

УТВЕРЖДАЮ
Директор
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.
Вячеслав Николаевич Глинских

«23» сентября 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука
Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН)**

На основании решения Учёного совета ИНГГ СО РАН.

Председатель Учёного совета – В.Н. Глинских, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН.

Учёный секретарь – М.Й. Шумскаяйте, к.т.н.

Диссертация «**Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов**» выполнена в отделе геологии и разработки месторождений общества с ограниченной ответственностью «БУРСЕРВИС» (ООО БУРСЕРВИС), а также в лаборатории динамических проблем сейсмики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН).

Астафьев Владимир Николаевич в 1991 г. окончил Новосибирский государственный университет по специальности «Геофизические методы поиска и разведки полезных ископаемых» с присвоением квалификации геофизик.

В 2021 г. Владимир Николаевич прикреплен для подготовки диссертации на соискание учёной степени к Федеральному государственному бюджетному учреждению науки Институту нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения российской академии наук. Справка о сдаче кандидатских экзаменов №27, Исх.№15350-101-6525 от 25.09.2023 выдана в ИНГГ СО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Астафьев Владимир Николаевич работал в российском филиале компании «Халлибуртон Интернешнл Инк.» менеджером по внедрению новых технологий (с 2013 г.), в российском филиале компании «Халлибуртон Интернешнл ГмбХ» ведущим экспертом по интенсификации добычи нефти и газа (с 2018 г.), в ООО «БурСервис» ведущим экспертом по интенсификации добычи нефти и газа (с 2022 г. по настоящее время).

Научный руководитель – Митрофанов Георгий Михайлович, доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмики ИНГГ СО РАН.

Текст диссертации проверен в системе «Антиплагиат» и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

По итогам обсуждения диссертации **«Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов»**, представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – геофизика, принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Работы выполнена на высоком научно-техническом уровне с привлечением комплекса современных методов, направленных на изучение гидравлического разрыва пласта и особенностей его проведения в низкопроницаемых коллекторах.

Актуальность темы диссертационного исследования.

Эффективность разработки месторождений многозонным гидроразрывом пласта (МГРП) во многом определяется оптимальностью моделирования трещин гидроразрыва и оптимальностью конструкции скважин. Необходимо учитывать не только азимуты и геометрию трещин МГРП, их пространственное расположение и фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) но и воздействие гидроразрыва на низкопроницаемый коллектор, значительно ухудшающее ФЕС пластов. Развитие методики интегрированного проектирования МГРП на основе трехмерных моделей, построенных на комплексировании геофизических, геологических, геомеханических и геохимических моделей является актуальной задачей на всех стадиях разработки низкопроницаемых коллекторов.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Диссертационная работа базируется на данных, полученных в процессе проведения работ по гидравлическому разрыву низкопроницаемых пластов. В процессе разработки методик и подхода к проектированию МГРП соискателем лично проанализированы экспериментальные исследования керн, пластовых флюидов и жидкостей гидроразрыва. Автором лично построены модели ГРП и МГРП для низкопроницаемых пластов, спроектированы, проведены и проанализированы многозонные обработки скважин.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность полученных научных результатов определяется использованием современных подходов, программного обеспечения и технологий моделирования гидроразрыва, предложенных автором. По результатам моделирования МГРП проведены многозонные обработки скважин с подтверждением данных моделирования методами ГИС и ГДИС. Эффективность предложенных автором методик подтверждена опытно-промышленными работами, подтвердившими увеличение индекса продуктивности скважин на разных месторождениях, и внедрением предложенного подхода в качестве одного из основных методов оптимизации проектных решений при разработке трудноизвлекаемых запасов углеводородов.

Научная новизна результатов проведенных исследований

В результате исследований установлено влияние гидроразрыва пласта на свойства низкопроницаемых коллекторов и предложен новый подход к проектированию

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

Практическая значимость проведенных исследований

Показано, что для моделирования МГРП низкопроницаемых коллекторов необходим расширенный комплекс исследований скважин для получения достоверной информации.

На основе разработанного подхода построены модели и проведены первые в России МГРП с жидкостью на углеводородной основе на низкотемпературных газовых пластах туронского яруса.

С использованием разработанного подхода проведены исследования скважин, спроектированы и проведены многозонные обработки высокотемпературных нефтяных пластов, на основе которых построены модели и проведены первые в России высокоскоростные МГРП тюменской свиты, ставшие основой для технологии разработки нетрадиционных запасов баженовской свиты.

