

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.002.076.01, СОЗДАННОГО НА  
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ НЕФТИ И ГАЗА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИПНГ РАН) ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

дата защиты 09.10.2019 протокол №\_11\_

О присуждении Лобанову Алексею Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ при взаимодействии пластовой высоковязкой нефти и жидкого  $\text{CO}_2$  для обоснования технологии циклического воздействия углекислотой с целью увеличения нефтеотдачи» по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» принята к защите **5 июня 2019 г. (протокол заседания № 10)** диссертационным советом Д.002.076.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 119333, г. Москва, ул. Губкина, дом 3, в соответствии с приказом Минобрнауки России №105/НК от 11.04.2012 г и изменениям к приказу №216/НК от 21.04.2014 г., №515/НК от 24.05.2017 г.

Соискатель, Лобанов Алексей Александрович, 1993 года рождения, гражданин Российской Федерации.

В 2010 году соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» (С(А)ФУ) по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений». В 2018 году окончил очную аспирантуру Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, где в 2016 году выдан диплом об окончании аспирантуры и справка о сдаче кандидатских экзаменов.

Соискатель работает в должности ведущего специалиста Центра исследований пластовых систем ООО «Газпромнефть НТЦ»; в период выполнения диссертации работал в должности ведущего инженера Инновационно-технологического центра арктических нефтегазовых лабораторных исследований Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова».

Диссертация выполнена в **Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, на кафедре бурения скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений.**

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Золотухин Анатолий Борисович**, Советник при ректорате Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина».

Официальные оппоненты:

1. **Гуськова Ирина Алексеевна**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт»;

2. **Дуркин Сергей Михайлович**, кандидат технических наук, доцент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ухтинский государственный технический университет»;

**дали положительные отзывы о диссертации.**

Ведущая организация – **Акционерное общество «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт имени академика А.П. Крылова» (АО «ВНИИнефть»)**, в своем положительном отзыве, составленном Петраковым Андреем Михайловичем, доктором технических наук, директором Центра физико-химических и газовых методов увеличения нефтеотдачи пластов и утвержденным Павлом Тхекдеевичем Имом, генеральным директором Акционерного общества «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт им. Академика А.П. Крылова» (АО «ВНИИнефть»), указало, что диссертационная работа представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне по актуальной тематике. Полученные результаты имеют существенное теоретическое и прикладное значение для решения задач в области увеличения нефтеотдачи с применением диоксида

углерода и исследований пластовых флюидов. Диссертация отличается научной и практической новизной и соответствует требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Лобанов Алексей Александрович заслуживает присуждения **искомой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».**

У ведущей организации есть несколько замечаний, которые не влияют на общую положительную оценку работы:

«1. В работе недостаточно рассмотрен вопрос о том, в каком диапазоне свойств нефтей можно применять полученные автором результаты.

2. В работе недостаточно раскрыт вопрос методологии приготовления смесей нефти и диоксида углерода. Между тем, этот вопрос имеет первостепенное значение в плане приготовления смеси к равновесному состоянию для дальнейшего исследования.

3. В тексте диссертации не приведены сведения о промысловом внедрении результатов работы, они упоминаются в автореферате (стр.5). Приведенный объем сведений о промысловом внедрении результатов исследований следует дополнить.»

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ, в том числе:

-в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций – 8 работ;

- в зарубежных научных изданиях, индексируемых в Scopus – 1 работа.

**В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.**

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

Лобанов, А.А. Особенности взаимодействия сжиженного углекислого газа с высоковязкой нефтью. Часть I: Объемное и фазовое поведение смесей // Лобанов А.А., Щеколдин К.А., Звонков М.А., Хлань М.В., Пустова Е.Ю., Коваленко В.А., Стручков И.А., Золотухин А.Б. // Нефтепромысловое дело. – 2018. – №4. – С. 24-30.

В статье опубликованы основные результаты глав 2, 3, 4, 5; раскрыта научная новизна 2 «Получены новые сведения об объемном и фазовом поведении системы «пластовая высоковязкая нефть – жидкий углекислый газ» и свойствах фаз в процессах несмешивающегося взаимодействия. Показано, что изменение свойств фаз определяется

динамикой экстракции компонентов нефти в жидкую углекислоту и имеет нелинейный характер при различных ее концентрациях».

