

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе"

(МГРИ)

## Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой      **Геофизики**

Учебный план      zs210503\_20\_ZRF20plx  
Специальность 21.05.03 ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

Квалификация      **Горный инженер - геофизик**

Форма обучения      **заочная**

Общая трудоемкость      **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану      0      Виды контроля в семестрах:

в том числе:

аудиторные занятия      0  
самостоятельная работа      0

### Распределение часов дисциплины по курсам

| Курс                        | <b>5</b> |       | Итого |       |
|-----------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                             | УП       | РП    |       |       |
| Лекции                      | 4        | 8     | 4     | 8     |
| Лабораторные                | 6        | 4     | 6     | 4     |
| Иные виды контактной работы | 2,85     | 2,85  | 2,85  | 2,85  |
| Итого ауд.                  | 12,85    | 14,85 | 12,85 | 14,85 |
| Контактная работа           | 12,85    | 14,85 | 12,85 | 14,85 |
| Сам. работа                 | 86,15    | 84,15 | 86,15 | 84,15 |
| Часы на контроль            | 9        | 9     | 9     | 9     |
| Итого                       | 108      | 108   | 108   | 108   |

Москва 2025

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

|     |  |
|-----|--|
| 1.1 | Освоение студентами геофизической специальности основных принципов и методов геологической интерпретации результатов гравитационных и магнитных съемок. Студенты в процессе освоения курса знакомятся с физико-математическими основами интерпретации, осваивают теоретические и методологические аспекты применения различных подходов и использования геоинформационных систем, применяемых в настоящее время в процессе извлечения геологической информации из данных гравиметрических и магнитных измерений. |
|-----|--|

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

|                   |  |
|-------------------|--|
| Цикл (раздел) ОП: | Б1.В   |
| <b>2.1</b>        | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>   |
| 2.1.1             | Магниторазведка  |
| 2.1.2             | Физика Земли   |
| 2.1.3             | Физика Земли   |
| 2.1.4             | Гравиразведка  |
| 2.1.5             | Месторождения полезных ископаемых  |
| 2.1.6             | Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых  |
| 2.1.7             | Физика   |
| 2.1.8             | Основы геодезии и топографии   |
| 2.1.9             | Математическое моделирование в геофизике   |
| 2.1.10            | Теоретические основы обработки геофизической информации  |
| 2.1.11            | Геотектоника   |
| 2.1.12            | Теория поля  |
| 2.1.13            | Региональная геология (доп.главы)  |
| 2.1.14            | Беспилотные системы наблюдения в геофизике   |
| 2.1.15            | Электрические, гравитационные и магнитные методы в нефтяной геофизике  |
| <b>2.2</b>        | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>                    |
| 2.2.1             | Государственная итоговая аттестация (защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты) |
| 2.2.2             | Беспилотные системы наблюдения в геофизике   |
| 2.2.3             | Геоинформационные системы  |

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ПК-5: выполнением разделов проектов и контроль за их выполнением по технологии геологоразведочных работ в соответствии с современными требованиями промышленности**

**Знать:**

|           |  |
|-----------|--|
| Уровень 1 | основы проектирования геофизических работ и последующей реализации                                 |
| Уровень 2 | основы проектирования геофизических работ и последующей реализации, способы корректировки проектов |
| Уровень 3 | основы проектирования геофизических работ и последующей реализации, способы корректировки проектов |

**Уметь:**

|           |   |
|-----------|---|
| Уровень 1 | проектировать геофизические работы                                    |
| Уровень 2 | проектировать геофизические работы и современно вводить корректировку |
| Уровень 3 | проектировать геофизические работы и современно вводить корректировку |

**Владеть:**

|           |  |
|-----------|--|
| Уровень 1 | навыками проектирования геофизических работ  |
| Уровень 2 | навыками проектирования геофизических работ и их корректировки в процессе реализации |
| Уровень 3 | навыками проектирования геофизических работ и их корректировки в процессе реализации |

**ПСК-1.7: способностью решать прямые и обратные (некорректные) задачи геофизики на высоком уровне фундаментальной подготовки по теоретическим, методическим и алгоритмическим основам создания новейших технологических геофизических процессов**

**Знать:**

|           |   |
|-----------|---|
| Уровень 1 | теоретические основы решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки                           |
| Уровень 2 | теоретические основы решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки, знать основные алгоритмы |

