

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Общества с ограниченной
ответственностью научно-производственное
ение «Нефтегазтехнология», доктор
жих наук, профессор

Гильманова Расима Хамбаловна

Исаев 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общества с ограниченной ответственностью научно-производственное объединение
«Нефтегазтехнология»

Диссертация «Научно-методические основы и условия применения закачки
воздуха в пласт для освоения трудноизвлекаемых запасов» выполнена в обществе с
ограниченной ответственностью научно-производственном объединении
«Нефтегазтехнология».

В период подготовки диссертации соискатель Ушакова Александра Сергеевна
работала в ООО «НПО «Нефтегазтехнология» в отделе моделирования и разработки
нефтяных и газовых месторождений в должности старшего научного сотрудника.

В 2006 г. окончила Кафедру физики полимеров и кристаллов Физического
факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова с
присвоением квалификации физик по специальности «Физика конденсированного
состояния вещества».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических
наук защитила в диссертационном совете Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова 25 февраля 2009 г. (диплом кандидата наук ДКН
№ 084931 от 15 мая 2009 г.).

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Михайлов
Николай Нилович, работает Профессором кафедры разработки и эксплуатации
нефтяных месторождений Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный
университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени
И.М. Губкина» (ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»).

По результатам рассмотрения диссертации «Научно-методические основы и
условия применения закачки воздуха в пласт для освоения трудноизвлекаемых
запасов» принято следующее заключение:

1. Актуальность работы

В настоящее время в отечественной нефтедобывающей промышленности при интенсивной выработке активных запасов имеет место устойчивый рост доли трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Эффективное вовлечение в разработку низкопроницаемых, сложнопостроенных коллекторов, а также нетрадиционных ресурсов углеводородов, является важной задачей топливно-энергетического комплекса.

Для разработки залежей трудноизвлекаемых запасов потенциал использования воды в качестве вытесняющего агента практически исчерпан, что вынуждает исследовать иные широкодоступные вытесняющие агенты, например, воздух. Закачка воздуха в пласт вызывает интерес в качестве теплового и газового метода увеличения нефтеотдачи.

Нагнетание воздуха в пласт для создания в пласте зоны окисления нефти успешно применялось для низкопроницаемых коллекторов на десятках месторождений в США и на ряде объектов в бывшем СССР, а также для добычи высоковязкой нефти – по всему миру. В настоящее время закачку воздуха начали применять в комбинации с другими методами повышения нефтеотдачи – пенными системами, паром и углеводородными растворителями. Также делаются попытки извлечения нефти с помощью закачки воздуха из керогеносодержащих пород баженовской свиты. Таким образом, исследование особенностей применения закачки воздуха на месторождениях с различными геолого-физическими условиями является актуальной научной задачей.

Значимость диссертационного исследования обоснована тем, что предложенная модель химических реакций с выбранной степенью детализации, позволила описать закономерности цепного окисления нефти и параметры, от которых зависит, будет ли происходить воспламенение нефти в пласте, или низкотемпературное окисление без воспламенения.

Данная работа представляет собой совокупность экспериментальных и теоретических исследований окисления нефти, а также анализ воспламенения нефти в пласте на двух объектах с трудноизвлекаемыми запасами при закачке воздуха и оригинальную методику инициирования воспламенения нефти.

Работа позволяет существенно расширить представления о воспламенении нефти в пласте, получить обоснованные термогеохимические критерии определения времени возникновения фронта горения, уменьшить риски применения технологии закачки воздуха для трудноизвлекаемых запасов нефти.

2. Личный вклад автора

В рассматриваемых исследованиях автору принадлежат: постановка задачи исследования, создание классификации технологий закачки воздуха в пласт, разработка методики проведения экспериментов по окислению нефти, определение времени возгорания нефти в пласте, создание моделей реакций горения по результатам кинетических экспериментов, определение влияния породы на процесс окисления нефти, составление и решение системы уравнений химических реакций

окисления, обоснование технологии инициирования горения в низкопроницаемом коллекторе путем закачки льняного масла, анализ и обобщение результатов исследований и опытно-промышленных работ.

Список наиболее значимых публикаций по теме диссертации приведен в таблице:

