

## Гравиразведка

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	<b>Геофизики</b>		
Учебный план	zs210503_20_ZRF20.plx Специальность 21.05.03 ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ		
Квалификация	<b>Горный инженер - геофизик</b>		
Форма обучения	<b>заочная</b>		
Общая трудоемкость	<b>4 ЗЕТ</b>		
Часов по учебному плану	0	Виды контроля в семестрах:	
в том числе:			
аудиторные занятия	0		
самостоятельная работа	0		

#### Распределение часов дисциплины по курсам

Курс	<b>3</b>		Итого	
Вид занятий	УП	РП		
Лекции	8	8	8	8
Лабораторные	4	4	4	4
Иные виды контактной работы	5,85	5,85	5,85	5,85
Итого ауд.	17,85	17,85	17,85	17,85
Контактная работа	17,85	17,85	17,85	17,85
Сам. работа	117,15	117,15	117,15	117,15
Часы на контроль	9	9	9	9
Итого	144	144	144	144

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Цель дисциплины «Гравиразведка» – ознакомление студентов с
1.2	теоретическими и методическими основами гравиметрического метода
1.3	поиска и разведки полезных ископаемых.
1.4	В современном мире в условиях не снижающейся потребности
1.5	общества в минеральном сырье все большую остроту приобретают методы,
1.6	обеспечивающие более точный поиск и идентификацию различных видов
1.7	минерального сырья, к которым относятся методы «Гравиразведки».
1.8	Поэтому изучение дисциплины «Гравиразведка» следует
1.9	рассматривать как важнейшую и неотъемлемую часть теоретической
1.10	подготовки студентов профиля «Геофизика».
1.11	Целями и задачами курса являются:
1.12	– получение сведений о нормальных и аномальных гравитационных
1.13	полях, о законе тяготения для точечных масс;
1.14	– знакомство со способами измерения гравитационного поля;
1.15	– изучение устройства основных приборов, используемых в
1.16	гравиразведке;
1.17	– знакомство с методиками регистрации гравитационного поля.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Разведочная геофизика
2.1.2	Физика горных пород
2.1.3	Введение в специализацию
2.1.4	Физика (доп. главы)
2.1.5	Литология
2.1.6	Теория функций комплексного переменного
2.1.7	Физика
2.1.8	Теория поля
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Теоретические основы обработки геофизической информации
2.2.2	Физика Земли
2.2.3	Основы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых
2.2.4	Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий
2.2.5	Комплексирование геофизических методов
2.2.6	Аэрогеофизика
2.2.7	Государственная итоговая аттестация
2.2.8	Экологическая геофизика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<b>ПСК-1.2: способностью применять знания о современных методах геофизических исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
Уровень 1	теорию гравитационного поля Земли, методику проведения гравиметрических наблюдений
Уровень 2	теорию гравитационного поля Земли, методику проведения гравиметрических наблюдений на среднем уровне
Уровень 3	теорию гравитационного поля Земли, методику проведения гравиметрических наблюдений на высоком уровне
<b>Уметь:</b>	
Уровень 1	проектировать гравиметрические наблюдения, сеть, точность съемки на базовом уровне
Уровень 2	проектировать гравиметрические наблюдения, сеть, точность съемки на среднем уровне
Уровень 3	проектировать гравиметрические наблюдения, сеть, точность съемки на высоком уровне; оперативно

	вносить изменения в методику в меняющихся горно-геологических условиях
<b>Владеть:</b>	
Уровень 1	навыками проектирования гравиметрических наблюдений на базовом уровне
Уровень 2	навыками проектирования гравиметрических наблюдений на среднем уровне
Уровень 3	навыками проектирования гравиметрических наблюдений на высоком уровне

**ПСК-1.4: способностью профессионально эксплуатировать современное геофизическое оборудование, оргтехнику и средства измерения**

