

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

УТВЕРЖДАЮ
И.О. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____ /Н.Н.Еремин/
«___» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Магниторазведка

Magnetic prospecting

Авторы-составители: Булычев А.А., Попов М.Г., Золотая Л.А.,
Коснырева М.В., Паленов А.Ю.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

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

Москва 2022

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» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от ____
_____ 2022 года (протокол № ____).

Год приема на обучение: 2022

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Магниторазведка» состоит в теоретическом освоении основных разделов метода и физически обоснованном понимании возможности и роли метода при решении геологических задач.

Задачи данной дисциплины заключаются в приобретении знаний о физических основах магниторазведки, технологии измерения элементов магнитного поля Земли (аппаратура и методика магниторазведочных работ), в получении навыков геофизической и геологической интерпретации аномального магнитного поля.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Магниторазведка» рассмотрены принципы интерпретации аномалий магнитного поля, методы решения прямой и обратной задач магниторазведки, условия применения магниторазведки и геологические задачи, решаемые с помощью магниторазведки.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП – относится к профильному блоку вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения. Курс – III, семестр – 5.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятности и математическая статистика», «Физика», «Информатика», «ГИС в геологии», «ГИС в геофизике», «Вычислительная математика», «Уравнения математической физики», «Историческая геология», «Структурная геология и геокартирование», «Геология полезных ископаемых».

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

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
<p>ОПК-1 Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач. (формируется частично)</p>	<p>Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать: Физические принципы формирования магнитного поля, магнитные свойства химических веществ, минералов и горных пород. Уравнения Максвелла и Лоренца, теорию поля и математический анализ Уметь: Применять формулы расчета магнитного поля в различных системах (СИ и СГС). Качественно представлять форму аномалий магнитного поля в зависимости от формы и намагниченности источника.</p>
<p>ОПК-2 Б Способен применять</p>	<p>Б.ОПК-2. И-1. Использует</p>	<p>Знать: Общие принципы геологического строения и состава различных типов земной</p>

<p>теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности. (формируется частично)</p>	<p>теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач.</p>	<p>кору, в первую очередь типы и состав интрузивных тел Уметь: Аппроксимировать геологические тела физико-математическими моделями, применяя формулы или программное обеспечение рассчитывать аномальное магнитное поле. Владеть: Приемами физико-математической интерпретации магниторазведочных аномалий и геологического истолкования полученных результатов</p>
---	--	---

4. Объем дисциплины составляет **3** з.е., в том числе **48** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**24** часа – занятия лекционного типа, **16** часов семинарских занятий, **8** часов лабораторных занятий), **60** часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося		
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				<i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Основы интерпретации магнитных аномалий	3	2		1	3			
Прямая задача магниторазведки и методы ее решения	34	10	3	5	18	10	6	16
Обратная задача магниторазведки и методы ее решения	36	8	3	7	18	10	8	18
Основы геологической интерпретации магнитных аномалий	24	2	2	2	6	10	8	18
Области применения магниторазведки	3	2		1	3			
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	8	<i>Устный экзамен</i>				8		
Всего	108	48				60		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций:

Основы интерпретации магнитных аномалий.

Понятия «полезный сигнал» и «помеха» проблемы и методы разделения аномального поля на «региональную» и «локальную» составляющие. Понятие о прямой и обратной задачах магниторазведки. Общие интегральные представления решения прямой задачи. Отсутствие единственности решения обратной задачи магниторазведке в общей постановке. Эквивалентность и неустойчивость решений. Критерии выбора оптимальных решений. Поиск решений на основе априорных допущениях об источниках аномалий. Роль и значение дополнительной геолого-геофизической информации. Геомагнитные модели среды. Общая схема интерпретационного процесса.

Прямая задача магниторазведки и методы ее решения.

Прямая задача магниторазведки. Магнитный потенциал тела конечных размеров. Связь между гравитационным и магнитным потенциалами и их производными (теорема Пуассона). Соотношения, связывающие составляющие магнитного поля при косом и вертикальном намагничивании. Понятие двухмерности. Аналитическое выражение поля ΔT , условия потенциальности этой функции. Соотношение между полями ΔT и ΔZ в зависимости от широты местности и простирания тел.

Магнитные поля тел простой формы – диполь, вертикальный стержень, пласт малой мощности, горизонтальная дипольная пластина, круговой горизонтальный цилиндр, пласт большой мощности, вертикальный и наклонные уступы. Возможность и условия аппроксимации реальных геологических объектов телами простой геометрической формы. Условия применения двумерной аппроксимации. Аналитические выражения полей ΔZ , ΔH и ΔT от простых моделей, их характерные особенности по профилям и в плане. Сравнительный анализ полей ΔT и ΔZ при разных параметрах тел, широте местности и направления намагничивания.

