

**Приложение 2 к РПД «Гравиразведка»
05.03.01 Геология
Направленность (профиль) – Геофизика
Форма обучения – очная
Год набора – 2020**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Направление подготовки	05.03.01 Геология
3.	Направленность (профиль)	Геофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Гравиразведка
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2020

2. Перечень компетенций

- готовность применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата) (ПК-4).

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. Закон притяжения Ньютона для точечной массы.	ПК-4	о компонентах притяжения точечной массы; элементах массы в разных системах координат; элементы массы в двухмерном и плоском случае; о потенциале точечной массы; притяжение как градиент потенциала; вторые производные потенциала;	определять размерность используемых в гравиразведке величин	Основными законами микромира	Устный опрос на понимание терминов Практическая работа №1
2. Уравнения поля притяжения для произвольных масс.	ПК-4	о компонентах притяжения объёмных, плоских и линейных масс; теореме Гаусса; уравнения Лапласа и Пуассона; о полях горизонтального слоя и ступени	определять поля горизонтального слоя и ступени.	методами определения поля шара, диска, горизонтального цилиндра, горизонтальной и вертикальной полосы	Устный опрос на понимание терминов. Доклад с презентацией Практическая работа № 2,3,4
3. Нормальное поле Земли и аномалии гравитационного поля	ПК-4	о нормальной и аномальной плотности; о модели нормальной Земли; нормальный сфероид и аномалии геоида; модели нормального поля Земли; аномалии Фая и Буге; вычисление поправки за влияние рельефа; приливные вариации гравитационного поля; изостазия и аномальное поле литосферы Земли.	определять потенциал ускорения силы тяжести для нормальной Земли	методами вычисления поправок за влияние рельефа	Устный опрос на понимание терминов Доклад с презентацией Практическая работа № 5,6
4. Измерение значений ускорения силы тяжести.	ПК-4	баллистический способ измерения абсолютных значений; маятниковый и струнный способы относительных измерений; принцип действия и измерения ускорения силы тяжести на подвижных платформах; поправки Этвёша и Брауна, эффект кросс-каплинга.	выбирать способ измерения абсолютных значений; рассчитывать поправки Этвёша и Брауна	способами относительных измерений; методикой измерения пружинным гравиметром;	Устный опрос на понимание терминов Лабораторная работа № 1,2,3
5. Гравиметрическая съёмка.	ПК-4	задачи и параметры съёмки; первичная обработка наблюдений и отчётная	строить градуировочные	правилами обработки наблюдений и ведения	Устный опрос на понимание терминов

		документация	зависимости при проведении исследований; рассчитывать погрешность измерений	отчётной документации	Лабораторная работа №4
6. Интерпретация аномалий гравитационного поля.	ПК-4	об использовании аномального поля для задач картирования; оценка параметров аномальных объектов; постановка и способы решения обратной задачи для разных модельных ситуаций	проводить оценку параметров аномальных объектов	методиками постановки и способами решения обратной задачи для разных модельных ситуаций	Устный опрос на понимание терминов. Лабораторная работа №5
7. Применение гравитационных методов при разведке полезных аномалий и изучении массивов.	ПК-4	объекты применения гравитационных методов при разведке полезных аномалий и изучении массивов	определять тип гравиметрической аппаратуры для проведения конкретных измерений	основами гравиметрической съемки различных объектов	Устный опрос на понимание терминов. Лабораторная работа №6

4. Критерии и шкалы оценивания

4.1. Устный опрос на понимание терминов

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за ответы	3	4	6

4.2. Критерии оценки доклада с презентацией

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

4.3. Практические занятия

5 баллов – выставляется, если студент решил все рекомендованные на практическом занятии задачи.

4 балла – выставляется, если студент выполнил не менее 50% рекомендованных задач.

3 балла – студент выполнил менее 20% рекомендованных задач.

4.4. Лабораторные работы

6 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);

5 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);

4 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);

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

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 на понимание терминов

Ниже приводятся определения важнейших терминов по данной теме.

