

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

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/

«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий

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

Уровень высшего образования:

Магистратура ММ

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Магистерская программа: Геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва 20__

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.

Год приема на обучение – 2019.

Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий» является теоретическое и практическое освоение способов решения прямых двухмерных и трехмерных задач гравиразведки и магниторазведки, методов выделения полезного сигнала из наблюдаемых полей и нахождения параметров объектов, создающих аномалии.

Задачей дисциплины является творческое овладение приемами качественного и количественного анализа аномальных гравитационных и магнитных полей с целью решения поставленной геологической задачи.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплины по выбору модуля «Гравимагниторазведка», курс – I, семестр – 1.

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. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

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

ОПК-3. Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично).

ОПК-4. Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности (формируется частично).

ОПК-6. Способность профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки (формируется частично).

ПК-1. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично).

ПК-2. Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии (формируется частично).

ПК-3. Способность использовать специализированные профессиональные теоретические знания и практические навыки для проведения прикладных исследований (формируется частично).

ПК-4. Способность к профессиональной эксплуатации современного полевого/лабораторного оборудования в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).

ПК-5. Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач (формируется частично).

ПК-9. Способность проводить семинарские, лабораторные и практические занятия по специальным дисциплинам (формируется частично).

СПК-1. Способность самостоятельно ставить задачи научных и практических исследований в области геофизики, а также решать их с использованием современных подходов к проведению геофизических наблюдений, обработке данных, решению прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: теоретические основы интерпретации аномалий силы тяжести и магнитного поля.

Уметь: пользоваться методами и программами для интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей.

Владеть: методами геофизической и геологической интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей с применением современного вычислительного программного обеспечения.

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет **2 з.е.**, в том числе **28** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**8** часов – занятия лекционного типа, **20** часов – занятия семинарского типа), **2** часа – групповые консультации, **8** часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, **44** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В дисциплине «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий» даются теоретические и практические основы способов решения прямых двухмерных и трехмерных задач гравиразведки и магниторазведки от сложно построенных геологических объектов, методов выделения полезного сигнала и нахождения параметров объектов, создающих аномальное поле.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, Форма промежуточной аттестации о дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Введение. Комплексные характеристики гравитационного и магнитного полей.		1			1	5 часов Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Решение прямых двумерных задач гравиразведки и магниторазведки на основе ТФКП		2		2	4	5 часа Собеседование, прием лабораторных заданий
Прямая задача для трехмерных моделей.		1		4	5	5 часа Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Численные методы решения прямых задач гравиразведки и магниторазведки для сложно построенных геологических сред.		1		4	5	5 часа Собеседование, прием лабораторных заданий
Методы выделения полезного сигнала. Корреляционно-регрессионный анализ и его применение при обработке потенциальных полей.		1		4	5	5 часа Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Линейная фильтрация потенциальных полей. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий.		1		4	5	5 часа Собеседование, прием лабораторных заданий
Эквивалентность, единственность и неустойчивость решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки. Метод особых точек, методы подбора и регуляризации.		1		2	3	4 часа Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10
Итого	72			28		44

Содержание разделов дисциплины:

Введение

Задачи интерпретации. Общая и частная постановка прямой и обратной задачи. Эквивалентность, единственность и неустойчивость в обратных задачах. Физико-геологические и математические модели интерпретации. Идеи оптимальности моделей. Общая схема геологической интерпретации гравитационных аномалий.

Прямая задача гравиразведки и магниторазведки.

Комплексные характеристики гравитационного и магнитного полей.

Комплексные потенциалы и напряженности гравитационного и магнитного поля. Представление элементов гравитационного и магнитного полей в форме интегралов типа Каши.

Решение прямых двухмерных задач гравиразведки и магниторазведки на основе ТФКП.

Комплексные напряженности поля двухмерных моделей точечного источника, диполя, линии. Поле многоугольника с постоянной и полиномиальной плотностью. Поле параболического многоугольника.

Прямая задача для трехмерных моделей.

Основные соотношения для элементов гравитационного и магнитного полей. Поля точечного источника, дипольного источника, однородного материального стержня, однородной горизонтальной многоугольной пластины. Гравитационное и магнитное поле однородного многогранника.

Численные методы решения прямых задач гравиразведки и магниторазведки для сложно построенных геологических сред.

Графические методы решения прямой задачи с помощью палеток. Аппроксимационные способы решения прямой задачи от сложных распределений плотности. Применение ЭВМ при решении прямой задачи гравиразведки и магниторазведки.

Методы выделения полезного сигнала.

Принципы разделения (трансформации) сложных потенциальных полей.

Физические предпосылки разделения гравитационных полей на составляющие. Региональные и локальные аномалии.

Корреляционно-регрессионный анализ и его применение при обработке потенциальных полей.

Выделение регионального фона с помощью аппроксимационного полинома. Корреляционные методы выделения аномалий. Построение контактной границы на основе корреляционного анализа.

Линейная фильтрация потенциальных полей. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий.

Разделение полей как процесс частотной фильтрации. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий. Основные линейные трансформации потенциальных полей и их частотные характеристики: осреднение, вычисление производных, продолжение поля и его производных в верхнее и нижнее полупространства. Методы регуляризации в некорректных трансформациях поля.

Эквивалентность, единственность и неустойчивость решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки. Метод особых точек, методы подбора и регуляризации.

Решение обратной задачи для сложных аномальных полей. Метод особых точек, метод подбора. Понятие о детерминистском и статистическом подходах к интерпретации методом подбора. Роль и место априорной информации в методе подбора. Понятие о способах подбора сложных геологических объектов и разрезов на ЭВМ. Решение обратной задачи для контактной поверхности.

Содержание семинарских занятий.

