

данных атомно-эмиссионного спектрометра iCAP 6500 Duo выбирали чувствительные линии элементов. При снятии спектров выбирали участки, свободные от углеродсодержащих молекулярных полос и аргоновых линий.

В ходе работы были исследованы образцы с прямым вводом проб в *o*-ксилоле в разных условиях измерений. В экспериментах варьировалась температура охлаждения пробы (5 °С, 0 °С), спектральные линии и калибровочные стандарты.

Проверку правильности результатов анализа проводили методом сравнения с результатами других методов (ламповый, рентгено-флуорисцентный анализ, атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой методом микроволнового разложения проб).

Результаты определения серы, полученные методом прямого ввода проб в органическом растворителе и микроволновом разложении при 140 °С сопоставимы с результатами других методов. Однако, время приготовления раствора в *o*-ксилоле значительно меньше, чем для приготовления растворов в микроволновой печи. Поэтому для уменьшения времени пробоподготовки в дальнейшем растворы для исследований готовили в *o*-ксилоле.

Дибензотиофен в гексадекане сильно завышает результаты по сравнению с другими методами при использовании его в качестве калибровочных стандартов. При сравнении результатов, полученных при разных температурах, можно отметить, что оптимальной является температура охлаждения, равная 5 °С, т.к. наблюдается наилучшая сходимость результатов и их сопоставимость с другими методами. Для высокосернистой нефти необходимо снизить температуру охлаждения до 0 °С.

Таким образом, в работе были подобраны оптимальные условия для определения серы в нефтях и продуктах ее переработки методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой с прямым вводом растворов: температура охлаждения 5 °С, обзор плазмы в двух щелях, калибровочные стандарты – государственные стандартные образцы СУ-1, СУ-3.

Литература

1. Мусина Н.С. Разработка способов определения элементного и углеводородного состава тяжелых нефтяных остатков: Автореферат. Дис. ... канд. хим. наук. – Москва, 2014. – 186 с.
2. Новиков Е.А. Определение серы в нефтепродуктах. Обзор аналитических методов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2008. – № 4. – URL: <http://www.neftemir.ru/modules/news/article.php?storyid=86> (дата обращения: 29.02.2016)
3. Тормышева Е.А. Микроволновая пробоподготовка в анализе ферросплавов, магнизиальных огнеупоров и наплавочных порошков методом АЭС-ИСП: Автореферат. Дис. ... канд. хим. наук. – Москва, 2011. – 23 с.
4. Шамиряев С.Х., Рахимов Н.Р., Мадумаров Ш.И. Обзор аналитических методов контроля и разработка оптоэлектронных систем для определения серы в нефти и нефтепродуктах // Гео-Сибирь-2011: Сборник материалов VII Международного научного конгресса. – Новосибирск, 2011. – Т.5. – С. 65 – 69.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АСФАЛЬТЕНОВ НА ПРОЦЕСС АГРЕГАЦИИ В МОДЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Ю.Р. Исмаилов, Г.А. Гесь

Научные руководители инженер А.М. Горшков, доцент Л.В. Шишмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

За последнее десятилетие в структуре запасов углеводородов России существенно возросла доля трудноизвлекаемых, в том числе тяжелых высоковязких нефтей и природных битумов. Мировые ресурсы тяжелых и битуминозных нефтей значительно превышают запасы легких и оцениваются в количестве 750 млрд. тонн. В настоящее время в России ряд нефтегазовых компаний реализуют пилотные проекты по добыче природных битумов. Наиболее активно осуществляется разработка месторождений сверхвязких нефтей и битумов в Республике Татарстан.

