

Заключение диссертационного совета 24.2.312.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени доктора наук аттестационное дело № _____ решение диссертационного совета от 23.12.2025 г. № 14

О присуждении Хабриеву Ильнару Шамилевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора химических наук.

Диссертация «Термодинамические основы процессов диспергирования и экстракции с использованием сверхкритических флюидных сред» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 16.09.2025 г. (протокол заседания № 10) диссертационным советом 24.2.312.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68; совет утвержден приказом Рособнадзора от 18.01.2008 г. № 1–50 (приказом Минобрнауки России № 714/нк от 02.11.2012 г. диссертационный совет 24.2.312.01, созданный на базе ФГБОУ ВО «КНИТУ», признан соответствующим действующим требованиям «Положения о совете...», приказом Минобрнауки России № 561/нк от 03.06.2021 г. диссертационному совету 24.2.312.01 установлены полномочия по защитах диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на срок действия номенклатуры научных специальностей).

Соискатель Хабриев Ильнар Шамилевич, 16.02.1987 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Термодинамические характеристики систем в рамках задач диспергирования, смешения и инкапсулирования, решаемых с использованием метода сверхкритического флюидного антирастворителя» по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника защитил в 2017 году в диссертационном совете, созданном на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ». В период с 01.07.2023 по 31.12.2025 Хабриев И.Ш. являлся докторантом ФГБОУ ВО «КНИТУ». Работает доцентом кафедры теоретических основ теплотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретических основ теплотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, доцент Хайрутдинов Венер Фаилевич, и.о. заведующего кафедрой теоретических основ теплотехники ФГБОУ ВО «КНИТУ».

Официальные оппоненты:

– **Киселев Михаил Григорьевич**, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, лаборатория 1-2 «ЯМР-спектроскопия и численные методы исследования жидких систем», директор, заведующий лабораторией;

– **Викторов Алексей Исмаилович**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра физической химии, профессор;

– **Верещагина Яна Александровна**, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», кафедра физической химии, профессор,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой физической и коллоидной химии, доктором химических наук, профессором Винокуровым Владимиром Арнольдовичем, указала, что особую актуальность работе Хабриева И.Ш. придает тот факт, что в настоящее время наблюдается значительный прогресс в области создания оборудования для работы со сверхкритическими флюидами, однако эффективность его использования сдерживается недостатком фундаментальных данных о термодинамических свойствах многокомпонентных систем в сверхкритической области. Проведенное исследование восполняет этот пробел, предоставляя необходимую информацию для проектирования и оптимизации. Полученные данные вносят значительный вклад в понимание природы фазовых превращений и структурных изменений в суб- и сверхкритических флюидах на микроскопическом уровне. Разработанные и верифицированные методики описания фазовых равновесий с использованием уравнений состояния Пенга-Робинсона, PC-SAFT

и CP-PC-SAFT представляют ценность для дальнейшего развития теоретических основ химической термодинамики. Особого внимания заслуживает исследование критических аномалий в поведении теплофизических свойств систем вблизи критической точки сверхкритической флюидной (СКФ) смеси. Выявленные закономерности, такие как наличие характерных ветвей теплоемкости (восходящей и нисходящей), разделенных областью фазового перехода, а также постепенное исчезновение максимума теплоемкости при давлениях 7-9 МПа, вносят важный вклад в понимание поведения многокомпонентных систем в критической области. Практическая ценность работы подтверждается конкретными результатами внедрения: 1. Результаты исследований процесса смешения полимеров внесены в базу данных ПАО «Казаньоргсинтез»; 2. Данные по термодинамическим свойствам систем, участвующих в процессе СКФ экстракции углеводородов из асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), интегрированы в базу данных ОАО «Татнефтехиминвест-Холдинг»; 3. Разработанные технологические решения (процессы очистки от АСПО, метод получения полимерных композитов) защищены патентами и имеют высокий инновационный потенциал для создания ресурсосберегающих технологий в нефтедобывающей и химической отраслях; 4. Созданная база данных по фазовому равновесию в бинарных системах «пар-жидкость» (Свидетельство о государственной регистрации №2025621810) представляет практический интерес для научных и проектных организаций. Экономический эффект от внедрения разработанных технологий может быть значительным, учитывая масштабы проблем, связанных с образованием АСПО в нефтедобыче и переработкой полимерных отходов. Ведущая организация делает заключение, что диссертация Хабриева Ильнара Шамилевича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема физической химии по установлению физико-химических основ процессов сверхкритической флюидной экстракции углеводородов и диспергирования полимерных материалов, имеющих важное значение для развития нефтегазохимического комплекса и создания полимерных композитов нового поколения. В работе комплексом современных методов, включая оригинальные экспериментальные разработки и теоретическое моделирование, впервые установлены количественные закономерности, связывающие фазовое поведение многокомпонентных систем в сверхкритическом состоянии с эффективностью технологических процессов. Полученные результаты позволяют целенаправленно выбирать экстрагенты и растворители, оптимизировать режимные параметры и прогнозировать свойства конечных продуктов, что открывает путь к созданию энерго- и ресурсосберегающих технологий. Содержание диссертации соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства

