

**Информация о проекте, выполняемом в рамках базовой части государственного задания в сфере научной деятельности,  
Задание № 2014/28 от 28.02.2014г.**

Проект № 850

Тема: Теоретическое и экспериментальное обоснование новых энергосберегающих технологий нефтеизвлечения трудноизвлекаемых запасов в природных и техногенно-измененных пластах

Приоритетное направление: Рациональное природопользование

Критическая технология: Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи

Период выполнения: 28.02.2014г. - 31.12.2016г.

Исполнитель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина" (кафедра разработки и эксплуатации нефтяных месторождений)

Ключевые слова: Обоснование новых энергосберегающих технологий, физическое и математическое моделирование, механизмы нефтеизвлечения, новые зависимости, свойства системы, кинетика проницаемости, эффективность нефте- извлечения, критерии применения технологий

Научный руководитель:

зав. кафедрой Р и ЭНМ, профессор, д.т.н. И.Т. Мищенко

**1. Цель проекта:**

Теоретическое и экспериментальное обоснование механизмов извлечения и до- извлечения трудноизвлекаемых запасов из техногенноизмененных пластов для получения новых закономерностей влияния природных факторов и технологических параметров с целью создания новых и совершенствования существующих технологий разработки. Анализ состояния ресурсной базы РФ и обоснование роли трудноизвлекаемых запасов в нефтеизвлечении. Экспериментальное и теоретическое исследование механизмов нефтеизвлечения для различных типов трудноизвлекаемых запасов. Выявление закономерностей влияния природных факторов и технологических параметров на эффективность нефтеиз- влечения при использовании современных и перспективных методов разработки на основе результатов исследований. Обоснование эффективных технологий разработки и доизвлечения трудноизвлекаемых запасов из природных и техно- генно измененных пластов с учетом комплекса механизмов, в том числе упруго- капиллярных режимов нефтеизвлечения, деформационных процессов, кинетики поражения пласта, контрастной смачиваемости, влияние капиллярных концевых эффектов и др.

**2. В 2014 году по проекту были проведены следующие работы:**

Анализ состояния ресурсной базы РФ и обоснование роли трудноизвлекаемых запасов в нефтеизвлечении. Экспериментальные и теоретические исследования механизмов нефтеизвлечения для различных типов трудноизвлекаемых запасов.

**3. Основные результаты по проекту:**

Результаты анализа отечественных и зарубежных экспериментальных и теоретических исследований в данной области. Классификационные таблицы и схемы тех-

ногенных процессов при разработке залежей. Выявлены общие механизмы снижения фильтрационно-емкостных свойств: несъёмность флюидов, породы и флюида (формирование эмульсий, разбухание глин и т.д.) ; изменение эффективного напряжения; мелкодисперсная миграция (проникновение и перенос мелких частиц); захват и блокирование фаз; адсорбция и изменение смачиваемости; биологическая активность. Обоснованы физические основы внутривыводного пространства, приводящие к кинетике проницаемости вплоть до затухания фильтрации. Обоснованы критерии значимости техногенных процессов для экологии и безопасности разработки месторождений. Физические модели фильтрационных процессов с учетом техногенных изменений пластовых систем. Разработаны программы и проведены фильтрационные эксперименты, направленные на определение допустимых границ изменения параметров пластовых систем при изменении пластового давления. Получены графические зависимости изменения проницаемости от эффективного давления, апробированные для условий месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. Разработана программа и проведено физическое моделирование процесса вытеснения нефти водой для создания комплексных технологий разработки слоисто-неоднородных коллекторов с существенным различием проницаемости слоев и слабой гидродинамической связью между ними. Выбраны составы и объемы активных примесей. Разработана математическая модель, учитывающая изменения пластовой системы в процессе разработки месторождения с учетом кинетики проницаемости. Разработан метод моделирования распределения остаточной нефти в техногенно-измененных пластах, основанный на методике структуризации и моделирования остаточной нефти. Созданы гидродинамические методы моделирования распределения остаточной нефти в объеме залежи при линейном течении флюида. Математические модели апробированы для исследования сложных механизмов нефтеизвлечения в различных геоло- го-промысловых условиях и при использовании современных технологий разработки и доизвлечения.

