

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе

ФИО: Клочков Юрий Сергеевич

Должность: и.о. ректора

Дата подписания: 08.05.2024 15:25:12

Уникальный программный ключ

4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ**

**КАФЕДРА ПРИКЛАДНАЯ ГЕОФИЗИКА**

**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель КСН



С.К. Туренко

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Дисциплины: **Петрофизика**

Специальность: **21.05.03 Технология геологической разведки**

Специализация: **2. Геофизические методы исследования скважин**

Форма обучения: **очная**

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30.08.2021г. и требованиями ОПОП по направлению подготовки 21.05.03 Технология геологической разведки к результатам освоения дисциплины «Петрофизика».

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры ПГФ

Протокол № 1 от «31» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой ПГФ



С.К. Туренко

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ПГФ



С.К. Туренко

«31» августа 2021 г.

Рабочую программу разработал:  
доцент, к.г.-м.н.

В.Г. Мамяшев

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Целью дисциплины является получение студентами знаний о физических свойствах горных пород нефтегазоносных отложений, их взаимосвязи и проявлениях этих свойств пород в физических полях, применяемых при проведении геофизических исследований, обеспечивающих подготовку студентов изучению последующих дисциплин специальности ГИС. Она включает анализ взаимосвязи петрофизических характеристик пород друг с другом, петрофизических зависимостей и связей их с геологическими характеристиками пород, как основы геологической интерпретации ГИС на стадии разведки, подсчета запасов и проектирования разработки; использование петрофизических исследований для комплексной интерпретации данных разведочной геофизики и ГИС.

**Задачами дисциплины** является получение студентами знаний о петрофизических основах изучения геологических разрезов скважин нефтегазоносных отложений; о литологической, текстурной, минеральной, компонентой и фазовой неоднородности горных пород; о методах и технологиях изучения основных физических свойств и петрофизических характеристик пород нефтегазоносных отложений. Освоение дисциплины предусматривает изучение физических свойств горных пород, слагающих нефтегазоносные разрезы:

- фильтрационно-емкостных свойств (пористости, водо-, нефте- и газонасыщенности, проницаемости);
- адсорбционных свойств (глинистости, удельной поверхности, емкости катионного обмена, диффузионно-адсорбционной, фильтрационной, вызванной электрохимической активности);
- электрических свойств (удельного электрического сопротивления и проводимости, диэлектрической и магнитной проницаемости, ядерного магнитного резонанса);
- естественной радиоактивности и её энергетическом спектре;
- характеристик взаимодействия гамма-квантов и нейтронов с минеральной составляющей горных пород;
- упругих и прочностных свойств (модулей упругости, скорости распространения продольных, поперечных и других упругих колебаний);
- влияния упругих и необратимых деформаций на свойства пород;
- тепловых свойств пород.

Оно включает анализ взаимосвязи петрофизических характеристик пород и соответствующих зависимостей друг с другом и связи их с геологическими характеристиками пород.

## 2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание взаимосвязи петрофизических характеристик пород и соответствующих зависимостей друг с другом и связи их с геологическими характеристиками пород,

умения строить и анализировать взаимосвязи петрофизических характеристик пород и соответствующих зависимостей друг с другом и связи их с геологическими характеристиками пород

владение навыками исследовательской и аналитической деятельности, использования типового программного обеспечения для построения зависимостей и их анализа.

Изучение дисциплины «Петрофизика» опирается на знания, полученные при изучении дисциплин: Физика, Химия, Общая геология, Петрография, Физика горных пород. Знания, полученные при изучении дисциплины являются основой и необходимы для освоения дисциплин: Ядерная геофизика и радиометрия скважин, Электромагнитные и акустические методы исследования скважин, Интерпретация данных геофизических исследований, Комплексная интерпретация геофизических данных, Обоснование подсчетных параметров по данным геофизических исследований скважин, Прогноз пластовых давлений по данным геофизических исследований скважин, Геолого-технологические исследования нефтегазовых скважин, Технология литолого-петрофизических исследований, а также для выполнения выпускной квалификационной работы.

