

**Приложение 2 к РПД «Геофизика»**  
**05.03.01 Геология**  
**Направленность (профиль) – Геофизика**  
**Форма обучения – очная**  
**Год набора –2021**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Код и направление подготовки, направленность (профиль)	05.03.01 Геология, Геофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Геофизика
4.	Количество этапов формирования компетенций (разделы, темы дисциплины)	10

**2. Перечень компетенций**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p><b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><b>УК-1.1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи.  <b>УК-1.2.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.  <b>УК-1.3.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.  <b>УК-1.4.</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.  <b>УК-1.5.</b> Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>
<p><b>ПК-4.</b> Способен применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач</p>	<p><b>ПК-4.1.</b> Выбирает методы, оборудование и установки геофизических исследований.  <b>ПК-4.2.</b> Регулирует и настраивает геофизическую аппаратуру и контрольно-измерительные приборы.  <b>ПК-4.3.</b> Осуществляет монтаж (и демонтаж) установок для геофизических исследований.</p>

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

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированных компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Введение	<b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<b>УК-1.1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи. <b>УК-1.2.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи. <b>УК-1.3.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки. <b>УК-1.4.</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности. <b>УК-1.5.</b> Определяет и оценивает практические последствия возможных	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.	Практическая работа
2. Гравиразведка			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.	
3. Магниторазведка			Основные понятия и определения магниторазведки. Методику и технологию магниторазведочных работ. Особенности аномального магнитного поля над разными геологическими и геоэкологическими	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.	

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
		решений задачи.	бъектами.			
4. Электроразведка	<b>ПК-4.</b> Способен применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач	<b>ПК-4.1.</b> Выбирает методы, оборудование и установки геофизических исследований. <b>ПК-4.2.</b> Регулирует и настраивает геофизическую аппаратуру и контрольно-измерительные приборы. <b>ПК-4.3.</b> Осуществляет монтаж (и демонтаж) установок для геофизических исследований.	Определение, сущность и классификация методов электроразведки. Методы электромагнитного профилирования и зондирования. Примеры использования результатов электроразведки в комплексе с другими методами при решении геологических задач.	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
5. Сейсморазведка.			характеристику сейсмоволнового 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

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
6. Терморазведка			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	Тестирование
7. Ядерная геофизика			Основные понятия и определения ядерной геофизики. Методику и технологию работ ядерной геофизики.	Выполнить описание предмета ядерной геофизики, её 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			Геофизические методы исследования геологоразведочных скважин	Интерпретировать результаты скважинных геофизических исследований.	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Реферат
9. Комплексирование геофизических методов.			Основы комплексирования геофизических методов	Объяснить сходство и различие гравитационного и магнитного полей, необходимость комплексирования	Основными модификациями и возможностями различных методов для решения геологических задач.	Реферат Тестирование

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
				методов грави- и магниторазведки при постановке и проведении геологоразведочных работ.		
10. Научно-практическое применение геофизики			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.	

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 4.1. За решенный тест выставляются баллы

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	2	3	4

### 4.2. За выполнение практической работы выставляются баллы

8 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).

7 баллов – 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).

6 баллов – 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).

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

### 4.3. За подготовку реферата выставляются баллы

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 усвоил 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>

**5. 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**

**5.1. Типовое задание тестирования**

Вопрос	Ответ
1. Прямая задача геофизики состоит в определении	1 – аномалий по известному расположению объектов, обладающих заданными физическими характеристиками; 2 – расположения вызывающих аномалии объектов, их геометрических и физических параметров; 3 – по заданному полю параметров возмущающего тела.
2. Гравиразведка основана	1 – на неоднородности геологической среды по плотности; 2 – на факте изменчивости мощности геологических слоев; 3 – на неоднородности геологической среды по электрическому сопротивлению.
3. ВЭЗ – это	1 – время эксплуатации зонда; 2 – вертикальное электрическое зондирование; 3 – вертикальная эквипотенциальная зона.
4. Аномальное гравитационное поле обусловлено:	1– неравномерным распределением плотности внутри Земли; 2 – высотой различных участков земной поверхности; 3– распределением суши и воды на поверхности Земли; 4– осевым вращением Земли.
5. Элементами земного магнетизма являются:	1 – ускорение свободного падения и вторые производные силы тяжести; 2 – поляризуемость и относительная диэлектрическая проницаемость; 3 – магнитная аномалия; 4 – горизонтальная составляющая напряженности, магнитное склонение и магнитное наклонение;
6. Как называются точки, в которых диполь пересекает земную поверхность?	1– Приведёнными точками; 2 – Сопряжёнными точками; 3 – Магнитными полюсами; 4 – Магнитным экватором.
7. В гравиразведке в поле измеряют	1 – плотность горных пород; 2 – ускорение силы тяжести; 3 – силу притяжения.
8. В магниторазведке используют	1 – закон Кулона; 2 – закон Гауса; 3 – закон Ньютона.
9. Сейсморазведка основана	1 – на неоднородности геологической среды по плотности; 2 – на факте изменчивости мощности геологических слоев; 3 – на неоднородности геологической среды по упругим свойствам.
10. Все горные породы по происхождению подразделяются на:	1 – магматические, осадочные и метаморфические; 2 – интрузивные и эффузивные; 3 – морские и континентальные; 4 – полиминеральные и мономинеральные.