Российской Федерации от 24.09.2013 г № 842 (в редакции от 25.11.2024 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор – Хабриев Ильнар Шамилевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Соискатель имеет 101 опубликованную работу, все по теме диссертации, в том числе: 55 статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России по группе научных специальностей 1.4. Химические науки, 6 статей в журналах, входящих в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России по другим группам научных специальностей, 2 статьи в иных источниках и 29 тезисов докладов на конференциях различного уровня. По результатам работы опубликована 1 монография, зарегистрировано 5 патентов на изобретение и 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Авторский вклад соискателя составляет около 81 %.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. **Khabriev, I.Sh.** Experimental study of phase-equilibrium properties of binary mixtures of supercritical solvents with the main component of asphaltene – resin paraffin deposits for the preventing and removing inside oil wells / **I.Sh. Khabriev**, V.F. Khairutdinov, T.R. Akhmetzyanov, I.R. Gabitov, F.N. Shamsetdinov, I.M. Abdulagatov // Journal of Supercritical Fluids. – 2025. – Vol. 225. – Art.Num. 106707 (*Согласно п.5 Приказа №1586 от 12.12.2016 г. «Об утверждении правил формирования перечня рецензируемых научных изданий...» с поправками согласно Приказу № 99 от 12.03.2018 г.; согласно международной классификации – Q1; согласно рекомендациям ВАК при Минобрнауки России от 21.12.2023 г. №3-пл/1 – K1; уровень в «белом списке» – I).*);

2. **Khabriev, I.Sh.** Partial molar and microstructural properties of binary propane + o-toluidine system near the critical point of pure solvent based on the VLE measurements and modeling with CP-PC-SAFT and mg-SAFT equation of states / **I.Sh. Khabriev**, V.F. Khairutdinov, T.R. Akhmetzyanov, G.I. Radifovich, I. Polishuk, I. Abdulagatov // Journal of Chemical Thermodynamics. – 2025. – Vol. 201. – Art.Num.107395 (*Согласно п.5 Приказа №1586 от 12.12.2016 г. «Об утверждении правил формирования перечня рецензируемых научных изданий...» с поправками согласно Приказу № 99 от 12.03.2018 г.; согласно международной классификации – Q2; согласно рекомендациям ВАК при Минобрнауки России от 21.12.2023 г. №3-пл/1 – K1; уровень в «белом списке» – 2).*);

3. **Khabriev, I.Sh.** Experimental and modeling study of isothermal VLE properties of the supercritical C_3H_8 + benzylamine mixture / **I.Sh. Khabriev**, V.F. Khairutdinov, T.R. Akhmetzyanov, I. Polishuk, I.M. Abdulagatov // Journal of the Taiwan Institute of Chemical

Engineers. – 2024. – Vol. 163. – Art.Num. 105624 (Согласно п.5 Приказа №1586 от 12.12.2016 г. «Об утверждении правил формирования перечня рецензируемых научных изданий...» с поправками согласно Приказу № 99 от 12.03.2018 г.; согласно международной классификации – Q1; согласно рекомендациям ВАК при Минобрнауки России от 21.12.2023 г. №3-пл/1 – K1; уровень в «белом списке» – I);

4. **Khabriev, I.Sh.** VLE properties and the critical parameters of ternary mixture of CO₂ + toluene/dichloromethane involved in the SEDS precipitation process / **I.S. Khabriev, V.F. Khairutdinov, F.M. Gumerov, R.M. Khuzakhanov, R.M. Garipov, I. Abdulagatov** // Journal of Molecular Liquids. – 2021. – Vol. 337. – Art.Num. 116371 (Согласно п.5 Приказа №1586 от 12.12.2016 г. «Об утверждении правил формирования перечня рецензируемых научных изданий...» с поправками согласно Приказу № 99 от 12.03.2018 г.; согласно международной классификации – Q1; согласно рекомендациям ВАК при Минобрнауки России от 21.12.2023 г. №3-пл/1 – K1; уровень в «белом списке» – I).

