

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна»

**ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ  
ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Всероссийской научной студенческой конференции

Санкт-Петербург

2023

УДК 678(063)

ББК 35.71я43

В74

В74 Вопросы исследования природных и синтетических полимеров и композитов: тезисы докладов Всероссийской научной студенческой конференции / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2023. – 53 с.

ISBN 978-5-7937-2436-4

Всероссийская научная студенческая конференция. Мероприятие проведено в рамках реализации в форме субсидий из федерального бюджета образовательным организациям высшего образования на реализацию мероприятий, направленных на поддержку студенческих научных сообществ.

УДК 678(063)

ББК 35.71я43

ISBN 978-5-7937-2436-4

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>А. Яркевич</b> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ИСКУССТВЕ.....	6
<b>А. А. Кузьменко</b> О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЛАКТИДА ИЗ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ.....	7
<b>А. А. Платунова, Л. М. Штягина</b> ВЫКЛАДКА КАК МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ КОМПОЗИТОВ.....	8
<b>А. А. Шарапова, Е. В. Кудрявцева</b> СИНТЕЗ КОСМЕТИЧЕСКОГО КРЕМА С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА ЦИНКА.....	9
<b>А. И. Воронина</b> КРАШЕНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНА ДИСПЕРСНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ	10
<b>А. Н. Мурашова, Е. В. Кудрявцева</b> РАЗРАБОТКА КОСМЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА НА ЭМУЛЬСИОННОЙ ОСНОВЕ С БАКТЕРИЦИДНЫМ ДЕЙСТВИЕМ...	12
<b>А. Н. Черняева</b> СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФИЛЬНО-ГИДРОФОБНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С БИОЦИДНОЙ ОТДЕЛКОЙ.....	13
<b>А. С. Власова</b> ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ И ПИРИДИНИЯ НА СОРБЦИЮ АКТИВНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМИ ВОЛОКНАМИ.....	14
<b>А. Ю. Кулешова, Е. С. Сашина</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦВЕТОВОГО ПЕРЕХОДА ТЕРМОХРОМНОГО ТЕКСТИЛЯ.....	16
<b>Б. Ю. Прядезников, А. А. Прядезникова, А. В. Шульгин, В. И. Жуков, О. А. Москалюк</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО ВОЛОКНА.....	17
<b>В. М. Дедловская</b> РАЗРАБОТКА ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАСТВОРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛИНЗ ИЗ СИЛИКОНОВОГО ПОЛИМЕРА.....	18
<b>Д. С. Юданова, Е. В. Кудрявцева</b> РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ШАМПУНЯ С БИОАКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ.....	19
<b>Е. А. Кузьмичева</b> О ПРИМЕНЕНИИ СОЛЕЙ АММОНИЯ ДЛЯ ПРИДАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫМ ВОЛОКНАМ.....	21
<b>Е. Д. Софронова, В. А. Липин</b>	22

ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА В ОТБЕЛКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО ВОЛОКНА.....	
<b>Е. Д. СУСАНОВА, А. М. МИХАИЛИДИ</b>	
ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ПРОРАЩИВАНИЕ СЕМЯН ГОРОХА ОВОЩНОЙ САХАРНЫЙ КАРУБИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОСТИ.....	23
<b>Е. И. Зоннэ</b>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ.....	24
<b>И. В. Елохин</b>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЩЕЛОЧНОМ ГИДРОЛИЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕТЕРФТАЛАТА.....	25
<b>К. А. Антонова</b>	
МОДИФИКАТОРЫ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ: ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ...	27
<b>М. А. Бакаева, Е. С. Сашина</b>	
ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ ТЕРМОХРОМНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ.....	28
<b>М. В. Абашкин, В. А. Кочкаев, А. П. Михайловская</b>	
ВЛИЯНИЕ НАТЯЖЕНИЯ АРМИРУЮЩЕГО КАРКАСА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫХ РУКАВОВ ИЗ ПОЛИУРЕТАНА.....	29
<b>М. П. Смирнова, Е. В. Кудрявцева</b>	
БИОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ОСНОВЕ L-ЛИЗИНА.....	30
<b>Н. В. Курасова, Ю. А. Петрова, А. Н. Евдокимов, В. А. Липин</b>	
ЭФИРЫ НА ОСНОВЕ (ПОЛИ)ГЛИЦИДИЛАКРИЛАТА И ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ.....	31
<b>О. В. Кудринская, Н. В. Дианкина</b>	
О СОРБЦИИ КРАСИТЕЛЯ БРИЛЛИАНТОВОГО ЗЕЛЕННОГО УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ.....	33
<b>О. И. Ширин, Т. Е. Горкина, В. А. Липин</b>	
СИНТЕЗ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	34
<b>П. В. Русакова</b>	
ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОХРОМНЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ.....	35
<b>С. А. Ерофеева</b>	
ИЗУЧЕНИЕ КОЛОРИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА, ОКРАШЕННОГО ТЕРМОХРОМНЫМ КРАСИТЕЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ФОРМОВАНИЯ.....	36
<b>С. Ю. Ледовских</b>	
БИОПЛАСТИК – ПАНАЦЕЯ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ?.....	37
<b>Т. Д. Шидловский, В. В. Васильева, О. С. Новак</b>	
	39

УПРУГО-РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА.....	
<b>Ю. Ю. Виладчева, А. А. Лысенко</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ УГЛЕВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ С ФТОРОПЛАСТОВЫМИ МАТРИЦАМИ.....	39
<b>Я. А. Кичаева</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНОГО АММОНИЯ В ЩЕЛОЧНОМ ГИДРОЛИЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА.....	41
<b>Т. А. Гарнюк, К. С. Кириш</b> ВЛИЯНИЕ ТРИАРИЛМЕТАНОВЫХ И АЗОКРАСИТЕЛЕЙ НА РАСТВОРЫ ЖИДКИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМ.....	42
<b>Е. А. Печёркина, В. В. Васильева</b> УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	43
<b>Е. Д. Коробова</b> ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕКСТИЛЕ.....	45
<b>И. В. Михайлова, В. В. Шалыгина</b> МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИГЛУТАРОВОГО АЛЬДЕГИДА ПРОИЗВОДНЫМИ ПИРИДИНА.....	46
<b>И. В. Поротикова, Т. И. Ефремов</b> ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ 3D-ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	47
<b>А. С. Склярова, В. В. Васильева, О. С. Новак</b> ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА.....	48
<b>М. М. Цыганков, В. В. Васильева, О. С. Новак</b> РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА.....	49
<b>Т. Д. Шидловский, В. В. Васильева</b> УЛУЧШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СВМПЭ ПУТЁМ ОБРАБОТКИ ХОЛОДНОЙ ГАЗОВОЙ ПЛАЗМОЙ.....	50
<b>Н. П. Мидуков, Т. И. Ефремов</b> ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И ПРОГРАММЫ IMAGE.....	51
<b>Н. В. Евдокимов, Н. П. Мидуков</b> ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ НА РАЗМОЛ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ДИСКОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ.....	52
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	54

## **А. Яркевич**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ИСКУССТВЕ**

Конструктивизм – это одно из ключевых движений в искусстве XX века, которое развивалось в начале 20-х годов, вплоть до первой половины 30-х годов. Главные принципы конструктивизма заключались в использовании простых геометрических форм, материалов, а также строгих линий. Одним из важнейших представителей этого направления является Александр Михайлович Родченко. Он применял новаторские подходы к форме, цвету и материалам, стремясь создавать функциональные и практичные объекты. Благодаря такому подходу, он сумел создать новый визуальный язык, который отражал промышленный и технологический прогресс.

Александр Михайлович оказал значительное влияние на современное искусство. Его работы и принципы стали образцом для многих художников и дизайнеров. Конструктивизм продолжает служить источником вдохновения и исследований в области искусства и дизайна, оставаясь актуальным и востребованным в современном обществе.

Вопрос о переработке композиционных материалов (КМ) остается актуальным для всего мира. Существует множество способов переработки КМ, однако наиболее простой и дешевый способ переработки – их повторное использование, например, в дизайне и искусстве.

По мотивам произведений российского художника, фотографа, дизайнера и скульптора создан новый конструктивистский объект, в котором, в качестве исходного материала был использован КМ – картонные цилиндры, полученные методом косослойной перекрестной намотки, который также широко применяется в промышленности.

Использованные картонные цилиндры, имеют правильную геометрическую форму, что позволяет создать идеальную модель, отображающую искусство Родченко. Именно так зародилась идея создания модели: «будущий город».

В искусстве Александра Михайловича часто использовались яркие и насыщенные цвета, представляющие немало важную роль при создании малых скульптурных форм. Картонные цилиндры разного диаметра и высоты были окрашены с помощью аэрозольных красок и выстроены в строгом визуальном ориентированном порядке на плоскость, что создает четкие ассоциации с произведениями Родченко.

Композиционные материалы играют важную роль в современном искусстве, расширяя возможности художников и дизайнеров. Они позволяют экспериментировать с формой, структурой и декоративными возможностями, открывая новые горизонты для творчества.

## Библиографический список

1. Александр Родченко и его круг. Конструктивный мир. Мечты о пространстве. М., 2019 — 216 с.: илл.

*Научный руководитель: заведующий кафедрой наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А. И. Меоса, д. т. н., профессор Лысенко А. А.*

### А. А. Кузьменко

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИЛАКТИДА ИЗ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ

Самым распространенным полимером, используемым для получения биопластиков, является полимер 2-гидроксипропионовой кислоты (полилактид). Существует два способа синтеза полилактида: поликонденсация молочной кислоты и полимеризация лактида, для получения высокомолекулярного полимера используется их комбинация. В любом случае для синтеза полилактида необходима  $\alpha$ -гидроксикислота (молочная кислота) или ее производные. Для получения молочной кислоты разработаны различные химические способы, основанные на ферментативном окислении углеводов биоресурсов (зерно, кукуруза, картофель, сахарная свекла). Из синтетических способов получения молочной кислоты известен метод, заключающийся в реакции ацетальдегида с синильной кислотой. Ранее на кафедре химических технологий имени проф. А. А. Хархарова были проведены экспериментальные исследования по фотокаталитическому окислению алифатических спиртов в присутствии катализаторов на основе диоксида титана, допированного наночастицами золота. Установлен состав катализатора, который обладает наибольшей селективностью при фотокаталитическом окислении этанола до ацетальдегида в смеси кислорода и гелия при 50 °С. Через 120 мин. синтеза выход целевого продукта составил 87 %, а степень конверсии субстрата 100 %. Апробация этого катализатора в аналогичной реакции с пропанолом-2 показала, что окисление вторичного спирта в заданных условиях протекает малоэффективно.

Полученные результаты позволили предположить, что с помощью выбранного катализатора можно провести избирательное окисление двухатомного спирта, содержащего первичную и вторичную гидроксильные группы, гидроксиальдегида или гидроксикислоты. Таким образом, цель настоящей работы заключается в апробации катализатора на основе диоксида

титана, допированного наночастицами золота, в реакции фотокаталитического окисления пропиленгликоля до молочного альдегида или молочной кислоты.

Окисление осуществляли под действием фотокаталитически активного диоксида титана, в структуру которого был внедрен триоксид вольфрама  $WO_3$  в различных массовых соотношениях (0.01, 0.05 и 0.50 %) и наночастицы золота (0.10 %). Для активации катализаторов использовали ближний УФ, температура синтеза - 50 °С. В ходе эксперимента каждые 30 мин. отбирали пробы.

