

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИШПР

Гусева Н.В.

«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЁМ 2018 г.**

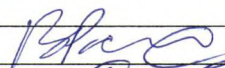
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Петрофизика			
Направление подготовки/ специальность	21.05.03 Технология геологической разведки		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Технология геологической разведки		
Специализация	Геофизические методы исследования скважин		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	3	семестр	6
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16,5	
	Практические занятия	11	
	Лабораторные занятия	16,5	
	ВСЕГО	44	
Самостоятельная работа, ч		64	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОГ
---------	---------------------------------	----

Заведующий кафедрой -
руководитель ОГ на
правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	Гусева Н.В.
	Ростовцев В.В.
	Соколов С.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПСК(У)-2.1	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	ПСК(У)-2.1.В4	Навыками определения параметров горных пород по геофизическим аномалиям
		ПСК(У)-2.1.У4	Использовать данные о физических свойствах горных пород при проектировании и интерпретации геофизических работ
		ПСК(У)-2.1.34	Фильтрационно-емкостные и физические свойства коллекторов (электрические, радиоактивные, упругие); петрофизические модели коллекторов, способы их формирования, условия применимости и ограничения

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знание законов распространения упругих деформаций в горных породах, взаимодействия горных пород с электромагнитными полями естественной и искусственной природы, протекания электрохимических процессов в них, радиоактивных превращений и взаимодействия р/а излучения с веществом. Умение решать на этой основе теоретические и прикладные задачи.	ПСК(У)-2.1
РД-2	Знание понятий и видов пористости, проницаемости, глинистости, способов их определения, взаимного влияния, вертикальной и латеральной изменчивости в пластах-коллекторах. Понимание уравнений Дахнова-Арчи, Нернста, Ларионова, Дарси, Козени-Кармана. Умение проводить на основе результатов лабораторных исследований и данных ГИС корреляционно-регрессионный анализ для построения петрофизических зависимостей типа «кern-ГИС», «кern-кern». Умение на фоне вмещающих пород различать коллекторы и зоны внутри них, насыщенные разными флюидами, используя для этого сведения о УЭС пластов, их диффузионно-адсорбционной активности, естественной радиоактивности, реакции на нейтронное и гамма облучение, времени пробега упругих волн.	ПСК(У)-2.1
РД-3	Понимание связи структуры геофизических аномалий в скважине с ФЕС коллекторов и физическими свойствами вмещающих пород. Понимание сущности петрофизического моделирования и связи петрофизики с геолого-геофизическим моделированием месторождений углеводородов.	ПСК(У)-2.1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов	РД-1 РД-2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32
Раздел 2. Физические свойства и петрофизические модели коллекторов	РД-1 РД-2 РД-3	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	32

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛЕКТОРОВ

Цели и задачи освоения дисциплины. Коллекторы и их виды. Коллектор в структуре ловушек нефти и газа. Понятие фильтрационно-емкостных свойств коллектора: пористость, проницаемость, глинистость.

Диэлектрическая проницаемость флюидов, поверхностное натяжение, смачиваемость, капиллярное давление. Порометрия. Ёмкость катионного обмена, двойной электрический слой, удельная поверхность порового пространства, сорбционная ёмкость, показатель гидрофильности, набухаемость.

Дисперсная, структурная и слоистая глинистость. Коэффициенты массовой, объемной и относительной глинистости. Петрофизические типы глин (классификация по поверхностной активности). Значение глинистости в изменении фильтрационно-емкостных свойств коллекторов.

Влажность: химически связанная, физически связанная (пленочная, углов пор и тупиковых пор, капиллярно удержанная) вода. Структура поровой воды в глинах; свойства прочно связанной (аномальной) воды.

Пористость. Классификация пор по происхождению, по размерам. Структура порового пространства, влияние размера пор на процессы формирования и разработки залежи. Обобщенная модель поровой среды.

Флюидонасыщенность: нефтеносный, газonosный и водоносный коллекторы, коэффициенты флюидонасыщения, зона предельного нефтегазонасыщения, коэффициент связанной воды.

