Прачкин Виктор Геннадиевич. Интенсификация добычи нефти комбинированным методом на основе ультразвукового воздействия: диссертация ... кандидата Технических наук: 25.00.17 / Прачкин Виктор Геннадиевич;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»], 2018.- 148 с.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Уфимский государственный нефтяной технический университет»



На правах рукописи

ПРАЧКИН ВИКТОР ГЕННАДИЕВИЧ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ КОМБИНИРОВАННЫМ
МЕТОДОМ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Специальность 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных

и газовых месторождений

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент Муллакаев Марат Салаватович

Уфа 2018

**СОДЕРЖАНИЕ**

С.

[ВВЕДЕНИЕ 4](#bookmark0)

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ.

ИЗМЕНЕНИЕ КОЛЛОИДНО-ДИСПЕРСНЫХ СВОЙСТВ НЕФТЯНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ 10

1. Ухудшение структуры запасов нефти. Современное состояние

проблемы извлечения нефти 10

1. Влияние ультразвукового воздействия на скорость и направление

[химических реакций 14](#bookmark14)

1. Ультразвуковое воздействие на нефтяные системы с целью

[изменения ее коллоидно-дисперсных свойств 22](#bookmark16)

1. Применение волновых методов для интенсификации добычи нефти 30
2. [Выводы к главе 1 37](#bookmark18)

[ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ 39](#bookmark19)

1. Групповой и фракционный состав, физико - химические свойства

исследуемых нефтей. Характеристики химических реагентов 39

1. Оборудование и методика измерения физико-химических

характеристик нефтей 42

1. Оборудование и методика измерения реологических характеристик

нефтей 43

1. [Оборудование и методика измерения акустических характеристик 46](#bookmark24)

ГЛАВА 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЙ 50

1. Расчёт расхода вязкой жидкости, протекающей через цилиндрическую трубку в акустическом поле
2. Экспериментальное исследование влияния ультразвука на

эффективную вязкость и скорость фильтрации пластовой нефти 59

1. Экспериментальное исследование комбинированного

ультразвукового и химического воздействия на вязкость нефти Боровского месторождения 66

1. Экспериментальное исследование комбинированного

ультразвукового и термического воздействия на вязкость нефти Усть- Тегусского месторождения 71

1. [Выводы к главе 3 78](#bookmark38)

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА И ОПЫТНО-ПРОМЫСЛОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА И ТЕРМОАКУСТИЧЕСКОГО СКВАЖИННОГО КОМПЛЕКСА ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ 80

1. [Масштабирование параметров термоакустического воздействия 80](#bookmark39)
2. [Разработка термоакустического скважинного комплекса 85](#bookmark41)
3. [Компоновка оборудования и методика испытания комплекса 92](#bookmark42)
4. Метод комбинированной обработки призабойной зоны скважины с

использованием ультразвукового воздействия 97

1. Опытно-промысловые испытания комбинированного метода и

термоакустического скважинного комплекса 100

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ 107

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 109

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 111

ПРИЛОЖЕНИЯ 132

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы исследования**

В последние десятилетия в РФ все большее внимание привлекают трудноизвлекаемые запасы нефти.

В связи с этим, актуальна разработка инновационных методов интенсификации добычи, которые позволяют значительно увеличить

коэффициент извлечения нефти (КИН) из уже разрабатываемых пластов. Внедрение методов интенсификации добычи нефти на предприятиях нефтегазового комплекса РФ проводятся достаточно интенсивно, однако выбор того или иного метода требует научно обоснованного подхода.

В основу акустических методов интенсификации добычи нефти положены физические процессы, протекающие или создаваемые в призабойной зоне скважины (ПЗС) под действием ультразвука, основным из которых является нелинейное взаимодействие волны с жидкостью и породой коллектора. Одни методы ориентированы на декольматацию породы коллектора, другие - на воздействие на пластовую жидкость за счёт эффекта акустического течения. Перспективно направление комбинированного применения ультразвука совместно с химическими, тепловыми и гидродинамическими методами.

Использование ультразвукового воздействия для повышения продуктивности низкодебитных скважин в комбинации с другими методами интенсификации добычи нефти перспективно в настоящее время, но требует проведения комплексных научно-исследовательских работ и опытно­промысловых испытаний (ОПИ).

