

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хабриева Ильнара Шамилевича
«Термодинамические основы процессов диспергирования и экстракции с использованием сверхкритических флюидных сред»,
представленной на соискание учёной степени доктора химических наук
по специальности «1.4.4. – Физическая химия».

Сверхкритические флюиды (СКФ) давно стали объектом повышенного научного интереса из-за ряда своих полезных и необычных свойств, востребованных при создании новых технологических приёмов работы исследователей. Применение СКФ значительно расширяет технический инструментарий при получении новых материалов с уникальными свойствами, недостижимыми другими традиционными методами. Так, диспергирование твёрдых материалов методами RESS, SAS и SEDS, базирующихся на применении СКФ-технологий, позволяет прецизионно осуществлять инженерии частиц и обеспечивать требуемое узкое распределение получаемых частиц по размеру и с контролируемой кристалличностью. Точное знание границ фазовой стабильности и фазовых переходов, безошибочное определение точки ретроградной конденсации, областей двухфазности или пересыщения системы предотвращает остановку или выбраковку СКФ-процесса. Усовершенствованные термодинамические модели процессов позволяют предсказывать локальные аномалии плотности и структурную перестройку флюида на микроскопическом уровне, изменения растворимости и коэффициентов распределения, снижать затраты на энергию и материалы, повышать эффективность процесса и уменьшает количество отходов. В конечном итоге, гибкое управление реакционными условиями СКФ-процесса обеспечивает лучшие качества и показатели целевого продукта с контролируемыми размером и морфология частиц, а в основе всего этого лежат знания термодинамических свойств и характеристик реакционных систем. Таким характеристикам и свойствам отводится важная роль в экстракционных процессах с использованием сверхкритических флюидов (СКФЭ технологии) при моделировании реальных многокомпонентных процессов и расчёте оптимальных реакционных параметров для улучшения экономических показателей и повышения селективности экстракции.

Для усиления прикладной направленности исследования и повышения востребованности практических результатов соискатель сконцентрировал своё внимание на изучении процессов СКФ экстракции парафино-нафтенных углеводородов из твёрдых асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), которые, как известно, образуются на внутренних поверхностях нефтедобывающего и нефтетранспортного оборудования в результате коллапса и фазового расслоения сырой нефти, создавая серьёзные вызовы нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли. Параллельно решалась проблема совместного диспергирования полимерных смесей методом SEDS, которую формально можно считать обратной (противоположной) задачей извлечению парафиновых углеводородов из твёрдых отложений, логически и тематически увязывая оба этих направления исследований. И в свете вышесказанного невозможно не признать, что определённая соискателем **цель работы** в виде «установления термодинамических и теплофизических свойств бинарных и тройных систем, участвующих в процессах экстракции углеводородов и диспергирования полимерных смесей в сверхкритических флюидных условиях» является совершенно **обоснованной** и с научной, и с практической точек зрения, а **актуальность** работы – абсолютно очевидной и неоспоримой. Конкретизируя основную суть диссертационной работы, соискатель сформулировал **девять**

задач исследования, решение которых должно было способствовать достижению поставленной цели.

Структура автореферата является стандартной, все основные и необходимые разделы нашли своё отражение в тексте. *Научная новизна* исследования развёрнуто изложена в *15-и пунктах*. В *Положениях, выносимых на защиту* и состоящих из 11 пунктов, соискатель постарался отразить основные достижения и результаты, полученные в ходе проведения исследования. Главные результаты и систематизированные экспериментальные данные были опубликованы в более чем 60 статьях из рецензируемых журналов, входящих в перечень рекомендуемых ВАК Минобрнауки России, в 5 патентах РФ и 3 Свидетельствах РФ о государственной регистрации. Основные научные составляющие этой работы прошли необходимую профессиональную апробацию и экспертную оценку, будучи представленными в устных докладах на многочисленных научных конференциях разного уровня.

С моей точки зрения, наиболее интересной в плане практической полезности для материаловедения является та часть работы соискателя, в которой представлены результаты совместного диспергирования разных полимеров и пластиков. Очевидно, что таким образом прорабатываются теоретические и синтетические основы неклассического подхода к созданию новых смешанных полимерных материалов с усовершенствованными эксплуатационными и потребительскими свойствами.

При ознакомлении с результатами работы, изложенными в автореферате, возникло несколько неясных моментов, которые требуют авторских пояснений:

1) Рассматривая диаграммы фазового равновесия бинарных систем «СО₂–парафины» (Рисунки 6-7) и «СО₂–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 СО₂. 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?

Высказанные выше вопросы не затрагивают сути работы, важности полученных научных результатов и положений Заключение в конце реферата. Сформулированные задачи исследования были решены, поставленная цель работы достигнута. В ходе выполнения работы соискатель продемонстрировал высокую профессиональную квалификацию и научную состоятельность. Представленный материал соискателя прошёл все необходимые стадии профессионального рецензирования, апробации и научной экспертизы.

Таким образом, по актуальности избранной темы исследования, степени научной новизны, обоснованности научных положений, выносимых на защиту, важности результатов фундаментального характера, их достоверности и очевидной практической значимости диссертационная работа **соответствует всем требованиям ВАК**, в частности – соответствует **требованиям пункта 9** Положения о порядке присуждения учёных степеней (Постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013), а её автор, Хабриев Ильнар Шамилевич, **заслуживает присуждения** искомой учёной степени доктора химических наук по специальности «1.4.4. – Физическая химия».

Чибиряев Андрей Михайлович,
кандидат химических наук, доцент,
старший научный сотрудник Федерального
исследовательского центра «Институт катализа
им. Г.К. Борескова Сибирского отделения
Российской академии наук» (ИК СО РАН)

 /А.М. Чибиряев/

630090, г. Новосибирск, пр-кт акад. Лаврентьева, д. 5,
chibirv@catalysis.ru; раб.тел.: 8(383)326-97-30

«Даю согласие на обработку персональных данных для включения их в аттестационное дело соискателя».

10 декабря 2025 года

«Подпись с.н.с. ИК СО РАН Чибиряева Андрея Михайловича заверяю»

Учёный секретарь ИК СО РАН, к.х.н.

 /Ю.В. Дубинин/

10 декабря 2025 года



Вход. № 05-8758
« 19 » 12 2025 г.
подпись 