Для идентификации продуктов реакции применяли метод спектрометрии в УФ области, поскольку спектры гликолей и  $\alpha$ -гидроксиальдегидов ( $\alpha$ -гидроксикислот) отличаются полосой поглощения карбонильной группы.

Результаты проведенных экспериментальных могут быть полезны при разработке новых технологий синтеза молочной кислоты и ее производных.

**А. А. Платунова, Л. М. Штягина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ВЫКЛАДКА КАК МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ КОМПОЗИТОВ**

Ручная выкладка – это метод создания художественных композитов, при котором художник наносит материалы слой за слоем, используя руки и инструменты. Этот метод позволяет художнику полностью контролировать процесс и создавать уникальные и оригинальные работы [1].

Преимущества ручной выкладки включают возможность создания уникальных деталей и текстур, а также возможность реализации творческих идей без ограничений, которые могут быть связаны с процессом промышленного изготовления. Используемые материалы могут быть разнообразными по форме, цвету и текстуре.

Процесс начинается с выбора материала, который может быть бумагой, пластиком, полимерной глиной или другими подходящими материалами. Затем мастер начинает моделирование, создавая основу и форму композита. Этот этап может включать использование шаблонов или структурных элементов для создания нужной формы. При необходимости используемая форма покрывается антиадгезивным средством.

Затем мастер начинает наносить слои материала на основу, вручную или с применением различных инструментов. Он может использовать разные техники, такие как, текстурирование, глазурирование и другие, чтобы придать композиту нужный вид и эффекты. Также возможно использовать различные элементы декора [2].

Однако ручная выкладка также имеет свои ограничения. Она может быть более трудоемкой и затратной по времени, поэтому может быть не подходящей для больших проектов или массового производства. Кроме того, важно



учитывать, что художественные композиты, созданные методом ручной выкладки, могут быть менее прочными и долговечными, чем те, которые изготовлены с использованием промышленных процессов.

Данный метод широко известен для изготовления изделий из папье-маше. В работе по созданию маски этим методом были использованы следующие материалы и инструменты: бумага, клей ПВА, антиадгезивное средство, кисточка, декор, а также форма, которая использовалась как основа для маски [3].

Перед самым началом выбранный участок формы обрабатывался антиадгезивным средством, а бумагу разрывали на небольшие кусочки. При помощи кисточки на каждый кусочек наносился клей, а далее приклеивался на форму. Данные действия проделывались несколько раз. После полного высыхания получившуюся маску задекорировали различными украшениями.

### **Библиографический список**

1. Цирулик, Н. А. Уроки творчества / Н. А. Цирулик, Т. Н. Проснякова. – Москва: Федоров, 2011. – 104 с. – ISBN 978-5-9507-1276-0
2. Проснякова, Т. Н. Творческая мастерская / Т. Н. Проснякова. – Москва: Федоров, 2009. – 96 с. – ISBN 978-5-9507-1322-4
3. Бондалетова, Л. И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л. И. Бондалетова, В. Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с

**А. А. Шарапова, Е. В. Кудрявцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **СИНТЕЗ КОСМЕТИЧЕСКОГО КРЕМА С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА ЦИНКА**

В последние годы нанотехнологии предоставили новые возможности для развития различных отраслей промышленности. Одним из перспективных направлений является разработка косметических средств, в том числе кремов, с использованием наночастиц, которые обладают уникальными характеристиками и высокой реакционной способностью. В частности, наночастицы оксида цинка могут быть использованы в качестве активного компонента в креме, обладая рядом преимуществ.

Наночастицы оксида цинка могут быть получены с использованием различных технологий, которые позволяют контролировать их размер, форму и химическую чистоту. Они обладают антибактериальными, противовоспалительными и защитными свойствами от УФ-лучей, что делает их перспективными для использования в кремах для кожи.

В настоящей работе для синтеза наночастиц ZnO применяли химический метод. В качестве прекурсора использовали сульфат цинка ZnSO<sub>4</sub> при варьировании концентраций 0,0002–0,001 моль/л, восстановителя – глюкозу C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> в соотношении прекурсор: восстановитель 1:40. Синтез проводили в водных средах 3%-го глицерина. Спектры поглощения полученных коллоидных растворов были зафиксированы с использованием спектрофотометра УФ-6700. Экстинкция зафиксирована в области длины волны 350–380 нм, что соответствует поверхностному плазмонному резонансу наночастиц ZnO, согласно литературным источникам (статья Amal A. Alyamani "Green Fabrication of Zinc Oxide Nanoparticles Using Phlomis Leaf Extract: Characterization and In Vitro Evaluation of Cytotoxicity and Antibacterial Properties" 2021). Оптимальным оказался раствор с концентрацией прекурсора 0,0008 моль/л. Данный коллоидный раствор сохраняет стабильность в течение 6 месяцев.

С использованием раствора с наночастицами оксида цинка был приготовлен крем на эмульсионной основе. В состав крема обычно входят натуральные компоненты, которые могут выступать питательной средой для микроорганизмов с образованием побочных продуктов токсического характера, а также могут быть подвержены химическим реакциям, приводящим к старению крема. Для обеспечения микробиологической стабильности в состав кремов, как правило, вводят консерванты, в том числе антибиотики. При использовании наночастиц ZnO обеспечивается микробиологическая и химическая устойчивость.

Кроме того, в данную рецептуру вводились ланолин, ПЭГ-40, масло персиковое и другие компоненты, оказывающие на кожу увлажняющий, смягчающий, восстанавливающий эффект.

Косметический крем на основе наночастиц оксида цинка представляет собой инновационный продукт в области производства косметической продукции.

*Научный руководитель: проф., доц., к. т. н. Буринская А. А.*

## **А. И. Воронина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **КРАШЕНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОГО ВОЛОКНА ДИСПЕРСНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ**

В настоящее время полипропиленовые волокна все больше используются для производства текстильных изделий. Благодаря стремлению улучшить экологическую ситуацию в мире, полипропиленовые волокна после вторичной переработки используются в смеси с другими синтетическими материалами для производства одежды. Полипропилен отличается гидрофобностью и инертностью, поэтому изделия, содержащие полипропиленовое волокно, почти

не загрязняются, легко отстирываются и более гигиеничны. Так, полипропиленсодержащий трикотаж имеет хорошую растяжимость, высокие теплозащитные свойства, формоустойчив и малосминаем. Однако достоинства полипропиленового волокна вызывают трудности при их колорировании, поэтому полипропилен, как правило, окрашивают «в массе», когда перед формированием нити в расплав полимера вводят тонко измельченный краситель. Обычно это нерастворимые красители, которые не удерживаются на волокне и относятся к классу пигментов. Так как формирование из расплавов ведется при температурах, достигающих 300 °С, красители должны быть чрезвычайно термостойкими. Более того, этот метод не подходит для крашения смесовых материалов.

В связи с вышесказанным актуальность приобретают исследования, связанные с разработкой технологий прямого крашения полипропиленового волокна, т.е. крашения из водных растворов текстильными красителями, которые традиционно используются для крашения других волокон, например, полиэфирных. А цель настоящей работы заключается в разработке технологии крашения полипропиленового волокна дисперсными красителями из водных растворов.

Объект исследования – резаное полипропиленовое волокно Российского производства: длина – 30 мм, плотность – 900 кг/м<sup>3</sup>, прочность на растяжение – 170 МПа, удлинение до разрыва – 21 %, влагопоглощение – 0.01 % за 24 ч. Крашение осуществляли в фарфоровых стаканах объёмом 150 мл. МВ = 1:40, масса навески – 1 г. Концентрация красителя – 1% от навески волокна (1 мл 1 %-го раствора или 0,01 г соответственно). Состав красильного раствора: краситель – 1 %; диспергатор НФ – 0,4 мл; уксусная кислота (30%-я) – 0,15 мл; вода – 40 мл. Крашение осуществляли при кипении в течение 1 ч. Промывку выполняли в тёплой воде, сушку – при температуре 100-120 °С. В качестве интенсификаторов использовали хлорид бензилтриэтиламмония и бромид триметилгексадециламмония. Колористические показатели полученных окрасок определяли колориметром ColorMeter Pro.

Проведенные исследования позволили определить наиболее эффективный интенсификатор крашения полипропиленового волокна из водных растворов дисперсных красителей.

**А. Н. Мурашова, Е. В. Кудрявцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **РАЗРАБОТКА КОСМЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА НА ЭМУЛЬСИОННОЙ ОСНОВЕ С БАКТЕРИЦИДНЫМ ДЕЙСТВИЕМ**

Целью исследования является разработка косметического средства на эмульсионной основе с бактерицидным действием с наночастицами серебра.

Серебро в ионном и нульвалентном виде обладает выраженным бактерицидным, противогрибковым действием и служит высокоэффективным антисептическим средством в отношении патогенных микроорганизмов, в том числе антибиотикорезистентных штаммов. Кроме того, серебро как микроэлемент обладает иммунокорректирующими свойствами, значительно повышающий специфическую защиту организма.

Представляется перспективным использование наночастиц серебра в качестве бактерицидной добавки к косметическому средству на эмульсионной основе, например, крему. Наночастицы серебра обладают высокоразвитой поверхностью, обеспечивающей максимальный контакт с внешней средой, и малыми размерами, позволяющими проникать сквозь клеточные мембраны и влиять на внутриклеточные процессы изнутри.

По сравнению с косметическими продуктами, в состав которых часто входят антибиотики, данная продукция более безопасна и нетоксична. Наночастицы серебра в составе косметического продукта обеспечивают его микробиологическую стабильность, что позволяет исключить введение дополнительных консервирующих веществ.

В данной работе для синтеза наночастиц серебра использовали: в качестве прекурсора – нитрат серебра  $\text{AgNO}_3$  (0,0004–0,0006 моль/л), восстановителя – цитрат натрия  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (0,004–0,006 моль/л), стабилизатора – ПЭГ-40 (соединение синтетического полиэтиленгликоля с натуральным касторовым маслом), глицерин  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ . С использованием спектрофотометра УФ-6700 зафиксированы спектры поглощения полученных коллоидных растворов, максимум которых приходится на длину волны 420 нм, что соответствует поверхностному плазмонному резонансу серебра.

На основе этих растворов были получены эмульсионные кремы, имеющие однородную консистенцию, нейтральный показатель pH, термическую и коллоидную стабильность. Данные образцы эмульсионных кремов могут быть использованы для заживления ран, лечения экземы, дерматита.

На рынке имеются аналоги, содержащие серебро в различной форме: «Аргенсепт», «Silver Ultra», «Аргосульфан 2%». Данные крема обладают антибактериальным и регенерирующим эффектом. Предложенная разработка может расширить ассортимент аналогичной продукции и снизить расходы на ее производство.

*Научный руководитель: проф., доц., к. т. н. Буринская А. А.*

## Библиографический список

1. Букина Ю. А. Сергеева Е. А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Биохимия и биотехнология, 2012. – С. 170 – 172.
2. Хина А. Г., Крутяков Ю. А. Сходство и различия в механизме антибактериального действия ионов и наночастиц серебра / Прикладная биохимия и микробиология, 2021. – том 57, № 6. – С. 523 – 535.

## **А. Н. Черняева**

Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина

## **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОФИЛЬНО-ГИДРОФОБНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА С БИОЦИДНОЙ ОТДЕЛКОЙ**

В текстильной промышленности перспективным направлением научного исследования является разработка способов биозащиты отделки. Актуальность направления связана с тем, что тело человека является прекрасной средой для размножения микроорганизмов. Наличие бактерий на определенных участках кожи зависит от уровня влажности и кислотности. Вследствие этого предлагается способ получения водоотталкивающего текстильного материала с биоцидной пропиткой [1].

