



**Санкт-Петербургский горный  
университет**

# **ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

***Докладчик:***

***Декан нефтегазового факультета, к.т.н., доцент  
Петраков Дмитрий Геннадьевич***

*21 февраля 2019 г.*

# Научная работа

## Основные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (по кафедрам):

- по кафедре бурения скважин (БС) – «Разработка эффективных и ресурсосберегающих технологий строительства скважин в осложненных условиях»;
- по кафедре разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений (РНГМ) - «Разработка эффективных и ресурсосберегающих технологий добычи нефти и повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами»;
- по кафедре транспорта и хранения нефти и газа (ТХНГ) – «Разработка ресурсосберегающих технологий трубопроводного транспорта энергоносителей и минерального сырья».

## Научные школы факультета (наименование, руководитель научной школы, состав научной школы).

На Нефтегазовом факультете действуют две ведущие научные школы:

- ✓ «Повышение нефтеотдачи пластов» – руководитель профессор кафедры РНГМ *М. К. Рогачев*;
- ✓ «Бурение в осложненных условиях» – руководитель профессор кафедры БС *М.В. Двойников*

# Актуальность проблемы

- Дальнейшее развитие нефтегазовой отрасли России невозможно без внедрения инновационных технологий строительства скважин, повышения нефтеотдачи пластов и др.
- Разработка отечественных инновационных технологий невозможна без интеграции образования, науки и производства, в частности, без эффективного использования научно-образовательного потенциала ведущих университетов страны.
- Стратегией развития ведущих российских нефтяных компаний среди основных методов повышения нефтеотдачи пластов предусмотрено дальнейшее внедрение физико-химических методов, основанных на использовании химических реагентов и составов (ПАВ, полимеров и др.).
- В Горном университете разработан и доведен до промышленного внедрения комплекс физико-химических технологий повышения нефтеотдачи пластов.
- Несмотря на то, что Россия обладает огромным углеводородным потенциалом, позволяющим реализовать прогнозы добычи нефти и газа до 2030 г., необходимо отметить, что состояние минерально-сырьевой базы нефти характеризуется снижением текущих разведанных запасов и низкими темпами их воспроизводства.

# Тематика НИР Горного университета в области повышения нефтеотдачи пластов

- Лабораторные исследования керна и пластовых флюидов для построения (уточнения) геолого-технологической модели и организации мониторинга разработки месторождения.
- Технологии глушения и стимуляции скважин при подземном ремонте.
- Технологии ограничения водопритока в скважинах.
- Технологии повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с ТрИЗ.

# ***Ведущая научная школа «Повышение нефтеотдачи пластов»***

## ***Основное научное направление:***

- Разработка физико-химических методов и технологий повышения нефтеотдачи пластов на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

## ***Предмет исследований***

- Физико-химические и гидродинамические процессы в нефтяном пласте для обоснования методов и технологий повышения его нефтеотдачи.

## ***Объекты исследований***

- Месторождения и залежи с трудноизвлекаемыми запасами нефти.

# «Лаборатория повышения нефтеотдачи пластов»

Горный университет располагает современной лабораторной базой для проведения научных исследований в области повышения нефтеотдачи пластов.

Основное экспериментальное оборудование сосредоточено в комплексной **«Лаборатории повышения нефтеотдачи пластов»**, включающей в себя 8 лабораторий:

- ✓ **подготовки керна и пластовых флюидов;**
- ✓ **реологических исследований;**
- ✓ **физики нефтегазового пласта и подземной гидромеханики;**
- ✓ **исследований процессов фильтрации пластовых флюидов;**
- ✓ **исследований нефтяных дисперсных систем;**
- ✓ **исследований процессов коррозии и соле-, парафиноотложений;**
- ✓ **моделирования разработки нефтегазовых месторождений;**
- ✓ **тампонажных и буровых растворов.**



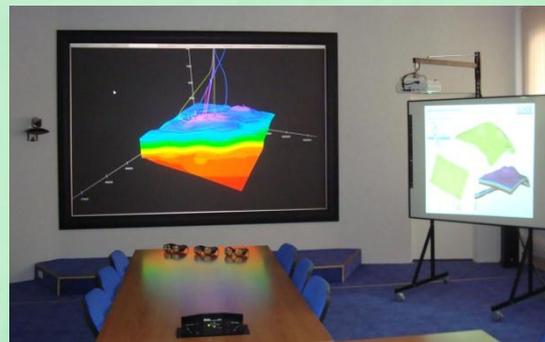
*Лаборатория подготовки керна и пластовых флюидов*



