

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.419.03, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 17.03.2022 № 9

О присуждении Хайруллину Азату Амировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование модели двухфазного непоршневого вытеснения нефти водой» по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки) принята к защите 09 декабря 2021 года (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.419.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 625000, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38, приказ о создании №136/нк от 15 февраля 2019 года.

Соискатель Хайруллин Азат Амирович, 14 сентября 1988 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил ГОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

В 2014 году Хайруллин А.А. окончил аспирантуру при ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет» по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Работает с 2013 года по настоящее время ассистентом кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» в ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент, Стрекалов Александр Владимирович, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Экспертно-аналитическое управление, Экспертный отдел, старший эксперт.

Официальные оппоненты:

Путилов Иван Сергеевич, доктор технических наук, доцент, ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Филиал «ПермНИПИнефть», заместитель директора филиала по научной работе в области геологии (г. Пермь);

Насыбуллин Арслан Валерьевич, доктор технических наук, профессор, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный нефтяной институт», кафедра «Разработка и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений», заведующий кафедрой (г. Альметьевск), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа), в своем положительном отзыве, подписанном Котенёвым Юрием Алексеевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений» и утвержденном Рабаевым Русланом Ураловичем, кандидатом технических наук, доцентом, проректором по научной и инновационной работе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» указала, что: «Диссертационная работа Хайруллина Азата Амировича на тему «Разработка

и исследование модели двухфазного непоршневого вытеснения нефти водой» является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные решения по оценке эффективности процесса заводнения и прогнозированию основных показателей разработки нефтяных месторождений, имеющая существенное значение для развития нефтегазовой отрасли страны.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает критериям п.п. 9-14, установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.».

Соискатель имеет 93 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях ВАК опубликовано 5 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, включающие научные статьи, свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и патент. Общий объем опубликованных научных изданий составляет 5,5 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Хайруллин Аз. Ам. Аппроксимация относительных фазовых проницаемостей кубической параболой / С. И. Грачев, Ам. Ат. Хайруллин, Аз. Ам. Хайруллин // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2012. – № 2. – С. 37–43. (авторское участие 50 %).

2. Хайруллин Аз. Ам. Метод Грачева-Хайруллина для аппроксимации относительной фазовой проницаемости / С. И. Грачев, Ам. Ат. Хайруллин, Аз. Ам. Хайруллин // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2013. – № 5. – С. 152-159. (авторское участие 50 %).

3. Хайруллин Аз. Ам. Новая модель двухфазного непоршневого вытеснения нефти водой / С. И. Грачев, Ам. Ат. Хайруллин,

Аз. Ам. Хайруллин // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2013. – № 5. – С. 160-169. (авторское участие 50 %).

4. Хайруллин Аз. Ам. Аппроксимация производной функции Баклея-Левретта / Аз. Ам. Хайруллин, С. И. Грачев, Ам. Ат. Хайруллин // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 2. – С. 44-48. (авторское участие 50 %).

5. Хайруллин Аз. Ам. Влияние закачки высокотемпературного агента на фазовые проницаемости продуктивного пласта / А. В. Стрекалов, Ам. Ат. Хайруллин, Аз. Ам. Хайруллин // Естественные и технические науки. 2019. – № 12. – С. 183-185. (авторское участие 50 %).

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов, все положительные от:

1. **Хижняка Григория Петровича**, д.т.н., доцента, и.о. заведующего кафедрой «Нефтегазовые технологии» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь). Замечания: 1) не отражен вопрос о границах применимости различных моделей и соответственно модифицированной модели Баклея-Левретта; 2) в автореферате не рассмотрен такой фактор как неоднородность пласта и каким образом она влияет на математическую модель.

2. **Тимчука Александра Станиславовича**, к.т.н., заместителя генерального директора по науке ФАУ «ЗапСибНИИГТ» (г. Тюмень). Замечание: 1) исследование процесса вытеснения исходит из того, что коллектор насыщен флюидом на 100%. Как изменится этот процесс, если предположить, что насыщение составит 60-80%?

