

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук,

д. ф.-м. н.  С.Ю. Савинов

«20» февраля 2017г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Курьякова Владимира Николаевича «Исследование фазовых превращений в углеводородных флюидах методом статического и динамического рассеяния света», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника

Работа В.Н Курьякова посвящена исследованию методами статического и динамического рассеяния света физических свойств многокомпонентных органических флюидов в околокритической области перехода жидкость-газ и потери седиментационной устойчивости тяжелых фракций (асфальтенов) в нефти. Утратившие популярность 15 – 20 лет назад исследования критических явлений вновь стали необходимы в связи с разработкой новых нефтегазовых месторождений, во многих из которых содержится флюид в околокритическом состоянии. Надёжное определение термодинамических свойств многокомпонентных углеводородных флюидов и их изменения при извлечении из нефтегазоносного пласта необходимо при определении технологии разработки месторождений. Имеющиеся современные программные комплексы для расчета физических свойств нефтегазовых месторождений не всегда адекватно описывают физические свойства таких сложных систем, как природные углеводородные смеси в околокритической области. В зависимости от положения критической точки на фазовой диаграмме, месторождение может разрабатываться либо как нефтяное, либо как газоконденсатное, и ошибка в выборе технологии поведёт к огромным финансовым потерям или вообще к невозможности разработки месторождения.

Интерес к исследованию асфальтенов и проблеме потери устойчивости нефти по отношению к выпадению тяжелых фракций, состоящих, главным образом, из смол, асфальтенов и парафинов, возрастает с каждым годом. Это связано с тем, что осаждение асфальтенов и парафинов на поверхность пор породы, стенки скважины или технологическое оборудование может приводить к остановке добычи или транспортировки нефти.

Таким образом, обе основные темы исследований В.Н Курьякова безусловно актуальны для прикладных задач нефтегазовой отрасли.

Но и с точки зрения фундаментальной науки экспериментальные исследования многокомпонентных смесей в окрестности критической точки жидкость-пар представляют заметный интерес для проверки теоретических представлений об общих свойствах вещества в околокритической области и, в особенности, о перенормировках этих свойств, связанных именно с многокомпонентностью. Что же касается закономерностей коагуляции и седиментации тяжёлых примесей, то здесь достаточно общая теория просто не создана на сегодняшний день, и данные, полученные В.Н. Курьяковым, - очередной необходимый шаг к её созданию.

Диссертация В.Н. Курьякова состоит из введения, обзора литературы, 3-х глав, заключения и списка литературы.

Во введении сформулированы цели и задачи, актуальность, новизна и научная значимость работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, представлен обзор литературы, в котором анализируются основные теоретические и экспериментальные работы, касающиеся исследований многокомпонентных углеводородных смесей и асфальтенов.

В первой главе диссертации сделан обзор экспериментальных подходов к исследованиям многокомпонентных углеводородных смесей в окрестности критической точки жидкость-пар, рассмотрены теоретические основы статического и динамического рассеяния света в многокомпонентных жидкостях, описаны экспериментальные методы, используемые для исследований растворов асфальтенов. Приводится подробное описание экспериментальной установки и метода динамического рассеяния света. Описан процесс приготовления образцов для исследований. Приведены результаты измерений статического и динамического рассеяния света вблизи фазовых переходов жидкость-газ и жидкость-жидкость, выполненных автором.

Во второй главе диссертации приведены впервые полученные автором экспериментальные результаты исследований трехкомпонентной углеводородной смеси метан-пропан-пентан методом динамического и статического рассеяния света в окрестности критической точки жидкость-пар. Представлена измеренная фазовая диаграмма для исследуемой углеводородной смеси, удовлетворительно моделирующей углеводородные флюиды многих месторождений. Из полученных экспериментальных данных по температурной зависимости рассеяния света вдоль изохор для исследуемой смеси определены критические параметры (критическая температура, критическое давление и критическая плотность). Из измерений методом динамического рассеяния света получены температурные зависимости коэффициента диффузии вдоль изохор этой смеси. Определены перенормированные критические индексы и отношения критических амплитуд.

В третьей главе изложены 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. Экспериментально изучено влияние смол на устойчивость раствора асфальтенов в смеси толуол-гептан. Предложен новый способ определения порога устойчивости асфальтенов. Приведены результаты исследований влияния ультразвукового диспергирования на асфальтеновые агрегаты. Методом динамического и статического рассеяния света исследован эффект повторной агрегации асфальтенов после обработки ультразвуком. Обнаружен новый эффект самостабилизации асфальтеновых агрегатов при многократном ультразвуковом диспергировании.

В этой же главе приведены результаты исследований стабильности природных нефтей к выпадению асфальтенов методом динамического и статического рассеяния света. Из анализа полученных результатов сделан вывод о корреляции некоторых физико-химических свойств исследованных природных нефтей с их устойчивостью к выпадению асфальтенов.

В заключении сформулированы основные выводы.

К наиболее интересным результатам по нашему мнению надо отнести следующие.

