

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
Н. Здрок

«30» 20 г.

Регистрационный № УД-8388/уч.



МЕТОДЫ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-51 80 04 Геология

Профилизация: Общая и региональная геология

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-51 80 04-2019 и учебного плана УВО № I 51-026/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.П. Самодуров, доцент кафедры региональной геологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, кандидат геолого-минералогических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Н.Ю. Денисова начальник отдела геологии и минерагении платформенного чехла, Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр по геологии», кандидат географических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой региональной геологии БГУ
(протокол № 10 от 29.05.2020 г.)

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 17.06.2020 г.).

Заведующий кафедрой
региональной геологии, доцент



Лукашѐв О.В.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Методы петрофизических исследований» разработана для учреждений высшего образования Республики Беларусь в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования второй ступени по специальности 1-51 80 04 «Геология».

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – теоретическое освоение основных разделов петрофизики и понимание возможностей и роли методов петрофизики при решении теоретических и прикладных задач геологии.

В рамках поставленной цели **задачи учебной дисциплины** состоят в следующем:

1. представить фундаментальные сведения об определяющих факторах и закономерностях распределения физических свойств горных пород земной коры;
2. ознакомить магистрантов с методами измерения физических свойств пород, методами обработки данных и выявления закономерностей их изменения;
3. сформировать современные представления для дальнейшей научно-исследовательской, производственно-технологической и проектно-изыскательской деятельности в сфере геофизических исследований скважин.

Дисциплина «Методы петрофизических исследований» предназначена для ознакомления магистрантов с комплексным подходом изучения физических параметров верхней части литосферы.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Методы петрофизических исследований» относится к модулю «Геофизические исследования» и является дисциплиной по выбору компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебная дисциплина «Методы петрофизических исследований» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин «Петрография», «Физика», «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», дисциплин магистратуры – «Механика грунтов, основания и фундаменты», «Математические методы обработки и анализа геоданных».

Программа составлена с учетом межпредметных связей с учебной дисциплиной «Геофизические исследования скважин».

В результате освоения учебной дисциплины магистрант должен:

знать:

- место дисциплины «Методы петрофизических исследований» в комплексе геологических наук нефтегазовой сферы;
- фильтрационно-ёмкостные и физические свойства коллекторов;
- виды пористости и проницаемости, петрофизические типы коллекторов;

- принципиальные различия флюидов (нефти, газа, воды) по физическим параметрам и влияние пористости и флюидонасыщенности на физические свойства коллекторов;

- понятие петрофизической модели коллекторов, способы её формирования, условия применимости и ограничения петрофизических моделей;

- линейный закон Дарси, уравнения Козени-Кармена и Арчи-Дахнова;

уметь:

- оценить состояние петрофизической изученности коллекторов конкретного месторождения и определить содержание петрофизического до изучения месторождения;

- выявить причины изменения значений физических параметров коллектора;

- получить аналитическое выражение петрофизических моделей коллекторов по измеренным значениям фильтрационно-емкостных и физических свойств коллекторов;

- определить пористость, проницаемость, флюидонасыщенность по петрофизическим моделям коллектора, оценить надёжность определения;

- найти необходимую петрофизическую информацию из фондовых, опубликованных источников, в том числе электронных;

- использовать достижения мировой петрофизической науки для постоянного самообучения и повышения своей конкурентоспособности на рынке услуг нефтегазовой сферы;

владеть:

- навыками использования петрофизических данных для интерпретации материалов геофизических исследований скважин и контроля разработки месторождений углеводородов;

- приёмами оценки критических значений физических параметров для отнесения породы к коллектору, выхода из пласта конкретных флюидов

- навыками составления проекта петрофизических исследований при решении конкретных геологических и технологических задач в нефтегазовой сфере;

- навыками свободного пользования компьютером и программным обеспечением для решения петрофизических задач.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы петрофизических исследований» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций**:

СК-10. Владеть современными технологиями электроразведки при проведении научных исследований геологического строения территории, установления влияния геологической среды на коммуникации, владеть методами и методиками петрофизического исследования кернового материала при проведении научно-исследовательской деятельности.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Методы петрофизических исследований» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 126 часов, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лекции – 20 часов (в том числе 10 ч/ДО), практические занятия – 16 часов, аудиторный контроль УСП – 16 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине «Методы петрофизических исследований» – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение в петрофизику

Краткий исторический обзор развития петрофизики. Цели и задачи освоения дисциплины. Определение и виды коллекторов. Коллектор в структуре ловушек нефти и газа. Литологические, фильтрационно-ёмкостные и петрофизические свойства коллектора.