#### **4. Назначение и предполагаемое использование результатов проекта:**

При оценке влияния комплекса механизмов нефтеизвлечения исследуемых категорий трудноизвлекаемых запасов для сравнительного анализа эффективности современных и перспективных технологий разработки. Границы изменения природных и технологических параметров для обоснования новых энергосберегающих и экологически безопасных технологий нефтеизвлечения трудноизвлекаемых запасов из природных и техногенно- измененных пластов. Результаты исследований будут использованы в рабочих программах для магистрантов по направлению «Нефтегазовое дело», «Компьютерное моделирование процессов разработки нефтяных месторождений», «Управление разработкой месторождениуглеводородов», «Компьютерное моделирование процессов добычи углеводородов. Методы, методики, алгоритмы проведения многовариантных расчетов показателей эффективности

#### **5. В 2015 году по проекту были проведены следующие работы:**

Выявление закономерностей влияния природных факторов и технологических параметров на эффективность нефтеизвлечения при использовании современных и перспективных методов разработки на основе результатов исследований.

#### **6. Основные результаты по проекту:**

Создание методов, методик, алгоритмов проведения многовариантных расчетов показателей эффективности разработки и доработки природных и техногенноизмененных пластов для получения новых закономерностей влияния природных факторов и

технологических параметров на нефтеизвлечение при использовании современных и перспективных технологий разработки трудноизвлекаемых запасов. Проведено исследование, направленное на совершенствование технологии циклического заводнения существенно неоднородных коллекторов (пластов с суперколлекторами). Разработана методика планирования, проведения и анализа результатов численных исследований, позволяющая повысить достоверность оценки влияния механизмов нефтеизвлечения за счет обоснования условий проведения расчетов. Для различных природных условий получены значения рациональных (критических) дебитов скважин, при достижении которых имеет место наибольшая эффективность капиллярного режима разработки при обеспечении заданное значение водонефтяного фактора за расчетный период. Впервые выявлены закономерности влияния природных факторов и технологических параметров на эффективность технологии циклического заводнения существенно неоднородных коллекторов. Разработаны научно-методические основы технологии циклического заводнения с продолжительным периодом падения пластового давления, позволяющие существенно повысить эффективность нефтеизвлечения за счет активизации упруго-капиллярных и гидродинамических механизмов. Предложена технологическая схема циклического заводнения (управляемый упругий режим), при которой осуществляется остановка добывающей скважины в период закачки, что способствует активизации вертикального внедрения воды в низкопроницаемые разности. Проведено исследование по совершенствованию технологии водогазового воздействия (ВГВ) для повышения эффективности разработки неоднородных низкопроницаемых коллекторов. Разработана методика создания гидродинамической модели для проведения численных экспериментов, которая позволяет учитывать и воспроизводить закономерности, полученные в результате лабораторных исследований глубинных проб нефти и образцов керна, а также теоретических исследований, путём адаптации параметров модели флюида и модели течения на гидродинамической модели керна к результатам экспериментов и теоретическим закономерностям. Разработаны алгоритмы для адаптации технологических параметров чередующегося и совместного ВГВ в динамике на основе значений текущего газонефтяного и водонефтяного факторов добывающих скважин, обеспечивающие близкий к максимальному конечный КИН. Разработан способ ВГВ, основанный на расширении газа при снижении давления, позволяющий минимизировать снижение приёмистости нагнетательной скважины по воде после закачки газа, что обеспечивает интенсификацию добычи нефти. Подана заявка на патент РФ (E21B 43/20). Разработана комплексная методика моделирования изменения фильтрационно-емкостных свойств, позволяющая определить степень изменения свойств околоскважинной зоны пласта и прогнозировать последующую добычу углеводородов. Создана математическая модель для расчета показаний электрических зондов с учетом изменения физических свойств околоскважинной зоны пласта для уточнения механизмов повреждения пласта.