Для проведения экспериментов был выбран трикотаж – футер двунитка. Футерованный трикотаж из трех нитей: первое волокно - 100 % хлопок – гидрофильный, второе - высокоэластичное полипропиленовое волокно и нижняя нить – полиэфирное, для придания эластичности. Смешанная гидрофильно-гидрофобная структура представляет собой микрофибру. Нижняя нить состоит из 23 филаментных нитей. Нить притягивает влагу с поверхности тела человека и передает за счет сорбционных свойств, выполняя роль проводника влаги при этом сама остается сухой. Нить, состоящая из 100 % хлопка, сорбирует влагу и удерживает ее в структуре при этом сама становится мокрой, тело человека остается сухим, а материал создает тактильное восприятие сухой поверхности, что обеспечивает комфорт пользователя при физических нагрузках [2].

Биоцидная отделка текстильного материала – отделка волокон биоцидными средствами, придающими ткани антимикробные, противоаллергические свойства. Биотекстиль предотвращает размножение микроорганизмов и останавливает их рост. В качестве биоцидного вещества предлагается серебро, так как оно обладает высокими антибактериальными свойствами, помимо этого серебро не проявляет токсичного и раздражающего действия на кожу человека [3]. Способ включает обработку в водном растворе гидрозоля серебра и растворе таннидов растительного происхождения при температуре 20 – 50 °С с

последующим отжимом и сушкой. Массовая доля серебра 0,3 % в растворе гидрозоля, а раствор таннидов в рабочей ванне 0,1 – 5 % мас. % Изобретение позволяет сократить время отделки и придать текстильному материалу бактериостатические свойства [4].

#### Библиографический список

1. Léal, Françoise. Etude de la production et de l'émanation de composés volatils malodorants sur textile à usage sportif: Doctorat, Polytechnique: 2011-11-04/ Procédés biotechnologiques et Alimentaires - Institut National Polytechnique de Lorraine, 2011. – 227с.

2. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б.А. Бузова. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 448с.

3. Бесшапошникова В. И., Ковалева Н. Е., Логинова Е. А. Научные основы проектирования материалов и изделий специального назначения: Монография – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. – 207 с.

4. Патент 2727335 С1 (RU) Способ получения текстильных материалов с бактериостатическими свойствами / Родионов И. В.; патентообладатель: Родионов И. В.; заявка № 2019123949(RU): подана 30.07.2019; опуб: 21.07.2020, класс СПК D06M 10/06 (2020.02); D06M 10/10 (2020.02); A61L 15/46 (2020.02).

#### **А. С. Власова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ И ПИРИДИНИЯ НА СОРБЦИЮ АКТИВНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМИ ВОЛОКНАМИ**

При крашении волокнистых материалов на основе целлюлозы активными красителями возникают трудности, связанные с гидролизом красителя в водной среде. Гидролизованная форма красителя не может образовывать ковалентные связи с целлюлозой и попадает в сточные воды. Одним из способов решения этой проблемы является добавление в красильную ванну веществ, которые бы препятствовали гидролизу активных красителей. В настоящей работе в качестве таких веществ используются хлорид N-цетилпиридиния и бромид триметилцетиламмония. Выбор солей аммония и пиридиния основан на результатах предыдущих исследований, проведенных на кафедре химических технологий имени профессора А.А. Хархарова СПбГУПТД, которые показали, что некоторые четвертичные аммониевые соли способны повышать степень ковалентной фиксации активных красителей на хлопчатобумажной пряже.

В связи с этим цель настоящей работы заключается в изучении процесса крашения различных целлюлозных волокон активным красителем с

применением солей аммония и пиридиния. Для достижения поставленной цели решаются задачи:

- изучение межмолекулярных взаимодействий в системе «целлюлоза - галогенид аммония/пиридиния – активный краситель», способствующих снижению гидролиза активных красителей в водной среде;

- оценка колористического эффекта применения хлорида N-цетилпиридиния и бромида триметилцетиламмония в крашении различных волокон на основе целлюлозы (хлопок, лен, крапива, конопля) активным красителем периодическим способом.

На основании проведенных экспериментов выделено три бинарных межмолекулярных взаимодействия, способствующих снижению гидролиза активных красителей в водной среде. Во-первых, галогениды аммония и пиридиния как соли, образованные слабым основанием и сильной кислотой, склонны к гидролизу по катиону. В процессе крашения в водной среде гидролиз хлорида N-цетилпиридиния или бромида триметилцетиламмония является конкурентом в реакции гидролиза красителя. Во-вторых, активный краситель взаимодействует с галогенидом аммония и пиридиния по типу анион красителя – катион соли. Поэтому в технологии крашения периодическим способом необходимо предусмотреть последовательное введение реагентов (сначала соль, затем краситель). Соль аммония или пиридиния, сорбируясь на волокне первой, создает дополнительные реакционные центры для фиксации активного красителя. Последовательное введение компонентов красильной ванны необходимо и для осуществления взаимодействия галогенидов с целлюлозой, в результате которого происходит разрыв водородных связей между макромолекулами целлюлозы, что способствует высокой выбираемости красителя из красильной ванны и повышению интенсивности окраски.

Были окрашены волокна хлопка, льна, крапивы и конопли. Крашение волокон осуществляли периодическим способом: в водный раствор хлорида N-цетилпиридиния

или бромида триметилцетиламмония концентрацией 1 г/л при 40 °С помещали 1 г волокна. Через 5 мин в обрабатывающую ванну вводили краситель Reactive Red 198 концентрацией 3 % от массы волокна и в условиях термостатирования выдерживали образец 30 мин при заданной температуре. Затем добавляли кальцинированную соду концентрацией 2 г/л и вели обработку еще в течение 1 ч. Общий объем обрабатывающей ванны определялся соотношением – 20 мл на 1 г волокна. После крашения образцы тщательно промывали холодной и горячей водой. Интенсивность полученных окрасок всех образцов, окрашенных в присутствии галогенида аммония/пиридиния выше по сравнению с образцами, обработанных без него.

Таким образом, полученные результаты показали возможность получения на хлопковом, льняном, конопляном волокне и волокне из крапивы окрасок с высокими колористическими в условиях реализации периодического способа крашения активными красителями в присутствии бромида триметилцетиламмония и хлорида N-цетилпиридиния.

**А. Ю. Кулешова, Е. С. Сашина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦВЕТОВОГО ПЕРЕХОДА ТЕРМОХРОМНОГО ТЕКСТИЛЯ**

Термохромные красители позволяют сделать текстильные материалы более функциональными, например, сигнализировать изменением цвета об изменении температуры окружающей среды или физическом состоянии человека. Наиболее популярными в колорировании текстиля являются термохромные лейкокрасители, представляющие собой композицию из красителя, проявителя и растворителя. Проявитель обеспечивает химическую реакцию, обуславливающую изменение цвета, а температура этого изменения зависит от растворителя.

На готовый текстильный материал термохромные краски наносят посредством сетчатых шаблонов, весь технологический процесс состоит из нескольких стадий: подготовка основы и красящей пасты, печатание, сушка, термическая обработка сухим горячим воздухом при температуре 140-160 °С в течение 2-4 мин, промывка. При технологии печатания можно колорировать практически любые материалы и применять широкий диапазон связующих веществ. Дизайнерские эффекты достигается не только за счет самого рисунка, но и за счет регулируемой толщины красящего слоя, сочетания цветов, использования кроющих красок другого тона.

Содержащиеся в краске цветные пигменты в виде микрокапсул могут смешиваться с красками на акриловой, резиновой или масляной основе. Доля действующего вещества традиционно варьируется в диапазоне 5 – 30 % от общей массы печатной краски, в зависимости от заданной интенсивности оттенка. Важной характеристикой термохромных текстильных изделий является разница температур исчезновения-проявления цвета в цикле «нагрев-охлаждение». Различие в температуре перехода при нагреве и охлаждении равно ширине петли гистерезиса в координатах цвета и рассчитывается как:

$$\Delta H = T_{обесцв} - T_{восст}.$$

Расчет ведется по формулам:

$$T_{обесцв.} = \frac{T_3 + T_4}{2}$$
$$T_{восст} = \frac{T_1 + T_2}{2},$$

где T<sub>1</sub> - температура полного восстановления цвета,

T<sub>2</sub> - температура частичного восстановления цвета,

T<sub>3</sub> - температура частичного обесцвечивания,

T<sub>4</sub> - температура полного обесцвечивания,

Чем ближе значения температур перехода при нагревании и охлаждении, тем меньше ширина гистерезиса. Эта характеристика зависит как от состава



термохромной композиции, так и от природы текстильного (полимерного) материала. Ширина петли гистерезиса зависит от того, как долго материал отдает тепло, сохраняя фазовое состояние термохромной композиции. Площадь петли равна энергии, которая идет на нагревание текстильного (полимерного) материала.

**Б. Ю. Прядезников<sup>1,2</sup>, А. А. Прядезникова<sup>1,2</sup>, А. В. Шульгин<sup>1,2</sup>, В. И. Жуков<sup>1</sup>,  
О. А. Москалюк<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Балтийский федеральный университет им. И. Канта

<sup>2</sup> ООО «ТексАйс»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО ВОЛОКНА**

Полимерные волокна являются важными материалами в современном инженерном и промышленном секторах благодаря их уникальным свойствам, таким как легкость, высокая прочность и химическая стойкость. Несмотря на это, для оптимизации их применения в различных областях, начиная от текстильной и медицинской до автомобильной и аэрокосмической промышленности, существует постоянная потребность в дальнейшем улучшении их механических свойств. Одним из подходов для повышения прочности и жесткости волокон является введение металлических частиц в полимерную матрицу [1]. Металлические наночастицы обладают высокой механической прочностью, жесткостью и теплопроводностью, что делает их перспективными аддитивами для повышения механических и функциональных характеристик полимерных материалов. В последние десятилетия были предложены исследования, основанные на введении металлических частиц в полимерные матрицы с целью улучшения общих свойств полимерных волокон [2], [3]. В данной работе проводилось детальное исследование влияния металлических частиц на механические свойства полимерного волокна, полученного методом экструзией из расплава.

Процесс получения полимерного волокна включал подготовку полимерной смеси, диспергирование металлических частиц в объеме полимерной матрице, экструзию смеси через специальную фильеру и последующую высокотемпературную ориентационную вытяжку. Ключевым аспектом в исследовании являлось определение влияния различных степеней ориентационной вытяжки на деформационно-прочностные характеристики металлонаполненного полимерного волокна. Для этого образцы подвергали одноосному растяжению на универсальной испытательной машине Instron с использованием улиточных зажимов. Базовая длина составляла 200 мм, скорость растяжения 10 мм/мин. На основе полученных диаграмм растяжения определялась: разрывная нагрузка (Н), относительное удлинение при разрыве

(%) и удельная разрывная нагрузка (сН/текс). Было выявлено, что введение металлических частиц до 20 % в полиамидную матрицу значительно повышает прочность волокна. Также было установлено, что ориентационная вытяжка оказывает существенное влияние на механические свойства металлонаполненного полиамидного волокна.

Результаты данного исследования будут способствовать разработке новых полимерных композитных материалов с улучшенными характеристиками для широкого спектра приложений в различных промышленных отраслях.

