

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о диссертационной работе Оспенникова Александра Сергеевича
«Гидрогели на основе гибкоцепного полимера и нанокристаллов целлюлозы: структура, механические свойства и 3D-печать», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.4.7 – высокомолекулярные соединения

Оспенников А.С. проводил научные исследования в нашей лаборатории ассоциирующих полимеров и коллоидных систем кафедры физики полимеров и кристаллов с 2018 года. Защитив на отлично магистерскую диссертацию, он продолжил научную работу в аспирантуре.

Его диссертационная работа посвящена созданию и исследованию гидрогелей на основе биоразлагаемого полимера природного происхождения гидроксипропилгуара, пригодных для использования в современной безотходной технологии 3D-печати. Эта работа особенно актуальна, поскольку предлагает один из путей решения проблемы загрязнения нашей планеты полимерными отходами. Полученные в ней результаты позволяют использовать отходы переработки семян бобового растения (гуара) для создания полимерных изделий, которые, с одной стороны, будут биоразлагаемыми с образованием безвредных для окружающей среды веществ, а с другой стороны, они будут получены при помощи ресурсосберегающей безотходной технологии – 3D-печати. Такие гидрогели перспективны для использования в качестве манипуляторов для мягкой робототехники, в качестве матриц для гибкой электроники и для многих других целей.

К настоящему времени из гидроксипропилгуара получали только слабые гели с лабильными сшивками, которые используются в качестве загустителей в нефтедобывающей промышленности. Чтобы создать прочные ковалентные сшивки между макромолекулами гидроксипропилгуара, Оспенников А.С. их химически модифицировал с введением метакрилатных групп. Полученный полимер он сшивал под действием УФ-облучения. Подобные гели гидроксипропилгуара получены впервые, этот способ сшивания полезен для дальнейшего использования в 3D-печати. Чтобы обеспечить дальнейшее упрочение геля, он использовал два подхода: 1) введение синтетического полимера, образующего дополнительные лабильные сшивки между макромолекулами гидроксипропилгуара, и 2) введение сетки из карбоксиметилированных нанокристаллов целлюлозы, сшитых между собой ионами кальция.

Первая часть работы Оспенникова А.С. посвящена получению и исследованию гелей гидроксипропилгуара с прочными ковалентными сшивками по метакрилатным группам, а также этих гелей с введенным синтетическим полимером, образующим дополнительные лабильные сшивки между макромолекулами гидроксипропилгуара. Показано, что введение синтетического полимера на основе слабой кислоты приводит к значительному возрастанию модуля упругости, а также придает гелю pH-восприимчивые свойства. На основе этих гелей Оспенникову А.С. удалось создать антисептические покрытия, которые при попадании капель физиологического раствора выделяют антисептик цетилпиридиний хлорид в количестве, достаточном для полной инактивации вируса SARS-CoV-2 за 2 секунды.

Вторая часть диссертационной работы Оспенникова А.С. посвящена изучению сетки из карбоксиметилированных нанокристаллов целлюлозы и влиянию на ее реологические свойства и структуру сшивания нанокристаллов ионами кальция. Показано, что добавление соли кальция приводит к возрастанию модуля накопления на плато в 40 раз. Методами криогенной электронной микроскопии и томографии показано, что это связано с ростом как толщины, так и длины агрегатов нанокристаллов, формирующих сетчатую структуру.

Третья часть диссертационной работы Оспенникова А.С. посвящена получению и исследованию гелей на основе двойной сетчатой структуры, состоящей из мягкой сетки из ковалентно сшитых макромолекул гидроксипропилгуара и жесткой сетки из полимерных нанокристаллов целлюлозы, обратимо сшитых ионами кальция. Оспенников А.С. показал, что введение жесткой сетки с лабильными связями позволяет повысить прочность и удлинение при разрыве композитного гидрогеля, а также улучшает качество 3D-печати изделий из этого геля.

Оспенников А.С. проделал огромный объем экспериментальной работы с помощью нескольких комплементарных методов исследования: реометрии, изотермической титрационной калориметрии, ЯМР- и ИК-спектроскопии, криоэлектронной микроскопии и томографии, малоуглового рассеяния нейтронов. К работе он относился с интересом, вникал во все тонкости эксперимента, тщательно старался проанализировать полученные результаты. С 2020 года он активно публикуется в рецензируемых научных изданиях и в настоящий момент имеет 11 статей, 7 из которых опубликованы в журналах первого квартиля, в том числе 2 статьи в журнале с импакт-фактором 9.7. По результатам выполнения диссертационной работы опубликовано 4 статьи, все в журналах первого квартиля, во всех статьях он является первым автором. Основные результаты диссертационной работы были представлены Оспенниковым А.С. на 8 научных конференциях в том числе в виде устных докладов, которые были отмечены дипломами 1 и 2 степени. Оспенников А.С. участвовал в выполнении двух проектов РНФ и двух проектов РФФИ. По одному из проектов РНФ «Конструирование двухкомпонентных биоразлагаемых полимерных гидрогелей с требуемыми функциональными свойствами для 3D-печати» он был основным исполнителем. В настоящее время Оспенников А.С. является высококвалифицированным исследователем, способным получать научные результаты мирового уровня.

Диссертационная работа Оспенникова А.С. 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 полим
физического факультета МГУ име
д.ф.-м.н.

О.Е. Филиппова

09.06.2026

Подпись профессора О.Е.Филиппс

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

С.Ю. Стремоухов