## **7. Назначение и предполагаемое использование результатов проекта:**

При оценке влияния комплекса механизмов нефтеизвлечения исследуемы категории трудноизвлекаемых запасов для сравнительного анализа эффективности современных и перспективных технологий разработки Границы изменения природных и технологических параметров для обоснования новых энергосберегающих и экологически безопасных технологий нефтеизвлечения трудноизвлекаемых запасов из природных и техногенно измененных пластов Новые критерии эффективного применения современных и перспективных технологий нефтеизвлечения исследуемых категорий трудноизвлекаемых запасов. Критерии эффективного применения и границы изменения технологических параметров будут использованы в учебном пособии «Современные и перспективные технологии разработки залежей с суперколлекторами и при подготовке монографии «Повышение эффективности нефтеизвлечения трудноизвлекаемых запасов в природных и техногенно измененных пластах»

## **8. В 2016 году по проекту были проведены следующие работы:**

Обоснование эффективных технологий разработки и доизвлечения трудно-

## 9. Основные результаты по проекту:

Обоснованы технологии разработки низкопроницаемых и неоднородных коллекторов при заводнении слабоминерализованной водой, на основе физического моделирования, численных исследований. Предложены технологические решения для повышения эффективности разработки существенно неоднородных коллекторов на основе экспериментального исследования смачиваемости (на микроуровне) и анализа ее влияния на механизмы нефтеизвлечения. Определены критерии эффективного применения указанных технологий разработки низкопроницаемых коллекторов и неоднородных, а также границы изменения технологических параметров. Установлено, что критерием эффективного применения технологий закачки слабоминерализованных вод для повышения нефтеотдачи пластов является преимущественно гидрофобный тип коллектора. (статья). Эффективным критерием повышения нефтеотдачи путем закачки слабоминерализованных вод является капиллярный и капиллярно-напорный режимы образования остаточной нефти при предшествующем заводнении пласта. Закачка слабоминерализованных вод в этом случае может рассматриваться как третичный метод повышения нефтеотдачи пласта. Критерием эффективного применения метода смены направлений фильтрации путем замены нагнетательных скважин на эксплуатационные и наоборот является сильная неоднородность пласта по проницаемости и смачиваемости. Для однородного пласта значительных эффектов доизвлечения остаточной нефти с использованием данной технологии не обнаружено. Критерием корректного определения коэффициента вытеснения для сложнопостроенных коллекторов является масштабный эффект, который значим при капиллярно-напорном и автомодельном режимах вытеснения. Разработан экспериментальный модифицированный метод оценки смачиваемости методом лежащей капли, который позволяет определить под микроскопом смачиваемость отдельных минеральных зерен, что является прямой оценкой микроструктурной смачиваемости. При физическом моделировании получены качественные и количественные закономерности влияния состава и свойств пород на оценку смачиваемости на микроуровне. Определены критерии эффективного применения технологии разработки существенно неоднородных коллекторов с учетом особенностей смачиваемости, а также границы изменения технологических параметров. Обоснована технология полимерного заводнения техногенно измененных (обводненных) терригенных коллекторов в условиях высокой минерализации пластовых и закачиваемых вод. С целью выбора оптимальных параметров полимерного состава и режимов его закачки в пласт разработан комплекс исследований полимерных составов. Определены критерии эффективного применения технологии полимерного заводнения техногенно измененных (обводненных) терригенных коллекторов в условиях высокой минерализации пластовых и закачиваемых вод, а также границы изменения технологических параметров.

## 10. Назначение и предполагаемое использование результатов проекта:

В центрах исследования кернов при лабораторном обосновании технологии извлечения остаточной нефти, интенсификации добычи нефти, технологий повышения нефтеотдачи. При обосновании технологий освоения коллекторов с трудноизвлекаемыми запасами: неоднородных и низкопроницаемых коллекторов при заводнении слабосцементированной водой, технологии полимерного заводнения обводненных терригенных коллекторов в условиях высокой минерализации пластовых и закачиваемых вод, гидрофобных карбонатных коллекторов (Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и др. регионы).