Лобанов, А.А. Особенности взаимодействия сжиженного углекислого газа с высоковязкой нефтью. Часть II: Свойства фаз // Лобанов А.А., Щеколдин К.А., Звонков М.А., Хлань М.В., Пустова Е.Ю., Коваленко В.А., Стручков И.А., Золотухин А.Б. // Нефтепромысловое дело. – 2018. – №5. – С. 47-53.

В статье опубликованы основные результаты глав 2, 3, 4, 5; раскрыта научная новизна 2 «Получены новые сведения об объемном и фазовом поведении системы «пластовая высоковязкая нефть – жидкий углекислый газ» и свойствах фаз в процессах несмешивающегося взаимодействия. Показано, что изменение свойств фаз определяется динамикой экстракции компонентов нефти в жидкую углекислоту и имеет нелинейный характер при различных ее концентрациях».

Лобанов, А.А. Особенности взаимодействия сжиженного углекислого газа с высоковязкой нефтью. Часть III: Седimentация сложных структурных единиц системы // Лобанов А.А., Щеколдин К.А., Звонков М.А., Хлань М.В., Пустова Е.Ю., Коваленко В.А., Ладесов А.В., Стручков И.А., Золотухин А.Б. // Нефтепромысловое дело. – 2018. – №6. – С. 21-30.

В статье опубликованы основные результаты глав 2, 3, 4, 5; раскрыта научная новизна 1 «Получены новые сведения о массообмене между пластовой высоковязкой нефтью и жидкой углекислотой. Доказана возможность экстрагирования асфальто-смолистых веществ жидкой углекислотой. Экспериментально доказана возможность участия углекислотной фазы в выпадении асфальто-смоло-парафиновых веществ».

Лобанов, А.А. Особенности взаимодействия сжиженного углекислого газа с высоковязкой нефтью. Часть IV: Седimentация сложных структурных единиц тяжелой фазы // Лобанов А.А., Щеколдин К.А., Звонков М.А., Хлань М.В., Пустова Е.Ю., Коваленко В.А., Золотухин А.Б. // Нефтепромысловое дело. – 2018. – №7. – С. 29-39.

В статье опубликованы основные результаты глав 2, 3, 4, 5; раскрыта научная новизна 3 «Описан механизм седimentации асфальто-смоло-парафиновых веществ в процессах несмешивающегося взаимодействия пластовой высоковязкой нефти и жидкой углекислоты».

На диссертацию и автореферат Лобанова А.А. в диссертационный совет поступило 8 отзывов, в том числе, 2 отзыва от официальных оппонентов. **Все отзывы положительные, есть замечания и пожелания:**

1. Отзыв официального оппонента, доцента, профессора кафедры Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт» **доктора технических наук Гуськовой Ирины Алексеевны**. В замечаниях к работе отмечается, что: (1) В названии диссертации фигурирует фраза «для обоснования технологии циклического воздействия углекислотой с целью увеличения нефтеотдачи», однако автором не проведены необходимые для полноценного обоснования опыты вытеснения – на керновом материале, либо в тонкой трубке. В практической значимости не отражены основные технологические характеристики процесса; (2) Для исследований используется нефть, отобранная из одной скважины. Приготовление рекомбинированных проб нефти может вносить существенные погрешности в полученные результаты. Не представлены сведения об обводненности отобранной пробы, геолого-технологических характеристиках скважины, из которой отбирались пробы; (3) Отсутствует подробное описание и графическое отражение результатов реологических исследований. Из представленных графиков (рис. 39, 40) видно, что при исследуемых температурах расхождение реологических кривых течения, полученных для прямого и обратного хода вискозиметра практически отсутствует и (на графиках обратный ход обозначен пунктиром) утверждение о склонности рассматриваемой жидкости к структурообразованию при данных температурах не вполне обосновано. Возможно, интервал исследованных скоростей сдвига необходимо было расширить; (4) Неясно, насколько универсальны полученные автором экспериментальные зависимости. Использование для исследований проб нефти, отобранных из скважин других участков залежи, позволит получить статистически более значимые результаты.

