

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное  
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Северо-Осетинский государственный университет имени Коста Левановича Хетагурова»

УТВЕРЖДАЮ



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

"Астрофизика"

Направление 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профили: Физика. Математика.

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

(год начала подготовки 2019 год)


Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 февраля 2018 г. №125, учебным планом подготовки бакалавра по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки. Профиль подготовки – Физика, математика), утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «СОГУ» (протокол № 9 от 30.04.2020 г.).

Составитель: профессор Турисв А.М.

Рабочая программа обсуждена и утверждена на заседании кафедры физики и астрономии (протокол № 10 от 25 июня 2020г.)

Зав. кафедрой Турисв А.М Турисв

Одобрена советом физико-технического факультета (протокол № 6 от «27» июня 2020 г.)

Председатель совета факультета  И.В. Тваури

## **1. НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ОД.7 Геофизика**

## **2. АННОТАЦИЯ К ДИСЦИПЛИНЕ**

Основной целью изучения дисциплины «**Геофизика**» является получение фундаментальных знаний о внутреннем строении и физических свойствах твердой Земли; о естественных и техногенных геофизических полях, определяющих характер взаимодействия оболочек Земли, об особенностях протекания природных и техногенных процессов; о методах геофизических исследований.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основы глобальной и экологической геофизики.

**Уметь:**

- применять полученные знания и геофизические методы при изучении компонентов окружающей среды и при решении широкого круга геоэкологических задач.

**Владеть:**

- навыками решения типовых задач экологической геофизики.

## **. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

- способность осознать социальную значимость своей будущей профессии, владением высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОПК-1);
- способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания математики и естественных наук (ОПК-3).

## **4. УКАЗАНИЕ МЕСТА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Данная дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении школьных дисциплин «Физика», «Химия», «Математика», «Иностранный язык» и др.

В свою очередь, дисциплина «Геофизика» связана с изучением следующих дисциплин: «Методы инженерной геофизики», «Гравиразведка», «Магниторазведка», «Сейсморазведка», «Электроразведка», «Геофизический мониторинг», «Ядерная геофизика» и др.

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы или 144 часа.  
(из расчета 1 ЗЕТ= 36 часов).

Курс	Семестр	Трудоемкость в ЗЕТ	Общая трудоемкость (час)	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивных формах	Кол-во часов на СРС	Форма контроля
				ЛК	ПР	ЛБ				
1	2	4	144	16	32	-	48	10	96 (из них 36 ч на подготовку к экзамену)	экзамен

**6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ**

№ п/п	Наименование раздела, темы	Контактная работа			Всего контактных часов	Из них в интерактивной форме	Кол-во часов на СРС
		ЛК	ПР	ЛБ			
1	Введение	1			1	1	6
2	Гравиразведка	1	4		5	1	6
3	Магниторазведка	2	4		6	1	6
4.	Электроразведка	2	4		6	1	6
5	Сейсморазведка.	3	4		7	1	6
6.	Терморазведка	1	4		5	1	6
7.	Ядерная геофизика	2	4		6	1	6
8	Геофизические исследования скважин	1	4		5	1	6
9	Комплексирование геофизических методов.	2	4		6	1	6
10	Научно-практическое применение геофизики	1			1	1	6
	<b>Экзамен</b>						<b>36</b>
	<b>Итого:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>–</b>	<b>48</b>	<b>10</b>	<b>96</b>

**Содержание разделов дисциплины:**

**Раздел 1. Введение.** Методы фундаментальной и прикладной геофизики. Характеристика физических полей Земли и физических свойств горных пород. Параметры физических полей. Физические свойства горных пород. Особенности технологии геофизических работ. Обработка и интерпретация геофизических данных. Информационная модель в геофизике. Классификации геофизических методов исследования земной коры и их комплексирование. Классификации геофизических методов. Комплексирование геофизических методов. Из истории развития геофизики.

**Раздел 2. Гравиразведка.** Основы теории гравиразведки. Нормальное гравитационное поле Земли. Аномалии и редукции силы тяжести. Плотность горных пород. Аппаратура для гравиразведки. Принципы измерения силы тяжести. Маятниковые приборы. Гравиметры. Методика гравиразведки. Интерпретация гравитационных аномалий. Прямые и обратные задачи гравиразведки. Геологическая интерпретация данных гравиразведки. Области применения гравиразведки.

**Раздел 3. Магниторазведка.** Основы теории геомагнитного поля и магниторазведки. Элементы геомагнитного поля и его происхождение. Нормальное и аномальное магнитное поле. Вариации магнитного поля. Магнитные свойства горных пород. Аппаратура для магниторазведки. Принципы измерений геомагнитного поля. Феррозондовые магнитометры. Протонные магнитометры. Квантовые магнитометры. Аппаратура для измерения магнитных свойств горных пород. Методика магниторазведки. Полевая магнитная съемка. Аэромагнитные и гидромагнитные съемки. Другие виды магнитных измерений. Интерпретация магнитных аномалий. Прямые и обратные задачи магниторазведки. Прямая и обратная задачи для вертикального бесконечного стержня (цилиндра). Прямая и обратная задачи для вертикального намагниченного шара. Основные выводы из анализа решений прямых и обратных задач магниторазведки. Интерпретация данных магниторазведки. Геологическое истолкование результатов магниторазведки. Области применения магниторазведки.

**Раздел 4. Электроразведка.** Физико-математические и геологические основы электроразведки. Принципы решения прямых задач электроразведки. Электромагнитные поля, используемые в электроразведке. Естественные переменные электромагнитные поля. Геоэлектрoхимические поля. Искусственные постоянные электрические поля. Искусственные переменные гармонические электромагнитные поля. Искусственные импульсные (неустановившиеся) электромагнитные поля. Радиоволновые поля. Импульсные радиолокационные поля. Поле ядерно-магнитной резонансной прецессии (ЯМРП). Пьезоэлектрические поля. Электромагнитные свойства горных пород. Удельное электрическое сопротивление горных пород. Электрохимическая активность и поляризуемость. Диэлектрическая и магнитная проницаемости. Пьезоэлектрические модули. Аппаратура и оборудование для электроразведки. Общая характеристика применяемых в электроразведке технических средств. Примеры электроразведочной аппаратуры. Методы электроразведки. Сущность и методика электромагнитных зондирований. Общая характеристика электромагнитных зондирований (ЭМЗ). Электрические зондирования. Зондирование методом вызванной поляризации. Магнитотеллурические методы. Зондирование методом становления поля. Частотные электромагнитные зондирования. Высокочастотные зондирования. Ядерно-магнитное резонансное томографическое зондирование (ЯМР-ТЗ). Сущность и методика электромагнитных профилирований. Метод естественного электрического поля. Электропрофилирование методом сопротивлений. Электропрофилирование методом вызванной поляризации. Метод переменного естественного электромагнитного поля. Низкочастотное гармоническое профилирование. Метод переходных процессов. Аэроэлектроразведка. Радиоволновое профилирование. Пьезоэлектрические методы. Подземные методы электроразведки. Геоэлектрoхимические методы. Метод заряженного тела (МЗТ) или заряда (МЗ). Индукционное просвечивание. Метод радиоволнового просвечивания. Подземный вариант ПЭМ. Интерпретация данных электроразведки и решаемые задачи. Интерпретация электромагнитных зондирований. Качественная интерпретация. Количественная интерпретация графоаналитическими способами. Палеточные методы интерпретации ЭМЗ. Компьютерная интерпретация кривых ЭМЗ методом подбора. Интерпретация высокочастотных радиоволновых (РВЗ) и радиолокационных (РЛЗ или РЛМ) зондирований. Результаты геолого-геофизического истолкования данных ЭМЗ. Интерпретация данных электромагнитного профилирования.

Применение методов электромагнитного профилирования. Интерпретация и области применения подземных методов электроразведки.

**Раздел 5. Сейсморазведка.** Общие сведения о сейсморазведке. Физические и геологические основы сейсморазведки. Основы теории упругости. Упругие волны в безграничных средах. Упругие волны в слоистых средах. Особенности распространения сейсмических волн в реальных средах. Скорости сейсмических волн. Поглощение упругих волн. Зона малых скоростей. Типы скоростей в слоистых средах. Типы сейсмических границ. Обоснование сейсмических методов разведки. Волны-помехи. Сейсморазведочная аппаратура. Источники упругих волн. Приемники упругих волн. Интерференционные системы приема и возбуждения упругих волн. Сейсмостанции. Методика и системы наблюдений. Метод отраженных волн. Прямые кинематические задачи метода отраженных волн при общем пункте возбуждения (ОПВ). Кинематика кратных отраженных волн. Наблюдения по методу общей глубинной точки. Системы наблюдений в методе отраженных волн. Метод преломленных (головных) волн. Прямые кинематические задачи метода преломленных волн. Системы наблюдений в методе преломленных волн. Методика полевых наблюдений МПВ. Обработка и интерпретация данных сейсморазведки. Интерпретационные модели в сейсморазведке. Обработка сейсмограмм. Обработка и интерпретация данных метода отраженных волн. Интерпретация данных метода преломленных волн. Применение сейсморазведки для решения различных геологических задач. Сейсморазведка при поисках углеводородов. Малоуглубинная (инженерная) сейсморазведка. Сейсморазведка при решении рудных задач. Глубинные сейсмические исследования.

**Раздел 6. Терморазведка.** Физико-геологические основы терморазведки. Тепловое поле Земли и его параметры. Региональный и локальный тепловые потоки в земной коре. Принципы теории терморазведки. Тепловые и оптические свойства горных пород. Методы терморазведки. Аппаратура для геотермических исследований. Радиотепловые и инфракрасные съемки. Региональные геотермические исследования. Поисково-разведочные геотермические работы. Применение терморазведки для изучения геологической среды.