Линейный закон Дарси, абсолютная проницаемость, уравнение Козени-Кармана; фазовые (эффективные) и относительные проницаемости; определение фазовых проницаемостей по результатам измерения капиллярного давления; граничные и критические значения водонасыщенности коллекторов.

Темы лекций:

1. Введение в петрофизику м-ий УВ. Св-ва флюидов и пород на контакте с ними.
2. Глинистость. Вода в горных породах.
3. Пористость и характер насыщения порового пространства.
4. Проницаемость.

Темы практических занятий:

1. Методы расчетов фазовых проницаемостей.
2. Расчет удельной поверхности поровых каналов коллектора

3. Подготовка базы данных для построения петрофизических зависимостей.

Названия лабораторных работ:

1. Структура порового пространства. Капиллярное давление.
2. Модели пористой среды коллектора.

Раздел 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОЛЛЕКТОРА

Физические свойства пород-коллекторов нефти и газа. Физические параметры флюидов. Понятие петрофизической модели коллектора.

Электропроводность. Удельная электропроводность (удельное сопротивление). Классификация минералов по электропроводности: минералы проводники, полупроводники и диэлектрики. Факторы, влияющие на электропроводность горных пород: минеральный состав, структура, пористость и характер насыщения, температура и давление.

Модель электропроводности коллекторов. Исходные положения модели коллектора в отношении электропроводности. Модель полностью водонасыщенной породы (параметр пористости, влияние глинистости и минерализации пластовой воды); модель частично водонасыщенной породы (параметр насыщения, коэффициенты газо- и нефтенасыщенности). Петрофизические уравнения связи с пористостью и нефтенасыщенностью коллектора. Уравнение Арчи-Дахнова. Петроэлектрические критерии коллектора, выхода нефти, воды и воды с нефтью.

Естественная электрическая поляризация. Контактные разности потенциалов. Виды электрической поляризации неглинистых горных пород. Электродный потенциал и поляризация окислительно-восстановительной природы. Фильтрационные потенциалы.

Модель диффузионно-адсорбционной активности коллекторов: диффузионные и диффузионно-адсорбционные потенциалы; уравнение Нернста; процессы в тонких и широких капиллярах; влияние глинистости и песчанистости коллекторов. Изменение диффузионно-адсорбционной поляризации в разрезе нефтяной залежи; условие связи с пористостью и проницаемостью коллекторов. Петрофизические уравнения связи; граничные значения относительного диффузионно-адсорбционного потенциала для коллекторов.

Явление радиоактивности, закон радиоактивного распада, радиоактивное равновесие. Содержания урана, тория и калия в осадочных горных породах, разделение глин по соотношению радиоактивных элементов. Подвижности радиоактивных элементов в эпигенетических процессах на месторождениях углеводородов; радиоактивность битумов, карбонатов. Влияние литологического состава скелета (песчаники, алевролиты, карбонаты, присутствие калиевых полевых шпатов), наличие и содержание глинистого и карбонатного цемента, состава (поверхностной активности) глин на радиоактивность коллектора. Связь пористости и глинистости.

Нейтронные характеристики горных пород. Нейтроны, их взаимодействие с горными породами. Замедляющие и поглощающие свойства горных пород и флюидов.

Модель «нейтронной» пористости коллекторов. Физико-геологические основы взаимосвязи нейтронных характеристик горных пород и пористости. Водородосодержание, учет химически и физически связанной воды. Петрофизические уравнения.

Упругие свойства горных пород. Напряжения и деформации горных пород и флюидов. Упругие модули. Продольные и поперечные упругие колебания, скорости упругих волн, интервальное время, коэффициент затухания. Упругие модели горных пород. Упругие свойства осадочных горных пород, изменение с глубиной.

Акустические модели пористости: влияние глинистости и нефтенасыщенности. Физическое содержание коэффициентов в уравнениях регрессии.

Темы лекций:

1. Физические свойства коллекторов и флюидов. Электропроводность коллекторов.
2. Модель электропроводности коллектора. Модель диффузионно-адсорбионной активности коллектора.
3. Радиоактивность горных пород. Модель «нейтронной» пористости.
4. Упругие свойства пород-коллекторов. Акустическая модель коллектора.