На автореферат диссертации поступили отзывы от: доктора технических наук, доцента, директора института морских технологий, энергетики и строительства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» **Александрова И.С.**; доктора технических наук, профессора кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова» **Варанкиной Г.С.**; доктора химических наук, доцента, и.о. заведующего кафедрой аналитической химии ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» **Гуськова В.Ю.**; доктора технических наук, главного научного сотрудника, заведующего лабораторией химии гетерогенных процессов ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН **Сабирзянова Н.А.** и кандидат химических наук, старшего научного сотрудника той же лаборатории **Скачкова В.М.**; доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН **Тихомирова А.А.** и кандидата технических наук, доцента, ведущего научного сотрудника того же института **Петрова Д.В.**; кандидата химических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «ФИЦ «Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН» **Чибиряева А.М.**; доктора химических наук, профессора, генерального директора АО «Татнефтехиминвест-холдинг» **Яруллина Р.С.**

Все отзывы **положительные**. Имеются вопросы и замечания: 1. Результаты исследования теплофизических свойств и фазовых равновесий представлены в виде маломасштабных графиков, что делает невозможным их анализ и обработку другими исследователями. Размеры шрифта в наименованиях осей не позволяют в полной мере оценить представленные результаты. Кроме этого, отсутствует информация о

погрешности измерения экспериментальных данных; 2. Все уравнения состояния, использованные для математического описания полученных результатов, использованы без кроссоверных функций. Насколько это влияло на результаты моделирования? Когда при проведении термодинамических расчетов СКФ-технологий необходимо учитывать неклассическое поведение сверхкритического флюида? (Александров И.С.); 1. Анализ состояния вопроса структурирован нечётко; 2. В большинстве подразделов, посвященных методикам, приведены лишь ссылки на соответствующие стандартные методики и общие требования к испытаниям без расписания последовательных действий по подготовке образцов, по проведению измерений и испытаний; 3. На рис. 7 – Диаграмма фазового равновесия системы «CO₂-н-трикозан» практически не видны надписи по осям, что затрудняет понимание (Варанкина Г.С.); 1. На основании каких конкретных критериев Вы относите исследованные бинарные системы к тому или иному типу по классификации Скотта и Коненбурга? Можно ли по значениям критических параметров ($T_{кр}$, $P_{кр}$) предсказать тип фазовой диаграммы для новой, неисследованной системы? 2. Какова степень химической инертности компонентов в условиях эксперимента, и не могли бы побочные реакции повлиять на достоверность определения границ фазовых переходов? (Гуськов В.Ю.); 1. Из автореферата осталось неясным, как использовалась оптическая ячейка высокого давления в установке, представленной на рис. 1. Какой параметр и посредством чего контролировался сквозь ее окно? 2. На рисунках, демонстрирующих экспериментальные данные (6-13, 16-19 и т.д.), отсутствуют доверительные интервалы (Тихомиров А.А., Петров Д.В.); 1. Рассматривая диаграммы фазового равновесия бинарных систем «CO₂-парафины» (Рисунки 6-7) и «CO₂-анилины» (Рисунки 9-10) и комментируя не всегда высокую точность применённых версий уравнений состояния (УС PC-SAFT и PR), соискатель указывает на возможность «улучшения результатов», если использовать «предиктивные подходы» с подбором значений обменных коэффициентов k_{ij} (т.н. «параметров бинарного взаимодействия»). В связи с таким времязатратным ручным подходом параметризации уравнений состояния возникает вопрос: не пробовал ли соискатель проводить подобную параметризацию с использованием обученной нейронной сети, что сейчас становится уже обычной процедурой для тонкой настройки разных уравнений состояния применительно к конкретным системам? 2. Если обратиться к рисункам с диаграммами фазового равновесия систем и сравнить экспериментальные кривые с расчётными, можно сделать заключение, что предсказательный потенциал и точность УС в отношении смесей на основе пропана/бутана выше, чем при использовании CO₂. Есть ли какое-то физическое объяснение этому факту? Сюда же (см. Таблицу 1): можно ли по величине k_{ij} что-то сказать о силе парного взаимодействия соответствующих компонентов рассмотренных систем? Можно ли величину k_{ij} связать с химическим