**Раздел 7. Ядерная геофизика.** Физико-химические и геологические основы ядерной геофизики. Общие сведения о радиоактивности. Взаимодействие радиоактивных излучений с окружающей средой. Радиоактивность горных пород и руд. Методы определения и содержание радиоактивных элементов в земной коре. Радиоактивность минералов. Радиоактивность горных пород, руд, вод и газов. Ядерно-физические свойства горных пород и руд. Общая характеристика ядерно-физических свойств горных пород и руд. Гамма-лучевые свойства горных пород и руд. Нейтронные свойства горных пород и руд. Аппаратура и методы, применяемые в ядерной геофизике. Аппаратура для ядерно-геофизических исследований. Радиометрические методы разведки. Основные понятия радиометрии. Аэрогамма-съемка. Автогамма-съемка. Пешеходная гамма-съемка. Глубинная гамма-съемка. Задачи гамма- и гамма-спектрометрической съемки. Эманиационная съемка. Метод подземной регистрации космических излучений. Определение абсолютного возраста пород. Ядерно-физические методы. Общая характеристика ядерно-физических (радиоизотопных) методов. Радиоизотопные гамма-методы. Радиоизотопные нейтронные методы.

**Раздел 8. Геофизические исследования скважин.** Общие положения. Некоторые сведения из истории ГИС. Керн и ГИС. Характеристика скважины как объекта исследования. Классификация методов, решаемые задачи и схема установки ГИС. Методы электрометрии. Каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации. Каротаж потенциалов вызванной поляризации. Удельное электрическое сопротивление водных растворов и горных пород. Каротаж сопротивления нефокусированными зондами. Каротаж сопротивления фокусированными зондами – боковой каротаж. Индукционный каротаж. Диэлектрический каротаж. Микрокаротаж. Методы радиометрии скважин. Основные блоки аппаратуры для РК. Гамма-каротаж. Гамма-гамма-каротаж. Рентгенорадиометрический

каротаж. Нейтронный каротаж. Импульсный нейтронный каротаж. Ядерно-магнитный каротаж. Сейсмоакустические методы. Общая характеристика сейсмоакустических методов. Акустический каротаж. Акустический каротаж на отраженных волнах. Вертикальное сейсмическое профилирование. Термические и магнитные методы. Термический каротаж. Магнитный каротаж. Исследование скважин в процессе бурения. Методы, основанные на использовании буровой техники. Газовый каротаж. Исследование каменного материала. Изучение технического состояния скважин. Инклинометрия. Кавернометрия и профилометрия. Комплексное применение методов ГИС. Нефтегазовые месторождения. Угольные и рудные месторождения.

**Раздел 9. Комплексирование геофизических методов.** Понятие о геофизическом комплексе. Физико-геологическая модель. Определение физико-геологической модели. Формирование и типы ФГМ. Условия эффективного применения геофизических методов. Неоднозначность решения обратных задач геофизики. Качественная неоднозначность по определению природы геофизических аномалий. Количественная неоднозначность при решении обратных задач. Сужение пределов неоднозначности. Комплексная интерпретация геофизических данных. Комплексный анализ геофизических данных. Количественная комплексная интерпретация геофизических данных с помощью регрессионного анализа. Геологическая интерпретация комплексных геофизических данных. Оценка морфологии объектов. Оценка мощности и глубины залегания объектов. Оценка вещественного состава. Оценка возраста объектов. Выбор геофизического комплекса. Основные принципы выбора комплекса. Условия формирования геофизического комплекса. Виды комплексирования геофизических методов. Основы петрофизики. Петрофизика и геофизические свойства горных пород. Геолого-гидрогеологические и деформационно-прочностные свойства. Методика измерений физических свойств горных пород. Взаимосвязи петрофизических свойств горных пород. Петрофизические карты.

**Раздел 10. Научно-практическое применение геофизики.** Глубинная геофизика и основы физики Земли. Методы глубинной геофизики. Строение Земли по геофизическим данным. Региональная геофизика. Методы региональной глубинной и структурной геофизики. Региональные картировочно-поисковые крупномасштабные геофизические исследования. Поиски и разведка полезных ископаемых геофизическими методами. Физико-геологические модели объектов поисков как основа геофизических поисков и разведки твердых полезных ископаемых. Нефтегазовая геофизика. Рудная геофизика. Нерудная и угольная геофизика. Инженерная геофизика. Геофизические методы исследования геологической среды. Гидрогеологическая и почвенно-мелиоративная геофизика. Инженерно-геологическая и горная геофизика. Мерзлотно-гляциологическая геофизика. Техническая и археологическая геофизика. Экологическая и медицинская геофизика. Экологическая геофизика и геофизическая экология. Эколого-геофизические исследования и мониторинг геодинамических природных и техногенных процессов. Эколого-геофизические исследования и мониторинг вещественного (химического или геохимического) загрязнения окружающей среды. Техногенное физическое загрязнение. Медицинская геофизика.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Геофизика. Учебник / Под ред. В.К.Хмелевского. 3-е изд. - М.: КДУ, 2012. - 320 с.
2. Хмелевской, В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1. Методы прикладной и скважинной геофизики. - Дубна: Межд.унив. природы, общества и человека "Дубна", 1997. - 276 с.
3. Хмелевской, В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1. Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. - Дубна: Межд.унив. природы, общества и человека "Дубна", 1999. - 184 с.

4. Трухин, В.И. Общая и экологическая геофизика. Учебник / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницын. - М.: Физматлит, 2005. - 576 с.

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Общие сведения**

1.	Кафедра	<b>горного дела, наук о Земле и природообустройства</b>
2.	Направление подготовки	<b>05.03.01 Геология профиль «Геофизика»</b>
3.	Дисциплина (модуль)	<b>Б1.В.ОД.7 Геофизика</b>

### **Перечень компетенций**

—	способность осознавать социальную значимость своей будущей профессии, владением высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности (ОПК-1);
—	способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания математики и естественных наук (ОПК-3).



### Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Введение	ОПК-1 ОПК-3	Содержание дисциплины геофизики, как науки о Земле и прикладных её методов изучения месторождений полезных ископаемых.	Описывать основные геофизические поля и основанные на их изучении методы и технологии разведочной геофизики.	Понятием геофизики, как науки о физических явлениях и процессах в оболочках Земли и ее ядре.	Реферат
2. Гравиразведка	ОПК-1 ОПК-3	Физические и геологические основы гравиразведки, дифференциацию горных пород по плотности и методы ее измерения. Методику гравиразведки: наземные, морские и подземные съемки.	Выполнить описание предмета гравиразведки её основных модификаций и раскрыть возможности различных методов для решения геологических задач.	Представлением о гравитационном поле, его природе и сущности гравиразведки, как ведущего геофизического метода изучения геологических структур.	Практическая работа
3. Магниторазведка	ОПК-1 ОПК-3	Основные понятия и определения магниторазведки. Методику и технологию магниторазведочных работ. Особенности аномального магнитного поля над разными геологическими и геоэкологическими объектами.	Объяснить сходство и различие гравитационного и магнитного полей, необходимость комплексирования методов гравии- и магниторазведки при постановке и проведении геологоразведочных работ.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Практическая работа
4. Электроразведка	ОПК-1 ОПК-3	Определение, сущность и классификация методов электроразведки. Методы электромагнитного профилирования и зондирования. Примеры использования результатов электроразведки в комплексе с другими	Выполнить описание предмета электроразведки, её основных модификаций и раскрыть возможности различных методов для решения геологических задач.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Практическая работа

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
		методами при решении геологических задач.			
5. Сейсморазведка.	ОПК-1 ОПК-3	характеристику сейсмического поля и основных модификаций сейсморазведки, принципы получения временных и глубинных сейсмических разрезов	Выполнить описание предмета сейсморазведки, её основных модификаций и раскрыть возможности различных методов для решения геологических задач.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Практическая работа
6. Терморазведка	ОПК-1 ОПК-3	Основные понятия и определения терморазведки. Методику и технологию терморазведочных работ. Особенности стационарного температурного поля над разными геологическими и геоэкологическими объектами.	Описывать региональные тепловые потоки в океанах, рифтах, на континентах и объяснить их природу.	Сущностью методов терморазведки	Практическая работа
7. Ядерная геофизика	ОПК-1 ОПК-3	Основные понятия и определения ядерной геофизики. Методику и технологию работ ядерной геофизики.	Выполнить описание предмета ядерной геофизики, её основных модификаций и раскрыть возможности различных методов для решения геологических задач.	Представление о радиоактивных свойствах природных объектов и обосновать применение методов радиометрии и ядерной геофизики в геологии и геоэкологии	Практическая работа
8. Геофизические исследования скважин	ОПК-1 ОПК-3	Геофизические методы исследования геологоразведочных скважин	Интерпретировать результаты скважинных геофизических исследований.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Практическая работа

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
9. Комплексирование геофизических методов.	ОПК-1 ОПК-3	Основы комплексирования геофизических методов	Объяснить сходство и различие гравитационного и магнитного полей, необходимость комплексирования методов гравии- и магниторазведки при постановке и проведении геологоразведочных работ.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Практическая работа
10. Научно-практическое применение геофизики	ОПК-1 ОПК-3	Сущность и особенности геофизических методов исследования геологоразведочных скважин на нефтегазовых, рудных и угольных месторождениях.	Применять полученные знания при решении практических задач	Навыками проведения научных исследований области исследования геофизики с учетом характеристик и возможностей современной аппаратуры и информационных технологий.	Реферат

## Критерии и шкалы оценивания

### 1. Практическая работа

5 баллов – студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

4 балла – студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла – студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла – студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

Работа на каждом практическом занятии оценивается в 1 балл.