Тема 2. Магнитные свойства горных пород

Виды намагничённости. Ферромагнетизм. Измерения магнитных свойств пород. Магнетизм минералов и руд железа. Закономерности распределения магнитных свойств пород. Палеомагнетизм.

Тема 3. Поверхностные явления и свойства. Глинистость

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

Массовая, объёмная и относительная глинистость, коэффициенты глинистости. Качественные параметры глин. Петрофизические типы глин (классификация по поверхностной активности). Значение глинистости в изменении фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов.

Тема 4. Пористость и проницаемость горных пород

Влажность: химически связанная, физически связанная (плёночная, 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. Обобщённая модель поровой среды: традиционная; по Элланскому.

Флюидонасыщенность: нефтеносный, газоносный 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.

Тема 5. Физические свойства и петрофизические модели коллекторов

Физические свойства горных пород. Факторы, влияющие на физические свойства горных пород. Особенности физических свойств пород-коллекторов нефти и газа. Физические параметры флюидов. Понятие петрофизической модели коллектора.

Тема 6. Модель электропроводности

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.

Тема 7. Модель диффузионно-адсорбционной активности

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 Нерста; процессы в тонких и широких капиллярах; влияние глинистости и песчанности 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.

Тема 8. Модель естественной радиоактивности

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.

Модель естественной радиоактивности коллекторов. Влияние литологического состава скелета (песчаники, алевролиты, карбонаты, присутствие калиевых полевых шпатов), наличие и содержание глинистого и карбонатного цемента, состава (поверхностной активности) глин. Модели пористости и глинистости: уравнения связи.

Тема 9. Модель нейтронной пористости

Нейтронные характеристики горных пород. Нейтроны, 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, учёт химически и физически связанной воды. Петрофизические уравнения.

Тема 10. Акустические свойства пород

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.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы, занятия	Название темы	Количество аудиторных часов					Аудитор. контроль УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия (коллоквиумы)	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение петрофизику	2						Устный опрос
2	Магнитные свойства горных пород	2 (ДО)					2	Устный опрос, реферат
3	Поверхностные явления и свойства. Глинистость.	2	4					Устный опрос, отчёт по практической работе
4	Пористость и проницаемость горных пород	2 (ДО)					4	Собеседование, реферат
5	Физические свойства и петрофизические модели коллекторов	2 (ДО)					4	Устный опрос, реферат
6	Модель электропроводности	2	4					Устный опрос, отчёт по практической работе
7	Модель диффузионно-адсорбционной активности	2	4					Устный опрос, отчёт по практической работе
8	Модель естественной радиоактивности	2 (ДО)	4					Устный опрос, отчёт по практической работе
9	Модель нейтронной пористости	2					2	Собеседование, реферат
10	Акустические свойства пород	2 (ДО)					4	Устный опрос, реферат
	ИТОГО:	20	16				16	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Ерофеев Л.Я., Вахромеев Г.С., Зинченко В.С., Номоконова Г.Г. Физика горных пород. – Томск: ТПУ, 2006. – 520 с.
<http://www.twirpx.com/file/54044/>
2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Кожевников Д.А. Петрофизика. – М.: «Нефть и газ», 2017,1991. – 368с.
<http://www.oilcraft.ru/load/4-1-0-72>
3. Ладынин А.В. Петрофизика. Лекции для студентов геологических специальностей. – Новосибирск: НГУ, 2002. – 120 с.
http://window.edu.ru/window/library?p_rid=28201
4. Петрофизика: Справочник. В трех книгах. Книга первая. Горные породы и полезные ископаемые. / Под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1992. – 391 с.
http://www.hge.pu.ru/index.php?Itemid=71&id=598&option=com_content&task=view
5. Амикс Дж., Басс Д., Уайтинг Р. Физика нефтяного пласта. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 572 с.
http://www.oilcraft.ru/load/fizika_neftjanogo_plasta/4-1-0-416
6. Номоконова Г.Г. Петрофизика
http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PFP_0611/index.html
7. Номоконова Г.Г. Физика горных пород. http://e-le.lcg.tpu.ru/public/FGP_0651/index.html
8. Меркулов В.П. Основы геофизических исследований скважин.
<http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=86>

Перечень дополнительной литературы

1. Буряковский Л.А., Джафаров И.С., Дживаншир Р.Д. Прогнозирование физических свойств коллекторов и покрышек нефти и газа. – М.: Недра, 1982. – 200 с.
2. Добрынин В.М., Вендельштейн Б.Ю., Резванов Р.А., Африкян А.Н. Промысловая геофизика. – М.: Недра, 1986, – 362 с.
3. Интерпретация результатов каротажа сложных коллекторов. – М.: Недра, 1984 год. – 256 с. <http://www.oilcraft.ru/load/5-1-0-90>
4. Петерсилье В.И., Пороскун В.И., Яценко Г.Г. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. – Москва-Тверь: ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика», 2003. – 257 с.
<http://www.oilcraft.ru/load/4-1-0-297>
5. Петрофизическая характеристика осадочного покрова нефтегазоносных провинций: Справочник. – М.: Недра, 1985. – 193 с.
6. Сваровская Н.А. Физика пласта. – Томск: ТПУ, 2003. – 155 с.

