

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

Практика применения магниторазведки

The practice of using magnetic exploration

Авторы-составители: Булычев А.А., Золотая Л.А., Коснырева М.В.

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*).

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

Цель освоения дисциплины «Практика применения магниторазведки» состоит в понимании возможности и роли метода при решении геологических задач.

Задачи освоения 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.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профильный блок, дисциплины по выбору (факультатив), курс – III, семестр – 5.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Физика», «Информатика».

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В программу дисциплины входят лабораторные работы из различных разделов дисциплины «Магниторазведка», по тем или иным причинам не вошедшие в основной курс, но имеющие важное значение при освоении курса «Магниторазведка». В рамках теоретической части более глубоко и подробно разбираются вопросы, касающиеся магнитных свойств горных пород, правил постановки и решения прямых задач и разработки методики и техники производства магнитных съемок. В рамках лабораторных работ студенты осваивают правила измерения магнитных свойств горных пород на образцах и последующую обработку данных, а также принципы формирования физико-геологических моделей и решения от них прямых задач. При выполнении лабораторных работ используются широко распространенные и доступные программные средства.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексного переменного», «Физика», «Информатика».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
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).	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности. Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности.	Уметь: использовать физико-математические расчеты для решения прямой и обратной задач магниторазведки

<p>ОПК-3.Б Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).</p>	<p>Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.</p>	<p>Знать: методы и подходы в решении стандартных задач магниторазведки</p> <p>Уметь: использовать физико-математические расчеты для решения прямой и обратной задач магниторазведки</p>
<p>ОПК-6.Б Способен использовать в профессиональной деятельности информационно-коммуникационные технологии, в т.ч. ГИС-технологии (формируется частично).</p>	<p>Б.ОПК-6. И-1. Использует знания информационно-коммуникационных технологий для решения стандартных задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-6. И-2. Пользуется стандартными программными продуктами в области ГИС-технологий для обработки и визуализации геологических данных.</p>	<p>Знать: методы и подходы в решении стандартных задач магниторазведки</p> <p>Владеть: методами и современными программами интерпретации аномалий магнитного поля Земли и их геологической интерпретации.</p>

5. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 32 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (8 часов – занятия лекционного типа, 24 часа – занятия лабораторного типа), 40 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

6. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды 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	Подготовка реферата	Подготовка к контролю опросу	Всего
Введение	2	2			2					
Раздел 1. Магнитные свойства горных пород. Методика измерения магнитных свойств на образцах и обнажениях горных пород. Аппаратура для измерения магнитных свойств и их статистическая обработка	22	2	8		10	10			2	12
Раздел 2. Понятие физико-геологической модели геологического объекта (ФГМ). Упрощение размерности и формы ФГМ, упрощение распределения физических свойств. Прямая задача магниторазведки.	22	2	8		10	10			2	12
Раздел 3. Общие принципы проектирования и проведения магниторазведочных работ. Виды и стадии магнитной съемки. Аэромагнитная съемка на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Оптимальный выбор сети наблюдений и масштаба съемки. Требования к аппаратуре для обеспечения проектной точности работ. Методы увеличения точности и контроля. Постановка дополнительных (детальных) высокоточных магниторазведочных работ.	22	2	8		10	10			2	12
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	4	<i>Устный зачет</i>				4				
Итого	72	32				40				

Содержание лекций

Введение. Физические предпосылки и возможности магниторазведки. Магниторазведка при решении региональных геологических задач при наблюдениях на суше, море и воздухе. Магниторазведка при решении задач тектонического районирования. Магниторазведка при решении рудных задач. Магниторазведка при решении инженерных задач. Магниторазведка при решении археологических и почвенных задач

Раздел 1. Магнитные свойства. Общие положения теории намагничивания геологических тел. Частный случай намагничивания двухмерного объекта. Механизмы намагничивания. Магнитные свойства горных пород и минералов. Факторы, влияющие на намагничивание геологических тел (внешнее поле, минеральный состав, форма тела, температура, коэффициент размагничивания). Магнитная восприимчивость осадочных горных пород. Магнитная восприимчивость интрузивных горных пород. Магнитная восприимчивость эффузивных горных пород. Аппаратура (каппометры) для измерения магнитной восприимчивости. Методика измерения магнитных свойств на образцах. Методика измерения магнитной восприимчивости на обнажениях и в шурфах. Методические основы обработки результатов измерений магнитных свойств. Статистическая обработка данных. Методика построения гистограмм магнитной восприимчивости. Расчет ожидаемых амплитуд магнитных аномалий.