**Степень разработанности проблемы**

Проблеме интенсификации добычи нефти с использованием волновых методов посвящены работы многих российских и зарубежных учёных: Ф.А. Агзамова, И.Г. Ахметова, Г.Г. Вахитова, С.М. Гадиева, Р.Ф. Ганиева, Ю.Л. Горбачева, В.П. Дыбленко, Ю.Ф. Жуйкова, О.Л. Кузнецова, Р.Я. Кучумова, М.А. Мохова, Р.М. Мавлютова, Р.Ш. Муфазалова, Э.М. Симкина, М.Л. Сургучева, Р.Г. Шагиева, Р.Я. Шарифуллина, Е. Ансела, М.А. Био и др.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Область исследований соответствует паспорту специальности 25.00.17: геолого-физические и физико-химические процессы, протекающие в пластовых резервуарах и окружающей геологической среде при извлечении из недр нефти и газа известными и создаваемыми вновь технологиями и техническими средствами для создания научных основ эффективных систем разработки месторождений углеводородов и функционирования подземных хранилищ газа (п. 2).

**Цель работы**

Интенсификация добычи нефти комбинированным методом на основе термоакустического и химического воздействия в геолого-промысловых условиях пласта.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи.**

1. Расчёт акустического воздействия на течение вязкой жидкости через цилиндрическую трубку.
2. Экспериментальное определение закономерностей воздействия акустического поля на скорость фильтрации нефти и эффективность термоакустической и химической обработки нефтей различного группового состава с целью снижения их вязкости.
3. Разработка комбинированного метода на основе термоакустического и химического воздействия интенсификации добычи нефти и термоакустического скважинного комплекса, определение его рациональных режимных и технологических параметров.
4. Опытно-промысловые испытания комбинированного метода на основе термоакустического и химического воздействия и термоакустического комплекса интенсификации добычи нефти.

**Научная новизна**

1. Теоретически изучено и экспериментально доказано снижение вязкости жидкости в цилиндрической трубке в акустическом поле, ведущее к увеличению расхода жидкости. Экспериментально установлены закономерности фильтрации пластовой нефти в акустическом поле с использованием насыпных моделей различного гранулометрического состава.
2. Экспериментально установлена эффективность термоакустического и химического воздействия на нефти различного группового состава:
* обработка ультразвуком нефти Боровского месторождения позволяет дополнительно снизить вязкость на 10 - 30 %, в сравнении с ультразвуком и реагентом в отдельности;
* обработка ультразвуком нефти Усть-Тегусского месторождения позволяет дополнительно снизить вязкость на 10 - 15 %, в сравнении с ультразвуком и реагентом в отдельности;
1. Экспериментально установлена эффективность дополнения теплового воздействия ультразвуковым, позволяющая ускорить суммарное воздействие по снижению вязкости нефти на 17 - 20 % и увеличить время последующего восстановления вязкости нефти, что расширяет диапазон применимости технологий при воздействии в потоке различной интенсивности.

**Теоретическая и практическая значимость работы**

В рамках выполнения ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы» (шифр «2011-2.7-527-004») ГК № 14.527.12.002 от 12.09.2011.

1. Разработан термоакустический автоматизированный скважинный комплекс, позволяющий интенсифицировать приток нефти комбинированным методом на основе термоакустического и химического воздействия.
2. Разработан технический регламент на основе термоакустической и химической обработки призабойной зоны скважины с использованием термоакустического скважинного комплекса.
3. Проведены опытно-промысловые испытания комбинированного метода на основе термоакустического и химического воздействия с использованием разработанного комплекса, которые показали:
* для обработанных скважин Самотлорского месторождения среднесуточный дебит жидкости увеличился на 11 %, среднесуточный дебит нефти - на 27 %, а средний коэффициент продуктивности - на 20 %. Продолжительность эффекта после обработки скважин составляет 1 - 8 месяцев.
* для месторождений Самарской области результаты проведённой комбинированной обработки трёх скважин показали, что среднесуточный дебит скважинной жидкости увеличился на 41 %, среднесуточный дебит нефти - на 24 %. Продолжительность эффекта после обработки скважин составляет
1. - 4 месяца.

