

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по научной работе в области
строительства скважин, к.т.н.

Данияр Лябипович Бакиров

« 21 » мая 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»

на диссертационную работу Плиткиной Юлии Александровны на тему

«Совершенствование технологии заводнения и разработки

низкопроницаемых коллекторов на примере тюменской свиты

Красноленинского месторождения», представленной на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности

2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

В ведущую организацию на рассмотрение были представлены:

1) Диссертационная работа Плиткиной Юлии Александровны общим объемом 141 страница машинописного текста, содержащая 11 таблиц, 64 рисунка и 5 приложений. Работа состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения, списка сокращений и используемой литературы из 145 наименований.

2) Автореферат на 24 страницах машинописного текста с изложением основного содержания диссертационной работы, перечнем публикаций автора по теме диссертации из 9 наименований и 1 патента на изобретение.

1. Актуальность темы диссертации

Работа в области совершенствования системы разработки низкопроницаемых коллекторов является в настоящее время актуальной и своевременной, так как доля вовлечения трудноизвлекаемых запасов увеличивается с каждым годом. В связи с необходимостью поддержания достигнутых уровней добычи нефти в РФ, требуются новые технологии, подходы и решения, позволяющие повысить технологическую и экономическую эффективность разработки.

В данной работе ставятся и решаются вопросы совершенствования параметров системы заводнения и разработки за счет оптимального выбора заканчивания скважин (наклонно-направленная скважина (ННС) или горизонтальная скважина (ГС)) в зависимости от геологических условий (комбинированный подход).

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается согласованностью аналитических и гидродинамических расчетов с фактически достигнутыми технологическими показателями в результате реализации предложенных решений на объекте ЮК₂₋₉ тюменской свиты лицензионных участков Красноленинского месторождения, о чем свидетельствует акт о внедрении от недропользователя АО «РН-Няганьнефтегаз», представленный в Приложении 2 к диссертации.

Основные результаты работы прошли апробацию Центральной комиссии по разработке месторождений углеводородного сырья (протокол ЦКР Роснедр по УВС от 19.12.2019 № 7852, г. Москва) при согласовании проектного документа Ем-Еговского лицензионного участка Красноленинского месторождения (Приложения 4, 5 к диссертации), а также при формировании программы и рейтинга эксплуатационного бурения на совместных производственных совещаниях ПАО «НК «Роснефть», АО «РН-Няганьнефтегаз» и ООО «ТННЦ».

3. Достоверность и научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность диссертационного исследования и полученных выводов основана на использовании современных методик оценки эффективности системы заводнения и разработки; базируется на результатах математических расчетов в программном продукте Mathcad; подтверждается сходимостью результатов гидродинамического моделирования в сертифицированном симуляторе tNavigator с фактическими данными эксплуатации скважин.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Обоснован комплекс параметров (плотность сетки и соотношение скважин, режимы нагнетания, ориентация относительно регионального стресса) и требований по управлению и контролю, которые являются определяющими в эффективности системы заводнения низкопроницаемых коллекторов.

2. Разработан метод определения дифференцированного периода эксплуатации нагнетательных скважин в режиме добычи, основанный на выявлении начала процесса интерференции скважин в элементе заводнения по динамике дебитов, рассчитанных с использованием гидродинамической модели.

3. Установлено значимое (более 30 %) различие в удельной накопленной

добыче нефти по ГС с МГРП в зоне русловых отложений и в высокорасчлененном коллекторе, которое необходимо учитывать при размещении скважин в условиях фациально-изменчивых отложений.

4. Обоснованы особенности формирования комбинированной системы разработки с применением ННС с ГРП и ГС с МГРП в зависимости от общей толщины пластов, фациальной характеристики и распределения запасов нефти по разрезу с учетом технологических ограничений по высоте трещин ГРП.

4. Значимость полученных результатов для науки и практики

Теоретическая значимость работы

1. Результаты гидродинамического моделирования и системного анализа геолого-промышленных данных по заводнению, подтверждаемые опытно-промышленными экспериментами при выполнении обоснованных требований по управлению и контролю, определяют комплексное решение задачи повышения эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов.

2. Выявление начала процесса интерференции скважин через минимальное значение производной по времени определяет рациональный период эксплуатации нагнетательных скважин в режиме добычи, что доказано с применением математического анализа по нахождению экстремума функции.

3. Полученная зависимость технологической эффективности для систем ННС и ГС в условиях фациально-изменчивых коллекторов тюменской свиты свидетельствует о том, что удельная накопленная добыча нефти по ГС с МГРП в зоне русловых отложений значительно выше, чем в высокорасчлененном коллекторе.

4. Комплексный параметр эффективности, учитывающий технико-экономические показатели системы разработки в разных геологических условиях, характеризует особенности формирования комбинированной системы ННС и ГС, как наиболее эффективной и рациональной.

Практическая значимость работы

1. Обоснованный комплекс параметров и требований по управлению и контролю за системой заводнения позволяет минимизировать риски прорывов закачиваемой воды и повышать коэффициент извлечения трудноизвлекаемых запасов нефти тюменской свиты и ее аналогов.

