

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.087.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ИНСТИТУТА НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ИМ. А.А.
ТРОФИМУКА СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.03.2025 г. № 03/3

О присуждении Астафьеву Владимиру Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов» по специальности 1.6.9 – «Геофизика» принята к защите 14.01.2025 г. (протокол № 03/3) диссертационным советом 24.1.087.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (Российская Федерация, 630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Астафьев Владимир Николаевич, 1967 года рождения, гражданство РФ, окончил Новосибирский ордена Трудового Красного Знамени государственный университет (в настоящее время Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет») в 1991 году по специальности «геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» с присуждением квалификации «геофизик».

В 2021 г. Владимир Николаевич Астафьев зачислен в Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук в качестве экстерна для сдачи кандидатского экзамена по направлению подготовки высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) 05.06.01 Науки о земле, по направлению подготовки, соответствующей научной специальности 1.6.9 «Геофизика», без освоения программ подготовки. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов №132 от 22.11.2024 г. выдано в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель В.Н. Астафьев работал: в российском филиале компании Halliburton International Inc. менеджером по внедрению новых технологий в отделе повышения нефтеотдачи пластов (с 2013 г.); в компании Halliburton

International GmbH ведущим экспертом по интенсификации добычи нефти и газа в отделе геологии и разработки нефтегазовых месторождений (с 2018 г.); в ООО «БурСервис» ведущим экспертом по интенсификации добычи нефти и газа в отделе геологии и разработки нефтегазовых месторождений (с 2022 г. по настоящее время).

Диссертация **«Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов»** выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения РАН, а также в обществе с ограниченной ответственностью «БурСервис».

Научный руководитель – **Георгий Михайлович Митрофанов**, доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории динамических проблем сейсмики Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты: **Салимов Олег Вячеславович**, доктор технических наук, менеджер управления научно-технического развития ООО «Тюменский нефтяной научный центр» и **Патутин Андрей Владимирович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института горного дела им. Н. А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – общество с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть» (г. Уфа) в **положительном** заключении, подписанном кандидатом технических наук, старшим экспертом бюро экспертов, **Смолянцом Евгением Фёдоровичем** и утвержденном заместителем генерального директора по технологическому развитию и инновациям **Мироненко Артемом Александровичем**, указывает, что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, заключающейся в создании подхода, методик моделирования и оптимизации многозонного гидроразрыва пласта (МГРП) с целью увеличения эффективности извлечения углеводородов из низкопроницаемых коллекторов.

Соискатель имеет 17 опубликованных научных работ по теме диссертации: 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией; 10 публикаций – в зарубежных изданиях, включенных в международную реферативную базу данных Scopus и РИНЦ; 3 статьи – в российских нефтегазовых журналах. Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 283 страницы, из них авторский вклад – приблизительно 200 страниц. Сведения, предоставленные соискателем об опубликованных работах, в которых изложены основные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые публикации:

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

3. Multistage Hydrocarbon-Based Fracturing in Tight Gas Formation / V. Astafyev, M. Lushev, A. Mitin [et al.] // SPE Russian Petroleum Technology Conference, Virtual. – 2020. – URL: <https://doi.org/10.2118/202050-MS>.

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

5. First High-Rate Hybrid Fracture in Em-Yoga Field, West Siberia, Russia. / Z. Kaluder, M. Nikolaev, ... V. Astafyev [et al.] // Offshore Technology Conference-Asia (25–28 March, Kuala Lumpur, Malaysia) – 2014. – URL: <https://doi.org/10.4043/24712-MS>.

Личное участие соискателя заключается в совершенствовании методики моделирования и разработке методики оптимизации многозонного гидроразрыва пласта с созданием подхода к проектированию МГРП на основе данных методик.