Выберите правильное определение для каждого термина из списка:

1. Физической основой гравиразведки является...
2. Депрессии характеризуются...
3. Гравитационный метод разведки основывается на...
4. Единица измерения ускорения в гравиметрии
5. Поверхность постоянного потенциала описывается уравнением ...
6. Потенциал притяжения удовлетворяет уравнению...
7. Прямая задача гравиразведки это...
8. Обратная задача гравиразведки ...
9. Увеличение центробежной силы на полюсах вызвано...
10. Потенциал силы тяжести равен...
11. Вторые производные потенциала силы тяжести характеризуют...
12. Геоид – это...

a. Лапласа.

b. Определение параметров аномалиеобразующих тел по измеренному распределению гравитационного поля.

c. уменьшение радиуса Земли.

d. Гал.

e. отрицательными аномалиями силы тяжести.

f. дифференциация горных пород по плотности.

g. Закон всемирного тяготения И. Ньютона.

h. $U(x,y,z) = const$.

i. вычисление потенциала притяжения и его производных от заданного распределения масс.

j. сумма потенциалов ньютоновской силы притяжения и центробежной силы.

k. фигура, образуемая поверхностью морей и океанов в невозмущенном состоянии.

l. кривизну уровней поверхности потенциала в рассматриваемой точке в плоскости её нормального сечения.

Ключ: 1-f, 2-e, 3-g, 4-d, 5-h, 6-a, 7-i, 8-b, 9-c, 10-j, 11-l, 12-k,

5.2. Типовые контрольные задания

1. Вычислить и построить график гравитационной аномалии модельного источника.

2. Определить по аномальному полю параметры модельного тела способом характерных точек.

3. Вычислить аномалии Фая и Буге по результатам измерений.

5.3. Типовые задачи для практических занятий

Пример 1. Найти решение уравнения Лапласа для внутренней части круга радиуса R , удовлетворяющее краевому условию

$$\begin{aligned} \Delta u &= 0, \\ u|_{r=R} &= \sin^2 \varphi. \end{aligned} \quad (III.1)$$

▲ В этом примере задана задача Дирихле, где правая часть граничного условия (III.1) $f(\varphi) = \sin^2 \varphi$. Решение ищется в круге ($r < R$), значит, выписывать решение будем по формуле

$$\begin{aligned} u(r, \varphi) &= \frac{c_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (c_n \cos n\varphi + d_n \sin n\varphi) \left(\frac{r}{R}\right)^n, \\ n &= 1, 2, 3, 4, \dots, \end{aligned}$$

Найдем в этой формуле коэффициенты A_0 , A_n и B_n

Для этого подставим само решение в левую часть граничного условия (III.1) при $r = R$, а правую часть, т. е. функцию $f(\varphi)$ разложим в ряд Фурье по синусам и косинусам

$$u|_{r=R} = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n R^n \cos n\varphi + B_n R^n \sin n\varphi) = f(\varphi) = \sin^2 \varphi = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\varphi. \quad (III.2)$$

Теперь сравним коэффициенты при синусах и косинусах с одинаковыми аргументами и при свободном члене в левой и правой частях полученного равенства (II.2)

$$A_0 = \frac{1}{2},$$

$$n = 2, \Rightarrow A_2 R^2 = -\frac{1}{2}, \Rightarrow A_2 = -\frac{1}{2R^2}$$

$$B_n = 0 \text{ (при } \forall n \text{)}, \text{ т.к. справа нет слагаемых с } \sin n\varphi,$$

а также все остальные $A_n = 0$ (кроме A_0, A_2). Подставим ненулевые A_0 и A_2 в решение и получим ответ, т. е. найдем функцию $u(r, \varphi)$

$$u(r, \varphi) = \frac{1}{2} + \alpha_2 r^2 \cos 2\varphi = \frac{1}{2} + \left(-\frac{1}{2R^2}\right) r^2 \cos 2\varphi = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{r}{R}\right)^2 \cos 2\varphi. \quad \blacktriangle$$

Пример 29. Найти решение уравнения Лапласа внутри круга радиуса R ($r < R$), удовлетворяющее на границе условию Неймана

$$\begin{aligned} \Delta u &= 0, \\ \frac{\partial u}{\partial r} \Big|_{r=R} &= 2 \cos \varphi + 3 \sin 3\varphi. \end{aligned} \quad (II.1)$$