### 3. Результаты обучения по дисциплине/модулю

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
ПКС-3. Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	ПКС-3.1 анализирует передовой отечественный и зарубежный опыт в области исследований физических свойств ядерного материала и цифровой обработки полученных данных	1.1 Анализирует опыт проводимых исследований ядра. 1.2 Сравнивает методики исследований ядра. 1.3 Сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных
	ПКС-3.2 планирует и проводит аналитические, имитационные и экспериментальные исследования	2.1 Анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям. 2.2 Проводит расчеты по полученным экспериментальным данным. 2.3 Формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований
	ПКС-3.3 разрабатывает специализированные процедуры исследований физических свойств ядерного материала и цифровой обработки полученных петрофизических данных в зависимости от литологических, петрофизических, геохимических особенностей горных пород	3.1. Участвует в разработке программы исследований ядерного материала 3.2. Применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.

<p>ПКС-4 Способен проводить математическое и геолого-геофизическое моделирование и исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ</p>	<p>ПКС-4.1 применяет методы математического и геолого-геофизического моделирования для построения математических и геолого-геофизических моделей для анализа и оптимизации скважинных геофизических исследований</p>	<p>1.1 Пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей</p>
---	--	---

#### 4. Объем дисциплины/модуля

Общий объем дисциплины/модуля составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

Таблица 4.1

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия / контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	3/6	26	0	26	92	Экзамен, курсовая работа

#### 5. Структура и содержание дисциплины/модуля

5.1. Структура дисциплины/модуля.

**- очная форма обучения (ОФО)**

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СР, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр	Лаб				
1	1	Введение в дисциплину и науку «Петрофизика»	1	-	-	1	2	ПКС-3.1	Вопросы к текущей аттестации.
2	2	Объекты исследований в петрофизике	2	-	-	1	3	ПКС-3.1	Вопросы к текущей аттестации.
3	3	Характеристика основных компонент горной породы. Глинистость и дисперсность горных пород	2	-	4	3	9	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
4	4	Пористость и насыщенность горных пород	2	-	2	3	7	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
5	5	Плотность горных пород.	1	-	1	3	4	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
6	6	Проницаемость горных пород.	2	-	6	3	11	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
7	7	Удельное электрическое сопротивление пород.	2	-	6	3	11	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.

8	8	Диффузионно-адсорбционная и фильтрационная вызванная электрохимическая активность горных пород	2	-	2	3	7	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
9	9	Естественная радиоактивность горных пород.	2	-	2	3	7	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
10	10	Взаимодействие гамма-квантов с веществом	2	-	1	3	15	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
11	11	Нейтронные свойства горных пород	2	-	2	3	7	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
12	12	Упругие свойства горных пород.	2	-	-	1	3	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
13	13	Магнитные и тепловые свойства горных пород	2	-	-	1	3	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
14	14	Обобщение данных, построение петрофизических моделей разрезов	2	-	2	3	7	ПКС-3.2 ПКС-3.3 ПКС-4.1	Вопросы к текущей аттестации.
15	Курсовая работа					31	31	ПКС-3 ПКС-4	Защита курсовой работы
	Экзамен					27	27		Вопросы к экзамену
Итого:			26	-	26	65	144		

## 5.2. Содержание дисциплины/модуля.

### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины/модуля (дидактические единицы).

#### **Раздел 1. «Введение в дисциплину и науку петрофизика»**

Цели и задачи науки петрофизика в ряду естественных наук. Классификация физических свойств. Роль отечественных и зарубежных ученых в создании петрофизики. История развития, главные результаты и проблемы петрофизических исследований.

#### **Раздел 2. «Объекты исследований в петрофизике»**

Горные породы: магматические, метаморфические, осадочные (терригенные, карбонатные); породообразующая, цементная и поровая компоненты горных пород, их минеральный состав. Минеральная, фазовая, компонентная и структурная неоднородности горных пород; неоднородность массивов (пластов), геологических разрезов; причины ее возникновения и развития. Критерии неоднородности образцов пород.

#### **Раздел 3. «Характеристика основных компонент горной породы. Глинистость и дисперсность горных пород»**

Терригенные породы. Породообразующая компонента - «скелет» породы – её состав и характеристика составляющих минералов и обломков пород. Цементная компонента; типы цемента по составу и структуре; состав и свойства минералов «цемента». Гранулометрическая неоднородность твердой фазы, отсортированность, средний диаметр зерен, глинистость.

Глинистость, методы её определения, коэффициенты глинистости; удельная поверхность, емкость катионного обмена, методы их определения.

