

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Щанкина Михаила Владимировича «Изучение физико-механических свойств аэрогелей из бактериальной целлюлозы, полученной путем биосинтеза штаммом *Komagataeibacter sucrofermentans* В-11267», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)

Актуальность темы

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена актуальной теме – получению и изучению физико-механических свойств аэрогелей на основе бактериальной целлюлозы, полученной путем биосинтеза штаммом *Komagataeibacter sucrofermentans* В-11267.

Бактериальная целлюлоза отличается от растительной целлюлозы отсутствием в своем составе примесей лигнина, гемицеллюлоз и других компонентов. Бактериальная целлюлоза характеризуется высокой механической прочностью, высокой влагоудерживающей способностью, высокими показателями степени кристалличности и степени полимеризации. Также бактериальная целлюлоза обладает ультратонкой наноразмерной трехмерной структурой.

На основе бактериальной целлюлозы возможно получение различных веществ и композиционных материалов нового поколения, таких как НКЦ-нанокристаллическая целлюлоза, различные нанокomпозиционные материалы и аэрогели.

Аэрогель представляет собой легкий высокопористый материал, обладающий уникальными свойствами, которые позволяют его использовать в различных областях науки и техники, включая оптоэлектронику, в процессах адсорбции, в производстве медицинских материалов, аэрокосмической отрасли, и во многих других областях.

Целлюлозные аэрогели – это экологичный, чистый, биосовместимый и биоразлагаемый материал, вместе с тем обладающий и другими превосходными свойствами, такими как низкая плотность, высокая пористость и значительная удельная площадь поверхности.

К настоящему времени разработаны технологии и производства неорганических аэрогелей на основе различных соединений. Эти аэрогели отличаются высокой стоимостью, что и является главным сдерживающим фактором их практического применения. Производство аэрогелей из органических полимеров могло бы снизить стоимость этого материала. Получение аэрогелей из бактериальной целлюлозы требует решения ряда

задач, а именно получить аэрогели с уникальными физико-механическими свойствами и в том числе с высокими прочностными характеристиками.

Научная новизна и значимость работы заключается в том, что впервые были получены аэрогели на основе бактериальной целлюлозы, обладающих уникальными физико-механическими свойствами. Было установлено, что полученные аэрогели превосходят по своим теплоизолирующим характеристикам все известные материалы. В результате проведенных исследований было показано, что физико-механические свойства полученных материалов зависят от плотности аэрогелей. Согласно термогравиметрическому анализу, бактериальная целлюлоза и получаемые на ее основе аэрогели являются термоустойчивыми материалами до 280°C.

Практическая значимость состоит в разработке технологии получения аэрогелей на основе бактериальной целлюлозы. Впервые было показано, что структура аэрогелей зависит не только от условий их получения и режимов культивирования бактерии-продуцента, а также от питательных веществ, при которых осуществляли биосинтез бактериальной целлюлозы. С помощью ИК-спектроскопии, методов ЯМР ¹³C-спектров и рентгеноструктурного анализа установили структуру бактериальной целлюлозы и рассчитали ее индекс кристалличности.

В плане практического применения аэрогелей из бактериальной целлюлозы открывают широкие возможности для их использования в авиастроении, автомобилестроении, в строительной и текстильной отраслях промышленности в качестве уникальных теплоизолирующих и шумопоглощающих материалов.

Полученные в работе результаты могут быть использованы для чтения курсов лекций по микробной биотехнологии, композиционным материалам в высших учебных заведениях.

Диссертация написана четким, понятным языком, аккуратно оформлена ее структура логична и подчинена выбранному автором направлению исследований.

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключения, выводов и списка использованной литературы. Работа изложена на 106 страницах, включает 7 таблиц, 53 рисунка, список литературы из 130 наименований, из них 26 на русском и 104 на английском языке.

Соискателем выполнен всесторонний анализ данных научной и технической литературы отечественных и зарубежных авторов, патентной документации по теме исследований. Цели и задачи работы сформулированы

методически грамотно. На основе задач исследования предложены пути их реализации.

К основным достигнутым результатам в ходе выполнения диссертационной работе следует отнести следующее:

- методом ЯМР, ИК и рентгеноструктурного методов анализа показано, что получаемый в ходе культивирования штамма *Komagataeibacter sucrofermentans* В-11267 на среде с мелассой полисахарид действительно представляет собой целлюлозу, с типичными для нее пиками на ИК-спектре и характерными спектральными областями на ЯМР-спектре.

- показано, что получаемые аэрогели на основе бактериальной целлюлозы обладают сверхнизкой теплопроводностью и напрямую зависят от их плотности: с увеличением плотности образца происходит снижение коэффициента теплопроводности как в статических, так и в динамических условиях.

- доказано, что получаемый материал по своим тепло- и звукоизолирующим свойствам превосходит все известные промышленные аналоги. При этом данные аэрогели являют экологически безопасным материалом.

- показано, что аэрогели из бактериальной целлюлозы с плотностью 20 кг/м³ имеют однородную пористую структуру со средним размером пор 110 мкм. Снижение плотности аэрогелей приводит к появлению крупных пор, размер которых достигает 1 мм.

- доказано, что прочность получаемых аэрогелей напрямую зависит от их плотности: с увеличением плотности возрастает прочность материала и становится равной 0,0829 МПа.

- установлено, что аэрогели из бактериальной целлюлозы по своим звукопоглощающим свойствам превосходят многие промышленные материалы, в том числе поролон и пенопласт, часто используемых в разных областях применения. Термогравиметрический анализ показал, что бактериальная целлюлоза является термоустойчивым материалом с началом термоэмиссии 280 °С.

Достоверность полученных результатов подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, полученных с использованием современных физико-химических, микробиологических, аналитических и клинических методов исследования, а также статистической обработкой результатов. Достоверность и новизна полученных автором данных не вызывает сомнений.

Выводы полностью отражают основные результаты диссертационной работы, ее научную, теоретическую и практическую значимость. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, в числе которых 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК, из них 4 статьи в иностранных научных журналах, входящих в международные базы данных и систем цитирования

Web of Science, Scopus, 1 патент и 2 ноу-хау. Данные публикации достаточно полно отражают основные результаты, полученные в работе.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации. Результаты научных исследований соответствуют паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), п.3. в части «создания эффективных композиций биопрепаратов и разработка способов их применения»; п.7 в части «разработки новых технологических процессов на основе микробиологического синтеза».

По диссертационной работе возникли следующие вопросы и замечания.

1. В работе рентгеноструктурный анализ приведен как один из основных для описания характеристик бактериальной целлюлозы, но в литературном обзоре присутствуют ссылки 2001 года. В связи с многочисленными публикациями по этому поводу рекомендую использовать литературу не более 5 лет.

2. Отсутствует в диссертации определение термина «уровень биосинтеза»?

3. С. 62, табл. 6. Автор утверждает «Содержание I α фазы в образцах бактериальной целлюлозы, полученных при различных условиях культивирования составляет 29,0 % и 37,0 %». Объясните низкое содержание I α фазы в ваших образцах, в то время как известно, что минимальное содержание I α фазы составляет 60,0 %.

4. С. 66. Отсутствует описание приготовления аэрогелей различной концентрации. Изложите кратко методику.

5. С. 75. Соискатель утверждает «... у аэрогелей, полученных из бактериальной целлюлозы, выращенной в статических условиях с УЗ предобработкой, с уменьшением плотности происходит образование большого количества крупных пор, а количество пор небольшого размера при этом уменьшается...». На рисунке 41 данная зависимость не наблюдается.

6. С. 80. Соискатель делает вывод, что с уменьшением плотности образцов аэрогелей происходит уменьшение коэффициента теплопроводности. На рисунке 46 наблюдается обратная зависимость. По какой причине?

7. С. 80. Соискатель делает вывод, что в статических условиях коэффициент теплопроводности выше, чем в динамических (0,032 против 0,029). Какая погрешность проведенного эксперимента? Возможно полученные данные находятся в пределах погрешности и способ культивирования не влияет на показатель теплопроводности.

Указанные замечания не снижают уровня научной новизны, теоретической и практической значимости выполненной работы.

Таким образом, диссертация Щанкина Михаила Владимировича «Изучение физико-механических свойств аэрогелей из бактериальной целлюлозы, полученной путем биосинтеза штаммом *Komagataeibacter sucrofermentans* В-11267», представленной на соискание ученой степени

кандидата биологических наук по специальности 03.01.06 - биотехнология (в том числе бионанотехнологии), является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по получению и изучению физико-механических свойств аэрогелей на основе бактериальной целлюлозы.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлена согласно положениям № 5,6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Считаю, что автор работы, Щанкин Михаил Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии).

Официальный оппонент:

Научный сотрудник лаборатории
биоконверсии ИПХЭТ СО РАН,
кандидат технических наук
(03.01.06 – Биотехнология (в том
числе бионанотехнологии))

Гладышева Евгения Константиновна

20 10 2021

Место работы: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения
Российской академии наук

Адрес организации: 659322, Россия, Алтайский край, г. Бийск, ул.
Социалистическая, 1.

Телефон: +7 961 99 ; e-mail: shева@yandex.ru

Личную подпись Гладышевой Е.К. заверяю:

Заместитель директора по научной работе
ИПХЭТ СО РАН,
канд. техн. наук



Титов С.С.