

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени академика М. Д. Миллионщикова



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины**

«Физика горных пород»

**Специальность**

21.05.03 "Технология геологической разведки"

**Специализация**

«Геофизические методы поисков и разведки месторождений  
полезных ископаемых»

**Квалификация**

горный инженер-геофизик

Грозный 2019

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целью и задачами преподавания дисциплины «Физика горных пород» является изучение физических свойств горных пород и руд, закономерностей их изменения под влиянием различных геологических условий. Задача курса - подготовка горного инженера, умеющего на основе анализа данных о физико-геологических характеристиках пород разработать петрофизическую модель объекта исследований для обоснования рационального комплекса решения поставленной геологической задачи.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла. Для изучения курса требуются знания: физики, математики, геологии.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курсов: петрофизика, «Теория методов геофизических исследований скважин», «Интерпретация данных геофизических исследований скважин», «Комплексная интерпретация геофизических данных», «Алгоритмы и системы обработки и интерпретации», «Геофизические методы контроля разработки нефтяных и газовых месторождений».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

-способностью использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности в различных сферах (ОК-5);

-способностью использовать общеправовые знания в различных сферах деятельности (ОК-8);

-способностью использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (ОК-10);

-умением на всех стадиях геологической разведки (планирование, проектирование, экспертная оценка, производство, управление) выявлять производственные процессы и отдельные операции, первоочередное совершенствование технологии которых обеспечит максимальную эффективность деятельности предприятия (ПК-2);

-умением разрабатывать и организовывать внедрение мероприятий, обеспечивающих решение стоящих перед коллективом задач в области технологий геологоразведочных работ на наиболее высокотехнологическом уровне (ПК-4);

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

-способностью разработать новые методы использования компьютеров для обработки-информации, в том числе в прикладных областях (ПК-18);

### **знать:**

-основы технологии бурения и заканчивания скважин, осложнения при аварии, контроля режима работы (ОК-5, ПК-2);

### **уметь:**

-формировать рациональный комплекс ГИС для изучения геологического разреза, технического состояния скважин и контроля разработки месторождения (ОК-10, ПК-18).

### **владеть:**

-навыками настройки и эксплуатации обрабатывающих систем, используемых в геологоразведке (ОК-8, ПК-5).

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

ВИД УЧЕБНОЙ РАБОТЫ		Всего часов/з.е.		Семестр	
				4	4
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
<b>Контактная работа (всего)</b>		48/1,33	12/0,33	48/1,33	12/0,33
В том числе:					
Лекции		32/0,88	8/0,22	32/0,88	8/0,22
Лабораторные работы (ЛР)		16/0,44	4/0,11	16/0,44	4/0,11
<b>Самостоятельная работа</b>		60/1,66	96/2,7	60/1,66	96/2,7
В том числе:					
Расчетно-графическая работа					
Контрольная работа		36/1	74/2,2	36/1	74/2,2
Подготовка к лабораторным занятиям		24/0,65	22/0,64	24/0,65	22/0,64
<b>Вид отчетности</b>		<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>Час</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>Зач. ед.</b>	<b>3</b>		<b>3</b>	

#### 5. Содержание разделов дисциплины

##### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование раздела дисциплины	Лекц. часы	Лаб. занят, часы/	Практ. часы	Всего часов
Введение. Физика горных пород как наука, основные понятия и определения	4	2		6
Плотность	4	2		6
Пористость	2			2
Проницаемость	2	2		4
Естественная радиоактивность	2	2		4
Нейтронные свойства	4	2		6
Электрические свойства	4	4		8
Упругие свойства и прочностные свойства	4	2		6
Магнитные свойства	4			4
Теплофизические свойства	2	2		4