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | решения   |
| Уровень 3       | теоретические основы решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки, знать основные алгоритмы решения |
| <b>Уметь:</b>   |   |
| Уровень 1       | решать прямые и обратные задачи гравимагниторазведки  |
| Уровень 2       | решать прямые и обратные задачи гравимагниторазведки с использованием различных алгоритмов и подходов       |
| Уровень 3       | решать прямые и обратные задачи гравимагниторазведки с использованием различных алгоритмов и подходов       |
| <b>Владеть:</b> |   |
| Уровень 1       | навыками решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки   |
| Уровень 2       | навыками решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки, оценки получаемых результатов                |
| Уровень 3       | навыками решения прямых и обратных задач гравимагниторазведки, оценки получаемых результатов                |

**ПСК-1.8: способностью разрабатывать алгоритмы программ, реализующих преобразование геолого-геофизической информации на различных стадиях геологоразведочных работ**

|                 |   |
|-----------------|---|
|                 | <b>Знать:</b>   |
| Уровень 1       | основные алгоритмы решения прямых и обратных задач  |
| Уровень 2       | алгоритмы решения прямых и обратных задач в тесной связи с геологической информацией                  |
| Уровень 3       | алгоритмы решения прямых и обратных задач в тесной связи с геологической информацией                  |
| <b>Уметь:</b>   |   |
| Уровень 1       | разрабатывать алгоритмы решения прямых и обратных задач   |
| Уровень 2       | разрабатывать алгоритмы решения прямых и обратных задач, оценивать эффективность выбранного алгоритма |
| Уровень 3       | разрабатывать алгоритмы решения прямых и обратных задач, оценивать эффективность выбранного алгоритма |
| <b>Владеть:</b> |   |
| Уровень 1       | навыками разработки алгоритмов решения прямых и обратных задач  |
| Уровень 2       | навыками разработки алгоритмов решения прямых и обратных задач и оценки их эффективности              |
| Уровень 3       | навыками разработки алгоритмов решения прямых и обратных задач и оценки их эффективности              |

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>3.1</b>          | <b>Знать:</b>   |
| 3.1.1               | основные алгоритмы решения прямых и обратных задач;   |
| 3.1.2               | теоретические основы интерпретации аномалий силы тяжести и магнитного поля  |
| <b>3.2 Уметь:</b>   |   |
| 3.2.1               | разрабатывать алгоритмы решения прямых и обратных задач;  |
| 3.2.2               | пользоваться методами и программами для интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей   |
| <b>3.3 Владеть:</b> |   |
| 3.3.1               | методами геофизической и геологической интерпретации аномальных гравитационных и магнитных полей с применением современного вычислительного |
| 3.3.2               | программного обеспечения  |

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/  | Семестр / Курс | Часов | Компетенции          | Литература            | Инте ракт. | Примечание |
|-------------|--|----------------|-------|----------------------|-----------------------|------------|------------|
|             | <b>Раздел 1. Введение</b>  |                |       |                      |                       |            |            |
| 1.1         | Суть и задачи геологической интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки. Упрощения в физико-геологических и физико-математических интерпретационных моделях геологических объектах. Модели интерпретируемых полей, параметризация моделей. Качественный анализ гравиметрических и магнитных данных. /Лек/ | 5              | 2     | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0          |            |

|     |   |   |      |                      |                       |   |  |
|-----|---|---|------|----------------------|-----------------------|---|--|
| 1.2 | Морфологический анализ гравитационных и магнитных аномалий. /Ср/  | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 1.3 | Модели различных геологических объектов. Одно-, двух- и трехмерные модели /Ср/  | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
|     | <b>Раздел 2. Решение прямых задач гравиразведки и магниторазведки</b>   |   |      |                      |                       |   |  |
| 2.1 | Теоретические основы решения прямых задач. Интегральные соотношения для гравитационного и магнитного потенциалов и их производных. Эквивалентные простые слои при решении прямой задачи магниторазведки. /Лек/  | 5 | 2    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 2.2 | Решение прямых задач магниторазведки и гравиразведки /Ср/   | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 2.3 | Эффект размагничивания и его влияние на внешние магнитные поля. /Ср/  | 5 | 6    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
|     | <b>Раздел 3. Решение прямых задач для двумерных и трехмерных объектов.</b>  |   |      |                      |                       |   |  |
| 3.1 | Основы теории аналитических функций. Комплексные характеристики для двумерных объектов. Представление аномальных полей интегралами типа Коши. Аномальные поля двумерных многоугольников. Применение формул Грина при обосновании методов решения прямых задач для многогранников. Параметризация моделей. /Лек/ | 5 | 1    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 3.2 | Решение прямых задач для трехмерных объектов /Ср/   | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 3.3 | особенности решения прямых задач для сильномагнитных объектов /Ср/  | 5 | 5,15 | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
|     | <b>Раздел 4. Обратные задачи гравиразведки и магниторазведки.</b>   |   |      |                      |                       |   |  |
| 4.1 | Существование, единственность и устойчивость решения обратной задачи. Понятие о корректных и некорректных задачах. Обратные задачи для рудных и структурных объектов. /Лек/   | 5 | 1    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 4.2 | Решение обратных задач методом подбора /Ср/   | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 4.3 | Способы решения обратных задач /Ср/   | 5 | 13   | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
|     | <b>Раздел 5. Обнаружение и разделение аномалий</b>  |   |      |                      |                       |   |  |