### 2. Реферат

Баллы	Характеристики раскрытия темы студентом
6	<ul style="list-style-type: none"><li>— студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;</li><li>— уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li><li>— опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>— умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li><li>— делает выводы и обобщения;</li><li>— свободно владеет понятиями</li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>— студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>— не допускает существенных неточностей;</li><li>— увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>— аргументирует научные положения;</li><li>— делает выводы и обобщения;</li><li>— владеет системой основных понятий</li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>— тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент освоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;</li><li>— допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>— испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>— слабо аргументирует научные положения;</li><li>— затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>— частично владеет системой понятий</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>— студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>— допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;</li><li>— испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>— не может аргументировать научные положения;</li><li>— не формулирует выводов и обобщений;</li><li>— не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

**Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### 1) Примеры практических работ

#### Практическая работа № 1

#### Решение прямой и обратной задачи гравиразведки для шара

##### Теоретическая часть

В некоторых случаях реальные геологические объекты можно аппроксимировать телами правильной геометрической формы, что существенно облегчает интерпретацию геофизических данных.

Геологические аналоги шара (сферы): гнездообразные рудные залежи, карстовые формы, соляные купола, интрузии.

Основная задача состоит в вычислении ускорения силы тяжести  $g$  по заданному распределению аномальных масс. В этом случае предполагается, что известны избыточная плотность, форма и размеры тела, а требуется найти распределение значений ускорения силы тяжести на дневной поверхности, обусловленное этим телом.

Силой тяжести  $G$  называется сила, с которой любое тело притягивается к Земле.

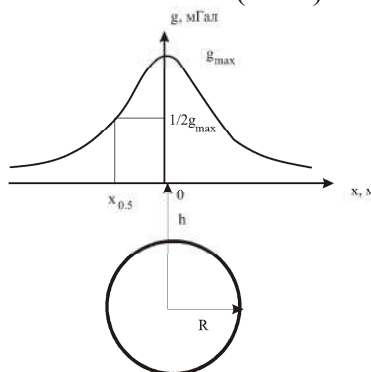
Сила, действующая на единицу массы, называется напряженностью гравитационного поля или ускорением силы тяжести. Напряженность поля есть векторная величина, а ее модуль определяется в виде:  $g = \frac{G}{m} = \frac{kM}{r^2}$ , где  $r$  – радиус Земли;  $M$  – масса Земли;  $k$  – гравитационная постоянная.

Гравитационной постоянной  $k$  называется сила притяжения двух материальных точек с массой в 1 г каждая, находящихся на расстоянии 1 см друг от друга. Гравитационная постоянная в системе СГС численно равна  $6.67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г с}^2)$ , а в системе СИ –  $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг с}^2)$ .

Ускорение силы тяжести над шаром по профилю, находящемуся на дневной поверхности и проходящему через его центр, определяется по формуле:

$$g = kM \frac{h}{(x^2 + h^2)^{3/2}},$$

где  $k = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г с}^2)$  – гравитационная постоянная;  $h$  – глубина до центра шара (см);  $x$  – расстояние от начала координат системы до точки наблюдения (см);  $M$  – избыточная масса (г), определяемая в виде:  $M = V \sigma = (3/4) \pi R^3 \sigma$ , где  $V = (3/4) \pi R^3$  – объем шара ( $\text{см}^3$ );  $R$  – радиус шара (см);  $\sigma$  – избыточная плотность ( $\text{г/см}^3$ ).



Избыточная плотность – это разность между плотностью искомого объекта и плотностью вмещающих пород. Единица измерения ускорения силы тяжести в системе *СГС* носит название Гал, более мелкие единицы – мГал и мкГал ( $1 \text{ Гал} = 10^3 \text{ мГал}$ ,  $1 \text{ Гал} = 10^6 \text{ мкГал}$ ). 1 Гал – это ускорение, которое развивает масса в 1 г под действием силы в 1 дину.  $1 \text{ Гал} = 1 \text{ дин/г} = 1 \text{ см/с}^2$ .

**Задание 1.** Вычисление ускорения силы тяжести (прямая задача) для шара.

По исходным данным  $R$ ,  $h$ ,  $\sigma$ , которые, согласно заданному варианту, выбираются из таблицы 1, необходимо рассчитать значения  $g$  в точках профиля  $x$ : 0 м,  $\pm 5$  м,  $\pm 10$  м,  $\pm 20$  м,  $\pm 40$  м,  $\pm 60$  м,  $\pm 80$  м,  $\pm 100$  м,  $\pm 200$  м,  $\pm 400$  м,  $\pm 800$  м. Вычисления  $g$  производится с точностью до сотых долей мГал.

Таблица 1

Исходные данные							
Вариант	h, м	R, м	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>	Вариант	h, м	R, м	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>
1	40	30	0,9	16	50	30	0,9
2	40	35	0,7	17	50	35	0,7
3	50	40	0,8	18	60	40	0,8
4	45	40	0,6	19	55	40	0,6
5	45	40	0,7	20	55	40	0,7
6	55	45	0,7	21	65	45	0,7
7	50	45	0,6	22	60	45	0,6
8	55	45	0,6	23	65	45	0,8
9	50	45	0,8	24	60	45	0,7
10	40	35	0,7	25	50	35	0,8
11	35	30	0,8	26	45	30	0,9
12	45	35	0,9	27	55	35	0,8
13	55	40	0,8	28	55	40	0,8
14	50	40	0,7	29	60	40	0,7
15	50	40	0,7	30	60	40	0,7

Для контроля характера вычислений и поиска ошибок все расчеты проводятся в специальных таблицах, построенных так, чтобы в каждом столбце выполнялось только одно арифметическое действие. Ниже приводится пример такой таблицы для расчета ускорения силы тяжести от шара.

Таблица 2

$h =$ м	$R =$ м	$\sigma =$ г/см <sup>3</sup>	$V =$ м <sup>3</sup>	$M =$ г	$k = 6,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{см}^3}{\text{г} \cdot \text{с}^2}$
$x, \text{ м}$	$x^2, \text{ м}^2$	$x^2 + h^2, \text{ м}^2$	$(x^2 + h^2)^{3/2}, \text{ м}^3$	$\frac{h}{(x^2 + h^2)^{3/2}}, \frac{1}{\text{м}^2}$	$g, \text{ мГал}$
0					
5					
10					
...					
...					
800					

Рассчитанное поле  $g$  (в мГал) необходимо изобразить в декартовой системе координат в виде графика. Вдоль оси абсцисс откладываются значения  $x$  в метрах, а вдоль оси ординат – значение  $g$  в мГал. При построении графика соблюдаются следующие правила: в 1 мм вертикального масштаба должно укладываться около 0,5 % от максимальной амплитуды аномалии; горизонтальный масштаб следует взять таким, чтобы наклон графика в зонах максимальных градиентов поля находился в пределах 45–70°. На этот же график необходимо вынести расчеты, представленные в таблице 2.

### Задание 2. Решение обратной задачи по гравиразведке для шара.

Обратная задача заключается в вычислении по заданному распределению поля ускорения силы тяжести параметров тела (шара), т. е. его размеров  $R$ ,  $V$  и глубины залегания  $h$ . По аномалии ускорения силы тяжести  $g$  глубина залегания центра шара  $h$  может быть получена из выражения  $h \approx 1,31|x_{0,5}|$ , где  $x_{0,5}$  – абсцисса полумакуса аномалии  $g$ .

Величину избыточной массы можно определить по формуле:

$$M = \frac{g_{\max} \times h^2}{k}. \quad \text{По известному заданному значению избыточной}$$

плотности  $\sigma$  можно найти радиус шара  $R$  из выражения:  $M = \frac{4}{3} \pi R^3 \sigma$ .

Решение обратной задачи необходимо выполнить как для поля  $g$ , полученного при решении прямой задачи, так и для представленных в таблице 3 наблюдаемых значений  $g$  (в мГал) в точках профиля: 0 м,  $\pm 10$  м,  $\pm 20$  м, ...,  $\pm 80$  м, и плотности  $\sigma$  (данные выбираются согласно заданному варианту). По данным таблицы 3 необходимо в декартовой системе координат построить график поля  $g$ , соблюдая все необходимые правила построения графиков. Результаты решения обратной задачи должны быть представлены на одном чертеже с графиками.

Таблица 3

Вари- ант	g (0)	g ( $\pm 10$ )	g ( $\pm 20$ )	g ( $\pm 30$ )	g ( $\pm 40$ )	g ( $\pm 50$ )	g ( $\pm 60$ )	g ( $\pm 70$ )	g ( $\pm 80$ )	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>
1	0,52	0,49	0,38	0,27	0,19	0,13	0,09	0,06	0,05	0,7
2	0,47	0,45	0,39	0,32	0,25	0,19	0,15	0,11	0,09	0,8
3	0,58	0,55	0,46	0,37	0,28	0,21	0,15	0,11	0,09	0,7
4	0,81	0,77	0,67	0,55	0,43	0,33	0,25	0,19	0,15	0,7
5	0,57	0,54	0,46	0,36	0,27	0,20	0,15	0,11	0,09	0,8
6	0,61	0,56	0,46	0,35	0,25	0,18	0,13	0,10	0,07	0,8
7	0,50	0,47	0,40	0,32	0,24	0,18	0,13	0,10	0,08	0,7
8	0,67	0,64	0,56	0,46	0,36	0,27	0,21	0,16	0,12	0,8
9	0,43	0,41	0,35	0,27	0,21	0,15	0,11	0,09	0,06	0,9
10	0,60	0,55	0,43	0,32	0,21	0,15	0,10	0,07	0,05	0,8
11	0,71	0,67	0,57	0,45	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11	0,7
12	0,53	0,49	0,40	0,31	0,22	0,16	0,12	0,08	0,04	0,7
13	0,62	0,58	0,47	0,36	0,26	0,19	0,13	0,10	0,07	0,7
14	0,53	0,49	0,40	0,31	0,22	0,16	0,11	0,08	0,05	0,6
15	0,42	0,32	0,22	0,16	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,6
16	0,61	0,58	0,49	0,39	0,29	0,22	0,16	0,12	0,09	0,6
17	0,53	0,49	0,38	0,27	0,18	0,13	0,09	0,05	0,03	0,7
18	0,48	0,45	0,38	0,32	0,24	0,19	0,14	0,11	0,09	0,8
19	0,60	0,56	0,46	0,39	0,28	0,22	0,15	0,10	0,09	0,7



**Задание 3.** Обработка результатов гравитационных наблюдений вдоль профиля.

В зависимости от характера размещения пунктов наблюдений гравиметрические съемки подразделяются на площадные и маршрутные (профильные). Площадной называется такая съемка, при которой пункты наблюдения размещены по площади более или менее равномерно. Маршрутной (или профильной) называется такая съемка, при которой пункты наблюдений расположены вдоль отдельных профилей и маршрутов, не связанных между собой. Такая съемка дает представление о характере гравитационного поля лишь вдоль профиля или маршрута.