#### Библиографический список

1. Li X., Ma B., Dai J., Sui C., Pande D., Smith D. R., Brinson L. C., Hsu P. C. Metalized polyamide heterostructure as a moisture-responsive actuator for multimodal adaptive personal heat management // Science advances, 2021 Dec 17;7(51).
2. Курбонов Н. С., Факиров Д. Х., Курбонов А. Н. Изучение физико-механических свойств полимеров // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия естественных наук. – 2020. – № 2-3(78). – С. 29-33.
3. Бузник В. М., Фомин В. М., Алхимов, А. П. Металлополимерные нанокompозиты: получение, свойства, применение. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. — 260 с.

#### **В. М. Дедловская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **РАЗРАБОТКА ОТЕЧЕСТВЕННОГО РАСТВОРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ЛИНЗ ИЗ СИЛИКОНОВОГО ПОЛИМЕРА**

Ортокератология-метод временной коррекции близорукости и астигматизма путем перестройки эпителия роговицы, что улучшает остроту зрения, при помощи планового применения жестких газопроницаемых линз из силикона во время сна (ОК-линз, ночных линз). Одной из важных особенностей данного метода является торможение прогрессирующей близорукости у детей и подростков. Это позволяет ОК-линзам быть не только альтернативой для очков или мягких дневных линз для всех тех, у кого наблюдается усталость глаз или дискомфорт и сухость, но и позволяет избежать сильной потери зрения для маленьких пациентов, чтобы те в последующем смогли позволить себе рефракционную хирургию с наименьшим количеством противопоказаний.

Для ухода за ортокератологическими линзами в большей степени необходимы именно специализированные пероксидные растворы, которые предотвращают микробный кератит на поверхности полимера. Однако на рынке все средства импортные, а ввиду определенных обстоятельств наблюдаются

частые перебои с поставками и повышения цен в 4-5 раз, в розничных магазинах такие растворы перестали появляться вообще.

Цель настоящей работы – разработка отечественного состава для ухода за жесткими газопроницаемыми линзами.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Изучить литературу в области материалов и полимеров для производства ОК-линз и составы уже имеющихся на рынке растворов на основе перекиси водорода.

2. Разработать и предложить собственный состав очищающего раствора и его катализатора.

3. Исследовать влияние разработанных составов на основные эксплуатационные свойства линз.

4. Провести исследования по биоустойчивости линз, обработанных разработанными составами.

В настоящее время существует 4 основных очищающих системы: швейцарский Aosept plus от Alcon, испанский Ever clean от Avizor, One plus от Cooper Vision из Великобритании и совершенно новый польский аналог Relins от Doctor Klaus.

В составе каждого средства имеется 3%-й раствор перекиси водорода и некоторый буферный агент, чаще фосфатный. Возможно наличие дополнительного очищающего или увлажняющего агента, различных блок-сополимеров. В коробке с раствором также поставляется контейнер для линз с катализатором, чаще платиновым.

У Ever clean в составе поставляемой коробки бутылка с 3%-м раствором перекиси водорода и катализирующие таблетки, содержащие неорганические соли, каталазу микробиологического происхождения, хлорофилл и рибофлавин для идентификации окончания процесса очистки посредством изменения цвета раствора.

Результатом разработок станет доступный по стоимости, безопасный для массового использования отечественный раствор для очистки ортокератологических линз.

**Д. С. Юданова, Е. В. Кудрявцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ШАМПУНЯ С БИОАКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ**

В современном мире косметические средства, в том числе шампунь, играют важную роль в жизни человека. Шампунь является одним из самых популярных и востребованных продуктов для красоты и ухода за волосами.

Разработка рецептуры шампуня – процесс создания уникальной формулы и состава, которые обеспечивают эффективное очищение и уход за волосами. По консистенции шампуни могут быть в форме жидкости, геля, крема или порошка. По составу они выпускаются на основе синтетических поверхностно-активных веществ, на жировой или смешанной основах.

Основными компонентами шампуней обычно являются поверхностно-активные вещества. В зависимости от природы полярной группы и диссоциации на ионы различают: анионные (АПАВ), катионные (КПАВ), амфотерные и неионогенные (НПАВ) поверхностно-активные вещества. Важной частью разработки состава шампуня является подбор оптимального рН-уровня, чтобы обеспечить правильный баланс между очищением и сохранением естественного уровня влаги волос и кожи. Создание шампуня также включает в себя выбор и дозировку консервантов и ароматизаторов для повышения стабильности продукта и обеспечения приятного запаха.

В состав шампуня часто включают различные биологически активные компоненты и их смеси. Это – природные или искусственные вещества, оказывающие благоприятное действие на здоровье волос и кожи. Для этих целей применяют растительные экстракты алоэ вера, зеленого чая, ромашки, лаванды, розмарина и других растений, обладающие успокаивающими, антиоксидантными и питательными свойствами. Витамины Е, С, группы В и др. помогают укрепить волосы, способствуют их росту, защищают от воздействий окружающей среды и увлажняют кожу головы. Растительные масла оливы, кокоса, арганы, жожоба и др. обладают питательными свойствами, увлажняют и смягчают волосы, а также помогают укрепить их структуру. Гидролизированные протеины (кератин, коллаген, эластан, фиброин и др.) способствуют укреплению волос, улучшают их эластичность и придают им здоровый и блестящий вид. Эфирные масла мяты, розмарина, лаванды и др. обладают антимикробными свойствами, помогают бороться с перхотью и оказывают освежающий эффект.

Важно отметить, что эффективность биоактивных добавок может снижаться при комбинации их с другими компонентами в шампуне. Кроме того, биологически активные вещества могут быть подвержены окислению и снижать свою активность в процессе хранения косметического изделия. Это необходимо учитывать при составлении рецептуры шампуня.

На текущем этапе нами проведен подбор рецептуры основы шампуня с использованием АПАВ, НПАВ, растительных и эфирных масел, загустителя и отдушки. Путем варьирования ингредиентного состава разработана оптимальная рецептура в виде геля, обеспечивающая моющее действие, высокое пенообразование и эффективные дерматологические свойства. Водородный показатель (рН) разработанной основы составил 7, что соответствует ГОСТу.

Проводятся исследования по разработке рецептуры шампуня для питания волос с использованием биологически-активных препаратов.

**Е. А. Кузьмичева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **О ПРИМЕНЕНИИ СОЛЕЙ АММОНИЯ ДЛЯ ПРИДАНИЯ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫМ ВОЛОКНАМ**

При производстве текстильных изделий используют самые разнообразные волокна. Ценность одних волокон заключается в высоких показателях разрывной нагрузки и износостойкости, других – в теплоизоляционных свойствах. Хлопковые и капроновые волокна отличаются гидрофильностью. Поэтому хлопковые волокна применяются в медицине для изготовления одежды (халатов, масок), санитарных повязок (бинтов, салфеток) и материалов, которые используются в косметических процедурах и гигиенических целях (тампоны, диски). Мягкость и гигроскопичность хлопка позволяют обеспечить комфортный и эффективный уход за ранами и повреждениями кожи. Также хлопок хорошо пропускает воздух, что способствует быстрому заживлению тканей. Из синтетических волокон гидрофильностью обладают полиамидные волокна, в том числе капрон. Поэтому его широко применяют в изготовлении чулочно-носочных изделий. Способность поглощать влагу волокнам обеспечивают функциональные группы: гидроксильные (у хлопка), аминогруппы (у капрона). С другой стороны, эти же функциональные группы делают текстильные материалы из хлопковых и капроновых волокон чувствительными к действию микроорганизмов, особенно в благоприятных условиях. Так, неспоровые эпифитные бактерии проникают сначала в канал волокна, а затем и в субмикроскопическое пространство, и начинают в нем развиваться. Некоторые бактерии и грибы обладают ферментами, которые инициируют реакции гидролиза полиамида и разрушают молекулярную структуру капрона. Таким образом, актуальность настоящей работы связана с необходимостью придания хлопковым и капроновым волокнам устойчивости к действию микроорганизмов. Известно, что некоторые четвертичные аммониевые соли используются в качестве биоцидных агентов, поскольку они обладают антимикробным действием по отношению к широкому спектру различных видов микроорганизмов. Поэтому *цель настоящей работы* заключается в оценке возможности использования четвертичных аммониевых солей для придания антимикробных свойств текстильным материалам на основе хлопковых и капроновых волокон.

Работа состоит из двух этапов. На первом этапе методом УФ-спектрофотометрии определена сорбция хлопчатобумажной пряжей и капроновой ткани четвертичных аммониевых солей, обладающих антимикробной активностью. Исследуемые соли аммония имеют полосы поглощения при 210-220 нм, что позволило построить калибровочную кривую для расчета концентрации веществ в остаточной ванне. Так, установлено, что

сорбция соли брутто-формулы  $C_{19}H_{42}BrN$  при концентрации вещества в обрабатываемой ванне 2 г/л составляет 6,5 и 238 мг/г волокна для капроновой ткани и хлопчатобумажной пряжи, соответственно. На втором этапе проведена оценка устойчивости к штаммам плесневелых грибов образцов волокнистых материалов, обработанных водным раствором четвертичной аммониевой соли с различными концентрациями (0.5, 1.0, 1.5 и 2.0 г/л) в течение 20 мин при 40 °С.

Полученные результаты позволят разработать технологию антимицробной отделки текстильных материалов из хлопковых и полиамидных волокон.

**Е. Д. Софронова, В. А. Липин**

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

## **ПРИМЕНЕНИЕ ОЗОНА В ОТБЕЛКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО ВОЛОКНА**

Мировой тенденцией является планомерное ужесточение экологического регулирования сбросов и выбросов загрязняющих веществ. Поэтапно вводится непрерывный экологический мониторинг. Производство первичного волокна на ЦБП сопряжено с целым рядом негативных факторов, влияющих на окружающую среду и безопасность жизнедеятельности человека, включая высокое водопотребление, высокую нагрузку от экстрагированных органических веществ и применяемых химических реагентов на водный бассейн, выбросы загрязняющих веществ в воздушный бассейн. Для минимизации экологического ущерба применяют различные технологии на разных стадиях производства целлюлозной продукции [1], [2].

Использование озона на этапе отбелки является одним из способов по достижению позитивного экологического имиджа завода. Озоновая отбелка целлюлозы считается одной из лучших доступных технологий с экологической точки зрения [3]. Около 10 % мировых мощностей по производству беленой химической целлюлозы использует озон, что обеспечивает повышение, по сравнению с использованием диоксида хлора, на 30 – 40 % показателей эффективности очистки промышленных стоков, снижение цветности на 60 – 65 %, содержания АОХ и ОХ в сбросах в 24 раза. Сокращаются также объем использования свежей воды за счет внедрения частично замкнутого цикла в отбельном цеху и операционные расходы на закупку диоксида хлора и других химических реагентов.

Благодаря своей высокой реакционной способности озоновое отбеливание не требует высокой температуры и давления, время реакции очень короткое. Озон стабилен при низких температурах и медленно разлагается при высоких. Препятствиями для активного внедрения озона являются: низкая селективность, возможная потеря вязкости и выхода целлюлозы.

Рост заинтересованности регуляторов к экологически безопасным технологиям способствует ускорению перехода на технологические схемы отбелики с использованием стадии озонирования. Перспективным способом отбелики первичного волокна с применением озона является последовательность ОО-ZD-Еор-РО [4]. Оптимальное качество достигается при работе со средней концентрацией массы. Низкое содержание хлорсодержащих химических реагентов в данной схеме отбелики способствует снижению экологической нагрузки и возможности вторичного использования стоков с частичным замыканием цикла водооборота.

