

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Курьякова Владимира Николаевича

**«Исследование фазовых превращений в углеводородных флюидах методом статического и динамического рассеяния света» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.**

Диссертационная работа В.Н. Курьякова посвящена актуальным проблемам нефтегазовой отрасли, а именно: исследованию устойчивости асфальтеносодержащих дисперсных систем к выпадению асфальтенов и исследованию физических свойств многокомпонентных углеводородных смесей в околоскритической области. Несомненно, проведенные исследования имеют как прикладное, так и фундаментальное научное значение.

Диссертация В.Н. Курьякова состоит из введения, обзора литературы, трех глав, заключения и списка литературы.

Во введении сформулированы цели и задачи работы, показана актуальность исследования многокомпонентных углеводородных систем и нефтяных дисперсных систем, указаны новизна и научная значимость исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту.

В обзоре литературы анализируются основные теоретические и экспериментальные работы, касающиеся исследований многокомпонентных углеводородных смесей и асфальтенов.

В первой главе диссертации приводится обзор экспериментальных методов исследования многокомпонентных углеводородных смесей в окрестности критической точки жидкость-пар, рассмотрены теоретические основы статического и динамического рассеяния света в многокомпонентных жидкостях. Описаны экспериментальные методы исследования растворов асфальтенов. Приведено описание экспериментальной установки, на которой диссертантом проведены все измерения. Описана процедура приготовления образцов. Приведены результаты измерений статического и динамического рассеяния света вблизи фазовых переходов систем различной природы.

Во второй главе диссертации приводятся результаты экспериментальных исследований трехкомпонентной углеводородной смеси метан-пропан-пентан методом динамического и статического рассеяния света в окрестности критической точки жидкость-пар. Приводится фазовая диаграмма для исследуемой углеводородной смеси, построенная в окрестности критической точки жидкость-пар. Измеренные температурные

зависимости интенсивности рассеянного света в окрестности критической точки жидкость-пар позволили определить для исследуемой смеси критические параметры (критическую температуру, критическое давление и критическую плотность). Приведена температурная зависимость коэффициента диффузии вдоль различных изохор исследуемой трехкомпонентной углеводородной смеси.

В третьей главе приводятся результаты экспериментальных исследований нефтяных дисперсных систем методом динамического и статического рассеяния света. Представлены результаты исследований устойчивости нефтяных модельных систем и реальных нефтей к выпадению тяжелых фракций. Методом динамического рассеяния света измерена кинетика агрегации асфальтенов в модельных нефтяных системах и предложен новый способ определения порога устойчивости асфальтенов.

Приведены результаты исследований влияния нефтяных смол и ультразвукового диспергирования на асфальтеновые агрегаты. Методом динамического и статического рассеяния света исследован эффект повторной агрегации асфальтенов. Обнаружен эффект самостабилизации асфальтеновых агрегатов при многократном ультразвуковом диспергировании.

В этой же главе приведены результаты исследований стабильности природных нефтей. Обнаружены корреляции параметра устойчивости с некоторыми физико-химическими свойствами исследованных природных нефтей.

В заключении сформулированы основные выводы.

### **Актуальность работы**

В настоящее время проявляется повышенный интерес к разработке глубокозалегающих месторождений, многие из которых находятся в околокритическом состоянии, поэтому изучение физических свойств углеводородных смесей в окрестности критической точки является актуальным для решения прикладных задач. Возможность обследования

Потеря устойчивости нефти по отношению к выпадению тяжелых фракций приводит к образованию асфальто-смолисто-парафиновых отложений (АСПО), которые существенно осложняют процессы добычи, транспортировки и переработки нефтяного сырья и повышают себестоимость добываемой нефти. Несомненно, что разработка единой модели агрегации асфальтенов, а также изучение влияния смол на предел устойчивости и кинетику агрегации асфальтенов является актуальной задачей.

Исследования механизмов воздействия ультразвука на надмолекулярные структуры в нефти также является актуальной задачей. Полученные Курьяковым В.Н. результаты по влиянию ультразвукового диспергирования на асфальтеновые агрегаты очень интересны и перспективны с точки зрения усовершенствования методик ультразвукового воздействия на пласт.

### **Научная новизна**

Нужно отметить предложенный Курьяковым В.Н. новый метод определения порога устойчивости асфальтенов к выпадению из раствора по измерению скорости агрегации методом динамического рассеяния света.

Построена фазовая диаграмма исследованной углеводородной смеси в окрестности критической точки и определены критические параметры данной смеси (критическая температура, критическое давление, критическая плотность). Показано, что данный подход определения критических параметров может быть применен к смесям с любым количеством компонент.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Результаты проделанной диссертантом работы могут быть использованы для разработки коммерческого прибора по определению критических параметров многокомпонентных смесей.

Получены надежные экспериментальные данные о влиянии смол на порог устойчивости асфальтенов в растворе и на скорость роста асфальтеновых агрегатов в процессе агрегации.

Показана принципиальная возможность разработки методики определения эффективности ингибиторов выпадения АСПО методом динамического и статического рассеяния света.