Карбонатные породы. Минеральный состав породообразующей компоненты, характеристика карбонатных минералов, нерастворимый остаток

#### **Раздел 4. «Пористость и насыщенность горных пород»**

Пористость горных пород (поры, трещины, каверны, их происхождение). Коэффициенты пористости, связь со структурой и составом твердой фазы. Способы определения коэффициентов пористости. Структура порового (пустотного) пространства пород, способы её изучения и отображения. Порометрия, распределение пор по размерам. Влияние давления и температуры на пористость пород. Изменение пористости пород с глубиной.

Водонасыщенность пород. Типы вод, выделяемых в горных породах: химически связанная (кристаллизационная и конституционная), физически связанная, капиллярно связанная (менисковая, углов пор, осмотическая и пр.), остаточная и гравитационно – подвижная воды. Влияние химически и физически связанной воды на физические свойства пород. Смачиваемость поверхности твердой фазы пород.

Двойной электрический слой на границе твердой и жидкой фаз породы, его образование строение и влияние на свойства физически связанной воды и пород.

Поровые флюиды: вода, нефть, газ. Коэффициенты водо-, нефте- и газонасыщенности пород, способы их определения на образцах пород. Обобщенная зависимость изменения водо-, нефте- и газонасыщенности по высоте нефтегазовой залежи. Влияние водонасыщенности на физические свойства пород. Остаточная нефтенасыщенность. Коэффициенты эффективной и динамической пористости, их практическое значение.

#### **Раздел 5. «Плотность горных пород»**

Обобщенная модель плотности пород; плотность минеральная (скелета и цемента породы), плотность объемная сухих и водо- (нефте-)насыщенных пород. Плотность основных минералов породообразующей цементной и поровой компонент породы, Зависимость её от вида связи и структуры кристаллической решетки минералов. Соотношения плотности магматических, метаморфических и осадочных пород. Связь плотности с пористостью и другими свойствами пород. Характер изменения плотности пористых образований с глубиной. Способы определения плотности пород на образцах. **Раздел 6. «Проницаемость горных пород»**

Виды проницаемости: абсолютная, фазовая и относительная. Законы Дарси и Пуазейля, уравнение Козени-Кармана. Зависимости коэффициентов проницаемости от структуры порового пространства и характера насыщенности пород. Кривые относительной фазовой проницаемости их практическое применение. Влияние температуры и давления на проницаемость пород. Способы определения коэффициентов проницаемости при нормальных условиях и при высоких давлениях и температурах.

Взаимосвязь фильтрационно емкостных свойств пород между собой. Классификация пород по емкостным и фильтрационным свойствам (по А.А. Ханину).

#### **Раздел 7. «Удельное электрическое сопротивление пород»**

Удельное электрическое сопротивление (УЭС) и электропроводность, основных компонент породы. Классификация минералов по величине удельного сопротивления. Петрофизические модели УЭС пород, зависимость его от текстуры. Уравнение Арчи-Дахнова:  $R_p = f(K_p)$ ; обобщенное представление и практическое значение его. Удельное сопротивление нефтегазоносных водонасыщенных пород; параметры относительного сопротивления (Р) и насыщенности (Рн). Способы получения и значение зависимостей  $R_n = f(K_{во})$  и  $R_n = f(K_v)$ . Удельное сопротивление остаточной воды и ее зависимость от минерализации насыщающей воды и коллекторских свойств породы. Параметр поверхностей проводимости и его зависимость от дисперсности пород состава и минерализации поровых вод.

УЭС анизотропных пород. Коэффициент электрической анизотропии. Связь удельного сопротивления с проницаемостью и плотностью пород. Влияние температуры и давления на зависимости параметров УЭС от пористости и водонасыщенности пород. Примеры их для месторождений Западной Сибири. Способы измерения УЭС образцов пород.

#### **Раздел 8. «Диффузионно-адсорбционная активность и вызванная электрохимическая активность горных пород»**

Физическая природа электрической поляризации на контакте двух растворов разной концентрации солей. Диффузионные потенциалы. Уравнения диффузионных потенциалов для простых и сложных растворов солей (Нернста и Гендерсона). Коэффициент диффузионной Э.Д.С. Особенности физической природы электрической поляризации пород на контакте двух

растворов разной концентрации солей. Диффузионно-адсорбционные потенциалы. Диффузионно – адсорбционная активность пород (Ада), роль её в формировании потенциалов самопроизвольной поляризации в скважине. Влияние степени заполнения пор остаточной (физически связанной) водой на Ада – влияние дисперсности породы и типа глинистого цемента. Вывод уравнения Еда на границе порода-раствор с использованием уравнения Нернста. Связь Ада пород со степенью дисперсности и коллекторскими свойствами. Способы определения диффузионно-адсорбционной активности пород в лаборатории. Фильтрационные и окислительно – восстановительные потенциалы в горных породах.