Используемые при гравиметрической съемке гравиметры позволяют измерять лишь относительные значения силы тяжести, то есть приращения гравитационного поля между выбранной парой пунктов.

При любой гравиметрической съемке создается сеть исходных опорных гравиметрических пунктов с точно известными значениями гравитационного поля, которые служат для привязки всех наблюдений к единому уровню и для учета поправки за дрейф нуля-пункта гравиметра.

Для исключения влияния механических устройств гравиметра на результаты наблюдения на каждом пункте снимают 3 показания отчетного устройства прибора, которые записывают в журнал наблюдения, и туда же заносят данные о номере пункта наблюдения, времени наблюдения и температуре внутри прибора.

Рядовая съемка проводится чаще всего от одной опорной точки до другой.

Из трех отчетов на каждой точке в колонке «отсчет» по шкале гравиметра в нижней строке записывается среднее значение, которое и используется при дальнейшей обработке.

Первоначально вычисляется так называемый приведенный отсчет, представляющий собой разность между средним показанием гравиметра в какой-либо точке рейса и показанием его на опорном пункте, открывающем данный рейс. Вычисления выполняются с точностью до тысячных долей и записываются в графу «Приведенный отсчет» в делениях.

Следующей операцией является перевод приведенного отсчета в делениях в приведенный отсчет в миллигалах путем перемножения первого на цену деления гравиметра. Результат вычисляется с точностью до сотых долей миллигала и записывается в очередную графу.

Величина смещения нуля-пункта в рейсе определяется по сопоставлению разности значений силы тяжести между опорными пунктами, полученной по наблюдениям, и разностью твердых значений силы тяжести на этих же пунктах. Поправку за нуль-пункт в рядовые наблюдения вводят пропорционально времени, прошедшему с момента выполнения наблюдения на начальном опорном пункте до наблюдения на данном рядовом пункте в предположении, что нуль-пункт изменяется линейно, т. е.:

$$\Delta g_{н.п} = \frac{(\Delta g_{набл} - \Delta g_{оп}) \cdot (t_i - t_1)}{(t_2 - t_1)},$$

где  $\Delta g_{н.п}$  – поправка за нуль-пункт гравиметра;  $\Delta g_{набл}$  – величина разности значений силы тяжести между опорными пунктами по наблюдениям;  $\Delta g_{оп}$  – твердое значение силы тяжести между опорными пунктами;  $t_1$  – время начала рейса;  $t_2$  – время окончания рейса;  $t_i$  – время наблюдения на рядовой точке с  $i$ -м номером.

Поправку за смещения нуля-пункта на рядовом пункте можно определять также графическим способом. Для этого в декартовой системе координат по оси абсцисс в удобном масштабе откладывается время наблюдения на опорных точках, а по оси ординат – поправка за дрейф нуля-пункта (в мГал) на ОП 1 равное 0, а на ОП 2 равное  $\Delta g_{набл} - \Delta g_{оп}$ . Полученные точки соединяются прямой линией. С этого графика для рядовых пунктов снимается значение поправки за смещение нуля-пункта в соответствии со временем наблюдения.

Результат вычисления поправки  $\Delta g_{нп}$  заносится в графу «Поправка за дрейф нуля-пункта». Затем производится вычисление величины  $\Delta g_{испр}$  (исправленное за дрейф нуля-пункта приращение силы тяжести). Оно получается путем вычитания поправки за дрейф нуля-пункта из приведенного отсчета в миллигалах.

Заключительная операция – вычисление наблюдаемых значений силы тяжести  $g_{\text{набл}}$  – осуществляется прибавлением  $\Delta g_{\text{испр}}$  к абсолютному значению силы тяжести на начальной опорной точке. В результате этой операции во всех рядовых точках рейса будут вычислены наблюдаемые абсолютные значения силы тяжести, являющиеся исходными данными для определения аномальных значений силы тяжести.

*Пример обработки рядового рейса гравиметрической съемки между опорными точками ОП 1 и ОП 2 с  $g_{\text{оп 1}} = 2,70$  мГал,  $g_{\text{оп 2}} = 3,4$  мГал, цена деления гравиметра  $C = 5,55$  мГал/дел.*

Таблица 4

Номер точки	Время наблюдения	Отсчет по шкале гравиметра в делениях	Приведен. отчет в делениях	Приведен. отчет, мГал	Поправка за дрейф нуля-пункта, мГал	$\Delta g_{\text{испр}}$ , мГал	$g_{\text{набл}}$ , мГал
ОП 1	$10^{00}$	4,235					
ПК 1		4,230					
		4,225					
		4,230	0	0	-0	0	2,70
ПК 2	$10^{10}$	4,330					
		4,340					
		4,350					
		4,340	0,110	0,61	-0,04	0,65	3,35
ПК 3	$10^{20}$	4,550					
		4,560					
		4,570					
		4,560	0,330	1,83	-0,07	1,90	4,60
ПК 4	$10^{25}$	4,015					
		4,020					
		4,025					
		4,020	-0,210	-1,17	-0,09	-1,08	1,62
ПК 5	$10^{30}$	3,840					
		3,840					
		3,870					
		3,850	-0,380	-2,11	-0,11	-2,00	0,70
ОП 2	$10^{40}$	4,335					
ПК 6		4,330					
		4,325					
		4,330	0,100	0,56	-0,14	0,70	3,40

Наблюдаемое значение силы тяжести представляет собой суммарный гравитационный эффект нескольких факторов. Для целей геологической разведки наибольший интерес представляет притяжение, создаваемое

плотностными неоднородностями коры и верхней мантии, которое называется аномалиями силы тяжести.

При вычислении аномалий в наблюдаемое значение силы тяжести вводятся поправки (редукции). Формула для вычисления аномальных значений силы тяжести имеет вид:

$$g_a^B = g_{\text{набл}} - g_0 + (0,3086 - 0,0419\sigma)h + \Delta_p g.$$

Слагаемое  $(0,3086 - 0,0419\sigma)h$  называется поправкой, или редукцией Буге  $\Delta g^B$ . Если местность более или менее ровная, то величина  $\Delta_p g$  мала и ею можно пренебречь. Если съемка проводится на участке небольших размеров (100–200 м в поперечнике), то изменениями  $g_0$  также можно пренебречь (они составят не более 0,10 мГл). Тогда аномалия Буге определяется в виде:  $g_a^B = g_{\text{набл}} + (0,3086 - 0,0419\sigma)h$ .

Вычисления  $g_a^B$  выполняются в специальной ведомости (таблица 5).

*Пример вычисления аномалий Буге ( $g_a^B$ ).* Плотность промежуточного слоя примем равной 2,00 г/см<sup>3</sup>. Поправками за нормальное поле и за рельеф пренебрегаем.

Таблица 5

№ ПК	Высота над уровнем моря (h), м	Наблюдаемое значение силы тяжести ( $g_{\text{набл}}$ ), мГал	Поправка Буге ( $\Delta g^B$ ), мГал	Аномалия Буге ( $g_a^B$ ), мГал
1	100	2,70	22,48	25,18
2	104	3,35	23,38	26,73
3	106	4,60	23,83	28,43
4	108	1,62	24,28	25,90
5	95	0,70	21,36	22,06
6	90	3,40	20,23	23,63

Графическое изображение результатов гравиметрической съемки состоит в построении графиков изменения аномалий Буге вдоль профиля. По оси абсцисс откладываются расстояния точек от принятого начала профиля и подписываются номера точек на соответствующих расстояниях, а по оси ординат откладываются значения  $g_a^B$  в выбранном масштабе.

*Исходные данные для выполнения задания 3.*

Выполнить обработку рядового рейса при гравиметрической съемке по приведенным ниже данным и построить график  $g_a^B$ .

Наблюдения выполнены в 15 пунктах рядовой сети между опорными точками ОП 1 и ОП 2, расстояние между точками рядовой сети 20 м. Начало съемки в 12<sup>00</sup>, окончание в 14<sup>20</sup>, время между наблюдениями в соседних пунктах 10 мин. При этом в каждой точке получены следующие значения отчетов по шкале гравиметра:

ПК1	4,378	ПК2	4,489	ПК3	4,578	ПК4	4,590	ПК5	4,613
ОП1	4,368		4,482		4,570		4,599		4,619
	4,384		4,474		4,568		4,595		4,610
ПК6	4,778	ПК7	4,789	ПК8	4,878	ПК9	4,990	ПК10	4,913
	4,768		4,782		4,870		4,992		4,919
	4,782		4,778		4,867		4,996		4,911
ПК11	4,878	ПК12	4,789	ПК13	4,678	ПК14	4,580	ПК15	4,414
	4,866		4,786		4,671		4,588	ОП2	4,419
	4,884		4,774		4,668		4,585		4,410

Высота пунктов над уровнем моря (n – номер варианта):

ПК	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h, м	n + 50	n + 52	n + 58	n + 60	n + 61	n + 65	n + 68	n + 66	n + 64
ПК	10	11	12	13	14	15			
h, м	n + 60	n + 58	n + 56	n + 53	n + 50	n + 45			

Значения  $g$  в точках опорной сети, цену деления гравиметра, плотность промежуточного слоя взять из таблицы 6 по варианту.