3. **Дорфмана Михаила Борисовича**, к.т.н., доцента, доцента кафедры «Бурение скважин, разработка нефтяных и газовых месторождений», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Архангельск). Замечания: 1) предложенная автором методика описания ОФП с помощью кубических функций базируется на известных методиках экспериментального определения ОФП, большинство из которых основаны на подавлении концевых капиллярных эффектов, что приводит к созданию гидродинамической модели системы, отличной от

пластовой; 2) стандартные методы не предполагают измерения давления на границах рабочего участка в одной и той же фазе, тем самым в определение перепада давления вносится погрешность, равная величине капиллярного скачка. В этом случае соответствие получаемых результатов реальным характеристикам пластового процесса может быть не столь полным.

4. **Еленца Александра Александровича**, к.т.н., начальника отдела проектирования и мониторинга разработки Ватьеганского месторождения, Филиала ООО "ЛУКОЙЛ-Инжиниринг" "КогалымНИПИнефть" (г. Тюмень). Замечания: 1) в исследованиях не нашел отражения вопрос о взаимодействии между собой других элементов пласта (других ячеек) вокруг рассматриваемого; 2) как в существующие программные симуляторы добавить предлагаемые автором решения или подходы.

5. **Томского Кирилла Олеговича**, к.т.н., и.о. заведующего базовой кафедрой «Нефтегазовое дело»; **Краснова Ивана Игнатьевича**, к.т.н., доцента, доцента базовой кафедры «Нефтегазовое дело», ФГБОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммомова, (филиал) МПТИ (г. Мирный). Замечание: 1) в автореферате (стр. 17) на примере расчета по классической модели Баклея-Левретта и модифицированной доказывається утверждение о том, что введение скачка водонасыщенности на фронте вытеснения существенно снижает коэффициент вытеснения. При этом нет пояснения, почему так происходит и какова физическая основа этого процесса.

6. **Борховича Сергея Юрьевича**, к.т.н., заведующего кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ИНиГ им. М.С. Гуцериева ФГБОУ ВО «УдГУ» (г. Ижевск). Замечания: 1) неточность формулировки цели исследований. Применение разработанной модели позволяет повысить не эффективность системы заводнения нефтяных пластов, а эффективность прогноза соответствующих показателей разработки; 2) в материалы таблицы 1 желательно было добавить сведения о погрешности выполненных расчетов с применением разных моделей расчета ОФП.

7. **Нестеренко Александра Николаевича**, к.т.н., директора лабораторно-исследовательского центра ООО «НОВАТЭК НТЦ» (г. Тюмень). Замечания: 1) использование в качестве аппроксимирующей функции кубической параболы использовано ранее у ряда ученых (Горбунов А.Т.), предложенный метод аппроксимации ОФП имеет новизну лишь в части расчета коэффициентов; 2) из текста автореферата неясно – каким образом предложенная модель позволяет повысить коэффициент охвата пласта заводнением.

8. **Маракова Дениса Александровича**, к.т.н., доцента, доцента кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина» (г. Москва). Замечания: 1) рассмотренные автором изменения профилей распределения водонасыщенности в пласте получены в безразмерных величинах. Что будет, если перевести их в размерные величины?; 2) в качестве примера приведен участок Приобского месторождения. Чем был обусловлен выбор данного месторождения, какие будут результаты моделирования в месторождениях с подвижной газовой фазой?

9. **Буглова Николая Александровича**, к.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Нефтегазовое дело» и **Четвериковой Валентины Валерьевны**, к.г.-м.н., доцента, доцента кафедры «Нефтегазовое дело» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский университет» (г. Иркутск). Замечание: 1) следует отметить, на наш взгляд, возможную недоработку данной проблемы. Это – отсутствие ошибки аппроксимации при использовании кубического сплайна, как в сравнении использования функции Бакли-Левретта, так и представления лабораторных исследований.

10. **Спириной Оксаны Викторовны**, к.г.-м.н., директора департамента геолого-промысловых работ, ООО «СибГеоПроект» (г. Тюмень). Без замечаний.

11. **Печёрина Тимофея Николаевича**, к.т.н., старшего научного сотрудника отдела мониторинга разработки нефтяных месторождений,

Автономного учреждения «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана» (г. Тюмень). Без замечаний.