Ценность научных работ соискателя ученой степени

Разработаны методики моделирования и автоматизированной оптимизации многозонного гидроразрыва при помощи интеграции данных геофизических исследований скважин, моделирования ГРП и трехмерного геологического, геомеханического и гидродинамического моделирования низкопроницаемых пластов.

Внедрение результатов диссертационного исследования в практику

На основе результатов, полученных в ходе исследования, построены модели и проведены первые в России МГРП с жидкостью на углеводородной основе на низкотемпературных газовых пластах туронского яруса.

С использованием разработанного подхода проведены исследования скважин, спроектированы и проведены многозонные обработки высокотемпературных нефтяных пластов, на основе которых построены модели и проведены первые в России высокоскоростные МГРП тюменской свиты, ставшие основой для технологии разработки нетрадиционных запасов баженовской свиты. Общий объем опытно-промышленных работ составил более 1 млрд рублей. При использовании данных технологий возможно сокращение использования материалов ГРП минимум на 10%, что в рамках российской нефтегазовой индустрии позволит экономить 2,4 млрд. рублей в год.

Научная специальность, которой соответствует диссертация

1.6.9 «Геофизика» (п.18. Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений, п.20. Интегрированный анализ многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные, п.23. Технические средства и технологии геофизического сопровождения проводки, геолого-технологических и ремонтных работ в скважинах,

п.26. Контроль разработки месторождений полезных ископаемых по данным наземных и скважинных геофизических исследований, включая мониторинг процессов гидроразрыва пластов-коллекторов) по техническим наукам.

Основные результаты и положения диссертации были доложены и обсуждены на российских и международных научных семинарах, форумах, симпозиумах и конференциях:

Kuala Lumpur, Malaysia, 2014; Самара, 2014; Санкт-Петербург, 2014; Москва, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023; Калининград, 2019; Новый Уренгой, 2019; Тюмень, 2023, 2024; Новосибирск, 2022, 2023; в онлайн формате, 2020, 2021.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором

Результаты исследований опубликованы автором в 17 научных работах, в том числе: в 14 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Минобрнауки России для публикации результатов диссертаций (из них 10 статей в зарубежных изданиях, включенных в международную реферативную базу данных Scopus и базу РИНЦ); в 3 статьях в российских нефтегазовых журналах. Во всех работах авторский вклад Астафьева В.Н. являлся значимым и составлял не менее 30 %.

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (в т.ч. в рецензируемых международных изданиях, входящих в базу данных научного цитирования SCOPUS и российскую библиографическую базу данных РИНЦ):

1. Астафьев В.Н., Митрофанов Г.М. Интегрированное моделирование многозонального гидроразрыва низкопроницаемых коллекторов. // Георесурсы. – 2024. – № 26(3). – С. 116–125. – <https://doi.org/10.18599/grs.2024.3.13>.

Соискателем показано в работе, что для создания оптимальной модели МГРП необходимо усовершенствование существующих методик и их оптимизация с использованием 3D моделирования. В результате выполненных исследований создана новая методика моделирования и оптимизации МГРП с использованием петрофизической, геологической, гидродинамической, геомеханической и литолого-геохимической моделей пласта в качестве входных данных. Показано, что применение интегрированного моделирования позволяет не только создать оптимальные модели МГРП, но и определить набор дополнительных исследований, необходимых для уточнения данных и корректного построения моделей. Предложенный подход был опробован на нескольких месторождениях с совершенно различными геолого-геофизическими характеристиками пластов. С применением данного подхода впервые в России были разработаны и опробованы технологии высокоскоростного гибридного МГРП высокотемпературных нефтяных пластов и МГРП низкотемпературных газовых пластов с использованием жидкости на углеводородной основе, ставшие основой для разработки низкопроницаемых туронских, юрских, ачимовских коллекторов и нетрадиционных залежей баженовской свиты.

2. **Астафьев В.Н.** Развитие технологий гидроразрыва пласта в современных условиях (по материалам II технологического форума «Технологии ГРП»; 20.11.2023-21.11.2023, г. Новосибирск) / В. Н. Астафьев, Ю. А. Мажилин, Р. Ф. Абдуллин [и др.] // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2024. – № 2(58). – С. 100-109. – DOI 10.20403/2078-0575-2024-2-100-109.