сродством этих компонентов? 3. Изучая диспергирование «термодинамически несовместимых полимеров» (цитата, стр. 22) методом SEDS, соискатель, тем не менее, получает «системы с повышенной степенью структурной упорядоченности», характеризующиеся более высоким значением удельной теплоты плавления и степени кристалличности (см. стр. 24). Неясно, что соискатель вкладывает в понятие «термодинамически несовместимые полимеры», если в результате их совместного диспергирования получаются термодинамически более устойчивые смеси с повышенным уровнем упорядоченности? Нет ли здесь терминологического или какого другого противоречия? 4. Таблица 8, стр. 27. Очень странно видеть, как повышение температуры диспергирования методом SEDS с 40°C до 60°C в три раза понижает теплоту плавления смеси 50:50 диспергированных сополимеров СЭВА-113 (полиэтиленвинилацетат) и СКН-18 (бутадиен-нитрильный каучук). Приведённое в автореферате описание внешнего вида полученной полимерной композиции при отсутствии каких-либо дополнительных комментариев и обсуждений никак не объясняет этот феномен. В чём причина резкого снижения величины теплоты плавления? Изменяется ли эта величина и как после плавления и застывания диспергированного сополимера? (**Чибирьев А.М.**); 1. Исходя из Вашего опыта, какие принципиальные ограничения или «узкие места» Вы видите в масштабировании технологий СКФ-экстракции АСПО и СКФ-диспергирования полимеров до промышленного уровня? (**Яруллин Р.С.**).

Выбор официальных оппонентов проводился из числа специалистов, компетентных в вопросах как химической термодинамики, так и физической химии в целом, а также моделирования структуры и динамики молекулярных жидкостей и растворов при нормальных и сверхкритических условиях; обосновывался их публикационной активностью в этой области и способностью дать профессиональную оценку новизны и научно-практической значимости данного диссертационного исследования.

Ведущая организация, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, в частности, кафедра физической и коллоидной химии, на заседании которой обсуждался отзыв на диссертацию Хабриева И.Ш., имеет значительные достижения в области фундаментальных и прикладных исследований физикохимии многофазных систем, включая термодинамику фазовых равновесий, гидратообразование и создание композитных материалов, что составляет прямую непосредственную научную базу для работы со сверхкритическими флюидами в процессах диспергирования и экстракции. По этим направлениям сотрудниками указанной кафедры опубликовано большое количество статей в таких авторитетных научных изданиях, как Journal of Molecular Liquids, Polymers, International Journal of Molecular Sciences, Materials, Materials Letters,

International Journal of Hydrogen Energy, Химия и технология топлив и масел [Chemistry and Technology of Fuels and Oils], Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина и др., материалы неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях.

Диссертационный совет 24.2.312.01 отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

– *разработаны* методики исследования физико-химических свойств бинарных и тройных систем, участвующих в процессах сверхкритического флюидного диспергирования полимерных материалов и сверхкритической флюидной экстракции углеводородов из асфальтосмолопарафиновых отложений, в том числе равновесий «пар-жидкость», критических точек смесей, аномалий в поведении термодинамических и теплофизических свойств в околокритической области;

– *определены* количественные характеристики фазовых равновесий систем «CO₂ – углеводороды парафинового ряда», «пропан/н-бутан – углеводороды парафинового ряда» и «CO₂ – ароматический углеводород», «пропан/н-бутан – ароматический углеводород», а также значения критических параметров (давление, температура) и состав для рассмотренных систем;

