

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт геологии и нефтегазовых технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Петрофизические свойства пород Б1.В.ОД.9

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Геология и геохимия нефти и газа

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хамидуллина Г.С.

**Рецензент(ы):**

Хасанов Д.И., Е.В. Караваева (Зам. проректора МГУ им. Ломоносова)

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Нургалиев Д. К.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 311716

Казань  
2016

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Хамидуллина Г.С. кафедры геофизики и геоинформационных технологий Институт геологии и нефтегазовых технологий, galina-khamidullina@yandex.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Петрофизика являются теоретическое изучение кристаллохимических и кристаллофизических основ петрофизики, а также основных петрофизических свойств горных пород и их взаимосвязи: коллекторских, магнитных, электрических, упругих, тепловых, ядерно-физических. Обоснованное понимание роли петрофизических параметров при решении геологических задач различными геофизическими методами. Освоение дисциплины направлено на приобретение знаний о петрофизических характеристиках горных пород и их использовании при комплексной интерпретации геофизических данных, об аппаратуре и методике изучения петрофизических характеристик.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.04.01 Геология и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

Б3.В.1

Дисциплина Петрофизика представляет собой дисциплину базовой части цикла профессиональных дисциплин Б3.В.1 и относится к модулю Геофизика. Дисциплина Петрофизика базируется на курсах цикла дисциплин естественно-научных дисциплин (Б2), входящих в модули Математика, Физика и Химия, читаемых в 1 - 6 семестрах и на материалах дисциплин модуля Геология Общая геология, Горные породы, Историческая геология, Структурная геология. Студенты, обучающиеся по данному курсу должны знать основы математического анализа, линейной алгебры, общего курса физики, химии и курса Общая геология. Изучается на 3 курсе в 5 семестре.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-15 (профессиональные компетенции)	способен использовать знания в области петрофизики для решения научных и практических задач
ПК-16 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии для освоения теоретических основ геологии, геофизики, геохимии
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способен использовать знания в области петрофизики для решения научных и практических задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные физические свойства веществ, минералов, горных пород, такие как плотность, пористость, проницаемость, упругость, модули упругости, скорость распространения упругих волн, электрическое сопротивление (проводимость), диэлектрическая проницаемость, вызванная поляризация, электрохимическая активность, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, естественная и искусственная радиоактивность; определяющие факторы перечисленных физических свойств, единицы их измерения, пределы их изменения в горных породах, способы измерения физических свойств, связи между физическими свойствами, влияние термобарических условий на изменение физических свойств.

## 2. должен уметь:

определять физические свойства горных пород и минералов, анализировать петрофизическую информацию, использовать данные физических свойств при комплексной интерпретации материалов геофизических методов, проводить первичную обработку данных лабораторных петрофизических исследований, строить петрофизические карты и разрезы, пользоваться методами и программами для обработки данных петрофизических исследований.

## 3. должен владеть:

навыками работы с петрофизическим оборудованием, навыками организации разнообразных петрофизических исследований, приемами расчета петрофизической и физико-геологической модели залежей углеводородов, рудных и нерудных полезных ископаемых.

**Знать:** основные физические свойства веществ, минералов, горных пород, такие как плотность, пористость, проницаемость, упругость, модули упругости, скорость распространения упругих волн, электрическое сопротивление (проводимость), диэлектрическая проницаемость, вызванная поляризация, электрохимическая активность, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, естественная и искусственная радиоактивность; определяющие факторы перечисленных физических свойств, единицы их измерения, пределы их изменения в горных породах, способы измерения физических свойств, связи между физическими свойствами, влияние термобарических условий на изменение физических свойств.

**Уметь:** определять физические свойства горных пород и минералов, анализировать петрофизическую информацию, использовать данные физических свойств при комплексной интерпретации материалов геофизических методов, проводить первичную обработку данных лабораторных петрофизических исследований, строить петрофизические карты и разрезы, пользоваться методами и программами для обработки данных петрофизических исследований.

**Владеть** навыками работы с петрофизическим оборудованием, навыками организации разнообразных петрофизических исследований, приемами расчета петрофизической и физико-геологической модели залежей углеводородов, рудных и нерудных полезных ископаемых.

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение. Цели петрофизики. Геофизические свойства	1	1-2	2	0	0	тестирование
2.	Тема 2. Пористость и проницаемость	1	3-6	2	8	0	тестирование письменная работа
3.	Тема 3. Удельное сопротивление породы и водонасыщенность	1	7-8	2	4	0	письменная работа тестирование
4.	Тема 4. Капиллярное давление. Смачиваемость.	1	8-9	2	4	0	письменная работа тестирование
5.	Тема 5. Применение закона Дарси	1	10-13	2	8	0	письменная работа тестирование
6.	Тема 6. Природные трещиноватые коллекторы	1	14-16	2	8	0	письменная работа тестирование
7.	Тема 7. Влияние механических напряжений пород коллекторов на их свойства	1	17	2	4	0	письменная работа тестирование
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Итого			14	36	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введение. Цели петрофизики. Геофизические свойства