*Лаборатория исследований процессов фильтрации пластовых флюидов*



*Лаборатория реологических исследований*



*Лаборатория моделирования разработки нефтегазовых месторождений (класс 3D)*



*Лаборатория физики нефтегазового пласта и подземной гидромеханики*

# Лабораторно-экспериментальная база исследований (продолжение)



**Система оценки степени повреждения  
пласта FDES-645**  
(Coretest Systems Corporation)



**Система определения фазовой  
проницаемости керна RPS-812**  
(Coretest Systems Corporation)

# Лабораторно-экспериментальная база исследований (продолжение)



**Система для исследования нефтывтеснения из модели пласта Autoflood-700, с рентгеновским сканером (Vinci Technologies)**

# Лабораторно-экспериментальная база исследований (продолжение)



**Рентгеновский  
микротомограф  
(SkyScan N.V.)**



**Лазерный анализатор твердых  
частиц в пластовой нефти FLASS  
(Vinci Technologies)**

# Лабораторно-экспериментальная база исследований (продолжение)

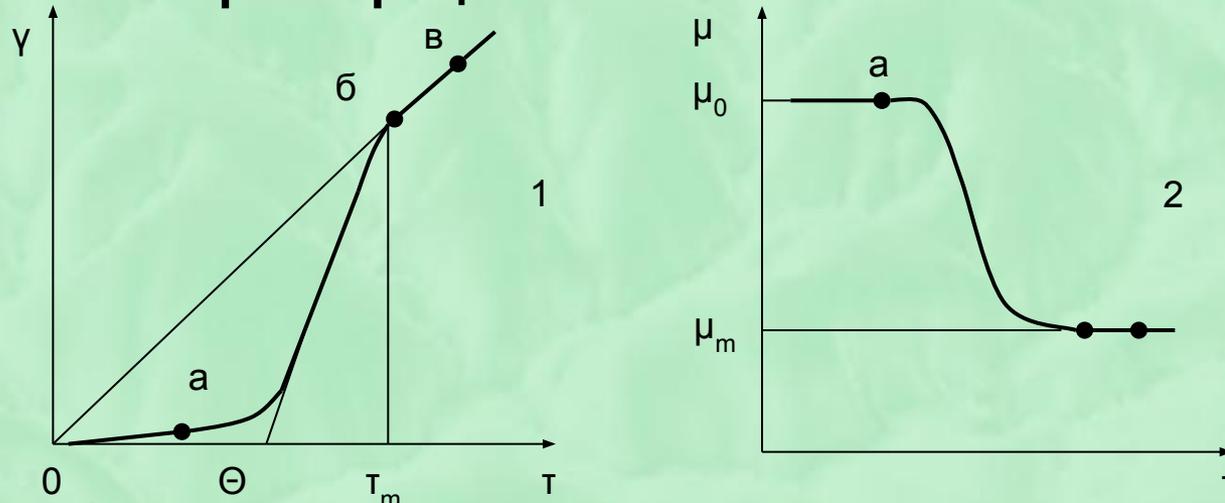


**Программно-аппаратный комплекс 3D построения и визуализации геологической и гидродинамической модели нефтегазового пласта  
(ROXAR, BARCO)**

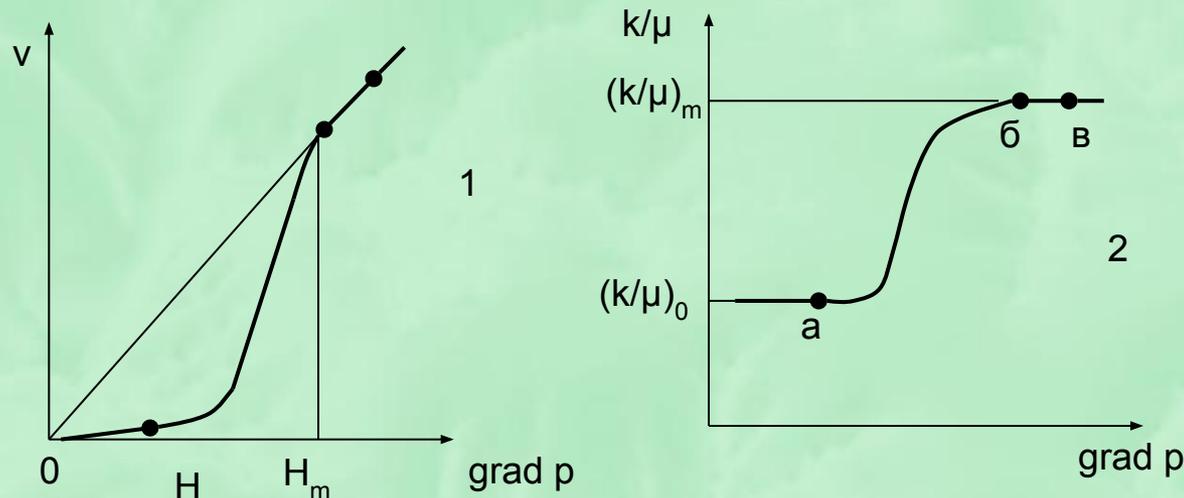
# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТОВЫХ НЕФТЕЙ