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.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=1> Журнал «Геология и геофизика»
4. http://www.karotazhnik.ru/htmls/ntv_karotazhnik.htm Журнал «Каротажник»
5. <http://vniiioeng.mcn.ru/inform/geolog/> Журнал «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений»
6. <http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=1> Журнал «Геофизика»

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами используется следующий диагностический инструментарий:

- собеседования;
- устный опрос;
- реферат;
- отчет по практической работе.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Методы петрофизических исследований» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний магистранта, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

формирование оценки за текущую успеваемость:

- собеседования – 25 %;
- устный опрос – 25 %;
- реферат – 25 %;
- отчет по практической работе – 25 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной сессии с учетом их весовых коэффициентов. Оценка по текущей успеваемости составляет 40%, экзаменационная оценка – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Задание 1-3. Составление рефератов

Тема 2. Магнитные свойства горных пород.

Тема 4. Пористость и проницаемость горных пород.

Тема 5. Физические свойства и петрофизические модели коллекторов.

Тема 9. Модель нейтронной пористости.

Тема 10. Акустические свойства пород.

Форма контроля – реферат.

Темы рефератов

1. Виды намагниченности. Ферромагнетизм.
2. Измерения магнитных свойств пород.
3. Магнетизм минералов и руд железа.

4. Закономерности распределения магнитных свойств пород.
5. Магнитные свойства горных пород.
6. Палеомагнетизм.
7. Влажность: химически связанная, физически связанная (плёночная, углов пор и тупиковых пор, капиллярно удержанная) вода.
8. Структура поровой воды в глинах; свойства прочно связанной (аномальной) воды.
9. Структура порового пространства. Капиллярное давление.
10. Пористость. Классификация пор по происхождению, по размерам.
11. Структура порового пространства, влияние размера пор на процессы формирования и разработки залежи.
12. Обобщённая модель поровой среды: традиционная; по Элланскому.
13. Физические свойства горных пород.
14. Факторы, влияющие на физические свойства горных пород.
15. Особенности физических свойств пород-коллекторов нефти и газа.
16. Физические параметры флюидов.
17. Понятие петрофизической модели коллектора.
18. Упругие свойства горных пород.
19. Напряжения и деформации горных пород и флюидов.
20. Упругие модули.
21. Продольные и поперечные упругие колебания, скорости упругих волн, интервальное время, коэффициент затухания.
22. Упругие модели горных пород.
23. Упругие свойства осадочных горных пород, изменение с глубиной.
24. Акустические модели пористости, влияние глинистости и нефтенасыщенности.
25. Физическое содержание коэффициентов в уравнениях регрессии.

Примерная тематика практических занятий

- Занятие № 1. Влияние глинистости на фильтрационно-ёмкостные свойства коллекторов (4 ч.).
- Занятие № 2. Модель электропроводности коллектора (2 ч.).
- Занятие № 3. Удельное электрическое сопротивление пластовых вод (2 ч.).
- Занятие № 4. Методы расчётов фазовых проницаемостей (4 ч.).
- Занятие № 5. Физические свойства углеводородов (2 ч.).
- Занятие № 6. Сводные физико-геологические разрезы нефтеносных районов (2 ч.).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

практико-ориентированный подход, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций;

метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения;

технология развития критического мышления (представляет собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма); методы чтения различного рода учебных текстов предполагают использование графических организаторов, дневников чтения, концептуальных карт, таблиц, кластеров, а также приемов, направляющих работу студентов с информацией.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины «Методы петрофизических исследований» рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашнего задания;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка к практическим занятиям;
- научно-исследовательские работы;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, составление схем и моделей на основе статистических материалов;
- подготовка и написание рефератов на заданные темы;
- подготовка к участию в конференциях и конкурсах.

Используются современные информационные технологии: размещен в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, методические указания к практическим занятиям, материалы текущего контроля и текущей аттестации, задания, тесты, вопросы

для самоконтроля и др.; список рекомендуемой литературы). Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала используется рейтинговая система.