Достоверность сведений, представленных в работе, подтверждается результатами проверки с использованием системы Антиплагиат, которые показали, что оригинальность текста диссертации составляет 89.92%.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов, все положительные с замечаниями:

1. В автореферате указано, что на этапе подготовки и проектирования МГРП проведена оценка основных геологических, геофизических, геомеханических свойств целевых интервалов и барьеров. Хорошо было бы немного подробнее в автореферате рассказать о том, какие, например, геологические свойства имеют интервалы разреза, которые были опробованы с помощью разработанной соискателем методики, чем представлены породы, наблюдаются ли смена состава или структуры пласта в горизонтальных скважинах или они одинаковы (Коровников Игорь Валентинович, ведущий научный сотрудник лаборатории «Палеонтологии и стратиграфии палеозоя», доктор геолого-минералогических наук, профессор РАН, ФГБУН ИНГТ СО РАН, г. Новосибирск).

2. На стр.3 в пункте «Теоретическая и практическая значимость работы» указано, что «проведены первые в России высокоскоростные МГРП тюменской свиты, ставшие основой для технологии разработки нетрадиционных запасов баженовской свиты». Необходимо пояснить как соотносятся геолого-геофизические условия баженовской свиты с условиями тюменской свиты. С точки зрения литолого-стратиграфических, фациальных и геохимических критериев эти отложения принципиально отличаются друг от друга; В главе 3 явным образом не прописан критерий оптимизации. Согласно блок-схеме на рис.2, не ясно на какой стадии вводится критерий оптимизации и предусмотрены ли обратные итерации (например, с учетом многовариантных геолого-гидродинамических моделей); В главе 4 рекомендуется привести пояснения как представленные методические подходы могут быть обобщены на другие типы коллекторов (в первую очередь, низкопроницаемых – баженовская свита, ачимовские отложения); Приведенные на стр.10 цифры прироста дебита газа требуют

дополнительных пояснений, в особенности с точки зрения динамики и темпов прироста/падения добычи в плановый период; При защите работы рекомендуется сделать фокус на отличительные особенности представленной методики и подчеркнуть важность учета всего комплекса геолого-геофизической, промысловой и технологической информации для повышения эффективности применения защищаемых методических подходов (Левин Д.Н., к.т.н., эксперт по геологии, ООО «Литосфера», г. Москва).

3. На стр. 8 приведена диаграмма процесса построения модели МГРП, но не указаны параметры взаимосвязи входных моделей и критерий изменения параметров после корректировки; Диаграмма методики автоматизированной оптимизации не содержит критерий оптимизации. Вероятно, таких критериев может быть несколько. Рекомендуется указать их и пояснить как они влияют на выбор оптимального дизайна МГРП; на стр. 10 показана зависимость дебита скважины от объема закачанного пропанта. Но оптимизационная функция зависит от многих параметров. Необходимо пояснить выбор объема пропанта как основного параметра оптимизации (Грачев С.И., д.т.н, профессор, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень).

4. В автореферате указано, что на этапе подготовки и проектирования МГРП проведена оценка основных геологических, геофизических, геомеханических свойств целевых интервалов и барьеров, но не упоминается о литолого-геохимических параметрах. Было бы полезно подробнее указать в автореферате литолого-геохимические свойства пластов, использовавшихся при моделировании (Карпушин М.Ю., к.г.-м.н., сотрудник кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых, ФГБОУ ВО МГУ, г. Москва);

5. Диаграмма комплексного процесса построения модели ГРП на рис.1 показывает, что при применении данного подхода все составляющие модели взаимозависимы в том смысле, что корректировка каждой из составляющих моделей приводит к повторной адаптации других элементов. Этот процесс достаточно сложный, что было детально показано на схеме. Для улучшения читаемости можно было рассмотреть представленные процессы в разрезе этапов проведения работ; При сопоставлении доли добычи каждой зоны МГРП по данным ГДМ и трассерных исследований не была уточнена последовательность адаптации моделей, которая позволила бы продемонстрировать процесс адаптации или сходимость моделей с исследованиями. Такое уточнение может дополнить работу и упростить задачу тиражирования предложенного подхода в масштабах ВИНК РФ; При оценке потенциального эффекта для всей российской нефтегазовой индустрии были экстраполированы данные, полученные при оценке зависимости добычи от объема пропанта для одной из скважин тюменской свиты. Было показано, что снижение запланированного объема пропанта не приведет к существенному снижению дополнительной добычи и приведет к повышению экономического эффекта. Таким образом, в рассматриваемом случае изначально запланированный объем пропанта оказался завышенным, но в автореферате