В статье представлены материалы форума по гидроразрыву пласта. Соискателем рассмотрены особенности проектирования, оптимизации и проведения МГРП в низкопроницаемых терригенных коллекторах. Представлены примеры использования результатов ГИС, ГДИС и керновых исследований для расширенного моделирования при проектировании работ по гидроразрыву пласта. Показан подход к исследованию и моделированию гидроразрыва для залежей с совершенно различными геолого-геофизическими характеристиками. Соискатель лично разработал большинство представленных технологических решений, приведенных в статье.

3. **Астафьев В.Н.** Комплексирование геофизических, петрофизических и геомеханических методов для построения модели гидравлического разрыва низкопроницаемых коллекторов на примере туронских и юрских отложений Западной Сибири / В.Н. Астафьев, В.В. Воробьев, М.И. Самойлов // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2023. № 1–2. С. 40–48.

Соискателем лично показано, что низкопроницаемые пласты требуют создания эффективного механизма дренирования при помощи трещин ГРП или МГРП, при этом жидкость гидроразрыва может значительно ухудшать ФЕС пород и негативно влиять на эффективность отбора углеводородов. Соискателем лично разработана и представлена методика построения модели гидроразрыва пласта для низкотемпературных газовых и высокотемпературных нефтяных залежей, основанная на комплексировании различных методов исследований, источников данных и подходов к проектированию процессов гидроразрыва пласта. Также в работе показан процесс корректировки дизайна гидроразрыва пласта на каждой стадии, от проектирования до выполнения обработки на скважине, и перенос модели в дизайн многозонного гидроразрыва пласта в горизонтальной скважине. На стадии реализации многозонного гидроразрыва пласта показано применение методов ГИС и ГДИС для контроля параметров трещины ГРП калибровки модели ГРП, адаптации дизайна и программы работ при проведении последующих обработок. Показан общий подход к исследованию и моделированию гидроразрыва для залежей с совершенно различными геолого-геофизическими характеристиками. Соискатель лично разработал большинство технологических решений, приведенных в статье. Результаты работы представлены соискателем на российских форумах по ГРП и корпоративных конференциях.

4. **Астафьев В.Н.** Роль геофизических исследований в скважинах в эволюции парадигмы гидравлического разрыва пласта / В.Н. Астафьев, И.Н. Ельцов // Проблемы

сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2022. – Вып. 6 (140), – С. 9–37. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2022-6-9-37>.

Соискателем лично проведен анализ развития методов ГРП и ГИС в мире и представлена обзорная работа по их эволюции взаимному развитию. Данная работа является одной из немногих обзорных статей описывающих становление методов ГРП и ГИС. В настоящее время гидравлический разрыва пласта (ГРП) является основным методом стимуляции скважин для повышения эффективности разработки месторождений углеводородов. Развитие ГРП основано на интеграции методов математического и численного моделирования, геомеханики, гидродинамики, геохимии и геофизики. Особое место в этом ряду занимают геофизические методы исследования в скважинах (ГИС), являющиеся основным источником данных для моделирования и методом контроля, а также оценки результатов проведения ГРП. Развитие технологий гидроразрыва пласта требует совершенствования геофизических методов исследования в скважинах, а методы ГИС, в свою очередь, пополняются технологиями, использующими гидроразрыв для определения параметров пластов. Прогресс в понимании процесса ГРП и привел к расширению области применения гидроразрыва. В настоящее время с помощью ГРП решаются многие задачи – очистка призабойной зоны пласта, стимуляция нагнетательных скважин, утилизация отходов бурения, ГРП угольных пластов и технологические ГРП. В статье рассмотрены основные этапы развития метода гидроразрыва пласта и роль геофизических методов исследования в скважинах в эволюции парадигмы ГРП. Показано их взаимное влияние и совершенствование метода ГРП на основе привлечения данных ГИС и наоборот – совершенствование геофизических методов исследования в скважинах для обеспечения потребностей ГРП. В работе выделено несколько основных этапов в истории развития гидравлического разрыва пласта. Показано как методы ГИС позволили переосмыслить роль и место ГРП как основного способа интенсификации притока при добыче углеводородов.

5. Samoilov M. I. Multistage Hydraulic Fracturing of the Tyumen Suite Reservoirs of Em-Yogovskoye Field: Frac-Design, Practice, Results. / M. I. Samoilov, V. N. Astafyev, E. F. Musin // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2021, RPTC 2021, Virtual, Online, 12–15 October 2021. – Virtual, Online, 2021. – URL: <https://doi.org/10.2118/206651-MS>.