<b>Знать:</b>	
Уровень 1	принципы измерения силы тяжести; устройство гравиметров на базовом уровне
Уровень 2	принципы измерения силы тяжести в различных условиях; устройство гравиметров на среднем уровне
Уровень 3	принципы измерения силы тяжести в различных условиях; устройство гравиметров, вариометром и градиентометров на высоком уровне
<b>Уметь:</b>	
Уровень 1	составлять описание технологии проведения гравиметрической съемки с учетом горно-геологических особенностей территории на базовом уровне
Уровень 2	составлять описание технологии проведения гравиметрической съемки с учетом горно-геологических особенностей территории на среднем уровне
Уровень 3	составлять описание технологии проведения гравиметрической съемки во взаимосвязи с другими геофизическими методами с учетом горно-геологических особенностей территории
<b>Владеть:</b>	
Уровень 1	навыками разбиения гравиметрической сети и проведения гравиметрической съемки на базовом уровне
Уровень 2	навыками разбиения гравиметрической сети и проведения гравиметрической съемки на среднем уровне
Уровень 3	навыками разбиения гравиметрической сети и проведения гравиметрической съемки на высоком уровне

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

<b>Знать:</b>	
Уровень 1	теорию решения прямых и обратных задач гравиразведки
Уровень 2	теорию решения прямых и обратных задач гравиразведки на среднем уровне
Уровень 3	теорию решения прямых и обратных задач гравиразведки на высоком уровне
<b>Уметь:</b>	
Уровень 1	решать прямые и обратные задачи с применением современных интерпретационных алгоритмов
Уровень 2	решать прямые и обратные задачи с применением современных интерпретационных алгоритмов на среднем уровне
Уровень 3	решать прямые и обратные задачи с применением современных интерпретационных алгоритмов на высоком уровне
<b>Владеть:</b>	
Уровень 1	навыками написания алгоритмов решения прямых и обратных задач
Уровень 2	навыками написания алгоритмов решения прямых и обратных задач на среднем уровне
Уровень 3	навыками написания алгоритмов решения прямых и обратных задач на высоком уровне

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

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	теорию гравитационного поля Земли, методику проведения гравиметрических наблюдений;
3.1.2	принципы измерения силы тяжести; устройство гравиметров;
3.1.3	теорию решения прямых и обратных задач гравиразведки
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	проектировать гравиметрические наблюдения, сеть, точность съемки;
3.2.2	составлять описание технологии проведения гравиметрической съемки с учетом горно-геологических особенностей территории;
3.2.3	решать прямые и обратные задачи с применением современных интерпретационных алгоритмов
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	проектирования гравиметрических наблюдений;
3.3.2	разбиения гравиметрической сети и проведения гравиметрической съемки;
3.3.3	написания алгоритмов решения прямых и обратных задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	<b>Раздел 1. Основы теории потенциала притяжения</b>						
1.1	Потенциал притяжения, его связь с силой притяжения и физический смысл. Понятие о прямой задаче гравиметрии. Свойства потенциала притяжения для внешней области и для внутренних точек /Лек/	3	2	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
1.2	Знакомство с устройством гравиметра ГНУ-КВ /Лаб/	3	1	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.4	0	
1.3	Обработка результатов измерений с гравиметрами ГНУ-КВ /Лаб/	3	1	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.4	0	
1.4	Физический смысл производных потенциала притяжения. Аналитические выражения для первых и вторых производных в различных системах координат. Понятие об уровенной поверхности и ее связь с силой притяжения /Ср/	3	20	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
1.5	Роль и значение для развития гравиметрии Л.Сорокина, В. Федынского, К.Веселова, В.Страхова /Ср/	3	8	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
1.6	Разложение потенциала силы тяжести в ряд по сферическим функциям. /Ср/	3	8	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
	<b>Раздел 2. Нормальное поле Земли и аномалии гравитационного поля</b>						
2.1	Нормальная и аномальная плотность; модель нормальной Земли; потенциал ускорения силы тяжести для 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; Мировая гравиметрическая сеть. Национальная опорная сеть. Опорная и рядовая сети съемки. Требование к точности топографического обеспечения съемки. Основные системы наблюдений при измерениях на опорной сети /Лек/	3	2	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	