**Ключ к ответам:** 1.-1; 2.-1; 3.-2; 4.-1; 5.-4; 6.-3; 7.-2; 8.-1; 9.-3;10.-1

## 5.2 Типовой пример практической работы

### 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.

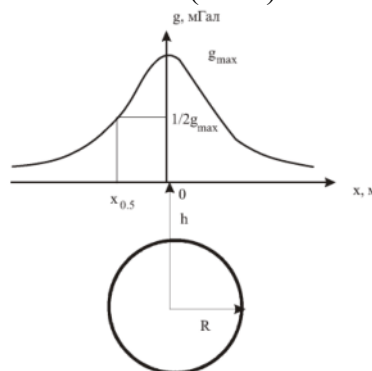
Сила, действующая на единицу массы, называется напряженностью гравитационного поля или ускорением силы тяжести. Напряженность поля есть векторная величина, а ее модуль определяется в виде:  $g = \frac{G}{m} = \frac{kM}{r^2}$ , где  $r$  – радиус Земли;  $M$  – масса Земли;  $k$  – гравитационная постоянная.

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  $6.67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г} \cdot \text{с}^2)$ , а в системе СИ –  $6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ .

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

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

где  $k = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/(\text{г} \cdot \text{с}^2)$  – 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:  $M = V \cdot \sigma = (3/4) \cdot \pi R^3 \sigma$ , где  $V = (3/4) \cdot \pi R^3$  – объем шара ( $\text{см}^3$ );  $R$  – радиус шара (см);  $\sigma$  – избыточная плотность ( $\text{г}/\text{см}^3$ ).



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.  $1 \text{ Гал} = 1 \text{ дин}/\text{г} = 1 \text{ см}/\text{с}^2$ .



**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, 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, мГал
0					
5					
10					
...					
...					
800					

Расчитанное 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 полумаксимума аномалии  $g$ .

Величину избыточной массы можно определить по формуле:

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

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, ±10 м, ±20 м, ..., ±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

Вариант	$g(0)$	$g(\pm 10)$	$g(\pm 20)$	$g(\pm 30)$	$g(\pm 40)$	$g(\pm 50)$	$g(\pm 60)$	$g(\pm 70)$	$g(\pm 80)$	$\sigma$ , 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 нуль-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.:

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

где  $\Delta g_{n-n}$  – 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 нуль-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 нуль-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 нуль-пункта в соответствии со временем наблюдения.

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

Вариант	$g_{ОП1}$ , мГал	$g_{ОП2}$ , мГал	$c$ , мГал/дел	$\sigma$ , г/см <sup>3</sup>	Вариант	$g_{ОП1}$ , 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

### **5.3. 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-съемка земной поверхности.
11. Каротаж.
12. Техногенное физическое загрязнение.
13. Живые геофизические приборы.
14. Магнитные свойства горных пород.
15. Аэромагнитные и гидромагнитные съемки.

### **5.4. 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.
16. Методика магниторазведки.
17. Интерпретация магнитных аномалий.
18. Прямые и обратные задачи магниторазведки.
19. Основные выводы из анализа решений прямых и обратных задач магниторазведки.
20. Геологическое истолкование результатов магниторазведки.
21. Физико-математические и геологические основы электроразведки. Принципы решения прямых задач электроразведки.
22. Электромагнитные поля, используемые в электроразведке. Естественные переменные электромагнитные поля.
23. Искусственные постоянные электрические поля.
24. Искусственные переменные гармонические электромагнитные поля.
25. Искусственные импульсные (неустановившиеся) электромагнитные поля.



26. Радиоволновые поля. Импульсные радиолокационные поля.
27. Пьезоэлектрические поля.
28. Электромагнитные свойства горных пород. Удельное электрическое сопротивление горных пород.
29. Электрохимическая активность и поляризуемость. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.
30. Аппаратура и оборудование для электроразведки. Общая характеристика применяемых в электроразведке технических средств.
31. Методы электроразведки.
32. Сущность и методика электромагнитных профилирований. Метод естественного электрического поля.
33. Электропрофилирование методом сопротивлений.
34. Подземные методы электроразведки. Геоэлектрохимические методы.
35. Метод заряженного тела (МЗТ) или заряда (МЗ).
36. Интерпретация данных электроразведки и решаемые задачи.
37. Интерпретация и области применения подземных методов электроразведки.
38. Общие сведения о сейсморазведке. Физические и геологические основы сейсморазведки.
39. Упругие волны в безграничных средах. Упругие волны в слоистых средах.
40. Особенности распространения сейсмических волн в реальных средах. Скорости сейсмических волн.
41. Типы скоростей в слоистых средах. Типы сейсмических границ.
42. Сейсморазведочная аппаратура. Источники упругих волн. Приемники упругих волн.
43. Метод отраженных волн. Прямые кинематические задачи метода отраженных волн при общем пункте возбуждения (ОПВ).
44. Системы наблюдений в методе отраженных волн.
45. Метод преломленных (головных) волн.
46. Обработка и интерпретация данных сейсморазведки.
47. Интерпретационные модели в сейсморазведке.
48. Обработка и интерпретация данных метода отраженных волн.
49. Интерпретация данных метода преломленных волн.
50. Применение сейсморазведки для решения различных геологических задач.
51. Сейсморазведка при поисках углеводородов.
52. Сейсморазведка при решении рудных задач. Глубинные сейсмические исследования.
53. Физико-геологические основы терморазведки. Тепловое поле Земли и его параметры.
54. Региональный и локальный тепловые потоки в земной коре. Принципы теории терморазведки.
55. Тепловые и оптические свойства горных пород. Методы терморазведки.
56. Аппаратура для геотермических исследований. Радиотепловые и инфракрасные съемки.
57. Региональные геотермические исследования. Поисково-разведочные геотермические работы. Применение терморазведки для изучения геологической среды.
58. Физико-химические и геологические основы ядерной геофизики. Общие сведения о радиоактивности.
59. Взаимодействие радиоактивных излучений с окружающей средой. Радиоактивность горных пород и руд.
60. Методы определения и содержание радиоактивных элементов в земной коре. Радиоактивность минералов.

