Негосударственное образовательное учреждение
«Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по развитию и обучению
ДПОУ «Академия ИНГМ»
_____ М. С. Найденова
«__» декабря 2026 г.
М.П.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«ROCK PHYSICS: ЛИТОЛОГИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЛЛЕКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ»

Разработал:
преподаватель И.О. Баюк, д.ф.-м.н.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ 3
Нормативные основания разработки программы: 3
Цель: 3
Задачи: 3
Планируемые результаты обучения: 4
Характеристика профессиональной деятельности слушателей: 4
СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ 5
Учебный план: 5
Рабочие программы (тематическое содержание) модулей: 5
Календарный учебный график: 6
ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ 7
Категория слушателей: 7
Технологии и методы обучения: 7
Учебно-методическое обеспечение: 7
Материально-техническое обеспечение: 7
Кадровое обеспечение: 7
Информационное обеспечение: 7
Электронные ресурсы: 8
Документ о квалификации: 8
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ 9
Формы аттестации: 9
Оценочные материалы: 9
Оценка результатов аттестации: 10

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Нормативные основания разработки программы:

1. Федеральный закон № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г.

2. Приказ Министерства образования и науки РФ № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам» от 01.07.2013 г.

3. Профессиональные стандарты Код 19 «Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа».

4. Проекты примерных образовательных программ по направлениям бакалавриата 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».

5. ФГОС ВО по направлениям бакалавриата и магистратуры 210000 «Прикладная геология, горное дело, нефтегазовое дело и геодезия».

Цель:

совершенствование профессиональных компетенций специалистов разведочной геофизики в применении теории эффективных сред (Rock Physics), которая позволяет связать вещественный состав и микроструктуру породы с ее физическими свойствами (скоростями упругих волн, тепло и электропроводностью, гидравлической проницаемостью) для пород - коллекторов углеводородов.

Задачи:

- изучить понятие разномасштабной параметрической математической модели физических свойств;
- понять основные подходы к построению разномасштабных параметрических математических моделей физических свойств коллекторов различного типа – карбонатных, терригенных, углеводородосодержащих сланцев, слабоконсолидированных пород;
- рассмотреть для каждого типа коллектора параметры модели, оказывающие основное влияние на их физические свойства;
- ознакомиться с примерами решения различных задач разведочной геофизики, основанные на использовании теории эффективных сред (ТЭС), в частности,
  - определения геометрии пустотного пространства по измеренным физическим свойствам (лабораторным данным и данным ГИС);
  - построения анизотропной скоростной модели углеводородосодержащих сланцев, пород баженовской и хадумской свит по данным ГИС и ее апскейлинг для частот межскважинной томографии, на которых проводится мониторинг гидроразрыва пласта;
  - определения анизотропных упругих свойств глинистых минералов с учетом влияния связанной воды;
- оценить новый экспериментально-теоретический комплекс работ, позволяющий проводить апскейлинг физических свойств коллекторов углеводородов.

Планируемые результаты обучения:

усовершенствованные профессиональные компетенции, выраженные в способностях:

- прогнозировать физические свойства пород на различных масштабах по их составу и особенностям внутреннего строения;
- объяснять существования корреляций между различными физическими свойствами;
- определять «неизмеряемые» физические свойства по измеренным;
- формулировать геометрические характеристики порово-трещиноватого пространства осадочных пород;
- выделять трещиноватые зоны в породах-коллекторах и определять их характеристики;
- восстанавливать полный тензор упругости (или транспортные свойства) анизотропной породы по ограниченному числу измерений физических свойств, недостаточному для применения традиционных методик;
- строить масштабно-зависимую скоростную модель анизотропных пород-коллекторов с учетом анизотропии их физических свойств для мониторинга гидроразрыва.

Характеристика профессиональной деятельности слушателей:

Область профессиональной деятельности слушателей, освоивших программу курса повышения квалификации, включает реализацию и управление технологическими процессами и производством, методологию и методы проектирования и конструирования, научные исследования и разработки в сегменте топливной энергетики, в т.ч. освоение месторождений, транспортирование и хранение углеводов, исследование недр и поверхности Земли, рациональное использование и охрана земельных и углеводородных ресурсов и др.

Объектами профессиональной деятельности слушателей являются технологические процессы и устройства для строительства, ремонта, восстановления, добычи, промыслового контроля, транспортирования, хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов, поверхность и недра Земли, геодинамические явления и процессы, территориально-административные образования, информационные системы и инновационные технологии и др.