не было показано, что данный факт носит повсеместный характер, что должно быть оценено для обоснованной экстраполяции (Лутфуллин А.А. к.т.н, доцент, заместитель начальника Департамента разработки месторождений СП «Татнефть-Добыча» ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, рес. Татарстан, г. Альметьевск);

6. В качестве экспериментального подтверждения разработанного подхода и методик приводится только два примера разработанных технологий МГРП. Возможно, это связано с ограничениями объема автореферата. По разработанной технологии высокоскоростного МГРП не приведены характеристики обработок, параметры жидкости, скорости закачки, количество обработанных зон и полученный результат. Вероятно, такая информация приведена в тексте диссертации, но в автореферате она отсутствует (Хасаншин Р.Н., к.т.н., руководитель направления центра аналитики бурения, внутрискважинных работ и заканчивания, ООО «Газпромнефть НТЦ»; Файзуллин И.Г., директор программ по развитию технологий ГРП, ПАО «Газпром нефть», г. Санкт-Петербург);

7. Замечание к автореферату заключается в сравнительной ограниченности применимости разработанной методики, раскрытой на примере двух геологических объектов. Вполне вероятно, что более широкое освещение опыта применения авторского подхода (включая коллекторские тела отличного от порового типа) позволило бы продемонстрировать не только его работоспособность, но и присущие любым методикам ограничения (Парначев С.В., к.г.-м.н., доцент, заместитель директора АО «Геологика» по науке, г. Новосибирск);

8. Автор приводит комплексный процесс построения модели МГРП, где все входные модели взаимосвязаны, но не указаны параметры связи этих моделей и не приводится параметр обратной связи модели МГРП с входными моделями. В качестве примера оптимизации МГРП приведен расчет зависимости добычи от объема закачанного пропанта. Чаще всего в индустрии используется оптимизация многозонных обработок путем многовариантного расчета чистого дисконтированного дохода, являющегося функцией нескольких переменных, и может иметь множество решений. Было бы полезно указать это в работе и сравнить несколько вариантов. При сравнении параметров работы скважины, полученных методом трассерных исследований, с параметрами добычи, рассчитанной в гидродинамической модели, не указывается способ размещения трассеров, метод и временной интервал их регистрации. Было бы полезно сравнить модельные данные работы каждого порта с фактическими в длительном временном интервале (Варфоломеев М.А., к.х.н, заведующий кафедрой «Разработка и эксплуатация месторождений трудноизвлекаемых углеводородов», ФГАОУ ВО КФУ; Минханов И.Ф., к.т.н, доцент кафедры «Разработка и эксплуатация месторождений трудноизвлекаемых углеводородов», ФГАОУ ВО КФУ, г. Казань).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: Салимов Олег Вячеславович, доктор технических наук по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», менеджер управления научно-технического развития, ООО «Тюменский нефтяной научный

центр», известный ученый и специалист в области гидравлического разрыва пласта и разработки месторождений углеводородов, имеет публикации, связанные с темой, представленной к защите диссертации; **Патутин Андрей Владимирович**, кандидат технических наук по специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела имени Н.А. Чинакала» Сибирского отделения Российской академии наук, имеет публикации, связанные с темой, представленной к защите диссертации; ведущая организация **общество с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть»** – крупнейший научно-исследовательский и проектный институт ПАО «НК «Роснефть». В состав ООО «РН-БашНИПИнефть» входят подразделения, специалисты которых имеют многолетний опыт в моделировании и анализе гидравлического разрыва пласта, публикации в этой области научных исследований и способны оценить научную и практическую значимость защищаемых результатов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных исследований соискателем: **предложен и реализован новый подход** к проектированию многозонного гидроразрыва низкопроницаемых пластов на основе разработанных методик трехмерного моделирования и автоматизированной оптимизации МГРП; **усовершенствована методика** моделирования многозонного гидроразрыва при помощи интеграции данных геофизических исследований скважин, моделирования ГРП и гидродинамического моделирования для низкопроницаемых пластов; **показано**, что основой для моделирования многозонного гидроразрыва низкопроницаемых пластов должны быть взаимосвязанные трехмерные геомеханические, геологические и гидродинамические модели пластов, а также одномерные петрофизические и литолого-геохимические модели пластов; **показано**, что применение в методике моделирования гидроразрыва 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; **разработана методика** автоматизированной оптимизации многозонного гидроразрыва при помощи интеграции данных геофизических исследований скважин, моделирования ГРП и гидродинамического моделирования для низкопроницаемых пластов.

