

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Салихова Ильфата Зилбировича

«Термодинамические основы поведения асфальтосмолопарафиновых соединений в процессе сверхкритической флюидной экстракции пропан/бутановым экстрагентом», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия

Диссертационная работа Салихова И.З. посвящена изучению процесса сверхкритической флюидной экстракции асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). Образование АСПО является серьезной проблемой при нефтедобыче и нефтепереработке. Подобные отложения на поверхностях оборудования сильно затрудняют добычу нефти, ее хранение и транспортировку, а также создают сложности при эксплуатации промыслового оборудования. Очистка оборудования от АСПО – важная задача, особенно при добыче высокопарафиновой нефти. Современные методы удаления АСПО не отличаются высокой эффективностью. Кроме того, удаленные кристаллы АСПО считаются в большей степени отходом. Использование сверхкритической флюидной экстракции не только более эффективно с точки зрения удаления очистки оборудования от АСПО, но также позволяет более полно использовать потенциал сырья путем выделения из него ценных компонентов. Однако СКФ технологии особенно в нефтедобыче на сегодняшний день мало разработаны. В частности, отсутствуют многие данные по растворимости и фазовым равновесиям в системах алканы-СК растворители, асфальтены-СК растворители, смолы-СК растворители. Подобные данные необходимы для разработки и оптимизации процессов нефтедобычи с использованием сверхкритических технологий. Поэтому изучение термодинамических и кинетических аспектов СКФ экстракции асфальтосмолопарафиновых соединений является **актуальной** задачей.

При достижении **цели** работы – установление термодинамических характеристик бинарных и тройных систем, участвующих в процессе растворения и экстракции углеводородов из асфальтосмолопарафиновых соединений с пропан/бутановым экстрагентом в сверхкритических условиях – автор использовал широкий спектр современных физических, кинетических и математических методов исследования. Эксперименты проводились с использованием поверенного оборудования и отработанных методик. Все это подтверждает **достоверность** полученных результатов.

В ходе исследования были проведены исследования и получены соответствующие результаты, определяющие **новизну** работы: получены экспериментальные данные по фазовому равновесию системы «СК  $\text{CO}_2$  – н-тетрадекан»; получены экспериментальные данные по фазовому равновесию в системах «СК пропан – н-гексадекан» и «СК пропано/бутан – н-тетрадекан»» определены критические параметры указанных систем; проведено математическое описание фазового равновесия в указанных системах, выбрано уравнение, наиболее точно описывающее экспериментальные данные; проведено экспериментальное исследование динамической вязкости и плотности образцов АСПО Оренбургского месторождения в зависимости от температуры; исследован процесс СКФ экстракции АСПО с использованием пропан-бутанового экстрагента; с помощью квантово-химических расчетов исследованы первичные стадии окисления алканов, которые могут протекать при СКФ

экстракции.

**Научная значимость** работы заключается в получении массива данных по фазовому равновесию в системах алкан – сверхкритический экстрагент, ароматические соединения – сверхкритический экстрагент, подбору математического описания фазовых равновесий в указанных системах, исследовании кинематических параметров и состава АСПО, а также в исследовании механизмов процессов, протекающих при СКФ экстракции.

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в разработке и оптимизации метода сверхкритической флюидной экстракции углеводородных компонентов из асфальтосмолопарафиновых отложений.

Диссертационная работа построена по классической структуре. В первой главе приведен сравнительный обзор методов очистки нефтепромыслового оборудования от АСПО, обоснована актуальность и определены направления экспериментальных работ. Во второй главе приведено описание используемых в работе методов и экспериментальных методик. Третья глава посвящена изучению фазовых равновесий в системах СК  $\text{CO}_2$  – н-тетрадекан», «СК пропан – н-гексадекан» и «СК пропан/бутан – н-тетрадекан». В четвертой главе приведены результаты экспериментального изучения экстракции АСПО сверхкритическим пропан-бутановым экстрагентом. Пятая глава посвящена квантово-химическому изучению первичных и последующих стадий окислительных процессов, протекающих при СКФ экстракции АСПО.

При прочтении автореферата возник ряд замечаний и вопросов.

**Замечания:**

1) В автореферате имеются некоторые стилистические ошибки. В частности, на стр.1 «...методов борьбы с АСПО отложениями...» является повторением, так как в аббревиатуре АСПО уже имеется слово «отложения». На стр. 10 имеется несогласование падежей «Основываясь на эти результаты...», а также повторение слова «результаты» в одном предложении. На стр. 13 выражение «...может явиться...» некорректно.

2) Во введении в разделе «Структура и объем диссертации» указано, что диссертация содержит четыре главы, тогда как в разделе «Основное содержание работы» приведено описание пяти глав.

**Вопросы:**

1) Во введении указано, что пропан и бутан имеют преимущества перед другими экстрагентами в первую очередь за счет низких значений  $P_{кр}$ . Почему при этом не упоминается низкое значение  $T_{кр}$  (особенно по сравнению с СК водой)?

2) Были ли проведены исследования фазового равновесия в системах алкан-пропан/бутановая смесь при других соотношениях компонентов экстрагента?

3) На рис. 10 отчетливо видно, что максимальный выход экстракта АСПО наблюдается при 125 °С. Достигается ли при данной температуре сверхкритическое состояние системы?

4) В автореферате практически отсутствует обсуждение результатов исследования кинетики экстракции АСПО (Рис. 11). Какие зависимости были получены? Какие выводы сделаны при изучении?

Указанные вопросы и замечания носят дискуссионный характер и не влияют на важность и достоверность полученных автором результатов.

Считаю, что диссертационная работа Салихова И.З. «Термодинамические основы поведения асфальтосмолопарафиновых соединений в процессе сверхкритической флюидной экстракции с пропан/бутановым экстрагентом» представляет собой законченное научное исследование. По критериям актуальности, научной новизны и практической значимости работа **соответствует** требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Салихов Ильфат Зилбирович **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Тел.: +7(4822)789348

\_\_\_\_\_ / А.А. Степачёва /  
«14» 05 2025 г.

яю,  
 Ту  
 / А.Н. Болотов /

Вход. № 05-8426  
« 19 » 05 2028г.  
подпись [подпись]