Виды профессиональной деятельности слушателей: производственно-технологическая, организационно-управленческая, экспериментально-исследовательская, проектная, проектно-изыскательская, научно-исследовательская.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный план дополнительной профессиональной программы определяет перечень, трудоемкость, последовательность и распределение учебных модулей, иных видов учебной деятельности обучающихся и формы аттестации.

Учебный план:

№	Наименование модулей	Количество часов			Форма аттестации
		Всего	в том числе:		
			лекционные занятия	практические занятия	
1	Основы теории эффективных сред	10	10	-	Текущий контроль
2	Применение Rock Physics к коллекторам различного типа	10	10	-	Текущий контроль
3	Практические приложения Rock Physics. I. Реализация базовых методов Rock Physics в Excel	10		10	Текущий контроль
4	Практические приложения Rock Physics, II. Основы языка Python. Реализация базовых методов Rock Physics на языке Python	8	-	8	Текущий контроль
5	Итоговая аттестация		-	2	Тестирование
	ИТОГО	**40**	**20**	**20**	

Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:

Основы теории эффективных сред

1. Задачи геофизики, решаемые с помощью ТЭС.
2. Понятие эффективных физических свойств.
3. Горная порода как микроскопически неоднородная и макроскопически
4. анизотропная композитная среда.
5. Построение решения для эффективных физических свойств.
6. Основные методы теории эффективных сред.
7. Тесты ТЭС на модельных средах и горных породах
8. Междисциплинарный подход к моделированию эффективных физических свойств коллекторов, основанный на использовании ТЭС.

Применение Rock Physics к коллекторам различного типа

1. Прямые и обратные задачи ТЭС.
2. Моделирование эффективных физических свойств коллекторов.
3. Примеры решения практических задач для коллекторов различного типа.
4. Прогноз свойств одного типа через свойства другого типа.
5. Экспериментально-теоретический комплекс работ, позволяющий проводить

6. апскейлинг физических свойств коллекторов углеводородов.

Практические приложения Rock Physics. I. Реализация базовых методов Rock Physics в Excel

1. Методы определения граничных значений модулей упругости (Фойта, Ройсса, Хашина-Штрикмана). Метод Фойгта-Ройсса-Хилла усреднения границ.
2. Метод Берримана для включений различной формы и разного типа веществ в пустотах (нефть, вода, газ, твердое вещество).
3. Метод Хадсона для ориентированных трещин.
4. Метод флюидозамещения Гассмана.
5. Метод Минлина-Герца для слабоконсолидированных пород – учет влияния давления в пустотах на эффективные упругие свойства.

Практические приложения Rock Physics. II. Основы языка Python. Реализация базовых методов Rock Physics на языке Python

1. Основные принципы программирования. Модульное программирование.
2. Базовые операторы языка Python.
3. Примеры реализации основных методов Rock Physics на языке Python.
4. Построение графиков на языке Python.

Календарный учебный график:

№	Наименование модулей	Всего часов	Учебные дни				
			1	2	3	4	5
1	Основы теории эффективных сред	10	8	8			
2	Применение Rock Physics к коллекторам различного типа	10			8	8	
3	Практические приложения Rock Physics. I. Реализация базовых методов Rock Physics в Excel	10					8
4	Практические приложения Rock Physics. II. Основы языка Python. Реализация базовых методов Rock Physics на языке Python	8					
5	Итоговая аттестация	2					
	ИТОГО	**40**	**8**	**8**		**8**	**8**

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Трудоемкость:	40 часов
Форма обучения:	очная
Виды занятий:	лекционные, практические
Формы аттестации:	текущий контроль, итоговое тестирование
Режим занятий:	8 академических часов в день
Срок обучения:	5 дней

Категория слушателей:

Курс повышения квалификации могут пройти лица, имеющие (получающие) высшее или среднее профессиональное образование по соответствующей специальности либо прошедшие профессиональную переподготовку по соответствующему направлению.

Технологии и методы обучения:

Лекция, семинар, беседа, самостоятельная домашняя работа, решение задач, проведение расчетов, построение графиков, программирование, групповая дискуссия.

Учебно-методическое обеспечение:

Презентации по модулям курса, раздаточный материал.

