

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по научной
деятельности и цифровизации
ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»



С.А. Матвеев

«1» сентября 2026 г.

Отзыв

ведущей организации на диссертацию Карачина Вячеслава Игоревича «Комплексный метод ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии и измерительный комплекс для контроля характеристик н-парафинов в нефти», представленную в диссертационный совет 24.2.310.01, созданный на базе ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Актуальность темы диссертации

Разработка и внедрения отечественных решений для добычи и использования трудноизвлекаемых запасов, включая высокопарафинистые нефти, является одним из основных направления обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации, что закреплено в «Энергетической стратегии России до 2050 года». Существующие методы контроля требуют повышения оперативности и увеличения точности оценки состава и свойств нефти: концентрации парафинов, температуры застывания и структуры индивидуальных н-алканов. Важность оценки указанных выше параметров обусловлена процессами образования асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) и увеличением энергозатрат при добыче и транспортировке.

Несмотря на перспективность и большое количество работы по развитию ЯМР-релаксометрии и спектроскопических подходов в отечественной научной школе, сохраняется дефицит приборов и методик для исследования высокопарафинистых нефти. Это ограничивает внедрение

современных измерительных комплексов на месторождениях и снижает технологическую независимость. При этом нефти рассматриваются как сложные нефтяные дисперсные системы, требующие углубленного анализа с использованием комбинированных методов.

Перспективным направлением является предложенное в данной работе совместное использование протонной магнитно-резонансной релаксометрии (ПМРР) с лазерной спектрофотометрии (ЛСФМ). Такой подход позволяет изменять энергетические уровни и динамику протонов, что открывает возможности для оперативного контроля концентрации парафинов, температуры застывания и идентификации н-алканов. Разработка подобных методов и отечественных приборов, включая проточные анализаторы, представляется актуальной задачей для повышения эффективности добычи, транспорта нефти и предотвращения АСПО.

Новизна полученных результатов и выводов

Научная новизна диссертации не вызывает сомнений и определяется оригинальными авторскими решениями. К числу наиболее значимых результатов относятся следующие:

1. Установлены корреляции между концентрациями парафинов в нефтяных дисперсных системах и параметрами ПМР-релаксации и лазерной спектрофотометрии, являющиеся основой методик их контроля при добыче, подготовке и транспортировке нефти.

2. Установлены на основе ПМР-релаксометрии и малоуглового рассеяния света фрактальные особенности сложных структурных единиц (ССЕ) нефти при адсорбции н-парафинов в их сольватном слое. Предложена модель ССЕ.

3. Впервые получены математические соотношения, связывающие параметры ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии с концентрациями парафинов и температурами застывания.

4. Впервые математически обоснована методика измерения концентраций парафинов по изменениям времен релаксации в результате облучения образца парафинистой нефти лазером волнами видимого и ближнего ИК-диапазона.

5. Разработан комплексный метод ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии для контроля характеристик н-парафинов в нефти.

6. Разработан измерительный комплекс для контроля характеристик н-парафинов в нефти.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Результаты диссертационного исследования обладают несомненной теоретической и прикладной значимостью.

Теоретическая значимость заключается в развитии научных основ комплексного метода контроля характеристик н-парафинов, базирующегося на модели эволюции намагниченности протонов при лазерном облучении. Это расширяет возможности структурно-динамического анализа нефтяных дисперсных систем и создает теоретическую базу для создания нового поколения измерительных средств.

Практическая значимость определяется возможностями комплексного метода (ПМРР+ЛСФМ) для оперативного контроля парафинов в процессах добычи и подготовки нефти. Разработаны экспресс-методики контроля: концентраций парафинов, температур застывания в нефти и дизельном топливе комплексным методом ПМРР+ЛСФМ и методика идентификации н-алканов методом ПМР-релаксометрии.

Результаты работы внедрены в ВНИИР – филиале ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и на кафедре приборостроения и мехатроники ФГБОУ ВО «КГЭУ», где используются в учебном процессе. Методики и приборы апробированы на образцах АО «Транснефть-Прикамье» и ПАО «Татнефть».

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Обоснованность научных положений и выводов подтверждается обширным объемом экспериментальных данных, полученных на стандартных образцах и реальных нефтях отечественных и зарубежных месторождений, использованием современных цифровых методов конструирования, математического моделирования и обработки данных (Advanced Grapher). Это позволило добиться значимых результатов в развитии цифрового приборостроения в нефтедобывающей отрасли.

Работу отличает глубина и тщательность исследования рассматриваемых вопросов, последовательная и убедительная аргументация выводов. Соискатель продемонстрировал умение корректно вести научную дискуссию, доказывать собственную точку зрения, анализировать и обобщать экспериментальный материал. Положения, выносимые на защиту, представляются весьма убедительными. Высокая степень научной достоверности обеспечена использованием апробированных методов, солидной теоретической основой и репрезентативной экспериментальной базой.

Важно подчеркнуть всесторонний характер проведенного исследования, последовательность содержащихся в нем предложений и выводов, чему во многом способствовала удачная структура диссертации. Диссертация содержит 164 страницы основного текста, 12 таблиц и 69 рисунков. Список литературы включает 143 наименования.

По теме диссертации опубликовано 10 работ, включая 2 статьи в отечественных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных WoS и SCOPUS, 2 публикации в материалах международных конференций (SCOPUS), 1 патент РФ, 2 статьи в прочих рецензируемых научных изданиях, 3 публикации в сборниках материалов международных и национальных научных конференций.