- Установлено, что в пластовых условиях месторождений с ТриЗ проявление аномалий вязкости и подвижности характерно не только для высоковязких высокосмолистых нефтей, но и для маловязких парафинистых нефтей.
- При решении проблемы сохранения и улучшения фильтрационных характеристик ПЗП необходимо учитывать особенности реологических свойств нефтей (аномалии вязкости, тиксотропные свойства) и находить способы уменьшения отрицательного влияния этих свойств на процесс извлечения нефти из пласта.
- Получены математические модели, представляющие собой корреляционные зависимости реологических и фильтрационных параметров пластовых нефтей от стандартных физико-химических свойств этих нефтей и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов, позволяющие усовершенствовать методику моделирования разработки нефтяных месторождений с учетом аномалий вязкости и подвижности нефти, в частности, определять положение и размеры «застойных зон» в нефтяных залежах.
- Результаты исследований влияния неионогенных ПАВ на реологические и фильтрационные свойства нефтей позволяют рекомендовать использование этих реагентов в составе нагнетаемой в пласт воды, а также в составе технологических жидкостей при вторичном вскрытии продуктивного пласта и подземном ремонте скважин. Установлено, что ПАВ, перешедшие за счет диффузии из водных растворов в нефть, оказывают диспергирующее действие на структурообразующие компоненты нефти, вследствие чего у последней улучшаются реологические и фильтрационные свойства.