Таблица 6

Вари- ант	$g_{ОП1}$ , мГал	$g_{ОП2}$ , мГал	$c$ , мГал/ дел	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>	Вари- ант	$g_{ОП1}$ , мГал	$g_{ОП2}$ , мГал	$c$ , мГал/ дел	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>
1	4,52	5,56	5,60	2,00	16	5,10	4,12	5,56	2,15
2	4,80	4,20	5,62	2,01	17	4,70	3,90	5,57	2,16
3	4,90	5,80	5,63	2,02	18	4,30	3,50	5,56	2,17
4	5,00	6,02	5,66	2,03	19	4,11	5,18	5,54	2,18
5	5,15	6,00	5,70	2,04	20	3,99	4,67	5,53	2,19
6	5,00	4,02	5,46	2,05	21	5,52	6,56	5,50	2,20
7	4,60	3,80	5,47	2,06	22	5,80	5,20	5,52	2,21
8	4,20	3,40	5,46	2,07	23	5,90	5,80	5,53	2,22
9	4,01	5,08	5,44	2,08	24	6,00	7,02	5,56	2,23
10	3,89	4,57	5,43	2,09	25	5,15	7,00	5,60	2,24
11	4,62	5,66	5,67	2,10	26	6,00	5,02	5,56	2,25
12	4,70	4,30	5,72	2,11	27	5,60	4,80	5,57	2,26
13	4,80	5,90	5,73	2,12	28	5,20	4,40	5,56	2,27
14	5,10	6,12	5,76	2,13	29	5,01	6,08	5,54	2,28
15	5,25	6,10	5,60	2,14	30	4,89	5,57	5,53	2,29

### Практическая работа № 3

#### Изучение «парадокса анизотропии» путем расчета кажущихся удельных сопротивлений по многоазимутным направлениям

Измеряется электрическое поле  $U$  над однородной анизотропной средой (угол падения слоев пород составляет  $\alpha^0$  по многоазимутным направлениям. Пересчет поля в кажущиеся удельные сопротивления  $\rho_k$  и построение их полярной диаграммы указывает,

что значения  $\rho_k$  вдоль простирания пород больше, чем вкрест простирания. В то же время для истинных удельных сопротивлений имеется обратное соотношение. Поэтому существующее несоответствие распределения кажущихся и истинных сопротивлений в анизотропной среде называют «парадоксом анизотропии».

Исходные данные:  $\alpha = 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ , и  $85^\circ$  – угол падения пород;  $\varphi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ, 180^\circ, 225^\circ, 270^\circ, 315^\circ$  – направление измерения поля по лучам;  $\lambda = 2, 3$  и  $4$  – коэффициенты анизотропии;  $\rho_m$  – среднее удельное сопротивление среды,  $\rho_m = 100/1, 110/2, 120/3, 130/4, 140/5, 150/6, 160/7, 170/8, 180/9, 190/10, 200/11, 210/12, 220/13, 230/14, 240/15, 250/16, 260/17$ , где в знаменателе приведены варианты расчетов.

### Содержание работы

1. Вычислить кажущиеся удельные сопротивления  $\rho_k$  по многоазимутным направлениям при различных  $\alpha$  и  $\lambda$  по следующей формуле:

$$\rho_k = \frac{\rho_m}{\sqrt{1 + (\lambda^2 - 1) \cdot \sin^2 \varphi \cdot \sin^2 \alpha}}$$

2. Построить полярные диаграммы распределения кажущихся удельных сопротивлений  $\rho_k$  для различных  $\alpha$  и  $\lambda$ . На диаграммы вынести направление слоистости и угол падения пород.

3. Сделать заключение о распределении сопротивлений  $\rho_k$  вкрест и вдоль простирания пород в зависимости от угла падения пород  $\alpha$  и  $\lambda$ . Вычислить % расхождения  $\rho_k$  по простиранию и в крест простирания пород по лучам  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .

## Практическая работа №4

### Расчет КНД группирования приемников и источников

#### Теоретическая часть

Группированием приемников называется подключение к входу каждого регистрирующего канала сейсмостанции группы из нескольких приемников. Группирование источников - одновременное или с некоторой задержкой возбуждение волн группой источников.

Для изучения влияния группирования на параметры регулярных и нерегулярных волн используется единая теория интерференционных систем.

Интерференционная система характеризуется:

- $n$  – количеством элементов;
- $dx$  – расстоянием между элементами;
- $L$  – длиной базы группирования;
- $\mu_i$  – распределением чувствительности.

Группирование – это простейшая интерференционная система, суммирование колебаний в ней выполняется на малых базах, не превышающих несколько сотен метров. В таких случаях волны можно считать плоскими, т.е. имеющими на базе группирования постоянные кажущиеся скорости:  $V_k = const$ .

Для оценки свойств интерференционной системы пользуются понятием коэффициента направленного действия – КНД. Понятие КНД определяется как отношение энергии колебаний на выходе группы  $E_\Sigma$  к максимально возможной энергии  $E_{\max}$  при синфазном сложении этих колебаний:

$$КНД = \frac{E_\Sigma}{E_{\max}} = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \left[ \sum_{i=1}^n \mu_i f(t + \Delta t_{i-1}) \right]^2 dt}{\left[ \sum_{i=1}^n \mu_i \right]^2 \int_{-\infty}^{+\infty} f^2(t) dt},$$

где  $\mu_i$  – чувствительность каждого элемента группы;  $f(t)$  – форма импульса наблюдаемых волн;  $\Delta t_i$  – разность времени вступления волны между первым и  $i$ -тым элементом группы.

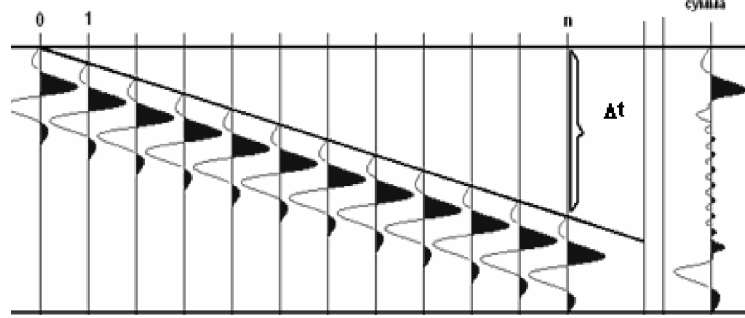


Рис.1. Пример подавления плоской волны группой из  $n$  элементов

Параметр, определяющий подавление плоской волны интерференционной системой рассчитывается как  $\frac{\Delta t}{T}$ , где:  $\Delta t$  – разность времени вступления волны между 1 и  $n$ -ым элементами группы;  $T$  – период волны.

При использовании равномерных линейных групп небольшой протяженности  $\frac{\Delta t}{T}$  можно считать равным:

$$\frac{\Delta t}{T} = \frac{dx (n - 1)}{V_k T} = \frac{dx (n - 1)}{\lambda_k} = \frac{dx (n - 1)}{V_k}$$

Таким образом, селективные свойства группирования зависят от соотношения параметров группы  $dx$ ,  $n$  и подавляемой волны  $V_k$ ,  $T$ . Т.к. КНД представляет собой отношение энергий, амплитудный эффект группирования определяется значением  $\sqrt{КНД}$ .

При проектировании параметров группирования задаются необходимым подавлением, которое должна обеспечить группа в заданном диапазоне кажущихся скоростей  $V_{k \text{ MIN}} \div V_{k \text{ MAX}}$  и периодов  $T_{\text{MIN}} \div T_{\text{MAX}}$  волн-помех. Необходимое подавление  $\beta_1$  определяется отношением амплитуды полезной волны  $a_{\text{полез}}$  к амплитуде волны-помехи  $a_{\text{помех}}$ :

$$\beta_1 = \frac{a_{\text{полез}}}{a_{\text{помех}}}$$

На полевых записях уровень поверхностных волн-помех всегда превышает амплитуду полезных волн и отношение  $\beta_1$  много меньше единицы. Задача группирования состоит в увеличении этого отношения до уровня 1.5-2.

**Задание.** Выбрать оптимальные параметры групп приемников и источников и оценить их влияние на амплитуду полезной волны. Достаточным подавлением считать такое, при котором:  $\beta_2 = 2$ .

Система наблюдения МОВ: расстояние между приемниками  $\Delta X_{\text{ПП}} = 50$  м; расстояние между пунктами взрыва  $\Delta X_{\text{ПВ}} = 100$  м. Имеется возможность создавать группы максимум из 24 приемников и 5 вибрационных источников. Минимальное расстояние между источниками – 5 м, между приемниками – 1 м.

По данным полевых работ определен диапазон параметров низко- и среднескоростных волн-помех:  $T$  – видимый период;  $V_k$  – кажущаяся скорость;  $\beta_1$  – отношение амплитуды полезной волны к амплитуде помех.

Полезная отраженная волна характеризуется параметрами:  $V_k = 10000 \div 50000$  м/с,  $T = 20 \div 25$  мс.