Виды электрической поляризации пород: дипольная, индукционная, ориентационная поляризации атомов и молекул, концентрационная и окислительно – восстановительная поляризация пород и руд. Коэффициент вызванной поляризации, вызванная электрохимическая активность горных пород, способы изучения. Геологическая информативность вызванной электрохимической активности горных пород.

### **Раздел 9. «Естественная радиоактивность горных пород»**

Естественная радиоактивность химических элементов. Закон радиоактивности, единицы её измерения. Продукты радиоактивности:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - излучение. Естественные радиоактивные элементы (ЕРЭ): калий-40, ряд урана-радия, ряд тория. Радиоактивность минералов основных компонент горной породы. Естественная гамма-активность горных пород; энергетический спектр  $\gamma$  –излучения пород и его значение для определения радиоактивных элементов и минералов в породах. Основы гамма-спектрометрии пород. Радиоактивность магматических и метаморфических пород. Геохимия радиоактивных элементов, радиоактивность осадочных пород. Связь гамма-активности с другими петрофизическими характеристиками. Определение радиоактивности пород в лаборатории. Значение изучения радиоактивности пород для прикладной геофизики.

### **Раздел 10. «Взаимодействие гамма-квантов с веществом»**

Основные реакции взаимодействия гамма-квантов с веществом: фотоэффект, комптон-эффект, эффект образования электрон-позитронных пар. Микроскопические и макроскопические сечения реакций взаимодействия. Энергетические области проявления реакций взаимодействия гамма-квантов с веществом горных пород ( $Z < 20$ ). Физические предпосылки и условия применения фотоэффекта и комптон-эффекта для изучения состава и плотности пород. Линейные и массовые коэффициенты поглощения гамма-квантов веществом зависимость их от плотности и среднего эффективного номера состава пород.

### **Раздел 11. «Нейтронные свойства горных пород»**

Общие сведения о нейтронах, способы получения, классификация нейтронов по их энергии, тепловые нейтроны. Виды взаимодействия нейтронов с веществом (ядрами элементов): ядерная активация (быстрыми и тепловыми нейтронами), неупругое, упругое и резонансное рассеяние, радиационный захват. Реакции ГИНР и ГИРЗ, понятие характеристической энергии гамма излучения этих реакций; энергетические спектры гамма-излучения этих реакций.

Нейтронные микроскопические эффективные сечения. Энергетические уровни ядра – основа резонансного характера взаимодействия нейтронов с ядрами элементов. Формула Брейта-Вигнера для эффективного сечения захвата нейтронов. Макроскопические сечения рассеяния и захвата нейтронов минералами пород. Зависимость  $\delta$  и  $\lambda$  от характера насыщения породы. Коэффициент и длина замедления, длина диффузии, время замедления и время диффузии нейтронов в породе; связь нейтронных параметров химическим составом, плотностью и коэффициентом пористости пород. Формулы для расчета взаимодействия нейтронов с веществом породами. Водородосодержание пород, водородные индексы минералов (воды, нефти). Зависимость плотности потока нейтронов от водородосодержания пород и минерализации воды.

### **Раздел 12. «Упругие свойства горных пород»**

Понятие о напряжениях, тензоры напряжения. Понятие об упругих деформациях, виды деформаций; закон Гука для линейных деформаций. Постоянные упругости, их связь с составом, структурой пород, зависимость от внешних факторов (температура, давление). Понятие об упругих колебаниях. Зависимость скорости от минерального состава, плотности, пористости и характера насыщения пород. Результаты экспериментального изучения



зависимости скорости распространения упругих колебаний от давления и температуры. Классификация числовых значений упругих свойств пород и способы их лабораторного определения. Поглощение упругих волн в горных породах. Коэффициенты поглощения и декремент затухания объемных упругих волн; их зависимость от вещественного состава, структуры, температуры, давления, частоты колебаний по теоретическим и экспериментальным данным. Величины коэффициентов поглощения основных типов и групп пород. Значение этих показателей для прикладной геофизики. Уравнение среднего времени и другие уравнения зависимости интервального времени от пористости пород.

### **Раздел 13. «Магнитные и тепловые свойства горных пород»**

Основные понятия о магнитных свойствах пород, практическая значимость и ограничения информативности магнитных свойств осадочных горных пород.