Одним из наиболее серьезных осложнений, сопутствующих процессу добычи тяжелых нефтей и природных битумов является присутствие большого количества высокомолекулярных асфальтеносмолистых веществ, отложения которых приводят к снижению дебита скважин, повышенному износу оборудования и практически невозможной транспортировке тяжелой нефти по существующим нефтепроводам. Все это приводит к необходимости тщательного исследования устойчивости асфальтенов, так как именно эти компоненты во многом определяют поведение нефти при изменении термобарических условий и состава системы. Авторами [1] предложено для оценки устойчивости асфальтенов использовать методику определения параметра «onset» – начала агрегации асфальтенов по точке перегиба двух кривых, аппроксимирующих зависимость интенсивности рассеяния света от концентрации *n*-алкана.

Целью данной работы являлось изучение влияния концентрации асфальтенов на параметр «onset» в модельной системе методом фотонной корреляционной спектроскопии.

Для изучения процесса агрегации использовалась система PhotoCor Complex, в основе которой лежит метод фотонной корреляционной спектроскопии (ФКС). ФКС – метод использующий явление рассеяния света и предназначен для определения размеров нано- и субмикронных частиц в режиме реального времени в процессе их роста [2]. Основным измерительным устройством прибора PhotoCor Complex является фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), работающий в режиме счета фотонов. Благодаря использованию дополнительного фотоприемного устройства (Photocor-PC3), основным элементом которого является лавинный фотодиод, значения интенсивности рассеяния света увеличиваются на порядок из-за большей чувствительности датчика, в

результате чего появляется возможность отслеживать незначительные изменения, происходящие в дисперсной системе [3]. Угол рассеяния составлял 90° во всех экспериментах. В качестве источника излучения света использовался полупроводниковый лазер с длиной волны $\lambda = 654$ нм. Интенсивность рассеяния света измерялась в течение небольшого промежутка времени (60 секунд) для того чтобы более точно определить момент начала агрегации асфальтенов.

Объектом исследования являлись асфальтены, выделенные из высоковязкой нефти одного из месторождений Республики Татарстан. Процесс агрегации асфальтенов изучался на модельной системе асфальтены–толуол–гептан. В качестве растворителя асфальтенов использовался толуол. Иницирование агрегации асфальтенов осуществлялось добавлением определенного объема осадителя – *n*-гептана. После приготовления исследуемых растворов, перед каждым экспериментом кювета с образцом устанавливалась в ультразвуковую ванну на 15 секунд для тщательного перемешивания компонентов между собой, и затем проводились измерения. Во всех экспериментах использовались круглые кюветы диаметром 15 мм.

Так как высококонцентрированные растворы асфальтенов в толуоле являются сильно поглощающими средами, метод ФКС имеет свои ограничения. На рисунке 1 представлена зависимость интенсивности рассеяния света от концентрации исследуемых растворов асфальтенов.

Увеличение концентрации асфальтенов в толуоле до 0,15 г/л приводит к росту интенсивности рассеяния света до максимального значения 218000 срс. Дальнейшее увеличение количества асфальтенов в растворе приводит к падению интенсивности, что свидетельствует о начале поглощения света дисперсной системой (рис.1). При достижении концентрации асфальтенов в толуоле 1 г/л происходит падение интенсивности рассеяния до минимального значения 15500 срс. Исходя из поведения кривой, объектами исследования были выбраны 4-е концентрации асфальтенов в толуоле: 0,05 г/л – концентрация в области прозрачных растворов; 0,15 г/л – концентрация, соответствующая максимальному значению интенсивности рассеяния; 0,4 г/л и 0,625 г/л –