#### Библиографический список

1. Липин В. А., Федоскин И. А., Софронова Е. Д. // в сб. мат-лов XXV Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2020. Кн. 2. СПб: СПбНЦ РАН, Изд-во «Любавич». 2020. С. 120-127.
2. Sousa, A. M., Pinto I. S. S., Machado, L., Gando-Ferreira, L., Quina M. J. // Journal of Industrial and Engineering Chemistry 2023. V. 125. P. 58–70.
3. ИТС 1-2022. Целлюлозно-бумажное производство. М., 2022. 406 с.
4. Липин В. А., Е. Д. Софронова, А. В. Орлова Способ отбелики целлюлозы Патент:RU 2724362 С1, заявка 2019121308 Дата регистрации: 04.07.2019. Дата публикации: 23.06.2020. Бюл. №18.

#### **Е. Д. СУСАНОВА, А. М. МИХАИЛИДИ**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ГИДРОГЕЛЯ НА ПРОРАЩИВАНИЕ СЕМЯН ГОРОХА ОВОЩНОЙ САХАРНЫЙ КАРУБИ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОСТИ**

Полимерные гидрогели (ГГ) используют в сельском хозяйстве в нескольких направлениях: в растениеводстве реализуются их способность удерживать и постепенно отдавать воду; ГГ могут быть носителями для минеральных веществ, стимуляторов роста, пестицидов или биопрепаратов; в качестве кондиционеров почвы ГГ улучшают ее физические и химические свойства [1]. Целью данной работы было исследование влияния добавок целлюлозного гидрогеля, полученного из макулатуры, на скорость проращивания семян сахарного гороха сорта каруби в различных условиях увлажнения.

Получение ГГ осуществляли путем растворения макулатуры в растворителе N,N-диметилацетамид/хлорид лития с последующей регенерацией, как описано в [2]. Предварительно подготовленные семена гороха размещали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге: в первую чашку добавляли ГГ и оставляли на воздухе; во вторую чашку добавляли ГГ и использовали

регулярное увлажнение путем опрыскивания ГГ водой из пульверизатора, параллельно проводили контрольные опыты по проращиванию семян без использования ГГ. Во все чашки ежедневно добавляли по 2 мл воды.

При проращивании семян в первой чашке семена гороха потрескались на третий день, а на 12 день появились ростки гороха, их длина по окончании эксперимента составила 3 мм. Во второй чашке (с увлажнением) ростки гороха появились на второй день, а их длина по окончании опыта составила 1 см. В контрольных чашках ростки не появились до окончания эксперимента. Аналогичные результаты были получены в работе [3], где исследовалось влияние целлюлозных ГГ на проращивание семян кукурузы.

Таким образом было показано, что целлюлозный ГГ, полученный из макулатуры, обладает потенциалом в качестве среды для повышения скорости проращивания семян. Для достижения оптимальных результатов рекомендуется опрыскивание ГГ водой один раз в четыре часа.

#### Библиографический список

1. Максимова Ю. Г., Щетко В. А., Максимов А. Ю. Полимерные гидрогели в сельском хозяйстве // Сельскохозяйственная биология. - 2023. - Т.58. - №1. - С. 23-42.

2. Михаилиди А. М., Котельникова Н. Е. Функциональные материалы, полученные из макулатуры. II. Целлюлозные гидрогели с высокой водоудерживающей способностью, полученные из растворов бумажной макулатуры в ДМАА/LiCl // Химия растительного сырья. - 2021. - №3. - С. 83–98.

3. Jampi A. L. W., Chin S., Wasli M. E. Preparation of Cellulose Hydrogel from Sago Pith Waste as a Medium for Seed Germination // Journal of Physical Science. - 2021. - Vol. 32(1). - P. 13-26.

#### Е. И. Зоннэ

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ОКИСЛЕНИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ**

К числу опасных пластиковых отходов, которые попадают на свалки и отравляют почву, относятся полиолефиновые материалы. Это синтетические материалы, для разложения которых в естественных условиях требуется несколько сотен лет. К счастью, полипропилен и полиэтилен можно подвергать вторичной переработке, превращая их в гранулы, из которых производят разные изделия: одноразовую посуду, упаковочные материалы, канцелярскую продукцию, строительные материалы, корпуса бытовых приборов и садовых инструментов. Однако волокнистые материалы из полиолефинов (медицинские



маски, сельскохозяйственные нетканые материалы, ковровые покрытия и т.п.) такому виду вторичной переработки не подвергаются, поскольку они содержат пигменты и различные органические вещества. Поэтому проблема утилизации волокнистых материалов из полипропилена и полиэтилена остается открытой.

На кафедре химических технологий имени проф. А.А. Хархарова Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна проведены исследования по применению четвертичных аммониевых солей в переработке полипропиленового волокна. Бромиды аммония с длинным алифатическим радикалом вызывают изменения аморфно-кристаллической структуры, что приводит к снижению степени полимеризации полипропилена в 5 - 6 раз. В результате деструкции углеродной цепи образуются полимеры со степенью полимеризации 49-52. На основе полученных результатов было сделано предположение, что такое изменение аморфно-кристаллической структуры полипропилена будет способствовать реакции окислительной деструкции полимера в результате действия ферментов, и тем самым значительно ускорять биоразложение полипропиленового волокна в почве. На следующем этапе работы в качестве объекта исследования выбран нетканый полипропиленовый материал, который был обработан водными растворами четвертичных аммониевых солей разного строения. Исследуемые соли отличаются природой аниона (хлориды и бромиды) и длиной алифатического радикала. Обработанные образцы будут подвергнуты действию микроорганизмов (комплекс ферментов и бактерий, способствующих разложению органических веществ в почве). Для этого образцы полипропиленового материала помещают в почву, которую обрабатывают раствором микроорганизмов. В процессе эксперимента планируется фиксировать изменение рН почвы, а по истечении 3 месяцев у образцов нетканого материала определить физико-механические характеристики: разрывную нагрузку и удлинение.

Результаты экспериментального исследования позволят определить четвертичную аммониевую соль, тепловая обработка водным раствором которой полипропиленового волокнистого материала в большей степени повышает биодеструкцию полиолефина.

**И. В. Елохин**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.18

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЩЕЛОЧНОМ ГИДРОЛИЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕТЕРФТАЛАТА**

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) на сегодняшний день широко применяется в легкой промышленности, в медицине и в качестве упаковки для лекарственных

препаратов и безалкогольной продукции. Так компания «Сибур Холдинг» в течение 20 лет работы выпустила 1,2 млн. тонн ПЭТФ под напитки. Одним из методов для переработки ПЭТФ является щелочной гидролиз, который осуществляют в среде этиленгликоля. Известно, что четвертичные аммониевые соли (ЧАС) применяются в качестве катализаторов в реакции гидролиза. При их использовании можно управлять процессом, чтобы получить линейные олигомеры. Известно, что при добавлении различных ПАВ (3 % масс.) таких как: катамин АБ, тетраметиламмоний йодистый, производных триэтаноламина и триэтилбензиламмоний хлористый изменяется скорость протекания реакции. При этом в некоторых случаях происходит замедление процесса, а в некоторых его ускорение. Также известно, что реакцию щелочного гидролиза можно осуществить и в водной среде, что позволяет снизить температуру и давление данного процесса. В связи с вышесказанным, было решено провести щелочной гидролиз ПЭТФ в разных средах с получением целевого продукта в виде терефталевой кислоты.

Таким образом, цель исследования состоит в изучении влияния поверхностно-активных веществ на разложение полиэтилентерефталата в органической и водной среде.

При выполнении работы использовали следующие объекты: мелконарезанные флексы бутылочного ПЭТФ, поверхностно-активные вещества, отличающиеся химической природой: бромиды триметилцетиламмония и триметиллауриламмония (КПАВ), кокоамидопропилбетаин (АмПАВ). Также для сравнения использовали вещества, которые не являются ПАВ - триэтиламингидрохлорид, тетраэтиламмоний бромистый.

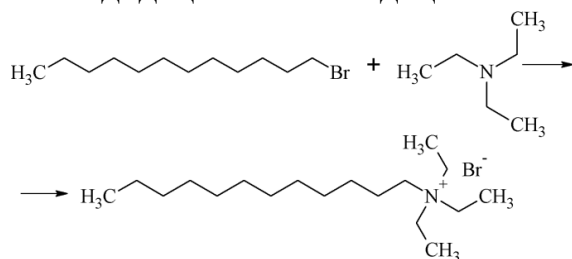
Процесс щелочного гидролиза осуществляли в среде этиленгликоля при температуре 250 °С и концентрации NaOH 40 г/л, количество этиленгликоля составляло в 2 раза больше, чем масса кусочков ПЭТФ. Реакцию в водной среде осуществляли в присутствии 25 мл NaOH концентрацией 70 г/л и водного раствора ПАВ концентрацией 0,07 моль/л. Процесс длился 60 мин при температуре 100 °С.

В ходе работы был рассчитан материальный баланс процесса, а также основные характеристики: степень конверсии, выход на пропущенное и разложенное сырье. Наибольший показатель наблюдается для амфотерного ПАВ в среде этиленгликоля со степенью конверсии 92 % и выходом терефталевой кислоты 100 %. В водной среде выделить осадок в присутствии АмПАВ не удалось. Зато КПАВ позволили получить терефталевую кислоту, о чем свидетельствуют данные ИК-спектроскопии в диапазоне частот ароматических колебаний Ar-COOH (1700 - 1680 см<sup>-1</sup>), внеплоскостных деформационных колебаний X-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-Y (860 - 800 см<sup>-1</sup>). Более того, полученный продукт не растворяется в этиловом спирте и ацетоне, что говорит о том, что перед нами не диметиловый эфир терефталевой кислоты. В результате исследования было выявлено, что АмПАВ и КПАВ в большей степени оказывают влияние на деструкцию ПЭТФ в процессе его гидролиза до мономеров.

## МОДИФИКАТОРЫ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ: ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ

Модификация целлюлозы в большинстве случаев позволяет получать материалы с улучшенными или заданными свойствами. Так, добавление поверхностно-активных веществ (ПАВ) улучшает совместимость между целлюлозой и полимерной матрицей при создании композитов. Предполагается, что гидрофильная группа ПАВ адсорбируется на целлюлозе, а его гидрофобный углеводородный радикал – на матрице, предотвращая агрегацию частиц целлюлозы посредством стерической стабилизации. Улучшение свойств композитов происходит за счет хорошей смачиваемости и адгезии между фазами, а также более равномерному распределению целлюлозного материала внутри матрицы. Поверхностная модификация нанокристаллов целлюлозы или нановолокон целлюлозы четвертичными солями аммония (ЧАС) является эффективным методом повышения их гидрофобности и формирования лучшего межфазного связывания с некоторыми полимерами. Еще одним направлением модификации целлюлозы является повышение ее антибактериальных свойств. Для этого применяют такие ЧАС, как хлорид диметилдиоктиламмония, хлорид диметилдидециламмония, бромид бензилдиметилдодециламмония и др. Однако в России отсутствует производство подобных веществ. Поэтому *целью настоящей работы* является разработка технологии синтеза ЧАС с длинным углеводородным радикалом и изучение их антибактериальных свойств.