Основные понятия о тепловых свойствах пород практическая значимость и ограничения информативности тепловых свойств осадочных горных пород.

### **Раздел 14. «Обобщение данных, построение петрофизических моделей разрезов»**

Типовое петрофизическое обеспечение геологической интерпретации материалов ГИС (геофизических исследований и определения подсчетных параметров).

Понятие петрофизической модели геологического разреза, правила построения её.

## 5.2.2. Содержание дисциплины/модуля по видам учебных занятий.

### **Лекционные занятия**

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	0,5	-	-	Введение в дисциплину
2		0,5	-	-	Зарождение и развитие науки «Петрофизика» - заслуга отечественных ученых
3	2	2	-	-	Объекты исследований в петрофизике
4	3	2	-	-	Характеристика основных компонент горной породы. Глинистость и дисперсность горных пород
5	4	1	-	-	Пористость горных пород
6		1	-	-	Водонасыщенность горных пород
7	5	1	-	-	Плотность горных пород.
8	6	2	-	-	Проницаемость горных пород.
9	7	1	-	-	Удельное электрическое сопротивление ионопроводящих горных пород. Уравнения Арчи-Дахнова.
10		1	-	-	Параметры удельного электрического сопротивления: $R$ , $R_p$ , $R_n$ , зависимости их от ФЕС, влияние поверхностной проводимости
11	8	1	-	-	Диффузионно-адсорбционная и фильтрационная активность горных пород
12		1	-	-	Вызванная электрохимическая активность
13	9	1	-	-	Радиоактивность. Естественные радиоактивные элементы, формы нахождения их в горных породах.
14		1	-	-	Естественная гамма-активность горных пород, связь её с минеральным и компонентным составом пород. Зависимости ЕРА от глинистости пород.
15	10	2	-	-	Виды и характеристики взаимодействия гамма-квантов с веществом, их физическая информативность.
16	11	1	-	-	Нейтроны их характеристики. Виды и характеристики взаимодействия нейтронов с веществом, их физическая информативность.
17		1	-	-	Нейтронные параметры горных пород, связь их с водородосодержанием, содержанием хлора и бора. Геологическая информативность нейтронных параметров.
18	12	2	-	-	Упругие свойства горных пород.

19	13	2	-	-	Магнитные и тепловые свойства горных пород
20	14	2	-	-	Обобщение данных, построение петрофизических моделей разрезов
Итого:		26	-	-	

### Практические занятия

*Практические работы учебным планом не предусмотрены*

### Лабораторные работы

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	3	2	-	-	Порядок отбора керна и методика подготовки образцов проб к измерениям
2	3	2	-	-	Гранулометрический анализ горных пород, построение гистограммы распределений фракций
3	4,5	3	-	-	Определение коэффициента открытой пористости и плотности водонасыщенных пористых пород.
4	6	3	-	-	Определение коэффициента остаточной водонасыщенности методом центрифугирования
5	6	3	-	-	Определение абсолютной и эффективной проницаемости пород, принципы измерения фазовой проницаемости
6	7	2	-	-	Определение удельного электрического сопротивления воды, насыщающей породу.
7	7	4	-	-	Определение удельного электрического сопротивления полностью и частично водонасыщенных пористых горных пород
8	8	2	-	-	Определение диффузионно-адсорбционной активности
9	9,10	3	-	-	Основы измерения естественной радиоактивности
10	14	2			Основы статистической обработки данных
Итого:		26	-	-	-

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1	1-14	20			Подготовка к защите лабораторных работ	Защита лабораторных работ
2	1-14	14			Работа с лекционным материалом, поиск и анализ дополнительных источников информации по тематике лекций	Устный и письменный опрос
3	2-14	31			Поиск и анализ дополнительных источников информации по тематике курсовой работы	Защита курсовой работы
4	1-14	27			Подготовка к экзамену	Вопросы для экзамена
Итого:		92	-	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины/модуля ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

*лекционные занятия:*

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме;

*лабораторные занятия:*

- работа индивидуально и в малых группах над заданиями лабораторной работы.