№	Название работы	Выходные данные	Соавторы	Вклад автора
1	2	3	4	5
1	Построение модели реакций окисления нефти для внутрипластового горения по результатам исследований методом дифференциальной сканирующей калориметрии	Нефтяное хозяйство. – 2014. – №1. – С. 58-61.	-	Постановка задачи, анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований, построение модели реакций, написание статьи.
2	Термогеохимические критерии применимости закачки воздуха в пласт для разработки нефтяных месторождений	Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2023. – №3(135). – С. 58-68.	Михайлов Н.Н., Гильманова Р.Х.	Разработка термогеохимических критериев воспламенения нефти в пласте, оценка применимости метода закачки воздуха для конкретных месторождений, написание статьи.
3	Разработка нефтяных месторождений путем закачки воздуха	Нефтяное хозяйство. – 2014. – №8. – С. 76-80.	Клинчев В.А., Зацепин В.В. Тельшев С.В.	Постановка задачи, анализ и обобщение опыта применения закачки воздуха, анализ результатов опытно-промышленных работ, вывод закономерностей при окислении нефти, написание статьи.
4	Описание воспламенения и низкотемпературного окисления нефти в пласте в рамках радикально-цепного механизма	Нефтепромысловое дело. – 2023 – №6. – С. – 50-58.	-	Постановка задачи, анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований, построение модели реакций, написание статьи.
5	Закономерности окисления нефтяных парафинов и нефти в присутствии породы	Нефтяное хозяйство. – 2016. – №2. – С. 78-81.	Уразов С.С.	Постановка задачи, вывод закономерностей окисления нефти, проведение экспериментальных исследований, анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований, написание статьи.

1	2	3	4	5
6	Цепной и тепловой механизмы воспламенения нефти при закачке воздуха	Нефтяное хозяйство. – 2016. – №3. – С. 90-94.	-	Постановка задачи, анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований, определение эмпирических и аналитических функций, описывающих механизм воспламенения нефти при закачке воздуха, написание статьи.
7	Study of the Radical Chain Mechanism of Hydrocarbon Oxidation for In Situ Combustion Process	Hindawi Journal of Combustion. – 2017. – № ID-2526596. – P.11.	Zatsepin V.V., Varfolomeev M.A., Emelyanov D.A.	Постановка задачи, запись системы уравнений химических реакций, описывающих начальные стадии окисления, написание статьи.
8	Основные принципы выбора объектов для применения закачки воздуха	Наука и техника в газовой промышленности. – 2017. – № 2 (70). – С. 17-26.	-	Постановка задачи, анализ и обобщение мирового опыта применения закачки воздуха, определение основных геологических особенностей и свойств нефти, необходимых для успешного воспламенения нефти, написание статьи.
9	Chain Reaction Approach to the Initial Stages of Crude Oil Oxidation	Energy&Fuel s. – 2018. – № 32(11). – P. 11936-11946.	Pu W., Zatsepin V.V.	Описание начальных стадий окисления в рамках радикально-цепного механизма, определение эмпирических и аналитических зависимостей образования и распада гидроперекисей, сопоставление результатов математического моделирования и лабораторных исследований, написание статьи.
10	Heavy, Medium and Light Crude Oils In-situ Combustion: Low Temperature Oxidation in Terms of Chain Reactions Approach	Energy&Fuel s. – 2022. – № 36(14). – P. 7710 – 7721.	Zatsepin V.V., Khekhal M.A., Sitnov S.A., Vakhin A.V.	Постановка задачи, сопоставление свойств нефти и характеристик ее окисления, построением модели реакций в рамках радикально-цепного механизма, определение зависимости характеристик окисления от свойств нефти, написание статьи.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность проведенных исследований и полученных результатов подтверждается сопоставлением результатов выполненных автором экспериментальных исследований и построенных аналитических моделей окисления нефти, а также промысловыми данными, полученными при проведении с участием автора опытно-промышленных работ на Вишанском месторождении.

4. Научная новизна выполненной работы

В диссертации была разработана новая научная концепция описания воспламенения нефти в пласте. Получены экспериментально новые данные о характере начальных стадий окисления нефти, которые были интерпретированы и описаны теоретически с использованием, впервые для сырой нефти в пласте, закономерностей цепного окисления углеводородов в жидкой фазе.

Впервые установлено, что процесс самовоспламенения нефти является суперпозицией нагрева системы углеводородов и процесса формирования топлива, активность нефти к самовоспламенению определяется содержанием в нефти предельных углеводородов.

Автором установлены, с использованием методов дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК): термогеохимические факторы, активность начальных стадий окисления горючих веществ, в том числе, нефти, нефтяных парафинов и растительных масел. Определен механизм каталитического влияния породы нефтяного коллектора на процесс окисления нефти путем адсорбции тяжелых нефтяных фракций, начальные стадии окисления.

Впервые разработан комплекс методик экспериментального определения параметров воспламенения нефти в пласте: зависимости воспламенения от температуры, компонентного состава нефти, газо- нефте- и водонасыщенности; описано окисление нефти в пластовых условиях с применением подходов цепного и теплового воспламенения.

Автором определены и ранжированы термогеохимические критерии эффективности процесса окисления нефти в пластовых условиях, определяющие возможность реализации технологий внутрипластового горения и термогазового воздействия.

Автором создана химико-математическая модель радикально-цепного воспламенения нефти в пласте. Показано, что в рамках данного подхода возможно описание катализа и ингибиции в процессе горения, а также оценка времени воспламенения нефти в пластовых условиях.

