

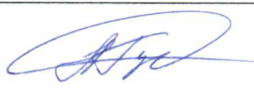
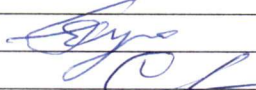
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
И. о. директора ИШПР  
Гусева Н.В.  
«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЁМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

| Физика горных пород месторождений углеводородов      |                                            |         |   |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|---|
| 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                                     | 12      |   |
|                                                      | Практические занятия                       |         |   |
|                                                      | Лабораторные занятия                       | 10      |   |
|                                                      | ВСЕГО                                      | 22      |   |
| Самостоятельная работа, ч                            |                                            | 86      |   |
| ИТОГО, ч                                             |                                            | 108     |   |

|                              |         |                              |    |
|------------------------------|---------|------------------------------|----|
| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | ОГ |
|------------------------------|---------|------------------------------|----|

|                                                                                                    |                                                                                      |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Заведующий кафедрой<br>- руководитель ОГ<br>на правах кафедры<br>Руководитель ООП<br>Преподаватель |  | Гусева Н.В.  |
|                                                                                                    |  | Гусев Е.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                                                                                                                                                            | Результаты освоения ООП | 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 | Р1                      | 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, упругие); радиоактивные, петрофизические модели коллекторов, способы их формирования, условия применимости и ограничения |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физика горных пород месторождений углеводородов» относится к вариативной части вариативного междисциплинарного профессионального модуля.

## 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. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел (модуль) 1.<br/>Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов</b>                           | РД-1<br>РД-2                                 | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Практические занятия      | <b>0</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Лабораторные занятия      | <b>2</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 2.<br/>Физические свойства и петрофизические модели коллекторов</b>               | РД-1<br>РД-2<br>РД-3                         | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Практические занятия      | <b>0</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Лабораторные занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |
| <b>Раздел (модуль) 3.<br/>Комплексная петрофизическая характеристика месторождений углеводородов</b> | РД-2<br>РД-3                                 | Лекции                    | <b>4</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Практические занятия      | <b>0</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Лабораторные занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                      |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |

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. Пористость и проницаемость пород-коллекторов. Методы расчетов фазовых проницаемостей.
2. Флюидонасыщенность коллекторов.

#### Названия лабораторных работ:

1. 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:**

2. Физические свойства коллекторов и флюидов. Электропроводность коллекторов.

3. Модель электропроводности коллектора. Модель диффузионно-адсорбционной активности коллектора.

**Названия лабораторных работ:**

1. Физические свойства углеводородов.
2. Определение УЭС пластовых вод.

**Раздел 3. КОМПЛЕКСНАЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Взаимосвязь между физическими параметрами горных пород. Петрофизические модели и классификации. Петрофизические модели нефтегазовых залежей и структур.

Комплексная петрофизическая характеристика горных пород месторождений УВ. Петрофизические модели нефтяных, газоконденсатных и газовых месторождений.

Составление петрофизических моделей месторождений.

**Темы лекций:**

5. Комплексная петрофизическая характеристика горных пород месторождений углеводородов.
6. Петрофизические модели нефтегазовых залежей и структур.

**Названия лабораторных работ:**

3. Анализ петрофизической информации по нефтяному месторождению.
4. Составление петрофизической модели нефтегазоконденсатного месторождения.

**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;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- 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](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](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](http://www.karotazhnik.ru/htmls/ntv_karotazhnik.htm) Журнал «Каротажник»
6. <http://vniioeng.mcn.ru/inform/geology/> 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**):

7-Zip; 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 (компьютерный класс)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 408 | Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Стол лабораторный - 1 шт.;<br>Компьютер - 11 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен.5, 422                      | Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.                             |

Рабочая программа составлена на основе общей характеристики образовательной программы по специальности 21.05.03 Технология геологической разведки / специализации Геофизические методы исследования скважин (приема 2019 г., заочная форма обучения)

Разработчик:

| Должность | ФИО          |
|-----------|--------------|
| Доцент ОГ | Соколов С.В. |

Программа одобрена на заседании отделения геологии (Протокол заседания отделения геологии № 12 от 24.06.2019).

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

/Гусева Н.В./

подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

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