2. Отзыв официального оппонента, доцента кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» **кандидата технических наук Дуркина Сергея Михайловича**. В замечаниях к работе отмечается отсутствие кратких выводов в конце каждой главы, что позволило бы четко структурировать полученные результаты. Для большей наглядности и логичности полученных выводов необходимо было результаты стандартных PVT исследований представить во второй главе, т.е. перед результатами специальных исследований. В работе недостаточно полно описана методика проведения эксперимента, в частности, отсутствуют критерии, по которым достигается полное смешение углекислоты с нефтью, например, достижение постоянного уровня вязкости при различных концентрациях. Отсутствуют результаты термогидродинамических расчетов смешения и вытеснения в поровом пространстве

залежи с помощью численного симулятора для обоснования применения оптимальной концентрации CO<sub>2</sub>, а также циклов закачки, пропитки и отбора продукции скважин.

3. Профессора кафедры физической и коллоидной химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», **доктора технических наук Сафиевой Равили Загидулловны**. В качестве замечания отмечается отсутствие в работе сведений об особенностях промысловой реализации закачки углекислого газа на рассматриваемом месторождении.

4. Главного научного сотрудника, заведующего лабораторией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН), **доктора технических наук, профессора РАН Индрупского Ильи Михайловича**. Отмечается, что в автореферате уделено мало внимания приведенному автором анализу в отношении технологии циклического воздействия жидким CO<sub>2</sub>, который представляет интерес в теоретическом и практическом плане.

5. Главного специалиста Центра физико-химических и газовых МУН АО «ВНИИнефть», **кандидата технических наук Ненартович Татьяны Львовны**. Замечания отсутствуют.

6. Ведущего специалиста Управления ГРМ новых и зарубежных активов ООО «Тюменский нефтяной научный центр», **кандидата технических наук Стручкова Ивана Александровича**. В качестве замечания отмечается недостаточность описания технологии циклического воздействия углекислотой на пласт.

7. Доцента кафедры бурения скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», **кандидата технических наук доцента Дорфмана Михаила Борисовича**. Отмечается, что в работе недостаточно рассмотрен вопрос о том, как описанное объемное поведение фаз будет влиять на эффективность выработки запасов после закачки углекислоты.

8. Заведующего лабораторией исследования пластовых флюидов ООО «РН-БашНИПИнефть», **кандидата химических наук Бикмеева Дениса Минигаяновича**. Отмечается: (1) Недостаточно много внимания уделено в работе практической стороне проведения экспериментов – что касается вопросов приготовления рекомбинированных проб, так и вопросов, касающихся установления равновесия при

смешении двух фаз; (2) Судя по автореферату, автором проведено исследование только для проб одного месторождения, одной скважины и одного пласта. Для обобщения полученных результатов необходимо расширить исследования на большее количество объектов; (3) Автором выносятся некоторые рекомендации для обоснования технологической циклической закачки углекислого газа в пласт. Тем не менее, для решения этих задач необходимо также было бы провести исследования по вытеснению с использованием кернового материала.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организацией обосновывается:

1) Широкой известностью официальных оппонентов своими достижениями в отрасли и наличием публикаций в соответствующей сфере исследования.

2) Общепризнанным авторитетом и широкой известностью ведущей организации, АО «ВНИИнефть», своими достижениями в области исследований пластовых флюидов и газовых методов увеличения нефтеотдачи пласта. АО «ВНИИнефть» является разработчиком основных стандартов и методик в области исследований пластовых флюидов, многие из которых использовались в работе автора. По всем вопросам, затрагиваемым в диссертации, АО «ВНИИнефть» известна своими научными школами, известные такими видными специалистами, как А.Ю. Намиот, В.Г. Скрипка, Г.С. Степанова, М.Л. Сургучев, М.Д. Розенберг, С.А. Кундин, Г.Ф. Требин, К.Д. Ашмян, Т.Л. Ненартович, А.М. Петраков, Ю.А. Егоров и многие другие. Среди опубликованных трудов достаточно назвать такие, как «Газовые и водогазовые методы воздействия на нефтяные пласты» Г.С. Степановой, «Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов» М.Л. Сургучева, «Многофазная многокомпонентная фильтрация при добыче нефти и газа» М.Д. Розенберга и С.А. Кундина. АО «ВНИИнефть» непрерывно публикует результаты своих исследований в ведущих профильных научно-технических журналах. Среди последних работ можно привести:

- Петраков А.М., Егоров Ю.А., Ненартович Т.Л. Системно-методические аспекты физического моделирования газового и водогазового воздействия на нефтяной пласт. Нефтяное хозяйство. – 2018. - №9 – С. 68-72.