## 5.2. Лекционные занятия

№ пп	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	<b>Физика горных пород как наука, основные понятия и определения</b>	Введение. Неоднородность горных пород. Фазовые превращения и диаграмма состояний веществ. Схема изучения физических показателей. История формирования петрофизики.
2	<b>Плотностные свойства горных пород</b>	Плотность пород. Минеральная плотность. Основные закономерности изменения плотности пород в зависимости от минерального состава, пористости, трещиноватости, влажности, температуры, давления. Плотностные характеристики магматических, метаморфических, осадочных пород. Способы определения плотности пород.
3	<b>Пористость</b>	Пористость горных пород первичная и вторичная. Коэффициенты пористости, их взаимосвязь. Основные факторы, влияющие на пористость (характер упаковки зерен, отсортированность, медианный диаметр, глубина залегания, температура и др.). Структура порового пространства. Капиллярные свойства пород. Петрофизические связи коэффициентов пористости с другими физическими свойствами горных пород.
4	<b>Проницаемость</b>	Закон Дарси. Понятие о проницаемости пород. Зависимость коэффициента проницаемости от структуры порового пространства и других факторов.
5	<b>Естественная радиоактивность</b>	Естественные радиоактивные элементы и их содержание в горных породах. Связь радиоактивности минералов с их химическим составом и кристаллической структурой. Характеристика породообразующих и акцессорных минералов. Зависимость радиоактивности пород от минералогического состава, температуры, давления, структурно-текстурных особенностей, пористости. Способы определения радиоактивности. Основы прикладной ядерной физики. Ядерные реакции. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Взаимодействие нейтронов с ядрами элементов.
6	<b>Нейтронные свойства</b>	Замедление быстрых нейтронов в горных породах. Диффузия тепловых нейтронов в горных породах.

7	<b>Электрические свойства</b>	Удельное электрическое сопротивление горных пород. Минералы проводники, полупроводники, диэлектрики. Основы зонной теории. Собственная и примесная проводимость. Факторы, оказывающие влияние на удельное электрическое сопротивление горных пород. Способы определения удельного электрического сопротивления горных пород.
8	<b>Упругие свойства горных пород и прочностные свойства</b>	Понятие о деформациях. Горная порода как дифференциально-упругая среда. Факторы, влияющие на модуль Юнга и коэффициент Пуассона различных типов пород (давление, песчанность, карбонатность, пористость, влажность, структура и текстура). Скорости продольных и поперечных волн. Способы определения упругих свойств пород.
9	<b>Магнитные свойства горных пород</b>	Основные понятия о магнитных параметрах горных пород. Магнитная восприимчивость (кажущаяся и истинная). Индуцированная и остаточная намагниченность. Виды остаточной намагниченности. Зависимость магнитных свойств минералов от химического состава и типа кристаллической решетки. Классификация минералов по магнитным свойствам. Факторы, оказывающие влияние на магнитные свойства горных пород. Сведения о палеомагнетизме. Способы определения магнитных свойств.
10	<b>Теплофизические свойства горных пород</b>	Типы механизма теплопроводности (электронный, фононный). Коэффициент теплопроводности. Характеристика теплопроводности породообразующих минералов, жидкой и газообразной фаз пород. Факторы, влияющие на теплопроводность пород (минеральный состав, пористость, газо-водо-нефтенасыщенность, температура, давление).

### 5.3 Лабораторный практикум

№ пп	Наимен. раздела дисциплин.	Наименование лабораторных работ
1	1	Измерение общей и открытой пористости пород.
2	1	Определение коэффициента остаточного водонасыщения $k_{в.о}$ образцов методом центрифугирования.
3	1	Измерение проницаемости горных пород.
4	2	Определение плотности пород $\delta_n$ с естественной влажностью.
5	2	Весовой способ определения плотности твердой фазы
6	2	Пикнометрический способ определения плотности твердой фазы $\delta_T$ .
7	3	Измерение скорости распространения упругих колебаний.

8	4	Измерение удельного электрического сопротивления образцов горных пород.
9	6	Определение магнитной восприимчивости и намагниченности пород.

#### **5.4 Практические занятия (не предусмотрены)**

#### **6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине**

Самостоятельная работа по дисциплине составляет 57 часов в 3 семестре.

##### **Темы для самостоятельного изучения:**

- 1.Диэлектрические свойства пород и минералов
- 2.Вызванные потенциалы и вызванная электрохимическая активность минералов и пород с электронной и электронно-ионной проводимостью
- 3.Петрофизические связи и их использование для геологической интерпретации результатов геофизических исследований скважин
- 4.Моделирование естественных условий залегания горных пород
- 5.Изучение петрофизических характеристик горных пород в пластовых условиях.
- 6.Выявление зон АВПД и определение их величин по петрофизическим характеристикам разреза.
- 7.Определение плотности твёрдой фазы пикнометрическим способом.
- 8.Определение плотности сухой породы гидростатическим взвешиванием.
- 9.Определение плотности жидкости пикнометрическим способом.

##### **Литература:**

1.Петрофизические методы исследования керна материала. Белохин В.С., Иванов М.К., Калмыков Г.А., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А. Издательство Московского университета, Москва, 2008 г., 113 с.