Материалы диссертации докладывались на следующих конференциях:

- 13-я Международная научная конференция «Технические и технологические системы», Краснодар, 2022 г.;
- 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE 2022), Москва, 2022 г.;
- VIII Национальная научно-практическая конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве», Казань, 2022 г.;
- Международный научно-исследовательский конкурс «Исследовательская инициатива – 2023», Петрозаводск, 2023 г.

Содержание диссертации соответствует автореферату и паспорту специальности 2.2.8.

Замечания по диссертационной работе

Вместе с тем диссертация не лишена недостатков:

1. В работе не приведено сравнение предлагаемых экспресс-методик с методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), который широко используется для оценки температур фазовых переходов в нефтях. Такое сравнение могло бы дополнительно подтвердить достоверность результатов.

2. При обосновании фрактальной модели SSE следовало бы более детально рассмотреть влияние соотношения нормальных и изо-алканов на параметр фрактальности и, соответственно, на точность идентификации парафинов.

3. Разработанный измерительный комплекс апробирован в лабораторных условиях; для подтверждения его работоспособности в режиме

«он-лайн» требуются дополнительные испытания на реальных потоках скважинной жидкости с учетом влияния газосодержания и скорости потока.

4. Формулы (4.5), (4.8) и (4.10) содержат ошибки, требующие корректировки.

5. Насколько корректна оценка погрешности с тремя значащими разрядами (стр. 102).

6. Каким образом из формулы (5.1) получена формула (5.3)?

7. Каким образом получена аппроксимация формулой (4.13) кривых, представленных на рисунке 4.10.

8. Рисунок 5.1 не информативен и содержит малое количество точек. Насколько адекватна аппроксимация указанных на нем данных.

9. Требуется дополнительное пояснение из каких соображений выбирались математические модели данных, представленных на рисунках 5.5, 5.6 и 5.8. Например, остается вопрос правильно ли описывает формула (5.11) кривую 2, представленную на рисунке 5.6.

10. Формулировка выводов по работе в Заключение очень общая, не представлены сведения о преимуществах, технических параметрах и ограничениях предложенных методик и аппаратно-программных средств. В названии работы и ее цели заявлена разработка комплексного метода ПМР-релаксаметрии и лазерной спектрометрии, в выводах по работе не сказано, что такой метод был разработан, хотя и приводится информации по разработке нескольких методик.

11. В п. 11 Заключения описывается таблица, на которую нет ссылки в тексте. Скорее всего имеется в виду таблица 5.1. Однако никакого описания этой таблицы в тексте диссертации найти не удалось. Хотелось бы видеть более подробный анализ таблицы, выносимой в качестве отдельного пункта выводов по работе.

12. Диссертация оформлена небрежно. Графики плохо читаются. На многих рисунках представлены фотографии экранов, вместо скриншотов (например, рисунки 4.1 и 4.2). Рисунки 4.4 – 4.6 не информативны и их расположение не соответствует ГОСТ. На странице 102 в последнем абзаце не указано значение систематической погрешности. В разделе 5.7 приведено большое количество формул с новой нумерацией и без комментариев. Не ясно назначение этого раздела.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором в дальнейших исследованиях. Они не снижают научной и методической ценности диссертационной работы и важности проведенных исследований.

Заключение

Результаты диссертации рекомендованы к внедрению в нефтегазодобывающих управлениях ПАО «Татнефть», ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт».

Изложенное позволяет сделать вывод, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, характеризуется внутренним единством, содержит новые обоснованные научные результаты и положения. Основные научные результаты диссертации прошли апробацию, что отражено в публикациях и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация на тему «Комплексный метод ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии и измерительный комплекс для контроля характеристик n-парафинов в нефти» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические (измерительный комплекс), технологические (комплексный метод) и методические (методики контроля параметров нефти) решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие нефтяной отрасли страны, импортозамещение, петроинформатику и цифровизацию процессов на цифровых нефтяных месторождениях.

По своей актуальности, новизне, научно-практической значимости и соответствию практике неразрушающего и аналитического контроля природной среды, материалов и изделий диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук согласно пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (в редакции Постановления Правительства РФ № 1382 от 16.10.2024), а ее автор, Карачин Вячеслав Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры радиоэлектроники и информационно-измерительной техники ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», протокол № 3 от 02 сентября 2026 г.

Заведующий кафедрой радиоэлектроники
и информационно-измерительной техники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
канд. техн. наук, доцент
Шахтурин Денис Владимирович

420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, 31/7, 5-е учебное здание КАИ, к. 402
Тел.: +7 843 231-59-47; E-mail: dvshakhturin@kai.ru

Составитель отзыва:
профессор кафедры радиоэлектроники
и информационно-измерительной техники
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
д-р техн. наук, профессор
Евдокимов Юрий Кириллович

420111, г. Казань, ул. Карла Маркса, 31/7, 5-е учебное здание КАИ, к. 415
Тел.: +7 843 231-59-47; E-mail: yukevdokimov@kai.ru

Матвеев Станислав Алексеевич,
и.о. проректора по научной деятельности и цифровизации
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева -КАИ»
420111, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, 10
Тел.: +7 (843) 238-91-69; E-mail: SAMatveev@kai.ru

Подпись Шахтурин Д.В.
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля

