

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Торлопова Михаила Анатольевича  
«РЕГУЛИРОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И ХИМИИ ПОВЕРХНОСТИ  
НАНОКРИСТАЛЛОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ХИТИНА КАК ОСНОВА ДЛЯ  
УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ  
БИОСОВМЕСТИМЫХ МАТЕРИАЛОВ»,

представленной на соискание ученой степени доктора химических наук  
по специальности 1.4.4 - Физическая химия

Диссертационная работа Торлопова Михаила Анатольевича направлена на решение одной из наиболее актуальных практических задач, стоящих перед нашей страной - созданию новых технологичных и дешевых материалов с управляемыми, целевыми физико-химическими, механическими и биологическими характеристиками, включая безопасную утилизацию, на основе нанокристаллов целлюлозы и хитина.

Программы развития нанотехнологических исследований и разработок существуют в большинстве развитых стран (США, Европа, Япония, Китай и др.). Известно более 3000 применяющихся наночастиц с размерами пор 1-100 нм. Ингредиенты такого размера способны быстро рассеиваться и проникать в легкие, глаза, а также в кожу человека.

Определяющим моментом применения наночастиц является установление возможной токсичности наноматериалов. Окислительный стресс в клетках мозга. Нейротоксичность наноматериалов связана с проникновением через гематоэнцефалический барьер. Существуют факторы канцерогенного потенциала при пероральном и ингаляционном воздействии. Однако, ряд нанокристаллов целлюлозы, как показал автор, практически не токсичны (5 класс опасности), что открывает широкие возможности их применения.

В настоящее время практически не известна оптимальная технология получения наноцеллюлозы, позволяющая производить ее

значительные количества. Небольшая опытная фабрика США, выпускает два типа НКЦ - нанокристаллы и волокна диаметром до 1 нм из обычной древесины, из которой предварительно удаляются лигнин и гемицеллюлозы. Ведущие мировые фирмы планируют использовать нанокристаллы целлюлозы для изготовления гибких дисплеев следующего поколения, в производстве электронных компонентов, утеплителей и абсорбентов, эмульсий для доставки лекарственных средств, плёнок, гидрогелей и даже изготовления легких и сверхпрочных бронезилетов. НКЦ всего лишь втрое уступает прочности углеродных нанотрубок (рекордсмену среди известных материалов), но в восемь раз превосходит прочность стали. Плотность целлюлозных нанокристаллов достигает  $1,6 \text{ г/см}^3$

Создание разнообразных материалов требует достижения целевых физико-химических, механических и биологических характеристик, в том числе и способности к безопасной утилизации, с распадом на безвредные продукты.

В представленной работе решалась задача научиться получать нанокристаллы целлюлозы и хитина из различных источников полисахаридов и программировать их свойства с целью направленного дизайна композиционных материалов на их основе.

Практическая значимость работы состоит в разработке новых методологических решений для создания конкретных материалов.

Автор не остановился на изучении только спектральных и физико-химических свойств композитных материалов, а дополнительно измерял прикладные параметры, а именно прочность на разрыв и прокол, изучал влияние на влагопоглощение плёнок, исследовал устойчивость эмульсий в условиях, моделирующих желудочно-кишечный тракт и др.

С этой целью исследовано получение нанокристаллов с различными геометрическими параметрами из разнообразных целлюлоз (хлопковой, льняной, хвойной, лиственничной). Разнообразные способы деструкции

позволили получить нанокристаллы различной формы (стержневидные и дисковидные), что подтверждается микрофотографиями и рентгенограммами.

Разработан перспективный подход к созданию нового типа целлюлозных нанокристаллических полимеров, повышающих, концентрацию лекарств в водных средах.

С этой целью разработан способ модификации поверхности полисахаридных нанокристаллов путем введения различных функциональных групп (включая тозил-, тиол-, нитрил-), основанный на проведении реакций в водных дисперсиях, что привело к важным полезным свойствам. Так, SH-модифицированные нанокристаллы (НКХ-SH) демонстрируют повышенную эффективность как стабилизаторы эмульсий по сравнению с немодифицированными НКХ. Кроме того, такие НКЦ и НКХ в перспективе можно использовать как матрицы для химической привязки лекарств к функциональным группам, с дальнейшим ферментативным расщеплением и высвобождением лекарства в нужном месте применения (ЖК, тонкий кишечник и др)

К несомненным достоинствам настоящей диссертационной работы необходимо отнести синтез нанокристаллов, влияющих на механизмы формирования эмульсий типа «масло-в-воде», что весьма ценно для их практического применения, в частности для доставки лекарственных средств в организме. Возможность транспорта биологически активных соединений эмульсиями пищевых масел, стабилизированных полисахаридными нанокристаллами, оценена с использованием моделей *in vitro* и *in vivo*. Использование таких эмульсий позволило транспортировать > 95% витамина D3 в неизменном составе. В работе детально исследованы стабильность в отделах желудочно-кишечного тракта, биосовместимость и другие параметры.

Высокая гемосовместимость композитных плёнок и усиление прокоагулянтных свойств при повышении концентрации нанокристаллов

делают их перспективными для разработки ранозаживляющих покрытий, которые к тому же их еще можно пропитывать противовоспалительными средствами.

Принципиальных замечаний нет, есть только пожелания по оформлению автореферата:

Желательно было бы видеть связь практического применения НКЦ с выбором метода исследования в начале каждой главы, чтобы неспециалисту легче было понимать выбор текущего метода исследования, а не читать это в конце автореферата.

Не указано, как и с какой точностью можно спектрофотометрически количественно определять содержание SH-групп.

Автореферат написан понятным языком, хотя есть небольшие стилистические замечания, например, фраза {с точки зрения изменений микроструктуры дисперсий (стр.20)} требует личного местоимения – у дисперсий нет точки зрения и др.

Одним из важнейших достижений работы является решение важной практической задачи по установлению связи между структурой нанокристаллов целлюлозы, хитина и их функциональными свойствами в водных гетерофазных системах для получения биомедицинских материалов с заданными физико-химическими характеристиками и физиологической совместимостью.

Результаты диссертационного исследования создают основу для промышленного получения наночастиц из целлюлозы и хитина с необходимыми параметрами.

Диссертация Торлопова Михаила Анатольевича прошла хорошую апробацию, результаты работы опубликованы в 25 рейтинговых статьях в журналах, рекомендованных ВАК, 5 патентах и представлены на 12 международных и всероссийских конференциях.

Представленные в автореферате материалы позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа «Регулирование морфологии и химии

поверхности нанокристаллов целлюлозы и хитина как основа для управления функциональными свойствами биосовместимых материалов» отвечает требованиям, установленным ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.4 – «Физическая химия» в п.2, 3, 4 и 9 и предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с пунктами 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции. Таким образом, соискатель Торлопов Михаил Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.4 - «Физическая химия»

Семенов Виктор Владимирович  
доктор химических наук, заведующий  
лабораторией медицинской химии (№17)  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки «Институт органической  
химии им. Н.Д. Зелинского РАН  
119991, г. Москва Ленинский пр-т., 47  
Тел.: +7 (499) 135-63-43; e-mail: vs@ioc.ac.ru

*подпись*

20.05.2026

Подпись д.х.н. В.В.Семенова

Удостоверяю

Ученый секретарь Института Органической  
химии им. Н.Д.Зелинского РАН



к.х.н. И.К.Коршевец