



УТВЕРЖДАЮ

Директор НОУ «Академия ИНГМ»

*В.В. Лавров*  
В.В. Лавров

07 » 11 2019 г.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ: ОТ ОТБОРА ПРОБ ДО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

Разработал:  
преподаватель П.А. Гужиков

г. Томск

## 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.....	5
2.2. Рабочие программы (тематическое содержание) модулей .....	6
2.3. Календарный учебный график .....	8
<b>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ</b>	
3.1. Категория слушателей .....	8
3.2. Технологии и методы обучения.....	8
3.3. Учебно-методическое обеспечение.....	9
3.4. Материально-техническое обеспечение.....	9
3.5. Кадровое обеспечение.....	9
3.6. Информационное обеспечение.....	9
3.7. Электронные ресурсы.....	9
3.8. Документ о квалификации.....	9
<b>4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ</b>	
4.1. Формы аттестации.....	10
4.2. Оценочные материалы.....	10
4.3. Оценка результатов аттестации .....	11

## **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 области экспериментальных исследований и моделирования пластовых флюидов.

### **Задачи:**

- понять цели и задачи исследований пластовых флюидов, типы проб и способы их отбора;
- рассмотреть экспериментальные исследования пластового флюида, методику проведения экспериментов и получаемые результаты;
- изучить специальные исследования пластовых флюидов для моделирования методов увеличения нефтеотдачи;
- ознакомиться с составом пластового флюида, особенностями видов разгазирования;
- проработать нормативную документацию по пластовым флюидам при подсчете запасов и создании проектно-технологической документации;
- научиться анализировать результаты исследований и обосновывать параметры пластовых флюидов для подсчета запасов и проектно-технологической документации.

### **Планируемые результаты обучения:**

усовершенствованные профессиональные компетенции, выраженные в способностях:

- применять методы и особенности отбора пластовых флюидов;
- применять на практике критерии отбора качественных проб;
- использовать в работе классификацию и особенности поведения разных типов пластовых флюидов;
- использовать в работе знания методики проведения экспериментальных PVT исследований, входящих в стандартный комплекс изучения пластового флюида, и особенности изменения свойств сепарированных флюидов от того или иного типа разгазирования;
- свободно работать с ключевыми параметрами пластовой нефти и пластового газа;
- использовать в работе знания методики проведения экспериментальных PVT исследований, используемых при моделировании закачки газа в пласт с целью увеличения нефтеотдачи;

- понимать методику проведения экспериментальных PVT исследований, используемых с целью обеспечения бесперебойной добычи продукции скважины;
- работать с параметрами измеряемыми в PVT лаборатории;
- получать свойства пластового флюида по результатам прямых замеров параметров (стандартная сепарация, дифференциальное разгазирование);
- получать состав пластового флюида на основе составов флюидов стандартной сепарации (математическая рекомбинация);
- проверять экспериментальные данные с помощью материального баланса;
- понимать особенности использования нормативной документации в области изучению пластовых флюидов;
- понимать основы газовой хроматографии при изучении пластовых флюидов;
- работать с техническим отчётом по PVT исследованию пластового флюида в российском и зарубежном варианте;
- проводить математическое моделирование пластовых флюидов;
- представлять цель и применять различные методы создания модели пластового флюида;
- работать в PVT симуляторе;
- определять причины изменения свойств пластового флюида и делать соответствующие выводы для их математического описания
- анализировать первичные данные по исследованию пластового флюида, отбраковывать некачественные данные.

#### **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, промышленного 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	Исследования пластовых флюидов: цели и задачи	1	1	-	Текущий контроль
2	Отбор проб пластовых флюидов: типы проб и способы отбора	2	2	-	Текущий контроль
3	Экспериментальные исследования пластового флюида. Методика проведения экспериментов и получаемые результаты	9	5	4	Текущий контроль
4	Специальные исследования пластовых флюидов для моделирования методов увеличения нефтеотдачи	2	2	-	Текущий контроль
5	Состав пластового флюида	2	1	1	Текущий контроль
6	Особенности видов разгазирования	1	1	-	Текущий контроль
7	Нормативная документация по пластовым флюидам при подсчете запасов и создание проектно-технологической документации	2	2	-	Текущий контроль
8	Физико-химические свойства нефти и газа в стандартных условиях	1	1	-	Текущий контроль
9	Математическое моделирование пластовых флюидов на основе уравнения состояния	8	4	4	Текущий контроль
10	Дифференциация состава и свойств пластового флюида с глубиной	3	1	2	Текущий контроль
11	Особенности работы с тяжелой нефтью. Летучие и околокритические флюиды	2	1	1	Текущий контроль
12	Анализ результатов исследований и обоснование параметров пластовых флюидов для подсчета запасов и проектно-технологической документации	5	3	2	Текущий контроль
13	Итоговая аттестация	2	-	2	Тестирование
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>	<b>24</b>	<b>16</b>	

## Рабочие программы (тематическое содержание) модулей:

### **Исследования пластовых флюидов: цели и задачи**

Зачем изучать флюиды? Параметры пластовых флюидов для подсчёта запасов и проектирования разработки месторождения

Фазовое состояние и типы пластовых флюидов

Классификация пластовых и сепарированных флюидов

### **Отбор проб пластовых флюидов: типы проб и способы отбора**

Подготовка скважины и отбор качественных глубинных проб;

Промысловые методы исследования скважин и отбор проб на рекомбинацию

Конструктивные особенности глубинных пробоотборников

Контроль качества проб

### **Экспериментальные исследования пластового флюида. Методика проведения экспериментов и получаемые результаты**

Исследование при постоянной массе

Стандартная сепарация

Дифференциальное разгазирование

Исследование на истощение при постоянном объёме.