В основе разработанного способа получения ЧАС лежит реакция алкилирования, в которой субстратом является триэтиламин, а реагентом – бромистые додецил или октадецил:



Идентификацию полученных продуктов проводили по ИК спектрам и температуре плавления. В результате работы был осуществлен синтез бромид триэтилоктадециламмония, бромид триэтилдодециламмония и хлорид триэтилоктадециламмония. Синтез проводили в присутствии кислотных катализаторов и в среде органических растворителей. Для очистки солей подобран метод перекристаллизации из воды с последующим упариванием водного слоя. Анализ ИК спектров и измерение температуры плавления полученных продуктов позволил определить наиболее эффективные условия

синтеза. В условиях электрофильного замещения выход более 80 % через 10 мин синтеза достигается в случае применения в качестве катализатора хлорида алюминия. В условиях бимолекулярного нуклеофильного замещения реакцию целесообразно проводить в среде полярного органического растворителя. Для тестирования устойчивости образцов целлюлозных материалов, обработанных водным растворами полученных веществ, предполагается использовать в качестве биообъектов штаммы грибов.

**М. А. Бакаева, Е. С. Сашина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИНКАПСУЛИРОВАНИЯ ТЕРМОХРОМНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ**

Включение термохромных индикаторов в полимерную матрицу или полимерную капсулу является одной из современных задач при производстве «умного» текстиля. К полимерам при этом предъявляются определенные требования, такие как прозрачность и инертность по отношению к красящей композиции. Возможными оболочками капсул или полимерными матрицами могут являться поливиниловый спирт, стирол, мочевиноформальдегидная смола, поливинилхлорид и метилметакрилат [1].

Существуют различные методы инкапсулирования. Все методы можно разделить на физико-химические и химические. К физико-химическим относятся коацервация, осаждение из готового раствора полимера, упаривание легколетучего растворителя, отверждение расплавов в жидких средах, экстракционное замещение, распылительная сушка и физическая адсорбция. К химическим методам инкапсулирования относят полимеризацию [2].

Для получения микрокапсул с оболочкой из ПВХ нами использован физико-химический метод осаждения готового раствора полимера. В полученный раствор полимера вносили эмульсию красящей композиции и осаждали полимер добавлением водного раствора сульфата натрия.

Для получения микрокапсул с оболочкой из полистирола использован химический метод. В раствор мономера вносили эмульсию красящей композиции, а затем после перемешивания добавляли инициатор и повышали температуру для проведения процесса полимеризации.

После полимеризации капсулы фильтровали на воронке Бюхнера и сушили на воздухе при комнатной температуре.

Полученные микрокапсулы термохромного красителя использованы для нанесения рисунка на текстильный материал методом шелкотрафаретной печати.

Библиографический список

1. Солодовник, В. Д. Микрокапсулирование [Текст] В. Д. Солодовник. – М.: Химия, 1980. – 216 с.

2. Технологические аспекты получения микрокапсул субстанций растительного происхождения. / О. А. Семкина, М. А. Джавахян, О. М. Белошапкина и др. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. - Т. 24. - №5. - С. 5–14. doi: 10.29296/25877313-2021-05-01

**М. В. Абашкин<sup>1,2</sup>, В. А. Кочкаев<sup>2</sup>, А. П. Михайловская<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup>ООО «Мобильные Трубопроводные Системы»

## **ВЛИЯНИЕ НАТЯЖЕНИЯ АРМИРУЮЩЕГО КАРКАСА НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ СЛОЕВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫХ РУКАВОВ ИЗ ПОЛИУРЕТАНА**

Технология производства плоскосворачиваемых рукавов основана на прохождении полимерного материала сквозь тканый каркас, выступающего в роли армирующего слоя [1]. Конфигурация экструзионной линии включает в себя специальное устройство – ласточкин хвост, расположенное на штанге, которое посредством шарнирной сдвоенной муфты соединено с дорном. Ласточкин хвост имеет опорный ролик, который через каркас контактирует с фиксирующими валами дорнодержателя, в результате чего, при перемещении каркаса, дорн удерживается в рабочем состоянии. В зависимости от давления в экструзионной фильере изменяется сила прижима фиксирующих валов к каркасу, и как следствие сила натяжения каркаса между дорном и ласточкиным хвостом.

Способность материала проходить через каркас («проливаться») зависит от многих факторов, например, от плотности плетения нитей каркаса, от вязкости полиуретана, от давления в зоне проливки, от проходного сечения дорна и т.п. Основным же фактором является конфигурация каркаса. Она подбирается таким образом, чтобы готовое изделие могло держать требуемое давление [2]. С повышением разрывного давления, резко увеличивается плотность плетения и толщина нитей, отверстия в каркасе, через которые проходит материал, становятся меньше, проливаемость уменьшается. К подобному эффекту (уменьшению отверстий) также приводит натяжение каркаса между ласточкиным хвостом и дорном.

В ходе экспериментов было установлено, что натяжение каркаса сильно влияет на качество выпускаемой продукции – при натянутом каркасе внутренний слой был тонкий и неравномерный по диаметру. Полностью исключить натяжение каркаса, при существующей конструкции узлов и компоновке экструзионной линии, не представляется возможным. Это обусловлено

использованием ласточкина хвоста для подачи каркаса в голову. Можно лишь попытаться незначительно ослабить данное влияние, путем установки сферы, которая будет растягивать нити и придавать каркасу форму трубы перед заходом в фильеру. Предпочтительным является полная (или частичная) реконструкция узла подачи каркаса в фильеру.

#### Библиографический список

1. Бахарев Б. А., Степанов С. Г. Мобильные плосковорачиваемые трубопроводные системы: рациональное проектирование, освоение нового отечественного производственного направления // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоёмкие технологии и материалы (SMARTEX–2017): сб. матер. XX междунар. науч.-техн. форума. – Иваново, 2017. – С. 78–80.

2. Арипбаева А. Е. Исследование характеристик тканых армирующих каркасов напорных пожарных рукавов и их влияния на величины внутренних разрывных давлений // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2020. – Т. 63. - № 10. – С. 96 - 104.

**М. П. Смирнова, Е. В. Кудрявцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна 191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

### **БИОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ОСНОВЕ L-ЛИЗИНА**

Широкое практическое применение наночастиц обусловлено целым рядом их уникальных свойств. Для синтеза металлических наночастиц используют различные физические, химические и биохимические процессы, которые позволяют получать наночастицы с заданными свойствами. Большой интерес вызывает разработка методов получения незагрязненных наночастиц металлов для использования в медицине, косметологии и др.

Наночастицы, синтезированные биологическим методом обладают функционализированной поверхностью, которая может содержать в зависимости от условий реакции органические лиганды, белки, полисахариды и многоатомные спирты, отсутствующие в наночастицах, синтезированных с помощью физических методов. Присутствие этих биологических компонентов способствует повышению стабильности частиц, а также может облегчить в случае необходимости последующее присоединение к наночастицам функциональных молекул [1].

Особое внимание уделяется наночастицам серебра, которые применяются как биоцидная добавка для создания и модификации новых материалов, покрытий и создания других видов продукции с биоцидными свойствами широкого спектра [2].

В работе для биологического синтеза наночастиц серебра были использованы следующие аминокислоты: L-аргинин, L-гистидин и L-лизин, в качестве прекурсора – нитрат серебра  $\text{AgNO}_3$  в концентрациях 0,0005–0,003 моль/л, восстановителя – цитрат натрия водный  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  в концентрации 0,005 моль/л.

Абсорбция полученных коллоидных растворов была зафиксирована с использованием спектрофотометра УФ-6700. Растворы приготовленные на основе L-аргинина и L-гистидина показали экстинкцию при длине волны  $\lambda \approx 415\text{-}430$  нм, что относится к поверхностному плазмонному резонансу наночастиц серебра. В то же время в течение 1 месяца хранения выпал черный осадок  $\text{Ag}_2\text{O}_3$ , что свидетельствует об окислении и нестабильности наночастиц серебра.

Коллоидные растворы, приготовленные на основе L-лизина, также имели экстинкцию при длине волны  $\lambda \approx 410\text{-}420$  нм. Причем спектры абсорбции с введением восстановителя и без него были идентичны, т.е. L-лизин является одновременно восстановителем и стабилизатором. Наличие узкого пика в спектрах при указанной длине волны свидетельствует о малых размерах наночастиц и их узком распределении. Полученные коллоидные растворы наночастиц проявили стабильность в течение 1 месяца исследований.

*Научный руководитель: проф., доц., к. т. н. Буринская А. А.*

#### Библиографический список

1. Макаров, В. В. «Зеленые» нанотехнологии: синтез металлических наночастиц с использованием растений / В. В. Макаров, А. Лав, О. В. Сеницына, С. С. Макарова, И. В. Яминский, М. Э. Тальянский, Н. О. Калинина // Acta Naturae (русскаяязычная версия). — 2014. — № 1. — С. 37 - 46.

2. Букина, Ю. А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Ю. А. Букина, Е. А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. — 2012. — С. 170 - 172.

**Н. В. Курасова, Ю. А. Петрова, А. Н. Евдокимов, В. А. Липин**

Высшая школа технологии и энергетики  
Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

## **ЭФИРЫ НА ОСНОВЕ (ПОЛИ)ГЛИЦИДИЛАКРИЛАТА И ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ**

Сложные эфиры акриловой и метакриловой кислот и их производные относятся продуктам крупнотоннажного органического синтеза и используются в различных отраслях промышленности. Композиционные полимерные материалы на основе (поли)глицидиловых эфиров (мета)акриловой кислоты используются в адгезионных составах, а также в качестве компонентов

защитных, в том числе, лакокрасочных покрытий бытового и промышленного назначения [1–3]. Синтетические производные на основе (поли)глицидил(мета)акрилатов и углеводов используются в качестве гидрогелей [4], а также сорбентов ионов тяжелых металлов.

Цель данной работы: получение композиционных материалов – простых эфиров на основе глицидил- (полиглицидил)акрилатов и гидроксилсодержащих полимеров на примере крахмала и карбоксиметилцеллюлозы.

Глицидиловый эфир акриловой кислоты синтезировали нагреванием акриловой кислоты с эпихлоргидрином при 80°C в присутствии хлорида тетраметиламмония в течение 3 часов с последующей обработкой карбонатом калия в ацетонитриле. Глицидилакрилат был использован в синтезе простых эфиров крахмала и карбоксиметилцеллюлозы. Процесс осуществляли в ДМФА в течение 3-5 часов. Полученные эфиры на основе полисахаридов полимеризовали в тетрагидрофуране в присутствии азобисизобутиронитрила. Промежуточные и конечные продукты анализировали методом ИК-спектроскопии: в спектре глицидилакрилата присутствуют полосы поглощения, характерные для акрилового фрагмента (1640 см<sup>-1</sup>, 1720 см<sup>-1</sup>), а также оксиранового цикла (845 см<sup>-1</sup>, 905 см<sup>-1</sup>); в спектрах полиглицидилакрилата и полиэфиров на основе полиглицидилакрилата и полисахаридов отсутствовали сигналы С=C-связи, а спектрах эфиров полисахаридов имеются полосы поглощения С=О и С–О-групп, доказывающие присоединение углеводов к глицидилакрилату.

Полученные полимеры частично растворимы в изопропиловом спирте, гептане, бензоле, этилацетате и набухают в воде и в диметилсульфоксиде. Изменение рН среды водного раствора оказывает значительное влияние на степень набухания эфиров.