1. Оценка амплитуд аномалий гравитационного и магнитного поля типичных геологических структур

2. Выделение границ типичных геологических структур на разных широтах по магнитному полю.
3. Построение двумерной сейсмо-плотностной модели
4. Составление схемы строения кристаллического фундамента юго-восточной части Сибирской платформы по данным совместного анализа магнитного и гравитационного полей, полученных в результате авиационной съемки масштаба 1:200000

Основные темы рефератов (докладов):

1. Написание вычислительной программы для расчета гравитационного и магнитного полей от различных двумерных моделей (точечный источник, диполь, однородная линия, многоугольник).
2. Написание вычислительной программы для расчета полей от трехмерных источников.
3. Аппроксимация сложного геологического разреза набором элементарных тел и расчет аномальных гравитационных и магнитных полей.
4. Построение аппроксимационного полинома для выделения региональной составляющей из наблюдаемого поля.
5. Построение контактной границы на основе корреляционного метода.
6. Линейные трансформации потенциальных полей. Анализ их частотных характеристик.
7. Подбор плотностной и магнитной модели по гравиметрическим и магнитным данным.

Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (33 часов) занятия проводятся в виде лекций и семинаров (22 часов) с использованием ПК и компьютерного проектора и лабораторных занятий (11 часов) в гравиметрической лаборатории или компьютерном классе отделения Геофизики Геологического факультета МГУ с использованием специальных вычислительных программ. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в выполнении практических работ (10 часов) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе отделения Геофизики или библиотеке Геологического факультета (19 часов))

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.

В течение преподавания курса «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий» в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются написание контрольных работ, собеседование при приеме результатов лабораторных работ с оценкой, заслушивание докладов по темам рефератов. По итогам обучения в 8-ом семестре проводится экзамен.

Примерный перечень контрольных вопросов:

1. Общая и частная постановка прямой и обратной задачи.
2. Эквивалентность, единственность и неустойчивость в обратных задачах.
3. Физико-геологические и математические модели интерпретации.
4. Идеи оптимальности моделей. Общая схема геологической интерпретации гравитационных аномалий.

5. Комплексные потенциалы и напряженности гравитационного и магнитного поля.
6. Представление элементов гравитационного и магнитного полей в форме интегралов типа Каши.
7. Комплексные напряженности поля двумерных моделей точечного источника, диполя, линии.
8. Поле многоугольника с постоянной и полиномиальной плотностью. Поле параболического многоугольника.
9. Основные соотношения для элементов гравитационного и магнитного полей трехмерных моделей.
10. Поля точечного источника, дипольного источника, однородного материального стержня, однородной горизонтальной многоугольной пластины.
11. Гравитационное и магнитное поле однородного многогранника.
12. Графические методы решения прямой задачи с помощью палеток.
13. Аппроксимационные способы решения прямой задачи от сложных распределений плотности.
14. Применение ЭВМ при решении прямой задачи гравиразведки и магниторазведки.
15. Физические предпосылки разделения гравитационных полей на составляющие. Региональные и локальные аномалии.
16. Выделение регионального фона с помощью аппроксимационного полинома.
17. Построение контактной границы на основе корреляционного анализа.
18. Разделение полей как процесс частотной фильтрации.
19. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий.
20. Основные линейные трансформации потенциальных полей и их частотные характеристики: осреднение, вычисление производных, продолжение поля и его производных в верхнее и нижнее полупространства.
21. Методы регуляризации в некорректных трансформациях поля.
22. Решение обратной задачи гравиразведки и магниторазведки для сложных аномальных полей.
23. Метод особых точек, метод подбора.
24. Понятие о детерминистском и статистическом подходах к интерпретации методом подбора.
25. Роль и место априорной информации в методе подбора. Понятие о способах подбора сложных геологических объектов и разрезов на ЭВМ.
26. Решение обратной задачи для контактной поверхности.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: теоретических основ интерпретации аномалий силы тяжести и магнитного поля.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: пользоваться методами и программами для интерпретации	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение пользоваться методами и программами

аномальных гравитационных и магнитных полей.		неточности непринципального характера	умение пользоваться методами и программами для интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей.	для интерпретации и аномальных гравитационных и магнитных полей.
Владения: методами геофизической и геологической интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей с применением современного вычислительного программного обеспечения.	Навыки владения графическими методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки владения методами геофизической и геологической интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей с применением современного вычислительного программного обеспечения.	Владение методами геофизической и геологической интерпретации и аномальных гравитационных и магнитных полей с применением современного вычислительного программного обеспечения.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. А.А. Булычев, И.В. Лыгин, Т.Б. Соколова, К.М. Кузнецов. Прямая задача гравиразведки и магниторазведки (конспект лекций) "КДУ", "Университетская книга" Москва, 2017.
2. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. Учебное пособие. 2009. 232 с. (www.sigma3d.com).
3. Булычев А.А., Лыгин И.В. Мелихов В.Р. Численные методы решения прямых задач гравии- и магниторазведки (конспект лекций). Учебное пособие. - Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. 2010. 164 с.
4. Страхов В.Н. Методы интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. – Пермь: ПГУ, 1984, 71 с.

- дополнительная литература:

1. Жданов М.С. Теория обратных задач и регуляризации в геофизике. – М., Научный мир. 2007. 710 с.

Б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Специальные вычислительные и логические компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры Геофизики Геологического факультета МГУ.

В) Материально-техническое обеспечение

Для материально-технического обеспечения дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий используются: лаборатория гравиразведки и магниторазведки кафедры Геофизики, компьютерный класс отделения Геофизики,

специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – преподаватели и сотрудники кафедры Геофизики Геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

11. Авторы программы – Булычев А.А., Золотая Л.А., Лыгин И.В., Коснырева М.В.