

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

Пермского национального

исследовательского политехнического

цент

зейкин А.И.

_____ 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» выполнена на базовой кафедре «Нефтегазовый инжиниринг» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

В период подготовки диссертации соискатель **Калинин Станислав Александрович** работал в должности инженера 2 категории (2017-2019 гг.), ведущего инженера (2019-2020 гг.), главного специалиста (2020-2021 гг.) и начальника (с 2021 г.) отдела исследований тепловых методов воздействия на пласт Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми.

В 2013 году Калинин С.А. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «УГТУ») по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» с присуждением квалификации «Инженер».

30 августа 2013 года был зачислен в аспирантуру ФГБОУ ВПО «УГТУ» на заочную форму обучения на внебюджетной основе по специальности 25.00.17 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений». Переведен на очную форму обучения с 01.01.2015. Отчислен 31.12.2016 в связи с окончанием срока обучения. Прикреплен к ФГБОУ ВПО «УГТУ» в качестве экстерна для сдачи кандидатских экзаменов с 23.09.2020. С 01.10.2021 прикреплен к базовой кафедре «Нефтегазовый инжиниринг» ПНИПУ для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Морозюк Олег Александрович, работает экспертом Центра исследований керна в обществе с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр».

По итогам обсуждения представленной работы принято следующее заключение:

1. Представленная Калининым Станиславом Александровичем диссертация посвящена экспериментальному обоснованию эффективности разработки глубокозалегающих сложнопостроенных карбонатных залежей сверхвязкой нефти (СВН) путем комбинированного воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода.

2. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- выполнен анализ и обобщение отечественного и зарубежного опыта в области лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний технологий повышения нефтеотдачи с применением диоксида углерода для условий залежей СВН в карбонатных коллекторах;

- предложены методические и технико-технологические решения по выполнению экспериментальных исследований технологий воздействия на залежи СВН теплоносителем и диоксидом углерода;

- выполнена постановка экспериментов и разработана программа комплексных лабораторных исследований технологии комбинированного воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода;

- предложена методология экспериментальных исследований технологии комбинированного воздействия на пласт теплоносителями и газами, разработанная на основе обзора литературных данных и результатов исследований, выполненных автором;

- при непосредственном участии автора выполнены комплексные лабораторные исследования технологии комбинированного воздействия на пласт СВН теплоносителем и диоксидом углерода для условий пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения;

- проанализированы и интерпретированы результаты лабораторных исследований с целью выявления возможности повышения эффективности разработки залежей СВН;

- разработана экспресс-методика определения оптимальных параметров комбинированного воздействия на пласт СВН теплоносителем и диоксидом углерода;

- установлены оптимальные параметры комбинированного воздействия на пласт СВН теплоносителем и диоксидом углерода на примере пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения.

3. Научная новизна диссертационного исследования

- Предложены методология, методические, технические и технологические решения для экспериментального изучения технологий извлечения СВН, основанных на тепловом и газовом воздействии на пласт.

- Для условий трещиновато-порово-кавернозного коллектора с низкой пластовой температурой, насыщенного СВН, экспериментально обоснована возможность повышения эффективности его разработки при комбинированном воздействии на пласт теплоносителем и диоксидом углерода за счет вовлечения в более активную разработку матричной зоны пласта.

- Предложена методика определения оптимальных параметров реализации комбинированного воздействия на залежи СВН, основанная на комплексировании лабораторных исследований с использованием линейных моделей пласта и численного гидродинамического моделирования.

- Для условий пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения СВН установлены оптимальные параметры, при которых достигается наибольшая эффективность комбинированного воздействия теплоносителем и диоксидом углерода.

4. Степень достоверности результатов проведённых исследований обусловлена применением реального kernового материала и близких по физико-химическим свойствам моделей пластовых флюидов при выполнении экспериментальных исследований, результаты которых хорошо соотносятся с результатами численного моделирования в специализированном программно-вычислительном комплексе. Кроме того, результаты исследований по мере их получения докладывались и обсуждались автором на различных научно-технических конференциях и семинарах.

5. Практическая значимость исследования заключается в обосновании возможности повышения эффективности извлечения СВН за счет применения комбинированных методов воздействия на пласт с использованием теплоносителя и диоксида углерода для условий пермо-карбоновой залежи Усинского месторождения. Предложенные автором методологические, методические и технико-технологические решения внедрены в практику Центра исследования керна и пластовых флюидов Филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми и используются при выполнении научно-исследовательских работ, направленных на лабораторное сопровождение проектов разработки трудноизвлекаемых запасов, газовых МУН и декарбонизации. Результаты исследований могут быть использованы для выполнения технико-экономической оценки (ТЭО) и опытно-промышленных испытаний комбинированного воздействия на залежах СВН. Экспресс методика определения оптимальных параметров комбинированного воздействия на основе фильтрационных экспериментов и численного моделирования позволяет снизить неопределенность на этапе выполнения ТЭО проекта и сократить трудозатраты при выборе оптимального варианта реализации проекта.

6. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем: содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 5 научных работах, 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:

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)**

Соискателем экспериментально изучено влияние термобарических условий на эффективность вытеснения сверхвязкой нефти диоксидом углерода из матричной части

карбонатного пласта. Установлено повышение эффективности вытеснения высоковязкой нефти диоксидом углерода из матричной части пласта при увеличении температуры.

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)**

На основе анализа результатов закачки CO₂ на месторождениях-аналогах, показано, что несмешивающееся вытеснение высоковязкой нефти диоксидом углерода в условиях пермокарбонатовой залежи Усинского месторождения может позволить повысить темп и полноту извлечения нефти.

Переводная версия:

Kalinin S.A., Morozuyk O.A. Razrabotka mestorozhdenij vysokovязкой нефти v karbonatnyh kollektorah s ispol'zovaniem dioksida ugleroda. Analiz mirovogo opyta [Development of high viscosity oil fields in carbonate collectors using carbon dioxide. Analysis of world experience]/ Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering. 2019. T.19, No4. pp. 373–387. In Eng

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)**

Приведены результаты комплексных экспериментальных исследований с целью оценки возможности повышения эффективности извлечения сверхвязкой нефти из карбонатного коллектора при закачке диоксида углерода. Показано, что предварительный прогрев необходим для эффективного воздействия диоксидом углерода. На основе результатов экспериментов сделан вывод о существовании оптимальных параметров комбинированного воздействия.

Переводная версия:

Kalinin S. A., Morozuyk O.A., Kosterin K.S. Experimental Study of Heavy Oil Displacement by Carbon Dioxide on Carbonated Cores //SPE Russian Petroleum Technology Conference. – Society of Petroleum Engineers, 2020. In Eng

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 приводится описание предлагаемой автором методологии лабораторных исследований технологий воздействия на пласт теплоносителями и газами. Описывается лабораторно-методический комплекс и приводится ряд методических и технико-технологических решений, предложенных автором и используемых при выполнении экспериментальных исследований технологий воздействия на пласт теплоносителями и газами.

Переводная версия:

S.A. Kalinin, O.A. Morozuyk Laboratornye issledovaniya karbonatnyh kollektorov mestorozhdenij vysokovязкой нефти s ispol'zovaniem dioksida ugleroda [Laboratory Studies of Carbonate Reservoirs in High-Viscosity Oil Fields using Carbon Dioxide] / Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering. 2020. T.20. №4. S.369–385. In Eng

5. Результаты лабораторных исследований влияния диоксида углерода на разработку пермокарбонатовой 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 экспериментально изучены особенности взаимодействия сверхвязкой нефти пермо-карбонистой залежи Усинского месторождения и диоксида углерода при их фильтрации в пористой среде. Описаны методические особенности выполнения подготовки к исследованиям смеси «сверхвязкая нефть – CO₂».

Переводная версия:

Kalinin S.A., Morozyuk O.A., Kosterin K.S., Podoinitsyn S.P. Rezul'taty laboratornyh issledovanij vlijaniya dioksida ugleroda na razrabotku permokarbonovoj zalezhi Usinskogo mestorozhdenija [Laboratory Results of the Influence of Carbon Dioxide on the Development of the Permo-Carboniferous Reservoir of the Usinskoe Deposit] Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering. 2021. Vol.21, no.1. P.28-35. In Eng

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

Представленная Калининым Станиславом Александровичем диссертационная работа «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» соответствует паспорту научной специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», а именно:

п.2 – «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.3 – «Научные аспекты и средства обеспечения системного комплексного (мультидисциплинарного) проектирования и мониторинга процессов разработки месторождений углеводородов, эксплуатации подземных хранилищ газа, создаваемых в истощенных месторождениях и водонасыщенных пластах с целью рационального недропользования».

8. Диссертационная работа Калинина Станислава Александровича «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» отвечает всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. (в редакциях № 335 от 21.04.2016 и №1168 от 12.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор, Калинин С.А., корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных лично или в соавторстве.

Диссертация «Повышение эффективности извлечения сверхвязкой нефти путем воздействия на пласт теплоносителем и диоксидом углерода» Калинина Станислава Александровича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Заключение принято на заседании базовой кафедры «Нефтегазовый инжиниринг» федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» 23 августа 2022 г. (протокол №БК-8). Присутствовало на заседании 8 чел. Результаты голосования «за» - 8 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.

Заведующий базовой кафедрой
«Нефтегазовый инжиниринг»,
Советник генерального директора
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»,
канд. геол.-мин. наук

Лядова Н.А.

Секретарь кафедры
«Нефтегазовый инжиниринг»

Мелюхина О.А.