

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук

Патутина Андрея Владимировича

на диссертацию Астафьева Владимира Николаевича

на тему «Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика

1. Актуальность темы диссертационной работы

Повышение эффективности разработки нефтегазовых месторождений существенно зависит от способов стимуляции добывающих скважин. Одним из таких способов является гидроразрыв пласта, активно используемый в настоящее время в мировой нефтегазовой промышленности. Большинство новых месторождений углеводородов с трудноизвлекаемыми запасами и месторождений на поздней стадии разработки таковы, что их экономически целесообразная эксплуатация часто возможна только с помощью горизонтальных скважин с многозонными гидроразрывом пласта (МГРП), а эффективность такого подхода во многом определяется оптимальностью созданных трещин и конструкцией скважин. Стимуляция низкопроницаемых коллекторов предполагает максимизацию зоны дренирования путем создания нескольких трещин с заданной геометрией, пространственным положением и фильтрационно-емкостными свойствами. Воздействие гидроразрыва на низкопроницаемый коллектор значительно ухудшает ФЕС пластов изменением фазовой проницаемости, набуханием глин, кольтматированием притрещинной зоны пласта и образованием эмульсий. Эти процессы являются важным фактором и должны учитываться при проектировании и выполнении гидроразрыва. Моделирование и оптимизация МГРП, в данном случае, определяет процессы проектирования и строительства скважин, технологии контроля интенсификации и добычи углеводородов, системы разработки месторождений.

Диссертационная работа соискателя направлена на разработку нового эффективного подхода к проектированию МГРП, позволяющего извлекать углеводороды из низкопроницаемых залежей. Учитывая универсальность предлагаемых решений, результаты исследования актуальны и могут быть использованы для решения практических задач добывающих предприятий.

2. Научная новизна диссертации

В диссертационной работе приведен комплексный анализ имеющихся в научной практике работ и исследований в области моделирования гидроразрыва пласта,

технологий его проведения и методов контроля полученных результатов. Показаны факторы, влияющие на эффективность проведения МГРП в низкопроницаемых пластах; предложен подход к его моделированию и оптимизации, учитывающий эти факторы.

Новизна работы заключается в том, что в качестве основы для моделирования многозонного гидроразрыва низкопроницаемых пластов используются взаимосвязанные трехмерные геомеханические, геологические и гидродинамические модели пластов, а также одномерные петрофизические и литолого-геохимические модели.

Показано, что использование в разработанной методике обратной связи параметров МГРП, полученных по данным геофизических исследований в скважинах и по сопоставлению модельных и фактических данных обработок МГРП, с параметрами входных трехмерных моделей пласта позволяет скорректировать не только модели гидроразрыва, но и параметры исходных геологических, гидродинамических и геомеханических моделей пластов.

Предложен и реализован новый подход к проектированию многозонного гидроразрыва низкопроницаемых пластов на основе разработанных методик трехмерного моделирования и автоматизированной оптимизации МГРП.

Разработаны методические основы автоматизированной оптимизации многозонного гидроразрыва при помощи интеграции данных геофизических исследований скважин, моделирования ГРП и гидродинамического моделирования для низкопроницаемых пластов.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждена теоретическими и экспериментальными исследованиями с использованием современных методов, передового программного обеспечения и лабораторного оборудования.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались автором на российских и международных научных конференциях. По теме диссертационной работы автором опубликовано 17 научных работ, из них 4 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ (одна статья в журнале категории K1 и две статьи в журналах категории K2), 10 – в зарубежных изданиях, включенных в международную реферативную базу данных Scopus и РИНЦ; 3 – в российских нефтегазовых журналах.

4. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Практическая значимость полученных результатов заключается в создании подхода к моделированию многозонного ГРП и его совершенствования с использованием стандартной и усовершенствованной методик оптимизации МГРП. На основе разработанного подхода построены модели, разработана технология и проведены первые в России МГРП с жидкостью на углеводородной основе в низкотемпературных газовых пластах туронского яруса. Данная технология утверждена компанией-оператором как основная для разработки туронских отложений. С использованием разработанного подхода проведены исследования скважин, спроектированы и проведены многозонные обработки высокотемпературных нефтяных пластов тюменской свиты, на основе которых построены модели и проведены первые в России высокоскоростные МГРП тюменской свиты, ставшие основой для создания технологии разработки нетрадиционных запасов баженовской свиты.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

Разработанные автором подход/методики/модели и технические решения могут рекомендоваться к применению как в производственной деятельности нефтегазовых добывающих предприятий, так и при реализации инженерных и научно-технических услуг научно-исследовательских, сервисных и проектных организаций, работающих в области повышения эффективности извлечения углеводородов. Кроме того, результаты исследований могут быть использованы организациями, разрабатывающими программное обеспечение для моделирования гидроразрыва пласта и гидродинамического моделирования.

6. Соответствие диссертации научной специальности

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 1.6.9 – Геофизика – Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений (п. 18.). Интегрированный анализ многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные (п. 20). Технические средства и технологии геофизического сопровождения проводки, геолого-технологических и ремонтных работ в скважинах (п. 23). Контроль разработки месторождений полезных ископаемых по данным наземных и скважинных геофизических исследований, включая мониторинг процессов гидроразрыва пластов-коллекторов (п. 26).

7. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Астафьева В.Н. посвящена актуальному вопросу разработки интегрированного подхода к проектированию многозонного гидроразрыва пласта на основе интеграции трехмерных геомеханических, геологических, гидродинамических моделей пласта, псевдотрехмерных и планарных трехмерных моделей трещин ГРП. Поставленная задача решена в несколько этапов: развитие методики моделирования МГРП, создание методики автоматизированной оптимизации МГРП, объединение методик в интегрированный подход к проектированию и экспериментальная проверка разработанных методик и подхода. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о технологической эффективности предложенного подхода к проектированию многозонного гидроразрыва.

Разработаны технологии многозонного ГРП на основе углеводородных жидкостей гидроразрыва для туронских залежей Южно-Русского месторождения, технологии МГРП. Для юрских отложений тюменской свиты Ем-Ёговского месторождения разработана технология МГРП, учитывающая структурные и литолого-геохимические факторы. Развитие данной технологии привело к созданию технологии высокоскоростного МГРП.

Диссертационная работа является мультидисциплинарным исследованием, включающим анализ многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические, геомеханические, геологические гидродинамические, геохимические данные и технологии подготовки, проведения, контроля и анализа гидроразрыва пласта.

Автореферат полностью отражает и соответствует содержанию диссертации.

8. Замечания по работе

Положительно оценивая результаты диссертационной работы и ее практическую значимость, отмечу некоторые замечания.

1. Диссертация содержит два защищаемых научных результата, которые напрямую связаны с усовершенствованием методики моделирования многозонного гидроразрыва низкопроницаемых пластов и разработкой методики автоматизированной оптимизации многозонного гидроразрыва. Таким образом, основные результаты работы заключаются в разработке указанных методик, при этом сами эти методики не собраны явно в отдельные логические элементы в тексте диссертации и не оформлены в виде утвержденных регламентирующих документов. Считаю, что данный недостаток необходимо устранить, обе методики должны быть сформированы в виде отдельных документов и утверждены, иначе может сложиться ложное впечатление, что указанные научные результаты не достигнуты.

2. Работа имеет ряд недочетов, связанных с небрежностями в оформлении формул и текста:

- все формулы, приводимые в диссертации, должны иметь единый формат (например, курсив у буквенных обозначений, обычный шрифт у численных индексов и т.д.);

- используемые в формуле обозначения необходимо расшифровывать сразу после нее;

- в качестве разделителя дробной части следует использовать запятую;

- все принятые буквенные обозначения должны иметь одно определение по всему тексту диссертации, например:

μ в (1) – «вязкость флюида», μ_r в (7) – «вязкость пластового флюида», это одно и то же?

L в (3) – длина горизонтального участка скважины, L в (16) – длина трещины, на стр. 20 максимальное и минимальное горизонтальные напряжения обозначены как σ_H и σ_h , а на стр. 37 эти же напряжения обозначаются как S_H и S_h

- подписи рисунков лучше отделять от последующего текста пустой строкой для лучшего восприятия;

- исправить ссылки на источники на стр. 29, 45, 58.

Указанные замечания носят частный характер и не снижают научной и практической ценности работы.

9. Заключение по диссертации

Диссертация «Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в создании подхода к проектированию и методик моделирования и оптимизации многозонного гидроразрыва пластов с целью увеличения эффективности извлечения углеводородов из низкопроницаемых коллекторов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Объём диссертации составляет 120 страниц и содержит 55 рисунков, 15 таблиц, список терминов, список литературы из 119 наименований, список условных обозначений и сокращений.

Первая глава включает аналитический обзор особенностей моделирования, проведения и контроля гидравлического разрыва пласта в низкопроницаемых слоистых коллекторах. Вторая глава посвящена методам получения данных и моделированию МГРП. В третьей главе приведены примеры построения моделей МГРП для низкопроницаемых пластов с различными геолого-геофизическими

характеристиками. В четвертой главе представлены полевые экспериментальные работы и их анализ.

Язык и стиль диссертации не вызывают замечаний, изложение материала логичное, четко сформулированы выводы и рекомендации. Содержание автореферата полностью отражает основные положения диссертационной работы. Изложенное выше позволяет сделать заключение о том, что рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Астафьев Владимир Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Официальный оппонент
кандидат технических наук
старший научный сотрудник
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт горного дела имени Н.А. Чинакала
Сибирского отделения
Российской академии наук



Патутин Андрей Владимирович

Почтовый адрес: 630091, г. Новосибирск, Красный проспект, д. 54
Телефон: +7 (383) 205-30-30, эл. адрес: patutin@misd.ru

Подпись официального оппонента, старшего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела имени Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, кандидата технических наук, Патутина Андрея Владимировича заверяю:

Ученый секретарь
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт горного дела имени Н.А. Чинакала
Сибирского отделения
Российской академии наук



Коваленко Ксения Андреевна

04.03.2025