

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

Геологический факультет

«Утверждаю»

декан Геологического факультета

академик Д.Ю. Пущаровский

_____ 2018 г.
« ____ » _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий

Interpretation of gravity and magnetic anomalies

Авторы-составители: **проф. А.А.Булычев, доц. Золотая,
доц. И.В.Лыгин, асс. М.В.Коснырева**

Направление подготовки 05.03.01 «Геология»

Профиль: Геофизика

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Программа одобрена на заседании Ученого совета Геологического факультета МГУ
(протокол № ____ от _____)

Москва

2018

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ООП:	3
2.1. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:	3
2.2. Информация о месте дисциплины в учебном плане:.....	3
2.3. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины:	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	3
3.1. Перечень компетенций.	3
4. Структура и содержание дисциплины	5
4.1. Общая трудоемкость: 2 ЗЕ (зачетных единиц) 72 академических часа.....	5
4.2. Виды учебной работы с указанием суммарной трудоемкости по каждому виду:.....	5
4.3. Формы текущего контроля.....	5
4.4. Форма промежуточной аттестации –экзамен (1 семестр).....	5
4.5. Краткое содержание дисциплины (аннотация):.....	5
4.6. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и темам, а также видам учебной работы (формам проведения занятий) с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации.....	5
4.7. Содержание дисциплины.....	6
5. Рекомендуемые образовательные технологии	7
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	7
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	9
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	9
9. Авторы-составители программы дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий:	9

Наименование дисциплины: Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий

1. Цели 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.

2. Место дисциплины в структуре ООП:

2.1. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:

- тип образовательного стандарта и вид учебного плана: **ОС МГУ, учебный план бакалавра**
- направление подготовки: **05.03.01 Геология**
- наименование учебного плана: **Учебный план ИБ Геофизика**
- профиль подготовки: **Геофизика**

2.2. Информация о месте дисциплины в учебном плане:

- вариативная часть
- блок дисциплин: профессиональный
- тип - дисциплины по выбору
- курс IV
- семестр 8.

2.3. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены до начала освоения данной дисциплины:

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. Требования к результатам освоения дисциплины

3.1. Перечень компетенций.

Процесс изучения учебной дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий направлен на формирование элементов следующих **компетенций**:

а) общекультурные (социально-личностные):

– способность к сотрудничеству и партнерству, владение развитой системой философско-мировоззренческих, социокультурных и нравственных ценностей; способность осознавать свою роль и предназначение в разнообразных профессиональных и жизненных ситуациях; умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-1);

б) общенаучные:

– способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (ОНК-2);

– владение методологией научных исследований в профессиональной области (ОНК-5);

– владение фундаментальными разделами математики, необходимыми для решения научно-исследовательских и практических задач в профессиональной области; способность создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные математические результаты, владение знаниями об

ограничениях и границах применимости моделей; способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания в области физики (ОНК-6);

в) инструментальные:

владение навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, использования ресурсов Интернет; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации (ИК-3);

способность использовать современную вычислительную технику и специализированное программное обеспечение в научно-исследовательской работе (ИК-5);

готовность к работе на полевых и лабораторных геофизических приборах, установках и оборудовании (ИК-8);

в) системные:

способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации, к постановке целей исследования и выбору оптимальных путей и методов их достижения (СК-2);

д) общепрофессиональные:

– способность самостоятельно осуществлять сбор геологической информации, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных исследований (ПК-1);

– способность глубоко осмысливать и формировать диагностические решения проблем геологии путем интеграции фундаментальных разделов геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии горючих ископаемых, экологической геологии и специализированных геологических знаний (ПК-2);

– способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (ПК-3);

– готовность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в составлении отчетов, рефератов, библиографий и обзоров по тематике научных исследований, в подготовке докладов и публикаций (ПК-4);

производственно-технологическая деятельность:

– способность свободно и творчески пользоваться современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (ПК-11);

