

О Т З Ы В

официального оппонента

Шарифуллина Андрея Виленовича на диссертационную работу Абдусаламова Артема Вячеславовича «Формирование композиции противотурбулентной присадки и ее физико-химические и реологические свойства» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия»

Актуальность работы. Диссертационная работа Абдусаламова Артема Вячеславовича посвящена изучению реологических параметров и гидродинамических параметров течения углеводородных жидкостей, содержащих противотурбулентные полимерные присадки в широком температурном диапазоне.

В настоящее время в результате длительной разработки нефтяных месторождений исчерпываются запасы «легких» нефтей с малой вязкостью и плотностью. Происходит постепенный переход на добычу вязких и высоковязких нефтей с повышенным содержанием асфальтено-смолистых веществ (АСВ) и твердых парафинов. Это относится как к нефти «Карбона», так и к нефти «Девона». Соответственно увеличиваются расходы на их транспорт по системе трубопроводного транспорта вследствие увеличения вязкости и плотности. При этом процесс транспорта и перекачки нефтяных сред с различной вязкостью является достаточно серьезной проблемой в условиях меняющихся режимов перекачки. На нефтепроводах, перекачивающих реологически сложные нефтяные смеси, применяются традиционно сложившиеся технологии перекачки. Все они основаны на внесении в поток либо дополнительной тепловой энергии – «горячая» перекачка, в том числе трубопроводы с системами попутного электроподогрева, либо различного рода «разбавителей», улучшающих текучесть перекачиваемой нефтяной среды (воды, маловязких нефтей, газа, депрессорных присадок и т.п.). Однако они являются весьма энерго- и капиталозатратным. Поэтому более перспективным можно считать использование физико-химических методов с применением различного рода полимерных реагентов, позволяющих повысить пропускную способность трубопроводов (увеличение расхода) и снизить нагрузку на перекачивающее оборудование за счет снижения гидравлического сопротивления (эффекта Томса). Однако, существующие на сегодня различные высокомолекулярные полимерные присадки, вводимые в углеводородную (нефтяную) среду справляются со своей задачей не в полной мере, так как они изначально обладают низкой структурной устойчивостью и существенно теряют свою эффективность за счет местных сопротивлений, в том числе и при попадании в насос, в условиях пониженных температур.

Поэтому представляет научный и практический интерес разработка физико-химических основ применения полимеров (их растворов и суспензий), различной молекулярной массы используемых для снижения гидравлического сопротивления в системе трубопроводного транспорта.

Цель диссертационной работы понятна и направлена на разработку композиционной противотурбулентной присадки на основе мелкодисперсной суспензии полимера – полигексена и установление закономерностей ее влияния на гидродинамику турбулентного течения в цилиндрическом канале в широком интервале температур.

Однако хочется уточнить, что в название диссертации, на мой взгляд, имеется некоторая неточность, так как противотурбулентные присадки работают в условиях «остаточной» вязкости перекачиваемых углеводородных сред, как минимум в «зоне гидравлически гладких труб», когда влияние скорости течения на вязкость (реологию) минимально.

Таким образом, есть некоторое несоответствие между названием и целью диссертационной работы.

Научная новизна. К научной новизне работы можно отнести:

-Теоретическое и экспериментальное обоснование влияния пониженных температур на уменьшение «оптимальной» концентрации полимера, при которой достигается максимальная величина эффекта;

-Установление закономерности, при которой уменьшение величины эффекта СГДС при многократном прохождении разбавленного раствора полимера через цилиндрический канал при малых напряжениях сдвига является следствием не только деструкции полимерных цепей, но и распадом крупных надмолекулярных ассоциатов, состоящих из нескольких взаимно перепутанных макромолекулярных клубков;

-Определение физико-химических условий формирования стабильной суспензии полимера из истинного раствора высокомолекулярного полигексена при осаждении его из многокомпонентной смеси.

Хочется отметить, что в научной новизне в соответствии с названием речь идет об эффекте, каком? Эффекте Томса (СГДС)? Тогда, стоило бы это отразить в научной новизне.

Практическая значимость работы. Практическая значимость работы не вызывает сомнений и заключается в разработке низкозастывающей быстрорастворимой композиции суспензионной формы присадки, противотурбулентные свойства которой оказываются на уровне импортных присадок такого типа и методики ее формирования. Уникальность способа формирования данной композиции подтверждена патентом РФ.

Апробация работы. По результатам диссертационных исследований были сделаны доклады на российских и международных конференциях различного уровня. Кроме того, по материалам диссертации опубликовано 19 работ, в том числе 5 статей в реферируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ (из них 4 статьи в журналах, текущие номера которых или их переводные версии индексируются Web of Science и Scopus), 1 патент на изобретение РФ и 12 публикаций в сборниках материалов российских и международных конференций (включая сборник материалов конференции, индексируемый Web of Science).