# Реологические и фильтрационные свойства пластовых нефтей

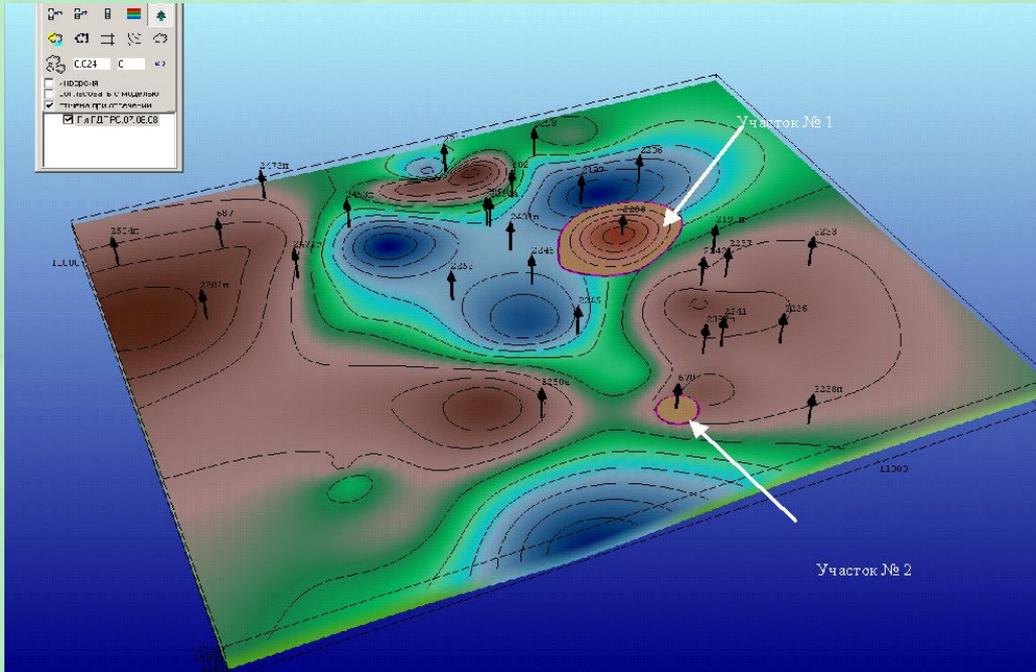


Реологическая линия (1) и кривая эффективной вязкости (2) пластовой нефти



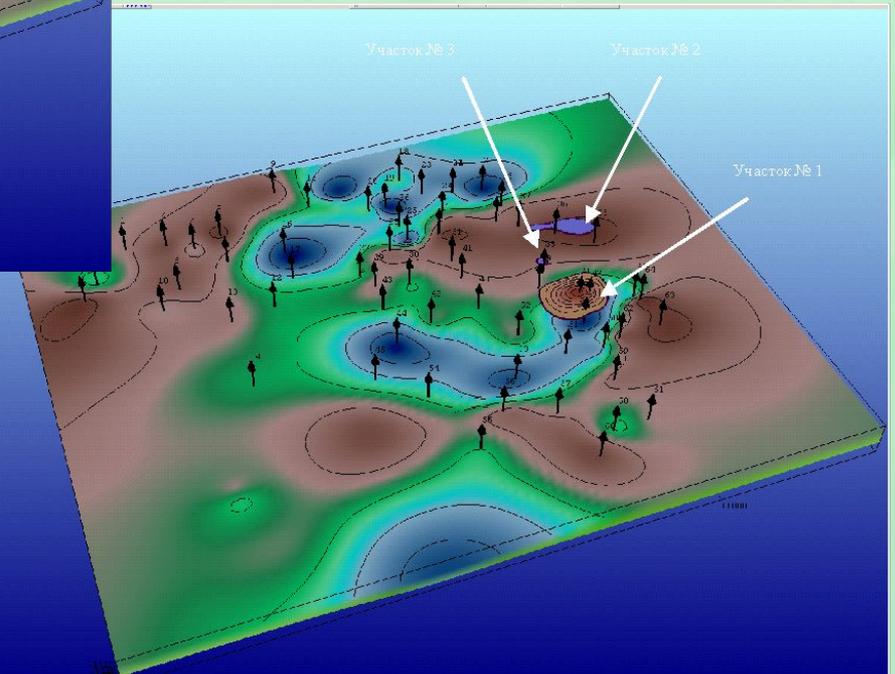
Кривые фильтрации (1) и подвижности (2) пластовой нефти в пористой среде

# Определение застойных зон на месторождении путем совмещения и анализа карт распределения граничных и фактических градиентов давления



Карта распределения граничных  
градиентов давления (Hm)

Карта распределения фактических  
градиентов давления



# РАЗРАБОТАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Технология глушения и стимуляции нефтяных скважин при подземном ремонте.
- Технология внутрипластовой водоизоляции в низкопроницаемых нефтяных коллекторах.
- Технология выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин и ограничения водопритока в добывающие скважины.
- Комплексная технология повышения нефтеотдачи пластов (с использованием многофункциональных технологических жидкостей).

# ТЕХНОЛОГИЯ ГЛУШЕНИЯ И СТИМУЛЯЦИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ПРИ ПОДЗЕМНОМ РЕМОНТЕ

Сущность технологии заключается в использовании при глушении нефтяной скважины перед подземным ремонтом разработанных гидрофобно-эмульсионных составов:

- обратных водонефтяных эмульсий - «блокирующих составов», закачиваемых в скважину с перекрытием интервала перфорации или с продавливанием в призабойную зону продуктивного пласта, обеспечивающих сохранение ее фильтрационных характеристик, и, как следствие, сохранение продуктивности скважины;
- обратных кислотонефтяных эмульсий - «стимулирующих составов», закачиваемых в скважину с продавливанием в призабойную зону пласта, обеспечивающих улучшение ее фильтрационных характеристик и, как следствие, повышение продуктивности скважины.

# Область применения разработанных гидрофобно-эмульсионных составов для глушения и стимуляции скважин при подземном ремонте



# Результаты промысловых испытаний технологии глушения скважин

Результаты промысловых испытаний разработанной технологии глушения нефтяных скважин перед ПРС на месторождениях Западной Сибири (Покачевском, Северо-Покачевском, Южно-Покачевском, Урьевском, Нивагальском) показали:

- увеличение дебитов скважин в среднем на 5-10 м<sup>3</sup>/сут;
- сокращение сроков их вывода на режим до 1-3 суток;
- снижение обводненности скважинной продукции на 20-30 %.