– способность преподавать предметы естественнонаучного цикла в общеобразовательных учебных заведениях и специализированные (профессиональные) дисциплины в высших учебных заведениях (ПК-20);

е) специализированные профессиональные:

способность использовать специализированные знания в области разведочной геофизики для решения научно-исследовательских задач (СПК-1);

способность использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии, экологии для освоения теоретических основ в области разведочной геофизики (СПК-2);

способность использовать специализированные информационные технологии для решения задач в области разведочной геофизики (СПК-3);

способность использовать современные методы комплексной обработки и интерпретации результатов разведочной геофизики для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (СПК-4);

способность использовать специализированные знания в области разведочной геофизики для решения практических задач (СПК-5);

способность использовать специализированные знания в области разведочной геофизики при моделировании аномальных геофизических процессов для сложно-

построенных физико-геологических моделей геологических сред, в том числе и случае трехмерных (СПК-7).

3.2. Компоненты формируемых компетенций.

В результате освоения дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий обучающийся должен:

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. Структура и содержание дисциплины

4.1. Общая трудоемкость: 2 ЗЕ (зачетных единиц), 72 академических часа.

4.2. Виды учебной работы с указанием суммарной трудоемкости по каждому виду:

лекции – 11 часов;

лабораторные работы – 11 часов;

практические занятия – 0 час.;

семинары – 11 часов;

самостоятельная работа – 39 часов.

4.3. Формы текущего контроля

- рефераты, доклады по дисциплине, контрольные работы, устные опросы, сдача расчетно-графических лабораторных работ.

4.4. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

4.5. 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.

4.6. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и темам, а также видам учебной работы (формам проведения занятий) с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации

№ п/п	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабораторные работы	Семинары.	Самостоятельная работа студента	
	Введение. Комплексные характеристики гравитационного и магнитного полей.	7	1	2		1	5	

Решение прямых двухмерных задач гравиразведки и магниторазведки на основе ТФКП	7	2-3	2	2	2	5	Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Прямая задача для трехмерных моделей.	7	4-5	2	2	2	6	Собеседование, прием лабораторных заданий
Численные методы решения прямых задач гравиразведки и магниторазведки для сложно построенных геологических сред.	7	6-7	2	2	2	6	Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Методы выделения полезного сигнала. Корреляционно-регрессионный анализ и его применение при обработке потенциальных полей.	7	8-9	1	3	2	5	Собеседование, прием лабораторных заданий
Линейная фильтрация потенциальных полей. Спектральные характеристики гравитационных и магнитных аномалий.	7	10	1	1	1	6	Собеседование, прием лабораторных заданий Контрольная работа
Эквивалентность, единственность и неустойчивость решения обратных задач гравиразведки и магниторазведки. Метод особых точек, методы подбора и регуляризации.	7	11	1	1	1	6	Собеседование, прием лабораторных заданий
Промежуточная аттестация:	7						Экзамен
Всего: 2 ЗЕ или 72 часа			11	11	11	39	

4.7. Содержание 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.

5. 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)

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В течение преподавания курса Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются такие формы, как написание контрольных работ, собеседование при приеме результатов лабораторных работ с оценкой. 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 двухмерных 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.

Основные темы рефератов (докладов):

1. Написание вычислительной программы для расчета гравитационного и магнитного полей от различных двухмерных 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.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) 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.

б) дополнительная литература:

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

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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. Авторы-составители программы дисциплины Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий:

1. Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор А.А. Булычев
Рабочий телефон – 8 (495) 939 57 66, e-mail – aabul@geophys.geol.msu.ru
2. Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент Л. А.Золотая
Рабочий телефон 8(495)939-1235, zolotaya@eago.ru
3. Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент И.В. Лыгин
Рабочий телефон – 8 (495) 939 30 13, e-mail – ivanlygin@mail.ru
4. Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, ассистент М. В.Коснырева
Рабочий телефон - 8(495) 939-12-35, m.kosnyreva@yandex.ru