Соискатель является разработчиком концепции первых в России МГРП на горизонтальных скважинах, которые легли в основу работы. Соискатель лично провел анализ многозонных обработок и подготовил часть заключений для работы. В работе представлена система подходов к проектированию и инженерному сопровождению многостадийных ГРП. Описывается, как систематизация подходов, методических разработок и шаблонов решений могут

помочь в оптимизации разработки месторождения методами бурения наклонно-направленных и горизонтальных скважин с последующим проведением многостадийных ГРП. Кратко представлена последовательность событий и задач, послуживших причиной разработки методик, а также перспективы их развития. Методики были разработаны при выполнении проекта гидроразрыва пластов ЮК 2-9 тюменской свиты Ем-Ёговского месторождения, после чего нашли применение на ряде других проектов разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов в Западной Сибири.

6. **Astafyev V.** Multistage Hydrocarbon-Based Fracturing in Tight Gas Formation / V. Astafyev, M. Lushev, A. Mitin [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2020, RPTC 2020, Virtual, Online, 26–29 October 2020. – Virtual, Online, 2020. – URL: <https://doi.org/10.2118/202050-MS>.

В данной работе рассмотрен подход к выбору технологий заканчивания и стимуляции горизонтальных скважин для низкотемпературных и низкопроницаемых газовых залежей с незначительным коэффициентом аномальности пластового давления. Также показана апробация технологии ГРП на углеводородной основе на пилотной вертикальной скважине и её адаптация к многозонной горизонтальной скважине. Соискатель лично предложил подход к выбору технологии ГРП и комплексу необходимых исследований для реализации проекта. Курировал исследования керна, тестирование жидкостей ГРП и пластовых жидкостей, подбора рецептуры гелей для выбора технологии интенсификации. На основании петрофизических и геомеханических исследований построил модели пластов и модели ГРП. Соискатель лично участвовал в проведении полевых экспериментов и анализе данных. По результатам пилотных работ соискатель провел корректировку моделей для горизонтальной скважины и участвовал в проведении МГРП с микросейсмическим мониторингом азимутов и геометрии развития трещин. Разработанная и испытанная технология рекомендована добывающей компанией к использованию на месторождении. Работа представлена соискателем лично на московской международной нефтегазовой конференции.

7. **Andreev A.** Integrated Approach to Multistage Fracturing Design / A. Andreev, V. **Astafyev**, M. Samoilov // Society of Petroleum Engineers - SPE Symposium: Hydraulic Fracturing in Russia. Experience and Prospects 2020, Virtual, Online, 22–24 September 2020. – Virtual, Online, 2020. – URL: <https://doi.org/10.2118/203896-MS>.

Соискатель является соавтором методики автоматизированной оптимизации многозонного ГРП, где сначала выбирается заканчивание скважины, включая предварительные параметры трещин, а затем рассчитываются параметры оптимальной обработки. Для этого исследования соискателем лично разработана программа МГРП в горизонтальной скважине с закачкой «трассеров» для определения притока из каждой зоны, рассчитаны

предварительные модели трещин МГРП. В гидродинамической модели пласта трещины смоделированы явно с использованием неструктурированной сетки. Проведена оценка множественных сценариев с различными закачиваемыми скважины и параметрами трещин. Авторский подход представляет практическое решение поставленных задач как в части достоверного моделирования ГРП (в т.ч. с достоверной оценкой дебита), так и актуальных задач полномасштабного и секторного моделирования разработки месторождений. Работа представлена на российском семинаре ГРП, на ежегодной конференции ПАО «НК Роснефть» и на международной конференции SPE.

8. **Astafyev V.** A Decade of Multi-Zone Fracturing Treatments in Russia / V. Astafyev, E. Fedorov, M. Samoilov [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Symposium: Hydraulic Fracturing in Russia. Experience and Prospects 2020, Virtual, Online, 22–24 September 2020. – Virtual, Online, 2020. – URL: <https://doi.org/10.2118/203883-MS>.

