



Негосударственное образовательное учреждение  
«Академия инжиниринга нефтяных и газовых месторождений»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной  
деятельности НОУ «Академия  
ИНГМ»

*И. В. Ицелинцева* И. В. Ицелинцева

« 23 » *июль* 2024 г.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

### «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ROCK PHYSICS: ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНТЕРПРЕТАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ»

Разработал:  
преподаватель Р.Т. Манафов

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ</b>	
1.1. Нормативные основания разработки программы .....	3
1.2. Цель .....	3
1.3. Задачи .....	3
1.4. Планируемые результаты обучения.....	3
1.5. Характеристика профессиональной деятельности слушателей .....	4
<b>2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>	
2.1. Учебный план.....	4
2.2. Рабочие программы (тематическое содержание) модулей .....	5
2.3. Календарный учебный график .....	6
<b>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ</b>	
3.1. Категория слушателей .....	7
3.2. Технологии и методы обучения.....	7
3.3. Учебно-методическое обеспечение.....	7
3.4. Материально-техническое обеспечение.....	7
3.5. Кадровое обеспечение.....	7
3.6. Информационное обеспечение.....	7
3.7. Электронные ресурсы.....	7
3.8. Документ о квалификации.....	8
<b>4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ</b>	
4.1. Формы аттестации.....	8
4.2. Оценочные материалы.....	8
4.3. Оценка результатов аттестации .....	9

## **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 нефтегазовых компаний в применении современных методов Rock Physics (петрофизическое моделирование, полный анализ AVO), моделировании различных сценариев (изменение пористости, флюидов, глинистости и их влияние на AVO, параметры AI и VpVs), обучение технике инверсии и нахождения перспективных участков.

### **Задачи:**

- ознакомиться с основными методами Rock Physics, их применением в разведке и разработке месторождений нефти и газа;
- научиться петрофизическому моделированию и расчету петрофизических свойств пород, флюидов, минералов, их зависимости от условий пласта;
- усвоить применение модели Rock Physics для количественной интерпретации сейсмических данных;
- изучить использование спектральной декомпозиции;
- овладеть техникой анализа амплитуд и AVO и техникой сейсмической инверсии;
- получить навыки проведения количественной интерпретации результатов инверсии;
- рассмотреть примеры реальных проектов с применением Rock Physics.

### **Планируемые результаты обучения:**

усовершенствованные профессиональные компетенции, выраженные в знаниях и способностях:

- применять петрофизическое моделирование;
- рассчитывать параметры Kdry, Ksat, RHOV, Vp и Vs, AI и VpVs для различных сценариев;
- моделировать различные AVO сценарии;
- проводить анализ AVO, выявление перспективных зон ;
- рассчитывать параметры AI и VpVs для различных параметров пласта;
- анализировать данные сейсмической инверсии;
- оценивать параметры пласта: пористость, фаза флюида, литология, глинистость;
- выявлять перспективные участки.

## 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 углеводородов, 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	Сейсмические данные: обзор	2	2	-	Текущий контроль
2	Петрофизическое моделирование	6	5	1	Текущий контроль
3	Сейсмические атрибуты: спектральная декомпозиция	1	2	-	Текущий контроль
4	AVO и Анализ сейсмических амплитуд	7	5	1	Текущий контроль
5	Сейсмическая инверсия	8	8	-	Текущий контроль
6	Основные принципы применения Rock Physics	8	7	1	Текущий контроль
7	Примеры	2	2	-	Текущий контроль
8	Практические задания	4	-	4	Текущий контроль
9	Итоговая аттестация	2	-	2	Тестирование
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>	<b>31</b>	<b>9</b>	

## Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:

### **Сейсмические данные: обзор**

- Качество и параметры сейсмических данных
- Коротко об обработке сейсмических данных
- Импульс, фаза и полярность
- Привязка скважин к сейсмике

### **Петрофизическое моделирование**

- Возможности по применению Rock Physics на различных этапах освоения месторождения
- Используемые параметры в Rock Physics
- Петрофизические свойства флюидов, минераллов, их зависимость от условий пласта
- Замещение флюидов, уравнение Biot Gassmann
- Расчет параметров скоростей  $V_p$  и  $V_s$ , AI и  $V_pV_s$
- Упражнение: расчет параметров  $K_{dry}$ ,  $K_{sat}$ ,  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $RHOV$
- Кросс плоты AI и  $V_pV_s$ , зависимость от пористости, сейсмо-фаций, различных литологий и эффекта насыщения УВ
- Обзор петроупругих моделей
- Принципы построения петроупругой модели
- Теоретические и эмпирические модели Rock Physics
- Применение моделей Rock Physics для количественной интерпретации сейсмических данных
- Применение моделей для расчета физического и химического уплотнения горных пород