Раздел 3. Понятие физико-геологической модели. Представление геологических объектов в форме физико-геологических моделей (ФГМ). Методические подходы по упрощению формы и размерности ФГМ и упрощению распределения физических свойств. Прямая задача магниторазведки. Построение ФГМ для различных геолого-геофизических обстановок.

Раздел 4. Общие принципы проектирования и проведения магниторазведочных работ. Виды и стадии наземной съемки, морских исследований и аэросъемок на БПЛА. Методические подходы по выбору оптимальной сети наблюдений и масштаба съемки. Конструктивные особенности магнитометров для абсолютных и относительных измерений элементов магнитного поля Земли. Требования к магниторазведочной аппаратуре. Методы увеличения точности и контроля. Постановка дополнительных детальных высокоточных магниторазведочных работ.

Основные темы лабораторных занятий:

1. Измерение магнитных свойств горных пород на образцах.
2. Статистическая обработка данных измерений магнитных свойств.
3. Создание физико-геологической модели на основании петромагнитных характеристик пород.
4. Решение прямой задачи магниторазведки для разномасштабных моделей
5. Разработка методики и техники всех типов магниторазведочных работ, на основании решения прямых задач и расчета прогнозной точности магнитных съемок.
6. Выбор методики магнитной съемки и сети наблюдений в зависимости от постановки геологической задачи. Анализ возможных ожидаемых магнитных аномалий от изучаемого объекта. Анализ помех аппаратурного, методического и геологического происхождения и способов их подавления.

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется по контрольным опросам и при сдаче каждым студентом выполненных расчетных лабораторных работ.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

Основы магниторазведки:

1. Основные характеристики магнитного поля Земли, их физический смысл и размерность.
2. Магнитное поле Земли, его составляющие и структура.
3. Понятие нормального и аномального поля.
4. Международные модели МПЗ.
5. Классификация вариаций МПЗ.

Магнитные свойства горных пород и руд

6. Типы естественной остаточной намагниченности. Основы палеомагнитологии.
7. Зависимость намагничивания от формы тела. Явление размагничивания.
8. Физико-геологические модели (ФГМ) геологических объектов. Упрощения ФГМ.
9. Размерность физико-геологических моделей.

Прямые задачи

10. Упрощения моделей для решения прямых задач (декомпозиция, эквивалентные модели и т.д.).
11. Качественная оценка формы аномалий Z и X по силовым линиям
12. Качественная оценка формы аномалий Z и X методом поточечного анализа.
13. Качественная оценка формы аномалий T.
14. Решение прямой задачи для вертикально стержня шара, шара, цилиндра и тела произвольной формы (в системе СИ).

Методика магнитных съемок

15. Выбор методики магнитных съемок (наземной и аэросъемки на БПЛА) и сети наблюдений в зависимости от постановки геологической задачи.
16. Анализ возможных ожидаемых магнитных аномалий от изучаемых двухмерных и трехмерных объектов.
17. Анализ помех аппаратурного, методического и геологического происхождения и способов их подавления.
18. Методика выполнения контрольных наблюдений для оценки точности магнитных съемок.
19. Влияние качества площадных и профильных магнитных съемок на представление картографического материала.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

Основы магниторазведки:

20. Основные характеристики магнитного поля, их физический смысл и размерность.
21. Магнитное поле Земли, его составляющие и структура.
22. Происхождение магнитного поля Земли (различные гипотезы)
23. Разложение полного вектора магнитной индукции T на компоненты.
24. Понятие нормального и аномального поля.
25. Модели МПЗ.
26. Вариации МПЗ.