Выбор официального оппонента Путилова Ивана Сергеевича, доктора технических наук по специальности 25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений, доцента обосновывается тем, что он является общепризнанным высококвалифицированным специалистом в области обработки и интерпретации лабораторных физико-гидродинамических исследований керна, занимается созданием и оценкой качества геолого-гидродинамических моделей, а также эффективно выполняет и защищает работы по проектированию и совершенствованию систем разработки нефтяных месторождений. Путилов И. С. имеет более 70 научных публикаций, зарегистрированные патенты на изобретения, посвященные поиску структур перспективных для разбуривания и размещению скважин на основе многовариантных трехмерных геологических моделей.

Выбор официального оппонента Насыбуллина Арслана Валерьевича, доктора технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, профессора обосновывается тем, что он является известным высококвалифицированным специалистом в области оптимизации разработки нефтяных месторождений с использованием гидродинамических, аналитических и вероятностных моделей, а также изучения неоднородности пласта и неопределенности его геологического строения. Имеет научно-производственный стаж в нефтегазовой отрасли более 25 лет. В список научных трудов Насыбуллина А. В включено более 250 публикаций, в том числе 4 монографии, 38 патентов на изобретение РФ, 40 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Выбор ведущей организацией ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» обосновывается тем, что ВУЗ обладает широко известными научно-педагогическими кадрами в области разработки нефтегазовых месторождений, математического

моделирования многофазной фильтрации и исследования керна, наличием обширного штата высококвалифицированных научных сотрудников по специальности 25.00.17 (2.8.4.) – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, способных определить научную и практическую ценность и значимость рассматриваемой диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** модифицированная модель двухфазного непоршневого вытеснения, позволившая устранить неоднозначность в расположении координат насыщенности и получить монотонное распределение водонасыщенности от связанной до предельной;

- **разработана** новая методика построения зависимостей относительных фазовых проницаемости от остаточной нефтеводонасыщенности и максимальных фазовых проницаемости, позволившая повысить точность построения аппроксимирующей функции и согласованность расчетных и лабораторных данных;

- **создан** программный продукт «Фаза» для автоматизации расчета и построения относительных фазовых проницаемостей, включающий подбор искомых параметров за счет минимизации среднеквадратичного отклонения расчетных и результатов лабораторных экспериментов;

- **предложен** оригинальный подход к построению и обоснованию распределения насыщенностей нефти и воды в пласте, методом зеркального отображения соответствующей производной функции Бакли-Левретта для связанной (остаточной) водонасыщенности в начале границы вытеснения, который позволяет повысить достоверность расчетов по моделям двухфазного непоршневого вытеснения;

- **доказана** эффективность применения полинома третьей степени S-типа для описания изменения относительных фазовых проницаемостей, а также результативность модифицированной модели заводнения для построения аналитического решения и обоснования невыработанных запасов нефти;

- **введённых** новых понятий и терминов нет.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано** положение о необходимости учета максимальных и минимальных точек ОФП начала и окончания двухфазной фильтрации, в которых производная равна нулю, для сопоставления расчетных параметров фильтрации двухфазной смеси с результатами экспериментов на керне;

- **применительно к проблематике диссертации результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы существующие методы математического моделирования с учетом промысловых и лабораторных данных, проведены численные эксперименты для элемента реального пласта и флюидов с заданными фильтрационно-емкостными свойствами;

- **изложены** условия применимости модифицированной модели, приведены формулы для расчета распределения водонасыщенности при переходе из приведенных координат к прямоугольным для плоскопараллельной фильтрации, а также факторы, влияющие на достоверность получаемых результатов гидродинамического моделирования такие как – малая вязкость нефти, наличие активной системы поддержания пластового давления, отсутствие свободного газа;

- **раскрыта** проблематика неоднозначности в распределении фаз нефти и воды, решаемая введением математического приема «скачок насыщенности» на фронте заводнения, а также влияние указанного приема на результаты численного моделирования в симуляторе без введения дополнительных инструментов для настройки модели под историю разработки месторождения;

- **изучены** основные физические законы и математические модели (Дарси, Дюпюи, Бакли-Левретта, Рапопорта-Лиса), формирующие процесс двухфазной фильтрации, а также параметры (фазовые проницаемости, остаточные нефтеводонасыщенности, подвижные запасы, добыча и приемистость скважин), настраиваемые в математической модели и влияющие на прогнозные показатели разработки в случае ограниченной или

недостаточной исходной информации;

- **проведена модернизация** существующих алгоритмов и численных методов для построения модифицированной модели непоршневого вытеснения нефти водой (граница вытеснения совпадает с наименьшей подвижной насыщенностью), обеспечивающих получение новых результатов прогнозируемых дебитов нефти, обводненности, остаточных подвижных запасов.