Таблица 1 Варианты задания

№ вар	$V_{k\text{ MIN}}$ , м/с	$V_{k\text{ MAX}}$ , м/с	$T_{\text{MIN}}$ , мс	$T_{\text{MAX}}$ , мс	$\beta_1$	$V_{k\text{ MIN}}$ , м/с	$V_{k\text{ MAX}}$ , м/с	$T_{\text{MIN}}$ , мс	$T_{\text{MAX}}$ , мс	$\beta_1$
1	300	500	100	125	0.10	500	2000	45	50	0.20
2	300	400	65	100	0.20	600	2400	40	50	0.40
3	300	550	60	100	0.40	600	2400	40	50	0.20
4	300	600	60	100	0.15	600	2600	40	50	0.40
5	300	700	95	100	0.20	700	2800	33	50	0.40
6	300	800	90	100	0.40	700	2800	33	50	0.20
7	300	700	90	100	0.15	600	2500	30	50	0.40
8	300	800	80	100	0.20	700	2900	30	50	0.40
9	300	600	90	100	0.40	600	2800	40	50	0.20
10	300	700	60	100	0.10	700	2600	40	50	0.40
11	300	800	70	100	0.20	600	2700	30	50	0.40
12	300	700	80	100	0.15	700	2800	30	50	0.20

### Методические указания к выполнению задания

#### 1. Выбор параметров группы приемников.

Оцените необходимый уровень подавления  $\gamma$ , увеличивающий отношение сигнал/помеха с  $\beta_1$  до  $\beta_2 = 2$ . Переведите подавление  $\gamma$  в децибелы.

$$\gamma = \frac{\beta_2}{\beta_1} \text{ (дБ)}.$$

Выберите группу, обеспечивающую необходимое подавление  $\sqrt{КНД} = \gamma$  по числу  $n$  и диапазону расстояний между приемниками  $dx$ , в большей части интервала  $V_{k\text{ MIN}} \div V_{k\text{ MAX}}$  для низкоскоростных волн-помех. Запишите параметры выбранной группы:  $dx_{1\text{ опт}}$ ,  $n_{1\text{ опт}}$  и  $L_{1\text{ опт}}$ . Подобранные параметры группы приемников считаются подобранными и больше не изменяются. Чтобы не смешивать влияние групп приемников и источников, расстояние между приемниками зафиксируйте на оптимальном значении:

$$dx_{1\text{ MIN}} = dx_{1\text{ MAX}} = dx_{1\text{ опт}}.$$

#### 2. Выбор параметров групп источников и приемников.

Рассчитайте уровень подавления  $\gamma$  для среднескоростных волн-помех и переведите его в децибелы. Не изменяя параметров группы приемников, подберите группу источников которая обеспечивает подавление  $\gamma$  в большей части интервала  $V_{k\text{ MIN}} \div V_{k\text{ MAX}}$  для среднескоростных волн помех. Запишите параметры выбранной группы:  $dx_{2\text{ опт}}$ ,  $n_{2\text{ опт}}$  и  $L_{2\text{ опт}}$ . После этого введите:

$$dx_{2\text{ MIN}} = dx_{2\text{ MAX}} = dx_{2\text{ опт}}.$$

#### 3. Определение влияние группирования на полезную волну.

Зафиксировав параметры групп приемников и источников, введите параметры полезной отраженной волны и найдите ее максимальное подавление. Запишите это значение.

#### 4. Представление результатов

5. Начертите зависимости  $\sqrt{КНД}$  от  $V_k$  для низко и среднескоростных помех и полезной волны на одном графике.

### 2) Примерные темы рефератов

1. Происхождение планеты Земля.
2. Магнитное поле земли.
3. Миграция магнитных полюсов Земли.
4. Палеомагнетизм.
5. Воздействие геофизических полей на биосферу.
6. Предвестники землетрясений.
7. Магнитные бури.



8. Путешествие вглубь Земли.
9. Сейсмичность Земли.
10. ИК-съёмка земной поверхности.
11. Каротаж.
12. Техногенное физическое загрязнение.
13. Живые геофизические приборы.
14. Магнитные свойства горных пород.
15. Аэромагнитные и гидромагнитные съёмки.

### **Вопросы к экзамену**

1. Методы фундаментальной и прикладной геофизики. Характеристика физических полей Земли и физических свойств горных пород
2. Параметры физических полей. Физические свойства горных пород
3. Особенности технологии геофизических работ. Обработка и интерпретация геофизических данных
4. Информационная модель в геофизике. Классификации геофизических методов исследования земной коры и их комплексирование
5. Классификации геофизических методов. Комплексирование геофизических методов
6. Основы теории гравиразведки. Нормальное гравитационное поле Земли.
7. Аномалии и редукции силы тяжести. Плотность горных пород
8. Аппаратура для гравиразведки. Принципы измерения силы тяжести.
9. Маятниковые приборы. Гравиметры.
10. Методика гравиразведки. Интерпретация гравитационных аномалий.
11. Прямые и обратные задачи гравиразведки. Геологическая интерпретация данных гравиразведки.
12. Основы теории геомагнитного поля и магниторазведки. Элементы геомагнитного поля и его происхождение.
13. Нормальное и аномальное магнитное поле. Вариации магнитного поля.
14. Магнитные свойства горных пород. Аппаратура для магниторазведки.
15. Принципы измерений геомагнитного поля. Феррозондовые магнитометры.
16. Протонные магнитометры. Квантовые магнитометры.
17. Аппаратура для измерения магнитных свойств горных пород.
18. Методика магниторазведки. Полевая магнитная съёмка.
19. Аэромагнитные и гидромагнитные съёмки.
20. Другие виды магнитных измерений. Интерпретация магнитных аномалий.
21. Прямые и обратные задачи магниторазведки.
22. Прямая и обратная задачи для вертикального бесконечного стержня (цилиндра).
23. Прямая и обратная задачи для вертикального намагниченного шара.
24. Основные выводы из анализа решений прямых и обратных задач магниторазведки.
25. Интерпретация данных магниторазведки. Геологическое истолкование результатов магниторазведки.
26. Физико-математические и геологические основы электроразведки. Принципы решения прямых задач электроразведки.
27. Электромагнитные поля, используемые в электроразведке. Естественные переменные электромагнитные поля.
28. Геоэлектрoхимические поля. Искусственные постоянные электрические поля.
29. Искусственные переменные гармонические электромагнитные поля.
30. Искусственные импульсные (неустановившиеся) электромагнитные поля.
31. Радиоволновые поля. Импульсные радиолокационные поля.
32. Поле ядерно-магнитной резонансной прецессии (ЯМРП). Пьезоэлектрические поля.
33. Электромагнитные свойства горных пород. Удельное электрическое сопротивление горных пород.

34. Электрохимическая активность и поляризуемость. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.
35. Пьезоэлектрические модули. Аппаратура и оборудование для электроразведки.
36. Общая характеристика применяемых в электроразведке технических средств.
37. Примеры электроразведочной аппаратуры. Методы электроразведки.
38. Сущность и методика электромагнитных зондирований.
39. Общая характеристика электромагнитных зондирований (ЭМЗ).
40. Электрические зондирования. Зондирование методом вызванной поляризации.
41. Магнитотеллурические методы. Зондирование методом становления поля.
42. Частотные электромагнитные зондирования. Высокочастотные зондирования.
43. Ядерно-магнитное резонансное томографическое зондирование (ЯМР-ТЗ).
44. Сущность и методика электромагнитных профилирований. Метод естественного электрического поля.
45. Электропрофилирование методом сопротивлений. Электропрофилирование методом вызванной поляризации.
46. Метод переменного естественного электромагнитного поля. Низкочастотное гармоническое профилирование.
47. Метод переходных процессов. Аэроэлектроразведка.
48. Радиоволновое профилирование. Пьезоэлектрические методы.
49. Подземные методы электроразведки. Геоэлектрохимические методы.
50. Метод заряженного тела (МЗТ) или заряда (МЗ). Индукционное просвечивание.
51. Метод радиоволнового просвечивания. Подземный вариант ПЭМ.
52. Интерпретация данных электроразведки и решаемые задачи.
53. Интерпретация электромагнитных зондирований.
54. Качественная интерпретация. Количественная интерпретация графоаналитическими способами.
55. Палеточные методы интерпретации ЭМЗ. Компьютерная интерпретация кривых ЭМЗ методом подбора.
56. Интерпретация высокочастотных радиоволновых (РВЗ) и радиолокационных (РЛЗ или РЛМ) зондирований.
57. Результаты геолого-геофизического истолкования данных ЭМЗ. Интерпретация данных электромагнитного профилирования.
58. Применение методов электромагнитного профилирования. Интерпретация и области применения подземных методов электроразведки.
59. Общие сведения о сейсморазведке. Физические и геологические основы сейсморазведки.
60. Основы теории упругости. Упругие волны в безграничных средах. Упругие волны в слоистых средах.
61. Особенности распространения сейсмических волн в реальных средах. Скорости сейсмических волн .
62. Поглощение упругих волн. Зона малых скоростей.
63. Типы скоростей в слоистых средах. Типы сейсмических границ.
64. Обоснование сейсмических методов разведки. Волны-помехи.
65. Сейсморазведочная аппаратура. Источники упругих волн. Приемники упругих волн.
66. Интерференционные системы приема и возбуждения упругих волн.
67. Сейсмостанции. Методика и системы наблюдений.
68. Метод отраженных волн. Прямые кинематические задачи метода отраженных волн при общем пункте возбуждения (ОПВ).
69. Кинематика кратных отраженных волн. Наблюдения по методу общей глубинной точки.
70. Системы наблюдений в методе отраженных волн. Метод преломленных (головных) волн.