Магнитные свойства горных пород и руд

27. Диамагнетизм и парамагнетизм.
28. Ферромагнетизм.
29. Естественная остаточная намагниченность. Палеомагнитология.
30. Зависимость намагничивания от формы тела. Явление размагничивания.
31. Физико-геологические модели. Упрощения ФГМ.
32. Размерность физико-геологических моделей, упрощения размерности.

Методика магнитной съемки

33. Геологические задачи, решаемые методом магниторазведки.
34. Сети наблюдений при площадных магнитных съемках . Выбор сетей и определение масштаба съемки.
35. Способы учета вариаций при проведении магнитных съемок. Требования к магнитовариационным станциям (МВС) .
36. Точность съемки, оценка и способы увеличения.
37. Особенности методики магнитных съемок на земной поверхности, акваториях и в воздухе, включая БПЛА.
38. Обработка результатов разнотипных магнитных съемок, требования к оформлению отчетных материалов.

Прямые задачи

39. Упрощения моделей для решения прямых задач (декомпозиция, эквивалентные модели и т.д.).
40. Качественная оценка формы аномалий Z и X по силовым линиям
41. Качественная оценка формы аномалий Z и X методом поточечного анализа.
42. Качественная оценка формы аномалий T.
43. Аналитические расчеты магнитных аномалий для тел простой формы
44. Решение прямой задачи для вертикального стержня, шара, цилиндра (в системе СИ) с помощью программного обеспечения.
45. Алгоритмы и программы для решения прямой задачи для тел произвольной формы.

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

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (устный опрос, реферат)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении (допускает неточности не принципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (устный опрос, реферат)	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

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Булычев А.А., Попов М.Г., Золотая Л.А., Коснырева М.В., Паленов А.Ю. Магниторазведка: учебное пособие. ООО Издательство Полипресс г. Тверь, 2016.

2. Золотая Л.А., Коснырева М.В., Булычев А.А., Паленов А.Ю. Решение прямой задачи магниторазведки. ПОЛИПРЕСС Тверь, 2018.
3. Коснырева М.В., Золотая Л.А. Магнитные свойства горных пород: методика измерений и обработки данных. ПОЛИПРЕСС Тверь, 2018.
4. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Л. Недра 1979
5. В.В.Стогний АЭРОГЕОФИЗИКА: учебное пособие, Москва, Юрайт , 2022

- дополнительная литература:

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

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

1. Программный комплекс **Coscad3t** авторы: А. А. Никитин, А. В. Петров А. С. Алексашин.
2. Программы **Golden Software – Surfer** (версия 10 или выше) и **Golden Software – Grapher** (версия 6 или выше);

- нелицензионное и свободного доступа

1. **Tm-2.EXE** – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001
2. **Tg-2.EXE** – авторы: А. А. Булычев, А.Н. Зайцев, МГУ, кафедра геофизических методов исследования земной коры, 2001
3. пакет программ **Open Office**.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Базы, реестры, справочники (свободный доступ, подписки).

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. поисковая система научной информации www.scopus.com
2. электронная база научных публикаций www.webofscience.com
3. National Aeronautic and Space Administration website. For Students
<http://www.nasa.gov/audience/forstudents> / <http://www.nasaimages.org>
4. David P. Stern “Teaching about the Earth’s Magnetism in Earth Sciences Class. 2000
<http://www-sprof.gsfc.nasa.gov/Education/NSTA1C.htm>
5. Комплекс цифровой обработки и спектрально-статистического анализа – «КОСКАД» <http://www.coscad3d.ru>
6. Обновляемый курс лекций и комплект учебных геологических карт на сайте <http://wiki.web.ru/wiki/>.

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебный компьютерный класс, оснащенный мультимедийным проектором и учебной доской. Персональные компьютеры, оснащенные необходимыми стандартными и специальными прикладными программами.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели: Ответственный за курс — доц. Золотая Л.А., преподаватели: доц. Золотая Л.А., доц. Коснырева М.В., асс. Паленов А. Ю.

11. Разработчики программы: проф. Булычев А.А., доц. Золотая Л.А., доц. Коснырева М.В.