- Никитина Е.А., Толоконский С.И., Щеколдин К.А. Анализ результатов лабораторных исследований и промысловых работ по применению термогазового метода увеличения нефтеотдачи. Нефтяное хозяйство. – 2018. - №9. – С. 62-67.

- Сабанчин И.В., Титов Р.В., Петраков А.М., Егоров Ю.А., Лебедев И.А., Ненартович Т.Л., Старковский В.А. Физическое моделирование режимов газового

воздействия на нефтегазоконденсатных месторождениях Восточной Сибири. Нефтяное хозяйство. – 2017. - №6. – С. 92-96

- Петраков А.М., Егоров Ю.А., Лебедев И.А., Ненартович Т.Л., Старковский В.А. Методические особенности проведения экспериментальных исследований по вытеснению нефти газовым и водогазовым воздействием. Нефтяное хозяйство. – 2016. - №2. – С. 60-64.

- Габсия Б.К., Никитина И.Н. Особенности моделирования углеводородной фазы в фильтрационных экспериментах. Нефтяное хозяйство. – 2016. - №2. – С. 44-46.

- Петраков А.М., Егоров Ю.А., Ненартович Т.Л. Экспериментальное исследование процесса вытеснения нефти при закачке газа в пласт. Нефтяное хозяйство. – 2013. - №8. – С.24-26.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Разработаны новые экспериментальные методики**, позволившие описать качественно новые закономерности седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ при взаимодействии пластовой нефти и жидкого углекислого газа:

- гравиметрического анализа седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ в двухфазных жидко-жидкостных системах;
- визуального анализа седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ в однофазных пластовых флюидах.

**Предложены оригинальные суждения** по описанию влияния массообмена на физико-химические свойства фаз нефтяного и углекислотного флюида в двухфазной жидко-жидкостной области; по описанию механизма седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ при несмешивающемся взаимодействии высоковязкой пластовой нефти и жидкого углекислого газа, а также выработке на этой основе критериев подбора стабилизаторов асфальто-смоло-парафиновых веществ; по предложению использования деасфальтизированной нефти в качестве как стабилизатора асфальто-смоло-парафиновых веществ, так и продавочной жидкости углекислотных оторочек для минимизации рисков образования отложений в пласте.

**Доказана возможность** экстрагирования асфальто-смолистых веществ жидкой углекислотой в пластовых условиях и дальнейшего участия углекислотной фазы в выпадении асфальто-смоло-парафиновых веществ. Получены новые сведения о **закономерностях** объемного и фазового поведения системы «пластовая высоковязкая нефть – жидкий углекислый газ» и физико-химических свойствах фаз в процессах несмешивающегося взаимодействия. **Доказана зависимость** свойств рассматриваемых

фаз в двухфазной зоне от экстракции компонентов нефти в жидкую углекислоту и их нелинейный характер при различных концентрациях последней. На основании экспериментальных данных сделаны прогнозы о возможных осложнениях при реализации углекислотных методов увеличения нефтеотдачи.

**Введены новые термины** для обозначения методов термодинамических исследований взаимодействия пластовых флюидов и реагентов увеличения нефтеотдачи: **однократное смешение** для обозначения процесса взаимодействия «свежих» порций пластовой нефти и реагента метода увеличения нефтеотдачи; **многократное смешение** для обозначения взаимодействия «свежих» флюидов и уже провзаимодействовавших фаз (прямые и обратные эксперименты смешения).

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**Доказаны новые подходы, позволившие создать методики** исследования процесса седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ в двухфазных жидко-жидкостных системах для описания выпадения тяжелых фракций нефти в двух процессах: (а) изотермического снижения давления и (б) сепарации флюида, что расширяет границы существующих подходов при исследовании процесса выпадения асфальто-смоло-парафиновых веществ на всем пути движения флюида от забоя скважины до сепаратора. Выявленные особенности, в частности, фазового, объемного и реологического поведения флюидов, распределения компонентов между фазами, динамики выпадения асфальто-смоло-парафиновых веществ использованы **в практике** прогнозирования осложнений от реализации технологии циклической закачки углекислого газа.

**Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы** термодинамического анализа, исследования фазового поведения парафинов и асфальтенов пластовых флюидов (микроскопия высокого давления, фотометрия, гравиметрический анализ), реологического, физико-химического, хроматографического анализов и ИК-Фурье спектроскопии.