71. Прямые кинематические задачи метода преломленных волн. Системы наблюдений в методе преломленных волн.
72. Методика полевых наблюдений МПВ. Обработка и интерпретация данных сейсморазведки.
73. Интерпретационные модели в сейсморазведке. Обработка сейсмограмм.
74. Обработка и интерпретация данных метода отраженных волн.
75. Интерпретация данных метода преломленных волн.
76. Применение сейсморазведки для решения различных геологических задач.
77. Сейсморазведка при поисках углеводородов. Малоглубинная (инженерная) сейсморазведка.
78. Сейсморазведка при решении рудных задач. Глубинные сейсмические исследования.
79. Физико-геологические основы терморазведки. Тепловое поле Земли и его параметры.
80. Региональный и локальный тепловые потоки в земной коре. Принципы теории терморазведки.
81. Тепловые и оптические свойства горных пород. Методы терморазведки.
82. Аппаратура для геотермических исследований. Радиотепловые и инфракрасные съемки.
83. Региональные геотермические исследования. Поисково-разведочные геотермические работы. Применение терморазведки для изучения геологической среды.
84. Физико-химические и геологические основы ядерной геофизики. Общие сведения о радиоактивности.
85. Взаимодействие радиоактивных излучений с окружающей средой. Радиоактивность горных пород и руд.
86. Методы определения и содержание радиоактивных элементов в земной коре. Радиоактивность минералов.
87. Радиоактивность горных пород, руд, вод и газов. Ядерно-физические свойства горных пород и руд.
88. Общая характеристика ядерно-физических свойств горных пород и руд. Гамма-лучевые свойства горных пород и руд.
89. Нейтронные свойства горных пород и руд. Аппаратура и методы, применяемые в ядерной геофизике.
90. Аппаратура для ядерно-геофизических исследований.
91. Радиометрические методы разведки. Основные понятия радиометрии. Аэрогамма-съемка. Автогамма-съемка. Пешеходная гамма-съемка. Глубинная гамма-съемка.
92. Задачи гамма- и гамма-спектрометрической съемки. Эманиационная съемка.
93. Метод подземной регистрации космических излучений.
94. Определение абсолютного возраста пород.
95. Ядерно-физические методы. Общая характеристика ядерно-физических (радиоизотопных) методов Радиоизотопные гамма-методы. Радиоизотопные нейтронные методы.
96. Некоторые сведения из истории ГИС. Керн и ГИС.
97. Характеристика скважины как объекта исследования. Классификация методов, решаемые задачи и схема установки ГИС.
98. Методы электрометрии. Каротаж потенциалов самопроизвольной поляризации.
99. Каротаж потенциалов вызванной поляризации. Удельное электрическое сопротивление водных растворов и горных пород.
100. Каротаж сопротивления нефокусированными зондами. Каротаж сопротивления фокусированными зондами – боковой каротаж.
101. Индукционный каротаж. Диэлектрический каротаж. Микрокаротаж.
102. Методы радиометрии скважин. Основные блоки аппаратуры для РК.
103. Гамма-каротаж. Гамма-гамма-каротаж. Рентгенорадиометрический каротаж.

104. Нейтронный каротаж. Импульсный нейтронный каротаж. Ядерно-магнитный каротаж.
105. Сейсмоакустические методы. Общая характеристика сейсмоакустических методов.
106. Акустический каротаж. Акустический каротаж на отраженных волнах.
107. Вертикальное сейсмическое профилирование. Термические и магнитные методы.
108. Термический каротаж. Магнитный каротаж.
109. Исследование скважин в процессе бурения. Методы, основанные на использовании буровой техники.
110. Газовый каротаж. Исследование каменного материала.
111. Изучение технического состояния скважин. Инклинометрия. Кавернометрия и профилометрия.
112. Комплексное применение методов ГИС.
113. Нефтегазовые месторождения. Угольные и рудные месторождения.
114. Понятие о геофизическом комплексе. Физико-геологическая модель.
115. Определение физико-геологической модели. Формирование и типы ФГМ.
116. Условия эффективного применения геофизических методов. Неоднозначность решения обратных задач геофизики.
117. Качественная неоднозначность по определению природы геофизических аномалий.
118. Количественная неоднозначность при решении обратных задач. Сужение пределов неоднозначности.
119. Комплексная интерпретация геофизических данных. Комплексный анализ геофизических данных.
120. Количественная комплексная интерпретация геофизических данных с помощью регрессионного анализа.
121. Геологическая интерпретация комплексных геофизических данных. Оценка морфологии объектов.
122. Оценка мощности и глубины залегания объектов. Оценка вещественного состава.
123. Оценка возраста объектов. Выбор геофизического комплекса.
124. Основные принципы выбора комплекса. Условия формирования геофизического комплекса.
125. Виды комплексирования геофизических методов.
126. Основы петрофизики. Петрофизика и геофизические свойства горных пород.
127. Геолого-гидрогеологические и деформационно-прочностные свойства. Методика измерений физических свойств горных пород.
128. Взаимосвязи петрофизических свойств горных пород. Петрофизические карты.
129. Глубинная геофизика и основы физики Земли. Методы глубинной геофизики.
130. Строение Земли по геофизическим данным. Региональная геофизика.
131. Методы региональной глубинной и структурной геофизики.
132. Региональные картировочно-поисковые крупномасштабные геофизические исследования.
133. Поиски и разведка полезных ископаемых геофизическими методами.
134. Физико-геологические модели объектов поисков как основа геофизических поисков и разведки твердых полезных ископаемых.
135. Нефтегазовая геофизика. Рудная геофизика. Нерудная и угольная геофизика.
136. Инженерная геофизика. Геофизические методы исследования геологической среды.
137. Гидрогеологическая и почвенно-мелиоративная геофизика.
138. Инженерно-геологическая и горная геофизика.
139. Мерзлотно-гляциологическая геофизика.
140. Техническая и археологическая геофизика.
141. Экологическая и медицинская геофизика.
142. Экологическая геофизика и геофизическая экология.

143. Эколого-геофизические исследования и мониторинг геодинамических природных и техногенных процессов.
144. Эколого-геофизические исследования и мониторинг вещественного (химического или геохимического) загрязнения окружающей среды Техногенное физическое загрязнение.
145. Медицинская геофизика.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Основная литература:**

1. Геофизика. Учебник / Под ред. В.К.Хмелевского. 3-е изд. - М.: КДУ, 2012. - 320 с.
2. Хмелевской, В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1. Методы прикладной и скважинной геофизики. - Дубна: Межд.унив. природы, общества и человека "Дубна", 1997. - 276 с.
3. Хмелевской, В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Кн. 1. Региональная, разведочная, инженерная и экологическая геофизика. - Дубна: Межд.унив. природы, общества и человека "Дубна", 1999. - 184 с.

### **Дополнительная литература:**

4. Трухин, В.И. Общая и экологическая геофизика. Учебник / В.И. Трухин, К.В. Показеев, В.Е. Куницын. - М.: Физматлит, 2005. - 576 с.

### **Электронные образовательные ресурсы (ЭОР):**

1. «Университетская библиотека online» – электронная библиотечная система – <http://biblioclub.ru/>

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" – <http://window.edu.ru/>;
2. Мир энциклопедий encyclopedia.ru – <http://www.cnshb.ru/AKDiL/0042/default.shtm>;
3. Все о геологии – [http://geo.web.ru/db/top\\_geo.html?s=121101000](http://geo.web.ru/db/top_geo.html?s=121101000);
4. Геофизические методы поисков и разведки полезных ископаемых – <http://geofizic.ru>

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, решения задач и выполнения лабораторных работ.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции, практические занятия. В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **Планы практических занятий**

#### **Занятие 1. «Решение прямой и обратной задачи гравиразведки для шара» (4 часа)**

##### **План:**

1. Ознакомиться с теоретической частью работы;
2. Выполнить задания 1, 2.

*Литература:* [1, с. 20-42].

##### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте силу притяжения и ее потенциал, их связь и размерность. Поясните свойства гравитационного потенциала, уравнения Лапласа и Пуассона и размерности вторых производных.
2. Поясните физический смысл вторых производных потенциала силы тяжести. Охарактеризуйте силу тяжести на поверхности Земли и ее составляющие. Чем отличаются сила притяжения и сила тяжести?
3. Что такое нормальное поле силы тяжести. Понятие геоида.
4. Нормальные значения вторых производных гравитационного потенциала и их физический смысл.
5. Чем вызваны изменения гравитационного поля во времени. Для чего они изучаются в гавиразведке?
6. Что такое редукции и аномалии силы тяжести? Редукция Фая.
7. Редукция Буге и ее физический смысл. Что такое смешанные аномалии?
8. Поправка за рельеф. Способы аппроксимации рельефа и методика расчета. Классификация методов измерения силы тяжести.
9. Сущность маятникового способа измерения силы тяжести. Особенности маятниковых гравиметров.
10. Сущность баллистического способа измерения силы тяжести. Особенности баллистических гравиметров (интерферометров).
11. Струнный способ измерения силы тяжести. Особенности струнных гравиметров. Общее устройство и особенности работы кварцевых астазированных гравиметров. Их типы.
12. Что включает в себя эталонирование гравиметров. Поясните кратко суть операций. Способы определения цены деления гравиметров. Чем они различаются и что в них общее?
13. Порядок наблюдений с гравиметром при рядовой съемке и порядок обработки рейса.
14. Методика гравиметрических работ. Опорные сети (какие, как создаются и для чего нужны).
15. Способы оценки точности опорной сети и рядовой съемки.
16. Как вычисляются аномальные значения силы тяжести? (какие поправки и для чего вводятся).

##### *Задание для самостоятельной работы*

1. Выполнить задание 3.

#### **Занятие 2. «Трансформация и качественная интерпретация результатов гравиметрических и магнитных наблюдений» (4 часа)**

##### **План:**

1. Ознакомиться с теоретической частью работы;
2. Выполнить задания 1, 2.