Синтезированные эфиры могут быть применены в традиционных областях использования производных на основе полиглицидил(мета)акрилатов и полисахаридов, в том числе при получении композиционных полимерных материалов.

#### Библиографический список

1. Сорокин М. Ф., Шоде Л. Г., Кузьмин А. И., Новиков И. А., Пекарский В. А., Добровинский Л. А., Брусиловский М. Г., Сидорова Р. К., Владимиров С. В. // Лакокрасочные материалы и их применение. - 1983. - № 4. - С. 4 - 7.
2. Bukovska A., Bukowski W., Galina H. // Wiad. Chem. - 1997. - V. 51. - № 3 - 4. - P. 217 - 233.
3. Сорокин М. Ф., Шоде Л. Г., Кузьмин А. И., Новиков Н. А. // Изв. вузов. Сер.: Химия и хим. технология. - 1984. - № 6. - С. 658-661.
4. van Dijk-Wolthuis W. N. E., Franssen O., Talsma H., van Steenberg M. J., Kettenes van den Bosch J. J., Hennink W. E. // Macromolecules. - 1995. - V. 28. - № 18. - P. 6317 - 6322.



**О. В. Кудринская, Н. В. Дианкина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **О СОРБЦИИ КРАСИТЕЛЯ БРИЛЛИАНТОВОГО ЗЕЛЕНОВОГО УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ**

Краситель бриллиантовый зеленый (БЗ) является антисептическим препаратом и относится к группе анилиновых красителей. Благодаря своему уникальному составу сфера применения данного вещества достаточно обширна: сельское хозяйство (в состав препарата для уменьшения роста усиков у ягод, например: клубники), аналитическая химия (применение в виде сульфата, составляющий компонент некоторых анионов), химическая промышленность, бактериология (для окрашивания клеточных сред), как адсорбционно-бактерицидный материал для очистки сточных вод от микробов. Кроме того, зачастую, как и краситель метиленовый голубой (МГ), БЗ используется как эталонный краситель для изучения сорбционной емкости пористых материалов. Учитывая тот факт, что размер молекулы бриллиантового зеленого составляет 2,50 нм, а метиленового голубого 1,25 нм [1], исследование процессов сорбции бриллиантового зеленого и сравнение с сорбцией метиленового голубого имеет важное значение для характеристики структуры углеродного сорбента, в частности для выявления преобладающего размера пор.

В данной работе кинетику сорбции бриллиантового зеленого активированным углеродным волокном (АУВ) (прекурсором для которого является гидратцеллюлозное волокно и объем сорбционного пространства по толуолу составляет 0,60 см<sup>3</sup>/г) изучали при условиях: модуль ванны 500, исходная концентрация красителя в ванне сорбции 1000 мг/л,  $t = 20^{\circ}\text{C}$ , процесс проводили при постоянном перемешивании на платформенном шейкере («качалка») 200 кач./мин. Анализ анных показывает, что на начальном этапе процесс сорбции идет активно и за первые 7 минут сорбционная емкость достигает 200 мг/г, однако, при дальнейшем проведении процесса сорбционная емкость уменьшается до 150 мг/г и с этим значением кривая через 11 минут выходит на плато.

Сорбционная емкость активированного углеродного волокна по БЗ практически в три раза меньше, чем по МГ. Максимальная сорбционная емкость по МГ достигает 527 мг/г при исходной концентрации МГ 2000 мг/л, 430 мг/г при исходной концентрации красителя 1500 мг/л и 387 мг/г при исходной концентрации красителя 1000 мг/л, а для БЗ максимальная сорбционная емкость в момент равновесия составляет 150 мг/г. Ориентируясь на данные работы автора [2], в которой указывается, что АУВ, полученные на основе гидратцеллюлозного волокна, являются преимущественно мезо-микропористыми сорбентами и для сорбентов с общим объемом сорбционного пространства по толуолу около 0,60 см<sup>3</sup>/г содержится до 0,42 см<sup>3</sup>/г микропор.

Учитывая тот факт, что размер молекулы МГ составляет 1,25 нм, а БЗ – 2,50 нм, можно предположить, что основной объем микропор в исследуемом АУВ составляют микропоры с размером меньше 2,50 нм.

#### Библиографический список

- 1 Полянский, Н. Г. Методы исследования ионитов/Н. Г. Полянский, Г. В. Горбунов, Н. Л. Полянская. – Москва: Издательство Химия, – 1976. – 113 с.
- 2 Лысенко, А. А. Основы ресурсосберегающих технологий получения активированных углеродных волокон, их свойства и применение: дис. соискание уч. степ. д.т.н. / Лысенко Александр Александрович. – Санкт-Петербург, 2007. – 285 с.

**О. И. Ширин, Т. Е. Горкина, В. А. Липин**

Высшая школа технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

### **СИНТЕЗ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время в промышленности значительно вырос спрос на синтетические флокулянты. В целлюлозно-бумажном производстве данные вещества применяются для повышения качества готового бумажного полотна, уменьшения количества взвешенных веществ в оборотной воде и других целей. Большинство синтетических флокулянтов производится на основе акриловой кислоты и акриламида [1]. В частности, для получения флокулянтов данные мономеры могут быть привиты методом полимеризации на полисахариды: микрокристаллическую целлюлозу [2] или хитозан [3]. Различные полимеры амфотерного типа представляют практический интерес для использования в качестве флокулянтов [4].

Был синтезирован полимер амфотерного типа на основе полиакриловой кислоты и этилендиамина [5]. Полиамфолит был получен без использования инициатора, что являлось одной из основных задач данной работы. Структура полученного полимера была установлена с использованием ИК-спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре. На ИК-спектре полученного полиамфолита присутствуют колебания  $-\text{COOH}$  группы ( $3275,57 \text{ см}^{-1}$ ) и симметричные колебания  $-\text{NH}_2$  группы ( $2920,66 \text{ см}^{-1}$ ), что свидетельствует об амфотерной структуре полученного полимера. Методом потенциометрического титрования была определена степень замещения карбоксильных групп на аминные, составившая 64,3%. Положение изоэлектрической точки полиамфолита соответствует значению  $\text{pH}=10$ .

Флокулирующая способность синтезированного полиамфолита в сравнении с коммерческими импортными флокулянтами была испытана при осаждении целлюлозного шлама. Эффективность осаждения взвеси

синтезированным флокулянтom составила 74,2%. Эффективность осаждения шлама наиболее эффективным из протестированных импортных флокулянтom («Superfloc A190K») составила 54%. Таким образом, полученный полиамфолит потенциально может быть применён в качестве флокулянта в целлюлозно-бумажной промышленности.

#### Библиографический список

1. Липин В. А., Суставова Т. А., Горкина Т. Е., Гребенников С. Ф., Михайловская А. П. Повышение эффективности действия флокулянтom в ЦБП // Вестник СПГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки. - 2017. - №5. - С. 135 - 137.

2. Wang Z., Huang W., Yang G., Liu Y., Liu S. Preparation of cellulose-base amphoteric flocculant and its application in the treatment of wastewater // Carbohydrate Polymers. - 2019. - Vol. - 215. - P. 179 – 188.

3. Yang X., Ji X., Xu T., Liang X., Chen W. Preparation and performance of CTS-AM-ETA as a modified chitosan flocculant // Desalination and Water Treatment. - 2022. - Vol. 256. - P. 139 – 148.

4. Morrissey K. L., He C., Chapman R. Z., Zotnierowski L., Stoykovich M. P. Polyamphoteric flocculants for the enhanced separation of cellular suspensions // Acta Bio Materialia. - 2016. - Vol. 40. - P. 192 - 200.

5. Липин В. А., Суставова Т. А., Горкина Т. Е. Синтез полимера амфотерного типа на основе полиакриловой кислоты и этилендиамина // Известия СПбГТИ (ТУ). - 2020. - Vol. 52. - P. 36 - 40.

#### **П. В. Русакова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

#### **ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОХРОМНЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ ДЛЯ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ**

Фотополимерные смолы – один из передовых материалов в сфере аддитивных технологий. Благодаря добавкам фотополимеры могут обладать различным механическими свойствами (жесткостью, эластичностью, термостойкостью, ударопрочностью и т.д.), широким спектром цветов, быть биосовместимыми. В связи с этим, фотополимерные смолы активно используются в стоматологии и медицине, строительстве, промышленности и творчестве.

Одна из сфер применения 3D-печати – протезирование. На данный момент протезирование развивается в направлении осязания и "тактильной

информативности". Недавно был запущен проект по созданию протезов, которые могут передавать температурные ощущения с помощью большого количества датчиков и электроники. Соответственно, такие протезы будут очень дорогими. Мы хотим предложить более бюджетный вариант. К тому же, в России производство протезов практически не развито, а те предприятия, которые существуют, создают не самые удобные в использовании модели.

Цель настоящей работы – изготовление протезов с возможностью передачи температуры без применения датчиков. За счет введения в состав смолы термохромного красителя, напечатанный протез сможет изменять цвет в зависимости от температуры поверхности – человек с ампутацией обеих рук сможет получать информацию о температуре предмета, который он собирается взять. Поскольку смолы имеют разные коэффициенты теплопроводности, то температура фазового перехода термохромного красителя, помещенного в полимер, может отличаться от температуры индивидуального красителя. Более того температурный переход при нагревании может отличаться от перехода при охлаждении, и разница зависит от свойств смолы.

Для достижения поставленной цели определены следующие этапы работы: 1) анализ литературы в области структуры, свойств и применения в протезировании различных фотополимерных смол; 2) получение термохромной смолы с помощью красителей Thermochrome Black 28C и GLST-Red65; 3) изготовление демонстрационной модели на 3D-принтере; 4) оценка колористических свойств полученной модели в режиме «нагревание-охлаждение» в системе *CIELab*.

**С. А. Ерофеева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.18

## **ИЗУЧЕНИЕ КОЛОРИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИПРОПИЛЕНА, ОКРАШЕННОГО ТЕРМОХРОМНЫМ КРАСИТЕЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ФОРМОВАНИЯ**

Термохромными называются такие красители, которые обладают способностью реагировать, то есть изменять свой цвет или обесцвечиваться при воздействии на них различных температур. Активным компонентом в составе краски является термохромный пигмент. Термохромный пигмент – вещество, в основе производства которого лежит технология жидких кристаллов, – представляет собой вид микрокапсул. При нагревании изменяется кристаллическая структура, и, как следствие, цвет (из-за изменения спектра поглощения вследствие фазового перехода). Помимо этого, термохромные краски делятся на два типа: возвратные – те, которые изменяют свой оттенок, к примеру, при повышении температуры, а при возвращении температуры к исходному значению, текстильный материал приобретает изначальный оттенок.

У данного вида термохромного красителя изменение цвета будет происходить множество раз. Невозвратные – это термохромные красители, которые изменяют свой оттенок один раз и окончательно. После этого, хоть сколько бы раз не изменялась температура, цвет изделия меняться не будет. Данные красители используют в производстве посуды, термометров, защитной печати, косметики, медицинской термографии или упаковки для пищевых продуктов, имеют широкие перспективы применения, как в областях промышленности, так и в повседневной жизни.