### **Сейсмические атрибуты: спектральная декомпозиция**

- Методы и применение спектральной декомпозиции

### **AVO и Анализ сейсмических амплитуд**

- Амплитуды трасс
- Влияние обработки на качество AVO
- Тюнинг-эффект
- Создание AVO моделей для различных сценариев
- Расчет мощности резервуара в тонкослоистых песчанниках
- AVO моделирование для различных флюидов
- AVO параметры A и B
- Примеры применения AVO для оценки флюидов, литологии, качества резервуаров
- Анализ сейсмических амплитуд
- Упражнение: построение кривых AVO для различных сценариев

### **Сейсмическая инверсия**

- Сейсмическая инверсия: обзор
- Диапазон сейсмических частот
- Проблема низкочастотной модели в инверсии
- Количественная интерпретация результатов инверсии
- Ограничения при выполнении проектов по петроупругому моделированию и выполнении интерпретации результатов инверсии
- Этапы выполнения проекта по Rock Physics

- Моделирование трещиноватости
- Статистическая инверсия

### Основные принципы применения Rock Physics

- Определение мощности пласта
- Оценка параметров пласта:
  - - пористость
  - - фаза флюида
  - - литология
  - - глинистость
- Упражнение: расчет параметров AI, VpVs для различных случаев
- Покрышки
- Оценка и снижение рисков методами Rock Physics
- Подсчёт запасов

### Примеры

- Многочисленные примеры и применения Rock Physics в разведке и разработке месторождений нефти и газа.

### Практические задания

- Упражнения: AVO, инверсия, расчет петрофизических параметров

### Календарный учебный график:

№	Наименование модулей	Всего часов	Учебные дни					
			1	2	3	4	5	
1	Сейсмические данные: обзор	2	8					
2	Петрофизическое моделирование	6						
3	Сейсмические атрибуты: спектральная декомпозиция	1		8				
4	AVO и Анализ сейсмических амплитуд	7						
5	Сейсмическая инверсия	8			8			
6	Основные принципы применения Rock Physics	8				8		
7	Примеры	2						8
8	Практические задания	4						
9	Итоговая аттестация	2						
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

### ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

<b>Трудоемкость:</b>	40 часов
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Виды занятий:</b>	лекционные, практические
<b>Формы аттестации:</b>	текущий контроль, итоговое тестирование
<b>Режим занятий:</b>	8 академических часов в день
<b>Срок обучения:</b>	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, самостоятельная работа, кейс-стади.

### **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, аудиокolonки, магнитно-маркерная доска, комплект лицензионного программного обеспечения (MS Power Point, Word, Excel 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. Per Avseth, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, and Odin Petroleum, Bergen, Tapan Mukerji, Stanford University, California, Gary Mavko, Stanford University, California. Quantitative Seismic Interpretation
2. Gary Mavko, Tapan Mukerji, Jack Dvorkin, Stanford University, California. The Rock Physics Handbook (2020)
3. Rob Simm, Mike Bacon. Seismic Amplitude (2014)

### **Электронные ресурсы:**

1. [http://www.rock-physics.com/papers\\_downloads/RPA\\_simm\\_et\\_al\\_2000.pdf](http://www.rock-physics.com/papers_downloads/RPA_simm_et_al_2000.pdf) - Официальный сайт «Rock Physics Associates»
2. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2470343> - Официальный сайт «NTNU Open»
3. <https://www.youtube.com/watch?v=o-dPhCFf740> – Канал EAGE Channel
4. [https://www.researchgate.net/publication/341150490\\_Practical\\_Seismic\\_Interpretation\\_for\\_Petroleum\\_Exploration](https://www.researchgate.net/publication/341150490_Practical_Seismic_Interpretation_for_Petroleum_Exploration) – Официальный сайт «Research Gate»  
[https://www.researchgate.net/publication/252412402\\_Integrating\\_geology\\_rock\\_physics\\_and\\_seismology\\_for\\_reservoir-quality\\_prediction](https://www.researchgate.net/publication/252412402_Integrating_geology_rock_physics_and_seismology_for_reservoir-quality_prediction) – Официальный сайт «Research Gate»

## 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 устного опроса решения и проверки задач.
2. Текущий контроль в форме устного опроса решения и проверки задач во время презентации и наблюдения за слушателями .
3. Итоговый контроль в форме решения и проверки задач.