61. Радиоактивность горных пород, руд, вод и газов. Ядерно-физические свойства горных пород и руд.
62. Общая характеристика ядерно-физических свойств горных пород и руд.
63. Аппаратура и методы, применяемые в ядерной геофизике.
64. Радиометрические методы разведки. Основные понятия радиометрии.
65. Определение абсолютного возраста пород.
66. Сведения из истории ГИС. Керн и ГИС.
67. Характеристика скважины как объекта исследования. Классификация методов, решаемые задачи и схема установки ГИС.
68. Методы электрометрии.
69. Методы радиометрии скважин.
70. Сейсмоакустические методы. Общая характеристика сейсмоакустических методов.
71. Термические и магнитные методы.
72. Исследование скважин в процессе бурения.
73. Инклинометрия. Кавернометрия и профилометрия.
74. Понятие о геофизическом комплексе. Физико-геологическая модель.
75. Определение физико-геологической модели. Формирование и типы ФГМ.
76. Условия эффективного применения геофизических методов.
77. Комплексная интерпретация геофизических данных. Выбор геофизического комплекса.
78. Виды комплексирования геофизических методов.
79. Методы глубинной геофизики.
80. Нефтегазовая геофизика. Рудная геофизика. Нерудная и угольная геофизика.
81. Инженерная геофизика. Геофизические методы исследования геологической среды.
82. Гидрогеологическая и почвенно-мелиоративная геофизика.
83. Инженерно-геологическая и горная геофизика.
84. Мерзлотно-гляциологическая геофизика.
85. Техническая и археологическая геофизика.
86. Экологическая и медицинская геофизика.
87. Эколого-геофизические исследования и мониторинг геодинамических природных и техногенных процессов.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
**05.03.01 Геология**  
**направленность (профиль) Геофизика**

(код, направление, профиль)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

Шифр дисциплины по РУП	<b>Б1.В.06</b>		
Дисциплина	<b>Геофизика</b>		
Курс	<b>1</b>	семестр	<b>2</b>
Кафедра	<b>горного дела, наук о Земле и природообустройства</b>		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	<b>Бекетова Елена Борисовна, канд.техн.наук, доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства</b>		
Общ.трудоемкость, час/ЗЕТ	<b>144/4</b>	Кол-во семестров	<b>1</b>
		Форма контроля	<b>экзамен</b>
ЛК <sub>общ./тек.сем.</sub>	<b>30/30</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек.сем.</sub>	<b>30/30</b>
		ЛБ <sub>общ./тек.сем.</sub>	<b>-/-</b>
		СРС <sub>общ./тек.сем.</sub>	<b>48/48</b>

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

<p><b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</p>	<p><b>УК-1.1.</b> Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. Осуществляет декомпозицию задачи. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи.  <b>УК-1.2.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.  <b>УК-1.3.</b> Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки.  <b>УК-1.4.</b> Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки. Отличает факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности.  <b>УК-1.5.</b> Определяет и оценивает практические последствия возможных решений задачи.</p>
<p><b>ПК-4.</b> Способен применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач</p>	<p><b>ПК-4.1.</b> Выбирает методы, оборудование и установки геофизических исследований.  <b>ПК-4.2.</b> Регулирует и настраивает геофизическую аппаратуру и контрольно-измерительные приборы.  <b>ПК-4.3.</b> Осуществляет монтаж (и демонтаж) установок для геофизических исследований.</p>

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<b>Вводный блок</b>				
Не предусмотрен				
<b>Основной блок</b>				
УК-1, ПК-4	Практическая работа	5	40	В течение семестра
УК-1, ПК-4	Тестирование	2	8	В течение семестра
УК-1, ПК-4	Реферат	2	12	В течение семестра
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
УК-1, ПК-4	Экзамен		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	
<b>Дополнительный блок</b>				
УК-1, ПК-4	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
<b>Всего баллов по дополнительному блоку</b>			<b>10</b>	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.