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

- **разработана и внедрена** методика построения зависимостей относительных фазовых проницаемостей, используемая при контроле за разработкой нефтяного месторождения, а также разработана и апробирована модифицированная модель непоршневого вытеснения, позволяющая уточнить динамику технологических показателей и извлекаемых запасов нефтяных месторождений, а также разработаны мероприятия по совершенствованию системы поддержания пластового давления (акты внедрения ОАО «НижневартовскНИПИнефть» №36-2122 от 14.05.2014 г.; ООО «ТННЦ» от 9.02.2021 г.; ООО «Сиам Мастер» от 7.07.2021 г.);

- **определены** условия применимости модифицированной модели для месторождений, содержащих маловязкие нефти с пластовым давлением выше давления насыщения, и отражена перспектива использования полученных результатов диссертационной работы для терригенных коллекторов месторождений Западной Сибири;

- **создана** численная модель, с необходимой для практического применения достоверностью описывающая процесс фильтрации двух фаз в пласте и позволяющая обосновать наличие в межскважинном пространстве невыработанных запасов углеводородов;

- **представлены** рекомендации, направленные на повышение точности определения технологических показателей, в том числе при неполноте и/или неточности лабораторной и промысловой информации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ использовались данные, полученные на сертифицированном оборудовании по исследованию керна, а их дальнейшая обработка выполнена в разработанном программном продукте «Фаза» (свидетельство № 2013612933 РФ, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 04.06.2013);

- теория построена на проверяемых промысловых данных, фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными в трудах отечественных и зарубежных ученых А.П. Телкова, М. Маскета, И. Бакли, М. Леверетта, Ю.П. Желтова, А.Х. Мирзаджанзаде и др.;

- идея базируется на анализе лабораторных данных, проведении численного эксперимента – исследование характера взаимодействия воды и нефти при их совместной фильтрации с оценкой его влияния на выработку запасов нефти;

- использован сравнительный анализ авторских данных и данных, полученных ранее по исследованию относительных фазовых проницаемостей и процесса двухфазной фильтрации в работах А.П. Телкова, А.Н. Янина, А.Т. Горбунова, Г.Б. Кричлоу, Х.Л. Стоуна;

- установлено качественное совпадение (отклонение расчетных параметров не превышало 5% от фактических) авторских результатов с представленными фактическими промысловыми показателями разработки пластов АС₁₀₋₁₂ Приобского месторождения;

- использованы современные методы сбора и обработки исходной информации и численного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах процесса подготовки диссертационной работы: анализе результатов экспериментов; обработке и аппроксимации экспериментальных данных; проведении и анализе численных экспериментов; апробации результатов исследований; разработке методики учета влияния заводнения на извлекаемые запасы нефти; подготовке и получении патента «Способа контроля за разработкой нефтяного месторождения»; написании кода и тестировании программного продукта «Фаза»; написании основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации не были высказаны критические замечания касательно научной новизны, теоретической значимости, защищаемых положений и практического внедрения выполненного исследования.

Соискатель Хайруллин А.А. ответил на все заданные ему в ходе заседания вопросы, согласился с рекомендациями и выступил с готовностью учесть их в дальнейших научных исследованиях.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Хайруллина Азата Амировича является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 17 марта 2022 года диссертационный совет принял решение за новые научно-методические решения, направленные на повышение эффективности разработки нефтяных месторождений и имеющие существенное значение для развития нефтедобывающей отрасли, присудить Хайруллину А.А. ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 19, против – 2, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

«17» марта 2022 г.



Курбанов
Яраги Маммаевич
Пономарева
Татьяна Георгиевна