### Оценочные материалы:

Комплект упражнений по темам:

- Расчет параметров скоростей  $V_p$ ,  $V_s$ , и  $AI$ ,  $V_pV_s$  в зависимости от типа УВ
- Моделирование AVO
- Инверсия. Расчет параметров  $AI$  и  $V_pV_s$  в зависимости от типа флюида, пористости, литологии и глиноности
- Задание на тему выявление потенциального резервуара и его анализ его свойств

### Образец индивидуальных работ:

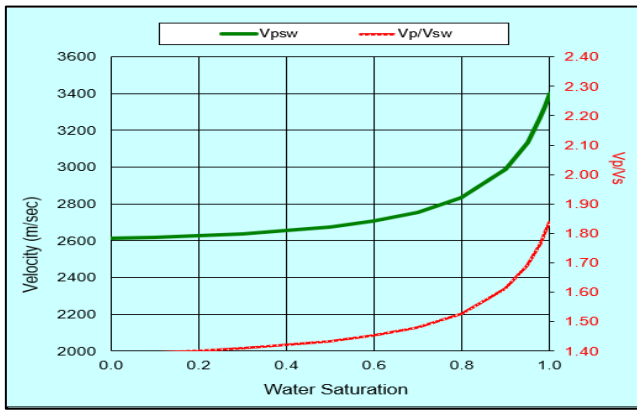
Задание 1.

Тема: Свойства флюидов, и зависимость сейсмических скоростей от геологических условий

Цель: Расчет физических свойств флюидов  $K_{fl}$  в зависимости от давления и температуры, построение графиков зависимости скоростей  $V_p$ ,  $V_s$  и  $V_pV_s$  от типа флюида и коэффициента насыщения  $S_w$

1 Fluid Properties -- from Batzle and Wang models		Conversion		Constants	
2 Inputs		Ta (abs)	473.15	Gas Constant	8.3145
3 Temperature	200 °C	P (MPa)	80.4618	Rho (air)	0.001222
4 Pressure	11,670 (psi)	Rho(G) at surface	0.000672		
5 Gas gravity	0.55 s.grav.	Rg (li)	71.24		
6 Gas-Oil Ratio	400 (scf/stb)	Rho(0) at surface	0.90		
7 Oil Gravity	25 °API	S(ppm/1,000,000)	0.02		
8 Brine salinity	18,000 (ppm)				
10 Results:					
11					
12 Gas Density:	0.23 g/cm3	Ppr = 17.2319	Tpr = 2.5083	E = 0.0001	Z = 1.4188
13 Gas Modulus:	169 MPa	Gamma0 = 1.2042	dZdPpr = 0.0351	D = -0.2624	A = 0.0351
14 Dead Oil Density:	0.79 g/cm3	RhoT = 0.7936	RhoP = 0.9403		
15 Dead Oil Modulus:	1,363 MPa	V = 1,310.4			
16		Rgmaxfrac = 210.69			
17		Rlot = 0.5713	Rlop = 0.6769	Rhg = 0.6097	B = 1.7110
20 Live Oil (max) Density:	0.57 g/cm3	VI = 1,315.5	Rpr = 0.4365		
21 Live Oil (max) Modulus:	989 MPa	Rlotspec = 0.6400	Rlopspec = 0.7583	Rhgspec = 0.7036	Bspec = 1.3520
22 Live Oil (spec) Density:	0.64 g/cm3	Vispec = 1,277.9	Rprspec = 0.6243		
23 Live Oil (spec) Modulus:	1,045 MPa	Rhobrine = 0.9228	Rhofresh = 0.9115		
24		Vbrine = 1560.41	Vfresh = 1547.32		
26 Brine Density:	0.923 g/cm3	Rgwfrac = 13.0976	LogRgw = 1.1172		
27 Brine Modulus:	2,247 MPa	Kbi = 1364.22			
28 Max GWR for this Brine:	74 scf/stb				
29 Live Brine Modulus:	1,364 MPa				
32 Mixtures:					
33 Gas Saturation	0.70	Mixture Results: Dead Fluids + Gas			
34 Oil Saturation	0.00	Density	0.44 g/cm3		
35 Brine Saturation	0.30	Dead Modulus	234 MPa		
36		Velocity	2400 ft/s		
37 Bubble Point Pressure	32.66 MPa	Mixture Results: Live Fluids (Spec)			
38	4737 psi	Density	0.44 g/cm3		
		Modulus	229 MPa		





### 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:

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