

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.15
по диссертации Калинина Станислава Александровича
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений принята к защите 11 октября 2022 г. (протокол заседания № 12) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.15, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 6 апреля 2022 г. №34-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым - четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. №1792-р.

Диссертация «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на базовой кафедре «Нефтегазовый инжиниринг».

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент, Морозюк Олег Александрович, эксперт Центра исследований кернa, ООО «ТННЦ», г. Тюмень.

Официальные оппоненты:

1. Мулявин Семен Федорович, доктор технических наук (25.00.17 (2.8.4) – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), доцент, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

2. Гуськова Ирина Алексеевна, доктор технических наук (25.00.17 (2.8.4) – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений), доцент, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук (ИХН СО РАН) (г. Томск). Отзыв ведущей организации утвержден исполняющим обязанности директора ИХН СО РАН, доктором химических наук, профессором Восмериковым Александром Владимировичем, заслушан на заседании лаборатории коллоидной химии нефти ИХН СО РАН (протокол № 2 от 15 октября 2022 г.) и подписан доктором технических наук, профессором, заслуженным деятелем науки РФ, заведующей лабораторией коллоидной химии нефти ИХН СО РАН – Алтуниной Любовью Константиновной и кандидатом химических наук, старшим научным сотрудником лаборатории коллоидной химии нефти ИХН СО РАН – Козловым Владимиром Валерьевичем.

По теме диссертации соискателем опубликовано 5 научных работ, из них 4 работы в изданиях, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных для публикаций основных научных результатов диссертационных исследований на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, и 1 работа в издании, индексируемом в базе данных Scopus. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Экспериментальные исследования вытеснения высоковязкой нефти диоксидом углерода из карбонатных пород / О.А. Морозюк, Н.Н. Барковский, С.А. Калинин, А.В. Бондаренко, Д.В. Андреев // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2019. – № 6. – С. 51–56. (6 стр. / авторские 5 стр.) (перечень ВАК)

В статье соискателем выполнены фильтрационные эксперименты на составных керновых моделях пласта по вытеснению сверхвязкой нефти диоксидом углерода. Анализ результатов исследований, выполненный соискателем, позволил установить, что вытеснение сверхвязкой нефти диоксидом углерода из матрицы малоэффективно без предварительного прогрева.

2. Калинин С.А., Морозюк О.А. Разработка месторождений высоковязкой нефти в карбонатных коллекторах с использованием диоксида углерода. Анализ мирового опыта / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2019. – Т.19. – №4. – С. 373–387. (15 стр. / авторские 10 стр.) (перечень ВАК)

Соискателем выполнен обзор и анализ работ, посвященных применению диоксида углерода в качестве агента воздействия на залежи сверхвязкой нефти в карбонатных залежах с геолого-физическими характеристиками близкими к характеристикам пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения. Анализ результатов закачки CO₂ на месторождениях-аналогах, показал, что несмешивающееся вытеснение сверхвязкой нефти диоксидом углерода в условиях пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения может позволить повысить показатели ее разработки.

3. Kalinin S. A., Morozuyk O.A., Kosterin K.S. Experimental Study of Heavy Oil Displacement by Carbon Dioxide on Carbonated Cores (Russian) // SPE Russian Petroleum Technology Conference. – Society of Petroleum Engineers, 2020. (8 стр. / авторские 5 стр.) (индексируется в Scopus)

Соискателем выполнен комплекс экспериментальных исследований с целью изучения возможности повышения эффективности вытеснения сверхвязкой нефти из карбонатного коллектора при закачке диоксида углерода. На основе серии фильтрационных экспериментов установлено, что предварительный прогрев необходим для эффективного воздействия диоксидом углерода на матрицу, насыщенную сверхвязкой нефтью. На основе выполненного соискателем анализа результатов экспериментов сделан вывод о существовании оптимальных параметров комбинированного воздействия.

4. С.А. Калинин, О.А. Морозюк Лабораторные исследования карбонатных коллекторов месторождений высоковязкой нефти с использованием диоксида углерода / Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Недропользование. – 2020. – Т.20. – №4. – С. 369–385. (17 стр. / авторские 15 стр.) (перечень ВАК)

В статье соискателем предложен алгоритм лабораторных исследований, минимально необходимых для изучения технологий воздействия на пласт теплоносителями и газами. Описывается лабораторно-методический комплекс и предлагаются методические и технико-технологические решения, разработанные соискателем, для выполнения экспериментальных исследований технологий воздействия на пласт теплоносителем и газами.