### **Апробация работы**

Основные результаты диссертации докладывались диссертантом более чем на двадцати международных и всероссийских научных конференциях в России и за рубежом.

### **Публикации**

Материалы диссертации опубликованы в 38 научных работах, из них 5 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

## Личный вклад автора

Все положения, выносимые на защиту, получены лично автором или при его определяющем участии.

Следует отметить высокий уровень выполненной экспериментальной работы. Курьяков В.Н. освоил оптические методы исследований и применил их для таких сложных объектов, как нефтяные системы, реализовал на разработанной экспериментальной установке оптические измерения при высоких давлениях.

Достижениями диссертанта, без сомнения, являются следующие:

Разработка оптической ячейки высокого давления. Применение оптических методов для исследований нефтяных систем. Активное участие в международных и всероссийских конференциях.

## Замечания

1. Проведенные исследования тройной системы указанного состава предполагают возможность применения метода ФКС для определения параметров критического состояния других газовых систем, в том числе, с другим количеством и составом компонентов?

2. Выбор асфальтенов в качестве объекта исследования – это и трудный, и похвальный выбор, однако, возможен и другой путь – это проведение исследований на образце так называемой «синтетической» модельной нефти, состоящей из 4-5 компонентов, в которой роль дисперсных частиц выполняют гидрофобные алюмосиликатные дисперсные частицы. Почему автор не выбрал этот путь?

2. Автор совершенно справедливо отмечает сложность строения асфальтенов как природных объектов, но не приводит данные о свойствах исследованных в данной работе конкретных асфальтенов, такие как молекулярная масса (обычно она составляет 700-1000 Дальтон), полидисперсность (кривая распределения частиц по размерам) в исследуемом растворе, критическая концентрация начала агрегирования асфальтенов в исследуемых бинарных средах, состоящих из толуола и гептана, а волевым образом выбирает концентрацию 0,1 мг/л и выясняет интереснейшие математические подробности агрегации под влиянием разных факторов именно в данном растворе. ДЛА-агрегация с параметром 0,36. Этот феномен установлен в цитируемой автором работе как универсальный для классических дисперсных систем. В отличие от последних, асфальтеносодержащие дисперсии характеризуются

растворимостью дисперсной фазы - асфальтенов - в дисперсионной среде, определяемой параметром растворимости, что и приводит к существенным различиям в их агрегационном поведении. Есть ли различия в агрегационном поведении асфальтенов типа «континент» и «архипелаг»?

3. Для изучения точки онсет асфальтенов в динамических условиях предложен метод прямого оптического титрования исходного раствора нефти осадителем(ми) с помощью флокуляционного титрометра согласно ASTM D6703-01. Набор таких данных важен для прогнозирования фазового поведения асфальтеносодержащих дисперсий под действием таких факторов как депрессия давления или изменение температуры, что реализовано в программе PC SAFT (Vargas, Gonzalez, Hirasaki & Chapman. *Energy & Fuels*. 23, 1140-1146 (2009), разрабатываемой профессором Вальтером Чапманом с коллегами в университете Rice (США). Именно для решения практической задачи – предсказания возможного выпадения асфальтенов и создан этот программный продукт, в котором предполагается использование данных онсет, определенных в присутствии трех осадителей (различных n-алканов). Вопрос к соискателю ученой степени – как повлияет качество осадителя на характер агрегации асфальтенов при использовании разных осадителей? Пока остается открытым вопрос относительно практического применения исследований методом ФКС, поскольку известны различные методы, которые пока не исследованы для изучения точки онсет, в частности, метод фракционирования частиц в потоке под действием внешних полей различной природы (Field-Flow-Fractionation).

4. Встречаются различные погрешности (опечатки), что никоим образом не уменьшает эффективность восприятия результатов работы. Так, наименования и подписи осей рис. 17 и некоторых других, не ясны.

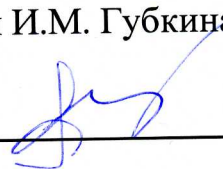
Эти замечания никак не снижают высокий уровень представленной диссертации. Результаты, полученные автором, имеют значение, как для теории фазовых переходов и критических явлений, так и для решения актуальных технологических задач, связанных с нефтедобычей.

Текст диссертации полностью соответствует автореферату, и отражен в цитируемых работах.

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Курьяков Владимир Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Отзыв составила доктор технических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии, федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

**Сафиева Равиля Загидулловна**



(27.02.2017)

119991, Москва, Ленинский пр-т., д. 65. «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

[safieva@mail.ru](mailto:safieva@mail.ru),

+7(499)507-85-38



*R. Z. Safieva*  
*М. Сафиева*

подпись заверил: руководитель структурного подразделения/ученый секретарь, уч. степень, уч. звание, структурное подразделение  
Ф.И.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

119991, город Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1

Тел.: +7 (499) 507-88-88

Факс: +7 (499) 507-88-77

E-mail: [com@gubkin.ru](mailto:com@gubkin.ru)