Впервые исследована кинетика окисления веществ, способствующих воспламенению нефти в пластовых условиях в непосредственной близости от призабойной зоны пласта, исследована технология прогрева призабойной зоны до рассчитанной температуры создания очага горения.

5. Практическая ценность результатов работы

Для решения поставленных в диссертации задач, автором была создана новая экспериментальная методика определения времени воспламенения нефти в пласте по данным кинетических исследований окисления, анализу группового состава нефти и термобарических условий нефтяного пласта. Данная методика позволила существенно повысить точность определения времени воспламенения и разработать на ее основе термогеохимические критерии воспламенения нефти, используемые при практическом проектировании закачки воздуха на нефтяных месторождениях.

Определены критерии применения технологий внутрипластового горения и термогазового воздействия по геолого-физическим параметрам коллектора и результатам SARA-анализа нефти, позволяющие повысить эффективность предварительного отбора потенциальных объектов.

Установлены, определяемые экспериментально, критерии, позволяющие повысить достоверность информации о самовоспламенении нефти в пласте: зависимость между температурой и временем самовоспламенения, параметр окисления – ф фактор, характеризующий интенсивность начальных стадий окисления горючих веществ, в том числе, нефти, нефтяных парафинов и растительных масел.

Определены термогеохимические критерии воспламенения нефти в пласте в зависимости от термобарических условий пласта, фильтрационно-емкостных свойств коллектора и состава нефти, установлены критерии, при невыполнении которых невозможна реализация внутрипластового горения.

Разработан комплекс методик, позволяющий повысить точность моделирования самовоспламенения, основанный на подходе радикально-цепного воспламенения нефти в пласте, описывающий процессы катализа и ингибиции окисления компонентов нефти в процессе горения.

Впервые для повышения эффективности и безопасности процесса внутрипластового горения предложена и экспериментально обоснована технология прогрева, комплекс методик расчета прогрева и закачки в призабойную зону пласта растительных масел, углеводородов и их смесей. Технология защищена патентом РФ.

Результаты выполненных при подготовке диссертационной работы исследований позволили получить комплекс методологических и технологических решений и приемов, которые использовались при подготовке проектных документов для разработки нефтяных месторождений, в том числе с запасами, приуроченными к баженовской свите: Приобского (южная лицензионная территория), Висового, Средне-Назымского и Западно-Салымского. При проведении опытно-промышленных работ выводы и рекомендации в полном объеме использовались для опытного участка закачки воздуха в пласт на кустовой площадке скважины №134 Вишанского месторождения. Использование закачки воздуха в пласт на Вишанском месторождении позволило увеличить проектный коэффициент извлечения нефти

(КИН) в 1,37 раз с 0,19 до 0,26.

Получены три патента РФ на изобретения и программа ЭВМ.

6. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 24 научных работах, из них: 24 статьи в российских и зарубежных рецензируемых журналах и изданиях (в том числе 22 статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобразования и науки РФ). Предложенные автором три технологических решения признаны изобретениями и защищены патентами РФ.

Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

7. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она представлена к защите

Диссертационная работа по своему содержанию и степени обоснованности представленных научных положений соответствует специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

8. Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация изложена последовательно, написана грамотно, является законченной научно-исследовательской работой и содержит новые решения актуальной научной и практической задачи – научного обоснования и создания технико-технологических основ извлечения нефти с применением закачки воздуха в пласт на месторождениях легкой нефти с низкопроницаемыми и нетрадиционными коллекторами.

9. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

Диссертационная работа Ушаковой Александры Сергеевны на тему «Научно-методические основы и условия применения закачки воздуха в пласт для освоения трудноизвлекаемых запасов» выполнена на высоком научном уровне, имеет научную и практическую ценность, отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

Диссертация «Научно-методические основы и условия применения закачки воздуха в пласт для освоения трудноизвлекаемых запасов» Ушаковой Александры Сергеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.4 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Заключение принято на расширенном заседании отдела моделирования и разработки нефтяных и газовых месторождений Общества с ограниченной ответственностью научно-производственное объединение «Нефтегазтехнология» с привлечением специалистов Общества с ограниченной ответственностью «РН-

БашНИПИнефть». Присутствовало на заседании 16 человек, из них 5 докторов наук, 4 кандидата наук.

Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 3 от 15 мая 2023 г.

Хисамутдинов Наиль Исмагзамович

Научный консультант
ООО НПО «Нефтегазтехнология»
доктор технических наук (специальность 25.00.17 – Разработка и
эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), профессор

Подпись научного консультанта ООО НПО «Нефтегазтехнология»

Хисамутдина Н.И

и.о. начальника отде

_____ Щекатурова Е.М.

Общество с ог
объединение «Неф
450078, Республика
Тел.: 8 (347) 228-18 .
E-mail: npong@yandex.ru

остью научно-производственное
. Революционная, д.96/2