5. Результаты лабораторных исследований влияния диоксида углерода на разработку пермокарбоневой залежи Усинского месторождения / С.А. Калинин, О.А. Морозюк, К.С. Костерин, С.П. Подойницын // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. – 2021. – Т. 21. – №1. – С. 28–35. (8 стр. / авторские 5 стр.) (перечень ВАК)

Соискателем, с применением метода slim-tube, экспериментально изучены особенности взаимодействия сверхвязкой нефти пермо-карбоневой залежи Усинского месторождения и диоксида углерода при их фильтрации в

пористой среде. Соискателем также описаны методические особенности выполнения подготовки к исследованиям смеси «сверхвязкая нефть – CO₂».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны методические приемы и усовершенствована техника и технология экспериментального изучения комбинированных методов извлечения сверхвязкой нефти, основанных на тепловом и газовом воздействии на пласт;

научно обоснована возможность повышения эффективности вытеснения сверхвязкой нефти из глубокозалегающей сложнопостроенной карбонатной залежи при комбинированном воздействии на пласт теплоносителем и диоксидом углерода;

разработана экспресс-методика, основанная на результатах лабораторных и численных экспериментов на линейных моделях пласта, позволяющая определить условия, при которых комбинированное воздействие на залежи сверхвязкой нефти будет иметь наилучшие технико-экономические показатели;

установлены условия, при которых достигаются наилучшие технико-экономические показатели комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода для пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

обоснована возможность повышения эффективности вытеснения сверхвязкой нефти из глубокозалегающих сложнопостроенных карбонатных залежей путем комбинированного воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода;

разработана экспресс-методика, позволяющая определить условия, при которых реализация комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода на залежах сверхвязких нефтей будет иметь наилучшие технико-экономические показатели.

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

разработаны методические приемы и технико-технологические решения для выполнения лабораторных исследований технологий воздействия на залежи сверхвязких нефтей теплоносителем и газовыми агентами;

разработана экспресс-методика определения условий комбинированного воздействия на основе экспериментов и гидродинамического моделирования, позволяющая сократить область поиска оптимального варианта и снизить трудозатраты на этапе выполнения технико-экономической оценки проекта;

установлены условия, при которых для пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения реализация комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода будет иметь наилучшие технико-экономические показатели.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

использованы результаты лабораторных исследований взаимодействия моделей сверхвязкой нефти и диоксида углерода и фильтрационных экспериментов по вытеснению модели сверхвязкой нефти чистым диоксидом углерода при различных температурах, проведенные на современном поверенном оборудовании с применением современных программно-вычислительных комплексов для гидродинамического моделирования;

изучены особенности взаимодействия сверхвязкой нефти и диоксида углерода при различных термобарических условиях в статическом и динамическом режимах, факторы повышения эффективности вытеснения сверхвязкой нефти диоксидом углерода при различных термобарических условиях на керновых моделях пласта;

применен комплексный подход при выполнении лабораторных исследований, включающий в себя как лабораторные эксперименты, так и

компьютерное гидродинамическое моделирование с применением современного программного комплекса.

Личный вклад соискателя состоит: в постановке цели и задач исследований, выполнении обзора и анализа литературных данных, планировании, постановке и проведении лабораторных экспериментов и численного гидродинамического моделирования, обработке и анализе экспериментальных данных, формулировке выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г.: в ней изложены разработанные методические приемы и технико-технологические решения для лабораторного изучения комбинированного воздействия на залежи сверхвязких нефтей теплоносителем и диоксидом углерода. Научно обоснована возможность повышения эффективности вытеснения сверхвязкой нефти из глубокозалегающей сложнопостроенной карбонатной залежи за счет комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода. Разработана экспресс-методика, которая на основе экспериментов и численного компьютерного моделирования позволяет определить условия, при которых комбинированное воздействие на пласт теплоносителем и диоксидом углерода характеризуется наилучшими технико-экономическими показателями. Для пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения наилучшие технико-экономические показатели комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода достигаются при температуре 65 °С и массовом соотношении CO₂ / пар 0,55.

На заседании 13 декабря 2022 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.15 принял решение присудить **Калинину Станиславу**