▲ В этом примере задана задача Неймана, где правая часть граничного условия (II.1) $f(\varphi) = 2 \cos \varphi + 3 \sin 3\varphi$ (уже разложена в ряд Фурье), которую можно представить в виде двух функций

$$f(\varphi) = 2 \cos \varphi + 3 \sin 3\varphi = \{f_1(\varphi) = 2 \cos \varphi, f_2(\varphi) = 3 \sin 3\varphi\} = f_1(\varphi) + f_2(\varphi)$$

и для каждой из них найдем решение. Прежде чем решать поставленную задачу

проверим выполнение условия $\int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi = 0$

получаем

$$\int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi = \int_0^{2\pi} (2 \cos \varphi + 3 \sin 3\varphi) d\varphi = 2 \sin \varphi \Big|_0^{2\pi} - \frac{3}{3} \cos 3\varphi \Big|_0^{2\pi} = 0 - 1 + 1 = 0,$$

так как условие выполнено, то для решения поставленной задачи вычислим производную от решения

$$u(r, \varphi) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) r^n,$$

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

$$\text{Получим } \frac{\partial u}{\partial r} = \sum_{n=1}^{\infty} n r^{n-1} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi).$$

и запишем граничные условия сначала для функции $f_1(\varphi) = 2 \cos \varphi$

$$\frac{\partial u}{\partial r} \Big|_{r=R} = \sum_{n=1}^{\infty} n R^{n-1} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) = f_1(\varphi) = 2 \cos \varphi \quad (\text{П29.2})$$

Теперь сравним коэффициенты при синусах и косинусах с одинаковыми аргументами в левой и правой частях полученного равенства (П29.2):

$$1) n = 1$$

$$A_1 \cos \varphi = 2 \cos \varphi \Rightarrow A_1 = 2,$$

а все остальные $A_n = 0$ и $B_n = 0$. Следовательно, решение, соответствующее функции $f_1(\varphi) = 2 \cos \varphi$, имеет вид

$$u_1(r, \varphi) = 2r \cos \varphi.$$

Затем запишем граничные условия сначала для функции $f_2(\varphi) = 3 \sin 3\varphi$

$$\frac{\partial u}{\partial r} \Big|_{r=R} = \sum_{n=1}^{\infty} n R^{n-1} (A_n \cos n\varphi + B_n \sin n\varphi) = f_2(\varphi) = 3 \sin 3\varphi \quad (\text{П29.3})$$

Теперь сравним коэффициенты при синусах и косинусах с одинаковыми аргументами в левой и правой частях полученного равенства (П2.3):

$$2) n = 3,$$

$$A_n = 0;$$

$$B_3 3R^{3-1} = d_n, \Rightarrow B_3 = \frac{3}{3R^2},$$

а все остальные $B_n = 0$.

Следовательно, решение, соответствующее функции $f_2(\varphi) = 3 \sin 3\varphi$ имеет вид

$$u_2(r, \varphi) = \frac{r^3}{R^2} \sin 3\varphi.$$

Таким образом, решение исходной задачи будет определяться формулой

$$u(r, \varphi) = u_1(r, \varphi) + u_2(r, \varphi) = 2r \cos \varphi + \frac{r^3}{R^2} \sin 3\varphi. \blacktriangle$$

5.4. Темы докладов

1. Физические основы гравirazведки

2. Принцип суперпозиции гравитационных полей.

3. Условия использования прямой задачи гравirazведки.

4. Условия использования обратной задачи гравirazведки.

5. Подходы решения обратной задачи гравirazведки.

6. Нормальное гравитационное поле Земли.

7. Основное различие потенциала силы тяжести и потенциала притяжения.

8. Приборы для измерения вторых производных потенциала силы тяжести.

9. Вертикальный и горизонтальный градиенты силы тяжести.

10. Аномалии силы тяжести.

11. Топографическая поправка.

12. Основы гравитационного каротажа.

13. Основные ограничения скважинной гравиметрии

14. Устройство скважинного гравиметра.

15. Регистрация сигналов в условиях помех при гравиметрической съемке.

16. Поправка Этвеша.

