

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Авдеева Михаила Михайловича

«Самоорганизация и реологические свойства систем на основе ионогенных поверхностно-активных веществ и полимерных нанокристаллов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.7 – высокомолекулярные соединения

Авдеев М.М. проводил научные исследования в нашей лаборатории ассоциирующих полимеров и коллоидных систем кафедры физики полимеров и кристаллов в течение последних 8 лет. В 2022 году он на отлично защитил магистерскую диссертацию и продолжил научную работу в аспирантуре.

Его диссертационная работа посвящена актуальной теме – повышению термоустойчивости вязкоупругих свойств растворов червеобразных мицелл поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые по сути представляют собой супрамолекулярные полимеры. Эти растворы активно используются в качестве загустителей в нефтедобывающей промышленности. Расширение диапазона температур, в которых они сохраняют свои вязкоупругие свойства, позволит существенно увеличить возможности их применения. В диссертационной работе для повышения термоустойчивости предложено использовать два подхода: добавление полимерных нанокристаллов целлюлозы и использование димерных ПАВ вместо однохвостых.

Первая часть работы Авдеева М.М. посвящена изучению влияния длины мицелл ПАВ и концентрации нанокристаллов целлюлозы на реологические свойства и структуру суспензий, состоящих из червеобразных мицелл ПАВ и нанокристаллов целлюлозы. Показано, что в случае коротких мицелл ПАВ нанокристаллы вызывают переход низковязкой жидкости к вязкоупругой жидкости и далее к вязкоупругому твердому телу, который сопровождается ростом вязкости на 5 порядков (при низкой скорости сдвига) и упругой составляющей комплексного модуля упругости – на 4 порядка. Такой сильный эффект полимерных нанокристаллов на реологические свойства червеобразных мицелл ПАВ наблюдается впервые. В случае длинных мицелл ПАВ исходный раствор ПАВ уже представляет собой вязкоупругую жидкость, и добавление полимерных нанокристаллов приводит к превращению вязкоупругой жидкости в вязкоупругое твердое тело, при этом вязкость и модуль накопления возрастают на 1-2 порядка. Структурные исследования, проведенные при помощи крио-просвечивающей электронной микроскопии, позволили выявить причину этого явления – формирование сетчатой структуры, построенной из фибриллярных агрегатов, состоящих из мицелл и полимерных нанокристаллов. Такой тип фибриллярных агрегатов наблюдается впервые. Методом изотермической калориметрии показано, что основной вклад в формирование агрегатов вносят водородные связи между мицеллами и нанокристаллами.

Вторая часть диссертационной работы Авдеева М.М. посвящена исследованию восприимчивости сетчатых структур, состоящих из червеобразных мицелл ПАВ и нанокристаллов целлюлозы, к различным внешним воздействиям: температуре, pH, добавкам углеводорода. Показано, что полимерные нанокристаллы существенно повышают термоустойчивость растворов червеобразных мицелл: модуль накопления не меняется во всем исследованном диапазоне температур (до 70 °C). Более того, нагревание вызывает гелеобразование системы. Методом изотермической титрационной калориметрии показано,

что причиной гелеобразования является усиление гидрофобных взаимодействий. Обнаружено, что введение полимерных нанокристаллов повышает чувствительность червеобразных мицелл олеата натрия к pH, приводя к увеличению амплитуды падения вязкости при уменьшении pH в 5 раз. При этом отмечено, что в присутствии нанокристаллов падение вязкости происходит при более высоких pH, что означает, что нанокристаллы способствуют превращению червеобразных мицелл в везикулы, являющемуся ответственным за падение вязкости.

Третья часть диссертационной работы Авдеева М.М. посвящена исследованию растворов и гелей на основе димерного катионного ПАВ. Показано, что в отличие от однохвостого ПАВ димерное ПАВ может формировать червеобразные мицеллы без добавок. Более того, вязкоупругие свойства сетки из переплетенных червеобразных мицелл димерного ПАВ обладают температурной устойчивостью, что выражается в сохранении модуля накопления на плато в интервале температур до 55 °С. Это может быть связано с высокой энергией образования новых торцов мицелл, что подавляет укорочение мицелл при нагревании, характерное для однохвостых ПАВ. При добавлении углеводорода происходит резкое падение вязкости на 6 порядков из-за превращения червеобразных мицелл в капли микроэмульсии. Это свойство чрезвычайно важно для использования ПАВ в качестве загустителя жидкости для гидроразрыва пласта.

В ходе выполнения диссертации Авдеев М.М. проделал большой объем экспериментальной работы, используя широкий набор современных методов исследования: реометрию, малоугловое рентгеновское и нейтронное рассеяние, динамическое светорассеяние, изотермическую титрационную калориметрию, криоэлектронную микроскопию. К работе он относился заинтересованно, тщательно и продуманно проводил все эксперименты, всегда старался найти объяснение полученным данным. По теме диссертации опубликовано 3 статьи в журналах первого квартиля, где он является первым автором. Основные результаты были представлены Авдеевым М.М. на 7 научных конференциях в виде устных и стендовых докладов, которые были отмечены дипломами 1 и 3 степени. Авдеев М.М. участвовал в выполнении двух проектов РНФ. В настоящее время Авдеев М.М. является высоко квалифицированным исследователем, способным получать научные результаты мирового уровня.

Диссертационная работа Авдеева М.М. выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и рекомендуется к защите по специальности 1.4.7 – высокомолекулярные соединения.

Научный руководитель,
профессор кафедры физики полимеров и кристаллов
физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
д.ф.-м.н.

О.Е. Филиппова

09.06.2026

Подпись профессора О.Е.Филиппов

Ученый секретарь
Ученого совета физического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
д.ф.-м.н.

С.Ю. Стремоухов