## **6. Тематика курсовых работ/проектов**

1. Физические свойства основных минеральных составляющих песчано-глинистых пород: породообразующей, цементной, поровой.
2. Физические свойства основных минеральных составляющих карбонатных пород: карбонатной, нерастворимого остатка, поровой.
3. Влияние литологии, компонентного, минерального и фазового состава пород нефтегазоносных отложений на их пористость и плотность.
4. Влияние литологии, компонентного, минерального и фазового состава пород нефтегазоносных отложений на их естественную радиоактивность.
5. Влияние литологии, компонентного, минерального и фазового состава пород нефтегазоносных отложений на их нейтронные параметры.
6. Глинистость, виды глинистости, свойства глинистых минералов, методики определения коэффициента глинистости. Влияние глинистости на основные физические свойства песчано-глинистых пород.
7. Пористость и плотность горных пород. Методы определения (по СТП и ГОСТу), влияние насыщающей жидкости (керосин, вода), гидрофобизации и цеолитизации.
8. Открытая и закрытая пористость, особенности определения закрытой пористости горных пород методами Мелчера и гидростатического взвешивания.
9. Дисперсность терригенных осадочных пород, способы ее выражения: удельная поверхность, емкость катионного обмена, гигроскопическая влажность.
10. Двойной электрический слой, его строение и свойства. Физически связанная вода и ее свойства.
11. Плотность, обоснование методики определения плотности остаточной воды в горных породах.
12. Пористость, ее виды, влияние гранулометрического состава терригенных осадочных пород на их пористость
13. Динамическая и эффективная пористости, методы их определения и методики обоснования граничных значений ФЭС.
14. Поровое пространство пород; методика обоснования эффективных размеров пор по кривым капиллярного давления.
15. Влияние глинистости на пористость терригенных осадочных пород. Зависимость пористости от глинистости для моделей пород с дисперсной и слоистой глинистостью.
16. Водонасыщенность осадочных терригенных пород, объемная влажность, остаточная водонасыщенность, водоудерживающая способность, гигроскопическая влажность. Влияние водонасыщенности на основные физические свойства пород.
17. Плотность терригенных остаточных пород, виды плотности. Модель связи «плотность-пористость» пород и отличие её от реальных зависимостей. Методика определения плотности породы и плотности твердой фазы.
18. Основные модели проницаемости терригенных осадочных пород; законы Дарси и Пуазейля. Абсолютная, относительная фазовая и эффективные проницаемости пород.
19. Способы определения абсолютной, эффективной, фазовой и относительной проницаемости пород. Расчет кривых относительной фазовой проницаемости по данным капиллярметрии.
20. Потенциалы диффузионно-адсорбционного происхождения, уравнение Нернста. Коэффициенты диффузионной и диффузионно-адсорбционной ЭДС. Диффузионно-

адсорбционная активность песчано-глинистых пород, зависимость её от основных свойств пород.

21. Удельное электрическое сопротивление твердых тел и растворов; влияние температуры и минерализации на УЭС растворов; модели УЭС терригенных осадочных пород.

22. Удельное электрическое сопротивление терригенных осадочных пород, параметры УЭС ( $R$ ,  $R_p$ ,  $R_n$ ), уравнение Арчи-Дахнова. Влияние температуры и давления на петрофизические зависимости параметров УЭС.

23. Удельное электрическое сопротивление терригенных осадочных пород, зависимость его от содержания и УЭС проводящей фазы; влияние поверхностной проводимости, глинистости, анизотропии и слоистости.

24. Естественная радиоактивность горных пород. Основные виды нахождения естественных радиоактивных элементов в терригенных осадочных горных породах.

25. Спектрометрия естественной радиоактивности (ЕРА), методика измерения энергетического спектра ЕРА, его геологическая информативность

26. Поглощение гамма-квантов горными породами, массовые и линейные коэффициенты поглощения, зависимость от плотности элементного состава пород.

27. Взаимодействие нейтронов с веществом; основные характеристики нейтронных свойств горных пород их геологическая информативность.

28. Упругие свойства горных пород; характеристики распространенных продольных и поперечных волн в горных породах.

29. Изменение физических свойств терригенных осадочных пород в процессе их формирования и в зависимости от термобарических условий.

30. Экспериментальные исследования минерализации поровых вод по водным вытяжкам из керна.

31. Петрофизические основы прогноза аномально высоких пластовых давлений.

32. Общие закономерности изменения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) пород в разрезе осадочного чехла Западной Сибири.

## 7. Контрольные работы

7.1. Методические указания для выполнения контрольных работ.

7.2. Тематика контрольных работ.