Применение функции комплексной переменной для решения прямой задачи магниторазведки. Комплексный магнитный потенциал и комплексная напряженность магнитного поля, соотношение Пуассона в комплексной форме. Комплексная напряженность дипольной линии, дипольной пластины и многоугольника. Комплексные моменты.

Прямая задача для однородно намагниченного многоугольника.

Обратная задача магниторазведки и методы ее решения.

Решение обратной задачи магниторазведки при аппроксимации источников магнитного поля простейшими модельными телами (шар, цилиндр, пласт, уступ и др.). Геологические задачи и физико-геологические условия, допускающие подобную аппроксимацию. Метод характерных точек, метод касательных, интегральные методы, палеточные методы и пр. Методика и область применения различных методов решения обратной задачи магниторазведки, их преимущества и недостатки, оценка точности решения, основные источники погрешностей.

Качественный анализ сложных аномальных полей магнитного поля. Средний уровень поля, изменчивость по амплитуде и размерам аномалий, форма аномалий в плане, их ориентировка и другие характеристики. Районирование территории по типам магнитных полей.

Фильтрация и трансформация магнитных полей. Методы подавления случайных помех. Методы разделения сложных интерференционных полей. Расчет элементов магнитного поля в верхнем полупространстве (двух- и трехмерные задачи). Обнаружение слабых аномалий на фоне высокоинтенсивных помех. Выделение линейных аномалий в сложных полях.

Метод подбора. Интерпретация сложных магнитных аномалий по методу подбора. Анализ априорной информации, создание физико-геологической модели среды. Вспомогательная обработка поля. Методика последовательных приближений. Критерии качества решения, основные источники ошибок. Использование ЭВМ при интерпретации методом подбора в диалоговом режиме и автоматизированном. Ограничение области поиска решений, критерии выбора направления поиска. Моделирование сложных неоднородных сред.

Основы геологической интерпретации магнитных аномалий.

Определение элементов геологического строения по особенностям морфологии аномального магнитного поля. Роль геологических гипотез и субъективного фактора при геологической интерпретации аномального магнитного поля. Значение и роль данных о магнитных свойствах горных пород разреза. Возможность определения возраста геологических объектов по аномалиям магнитного поля.

Области применения магниторазведки.

Аэромагнитная съемка при мелкомасштабном картировании и тектоническом районировании. Использование аэромагнитных данных при поисках нефти и газа.

Применение гидромагнитной съемки для изучения истории тектонического развития акватории океанов и морей. Геокартирование районов шельфа.

Магниторазведка при среднем и крупномасштабном геокартировании. Картирование осадочных и метаморфических пород, магматических образований, разрывных нарушений.

Магниторазведка при поисках и разведке месторождений меди, урана, железорудных месторождений, полиметаллов, никеля, редких металлов, золота и других полезных ископаемых.

Применение магниторазведки в археологии.

Примерный перечень тем семинаров:

1. Расчет намагниченности с учетом коэффициента Кенигсбергера в различных системах единиц (СИ, СГС)
2. Создание упрощенной физико-математической модели среды с использованием эффективных намагниченностей
3. Расчет прямой задачи магниторазведки для модели среды структурного типа
4. Оценка максимальной амплитуды аномалии над двумерным разрезом с заданными параметрами
5. Построение графика аномального магнитного поля над телом сложной формы с применением палеток
6. Исследование характерных изменений магнитного поля при изменении одного из параметров аномального тела
7. Качественная интерпретация фрагмента аэромагнитной карты масштаба 1:200 000
8. Интерпретация методом характерных точек и методом касательных
9. Интерактивный подбор магнитного поля вдоль профиля с использованием специализированного ПО

Примерный перечень тем лабораторных работ:

1. Решение прямой задачи магниторазведки различными методами
2. Решение обратной задачи магниторазведки различными методами
3. Интерпретация аномального магнитного поля различных территорий

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего и промежуточного контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных лабораторных работ проведении контрольных работ.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Основные типы магнитных аномалий ΔT и ΔZ
2. Значение и роль априорных данных при геологической интерпретации магнитных аномалий.
3. Условия применения магниторазведки при поиске и разведке полезных ископаемых.
4. Геологические задачи, решаемые с помощью магниторазведки.
5. Прямая задача магниторазведки и методы ее решения.
6. Основные выводы из решения прямой задачи магниторазведки.
7. Обратная задача магниторазведки и методы ее решения
8. Основные выводы из решения обратной задачи магниторазведки.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