Соискатель является участником или руководителем большинства проектов, приведенных в обзорной работе, и лично внедрил впервые в России многие из описанных технологий МГРП (высокоскоростной МГРП, гибридный МГРП, повторный МГРП с отклонением, точечный многозонный ГРП, МГРП на углеводородной основе), разработал и усовершенствовал процедуры подготовки и проведения МГРП. Многостадийный ГРП дал новый импульс для развития рынка гидроразрыва пласта в России. Данная работа показывает эволюцию методов многозонной стимуляции горизонтальных скважин за последнее десятилетие в России. Приведены примеры многозонных обработок по различным технологиям на различных месторождениях. Анализ проведенных работ показывает, как кооперация современных методов бурения, заканчивания, стимуляции, контроля и добычи позволили экономически эффективно разрабатывать трудноизвлекаемые запасы. А развитие методов многозонной стимуляции скважин привело к появлению на рынке новых технологий заканчивания горизонтальных скважин, картирования трещин ГРП, контроля добычи и разработки месторождений. Также в статье приведена оценка перспективного развития и применения многозонных технологий. Работа представлена соискателем лично на международной нефтегазовой конференции в Москве.

9. **Valiullin A.** Improving the Effectiveness of Multi-Stage Hydraulic Fracturing in Horizontal Wells by Fracture Height Restriction / A. Valiullin, **V. Astafyev**, I. Osipov // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2019, RPTC 2019, Moscow, 22–24 October 2019. – Moscow: Society of Petroleum Engineers (SPE), 2019. – URL: <https://doi.org/10.2118/196986-MS>.

Соискатель является одним из разработчиков технологии ограничения высоты трещины ГРП в России. Данная работа направлена на адаптацию этой технологии для проведения МГРП на горизонтальных скважинах. Соискатель, в

соавторстве, адаптировал технологии для применения в горизонтальных скважинах и лично провел анализ полученных результатов. Проведенные эксперименты показали успешность технологии и возможность её тиражирования на другие месторождения компании. Работа представлена соискателем лично на международной нефтегазовой конференции в Москве.

10. Shturn D. Efficiency Analysis of Massive Fracturing with Linear Gel Pad on the Achimov Formation of the Urengoyskoe Field / D. Shturn, N. Zavyalov, D. Perfilyev, V. **Astafyev** [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference 2018, RPTC 2018, Moscow, 15–17 October 2018. – Moscow: Society of Petroleum Engineers, 2018. – URL: <https://doi.org/10.2118/191656-18RPTC-MS>.

Анализ большого количества обработок, а также применение инструментов мониторинга и геофизических исследований скважины, в том числе мониторинг забойной температуры и давления в режиме реального времени во время проведения ГРП и притокометрии после продолжительной отработки скважины, предоставляют возможность сравнить и оценить эффективность массивных ГРП с применением линейных подушек. В статье представлено сравнение результатов геофизических исследований после проведенных работ по ГРП и последующий анализ продуктивности скважин. Данный опыт работы дает понимание о рисках и эффективности ГРП, как на Ачимовских пластах Уренгойского месторождения, так на схожих низкопроницаемых газовых коллекторах. Соискатель лично курировал проведение работ и провел анализ данных эксперимента. Работа представлена на Московской международной нефтегазовой конференции SPE в 2018 году.

11. Zolnikov D. Massive Hydraulic Fracturing Using Linear Pads in the Achimov Reservoirs at the Urengoy Field. / D. Zolnikov, V. **Astafyev**, I. Eltsov [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition 2016, Moscow, 24–26 October 2016. – Moscow: Society of Petroleum Engineers (SPE), 2016. – URL: <https://doi.org/10.2118/182110-MS>.

Соискатель лично принимал участие в разработке и анализе применения технологии гибридных ГРП ачимовских газовых залежей. Данная технология опробована при закачке большеобъемных ГРП на газовых скважинах Уренгойского месторождения с целью оптимизации обработок ГРП. В работе описаны примеры применения модифицированных закачек ГРП для повышения эффективности добычи из низкопроницаемых ачимовских газовых пластов. Показаны различные эффекты увеличения дебита в зависимости от ФЕС пласта и типа обработки ГРП. Работа представлена на Московской международной нефтегазовой конференции SPE в 2016 году.

12. A. Chernyshev 3D Fracture Modeling and Fracture-Height Mapping Using Different Logging Methods in the Vertical Well / A. Chernyshev, M. Podberezheny, V. **Astafyev** [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology

Conference and Exhibition 2016, Moscow, October 24–26, 2016. – Moscow: Society of Petroleum Engineers (SPE), 2016. – URL: <https://doi.org/10.2118/182117-MS>.