2.Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. И20 Петрофизические методы исследования керна материала. (Терригенные отложения) Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 1. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008.112 с.

3.Петрофизика. Марин Ю.Б., Петров Д.А. Национальный минерально-сырьевой ун-т "Горный", 2012. 89 с.

##### **Варианты контрольных работ и требования к оформлению (для ОЗО):**

Контрольная работа включает в себя:

- титульный лист;
- содержание;
- основную текстовую часть;
- список использованной литературы.

Контрольная работа должна быть написана от руки или набрана в MS WORD для WINDOWS на одной стороне стандартного листа формата А-4 без рамки, применяя следующие настройки: шрифт - Times New Roman, №14; межстрочный интервал - полуторный, поля: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм, нижнее - 20 мм; выравнивание по ширине. Повреждение листов, помарки в тексте не допускаются. Построения делаются на миллиметровке. Номер варианта выбирается по последней цифре зачетной книжки студента.

### **ВАРИАНТ 1:**

*Деформации горных пород. Основные упругие параметры. Дифференциально упругие породы.*

*Скорости распространения упругих волн в породах. Затухание упругих колебаний в породах. Влияние давления на скорость продольных волн. Связь скорости с другими параметрами пород. Уравнение среднего времени и его практическое использование.*

### **ВАРИАНТ 2:**

*Карбонатные породы-коллекторы и особенности их строения.*

*Объемная модель карбонатных пород. Модели трещиноватых пород, влияние различных систем трещин на УЭС. Влияние кавернозности на УЭС. Зависимость  $P_n=f(K_n)$  для пород различной трещиноватости и кавернозности.*

### **Список литературы:**

1. Петрофизические методы исследования кернового материала. Белохин В.С., Иванов М.К., Калмыков Г.А., Корост Д.В., Хамидуллин Р.А. Издательство Московского университета, Москва, 2008 г., 113 с.

2. Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. И20 Петрофизические методы исследования кернового материала. (Терригенные отложения) Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 1. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 112 с.

3. Петрофизика. Марин Ю.Б., Петров Д.А. Национальный минерально-сырьевой ун-т "Горный", 2012. 89 с.

### **7. Оценочные средства**

Фонд оценочных средств дисциплины включает в себя:

## 7.1. Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Определение пористости пород.
2. Происхождение пор.
3. Форма и размеры пор.
4. Взаимосвязь пор и виды пористости.
5. Форма или структура порового пространства пород.
6. Пористость идеального грунта.
7. Влажность пород.
8. Влажность пород.
9. Нефтегазонасыщенность пород.
10. Гидрофильные и гидрофобные коллекторы.
11. Определение глинистости пород.
12. Влияние глинистости на физические свойства горных пород.
13. Определение проницаемости пород.
14. Физическая проницаемость.
15. Зависимость проницаемости от пористости и структуры порового пространства.
16. Фазовая и относительная проницаемость.
17. Определение плотности пород.
18. Плотность газов, жидкостей и минералов.
19. Удельное электрическое сопротивление горных пород.
20. Удельное электрическое сопротивление твердой фазы, водных растворов солей, нефтей и газов.

### ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА

Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»

Билет № 1 к первой рубежной аттестации

1. Что понимается под экстрагированием.
2. Какие виды пористости различают.

Лектор \_\_\_\_\_ Хасанов М.А.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## 7.2. Вопросы ко второй рубежной аттестации

1. Удельное сопротивление неглинистых пород.
2. Удельное сопротивление глинистых пород.
3. Упругие свойства горных пород. Упругие параметры.
4. Скорость распространения упругих волн.
5. Определение скорости распространения упругих волн.
6. Диэлектрическая проницаемость горных пород.
7. Определение диэлектрической проницаемости пород.
8. Электрохимическая активность. Диффузионно-адсорбционная активность.
9. Фильтрационная активность.
10. Вызванная электрохимическая активность.
11. Определение вызванной электрохимической активности.
12. Тепловые свойства горных пород.
13. Определение тепловых свойств пород.
14. Магнитные свойства горных пород.



15. Радиоактивность. Естественная радиоактивность.
16. Определение естественной радиоактивности пород.
17. Искусственная радиоактивность.
18. Определение нейтронных параметров пород.
19. Лабораторные измерения образцов.
20. Обобщенная петрофизическая характеристика горных пород и руд.

### ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА

**Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»  
Билет № 1 ко второй рубежной аттестации**

1. Что понимается под карбонатностью пород и для чего ее определяют.
2. Пористость горных пород.

Лектор \_\_\_\_\_ **Хасанов М.А.**  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

#### **Критерии оценки знаний студентов при проведении аттестации по дисциплине «ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»**

Максимальное возможное количество набранных баллов в соответствии с БРС при проведении рубежных аттестации 20 баллов. Количество набранных студентом баллов при проведении рубежной аттестации, зависит от количества правильных ответов. Контрольная работа пишется по вариантам. В каждом варианте по два вопроса из перечисленных выше. Правильный ответ на 1 и 2 вопросы соответствует 10 баллов за каждый вопрос.

#### **7.3. Вопросы к зачету**

1. Пористость
2. Насыщенность
3. Глинистость
4. Проницаемость
5. Плотность горных пород
6. Упругие свойства горных пород
7. Электрические свойства горных пород.
8. Теплофизические свойства горных пород
9. Магнитные свойства горных пород
10. Радиоактивные свойства горных пород
11. Методика петрофизических исследований
12. Петрофизические связи
13. Петрофизические модели и структурно-вещественные комплексы
14. Основы петрофизической классификации пород

## ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА

Грозненский государственный нефтяной технический университет  
КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА И ГЕОИНФОРМАТИКА»

Дисциплина: «ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД»

ИНГ, Специальность: НИ, Семестр

Билет № 1

1. Насыщенность
2. Проницаемостью г/п. Виды проницаемости г/п.
3. Пористость идеального грунта.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **Интерактивные образовательные технологии, используемые на аудиторных занятиях**

Наиболее плодотворное освоение дисциплины обеспечивают интерактивные формы обучения, минимальный объем которых согласно требованиям ФГОС составляет 30 % от общего объема аудиторных занятий.

По дисциплине «Физика горных пород» (для специализации "Геофизические методы исследования скважин" 18 часов (для ЗФО – 6 часов) отводятся на занятия, проводимые в интерактивной форме. Для интерактивных занятий используются следующие средства и способы:

- рабочая группа компьютеров, соединенных по локальной сети (ЛС);
- проектор (для публичного показа результатов работ студентов);
- просмотры тематических фильмов, что позволяет более эффективно усвоить пройденный материал.

### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **а) Основная литература**

1. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика (Физика горных пород): Учеб. для вузов. 2-ое изд. Перераб. и доп. под редакцией доктора физико-математических наук Д.А.Кожевникова. ФГУП Издательство «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М.Губникина, 2004.(библиотека ГГНТУ)

2. Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. И20 Петрофизические методы исследования кернового материала. (Терригенные отложения) Учебное пособие в 2-х книгах. Кн. 1. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008.112 с.(библиотека кафедры «ПГ и Г»)

3. Сианисян Э.С., Пыхалов В.В., Кудинов В.В. Петрофизические основы ГИС. Учебное пособие, Южный федеральный университет, 2013. (ЭБС IPRbooks)

4. Зеливянская О.Е. Петрофизика. Учебное пособие, Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. (ЭБС IPRbooks)

#### **б) Дополнительная литература**

1. Электронный конспект лекций

#### **в). Интернет ресурсы:**

[www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лаборатория промысловой геофизики оборудованное современным оборудованием и аппаратурой для проведения геофизических исследований скважин (лаб. 3-31);

-лаборатория обработки и интерпретации геофизических данных содержащий комплекс программ для оцифровки и автоматизированной визуальной интерпретации результатов геофизических исследований скважин (лаб. 3-24<sup>а</sup>);

-лаборатория геоинформационных технологий (лаб. 3-29).

Для проведения качественного обучения в лабораториях используются предоставленные ведущими геофизическими организациями (предприятиями) аппаратура и оборудование и программные комплексы современного уровня:

-лаборатория каротажная ЛК-101А с комплектом скважинных приборов;

-регистратор Карат С-С-П с комплектом скважинных приборов;

-програмно-аппаратный комплекс ScanDigit;

-система автоматизированной визуальной интерпретации результатов ГИС (Cintel)

В лабораториях содержатся электронные версии методических указаний к лабораторным работам.

**Составил:**

**Доцент кафедры «Прикладная геофизика  
и геоинформатика»**

**М.А. Хасанов**

**СОГЛАСОВАНО:**

**Зав. кафедрой «ПГ и Г»**

**Э.А. Эльжаев**

**Директор ДУМР**

**М.А. Магомаева**