

Отзыв

**официального оппонента Фаттахова Яхьи Валиевича на диссертацию
Карачина Вячеслава Игоревича на тему «Комплексный метод ПМР-
релаксометрии и лазерной спектрофотометрии и измерительный
комплекс для контроля характеристик н-парафинов в нефти»,
представленную 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

Развитие нефтедобывающей отрасли в условиях импортозамещения и реализации «Энергетической стратегии России до 2050 г.» требует создания новых отечественных приборов и методик для контроля трудноизвлекаемых запасов, к которым относятся высокопарафинистые нефти. Увеличение доли таких нефтей (до 20–30 %) и связанные с этим проблемы образования асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО), роста энергопотребления при транспортировке и ухудшения качества товарной нефти делают задачу оперативного контроля концентрации парафинов и температур застывания критически важной для технологической независимости и безопасности страны.

Существующие стандартные методы по ГОСТ 11851-2018 определения содержания парафинов и температур застывания характеризуются высокой трудоемкостью, длительностью (до 8 часов) и значительной погрешностью (до ± 15 %), что делает их непригодными для экспресс- и, тем более, проточного он-лайн контроля в процессах добычи и подготовки нефти. При этом, как справедливо отмечает автор, из-за химической инертности парафинов и отсутствия серийного выпуска отечественных ЯМР-анализаторов, наблюдается острый дефицит приборных и методических решений для оперативной оценки характеристик парафинов непосредственно на промыслах.

В связи с этим диссертационная работа Карачина В.И., направленная на разработку и внедрение нового комплексного метода, сочетающего протонную магнитную резонансную релаксометрию (ПМРР) и лазерную спектрофотометрию (ЛСФМ), а также создание на его основе измерительного комплекса для оперативного контроля концентраций н-парафинов, температур застывания и идентификации индивидуальных алканов является, безусловно, актуальной и имеет важное значение для развития отечественного приборостроения и обеспечения технологического суверенитета нефтяной отрасли.

Новизна полученных в диссертации результатов

В диссертационной работе автором получены следующие новые научные результаты:

1. Установлены корреляции между концентрациями парафинов в нефтяных дисперсных системах (НДС) и параметрами ПМР-релаксации (времена спин-спиновой релаксации T_{2B}) и сигналом лазерной спектрофотометрии (СФТ), что создает основу для разработки новых экспресс-методик контроля с уникальными возможностями.

2. На основе ПМР-релаксометрии и малоуглового рассеяния света выявлены фрактальные особенности сложных структурных единиц (ССЕ) нефти при адсорбции н-парафинов в их сольватном слое. Это позволило автору предложить уточненную модель ССЕ, что расширяет фундаментальные представления о строении нефтяных дисперсных систем.

3. Впервые получены математические соотношения, связывающие параметры ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии с концентрациями парафинов и температурами застывания нефтей и дизельного топлива, что обеспечивает метрологическое обоснование новых методик.

4. Разработана и математически обоснована методика измерения концентраций парафинов по изменениям времен релаксации ΔT_{2B} , индуцированным облучением образца лазером в видимом и ближнем ИК-диапазоне. Это принципиально новый подход, позволяющий преодолеть "невидимость" парафинов для традиционных физических полей.

5. Разработан комплексный метод ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии и на его основе создан измерительный комплекс, предназначенный для оперативного контроля характеристик n-парафинов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов и выводов

Разработанные Карачиным В.И. научные положения, полученные аналитические выражения, математические модели и выводы обоснованы и подтверждены в полном объеме. Достоверность результатов обеспечивается корректной постановкой задач, применением апробированных методов физического эксперимента (ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии), использованием современных методов математической статистики и обработки данных (в т.ч. в программе Advanced Grapher), а также хорошей сходимостью полученных результатов с независимыми данными ГОСТ и данными других исследователей для стандартных образцов.

Результаты неоднократно апробированы на представительной выборке отечественных (ПАО «Татнефть», «Транснефть-Прикамье») и зарубежных (СП «Вьетсовпетро») нефтей, что подтверждает их воспроизводимость и практическую применимость.

Это позволяет утверждать, что защищаемые Карачиным В.И. научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы обоснованы и достоверны.

Обоснованность полученных результатов подтверждается также публикациями: по теме диссертации опубликовано 10 научных работ, включая 2 статьи в отечественных рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах WoS и SCOPUS, 2 публикации в материалах международных конференций (SCOPUS), 1 патент РФ на изобретение, а также другие публикации.