2.2	Измерение ускорения силы тяжести в движении. Принципы измерения элементов гравитационного поля на подвижном основании. Возмущающие ускорения и наклоны. Способы их учета. Эффект Этвеша и его учет. Особенности маятникового метода измерения ускорения силы тяжести в движении. Измерение силы тяжести в движении с помощью гравиметров. Основные типы набортных гравиметров. Особенности методики измерений ускорения силы тяжести на море и в воздухе. Площадные и профильные съемки. Топографическое обеспечение морской и аэрогравиметрической съемки. /Ср/	3	20	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.8	0	
2.3	Классификация способов измерения ускорения силы тяжести. Абсолютные и относительные определения ускорения силы тяжести. Маятниковый способ измерения ускорения силы тяжести. Баллистический способ определения ускорения силы тяжести и его основные варианты. Измерение ускорения силы тяжести по частоте колебаний нагруженной струны. Спутниковые методы изучения гравитационного поля. Измерение горизонтальных градиентов и кривизны с помощью крутильной упругой системы. Возможности измерения вертикального градиента. Перспективы развития вариометрии /Ср/	3	20	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
2.4	Особенности редуцирования силы тяжести на море /Ср/	3	16	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9	0	
	<b>Раздел 3. Понятие прямой и обратной задачи гравиразведки</b>						
3.1	Основы интерпретации аномалий силы тяжести. Понятие прямой и обратной задачи гравиразведки, Эквивалентность и неединственность обратных задач, понятие о корректных и некорректных задачах гравиразведки. Гравитационные эффекты простых моделей - шара, материального стержня, диска кругового цилиндра, параллелепипеда и др. Графические методы решения прямой задачи с помощью палеток. /Лек/	3	2	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.7 Л2.3 Л2.6	0	
3.2	Решение прямой задачи гравиразведки палеточными методами /Лаб/	3	2	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.7 Л2.3 Л2.6	0	
3.3	Аппроксимационные способы решения прямой задачи от сложных распределений плотности. Применение ЭВМ при решении прямой задачи гравиразведки /Ср/	3	12	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.7 Л2.3 Л2.6	0	
	<b>Раздел 4. Геологические задачи, решаемые гравиразведкой</b>						

4.1	Исследование глубинного строения литосферы. Изучение тектоники и стратиграфии кристаллического фундамента. Изучение структуры осадочного комплекса. Рудные поиски и разведка. Нефтегазовые задачи /Лек/	3	2	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.5 Л2.2 Л2.1	0	
4.2	Особенности применения гравиразведки при решении инженерно-геологических, технических и экологических задач. Картирование карстовых проявлений, контроль за разработкой нефтегазовых месторождений, мониторинг ПХГ и др. /Ср/	3	13,15	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7	Л1.1 Л1.3 Л1.2Л2.9 Л2.5 Л2.2 Л2.1	0	
4.3	Курсовой проект /ИБКР/	3	3	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7		0	
4.4	Консультации к экзамену. Экзамен /ИБКР/	3	2,85	ПСК-1.2 ПСК-1.4 ПСК-1.7		0	

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Список вопросов к экзамену:

1. Исторические сведения развития гравиразведки.
2. Физические основы гравиразведки. Избыточная плотность, дефект плотности. Пределы изменения плотности горных пород. Избыточные массы. Влияние геометрических характеристик аномальных тел на величину и характер гравитационных полей.
3. Теоретические основы гравиразведки. Закон всемирного тяготения Ньютона. Единицы измерения силы тяжести и градиентов силы тяжести. Двойственная природа единиц измерения силы тяжести.
4. Потенциал силы притяжения и его свойства, физическая сущность. Возможности потенциала притяжения для изучения глубинного строения Земли. Гармонические свойства потенциала притяжения и важность этих свойств для гравиразведки.
5. Потенциал и его производные для сферической поверхности, шарового слоя и шара для внешних и внутренних областей. Понятие о прямой задаче гравиразведки. Физическая сущность потенциала силы притяжения.
6. Логарифмический потенциал и его производные. Физический смысл, двумерные модели.
7. Решение прямой задачи гравиразведки для тел простой формы. Геологические аналоги тел простой формы.
8. Вторые производные потенциала силы притяжения, единицы измерения, физический смысл.
9. Сила тяжести и ее потенциал, связь силы тяжести с физическими параметрами и внутренним строением Земли, ее вариации во времени и пространстве.
10. Понятие о нормальном поле силы тяжести Земли. Определение геоида. Подходы к выводу формул нормального значения силы тяжести.
11. Разложение потенциала силы тяжести Земли в ряд по сферическим функциям. Вычисление поверхности геоида. Соотношение между физической поверхностью, геоидом и референц-эллипсоидом. Формулы нормального значения силы тяжести. Международная модель Земли и ее параметры.
12. Приливные, вековые и техногенные вариации силы тяжести.
13. Редукции силы тяжести: Проя, Фая, Буге.
14. Топографические редукции и способы вычисления топографических поправок.
15. Понятие об изостазии, вычисление изостатических редукций Грааф-Хантера, Гленни. Физическая сущность изостатических аномалий.
16. Определение плотности пород неровностей рельефа по данным гравиразведки: метод Неттлетона и МНК.
17. Абсолютные измерения силы тяжести маятниковыми гравиметрами. Принцип работы баллистических абсолютных гравиметров.
18. Относительные измерения силы тяжести маятниковыми гравиметрами.
19. Принцип работы и устройство относительного статического гравиметра ГНУ-КВ. Основные технические характеристики. Современные зарубежные наземные гравиметры и их технические данные (Scintrex 5-avt, La Cost & Romberg).
20. Технология наземных измерений с гравиметром. Оценка точности гравиметрических съемок, обоснование сечения гравиметрических карт, обоснование параметров сети наблюдений, качественный анализ гравиметрических карт.
21. Гравитационный каротаж, физическая сущность, преимущества и недостатки, особенности измерений и марки скважинных гравиметров.
22. Особенности измерения силы тяжести в движении. Мгновенное значение силы тяжести, Помехи первого и второго рода. Амплитудные и частотные характеристики помех и возможности измерения аномалий силы тяжести на фоне интенсивных помех.
23. Поправки Этвеша, Броуна, Гаррисона, кросс-каплинг эффект, эффект Гельмерта.
24. Принцип конструирования морских набортных гравиметров и аэрогравиметров. Методика и оценка качества

морских и аэрогравиметрических съемок. Источники искажений гравитационного поля.
25. Геологические задачи, решаемые гравиразведкой при рудных, нефтяных, инженерных и других исследованиях.
<b>5.2. Темы письменных работ</b>
Темы курсовых проектов привязаны к решению практических задач по составлению ФГМ реальных геологических объектов, по расчету ожидаемых гравитационных аномалий и по проектированию параметров гравиметрических съемок с целью обнаружения и локализации предполагаемых залежей полезных ископаемых с использованием современной гравиметрической аппаратуры.
Примерные темы курсовых проектов:
1. Оценка возможности гравитационного метода разведки при обнаружении и локализации нефтегазоносных структур типа НГКМ «Заполярье».
2. Оценка возможности гравитационного метода разведки при обнаружении и локализации залежей хромитов.
3. Оценка возможности гравиразведки при обнаружении пустот и промоин в подземном городском пространстве.
<b>5.3. Оценочные средства</b>
Рабочая программа дисциплины " Гравиразведка " обеспечена оценочными средствами для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, включающими практические задания для проведения промежуточной аттестации, критерии оценивания учебной деятельности обучающихся, вопросы для проведения промежуточной аттестации.
<b>5.4. Перечень видов оценочных средств</b>
Оценочные средства разработаны для всех видов учебной деятельности студента – лабораторных занятий, самостоятельной работы и промежуточной аттестации. Оценочные средства представлены в виде:
- средств текущего контроля: вопросы для собеседования по лабораторным занятиям, список тем для написания курсового проекта;
- средств итогового контроля – промежуточной аттестации: экзамен.