Моделирование корректной геометрии трещины в симуляторах ГРП достаточно сложно. Картирование трещины позволяет снизить степень неопределенности и скорректировать модель ГРП в симуляторе. Для картирования высоты трещины могут быть использованы акустический и температурный каротажи, а также импульсный нейтронный каротаж в комплексе с «меченым» (NRT) пропантом. Соискатель с соавторами спроектировал обработку ГРП с комплексной экспериментальной оценкой высоты трещины методами ГИС. Соискатель лично провел сравнение результатов моделирования трещины ГРП в псевдотрехмерных (P3D) и трехмерных (3D) симуляторах с результатами всех исследований по картированию высоты трещины, выполненных в одной скважине. Анализ данных ГИС позволил оценить степень прорыва трещины ГРП из нефтеносного пласта через глинистый барьер в водоносный горизонт. Интерпретация данных кросс-дипольного акустического каротажа, характеризующего нарушение сплошности среды, совпадает с интерпретацией данных 2ИННК, отражающей размещение NRT пропантанта в призабойной зоне трещины ГРП. Анализ забойного давления и сопоставление добычи перед и после ГРП также подтверждают высоту трещины, измеренную двумя данными методами. Эксперимент показал, что 3D моделирование позволяет более точно рассчитывать высоту трещины ГРП, чем P3D. Работа представлена на Московской международной нефтегазовой конференции SPE в 2016 году.

13. **Astafyev V.** Multistage Refracture in a Horizontal Well Using Flow-Diverting Technology / **V. Astafyev**, M. Lahman, P. Chaburdo [et al.] // Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition 2016, Moscow, 24–26 October 2016. – Moscow: Society of Petroleum Engineers, 2016. – URL: <https://doi.org/10.2118/182112-MS>.

Соискатель предложил применение потокоотклоняющих технологий с использованием биоразлагаемых отклонителей жидкости ГРП, что является хорошей альтернативой механическим изолирующим системам из-за их сложности и высокой стоимости. При невысокой стоимости, технологии с использованием химических отклонителей потока требуют тщательной адаптации процессов, подбора химических реагентов и последовательности обработки. Соискатель лично инициировал опытно-промышленные работы, подобрал скважины-кандидаты, подготовил дизайны МГРП, курировал проведение обработки и провел полный анализ полученных результатов. В работе показан пример первого в России повторного МГРП с отклонителями потока на месторождении в Западной Сибири. Описаны основные приемы повторного МГРП, технология закачки динамического отклонителя и пропантанта, проведения ПГИ для оценки результатов обработки. Приведены результаты обработки и рекомендации для

последующих работ. Работа представлена соискателем лично на Международной конференции SPE в Москве в 2016 году.

14. Z. Kaluder. First High-Rate Hybrid Fracture in Em-Yoga Field, West Siberia, Russia. / Z. Kaluder, ... V. Astafyev [et al.] // Proceedings of the Annual Offshore Technology Conference, Kuala Lumpur, March 25–28, 2014. – Kuala Lumpur: 2014. – URL: <https://doi.org/10.4043/24712-MS>.

Соискатель в соавторстве с М. Самойловым разработал технологию высокоскоростного МГРП. Данная технология обеспечивает развитие трещины ГРП по высоте и приобщение к зоне дренирования всех продуктивных пропластков в гетерогенном слоистом коллекторе. В статье рассмотрены вопросы дизайна ГРП, заканчивания горизонтальной скважины и применения гибридных жидкостей гидроразрыва. Соискатель лично предложил концепцию высокоскоростного МГРП на основе интегрированного подхода к проектированию гидроразрыва, участвовал в подготовке дизайнов обработки и проектировании скважины. Непосредственно на месторождении курировал проведение обработки скважины, проводил анализ мини-ГРП и основной обработки. Работа представлена на международной Азиатской технологической оффшорной конференции в Куала-Лумпур, Малайзия.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 18.03.2023) и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Первичная документация проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию.

Диссертационная работа Владимира Николаевича Астафьева «Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. «Геофизика».

Заключение принято на заседании Учёного совета Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Присутствовало на заседании 30 чел.

Результаты открытого голосования по вопросу о принятии заключения по диссертации В.Н. Астафьева: «за» 30 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол №11 от 23 сентября 2024г.

Заключение подготовлено:
ученый секретарь,
К.Т.Н.



М.Й. Шумский