2. Разработанный метод определения дифференцированного периода эксплуатации нагнетательных скважин в режиме добычи уменьшает количество гидродинамических расчетов и минимизирует потери добычи нефти за счет своевременного перевода скважин под закачку.

3. Полученные сравнительные характеристики показателей работы ННС с ГРП и ГС с МГРП и зависимость, устанавливающая различие в удельной накопленной добыче нефти по ГС с МГРП в условиях фациально-изменчивых коллекторов, используются при проектировании разработки новых объектов-аналогов.

4. Обоснование особенностей формирования комбинированной системы

разработки с применением ННС с ГРП и ГС с МГРП в зависимости от геологических условий дает возможность повысить эффективность разработки низкопроницаемых неоднородных коллекторов, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти.

5. Апробация работы и публикации

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 15 научных работах, в том числе 2 статьи – в журналах, индексируемых в международной базе данных Scopus, 4 статьи – в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 патент на изобретение.

Результаты диссертационного исследования докладывались соискателем на 13 международных и всероссийских конференциях, форумах и семинарах.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертационная работа изложена на 141 странице машинописного текста, содержит 11 таблиц, 64 рисунка и 5 приложений. Состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и списка используемой литературы, включающей 145 наименований.

Текст диссертации отличается целостностью изложения, работа написана грамотным техническим языком и логически выстроена корректно. Каждая глава завершается выводами. Автореферат и опубликованные работы полностью и в должной форме отражают основное содержание диссертации.

В введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, обозначены основные положения, выносимые на защиту, отражены научная новизна и практическая ценность результатов работы.

В первой главе представлено понятие трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), их распределение по видам (с выделением доли низкопроницаемых) и прогноз добычи нефти в РФ с учетом доли ТРИЗ со ссылкой на оценку Минприроды России. Дано описание и критерии применимости налоговых льгот по снижению ставки налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ), предусмотренных Налоговым кодексом РФ.

Проведен анализ геолого-физических особенностей и проблематики разработки низкопроницаемых коллекторов тюменской свиты. Выполнен обзор литературы по повышению эффективности за счет применения новых технологий и организации системы заводнения, изучен опыт разработки других месторождений с низкопропицаемыми объектами разработки.

Во второй главе представлены результаты опытно-промышленных экспериментов по обоснованию значимости комплекса параметров системы заводнения и требований по управлению и контролю, влияющих на эффективность разработки низкопроницаемых коллекторов. Автором сделаны следующие выводы:

1. В условиях низкопроницаемых коллекторов повышение эффективности системы заводнения достигается при формировании плотных сеток ННС (плотность сетки скважин (ПСС) 16 га/скв.) с организацией интенсивной системы (соотношение

Ндоб : Ннагн → 1:1) при высоких давлениях нагнетания с автоГРП. При формировании системы добывающих ГС с нагнетательными ННС рекомендуется обеспечение соотношения 1:2.

2. Ориентирование системы разработки сообразно значению азимута регионального стресса (345°) позволяет избежать массовых прорывов закачиваемой воды и повысить эффективность системы заводнения.

3. Количественное сравнение эффективности системы поддержания пластового давления (ППД) в элементах с ГС с многозанальным гидравлическим разрывом пласта (МГРП), ориентированных поперек и вдоль регионального стресса, свидетельствует о том, что для элементов, направленных вдоль стресса, средний удельный прирост добычи нефти на одну нагнетательную скважину выше в 2,5 раза по сравнению с элементами, направленными поперек стресса.

4. На основе практического опыта разработки тюменской свиты выявлены требования по управлению и контролю за системой заводнения, позволяющие минимизировать риски прорывов закачиваемой воды и повышать эффективность системы ППД.

В третьей главе представлен разработанный автором метод определения периода эксплуатации нагнетательной скважины в режиме добычи, основанный на оценке начала процесса интерференции скважин в элементе заводнения. Применение метода целесообразно в условиях неоднородных низкопроницаемых коллекторов, для которых характерна разная степень связности и взаимовлияния между скважинами.

Описаны преимущества по сравнению с существующими аналитическими методами таких авторов, как Хасанов М.М., Ситников А.В., не учитывающими неоднородность геологической среды и взаимовлияние между скважинами. При этом автор также отмечает имеющиеся ограничения предложенного метода, связанные с зависимостью результата от качества гидродинамической модели в межскважинном пространстве; со снижением устойчивости результата при сверхнизких проницаемостях по причине ухудшения гидродинамической связи и ослабления взаимовлияния между скважинами.

Приведен алгоритм реализации метода и формулы для расчета нормированных дебитов нагнетательной скважины в период отработки, их отношения и первой производной по времени от отношения дебитов. По минимальному значению производной обосновывается оптимальный момент для перевода нагнетательной скважины под закачку.

Большое внимание автор уделил способам доказательства метода, провел сравнение эффективности с традиционным подходом через многовариантные расчеты на ГДМ и поиск «перегиба» по накопленной добыче нефти.