Данный объем публикаций является достаточным для апробации результатов диссертационной работы на соискание ученой степени химических наук.

Основное содержание работы. Объем диссертационной работы достаточен. Изложение диссертационной работы построено логически правильно, список использованной литературы включает 133 наименований и 13 приложений.

Хочется отметить, что количество наименований из списка литературы за последние 15 лет не превышает 30%. Однако это не является недостатком, так как исследования, представленные в диссертации, носят фундаментальный характер.

В первой главе приведен подробный литературный обзор и представлены сведения об общих вопросах гидродинамики движущихся слоев жидкости, режимах их течения, способах численного выражения гидродинамического сопротивления и основных факторах, влияющих на его изменение. Также дано количественное и качественное описание эффекта Томса.

Отмечено, что в большинстве публикаций представлены эмпирические результаты зависимости эффекта снижения гидродинамического сопротивления (СГДС) от физико-химических и гидродинамических параметров, однако не все результаты однозначно трактуются различными авторами. Существующие в настоящее время гипотезы относительно физической сути явления СГДС требуют дополнений и уточнений. Описанные в данной главе известные способы формирования суспензий на основе высокомолекулярных полимеров представлены в виде чрезвычайно краткой информации и на практике трудно реализуемы даже в лабораторных условиях. При этом особое внимание уделено преимуществам и недостаткам каждого из рассмотренных способов. Такой подход свидетельствует о глубоком изучении диссертантом рассматриваемой проблемы. Проведенный литературный анализ позволил автору правильно определить цель исследований.

В качестве пожелания следует отметить, что диссертантом следовало бы рассмотреть не только турбометрические методы оценки эффекта Томса, но и модельные методы, имитирующие движение жидкости с учетом местных сопротивлений.

Вторая глава посвящена описанию объектов исследования, методам определения величины СГДС для полимеров различной химической природы при изменении различных физико-химических параметров, таких как температура, термодинамическое качество растворителя, концентрация раствора и молекулярная масса полимера, а также методам контроля получаемых частиц при осаждении полигексена из трехкомпонентной системы.

В качестве замечания следует отметить, что диссертантом не представлены меры прецензионности (сходимость и воспроизводимость) на используемый турбометрический метод, подтверждающие его метрологическую пригодность (например, с применением методик ВНИИР (Казань) и НииТранснефть (Москва)).

Третья глава является самой информативной, с теоретической точки зрения и посвящена исследованию противотурбулентной эффективности полимеров разной химической природы и различной молекулярной массы, проведенного с целью выявления наиболее эффективных образцов полимеров для дальнейшего

формирования из них композиций присадок суспензионной формы. Рассмотрено влияние химической природы растворителя и температуры на величину эффекта Томса, а также проанализированы причины деградации противотурбулентных свойств растворов полимеров.

Автором предложена оригинальная трактовка уравнения (уравнение 3.2 ст.58 диссертации), связывающего величину приращения объемного расхода с гидродинамическими параметрами течения, в том числе и с упругостью макромолекулярных полимерных клубков в условиях турбулентного течения с иммобилизованным растворителем. Такой подход позволяет установить основные требования к полимерным агентам коллоидной формы.

При турбореометрическом тестировании концентрированных растворов ($C > C_{ОПТ}$ и $\psi \approx 1$) установлено, что между ассоциатами макромолекулярных клубков отсутствуют прослойки свободного растворителя и, следовательно, отсутствует возможность для распутывания полимерных цепей с последующим формированием из них клубков меньших размеров. Другими словами, в концентрированных растворах объёмы макромолекулярных клубков, находящихся в стесненных обстоятельствах, т.е. тесно соприкасающихся и переплетенных между собой, после каждого очередного прохода полимерного раствора через канал турбореометра не изменяются ($Vk = const$). Поэтому не изменяется и величина эффекта Томса.

Четвертая глава посвящена исследованию эффективности известных присадок коллоидной формы и описанию основных этапов суспензии из полимерного эластомера методом осаждения из раствора и стабилизации её за счет частичной сорбции высокодисперсной сажи на поверхности частиц полимера.