|     |   |   |      |                      |                       |   |  |
|-----|---|---|------|----------------------|-----------------------|---|--|
| 5.1 | Классификация методов разделения аномалий. Возможность разделения магнитных аномалий. Статистические методы обнаружения аномалий. Геологическое редуцирование. Интерполяционные методы разделения аномалий. Трансформации аномальных полей: осреднение, аналитическое продолжение, вычисление высших производных, спектральное представление аномалий, частотные характеристики трансформаций аномалий. /Лек/       | 5 | 1    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 5.2 | Геологическое редуцирование гравитационных и магнитных полей и выделение локальных составляющих аномалий. /Ср/  | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 5.3 | Примеры региональных магнитных и гравитационных полей /Ср/  | 5 | 16   | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
|     | <b>Раздел 6. Качественная интерпретация аномалий</b>  |   |      |                      |                       |   |  |
| 6.1 | гравитационные и магнитные аномалии. Параметры геологических объектов, однозначно определяемых по данным гравимагниторазведки. Локализация особых точек аномалий с помощью аппроксимационного продолжения. Гармонические моменты источников аномалий и методы их определения. Линейная задача подбора. Основы метода регуляризации. Определение формы замкнутых источников аномалий и контактной поверхности. /Лек/ | 5 | 1    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 6.2 | Качественная интерпретация гравитационных и магнитных аномалий /Лаб/  | 5 | 4    | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 6.3 | Комплексирование методов интерпретации. /Ср/  | 5 | 20   | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л1.1Л2.2<br>Л2.3 Л2.1 | 0 |  |
| 6.4 | Консультации, экзамен /ИВКР/  | 5 | 2,85 | ПК-5 ПСК-1.7 ПСК-1.8 | Л2.2 Л2.3<br>Л2.1     | 0 |  |

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

- Цели и задачи геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Качественная и количественная интерпретация, согласованная модель геологического строения исследуемой территории.
- Морфологический анализ полей и обоснование моделей источников аномалий.
- Модели объектов и полей. Типовые упрощения в моделях полей и объектов. Адекватные, эквивалентные и смешанные модели геологических объектов.
- Интегральные соотношения для гравитационного потенциала и его производных.
- Интегральные соотношения для магнитного потенциала, эффект размагничивания и его проявления.
- Эквивалентные простые слои при решении прямых задач магниторазведки.
- Использование математического аппарата теории функций комплексного пе-ременного для представления гравитационных и магнитных аномалий двумерных тел.
- Представление двумерных аномальных полей в виде интегралов по площади и по контуру сечения тел.
- Теоремы вращения и линейного преобразования потенциальных полей.
- Представление аномальных полей двумерных горизонтально залегающих объектов интегралами типа Коши.
- Аномальные поля тел простой формы (двумерных пластинок, эллипсов, много-угольников, материального стержня, многогранников).
- Интегральные уравнения для намагниченности сильномагнитных объектов.
- Обратные задачи гравиразведки и магниторазведки. Понятие о единственности, устойчивости и корректности обратных задач для рудных и структурных объектов.

14. Способы разделения аномалий на региональные и локальные составляющие: геологическое редуцирование, статистические и корреляционные методы.
15. Трансформации гравитационных и магнитных полей. Спектральное представление способов трансформаций и их частотные характеристики.
16. Аппроксимационные методы разделения аномалий.
17. Гармонические моменты источников аномалий и их связь с физическими и геометрическими параметрами аномальных тел.
18. Способы определения гармонических моментов различного порядка. Надежность определения гармонических моментов.
19. Особые точки функций, описывающих аномальные поля и их связь с характерными точками и формой аномалиеобразующих объектов.
20. Основные способы локализации особых точек функций, описывающих аномальные поля геологических тел.
21. Решение обратных задач в линейной постановке.
22. Решение обратных задач в нелинейной постановке.
23. Основы метода регуляризации.
24. Комплексирование методов интерпретации при изучении рудных (замкнутых) объектов.
25. Комплексирование методов интерпретации при исследовании объектов типа контактной поверхности.