*не предусмотрены*

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1	Работа на лабораторных занятиях	0-10
2	Текущий контроль	0-10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-20
2 текущая аттестация		
3	Работа на лабораторных занятиях	0-10

	Текущий контроль	0-15
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-25
3 текущая аттестация		
4	Работа на лабораторных занятиях	0-15
5	Текущий контроль	0-20
6	Доклад по теме самостоятельной работы	0-10
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-45
<b>ВСЕГО</b>		<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/модуля

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы (*перечислить*):

- собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ <http://elib.tyuiu.ru/>
- научно-техническая библиотека ФГБОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина <http://elib.gubkin.ru/>
- научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ <http://bibl.rusoil.net>
- научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет» <http://lib.ugtu.net/books>
- ООО «ЭБС ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>
- ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru)
- ООО «РУНЭБ» <http://elibrary.ru/>
- электронно-библиотечная система ВООК.ru <https://www.book.ru>
- ЭБС «Консультант студент»;
- Поиск системы Internet: Яндекс, Гугл.
- Система поддержки учебного процесса Educon.

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства (*перечислить*):

- Microsoft Office Professional Plus;
- Zoom (бесплатная версия);
- Свободно-распространяемое ПО.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование)
1	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная	Проектор, экран, компьютер в комплекте. Программное обеспечение: Microsoft Office Professional Plus, Microsoft Windows, Zoom (бесплатная версия), Свободно-распространяемое ПО
2	Лабораторные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и	Комплект переносного демонстрационного оборудования (компьютер, проектор) Программное обеспечение: Microsoft Office Professional Plus, Microsoft Windows,

промежуточной аттестации. Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная.	Zoom (бесплатная версия), Свободно-распространяемое ПО
--	--

## 11. Методические указания по организации СРС

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим, лабораторным занятиям.

Практические занятия проводятся с целью углубленного освоения материала лекций, выработки навыков в решении практических задач и производстве необходимых расчетов. Главным содержанием практических занятий является активная работа каждого студента.

В процессе освоения дисциплины обучающиеся должны не только посещать лекционные и практические аудиторные занятия, но и самостоятельно изучать специальную литературу.

В этой связи следует отметить, что не менее 50% времени от общего времени на изучение дисциплины потребуется на работу с различными источниками: периодической литературой, учебниками, Интернет ресурсами и т.д. Изучение научно-методической литературы необходимо для подготовки к практическим занятиям, а также аттестационных материалов (расчетов, моделей, презентаций и т.п.).

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа (СР) обучающихся – это процесс активного, целенаправленного приобретения ими новых знаний и умений без непосредственного участия преподавателя.

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к практическим занятиям и итоговой аттестации по курсу. Внеаудиторная СР - это вид учебных занятий, в процессе которых обучающиеся, руководствуясь непосредственной помощью преподавателя или соответствующей методической литературой, самостоятельно углубляют и совершенствуют приобретенные на аудиторных занятиях знания, умения и опыт учебно-познавательной деятельности, выполняя во внеаудиторное время контрольные задания, способствующие развитию их интеллектуальной активности и познавательной самостоятельности как черт личности.

Предметно и содержательно СР определяется государственным образовательным стандартом, действующим учебным планом и рабочей программой дисциплины.

К средствам обеспечения СР относятся учебники, учебные пособия и методические руководства, учебно-программные комплексы, система поддержки учебного процесса EDUCON и т.д.

Контроль самостоятельной работы и оценка ее результатов организуется как единство двух форм: самоконтроль и самооценка обучающегося; контроль и оценка со стороны преподавателя.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы являются:

- уровень освоения обучающимися учебного материала;
- умения обучающегося использовать теоретические знания при выполнении творческих заданий;
- сформированность соответствующих компетенций;
- обоснованность и четкость изложения ответов;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина/модуль: Петрофизика

Код, направление подготовки/специальность/профессия

21.05.03 Технология геологической разведки специализация «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых»

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: Технология литолого-петрофизических исследований

Специальность: 21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация: Геофизические методы исследования скважин

Код компетенции		Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-3. Способен планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы.	ПКС-3.1 анализирует передовой отечественный и зарубежный опыт в области исследований физических свойств кернового материала и цифровой обработки полученных данных	1.1 Анализирует опыт проводимых исследований керна.	Не анализирует опыт проводимых исследований керна	Слабо анализирует опыт проводимых исследований керна	Анализирует опыт проводимых исследований керна	В совершенстве анализирует опыт проводимых исследований керна
		1.2 Сравнивает методики исследований керна.	Не сравнивает методики исследований керна.	Слабо сравнивает методики исследований керна.	Хорошо сравнивает методики исследований керна.	В совершенстве сравнивает методики исследований керна.
		1.3 Сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных	Не сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных	Слабо сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных	Хорошо сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных	В совершенстве сравнивает полученные данные в ходе цифровой обработки данных
	ПКС-3.2 планирует и проводит аналитические, имитационные и экспериментальные исследования	2.1 Анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям.	Не анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям.	Слабо анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям.	Хорошо анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям.	В совершенстве анализирует данные полученные по экспериментальным исследованиям.