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Введение. Цели и задачи петрофизики. Геофизические свойства, определяющие процессы, происходящие в массивах горных пород и их влияние на распределение геофизического поля. Плотность. Упругие свойства. Электрические свойства. Намагниченность, магнитная восприимчивость. Теплопроводность, теплоемкость. Естественная радиоактивность

##### Тема 2. Пористость и проницаемость

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Пористость и проницаемость. Виды пористости. Флюидонасыщенность. Проницаемость. Математическая теория фильтрационных ячеек.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Решение практических задач. Вычисление пористости по весу насыщенного образца. Определение геологических запасов углеводородов. Решение задач с использованием уравнения Кармана-Козени. Определение удельной поверхности. Расчеты коэффициентов, характеризующих фильтрационные ячейки. Определение влияния водонасыщенности на проницаемость.

**Тема 3. Удельное сопротивление породы и водонасыщенность**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Удельное сопротивление. Параметр пористости. Глинистые коллекторы. Водонасыщенность. Учет глинистости.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение практических задач. Определение удельного сопротивления пластовой воды. Решение задач с использованием уравнений Хамбла, Арчи, Розалеса. Определение корреляций между параметром сопротивления и водонасыщенностью. Учет глинистости.

**Тема 4. Капиллярное давление. Смачиваемость.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Капиллярное давление. Уравнение капиллярного давления. Измерение капиллярного давления. Распределение порового пространства по размерам. Распределение пор по размерам. Распределение насыщенностей в пласте-коллекторе. Капиллярное число. Смачиваемость. Оценка смачиваемости. Измерение смачиваемости.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение практических задач. Расчеты кривой капиллярного давления. использование значения капиллярного давления при решении практических задач. Расчет положения водонефтяного контакта. Вычисление показателей смачиваемости.

**Тема 5. Применение закона Дарси**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Закон Дарси. Линейное движение флюидов по трещинам и каналам. Радиальное движение флюидов в пористых средах. Породы неоднородные по проницаемости.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Решение задач с использованием закона Дарси. определение проницаемости и расхода флюида.

**Тема 6. Природные трещиноватые коллекторы**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Природные трещиноватые коллекторы. Проницаемость карбонатных пород. Признаки естественных трещин. Определение трещинной пористости. Коэффициент соотношения пористостей. Моделирование движения флюидов.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Решение практических задач по определению фильтрационно-ёмкостных свойств естественных трещиноватых коллекторов. Определение размеров трещин в коллекторе.

**Тема 7. Влияние механических напряжений пород коллекторов на их свойства**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Влияние механических напряжений пород-коллекторов на их свойства. Взаимоотношение напряжения-деформации. Закон Гука. Сжимаемость пористых сред. Взаимоотношение пористо-проницаемых напряжений.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Решение практических задач. Определение объемно деформации. Определение упругих характеристик: модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Расчеты прочности и сжатия. Определение геологических запасов с учетом сжимаемости.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введение. Цели петрофизики. Геофизические свойства	1	1-2	подготовка к тестированию	4	тестирование
2.	Тема 2. Пористость и проницаемость	1	3-6	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к тестированию	4	тестирование
3.	Тема 3. Удельное сопротивление породы и водонасыщенность	1	7-8	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к тестированию	4	тестирование
4.	Тема 4. Капиллярное давление. Смачиваемость.	1	8-9	подготовка к письменной работе	4	письменная работа
				подготовка к тестированию	2	тестирование
5.	Тема 5. Применение закона Дарси	1	10-13	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к тестированию	4	тестирование
6.	Тема 6. Природные трещиноватые коллекторы	1	14-16	подготовка к письменной работе	6	письменная работа
				подготовка к тестированию	4	тестирование
7.	Тема 7. Влияние механических напряжений пород коллекторов на их свойства	1	17	подготовка к письменной работе	4	письменная работа
				подготовка к тестированию	4	тестирование
Итого					58	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

При реализации программы дисциплины "Петрофизические свойства пород" используются различные образовательные технологии - лекции (14 часов) с использованием ПК, мультимедийного проектора и документ-камеры, практических занятий (36 часов) в компьютерном классе с использованием типовых программ. Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей и индивидуальную работу студента в компьютерном классе (58 часов).

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Введение. Цели петрофизики. Геофизические свойства

тестирование , примерные вопросы:

Плотность минералов и горных пород.

## **Тема 2. Пористость и проницаемость**

письменная работа , примерные вопросы:

Измерения плотности, пористости и проницаемости образцов горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных.

тестирование , примерные вопросы:

Петрофизическая классификация горных пород

## **Тема 3. Удельное сопротивление породы и водонасыщенность**

письменная работа , примерные вопросы:

Измерения скорости распространения продольных и поперечных упругих волн в образцах горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных.

тестирование , примерные вопросы:

Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах

## **Тема 4. Капиллярное давление. Смачиваемость.**

письменная работа , примерные вопросы:

Измерения удельного электрического сопротивления и вызванной поляризуемости образцов горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных. Измерения магнитной восприимчивости, остаточной намагниченности и гистерезисных параметров образцов горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных.