Основные результаты докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях (Краснодар, Москва, Казань, Петрозаводск) в период с 2022 по 2024 гг., что свидетельствует о серьезной и планомерной работе автора в выбранном направлении.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа представляет собой рукопись общим объемом 164 страницы машинописного текста, содержит 12 таблиц и 69 рисунков. Список литературы включает 143 наименования. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Структура и содержание работы полностью соответствуют поставленным целям и задачам исследования, отражают логику научного поиска. Материал изложен технически грамотно, рисунки и графики наглядны и хорошо иллюстрируют выводы автора. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Работа соответствует научной специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» по пунктам 1, 3, 6.

Теоретическая и практическая значимость полученных в диссертации результатов

Диссертационная работа Карачина В.И. решает важную научно-практическую проблему создания современных информационно-

измерительных средств для контроля трудноизвлекаемых запасов нефти. Автором разработаны научно обоснованные методы обеспечения достоверности измерений релаксационных параметров и характеристик нефти методом ПМР в сочетании с ЛСФМ для проточного экспресс-контроля на объектах добычи и подготовки нефти.

Теоретическая значимость работы заключается в создании научных основ комплексного метода, базирующегося на модели эволюции намагниченности протонов при лазерном облучении, что расширяет теоретические представления о физико-химических процессах в нефтяных дисперсных системах и обосновывает новые подходы к их контролю.

Практическая значимость работы заключается в:

1. Разработке и внедрении экспресс-методик определения концентрации парафинов, температур застывания и идентификации н-алканов, которые значительно превосходят существующие аналоги по оперативности (время анализа 1–2 минуты против нескольких часов по ГОСТ).

2. Создании и испытании измерительного комплекса, сочетающего ПМР-релаксометр с лазерным спектрофотометром, что позволяет проводить исследования непосредственно в лабораторных условиях и создает основу для разработки проточного анализатора для работы непосредственно на скважине.

3. Внедрении результатов работы в учебный процесс и научно-исследовательскую деятельность КГЭУ, а также в практику работы ведущих отраслевых предприятий и организаций, что подтверждено соответствующими актами внедрения.

Достоинства диссертации

Достоинством работы является комплексный подход к решению проблемы, сочетающий глубокий теоретический анализ физических

процессов с разработкой конкретного приборного обеспечения и метрологически проработанных методик. Автором убедительно показана взаимодополняемость методов ПМРР и ЛСФМ, что позволило получить новое качество контроля – эффективно идентифицировать инертные компоненты нефти. Особого внимания заслуживает предложенная методика идентификации n-алканов по временам релаксации и молекулярной массе, которая является уникальным инструментом для детального анализа состава парафинов.

В качестве **замечаний** по работе можно отметить:

1. В работе рассматривается несколько типов лазерных источников (405, 525, 650, 808, 1825 нм). Следовало бы более четко обосновать выбор оптимальной длины волны для рутинного контроля концентрации парафина с точки зрения соотношения чувствительности, стабильности, надежности и стоимости, а также доступности источника в условиях промышленной эксплуатации.

2. В пятой главе приведены полезные корреляции и методики, но некоторые из них (например, для идентификации алканов) основаны и на своих результатах, и на литературных данных исследований нефтей. В дальнейших работах было бы желательно привести экспериментальные подтверждения разработанной методики идентификации на модельных смесях известного состава.

3. Отмеченный высокий уровень корреляции $R^2 = 0,99$ для методики идентификации по молекулярной массе требует уточнения диапазона применимости, поскольку для высокомолекулярных парафинов в реальной нефти могут наблюдаться более сложные зависимости.

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы и важности проведенных исследований.

Заключение по диссертационной работе

На основании анализа диссертации, автореферата и опубликованных автором работ считаю, что диссертационная работа Карачина Вячеслава Игоревича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу.

Диссертация содержит оригинальное решение актуальной научной задачи по разработке комплексного метода и измерительного комплекса для оперативного контроля характеристик н-парафинов в нефти, основанного на синергии ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии. Полученные результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью и открывают возможности для создания приборов нового класса с улучшенными метрологическими характеристиками для применения в технологических процессах добычи и транспортировки нефти.

Поставленная в работе научно-техническая цель достигнута. С учетом актуальности, научной новизны, теоретической и практической значимости считаю, что диссертация «Комплексный метод ПМР-релаксометрии и лазерной спектрофотометрии и измерительный комплекс для контроля характеристик н-парафинов в нефти» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», 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».

Официальный оппонент,

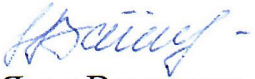
кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник,

ведущий научный сотрудник – заведующий Лабораторией

методов медицинской физики

Казанского физико-технического института
имени Е.К. Завойского - обособленного
структурного подразделения
ФГБУН «Федеральный исследовательский
центр «Казанский научный центр РАН»


Фаттахов Яхья Валиевич

« 7 » сентября 2026 г.

Контактные данные:

420111, г. Казань, ул. Лобачевского, дом 2/31, ком. 28

Тел. +7 (987) 290-54-77

e-mail: yfattakhov@yandex.ru