# ТЕХНОЛОГИЯ ВНУТРИПЛАСТОВОЙ ВОДОИЗОЛЯЦИИ В НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ НЕФТЯНЫХ КОЛЛЕКТОРАХ

**Технология может применяться** на нефтяных месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами.

**Сущность технологии заключается** в использовании для внутрипластовой водоизоляции в низкопроницаемых нефтяных коллекторах разработанного гидрофобизированного полимерного состава с улучшенными реологическими, фильтрационными и водоизоляционными свойствами.

**Технология позволит** увеличить охват нефтяной залежи воздействием за счет внутрипластовой водоизоляции и выравнивания фронта вытеснения, и в конечном итоге повысить нефтеотдачу пластов.

**Технология отличается возможностью:**

- проведения внутрипластовой водоизоляции в низкопроницаемых коллекторах;
- направленно регулировать внутрипластовые фильтрационные потоки.

**Разработан, запатентован и доведен до промышленного производства (г.Уфа, ООО «Синтез-ТНП»)** гидрофобизированный полимерный состав для внутрипластовой водоизоляции - «Реагент ГПС-1».

**Технология запатентована.**

Для промышленного внедрения требуется разработка технических регламентов и проектной документации.

Сроки реализации – 3 года.

Капитальные вложения – 30 млн.\$.

Нефтедобывающие и сервисные компании

**Нефтяное месторождение**

**Внутрипластовая  
водоизоляция**

**Гидрофобизированный  
полимерный состав**

**Продавливание в  
низкопроницаемый  
пласт**

**Снижение  
обводненности  
скважинной  
продукции**

**Повышение нефтеотдачи пластов**

# ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ПРОФИЛЯ ПРИЕМИСТОСТИ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН И ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА В ПОЛУПРИТОКАЮЩИХ СКВАЖИНАХ

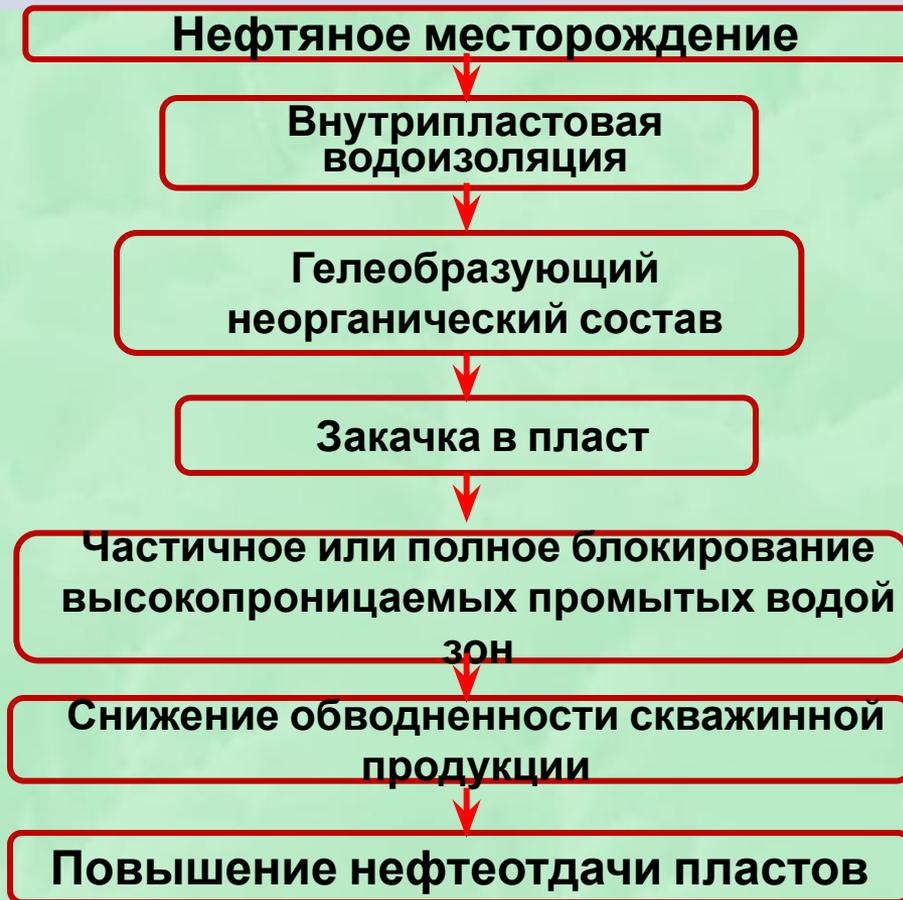
**Технология применяется** для перераспределения внутрипластовых фильтрационных потоков в нефтяных залежах, за счет чего достигается вовлечение в разработку недренируемых ранее нефтенасыщенных пропластков, увеличение коэффициента охвата пласта заводнением и повышение конечного коэффициента нефтеотдачи.

**Технология отличается** возможностью регулирования времени гелеобразования и прочностных характеристик водоизоляционного экрана; нетоксичностью, доступностью, низкой коррозионной активностью и стоимостью исходных компонентов.

**Разработаны:** гелеобразующий неорганический водоизоляционный состав; комплексная технология повышения нефтеотдачи при разработке залежей высоковязких нефтей.  
**Проведены промысловые испытания.**

Для организации промышленного производства требуется разработать проект и выполнить строительство установки мощностью 250 т/год. Исходное сырье – силикат натрия, ацетат хрома. Сроки реализации – 3 года. Капитальные вложения – 30 млн \$.

Нефтедобывающие и сервисные компании



# КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ

Разработанный комплекс может применяться на нефтяных месторождениях и состоит из следующих технологий:

- технологии глушения и стимуляции скважин при подземном ремонте с использованием гидрофобных эмульсионных составов;
- технологии внутрислоистой водоизоляции в низкопроницаемых коллекторах с использованием гидрофобизированного полимерного состава.

Комплексная технология отличается возможностью:

- направленно регулировать фильтрационные характеристики призабойной зоны пласта, обеспечивая их сохранение, восстановление и улучшение.
- проведения внутрислоистой водоизоляции в низкопроницаемых коллекторах.

Разработаны и доведены до промышленного производства (г.Уфа, ООО «Синтез-ТНП»):

- «Эмульгатор обратных водонефтяных эмульсий ЯЛАН-Э2»;
- «Реагент ГПС-1 для внутрислоистой водоизоляции».

Технологии запатентованы.

Для промышленного внедрения требуется разработка технических регламентов и проектной документации.

Сроки реализации – 3 года.

Капитальные вложения – 60 млн.\$.

Нефтедобывающие и сервисные компании



# УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ПОЛИГОН «НЕФТЯНИК»

- В октябре 2008 г. введен в эксплуатацию учебно-научный полигон (УНП) «Нефтяник» в составе учебной базы Горного университете «Саблино» (Ленинградская обл., Тосненский р-н, пос. Ульяновка).
- УНП «Нефтяник» оснащен современным буровым, нефтепромысловым и исследовательским оборудованием (автоматизированными геофизическими, гидродинамическими и др. комплексами) для выполнения следующих задач:
  - проведение учебно-производственных практик студентов;
  - обучение рабочим профессиям нефтегазового направления;
  - проведение курсов подготовки, переподготовки и повышения квалификации рабочих кадров и специалистов нефтегазовых компаний;
  - проведение научных исследований в области бурения, эксплуатации и подземного ремонта скважин;
  - проведение стендовых испытаний нового бурового и промыслового оборудования и инструмента.

## ***БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ПОЛИГОНЕ «НЕФТЯНИК»***



***Самоходная буровая установка УРБ-3А3***



***Мобильная буровая установка МБУ-125***



***Установка GM-200 для гидроударного и алмазного бурения***

# **НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА ПОЛИГОНЕ «НЕФТЯНИК»**



**Станок-качалка СКД3-1,5-710**



**Паровая передвижная установка  
ППУА-1600/100**



**Установка смесительная УС-15-14У**



**Цементировочный агрегат УНБ 125х32У**

## ВЫВОДЫ

1. Горный университет обладает достаточным научным, техническим и кадровым потенциалом для участия в инновационных проектах нефтегазовых компаний.
2. Одним из шагов по пути интеграции образования, науки и производства в нефтегазовой отрасли является создание на базе Горного университета Международного Центра компетенций в горнотехническом образовании под эгидой ЮНЕСКО.

*Хочется надеяться на то, что создание подобных Центров будет внедряться под крышей и других российских университетов, и их дальнейшее развитие и поддержка станет для российских нефтегазовых компаний долгосрочной стратегией.*

***Благодарю за внимание!***