– *установлено*, что фазовые диаграммы систем «н-тетрадекан – CO₂», «н-тетрадекан – пропан/н-бутан», «октадекан – пропан/н-бутан», «тетракозан – пропан/н-бутан», «гексадекан – пропан», «гексадекан – пропан/н-бутан», «н-трикозан – пропан/н-бутан», «бифенил – пропан/н-бутан», «этилбензол – CO₂», «этилбензол – пропан», «бензиламин – пропан», «о-толуидин – пропан», «пиридин – CO₂», «CO₂ – толуол/дихлорметан», «CO₂ – (N-метилпирролидон/хлороформ)», «CO₂ – толуол/хлороформ» принадлежат к фазовому поведению I типа (по классификации Скотта и Коненбурга) с непрерывной критической кривой между компонентами системы, а системы «н-трикозан – CO₂», «фенол – пропан», «анилин – CO₂», «анилин – пропан», «о-толуидин – CO₂» относятся к III типу фазового поведения (по указанной выше классификации) и характеризуются наличием разрыва критической линии раствора вблизи легколетучего компонента и минимума на данной кривой;

– *раскрыты* возможности математического описания и обобщения экспериментальных данных по фазовому равновесию бинарных и тройных систем уравнениями состояния PC-SAFT, CP-PC-SAFT и Пенга-Робинсона как в полностью прогнозном режиме ($k_{12} = 0$), так и с использованием регулируемого параметра бинарного взаимодействия ($k_{12} \neq 0$);

– *показано*, что модель PC-SAFT лучше прогнозирует равновесие «жидкость-пар» в низкотемпературном диапазоне, в то время как модель CP-PC-SAFT более точна

вблизи критической точки и превосходит другие модели в прогнозировании ключевых термодинамических свойств (плотность, скорость звука, теплоемкость и др.) как для растворителей, так и для растворенных веществ. Результаты моделирования *подтверждены* соответствующими экспериментальными данными;

– *обнаружены* аномальные изменения теплоемкости вблизи критической точки сверхкритического флюидного растворителя для рассмотренных бинарных систем. При этом *выявлены* следующие закономерности: характерный для фазового перехода аномальный пик в системах на основе сверхкритического CO₂ сглаживается и полностью исчезает с ростом давления – в диапазоне 7-9 МПа для бинарных систем «CO₂ – полимер» и при давлениях 7-19 МПа для более сложных тройных систем «CO₂ – полимер – органический растворитель», что свидетельствует об изменении характера межмолекулярных взаимодействий в данной системе;

– *показано*, что парциальные молярные свойства смесей расходятся отрицательно в критических точках растворителей (CO₂ и C₃H₈), в то время как структурные параметры имеет положительную сингулярность; *установлены* зависимости выхода углеводородов из асфальтосмолопарафиновых отложений от термодинамических условий (температура и давление) и природы растворителя в процессе сверхкритической флюидной экстракции;

– *определены* кинетические характеристики выделения углеводородов из асфальтосмолопарафиновых отложений в сверхкритическом пропан/бутановом экстракционном процессе;

– *найден*о, что для смешения полярных и неполярных полимеров, возможности предложенного метода SEDS по сравнению с традиционными методами смешения полимеров обеспечивают повышение теплоты плавления смесей и значительное улучшение механических свойств некоторых составов;

– *констатировано*, что смешение в рамках метода SEDS приводит к увеличению степени кристалличности и, соответственно, к совершенствованию структуры полимерной матрицы;

– *установлены* зависимости физико-химических свойств и морфологии композиций полярных и неполярных полимеров от термодинамических условий осуществления сверхкритического флюидного диспергирования;

– *предложена* обобщенная схема по подбору оптимального потенциального экстрагента для процессов сверхкритической флюидной экстракции, а также растворителя для процессов сверхкритического флюидного диспергирования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

– *сформирован* новый профильный сегмент базы данных по физической химии, включающий уникальные экспериментальные данные по фазовым равновесиям,

критическим параметрам и теплофизическим свойствам широкого спектра бинарных и тройных систем с участием сверхкритических флюидов;

- *получены* новые знания, углубляющие понимание природы сверхкритического состояния, в частности, путем установления закономерностей фазового поведения и классификации диаграмм для систем «углеводород/ароматическое соединение – СКФ-растворитель» согласно типологии Скотта и Коненбурга;

- *развит* теоретический аппарат химической термодинамики за счет успешного применения и сравнительного анализа современных уравнений состояния (Пенга-Робинсона, PC-SAFT, CP-PC-SAFT) для описания сложных систем, включая ассоциирующие жидкости;