Значение результатов исследования для практики, полученных соискателем. 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 выполнены 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.

Высокая степень достоверности результатов обеспечена использованием широко апробированных методик экспериментальных исследований и современного программного обеспечения ведущих мировых производителей (DecisionSpace®Nexus, DecisionSpace® Geologic Interpretation» и «DecisionSpace® Fracture Productivity, Drillworks®, DecisionSpace®Petrophysics (Halliburton) FracPro®, (Carbo®) Petrel™ subsurface software (Schlumberger)), в которых реализованы надежные математические алгоритмы работы с геологическими моделями и моделями гидроразрыва пласта, такие как: анализ закачек ГРП, построение гидродинамических, геологических, геомеханических и петрофизических моделей. Кроме того, при постановке экспериментов использовалось современное оборудование для тестирования жидкостей ГРП и кернового материала.

Достоверность подтверждается использованием предложенного подхода и разработанных методик при планировании и проведении многозонного ГРП на двух месторождениях. С использованием предложенного подхода разработаны технологии МГРП на основе углеводородных гелей и технологии МГРП на основе водных систем. Выполненные работы продемонстрировали высокую степень соответствия результатов моделирования с экспериментальными данными, что подтверждается скважинными геофизическими и гидродинамическими исследованиями. При этом в результате была существенно повышена эффективность добычи углеводородов из целевых пластов, что подтверждается результатами добычи и гидродинамическими исследованиями скважин. Прикладные возможности подхода и методик были представлены и защищены на НТС в компаниях Севернефтегазпром, Роснефть, Газпромнефть.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методического подход к проектированию МГРП в низкопроницаемых коллекторах. При разработке данного подхода: автором лично **усовершенствована методика** моделирования МГРП на основе интеграции трехмерных геологических, гидродинамических моделей, а также одномерных петрофизической и литолого-геохимической моделей; в соавторстве с А.А. Андреевым **разработана методика** автоматизированной оптимизации МГРП; при разработке данных методик автором было **показано**, что для корректного проектирования МГРП в низкопроницаемых коллекторах необходимо проведение дополнительных исследований скважин, кернового материала, пластовых флюидов и жидкостей гидроразрыва; автором предложены и **разработаны модели** ГРП, МГРП, системы жидкостей ГРП для обработок высокотемпературных и низкотемпературных коллекторов; опытно-промышленные многозонные обработки скважин, **спроектированные** на основе интегрированного подхода, **проведены** при непосредственном участии автора в проектировании работ, корректировке моделей и проведении экспериментов.

Диссертационный совет сделал вывод, что диссертация Астафьева В.Н. «Интегрированное проектирование многозонного гидроразрыва пласта низкопроницаемых коллекторов» соответствует критериям п. 9-11, 14 Положения о присуждении ученых степеней – это научно-квалификационная работа, в которой

созданы методики моделирования и оптимизации МГРП, объединённые в подход к проектированию многозонного гидроразрыва пласта. Полученные в диссертации **новые научные результаты** соответствуют содержанию **пункта 18** («Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений»); **пункта 20** («Интегрированный анализ многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные»); **пункта 23** («Технические средства и технологии геофизического сопровождения проводки, геолого-технологических и ремонтных работ в скважинах»); **пункта 26** («Контроль разработки месторождений полезных ископаемых по данным наземных и скважинных геофизических исследований, включая мониторинг процессов гидроразрыва пластов-коллекторов») паспорта специальности 1.6.9 - «геофизика» по техническим наукам.

На заседании 26.03.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Астафьеву Владимиру Николаевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (по техническим наукам), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 17, «против» - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Заместитель председателя диссертационного совета,
Д.Г.-М.Н.

Ученый секретарь диссертационного совета,
Д.Г.-М.Н., доцент






Селезнев В.С.

Неведрова Н.Н.

28 марта 2025 г.