**Изложены предложенные автором положения** по основным закономерностям массообмена в системах «пластовая высоковязкая нефть – жидкая углекислота» (нелинейная зависимость экстракции компонентов от объема углекислоты, побывавшей в контакте с нефтью) и его влиянию на физико-химические параметры фаз и процессы седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ (экспоненциальный рост вязкости в двухфазной области, интервалы набухания – усадки нефти, интервалы затухания-интенсификации выпадения твердых частиц).

**Раскрыты проблемы** слабой изученности исследуемых процессов предыдущими исследователями. В работе отмечается:

- ограниченность информации по свойствам совместно сосуществующих жидких фаз нефти и углекислоты в двухфазной области;
- ограниченность информации по фазовому поведению пластовых нефтей с высоким содержанием асфальтенов и смол «in situ» (в пласте);
- слабая изученность возможности экстрагирования асфальто-смолистых веществ в жидкую углекислотную фазу;
- слабая изученность влияния углекислоты на вязкоупругие структурные сетки пластовых высоковязких нефтей.

**Изучена взаимосвязь** процессов массообмена между фазами и выпадения асфальто-смоло-парафиновых веществ при несмешивающемся взаимодействии высоковязкой нефти и жидкого углекислого газа. Это позволило сформулировать критерии подбора стабилизаторов асфальто-смоло-парафиновых веществ и впервые обратить внимание на необходимость учета вклада углекислотных фаз в процесс выпадения тяжелых соединений.

**Проведена модернизация существующих методов исследований:**

А) Гравиметрического анализа выпадения асфальтенов в однофазном флюиде: предложена схема проведения анализа для случаев двухфазных жидко-жидкостных систем и методика учета вклада каждой из фаз при расчете материального баланса системы;

Б) Визуального анализа седиментации асфальтенов, заключающегося в наблюдении за седиментацией частиц в вертикально ориентированных визуальных ячейках и расчете седиментации с использованием закона Стокса.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**Разработаны и внедрены** на базе Инновационно-технологического центра арктических нефтегазовых лабораторных исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова методика проведения исследований фазового поведения асфальтенов и парафинов и методика исследований взаимодействия пластовых нефтей и реагентов увеличения нефтеотдачи пластов для существующего лабораторного оборудования (установки PVT 3000-L Chandler Engineering, AWAI-1000 Sanchez Technologies). Методики прошли апробацию при ведении хозяйственной деятельности по исследованию пластовых флюидов с ведущими российскими и международными нефтегазовыми компаниями и научно-исследовательскими

организациями. Результаты диссертационного исследования внедрены в программы преподавания кафедры бурения скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений САФУ. **Представлена справка о внедрении** результатов диссертационного исследования от АО «РИТЭК».

**Определены пределы и перспективы** практического использования предлагаемых методик. Так, предложенный визуальный метод анализа седиментации частиц применим лишь в вертикально ориентированных визуальных ячейках и для размеров частиц в интервале от 1 до 20 мкм; гравиметрический анализ применим лишь для сосудов равновесия объемом не менее 400 мл. Проведен анализ влияющих факторов и источников погрешностей в методиках расчета.

**Создана модель эффективного применения знаний** о физико-химических процессах взаимодействия пластовой нефти и жидкого углекислого газа в целях применения при:

- разработке методик исследований этих процессов;
- прогнозе осложнений от реализации технологии углекислотного Huff and Puff.

**Представлены методические рекомендации** по проведению исследований седиментации асфальто-смоло-парафиновых веществ в процессах взаимодействия пластовой высоковязкой нефти и углекислого газа, а также по дальнейшему развитию этих исследований, заключающемуся в исследовании влияния и учете факторов, вносящих погрешности в предлагаемые методики.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**Для экспериментальных работ:** результаты получены в аккредитованной лаборатории, на современном высокотехнологичном сертифицированном оборудовании Инновационно-технологического центра арктических нефтегазовых лабораторных исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

**Теория построена** на известных, проверяемых данных предыдущих исследований по теме взаимодействия пластовых нефтей и углекислого газа. Изложенные автором концепции базируются на подходах школы изучения нефтяных дисперсных систем (З.И. Сюняев, Р.З. Сафиева, О. Mullins и др.). Проводимые расчеты основаны на методе материального баланса и законе Стокса.