- впервые на основе параметра Кричевского *проведен расчет* парциальных молярных свойств (теплоемкости, объема, энтальпии) и микроструктурных характеристик (размера кластера) в околокритической области, что вносит вклад в теорию критических явлений;

- *разработан* обобщенный алгоритм термодинамического подбора оптимального экстрагента/растворителя, устанавливающий связь между типом фазового равновесия системы и эффективностью технологического процесса, что представляет собой новую теоретическую модель для проектирования;

- *получены* результаты, которые создают теоретический фундамент и служат методологической базой для последующих научных исследований в области СКФ-технологий, физической химии фазовых переходов и разработки новых полимерных материалов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что на их основе разработаны и готовы к внедрению конкретные технологические решения: высокоэффективный процесс очистки от асфальтосмолопарафиновых отложений с использованием сверхкритической пропан-бутановой смеси и новый способ получения полимерных композитов с улучшенными свойствами методом SEDS, защищенный патентом Российской Федерации. Практическая востребованность подтверждается внедрением результатов в базы данных промышленных предприятий (ОАО «Татнефтехиминвест-Холдинг», ПАО «Казаньоргсинтез»), созданием пакета патентов на изобретения и методики, а также определением оптимальных параметров для масштабирования процессов. Полученные данные служат основой для создания ресурсосберегающих технологий в нефтедобыче и разработке новых материалов в химической промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- их полное соответствие фундаментальным законам термодинамики, тепло- и массообмена, а также корректность применения общепринятых методик эксперимента и математического моделирования;
- высокую согласованность полученных экспериментальных данных, как с литературными источниками, так и между различными независимыми сериями измерений, проведенных в рамках данной работы;
- корректный расчет и контрольный учет неопределенностей на всех этапах измерений – от первичных данных до итоговых выводов, что подтверждает надежность представленных величин;
- успешную верификацию разработанных моделей и алгоритмов (включая уравнения состояния и модель процесса SEDS) путем сопоставления с собственным массивом экспериментальных данных.

Все это подтверждает **достоверность и обоснованность** полученных результатов и сделанных на их основе выводов.

Личный вклад соискателя состоит в том, что в диссертации представлены результаты исследований, выполненных лично автором или при его непосредственном участии. Хабриев И.Ш. участвовал в постановке задач, выборе методов и разработке алгоритмов их решения, в непосредственном проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований, обработке и анализе полученных результатов, установлении основных закономерностей и формулировке выводов диссертационной работы, в подготовке статей и тезисов докладов к публикации, имеющих непосредственное отношение к тематике данной квалификационной работы.

По своему содержанию **диссертация соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия** по следующим пунктам:

- п.2. Экспериментальное определение термодинамических свойств веществ, расчет термодинамических функций простых и сложных систем, в том числе на основе методов статистической термодинамики, изучение термодинамических аспектов фазовых превращений и фазовых переходов;
- в части п.7. Макрокинетика, физико-химическая гидродинамика, растворение и кристаллизация;
- п.12. Физико-химические основы процессов химической технологии и синтеза новых материалов.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования. Материалы диссертации могут быть использованы научными организациями и учебными заведениями, работающими в области физической химии, моделирования структуры и динамики молекулярных жидкостей и растворов при

нормальных и сверхкритических условиях, а также в области процессов экстракции и диспергирования: ФГБУН Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, ФГБУН Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, ФГБУН Институт теплофизики УрО РАН, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», ФГБУН Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ФГБУН Объединенный институт высоких температур РАН, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» и др.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний; соискатель полно ответил на вопросы, задаваемые ему в ходе заседания.

Диссертационным советом 24.2.312.01 сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является завершенной научно-квалификационной работой и соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции).

На заседании 23.12.2025 г. диссертационный совет 24.2.312.01 принял решение: за решение актуальной проблемы физической химии по разработке научных основ процессов экстракции углеводородов и диспергирования полимерных смесей в сверхкритических флюидных условиях с их последующей практической реализацией в области полимерной химии и нефтеперерабатывающей промышленности, присудить Хабриеву Ильнару Шамилевичу ученую степень доктора химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет 24.2.312.01 в количестве 17 человек, из них 4 доктора наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.А. Князев

Е.В. Николаева

23.12.2025 г.