1. Основные соотношения магнитных единиц в системе СИ и СГСМ.
2. Аналитическое выражение поля ΔT .
3. Магнитный потенциал и магнитное поле диполя.
4. Соотношение Пуассона для двумерного и трехмерного случая.
5. Магнитный потенциал и поле однородно намагниченного тела.
6. Математическое обоснование применения принципа фиктивных магнитных зарядов.
7. Магнитное поле шара при вертикальной и кривой намагниченности.
8. Поле вертикального стержня при вертикальной и кривой намагниченности.
9. Поле горизонтального кругового цилиндра при вертикальной и кривой намагниченности.
10. Поле пласта малой мощности при вертикальной и кривой намагниченности.
11. Поле наклонного пласта малой мощности.
12. Поле пласта большой мощности.
13. Принципы решения прямой задачи магниторазведки для тел произвольной формы: многоугольник с применением ТФКП, однородно намагниченный многогранник.
14. Основные закономерности изменения поля ΔZ в зависимости от широты и азимута профиля для двумерных моделей.
15. Основные закономерности изменения поля ΔT в зависимости от широты и азимута профиля для двумерных моделей.
16. Понятие физико-геологической и математической модели при интерпретации магнитных аномалий.
17. Полезный сигнал, основные типы помех, классификация задач по геологической сущности.
18. Методы выделения полезного сигнала.
19. Трансформация магнитного поля и их применение: пересчет вверх, осреднение в скользящем окне.

20. Трансформация магнитного поля и их применение: расчет производных и аналитического сигнала, пересчет к полюсу, частотный анализ.
21. Понятие прямой и обратной задачи магнитометрии, эквивалентность и неустойчивость решения.
22. Понятие линейной и нелинейной задачи магниторазведки.
23. Интерпретация методом характерных точек и методом касательных.
24. Применение магниторазведки

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

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретических основ интерпретации аномалий магнитного поля.	Знания отсутствуют.	Фрагментарные знания.	Общие, но не структурированные знания.	Систематические знания.
Умения: пользоваться современными методами и программами для интерпретации аномальных магнитных полей.	Умения отсутствуют.	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умения пользоваться современными методами и программами для интерпретации аномальных магнитных полей.	Успешное умение пользоваться современным и методами и программами для интерпретации магнитных аномальных магнитных полей.
Владения: методами геофизической и геологической интерпретации аномалий магнитного поля.	Навыки отсутствуют.	Фрагментарное владение методами геофизической и геологической интерпретации магнитных аномалий.	В целом сформированы навыки владения методами геофизической и геологической интерпретации магнитных аномалий.	Владение навыками геофизической и геологической интерпретации магнитных аномалий.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Золотая Л. А., Коснырева М. В., Булычев А. А., Паленов А. Ю. Решение прямой задачи магниторазведки. ООО Издательство ПОЛИПРЕСС Тверь, 2018.
2. Коснырева М. В., Золотая Л. А. Магнитные свойства горных пород: методика измерений и обработки данных. ООО Издательство ПОЛИПРЕСС Тверь, 2018.

3. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Л. Недра 1979.

- дополнительная литература:

1. Гордин В.М. Очерки по истории геомагнитных измерений. М. ИЗМИРАН 2004.
2. Гордин В.М., Розе Е.Н., Углов Б.Д. Морская магнитометрия. М. Недра. 1986.
3. Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. М. Недра. 1987.
4. Булычев А. А., Попов М. Г., Золотая Л. А., Коснырева М. В., Паленов А. Ю. Магниторазведка: учебное пособие. ООО Издательство ПОЛИПРЕСС Тверь, 2016.
5. Магниторазведка Справочник геофизика. /Ред. Никитский В.Е., Глебовский Ю.С. М. Недра. 1980.
6. Страхов В.Н. Методы интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Пермь. Изд-во ПГУ.1984
7. Тафеев Г.П., Соколов К.П. Геологическая интерпретация магнитных аномалий. Л. Недра. 1981.
8. Яновский Б.М. Земной магнетизм. Л. ЛГУ. 1978.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – ответственный за курс Паленов А.Ю., преподаватели Паленов А.Ю., Золотая М.В., Коснырева М.В.

11. Разработчики программы – Булычев А.А., Попов М.Г., Золотая Л.А., Коснырева М.В., Паленов А.Ю.