**Методология и методы исследования**

Решение поставленных задач выполнено на основе систематизации и анализа литературного материала, известных теоретических методов исследования механики жидкостей; стандартных физико-химических методов: реологические характеристики нефти определялись с учетом требований ГОСТ 1747-91 и ASTM D4684, акустические параметры обработки контролировались с помощью сертифицированных методик SVAN-912M(AE) и АР19; геофизических данных обрабатываемых скважин; данных промысловых испытаний разработанного комбинированного метода и комплекса.

**Положения, выносимые на защиту**

1. Результаты математических расчётов воздействия акустического поля на течение вязкой жидкости в цилиндрической трубке. Закономерности фильтрации пластовой нефти в акустическом поле через насыпные модели различного гранулометрического состава.
2. Экспериментально установленные закономерности ультразвукового, химического и термического воздействия на нефти различного группового состава, снижающего их вязкость.
3. Метод термоакустического воздействия на призабойную зону терригенного пласта с применением термоакустического комплекса.

**Апробация результатов работы**

Основные результаты исследований докладывались на: Междунар. науч.- практ. конф. «Актуальные проблемы экологии и охраны труда» (г. Курск, 2013 г.), Междунар. науч.-практ. конф. «Нефтегазопереработка-2013» (г. Уфа, 2013 г.), Всерос. науч.-техн. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках: проблемы и пути решения» (г. Стерлитамак, 2015 г.), Междунар. научно-методической конф. «Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля- 2016» (г. Салават, 2016 г.), Всерос. науч.-практич. конф. «Новые технологии в бурении скважин и разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти и газа» (г. Уфа, 2017 г.), Междунар. науч.- техн. конф. «Экология и ресурсосбережение в нефтехимии и нефтепереработке» (г. Салават, 2017 г.).

**Публикации**

По материалам диссертационной работы опубликовано 13 научных работ, из них 6 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

**Структура и объем работы**

Диссертационная работа изложена на 148 страницах машинописного текста, включая 21 таблицу и 29 рисунков; состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка использованной литературы, включающего 201 наименование, и приложений.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Расчёт воздействия акустического поля на вязкую жидкость, протекающую через цилиндрическую трубку, показал, что в результате в жидкости возникает акустическое течение с постоянной скоростью, ведущей к уменьшению ее эффективной вязкости, и как следствие увеличению расхода жидкости.
2. Стендовые испытания по фильтрации пластовой нефти в акустическом поле с использованием насыпной модели показали, что скорость фильтрации в ультразвуковом поле возрастает для песка с размерами фракций 0,1 - 0,4 мм в среднем на 14 - 58 %, для песка с размерами фракций 0,4 - 0,8 мм на 44 - 63 % в зависимости от акустической мощности.
3. Экспериментально установлена эффективность комбинированной обработки нефтей различного группового состава:
* обработка ультразвуком в течение 3 мин и разбавление 2 % масс. реагентом ИХН-100 нефти Боровского месторождения позволяет снизить вязкость на 75 % или дополнительно на 10 - 30 %, в сравнении с ультразвуком и реагентом в отдельности;
* обработка ультразвуком в течение 3 минут и 2 % масс. реагентом Р-12 нефти Боровского месторождения приводит к снижению вязкости на 83 % или дополнительно на 10 - 20 %, в сравнении с ультразвуком и реагентом в отдельности;
* обработка в течение 2 - 8 минут нефти Усть-Тегусского месторождения приводит к снижению вязкости: ультразвуковой на 20 - 40 %, термической на 5 - 35 %, совместной ультразвуковой и термической - на 30 - 45 %.
1. Предложен комбинированный метод интенсификации добычи на основе термоакустического и химического воздействия с использованием термоакустического скважинного комплекса, а также технический регламент компоновки оборудования, подготовки и его эксплуатации в промысловых условиях, позволяющий проводить акустическую, термическую и химическую обработку призабойной зоны скважин.
2. Опытно-промысловые испытания комбинированного метода и комплекса показали, что:
* для обработанных скважин Самотлорского месторождения

среднесуточный дебит жидкости увеличился на 11 %, среднесуточный дебит нефти - на 27 %, а средний коэффициент продуктивности - на 20 %. Продолжительность эффекта после обработки скважин составляет

от 1 до 8 месяцев.

* для месторождений Самарской области результаты проведённой комбинированной обработки трёх скважин показали, что среднесуточный дебит скважинной жидкости увеличился на 41 %, среднесуточный дебит нефти - на 24 %. Продолжительность эффекта после обработки скважин составляет 1,5 до 4 месяцев.