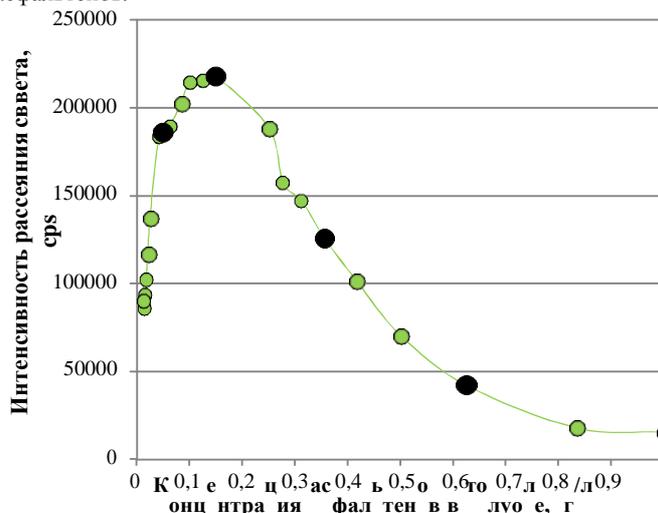


Рис.1 Зависимость интенсивности рассеяния света от концентрации асфальтенов в толуоле

концентрации в области поглощающих растворов. Для каждой концентрации асфальтенов была определена пороговая концентрация *n*-гептана (параметр «onset») методом ФКС.

На рисунке 2 представлен график зависимости интенсивности рассеянного света (*I*_s) от количества *n*-гептана (*C*) для разных концентраций асфальтенов в толуоле.

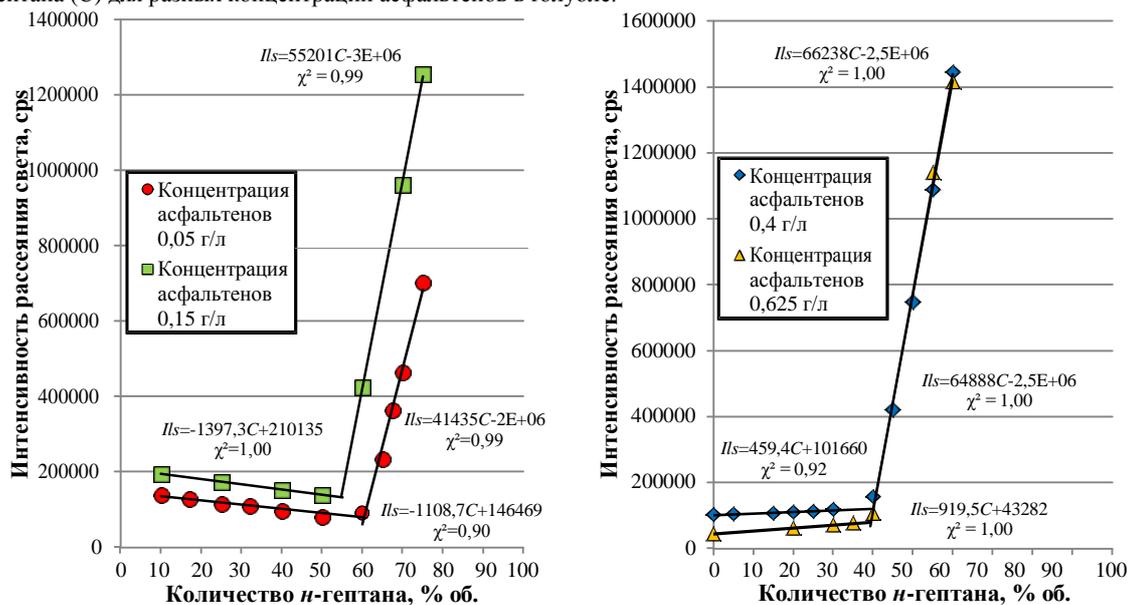


Рис.2 Определение точки «onset» асфальтенов разной концентрации в модельной системе