Методические указания по выполнению и контролю тем практических заданий

Практикум вводится в технологию обучения с целью формирования у студентов умения и навыков в приобретении и постоянном пополнении своих профессиональных знаний. Этого требует современное динамично развивающееся общество, использующее преимущества информационных технологии.

По курсу «Методы петрофизических исследований» предусмотрено выполнение практических заданий по наиболее важным темам учебной дисциплины.

При выполнении запланированных тем практикума магистрант должен ознакомиться с конкретным заданием по данной теме, в котором сформулирована цель работы, порядок и методика ее выполнения, приведен список необходимой литературы.

В дополнении к указанным литературным источникам магистрант должен самостоятельно использовать информационные ресурсы Internet.

Возникающие трудности при выполнении заданий практикума могут быть обсуждены с преподавателем в дни консультаций.

Форма контроля выполнения практикума определяется в задании практикума и контролируется преподавателем (защита компьютерных заданий). Каждая из выполненных тем практикума оценивается преподавателем и, в соответствии с принятой системой рейтинговой оценки, учитывается в итоговой оценке по дисциплине.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Определение и виды коллекторов. Коллектор в структуре ловушек нефти и газа.
2. Литологические, фильтрационно-ёмкостные и петрофизические свойства коллектора.
3. Диэлектрическая проницаемость флюидов, поверхностное натяжение, смачиваемость, капиллярное давление.
4. Ёмкость катионного обмена, двойной электрический слой, удельная поверхность порового пространства, сорбционные ёмкости, показатель гидрофильности, набухаемость.
5. Массовая, объёмная и относительная глинистость, коэффициенты глинистости.

6. Значение глинистости в изменении фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов.
7. Влажность: химически связанная, физически связанная (пленочная, углов пор и тупиковых пор, капиллярно удержанная) вода.
8. Структура поровой воды в глинах; свойства прочно связанной (аномальной) воды.
9. Пористость. Классификация пор по происхождению, по размерам.
10. Структура порового пространства, влияние размера пор на процессы формирования и разработки залежи.
11. Обобщённая модель поровой среды: традиционная; по Элланскому.
12. Флюидонасыщенность: нефтеносный, газоносный и водоносный коллекторы, коэффициенты флюидонасыщения, зона предельного нефтегазонасыщения, коэффициент связанной воды.
13. Линейный закон Дарси, абсолютная проницаемость, уравнение Козени-Кармана; фазовые (эффективные) и относительные проницаемости.
14. Определение фазовых проницаемостей по результатам измерения капиллярного давления; граничные и критические значения водонасыщенности коллекторов.
15. Физические свойства горных пород. Факторы, влияющие на физические свойства горных пород.
16. Особенности физических свойств пород-коллекторов нефти и газа. Физические параметры флюидов. Понятие петрофизической модели коллектора.
17. Электропроводность. Удельная электропроводность (удельное сопротивление). Классификация минералов по электропроводности: минералы проводники, полупроводники и диэлектрики.
18. Факторы, влияющие на электропроводность горных пород: минеральный состав, структура, пористость и характер насыщения, температура и давление.
19. Модель электропроводности коллекторов. Исходные положения модели коллектора по электропроводности.
20. Модель полностью водонасыщенной породы (параметр пористости, влияние глинистости и минерализации пластовой воды); модель частично водонасыщенной породы (параметр насыщения, коэффициенты газо- и нефтенасыщенности).
21. Петрофизические уравнения связи с пористостью и нефтенасыщенностью коллектора. Уравнение Арчи-Дахнова.
22. Петроэлектрические критерии коллектора, выхода нефти, воды и воды с нефтью.
23. Модель диффузионно-адсорбционной активности коллекторов: диффузионные и диффузионно-адсорбционные потенциалы; уравнение Нерста.
24. Петрофизические уравнения связи; граничные значения относительного диффузионно-адсорбционного потенциала для коллекторов.

25. Модель естественной радиоактивности коллекторов. Влияние литологического состава скелета (песчаники, алевролиты, карбонаты, присутствие калиевых полевых шпатов), наличие и содержание глинистого и карбонатного цемента.
26. Модель нейтронной пористости коллекторов. Физико-геологические основы взаимосвязи нейтронных характеристик горных пород и пористости.
27. 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.
28. Упругие модели горных пород. Упругие свойства осадочных горных пород, изменение с глубиной.
29. Акустические модели пористости, влияние глинистости и нефтенасыщенности. Физическое содержание коэффициентов в уравнениях регрессии.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Геофизические исследования скважин	Региональной геологии	нет	Изменений не требуется (протокол № 10 от 29.05.2020)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год**

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20 __ г.)

Заведующий кафедрой

_____ (степень, звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