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1-2	3	4	5	
	2.2 Проводит расчеты по полученным экспериментальным данным.	Не проводит расчеты по полученным экспериментальным данным.	Слабо проводит расчеты по полученным экспериментальным данным.	Хорошо проводит расчеты по полученным экспериментальным данным.	В совершенстве проводит расчеты по полученным экспериментальным данным.	
	2.3 Формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований	Не формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований	Слабо формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований	Хорошо формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований	Профессионально формулирует цель, задачи для проведения экспериментальных исследований	
	ПКС-3.3 разрабатывает специализированные процедуры исследований физических свойств керна и цифровой обработки полученных петрофизических данных в зависимости от литологических, петрофизических, геохимических особенностей горных пород	3.1. Участвует в разработке программы исследований керна	Не участвует в разработке программы исследований керна	Слабо участвует в разработке программы исследований керна	Участвует в разработке программы исследований керна	Профессионально участвует в разработке программы исследований керна
		3.2. Применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.	Не применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.	Слабо применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.	Хорошо применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.	Профессионально применяет методики для определения петрофизических, геохимических и др. особенностей горных пород.



Код компетенции		Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-4 Способен проводить математическое и геолого-геофизическое моделирование и исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартным и пакетами программ	ПКС-4.1 применяет методы математического и геолого-геофизического моделирования для построения математических и геолого-геофизических моделей для анализа и оптимизации скважинных геофизических исследований	1.1 Пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей	Не пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей	Слабо пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей	Хорошо пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей	Профессионально пользуется методами математического и геолого-геофизического моделирования для построения петрофизических связей

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина: Петрофизика

Специальность: 21.05.03 Технология геологической разведки

Специализация: Геофизические методы исследования скважин

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	<b>Стратиграфическая</b> , литолого-фациальная характеристики юрских отложений Западной Сибири и перспективы их нефтегазоносности [Текст] : учебное пособие / А. Р. Курчиков [и др.] ; ТюмГНГУ. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. - 177 с.	33+ЭР	20	100	+
2	<b>Добрынин, Валерий Макарович.</b> Петрофизика (Физика горных пород) [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых" и "Геофизические методы исследования скважин" направления подготовки дипломированных специалистов "Технологии геологической разведки" / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. - М. : "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. - 368 с	75	20	100	-
3	<b>Вендельштейн, Борис Юрьевич.</b> Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов (при подсчете запасов и проектирования разработки месторождений) [Текст] : научное издание / Б. Ю. Вендельштейн, Р. А. Резванов. - Москва : Недра, 1978. - 320 с	11	20	100	-

4	<b>Стрельченко, Валентин Вадимович.</b> Геофизические исследования скважин [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 130202 "Геофизические методы исследования скважин" направления подготовки дипломированных специалистов 130200 "Технологии геологической разведки" / В. В. Стрельченко ; РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. - М. : Недра, 2008. - 551 с. : ил. - (Приоритетные национальные проекты "Образование"). - Библиогр.: с. 541. <a href="http://elib.gubkin.ru/content/13497">http://elib.gubkin.ru/content/13497</a>	2+ЭР	20	100	+
---	---	------	----	-----	---

Заведующий кафедрой ПГФ  
«31» августа 2021 г.



С.К. Туренко

Директор БИК \_\_\_\_\_

Д.Х. Каюкова

*Самоева* БИК МГУ А.Ч. Сидникова



**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины (модуля)**

---

на 20\_ – 20\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие дополнения (изменения):

---

---

---

---

---

Дополнения и изменения внес:

\_\_\_\_\_

(должность, ученое звание, степень)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры Менеджмента в отраслях ТЭК.  
(наименование кафедры)

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.К. Туренко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.К. Туренко

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.