Дифференциальная конденсация и её особенности

Практические занятия:

- Исследование при постоянной массе: от замера к PVT отчёту. Получение навыков обчёта прямых экспериментальных замеров и понимания происхождения параметров, представленных в техническом отчёте. Определение PV-соотношения, давления насыщения, плотности и коэффициента сжимаемости

- Стандартная сепарация. Определяем газосодержание, объёмный коэффициент и плотность пластового флюида. Учитываем поправки.

Дифференциальное разгазирование. Измеряем объём и массу – определяем газосодержание, объёмный коэффициент и плотность пластового флюида на ступенях снижения давления

Ступенчатая сепарация

Вязкость пластовой нефти

Изучаем PVT отчёт. Форма представления отечественных и зарубежных отчётов

### **Специальные исследования пластовых флюидов для моделирования газовых методов увеличения нефтеотдачи:**

Свеллинг тест;

Мультиконтактное смешивание;

Минимальное давление смешиваемости: исследование в тонкой трубке.

### **Состав пластового флюида**

Хроматография жидкой и газовой фазы

Вакуумная разгонка по ИТК с определением свойств фракций

Математическая рекомбинация состава пластового флюида

Практические занятия:

- Математическая рекомбинация пластового флюида. Находим состав флюида в разных единицах и проверяем качество исходных данных

- Расчёт свойств нефти по известным свойствам компонентов на основе материального баланса.

### **Особенности видов разгазирования**

## **Нормативная документация по пластovým флюидам при подсчете запасов и создание проектно-технологической документации.**

Практические занятия:

- Математическая рекомбинация пластového флюида. Находим состав флюида в разных единицах и проверяем качество исходных данных
- Расчёт свойств нефти по известным свойствам компонентов на основе материального баланса.

## **Физико-химические свойства нефти и газа в стандартных условиях**

Классификация флюидов  
Стандартные свойства нефти  
Товарные свойства нефти

## **Математическое моделирование пластových флюидов на основе уравнения состояния**

- Уравнение фазового состояния  
Свойства компонентов и фракций. Характеристика «плюсовой» фракции.  
Группирование и разгруппирование.  
Симуляция экспериментов. Настройка уравнения состояния на экспериментальные данные  
Моделирование изменения состава пластového флюида с глубиной  
Экспорт данных в гидродинамический симулятор. «Black Oil» и «EOS» моделирование  
Некоторые проблемы настройки уравнения состояния из практики  
Практические занятия:
- Математическое моделирование пластového флюида с использованием специализированных программ.
  - Создание модели пластовой нефти. Настройка уравнения, экспорт
  - Создание модели пластového газа. Настройка уравнения, экспорт

## **Дифференциация состава и свойств пластového флюида с глубиной.**

Примеры из практики

## **Особенности работы с тяжелой нефтью. Летучие и околокритические флюиды.**

Примеры из практики

## **Анализ результатов исследований и обоснование параметров пластových флюидов для подсчёта запасов и проектно-технологической документации**

- Корреляции свойств пластového флюида  
Характеристические графики для анализа данных;  
Анализ исследований пластových флюидов двухфазных залежей  
Примеры проведения работ по обоснованию параметров  
Критерии отбраковки проб. Оценка величины достоверности данных  
Практические занятия:  
Практические занятия:
- обоснование свойств пластového флюида на двух примерах
  - Создание модели флюида газоконденсатно-нефтяной залежи на основе единого уравнения состояния
  - Моделирование специальных экспериментов

### Календарный учебный график:

№	Наименование модулей	Всего часов	Учебные дни				
			1	2	3	4	5
1	Исследования пластовых флюидов: цели и задачи	1	8				
2	Отбор проб пластовых флюидов: типы проб и способы отбора	2					
3	Экспериментальные исследования пластового флюида. Методика проведения экспериментов и получаемые результаты	9		8			
4	Специальные исследования пластовых флюидов для моделирования методов увеличения нефтеотдачи	2					
5	Состав пластового флюида	2					
6	Особенности видов разгазирования	1					
7	Нормативная документация по пластовым флюидам при подсчете запасов и создания проектно-технологической документации	2			8		
8	Физико-химические свойства нефти и газа в стандартных условиях	1					
9	Математическое моделирование пластовых флюидов на основе уравнения состояния	8				8	
10	Дифференциация состава и свойств пластового флюида с глубиной	3					
11	Особенности работы с тяжелой нефтью. Летучие и околокритические флюиды	2					
12	Анализ результатов исследований и обоснование параметров пластовых флюидов для подсчета запасов и проектно-технологической документации	5				8	
13	Итоговая аттестация	2					
<b>ИТОГО</b>		<b>40</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, решение задач, проведение расчетов, построение графиков, мозговой штурм, тренинг, упражнения, мастер-класс



### **Учебно-методическое обеспечение:**

презентации по модулям курса, раздаточный материал, тесты, примеры для решения задач, документы в электронном формате

### **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 Excel, Word, Power Point, и др.). Специальная программа моделирования свойств пластовых флюидов (PVT), одна из списка по выбору (Tempest PVTx, Schlumberger PVTi, Calsep PVTsim NOVA, другие варианты по согласованию с лектором) – лицензия для лектора и каждого участника курса на время проведения курса.

### **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. Ali Danesh. Pvt and Phase Behaviour of Petroleum Reservoir Fluids. – Elsevier, 1998.
2. Ahmed, T. Equations of State and PVT Analysis. Applications for Improved Reservoir Modeling. - Houston, Texas, 2007
3. Pedersen, K. S. Phase behavior of petroleum reservoir fluids. – Taylor & Francis Group, 2007
4. Whitson C. H., Brulé M. R. Phase Behavior. SPE Monograph Series. – Texas, Richardson, 2000.

### **Электронные ресурсы:**

1. [www.pvt.expert](http://www.pvt.expert)

### **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 письменного
2. Текущий контроль в форме решения и проверки задач, наблюдения за слушателями
3. Итоговый контроль в форме опроса письменного

### Оценочные материалы:

Тест для предварительного контроля, тест для итогового контроля.

#### Образец теста для предварительного контроля:

1. В каких условиях невозможен отбор качественной глубинной пробы, при любых других дополнительных условиях?
  - a. Давление на глубине отбора пробы равно давлению насыщения пластовой нефти при пластовой температуре;
  - b. Проба отбирается на устье, устьевое давление меньше начального пластового давления на 40%;
  - c. Статическое пластовое текущее давление ниже давления насыщения начальной пластовой нефти;
  - d. Давление на забое скважины меньше давления насыщения начальной пластовой нефти.
2. Для подсчёта запасов нефти и растворённого газа необходимо использовать параметры, получаемые в результате следующего вида разгазирования глубинной пробы:
  - a. стандартная сепарация;
  - b. ступенчатая сепарация;
  - c. дифференциальное разгазирование;
  - d. исследование на истощение при постоянном объёме.
3. В чем принципиальное отличие газового фактора от газосодержания пластовой нефти?
  - a. Газосодержание и газовый фактор пластовой нефти — это синонимы одного параметра;
  - b. Газовый фактор - это отношение выделившегося газа к объёму дегазированной нефти, а газосодержание - это отношение растворённого газа к объёму дегазированной нефти;
  - c. Газовый фактор измеряют в кубометрах на тонну, а газосодержание - в кубометрах на кубометр;
  - d. Газовый фактор замеряется на промысле по соотношению фаз поступающей продукции, а газосодержание в лаборатории при разгазировании глубинной пробы пластового флюида.

#### Образец теста для итогового контроля:

1. Из интервала перфорации газоконденсатно-нефтяной залежи в скважину поступают пластовый газ газовой шапки и пластовая нефть нефтяной оторочки при депрессии на пласт 30%. Осуществляют отбор глубинной пробы с глубины, соответствующей середине интервала перфорации. Возможно ли использование данной пробы для обоснования свойств пластового флюида?
  - a. При термобарических условиях в ячейке PVT выпустить лишнюю газовую фазу и исследовать пластовую нефть согласно нормативным документам;
  - b. Такую пробу необходимо разгазировать до стандартных условиях в лаборатории. Определить газо-жидкостное соотношение, составы газовой и жидкой фазы и их свойства. На основе полученных результатов математически срекомбинировать состав пластового флюида и рассчитать свойства пластового флюида;

с. Данную пробу использовать для обоснования свойств пластовых флюидов некорректно;

d. В лаборатории необходимо перевести весь флюид из пробоотборника в ячейку фазовых равновесий (PVT). При начальном пластовом давлении и температуре, добившись равновесия фаз в ячейке PVT разделить флюид на газовую и жидкую фазу и исследовать их отдельно. Эти фазы будут характеризовать пластовый газ газовой шапки и пластовую нефть оторочки по составу и свойствам.

2. Какой метод не используется в PVT лаборатории для определения плотности пластовой нефти?

- a. Метод материального баланса;
- b. Метод на основе принципа осцилляции;
- c. Капиллярный метод, на основе закона Пуазейля;
- d. Пикнометрический метод.

3. Результаты какого эксперимента для дегазированной нефти (конденсата) как правило используются для математического моделирования пластового флюида на основе уравнения состояния?

- a. Фракционная разгонка по истинным температурам кипения (ИТК);
- b. Метод определения "отпечатка пальца";
- c. Структурно-групповой анализ нефти;
- d. Масс-спектрометрический анализ

### **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