На рисунке 2 показано, что для всех концентраций асфальтенов в толуоле зависимость интенсивности рассеяния света от количества добавленного *n*-гептана аппроксимируется линейными функциями (достоверность аппроксимации $\chi^2 \geq 0,9$), точка пересечения которых и является параметром «onset» исследуемых концентраций асфальтенов. Необходимо отметить, что для прозрачных растворов (концентрации 0,05 г/л и 0,15 г/л) интенсивность рассеяния уменьшается при увеличении количества *n*-гептана до порогового значения, в то время как для поглощающих свет растворов (концентрации 0,4 г/л и 0,625 г/л) интенсивность рассеяния света прямо пропорционально растет с увеличением количества осадителя до порогового значения. Это связано с тем, что в случае с прозрачными растворами интенсивность уменьшается из-за увеличения доли *n*-гептана, интенсивность рассеяния которого меньше, чем у чистого толуола. Во втором же случае интенсивность растет из-за увеличения прозрачности раствора. При увеличении количества *n*-гептана выше порогового наблюдается резкий рост интенсивности рассеяния света, что указывает на переход частиц из молекулярно-диспергированного состояния в коллоидное, причем скорость роста интенсивности рассеяния увеличивается с увеличением концентрации асфальтенов в толуоле (рис.2). Полученные данные еще раз подтверждают возможность использования метода ФКС для определения параметра «onset» асфальтенов.

На рисунке 3 представлена зависимость точки «onset» асфальтенов от их концентрации в толуоле.

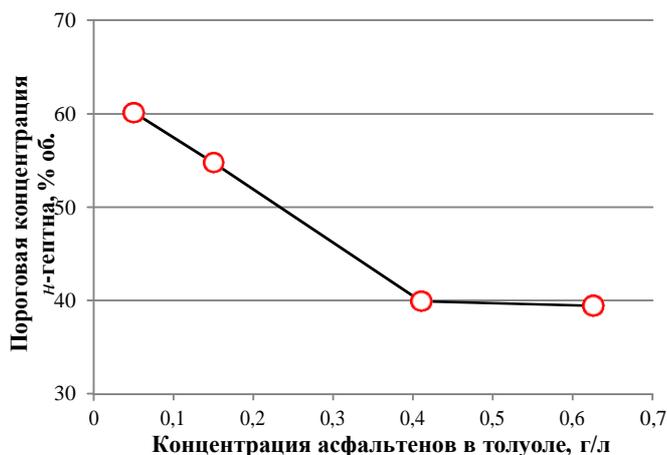


Рис.3 Зависимость пороговой концентрации *n*-гептана от концентрации асфальтенов в толуоле

Из рисунка 3 видно, что параметр «onset» асфальтенов уменьшается с увеличением концентрации асфальтенов до значения 0,4 г/л, после чего стабилизируется на уровне 40 % *n*-гептана. Выявленную зависимость можно использовать при моделировании процессов транспортировки высоковязкой нефти и ее переработки.

Литература

1. Gorshkov A.M., Shishmina L.V., Roslyak A.T. New method for the onset point determination of the petroleum asphaltene aggregation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2014. – Vol. 21: XVIII International Scientific Symposium in Honor of Academician M. A. Usov: Problems of Geology and Subsurface Development. – Tomsk, 2014. – 012027, 6 p.
2. Буря Е.Г. Исследование процессов агрегации асфальтенов в углеводородных системах: На правах рукописи. Дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук. – Москва, 2001г. – 109 с.
3. Горшков А.М., Кхань Ву Зуи. Сравнительный анализ возможностей оптических методов в изучении начала агрегации нефтяных асфальтенов // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XVIII Международного симпозиума студ., аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2014. – Т.2. – С. 74 – 76.

ВНЕДРЕНИЕ МИКРОТУРБИННЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ПЕРЕРАБОТКИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ

А. В. Казаку, А. В. Гоголев

Научный руководитель доцент В.Н. Арбузов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время нефтяные компании ведут активную программу по утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), применяя газовые поршневые электростанции (ГПЭС) и газовые турбинные электростанции (ГТЭС) для переработки газа в электроэнергию. Однако строительство газовых электростанций не всегда экономически выгодно в связи с большой стоимостью реализации проектов, достаточно дорогим обслуживанием и ремонтом, и зачастую компания может нести убытки. К тому же использование в качестве топлива для ГПЭС и ГТЭС попутного нефтяного газа без предварительной подготовки невозможно, а процессы по его подготовке весьма дорогостоящие.