**Идея базируется** на анализе и обобщении работ Баталина О.Ю., Брусиловского А.И., Желтова Ю.П., Намиота А.Ю., Сафиевой Р.З., Сюняева З.И., Штофа М.Д., Губанова В.Б., Ашмяна К.Д., Фаловского В.И., Райхмана Б.Н., Holm L.R.W., Gardner J.W., Orr F.M.,

Silva M.K., Montel F., Kokal S.L., Sim S.S.K. и других, а также на анализе практик исследований ведущих отечественных и зарубежных предприятий (Шлюмберже, Гипровостокнефть, ВНИИнефть, Total и др.)

**Использованы** сравнения полученных в работе данных с полученными и опубликованными в предшествующих экспериментальных и теоретических работах данными:

- Штоф М.Д., Райхман Б.Н., Фаловский В.И. К методике изучения механизма вытеснения нефти двуокисью углерода // Труды Гипровостокнефти. Куйбышев, 1985. С. 72–82;

- Li X., Li H., Yang D. Determination of Multiphase Boundaries and Swelling Factors of Solvent (s)–CO<sub>2</sub>–Heavy Oil Systems at High Pressures and Elevated Temperatures // Energy & fuels. 2013. Т. 27. № 3. С. 1293–1306.

- Orr F.M., Silva M.K., Lien C.L. Equilibrium phase compositions of CO<sub>2</sub>/crude oil mixtures. Part 2: comparison of continuous multiple-contact and slim-tube displacement tests // Soc. Pet. Eng. J. 1983. Т. 23. № 2. С. 281–291;

- Sim S.S.K. и др. Asphaltene-Induced Formation Damage: Effect of Asphaltene Particle Size and Core Permeability // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 9-12 October, Dallas, Texas. Society of Petroleum Engineers, 2005;

и других.

**Установлено качественное совпадение** полученных результатов с результатами, представленными в независимых источниках по тематике фазового поведения и агрегативной и кинетической устойчивости флюидов по отношению к асфальто-смоло-парафиновой фазе, закономерностям массообмена и изменения физико-химических свойств нефтей при взаимодействии с жидким углекислым газом:

- Штоф М.Д., Райхман Б.Н., Фаловский В.И. К методике изучения механизма вытеснения нефти двуокисью углерода // Труды Гипровостокнефти. Куйбышев, 1985. С. 72–82;

- Li X., Li H., Yang D. Determination of Multiphase Boundaries and Swelling Factors of Solvent (s)–CO<sub>2</sub>–Heavy Oil Systems at High Pressures and Elevated Temperatures // Energy & fuels. 2013. Т. 27. № 3. С. 1293–1306.

- Orr F.M., Silva M.K., Lien C.L. Equilibrium phase compositions of CO<sub>2</sub>/crude oil mixtures. Part 2: comparison of continuous multiple-contact and slim-tube displacement tests // Soc. Pet. Eng. J. 1983. Т. 23. № 2. С. 281–291;

- Sim S.S.K. и др. Asphaltene-Induced Formation Damage: Effect of Asphaltene Particle Size and Core Permeability // SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 9-12 October, Dallas, Texas. Society of Petroleum Engineers, 2005;

и других.

**Использованы современные методики** сбора и обработки исходной информации (ПО компании Sanchez Technologies для обработки изображений с микроскопа высокого давления, ПО для сбора PVT-данных от компаний Sanchez Technologies и Chandler Engineering).

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- выполнении анализа научно-технической литературы;
- разработке предлагаемых методик исследований;
- планировании, проведении, обработке и анализе результатов экспериментальных исследований. Все результаты, приведенные в работе, получены автором лично, либо при его непосредственном участии при проведении исследований и руководстве коллективом исследовательской лаборатории;
- обобщении и анализе полученных результатов;
- написании статей и апробации материалов на конференциях и семинарах.

На заседании 9 октября 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Лобанову Алексею Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук по специальности 25.00.17 - Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 0, недействительных бюллетеней – 13.

Дата составления заключения: 9 октября 2019 г.

**Заместитель председателя  
Диссертационного совета,  
доктор технических наук**

**Закиров Э.С.**

**Ученый секретарь  
Диссертационного совета,  
кандидат технических наук**

**Баганова М.Н.**