## 5.2. Темы письменных работ

Не предусмотрены

## 5.3. Оценочные средства

Рабочая программа дисциплины "Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий" обеспечена оценочными средствами для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, включающими контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации, критерии оценивания учебной деятельности обучающихся, примеры заданий для лабораторных занятий, билеты для проведения промежуточной аттестации.

Все оценочные средства представлены в Приложении 1.

## 5.4. Перечень видов оценочных средств

Оценочные средства разработаны для всех видов учебной деятельности студента – лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы и промежуточной аттестации. Оценочные средства представлены в виде:

- средств текущего контроля: проверки отчетов по лабораторным занятиям, дискуссии по теме;
- средств итогового контроля – промежуточной аттестации: экзамена в 9 семестре.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители       | Заглавие   | Издательство, год |
|------|---------------------------|--|-------------------|
| Л1.1 | Под ред. В.К. Хмелевского | Геофизика [Электронный ресурс/Текст]: учебник (бакалавриат, магистратура, аспирантура) | М.: КДУ, 2015     |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

|      | Авторы, составители         | Заглавие   | Издательство, год  |
|------|-----------------------------|--|--------------------|
| Л2.1 | Лобанов А. М., Иванов А. А. | Интерпретация гравитационных и магнитных полей   | М.: РГГРУ, 2008    |
| Л2.2 | Отв. ред. И.Х. Хамрабаев    | Геологическая интерпретация гравитационных и магнитных аномалий                            | Ташкент: Фан, 1988 |
| Л2.3 | Голиздра Г. Я.              | Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения земной коры | М.: Недра, 1988    |

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

|         |                                     |  |
|---------|-------------------------------------|--|
| 6.3.1.1 | Компас-3D версии v18 и v19          | Проектирование изделий, конструкций или зданий любой сложности. Реализация от идеи — к 3D-модели, от 3D-модели — к документации, к изготовлению или строительству. Возможность использовать самые современные методики проектирования при коллективной работе.   |
| 6.3.1.2 | Геоинформационная система "ПАРК" v6 | Геоинформационная система ПАРК – векторно-растровая система, сочетающая функции картографической, информационно-справочной, аналитической и прогнозирующей программных систем. Система разработана для использования на компьютерах под управлением MS. Основное назначение системы ПАРК – создание баз координатно- и объектно-привязанных данных; преобразование, тематическая обработка и интерпретация геоданных; информационное и аналитическое обеспечение; компоновка, оформление и вывод картографических и сопутствующих им документов. |
| 6.3.1.3 | Webinar. Версия 3.0                 | Экосистема сервисов для онлайн-обучения и коммуникаций.  |

|  |  |   |
|--|--|---|
| 6.3.1.4  | ПО ""Визуальная студия тестирования""  | Автоматизация управления учебным процессом. Позволяет автоматизировать контроль знаний студентов, включая создание набора тестовых заданий, проведение тестирования студентов и анализ результатов. |
| <b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b> |  |   |
| 6.3.2.1  | Электронно-библиотечная система "Лань"<br>Доступ к коллекциям электронных изданий ЭБС "Издательство "Лань" |   |
| 6.3.2.2  | Электронно-библиотечная система «Книжный Дом Университета» ("БиблиоТех")                                   |   |
| 6.3.2.3  | База данных научных электронных журналов "eLibrary"  |   |
| 6.3.2.4  | Международная реферативная база данных "Web of Science Core Collection"                                    |   |

| <b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b> |   |  |     |
|---|---|--|-----|
| Аудитория   | Назначение  | Оснащение  | Вид |
| 6-21  | Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | 12 посадочных мест; стул преподавательский - 2 шт.; доска меловая - 1 шт.; гравиметры ГНУ-КВ -6 шт                               |     |
| 6-23  | Компьютерный класс  | 16 посадочных мест, доска маркерная - 1 шт., моноблок Prittec - 9 шт., развернута локальная сеть которая подключена к интернету. |     |

| <b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Методические указания по изучению дисциплины «Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий» представлены в Приложении 2 и включают в себя:  |  |  |  |
| 1. Методические указания для обучающихся по организации учебной деятельности.<br>2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся.<br>3. Методические указания по организации процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций. |  |  |  |