*Литература:* [1, с. 42-62].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте единицы измерения магнитных величин и их взаимосвязь.
2. Что такое магнитный момент, магнитная восприимчивость, намагниченность веществ. Виды намагниченности.
3. Охарактеризуйте известные вам виды магнетиков. Приведите примеры.
4. Как определяется индукционная намагниченность.
5. В некоторой точке угол  $A = 15^\circ$ ,  $I^\circ = 75^\circ$ ,  $T = 0,4$  Э. Определите значения  $H$  и  $Z$ .
6. Магнитное поле Земли как поле диполя. Охарактеризуйте элементы полного вектора геомагнитного поля.
7. Характеристика нормального магнитного поля Земли. Что такое магнитные и геомагнитные полюса и материковые аномалии.
8. Охарактеризуйте вид магнитного поля Земли по космическим наблюдениям.
9. Что такое магнитные вариации? Каковы их причины, характеристика, классификация и значение для проведения магнитной съемки?
10. Дайте общую характеристику магнитных свойств горных пород (осадочные, интрузивные, эффузивные, метаморфические).
11. Охарактеризуйте принцип измерений магнитного поля оптико-механическими магнитометрами. Каковы их преимущества и недостатки?

#### *Задание для самостоятельной работы*

1. . Выполнить задание 3.

### **Занятие 3. «Изучение «парадокса анизотропии» путем расчета кажущихся удельных сопротивлений по многоазимутным направлениям» (4 часа)**

#### **План:**

1. Вычислить кажущиеся удельные сопротивления  $\rho_k$  по многоазимутным направлениям при различных  $\alpha$  и  $\lambda$ .
2. Построить полярные диаграммы распределения кажущихся удельных сопротивлений  $\rho_k$  для различных  $\alpha$  и  $\lambda$ .

*Литература:* [1, с. 63-109].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Субдукция океанской литосферы.
2. Коллизия континентов.
3. Двухъярусная тектоника плит.
4. Формирование континентальной коры

#### *Задание для самостоятельной работы*

1. Сделать заключение о распределении сопротивлений  $\rho_k$  вкрест и вдоль простирания пород в зависимости от угла падения пород  $\alpha$  и  $\lambda$ . Вычислить % расхождения  $\rho_k$  по простиранию и в крест простирания пород по лучам  $0^\circ$  и  $90^\circ$ .

### **Занятие 4. «Расчет КНД группирования приемников и источников» (4 часа)**

#### **План:**

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Выбрать оптимальные параметры групп приемников и источников и оценить их влияние на амплитуду полезной волны. Достаточным подавлением считать такое, при котором:  $\beta_2 = 2$ .

*Литература:* [1, с. 109-161].

*Вопросы для самоконтроля*

1. Цикл Дж. Вилсона.
2. Спрединг молодого океана.
3. Спрединг зрелого океана.
4. Дивергентные границы плит.
5. Континентальный рифтинг.
6. Геоморфологические индикаторы.
7. Рифтовые горы.
8. Осадочно-формационные индикаторы.
9. Магматические индикаторы.
10. Ретроспективные аномалии.

*Задание для самостоятельной работы*

1. Начертите зависимости  $\sqrt{КНД}$  от  $V_k$  для низко и среднескоростных помех и полезной волны на одном графике.

**Занятие 5. «Определение термических свойств горных пород и полезных ископаемых» (4 часа)**

**План:**

1. Определить коэффициент теплопроводности, горной породы.
2. Рассчитать удельную теплоемкость.
3. Определить темп охлаждения.

*Литература:* [1, с. 163-172].

*Вопросы для самоконтроля*

1. Какие тепловые и оптические свойства горных пород используются в терморазведке?
2. В чем разница между теплопроводностью и температуропроводностью?
3. Охарактеризуйте в целом тепловое поле Земли и причины тепловых аномалий.
4. С чем связаны региональные тепловые аномалии?
5. Охарактеризуйте источники локальных тепловых потоков.
6. Поясните принципы измерения температуры и ее градиентов в терморазведке.
7. Охарактеризуйте величины геотермических ступеней в различных крупных структурах земной коры. В силу, каких причин, по вашему мнению, они варьируют?

*Задание для самостоятельной работы*

1. Построить график зависимости разности температур точки тела от времени охлаждения.

**Занятие 6. «Оценка качества радиометрической съемки» (4 часа)**

**План:**

1. Вычислить расхождение значений  $\gamma$ -поля между основными  $P_1$  и контрольными  $P_2$  замерами с соответствующими знаками  $\Delta = P_1 - P_2$ .
2. По величине расхождения выявить наличие грубых ошибок и исключить их из дальнейшей обработки.
3. Оценить наличие систематической погрешности одним из описанных способов (корреляционный способ, способ вариационной кривой).
4. Построить вариационную кривую случайных ошибок измерений.
5. Вычислить среднюю квадратическую погрешность:
6. Определить величину доверительного интервала.

*Литература:* [1, с. 174-190].

*Вопросы для самоконтроля*



1. Какие основные виды радиоактивности Вы знаете? Как записываются реакции распада различного типа?
2. Охарактеризуйте физический смысл постоянной распада и периода полураспада и их связь.
3. Что называют радиоактивным рядом (семейством)?
4. Какие радиоактивные семейства Вы знаете, и какие элементы являются их родоначальниками?
5. Охарактеризуйте общие закономерности радиоактивных семейств.
6. Какие радиоактивные семейства и изотопы вносят основной вклад в радиоактивность горных пород?
7. От каких основных факторов зависит пробег  $\alpha$  - и  $\beta$  -частиц в веществе?
8. Что такое экспозиционная доза  $\gamma$  -излучения, и в каких единицах она измеряется? Чем она отличается от мощности дозы?
9. В чем разница между поглощенной дозой и экспозиционной дозой?
10. Что такое газовое усиление в газонаполненных детекторах излучения?
11. Каково принципиальное различие в характере электрического поля в ионизационной камере и пропорциональном счетчике? За счет чего оно достигается?
12. Чем различаются счетчики Гейгера - Мюллера и пропорциональные?
13. Что называется плато счетчика и за счет чего оно образуется для счетчика Гейгера-Мюллера?
14. Какие сцинтилляторы и почему чаще всего используют для регистрации  $\gamma$  -квантов?
15. Какие сцинтилляторы и почему используют обычно используют в спектрометрах  $\gamma$  -излучения?
16. На каком принципе основано раздельное определение содержаний изотопов в спектрометрии?
17. Дайте сравнительную характеристику использования счетчиков Гейгера-Мюллера, пропорциональных, сцинтилляционных и полупроводниковых для регистрации  $\gamma$  -квантов.
18. Какие детекторы используют при спектрометрии  $\gamma$  -излучения?
19. Что такое эманации? Какие эманации Вы знаете?
20. Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на результаты  $\gamma$  -спектрометрической съемки.

*Задание для самостоятельной работы*

1. Оценить качество выполненной  $\gamma$  - съемки.

## **Занятие 7. «Определение термических свойств горных пород по термокаротажу скважин» (4 часа)**

### **План:**

1. Рассчитать тепловой поток по геотермическому градиенту (определяется по геотермограмме) и известной теплопроводности на исследуемом участке.
2. Построить графики распределения геотермического градиента и теплового сопротивления пород по глубине скважины.

*Литература:* [1, с. 163-172].

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое скважина, для решения каких задач она используется?
2. Приведите физико-геологическую классификацию геофизических методов исследования скважин.
3. Какие физические свойства горных пород изучаются при электрических, ядерных, термических, сейсмоакустических, магнитных и гравитационных методах ГИС?
4. Нарисуйте схему выполнения ГИС.

5. Какова схема устройства глубинного прибора для искусственного ядерного каротажа?
6. Для чего применяется кавернометрия и инклинометрия?
7. Какими способами производится перфорация скважин и для чего она нужна?
8. Нарисуйте типичные диаграммы электрического и ядерного методов ГИС.
9. Как выполняется качественная интерпретация диаграмм ГИС?
10. Суть скважинных исследований методом естественного поля.
11. Как выполняются скважинные исследования методом кажущихся сопротивлений.
12. На какие методы тепловых полей подразделяется термический каротаж?
13. Сущность магнитного и гравиметрического каротажа.
14. К какому методу каротажа близок ядерно-магнитный каротаж (ЯМК)?
15. Как выполняется качественная интерпретация ГИС

*Задание для самостоятельной работы*

1. Определить температуропроводность пород по палетке.

## **Занятие 8. «Комплексирование геофизических методов при нефтегазоноисковых работах» (4 часа)**

### **План:**

1. Изучить тему «Комплексная интерпретация геофизических данных».
2. Указать условия, пределы теоретической эквивалентности и найти хотя бы одно из теоретически эквивалентных решений для аномалии, соответствующей Вашему варианту.
3. Определить диапазон изменения параметров объекта или среды (глубина, размеры, физические свойства) в пределах практически эквивалентных решений в соответствии с данными, приведенными в таблице. Указать параметры хотя бы одного из практически эквивалентных объектов.

*Литература:* [1, с. 254-273].

### *Вопросы для самоконтроля*

1. В чем разница между количественной и качественной неоднозначностью решения обратной задачи геофизики?
2. В каких геофизических методах рассматриваются геометрические, временные и частотные обратные задачи?
3. Что Вы можете сказать о постановке прямой задачи, если она имеет эквивалентные решения?
4. Одним из самых надежных методов изучения горизонтально-слоистых сред считается сейсморазведка. Возможна ли теоретическая и (или) практическая эквивалентность при построении отражающих и преломляющих границ? Обоснуйте ответ, основываясь на уравнениях годографов отраженной и преломленной волн.
5. Возможны ли эти виды эквивалентных решений при интерпретации кривых ВЭЗ? Обоснуйте ответ.

### *Задание для самостоятельной работы*

- 1 Решить прямую задачу, построив соответствующий график. Затем, определив пределы практической эквивалентности, рассчитать прямую задачу для одного из практически эквивалентных вариантов и построить графики.