Темы практических занятий:

1. Определение УЭС пластовых вод.
2. Качественная интерпретация петрофизических данных
3. Формирование петрофизической модели месторождения.

Названия лабораторных работ:

1. Физические свойства углеводородов
2. Характеристика сводных физико-геологические разрезов нефтеносных районов

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Методическое обеспечение

Основная литература:

1. Номоконова Г.Г. Петрофизика коллекторов нефти и газа: учебное пособие. – Томск. Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 146 с.
2. Меркулов В.П. Геофизические исследования скважин: учебное пособие для вузов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2016. - 146с.
3. Дьяконов Д. И., Леонтьев Е. И., Кузнецов Г. С. Общий курс геофизических исследований скважин: учебное пособие - М.: Альянс, 2015. - 432с.

Дополнительная литература:

1. Кобранова В.Н. Петрофизика. - М.: Недра, 1986 - 392 с.

2. Физические свойства минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах: Справочник. - М.: недра. 1988. - 253 с.
3. Петрофизическая характеристика осадочного покрова нефтегазоносных провинций: Справочник. - М.: Недра, 1985. - 193 с.
4. Физические свойства вещества в термодинамических условиях литосферы. - Киев.: Наукова думка, 1986. - 197 с.
5. Орлов Л.И., Карпов Е.Н., Топорков В.Г. Петрофизические исследования коллекторов нефти и газа. - М.: Недра, 1987. - 320 с.
6. Элланский М.Н. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. - М.: Недра, 1978. - 212с.
7. Барулин Г.И. Геофизические основы регионального прогноза нефтегазоносности. - М.: Недра, 1983. - 176 с.
8. Ржевский В.В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: учебник для вузов - Москва : ЛЕНАНД, 2015 - 359 с. - (Классика инженерной мысли: горное дело).

6.2 Информационное и программное обеспечение

Электронные учебники ТПУ:

1. Номоконова Г.Г. Физика горных пород
http://e-le.lcg.tpu.ru/public/FGP_0651/index.html
2. Номоконова Г.Г. Петрофизика
http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PFP_0611/index.html

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.oilcraft.ru> Сайт библиотеки учебников и монографий нефтегазовой сферы
2. <http://www.slb.ru/sis/Petrophysics/> Петрофизика в GeoFrame
3. <http://www.yagello.ru/catalog.php?cid=218> Каталог изданий для нефтегазового комплекса: петрофизика
4. <http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=1> Журнал «Геология и геофизика»
5. http://www.karotazhnik.ru/htmls/ntv_karotazhnik.htm Журнал «Каротажник»
6. <http://vniiioeng.mcn.ru/inform/geolog/> Журнал «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений»
7. <http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=1> Журнал «Геофизика»
8. <http://www.oil-gas.com.ua/NEW/last.htm> Журнал «Нефть и газ»
9. <http://astropro.ru/science/?p=video&id=464> Сайт фильмов по физике, в том числе раздела «поверхностные явления и свойства»
10. <http://www.gubkin.ru> Сайт Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина.
11. <http://www.geoinform.ru> – журнал «Геология нефти и газа»
12. <http://www.ngtp.ru/> Нефтегазовая геология. Теория и практика. Электронное издание ВНИГРИ

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**): Adobe Acrobat Reader DC; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Zoom Zoom

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 422	Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 408	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Стол лабораторный - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по специальности 21.05.03 Технология геологической разведки /специализации Геофизические исследования скважин (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОГ	Соколов С.В.

Программа одобрена на заседании отделения геологии (Протокол заседания отделения геологии № 4 от 28.06.2018).

Заведующий кафедрой-руководитель отделения геологии на правах кафедры,
д.г-м.н., доцент

_____/Гусева Н.В./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании отделения /кафедры (протокол)
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение. 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 3. Обновлено содержание разделов дисциплины. 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	Протокол заседания ОГ №12 от 24.06.2019
2020 / 2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение. 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем. 3. Обновлено содержание разделов дисциплины. 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС.	Протокол заседания ОГ №21 от 29.06.2020