В четвертой главе представлено сравнение эффективности технологий ННС с гидравлическим разрывом пласта (ГРП) и ГС с МГРП по результатам фактической работы скважин. На основе результатов гидродинамических

расчетов и оценки комплексного параметра эффективности (КПЭ), зависящего от технико-экономических показателей, выявлены особенности формирования комбинированной системы разработки с учетом технологических ограничений по высоте трещин МГРП в ГС.

Сформулированные автором особенности позволяют обоснованно размещать проектный фонд скважин по комбинированной системе в условиях значительного этажа нефтеносности и сильной геологической изменчивости коллекторов тюменской свиты.

В пятой главе представлены результаты опытно-промышленной апробации предложенного в диссертации комплекса методических решений по совершенствованию технологии заводнения и разработки объекта ЮК_{2,9} тюменской свиты Ем-Еговского лицензионного участка Красноленинского месторождения. Реализация комбинированной системы разработки позволит обеспечить достижение конечного коэффициента извлечения нефти 0,232. Прирост КИН составит 18 % относительно существующей системы за счет увеличения коэффициента охвата с 0,485 до 0,571.

Также автором указаны направления дальнейшего развития темы исследования.

В заключении представлены основные выводы, полученные при решении поставленных задач.

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы при проектировании разработки и планировании опытно-промышленных работ на низкопроницаемых объектах, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти.

Выявленные условия по организации системы заводнения, позволяющие повышать эффективность ППД и минимизировать риски прорывов закачиваемой воды, будут полезными для проведения мониторинга разработки и регулирования закачки на низкопроницаемых объектах.

Предложенный метод по определению периода отработки нагнетательных скважин позволит существенно сократить трудозатраты и время расчетов на ГДМ.

Выявленные особенности формирования комбинированной системы разработки ННС с ГРП и ГС с МГРП следует применять для низкопроницаемых неоднородных отложений с высоким этажом нефтеносности, где ограничение по высоте трещин МГРП в ГС не позволяет охватить весь разрез.

8. Замечания к диссертационной работе

1. В работе слабо представлен обзор технологий и систем разработки соседних лицензионных участков Красноленинского месторождения и ближайших месторождений-аналогов.

2. В диссертации отсутствует информация о том, как в геологогидродинамической модели учитывалось направление регионального стресса и изменение геологических характеристик вдоль и поперек стресса.

3. В 3-й главе недостаточно подробно представлено описание области применения нового метода определения периода отработки нагнетательных скважин через минимальное значение производной. Будет ли информативным данный метод в других геологических условиях?

4. В рамках дальнейшего продолжения исследования в части совершенствования системы разработки автору рекомендуется рассмотреть вариант однорядной системы заводнения через нагнетательные ГС.

Указанные замечания не снижают ценности и актуальности работы, и не ставят под сомнение достоверность представленных в работе основных положений и выводов.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Плиткиной Юлии Александровны на тему «Совершенствование технологии заводнения и разработки низкопроницаемых коллекторов на примере тюменской свиты Красноленинского месторождения» является завершенной научно-квалификационной работой. Область диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. В ходе доклада и обсуждения автор Плиткина Ю.А. продемонстрировала профессиональное владение материалом, уверенно и отчетливо ответила на заданные вопросы.

Диссертационная работа имеет теоретическую и практическую значимость, и содержит комплексное решение актуальной проблемы повышения эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов за счет обоснования комбинированной системы разработки и параметров системы заводнения, позволяющих увеличить коэффициент охвата. Полученные автором результаты и сформулированные выводы могут быть применены на других месторождениях-аналогах с низкопроницаемыми коллекторами с целью увеличения коэффициента извлечения нефти, что имеет важное значение для развития нефтяной промышленности РФ в области трудноизвлекаемых запасов нефти.

Диссертационная работа Плиткиной Юлии Александровны соответствует критериям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842) и ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Диссертационная работа, автореферат и отзыв рассмотрены и приняты на расширенном заседании Управления проектирования разработки приоритетных месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» при участии членов секции «Разработка месторождений, технологии повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи углеводородов» Ученого совета ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг».

Присутствовали 79 человек, в том числе 1 доктор наук и 20 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» - 79 человек, «против» - 0 человек, «воздержались» - 0 человек. Протокол № УС/С-01-05-от 14.05.2024.

Я, Немова Варвара Дмитриевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Руководитель проекта, д.г.-м.н. по
специальности 25.00.06 - Литология
109028, Российская Федерация, г. Москва, ул. Покровский бульвар, 3, стр.1
Телефон: (8495) 983-21-49
E-mail: Varvara.Nemova@lukoil.com

В.Д. Немова

21.05.24г

Я, Трегубова Любовь Вадимовна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Ведущий инженер Отдела экспертизы и
методического обеспечения моделирования и
нейросетевой оптимизации разработки, к.т.н.
по специальности 25.00.17 - Разработка и
эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

109028, Российская Федерация, г. Москва, ул. Покровский бульвар, 3, стр.1
Телефон: (8495) 980-38-21
E-mail: lyubov.tregubova@lukoil.com

Л.В. Трегубова

21.05.24г

Подписи Немовой В.Д., Трегубовой Л.В. заверяю:



21.05.24г