Материально-техническое обеспечение:

Аудитория, столы, стулья, ноутбуки с доступом в Интернет, мультимедийный проектор и экран, презентер, аудиоколонки, магнитно-маркерная доска, комплект лицензионного программного обеспечения (MS Power Point, Word, Excel, Python и др.)

Кадровое обеспечение:

Образовательный процесс обеспечивается научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю программы, и ученую степень или опыт деятельности в соответствующей профессиональной сфере и систематически занимающимися научной и/или научно-методической деятельностью, преподаватели из числа действующих руководителей и ведущих работников профильных организаций.

Информационное обеспечение:

1. Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред – М.: Наука, 1977.
2. Кочин И.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления - М.: Наука, 1965.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости - М.: Наука, 1979.
4. Федоров Ф.И. Теория упругих волн в кристаллах - М.: Наука, 1965.

5. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook. 2nd Edition. Tools for Seismic Analysis of Porous Media. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. - 511 p.
6. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook. 3nd Edition. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. - 741 p.

Электронные ресурсы:

1. https://runeft.ru/search/?q=%D0%B3%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BC%D
2. 0%B8&how=r
3. https://runeft.ru/search/?q=%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0
4. %B8%D0%BD%D0%B0&how=r
5. https://ntc.gazprom-neft.ru/search/?q=%D0%B1%D0%B0%D1%8E%D0%BA
6. https://www.researchgate.net/profile/Irina_Bayuk
7. https://www.researchgate.net/profile/Lev_Vernik
8. https://www.researchgate.net/profile/Jack_Dvorkin

Документ о квалификации:

Лицам, успешно освоившим соответствующую дополнительную профессиональную программу и прошедшим итоговую аттестацию, выдается удостоверение о повышении квалификации. При освоении дополнительной профессиональной программы параллельно с получением среднего и (или) высшего образования удостоверение о повышении квалификации выдается одновременно с получением соответствующего документа об образовании и о квалификации.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Формы аттестации:

1. Предварительный контроль в форме опроса устного или письменного, решения и проверки задач, тестирования.
2. Текущий контроль в форме опроса устного или письменного, решения и проверки задач, тестирования.
3. Итоговый контроль в форме опроса, решения и проверки задач, тестирования.

Оценочные материалы:

Тест для предварительного контроля, тест для итогового контроля, комплект задач.

Образец теста для предварительного контроля:

Задание 1. Прогноз упругих свойств пород в масштабе сейсмики по данным ГИС называется….
А) Обратной задачей
Б) Даунскейлингом
В) Апскейлингом

Задание 2. В теории эффективных сред форма включений представляется в виде…
А) призм
Б) кубов
В) эллипсоидов

Задание 3. Число независимых компонент тензора упругости в общем случае равно…
А) 36
Б) 9
В) 21

Образец теста для итогового контроля:

Задание 1. Горную породу можно считать природным композитным материалом.
А) Верно.
Б) Неверно.
В) Не всегда.

Задание 2. Эффективные физические свойства горной породы это…
А) Свойства, измеренные с помощью самой совершенной аппаратуры.
Б) Есть строгое определение этого понятия в теории эффективных сред. В частности, это параметры, выражающие связь между усредненными по представительному объему напряжениями и деформациями.
В) К горным породам этот термин не применим.

Задание 3. Скорости упругих волн в порово-трещиноватой среде отличаются от таковых в породе, содержащей только поры, при схожих значениях пористости.

А) Верно.

Б) Неверно.

В) Это зависит от вещества, заполняющего пустоты.

Образец задач:

1. Оценить границы модулей упругости изотропной водонасыщенной карбонатной породы в зависимости от пористости, используя методы Фойгта и Ройсса. Построить графики.
2. Оценить границы модулей упругости изотропной водонасыщенной карбонатной породы в зависимости от пористости, используя метод Хашина-Штрикмана. Построить графики.
3. Выполнить флюидозамещение методом Гассмана для карбонатной породы (модули сухого скелета, пористость и тип флюида заданы).

Оценка результатов аттестации:

Для определения результатов аттестации устанавливается диапазон баллов, которые необходимо набрать для того, чтобы получить отличную, хорошую, удовлетворительную или неудовлетворительную оценки.

Шкала перевода результатов тестирования в оценку результатов аттестации:

Процент выполненных заданий теста	Оценка	Результат аттестации
85-100	Отлично	Слушатель аттестован
65-84	Хорошо	
50-64	Удовлетворительно	
0-49	Неудовлетворительно	Слушатель не аттестован