тестирование , примерные вопросы:

Методы измерения различных магнитных параметров горных пород.

## **Тема 5. Применение закона Дарси**

письменная работа , примерные вопросы:

Измерения теплопроводности и теплоемкости образцов горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных.

тестирование , примерные вопросы:

Модули и коэффициенты упругости горных пород.

## **Тема 6. Природные трещиноватые коллекторы**

письменная работа , примерные вопросы:

Исследования естественной радиоактивности образцов горных пород. Статистический анализ результатов, построение зависимостей, геологическая интерпретация данных.

тестирование , примерные вопросы:

Зависимость удельного сопротивления горных пород от литологического состава.

## **Тема 7. Влияние механических напряжений пород коллекторов на их свойства**

письменная работа , примерные вопросы:

Методы обработки и анализа комплекса петрофизических данных. Построение петрофизических разрезов и моделей.

тестирование , примерные вопросы:

Удельное сопротивление осадочных горных пород.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примерные темы рефератов на самостоятельную работу по разделам дисциплины

1. Место петрофизики среди геологических наук
2. Становление петрофизики как науки
3. Современные физико-химические методы в петрофизике



4. Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах
5. Плотность и скорость распространения упругих волн в горных породах и минералах.
6. Теплопроводность и электропроводность горных пород и минералов
7. Палеомагнетизм и его место в геологических науках
8. Роль петрофизических исследований в современной геологии
9. Петрофизическая классификация горных пород
- 6.2 Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В течение преподавания курса Петрофизика в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются такие формы, как заслушивание и оценка доклада по теме реферата, собеседование при приеме результатов практических работ с оценкой. По итогам обучения в 5-ом семестре проводится зачет во время зимней зачетной сессии .

Вопросы на итоговый контроль:

1. Плотность минералов и горных пород.
2. Факторы, влияющие на плотность горных пород.
3. Зависимость пористости от размера, формы зерен, отсортированности, содержания глинистой фракции.
4. Удельное электрическое сопротивление минералов.
5. Вызванная электрохимическая активность горных пород.
6. Магнитные минералы в горных породах.
7. Способы определения плотности горных пород.
8. Зависимость удельного сопротивления горных пород от литологического состава.
9. Методы измерения различных магнитных параметров горных пород.
10. Вызванная поляризация горных пород: природа и способы измерения.
11. Модули и коэффициенты упругости горных пород.
12. Природы диэлектрической проницаемости горных пород.
13. Виды остаточной намагниченности горных пород.
14. Скорость распространения упругих колебаний в различных типах горных пород.
15. Способы измерения диэлектрической проницаемости горных пород.
16. Удельное сопротивление осадочных горных пород.

### 7.1. Основная литература:

Капитонов, А. М. Физические свойства горных пород западной части Сибирской платформы [Электронный ресурс] : Монография / А. М. Капитонов, В. Г. Васильев. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 424 с. URL: - ISBN 978-5-7638-2142-0.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=441169>

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Электричество / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2010. ? 437 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=350718>

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны: учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. П. Бобровского. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2009. ? 256 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=349952>

### 7.2. Дополнительная литература:

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Механика : учеб. пособие / А. В. Бармасов, В. Е. Холмогоров / Под ред. А. с. URL: Чирцова. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2008. ? 411 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов).- ISBN 978-5-94157-729-3.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=349931>

Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 650200 "Технологии геологической разведки" / В. с. URL: Зинченко ; Рос. гос. геологоразведоч. ун-т им. с. URL: Орджоникидзе .? Москва ; [Тверь : АИС], 2005 .? 387 с.

Петрофизика (физика горных пород) : учеб. для студентов вузов по спец. "Геофиз. методы поисков и разведки месторождений полез. ископаемых" и "Геофиз. методы исслед. скважин" направления подгот. дипломир. спец. "Технологии геол. разведки" / В.М. Добрынин, Б.Ю. Вендельштейн, Д.А. Кожевников .? [2-е изд., перераб. и доп.] .? Москва : Нефть и газ, 2004 .? 367 с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

window.edu.ru - <http://window.edu.ru/resource/201/28201>

Неофициальный сайт МГУ - <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1161637&uri=page12.html>

петрофизика - [mining-enc.ru](http://mining-enc.ru)

петрофизика - [kpfu.ru/docs/F583504131/petrofizika!193.doc](http://kpfu.ru/docs/F583504131/petrofizika!193.doc)

петрофизика - [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)

### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Петрофизические свойства пород" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Для материально-технического обеспечения дисциплины Петрофизика используются: петрофизическая лаборатория кафедры Геофизики, компьютерный класс отделения Геофизики, петрофизическая аппаратура, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором и Оверхетом, библиотека

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.04.01 "Геология" и магистерской программе Геология и геохимия нефти и газа

Автор(ы):

Хамидуллина Г.С. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Хасанов Д.И. \_\_\_\_\_

Е.В. Караваяева (Зам.проректора МГУ им. Ломоносова) \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.