Open Office;

Специальные вычислительные и логические компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры геофизических методов исследований земной коры Геологического факультета МГУ

7.3. Описание материально-технической базы:

Помещения – компьютерный класс, рассчитанный на группу из 15 учащихся;

Оборудование – персональные компьютеры, мультимедийный проектор, экран, выход в Интернет.

8. Язык преподавания: русский

9. Преподаватели: доц. Лыгин И.В. (ответственный за курс), проф Булычев А.А., доц. Кузнецов К.М., проф. Куликов В.А., проф. Модин И.Н.

10. Разработчики программы: проф Булычев А.А., доц. Кузнецов К.М., доц. Лыгин И.В.