17. Технология гравиметрической съемки.

18. Основные критерии качества гравиметрической съемки.

19. Гравитационная разведка при решении инженерно-геологических задач.

20. Основные предпосылки применения гравirazведки для решения геологических задач.

5.5. Вопросы к зачету

1. Физические основы гравirazведки.

2. Элементарные носители массы в разных системах координат.

3. Линейная, поверхностная и объёмная плотность.

4. Плотность минералов и горных пород.

5. Закон тяготения для точечных масс.

6. Компоненты притяжения линейных, плоских и объёмных масс.

7. Потенциал гравитационного поля.

8. Физический смысл потенциала притяжения и его вторых производных.

9. Основные свойства потенциала притяжения.

10. Логарифмический потенциал притяжения.

11. Теорема Гаусса.

12. Уравнения Лапласа и Пуассона.

13. Внутреннее и внешнее поле притяжения однородного горизонтального слоя, ограниченного границами на глубине h и H .

14. Внутреннее и внешнее гравитационное поле для однородного шара.

15. Внешнее гравитационное поле горизонтального однородного цилиндра.

16. Нормальное поле ускорения силы тяжести Земли.

17. Референц-эллипсоид, геоид и аномалии геоида.

5.6. Вопросы к экзамену

1. Редукция Брунса.

2. Поправка за высоту и аномалии Фая.

3. Изостатическая компенсация рельефа поверхности Земли.

4. Поправка за промежуточный слой и рельеф, аномалии Буге.
5. Баллистический способ измерения ускорения силы тяжести.
6. Маятниковый способ относительных измерений ускорения силы тяжести.

Минимальный маятник.

7. Принцип работы, схема устройства и определение цены деления астазированного пружинного гравиметра.

8. Измерения в движении, поправки Этвёша и Броуна.

9. Гравитационный каротаж.

10. Преимущество гравитационного каротажа перед другими.

11. Принципиальная схема устройства скважинного гравиметра.

12. Основные требования, предъявляемые к параметрам измерений при гравитационном каротаже.

13. Основные принципы измерения силы тяжести в движении

14. Подвес Кардана и его функции при набортной съемке.

15. Основные критерии качества гравиметрической съемки.

16. Гравитационная разведка при решении геологических задач.

17. Основные предпосылки применения гравиразведки для решения геологических задач.

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

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.11		
Дисциплина	Гравиразведка		
Курс	3	семестр	5
Кафедра	горного дела, наук о Земле и природообустройства		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Раевский А.Б., канд.геол.-минерал.наук, доцент		
кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства			
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	180/5	Кол-во семестров	2 Форма контроля
			Зачет
ЛК _{общ./тек. сем.}	32/16	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	16/16 ЛБ _{общ./тек. сем.}
		32/-	СРС _{общ./тек. сем.}
			64/40

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

- готовностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата) (ПК-4).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ПК-4	Устный опрос на понимание терминов	3	18	В течение семестра
ПК-4	Доклад с презентацией	2	12	В течение семестра
ПК-4	Практическая работа	6	30	В течение семестра
Всего:			60	
ПК-4	Зачет		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
Всего:			40	
Итого:			100	
<i>Дополнительный блок</i>				
ПК-4	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
Всего баллов по дополнительному блоку			10	

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.

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

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП	Б1.В.11		
Дисциплина	Гравиразведка		
Курс	3	семестр	6
Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства		
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	Раевский А.Б., канд.геол.-манерал.наук, доцент		
кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства			
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}	180/5	Кол-во семестров	2
		Форма контроля	Экзамен
ЛК _{общ./тек. сем.}	32/16	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	16/-
		ЛБ _{общ./тек. сем.}	32/32
		СРС _{общ./тек. сем.}	64/24

- готовностью применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ при решении производственных задач (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата) (ПК-4).

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ПК-4	Устный опрос на понимание терминов	4	24	В течение семестра
ПК-4	Лабораторная работа	6	36	В течение семестра
Всего:			60	
ПК-4	Экзамен		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
Всего:			40	
Итого:			100	
<i>Дополнительный блок</i>				
ПК-4	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
Всего баллов по дополнительному блоку			10	

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.