Проведенными реологическими исследованиями установлено, что истинный раствор полимера с небольшой концентрацией полимера (не более 5% масс.) обладает заметно выраженными неньтоновскими свойствами, т.е. его вязкость зависит от скорости сдвига (рисунок 11, кривая 1 автореферата) в области её малых значений. А суспензионная присадка, содержащая 30 % того же самого мелкодиспергированного полимера, является ньютоновской жидкостью и её вязкость практически не зависит от скорости сдвига (рисунок 11, кривая 2 автореферата). При этом вязкость суспензии заметно ниже, чем вязкость 5%-го раствора полимера в области малых скоростей сдвига, что является желательным с позиции дозирования присадок в трубопровод. Таким образом, переводя полимер из раствора в коллоидную форму, можно увеличить количество гидродинамически активного агента в единице объёма присадки и вместе с тем уменьшить вязкость закачиваемой композиции

Гидродинамическими исследованиями установлено, что после перевода полимерного раствора в коллоидную форму его противотурбулентная эффективность остается на прежнем уровне (рис. 20 автореферата). Следовательно, в процессе получения присадки путем коагуляции макромолекул при замене растворителя в отличие от механического диспергирования полимерных образцов (полимерных тел) деструкция цепей отсутствует.

В качестве замечаний по диссертационной работе следует отметить следующее:

1. В выводах по диссертационной работе имеется логическая ошибка: *Теоретически показано и экспериментально обосновано, что при понижении температуры противотурбулентная эффективность полимеров повышается вследствие уменьшения оптимальной концентрации полимерного раствора (СОП.), при которой достигается максимальная величина эффекта снижения гидродинамического сопротивления (DRMAX).* Это не правильно, так как в работе экспериментально доказано, что при понижении температуры величина максимального эффекта остается практически постоянной ($DRMAX \sim 55\%$), а величина оптимальной концентрации (СОПТ), при которой достигается этот эффект, сдвигается в область малых концентраций. В противном случае, получается, что мазеобразный гель при низких температурах обладает самой высокой эффективностью.

2. Не до конца проработан вопрос о перераспределении сажи при попадании ее в обратную нефтяную эмульсию. Речь идет о наноразмерных частицах сажи, которые как правило имеют достаточно большой поверхностный заряд и склонны к адсорбции на границе раздела фаз и соответственно усилению бронирующего слоя глобул воды в обратной нефтяной эмульсии. А это в условиях турбулентного течения может привести к усилению механодиструкции развернутых клубков полимера (их ассоциатов) и как следствие к снижению эффекта Томса. Это в принципе подтверждает сам автор (рис. 14 автореферата).

3. Не рассмотрен вопрос перераспределения суспензионной присадки в условиях турбулентного течения. Может получиться так, что максимальный эффект от действия данной композиции будет проявляться на начальных участках трубы. Далее присадка за счет присутствия сажи будет отброшена к стенкам трубы, где и адсорбируется в условиях ломинарного течения пристеночного слоя. И этот эффект будет усиливаться с повышением обводненности нефтяной эмульсии («водяное кольцо»).

4. Не изучена продолжительность эффекта ($DR, \%$) от действия композиционной суспензионной присадки, так как все исследования проводились на турбореометре, где время турбулизации потока жидкости характеризуется долями секунд, без учета местных сопротивлений. Кроме того, сам метод предполагает некоторую газацию (азот, гелий и т.д.) исследуемого жидкого потока (снижение вязкости и плотности). Все вышесказанное приводит к фактическому завышению эффекта Томса (50-60%) относительно реально показываемого на трубопроводе.

Однако высказанные замечания не снижают научную и практическую значимость основных результатов диссертации и не искажают содержание автореферата и диссертации. Тема диссертационной работы актуальна, сделанные в ней выводы достоверны и обоснованы, а полученные результаты вносят существенный вклад в фундаментальные представления о поведении дисперсных систем.

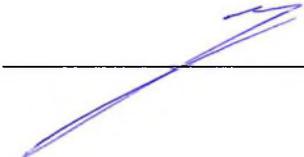
Заключение.

Диссертация соответствует п.9, «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в редакции от 28.08.2017 "О порядке присуждения ученых степеней") и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей существенное значение для процессов транспортировки нефтей и вязких углеводородных сред.

Работа Абдусалимова Артема Вячеславовича является самостоятельным законченным цельным исследованием, которое по актуальности, цели, объему и уровню экспериментов, а также по научной и практической значимости полученных результатов полностью соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Абдусалимов Артем Вячеславович заслуживает присуждения ему степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
профессор кафедры химической технологии
переработки нефти и газа (ХТПНГ),
Казанского национального исследовательского
технологического университета (ФГБОУ ВО КНИТУ),
Действительный член РАЕН,
Федеральный эксперт РФ
в технической сфере


Шарифуллин А.В.

Почтовый адрес:

Республика Татарстан, КНИТУ, 420015, г.Казань, ул.К.Маркса, 68,

e-mail:

Sharifullin67@mail.ru

Телефон:

89872612679



8.06.2018