1. Показан способ достаточно быстрого определения критических параметров нефтегазового флюида из совместных измерений вдоль изохор температурных зависимостей давления, интенсивности рассеяния света и времён релаксации флуктуаций методами спектроскопии

оптического смещения, а также экспериментальный способ построения фазовых диаграмм с помощью оптических измерений.

2. Впервые методом динамического рассеяния света измерены временные зависимости радиусов агрегатов асфальтенов в ходе их ультразвуковой обработки и показано, что многократная ультразвуковая обработка существенно улучшает агрегационную устойчивость асфальтенов.
3. Впервые показана возможность исследования оптическими методами влияния естественных примесей на коагуляцию и седиментацию тяжёлых примесей и проведено исследование влияния смол на коагуляцию и седиментацию асфальтенов.
4. Впервые экспериментально показана разница между первичной и вторичной, после ультразвуковой обработки, агрегацией асфальтенов. Различия поведения интенсивности рассеяния при одинаковом поведении размеров агрегатов пока не находят объяснения.
5. Методом динамического рассеяния света в геометрии рассеяния назад измерены размеры агрегатов в образцах непрозрачных нефтей и определены пороговые концентрации осадителя.

К сожалению, представленная диссертация не свободна от недостатков.

1. В тексте не приведено обоснование выбора модельной тройной смеси метан-пропан-пентан с мольной концентрацией компонент 50%, 35% и 15%.
2. В тексте диссертации отсутствует сравнение с результатами работ других групп.
3. Кинетический коэффициент релаксации флуктуаций, температурные зависимости которого приведены на рис. 24, назван «коэффициентом диффузии». Однако, поскольку речь идет о фазовом переходе жидкость-газ, использование такого термина требует пояснения.
4. Не приведены зависимости обобщённой восприимчивости или интенсивности рассеяния света и кинетического коэффициента релаксации («коэффициента диффузии») от плотности при постоянном отклонении от кривой сосуществования по температуре, хотя все данные для построения таких зависимостей имеются. Построение таких кривых могло бы заметно уточнить положение критической точки.
5. На многих рисунках в тексте диссертации не приведены экспериментальные погрешности.

Однако эти замечания не снижают общий высокий уровень представленной диссертации. Автором получены новые интересные экспериментальные результаты, имеющие значение как для теории фазовых переходов и критических явлений, так и для решения актуальных технологических задач нефтедобычи. Экспериментальные данные, полученные в ходе исследования трехкомпонентной углеводородной смеси, адекватно описываются в рамках ранее предложенного масштабного уравнения состояния. Эти результаты могут быть использованы при разработке метода и аппаратуры для определения критических параметров многокомпонентных смесей. Обнаруженные и исследованные эффекты повторной агрегации и самостабилизации асфальтенов при ультразвуковом диспергировании могут использоваться при разработке методов и аппаратуры для использования ультразвукового воздействия на нефтегазовый флюид на различных этапах добычи, транспортировки и переработки нефти.

Основные результаты диссертации опубликованы в 5 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, докладывались более чем на двадцати международных и всероссийских научных конференциях в России и за рубежом и представлены в целом ряде публикаций по материалам докладов на конференциях.

Результаты диссертационной работы представляют интерес для ряда научных коллективов, работающих над смежными проблемами в Физическом институте им. П.Н. Лебедева, ИОФАН им. А.М. Прохорова, Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, на Химическом факультете МГУ, ИХФ им Н.Н. Семенова РАН, и других организациях. Они могут быть рекомендованы к применению в отраслевых научно-исследовательских и проектно-конструкторских организациях, таких как ООО «Газпром ВНИИГАЗ», «ТатНИПИнефть», НК «Роснефть».

Автором были решены поставленные задачи и успешно достигнуты основные цели исследования. Новизна и практическая ценность полученных результатов не вызывают сомнений. Принятые в процессе работы над диссертацией решения адекватно аргументированы.

Автореферат правильно отражает основное содержание диссертации. Основные результаты диссертации представлены в цитируемых работах.

Диссертация В.Н. Курьякова «Исследование фазовых превращений в углеводородных флюидах методом статического и динамического рассеяния света» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая удовлетворяет всем требованиям Положения «О порядке присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Диссертационная работа В.Н. Курьякова доложена и обсуждена на объединенном семинаре Оптического отдела им. Г.С. Ландсберга и Отдела люминесценции им. С.И. Вавилова и заседании Учёного совета Отделения оптики Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук.

Отзыв на диссертационную работу В.Н. Курьякова рассмотрен и утвержден на заседании Учёного совета Отделения оптики Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук, протокол № 2 от 16.02.2017г.

Руководитель Отделения оптики
Физического института имени П.Н. Лебедева
Российской академии наук,
доктор физико-математических наук

Владимир Сергеевич Лебедев

Отзыв подготовил: кандидат физико-математических наук,
заведующий Лабораторией нелинейной оптики
и рассеяния света ФИАН

Чайков Леонид Леонидович

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Физический институт имени П.Н. Лебедева Российской академии наук»

119991, Москва, Ленинский проспект, д.53

тел. +7 (499) 132-69-91, e-mail: chaik@sci.lebedev.ru