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

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Серкерев С. А.	Гравиразведка и магниторазведка: учебник	М.: Недра, 1999
Л1.2	Маловичко А. К., Костицын В. И.	Гравиразведка	М.: Недра, 1992
Л1.3	Под ред. Е.А.Мудрецовоу, К.Е.Веселова	Гравиразведка	М.: Недра, 1990

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Красовский С. С.	Гравитационное моделирование глубинных структур земной коры и изостазия	Киев: Наукова думка, 1989
Л2.2	Слепак З. М.	Применение гравиразведки при поисках нефтеперспективных структур	М.: Недра, 1989
Л2.3	Отв. ред. М.Е. Артемьев	Решение прямой и обратной задач гравиметрии и магнитометрии (вопросы теории и методики)	М.: Наука, 1985
Л2.4	Веселов К. Е.	Гравиметрическая съемка	М.: Недра, 1986
Л2.5	Маловичко А. К., Костицын В. И., Тарунина О. Л.	Детальная гравиразведка на нефть и газ	М.: Недра, 1989
Л2.6	Алексидзе М. А.	Приближенные методы решения прямых и обратных задач гравиметрии	М.: Наука, 1987
Л2.7	Блох Ю. И.	Решение прямых задач гравиразведки и магниторазведки	М.: МГТА, 1993
Л2.8	К.Е.Веселов, Е.А.Мудрецова, А.М.Лозинская и др.	Инструкция по гравиметрической разведке	М.: Недра, 1975
Л2.9	Серкерев С. А.	Теория потенциала в гравиразведке и магниторазведке: учебник	М.: Недра, 2000

#### 6.3.1 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	Компас-3D версии v18 и v19	Проектирование изделий, конструкций или зданий любой сложности. Реализация от идеи — к 3D-модели, от 3D-модели — к документации, к изготовлению или строительству. Возможность использовать самые современные методики проектирования при коллективной работе.
---------	----------------------------	--

6.3.1.2	Геоинформационная система "ПАРК" v6	Геоинформационная система ПАРК – векторно-растровая система, сочетающая функции картографической, информационно-справочной, аналитической и прогнозирующей программных систем. Система разработана для использования на компьютерах под управлением MS. Основное назначение системы ПАРК – создание баз координатно- и объектно-привязанных данных; преобразование, тематическая обработка и интерпретация геоданных; информационное и аналитическое обеспечение; компоновка, оформление и вывод картографических и сопутствующих им документов.
6.3.1.3	Webinar. Версия 3.0	Экосистема сервисов для онлайн-обучения и коммуникаций.
6.3.1.4	ПО ""Визуальная студия тестирования"	Автоматизация управления учебным процессом. Позволяет автоматизировать контроль знаний студентов, включая создание набора тестовых заданий, проведение тестирования студентов и анализ результатов.
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>		
6.3.2.1	Электронно-библиотечная система "Лань" Доступ к коллекциям электронных изданий ЭБС "Издательство "Лань"	
6.3.2.2	База данных научных электронных журналов "eLibrary"	
6.3.2.3	Электронно-библиотечная система «Книжный Дом Университета» ("БиблиоТех")	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория	Назначение	Оснащение	Вид
6-22	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	18 посадочных мест, стул преподавательский - 2 шт., доска меловая - 1 шт.	
6-21	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	12 посадочных мест; стул преподавательский - 2 шт.; доска меловая - 1 шт.; гравиметры ГНУ-КВ -6 шт	

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Методические указания по изучению дисциплины «Основы природопользования» представлены в Приложении 2 и включают в себя:

1. Методические указания для обучающихся по организации учебной деятельности.
2. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся.
3. Методические указания по организации процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.