Полипропилен – термопластичный, неполярный полимер, относящийся к классу полиолефинов. Полипропилен по своим качествам менее плотный, более твердый и термостойкий, почти не подвергается коррозии. Обладает высокой стойкостью к кислотам, щелочам, растворам солей и другим агрессивным средам. Полипропилен имеет очень широкую область применения: упаковочные материалы – плёнки, контейнеры, бутылки, ящики, ведра, резервуары; потребительские товары – элементы бытовой техники, мебели, приборов, игрушки; детали для автомобилей – корпуса, поддоны, отделочные элементы салона и дверей, панели приборов; медицинское оборудование. Поэтому на наш взгляд, полипропилен, наполненный термохромным красителем, может использоваться для формования изделий, где необходим контроль температуры. Однако надо учитывать тот факт, что полипропилен любого вида имеет низкий коэффициент теплопроводности. Таким образом, *цель исследования* состоит в получении термохромного полипропилена и изучение его колористических свойств в режиме «нагревание-охлаждение».

В ходе работы исследования колористических свойств полипропилена в массе с использованием возвратных термохромных красителей TH30 Thermochrome Black 28C и GLST – Red65 в различной концентрации от массы волокна (1, 3, 5, и 10 %). Далее, на Спектроколориметре X-Rite RM200QC была измерена координата цвета  $L$  в системе  $CIE_{Lab}$ , характеризующая светлоту. По полученным данным были построены графики зависимости  $L=f(T)$ , при нагревании и охлаждении окрашенного в массе полипропилена термохромными красителями. Анализ полученных зависимостей позволил определить петлю гистерезиса, что необходимо учитывать при использовании термохромного полипропилена как датчика температуры.

**С. Ю. Ледовских**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **БИОПЛАСТИК – ПАНАЦЕЯ ОТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ?**

Пластик (синонимы: пластмассы, полимеры) играет большую роль в жизни человека. Одной из основных областей его применения является создание упаковочных материалов с коротким сроком жизни, в основном одноразового

использования. Пластик для массового потребления производят из невозобновляемых ресурсов, как правило, он не поддается биологическому разложению, и его быстрое накопление в окружающей среде представляет угрозу для нашей планеты. В качестве экологичной альтернативы традиционному пластику из нефтепродуктов ученые предлагают различные биопластики. Целью данной работы является рассмотрение достоинств и недостатков биопластиков и поиск решения проблемы массового потребления традиционного пластика.

Мы провели сравнительный анализ и выявили сильные и слабые стороны наиболее популярных видов биопластика, полученных из термопластичного крахмала; целлюлозы, полисахаридов морских водорослей; полилактида и др., основываясь на данных научной периодики последних лет [1].

Основными достоинствами биоразлагаемого пластика из растительного сырья является возможность утилизации в компост или биогаз и отказ от ископаемого топлива. К недостаткам таких материалов исследователи относят следующие: требуются сельскохозяйственные площади и ресурсы для выращивания сырья; пищевые продукты идут на производство одноразовых вещей; разложение возможно только в определённых условиях; необходимость собирать отдельно от других видов пластика; дорогое производство, отсутствие внедренных технологий массового производства.

Вторым видом пластика, который условно относят к биоразлагаемым материалам, является оксоразлагаемый пластик на основе нефтепродуктов. Анализ показал, что достоинств такого пластика нет, его производство является маркетинговым ходом. В качестве недостатков исследователи называют способность к разрушению на микропластик; невозможность переработки; короткий срок службы; не достигается цель снижения количества пластиковых отходов.

Небиоразлагаемый пластик (нефтепродукты + растительное сырьё или только растительное сырьё, например, био-ПЭТ) поддаются переработке. Но, к сожалению, пока нет коммерчески доступной технологии производства упаковки из этих видов пластика. В окружающей среде такой пластик разлагается долго, кроме того, требуются дополнительные площади для производства растительного сырья.

На основании проведенного обзора мы пришли к выводу, что рациональное потребление пластика (замена одноразовых предметов на многоразовые) действительно уменьшит использование ресурсов, а переработка традиционного пластика из нефтепродуктов в настоящее время более целесообразна, чем использование растительного сырья. Необходима социальная работа с населением по прививанию навыков сортировки пластика и снижение доли использования производителями композитных пластиков (например, С/РР), которые не подлежат переработке.

#### Библиографический список

1. Ghada, A., Mikhael, A., Parrish, C. C., Banoub, J., T. Le, T. Environmental impact of bioplastic use: A review // Heliyon. 2021. V.7. Iss. 9. e07918

**Т. Д. Шидловский<sup>1</sup>, В. В. Васильева<sup>1</sup>, О. С. Новак<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup>ООО «Акционерное общество «Научно-производственное объединение специальных материалов»»

## **УПРУГО-РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

В реальных технологических и эксплуатационных условиях нить не редко подвергается растяжению до определенного уровня, обычно далекого от разрывного, после чего нагрузка снимается. Для изучения поведения синтетических комплексных нитей из СВМПЭ в таких условиях были изучены их упруго-релаксационные свойства в режиме «релаксация деформаций-упругое восстановление».

Материалы для исследования были предоставлены НПО «Спецматериалы».

Испытания нитей в режиме «релаксация деформаций – эластическое восстановление» были проведены на релаксометре деформаций ИД-15, предназначенного для исследования деформационных свойств полимерных материалов.

Было получено и проанализировано семейство кривых «релаксация деформаций – эластическое восстановление», полученных при различных нагрузках. По результатам этих испытаний были построены зависимости остаточных деформаций от достигнутых деформаций. В результате исследований упруго-релаксационных свойств нитей из СВМПЭ было установлено, что при деформировании нитей происходит существенное накопление остаточных деформаций.

Исследуемые нити представляют собой максимально ориентированную структуру с высокой степенью кристалличности, с большими значениями прочности молекулярных цепей и плотностью их упаковки. Поэтому нагружение такой структуры сразу приводит к проскальзыванию элементов микроструктуры друг относительно друга, происходящих в материале в основном в первый момент нагружения, а также проявляются деструкционные процессы.

**Ю. Ю. Виладчева, А. А. Лысенко**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**

## УГЛЕВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ С ФТОРОПЛАСТОВЫМИ МАТРИЦАМИ

Водородная энергетика в условиях поиска альтернативных источников энергии и частичного отказа от традиционного топлива является перспективным направлением развития мировой промышленности. Превращение химической энергии водорода непосредственно в электрическую происходит в результате электрохимической реакции, протекающей в топливном элементе (ТЭ). Одной из структурных единиц ТЭ является газодиффузионный слой (ГДС), ответственный за равномерное распределение реагентов у слоя катализатора, обеспечение электронной проводимости и эффективное отведение воды как побочного продукта реакции. ГДС должны обладать высокой электропроводностью (удельное электрическое сопротивление менее 80 мОм/см<sup>2</sup>), пористостью (пористость в интервале 50-90 %) и гидрофобностью (краевой угол смачивания не менее 110°) [1].

В настоящем исследовании были получены композиты на основе углеродных графитированных бумаг из ПАН-прекурсора (обладающих низким электрическим сопротивлением и высокой пористостью) и гидрофобизирующего фторопластового связующего. Поскольку фторопласт – диэлектрик, в его раствор были введены электропроводящие наполнители: технический углерод (ТУ) в количестве 5; 10; 15 масс. % относительно полимера; и углеродные нанотрубки (УНТ) в количестве 0,5; 1,0; 1,5 масс. %. Содержание фторопластовых матриц в композитах составило 30 - 50 масс. %.

Согласно данным, полученным в ходе исследования, с увеличением содержания дисперсного наполнителя при выбранном содержании матрицы электрическое сопротивление композитов снижается. Так, сопротивление исходного композита с содержанием матрицы 30 масс. % составило 80 мОм/см<sup>2</sup> и увеличилось до 170 мОм/см<sup>2</sup> при 50 % содержании фторопласта. При введении ТУ 5, 10, 15 % сопротивление композитов увеличилось соответственно с 79, 70 и 53 мОм/см<sup>2</sup> в случае содержания матрицы 30 масс. % до 140, 129 и 101 мОм/см<sup>2</sup> при 50 % содержании фторопласта. В том же диапазоне содержаний матриц сопротивление композитов с УНТ в количестве 0,5; 1,0 и 1,5 % увеличилось соответственно с 68, 59 и 41 мОм/см<sup>2</sup> до 135, 110 и 77 мОм/см<sup>2</sup>. При увеличении количества фторопласта пористость композитов снижается с 80 % до 67 %, а поверхностная плотность повышается с 95 до 120 г/м<sup>2</sup>, независимо от содержания ТУ и УНТ. Краевой угол смачивания во всех случаях составляет 130 ± 5°.

В проведенных экспериментах показано, что УНТ более эффективны в качестве электропроводящих добавок, чем ТУ. Введение 1,5 % УНТ снизило электрическое сопротивление на 50 % относительно исходных композитов, в то время как введение 15 % ТУ – на 40 %. Композиты, содержащие эффективный электропроводящий наполнитель, перспективны при разработке ГДС низкотемпературных ТЭ.



## Библиографический список

1. Виладчева, Ю. Ю. Получение углеродных бумаг с фторопластовыми связующими / Ю. Ю. Виладчева, В. В. Марценюк // Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы: материалы всероссийской научной конференции и молодежного конкурса научных докладов / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «СПбГУПТД», 2022. – С. 18-19

### Я. А. Кичаева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕЖФАЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНОГО АММОНИЯ В ЩЕЛОЧНОМ ГИДРОЛИЗЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Наиболее распространенным полимером за последние два десятилетия является полиэтилентерефталат, который широко применяется в разных отраслях промышленности и в быту благодаря отличным химическим и физическим свойствам, таким как характеристики газового барьера, низкий коэффициент диффузии, высокие механические и термомеханические свойства, инертность материала. Эффективное использование отходов полиэтилентерефталата является важной задачей для процессов, направленных на защиту окружающей среды. На сегодняшний день предложены различные методы переработки полиэтилентерефталата, среди которых привлекает внимание полная деполимеризация полимера до терефталевой кислоты и этиленгликоля. Если проводить деполимеризацию полиэтилентерефталата в водном растворе щелочи (т.е. проводить щелочной гидролиз в водной среде), то межфазные катализаторы на основе четвертичного аммония или фосфония могут значительно ускорять данный химический процесс. Поэтому *цель работы* состоит в оценке каталитического действия четвертичных аммониевых солей в процессе гидролиза полиэтилентерефталата водным раствором гидроксида натрия. Процесс контролировали по ИК спектру терефталевой кислоты, имеющим полосы поглощения, характерные для деформационных колебаний C–H-связей ароматического кольца, валентных колебаний карбонильной группы в области  $1700\text{ см}^{-1}$  и свободной гидроксильной группы в высокочастотной области спектра. В результате экспериментального исследования из ряда исследуемых солей аммония определены два галогенида триметилалкиламмония, выполняющих роль межфазных катализаторов в изучаемом процессе.

Механизм действия галогенида триметилалкиламмония в гидролизе полиэтилентерефталата можно описать следующим образом. Первоначально система состоит из твердой фазы полимера и водного раствора щелочи. После добавления соли аммония макромолекулы полиэтилентерефталата могут быть легко атакованы гидроксильными группами за счет того, что катион соли несет гидроксид-анион к поверхности полимера. В результате атаки полиэтилентерефталата гидроксид-анионами происходит деполимеризация полимера, в водную фазу переходят этиленгликоль, динатриевая соль терефталевой кислоты и соль аммония.

На следующем этапе работы для разработки технологии щелочного гидролиза полиэтилентерефталата в водной среде необходимо установить оптимальные концентрации щелочи и межфазного катализатора.

**Т. А. Гарнюк, К. С. Кириш**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Большая Морская ул., д.18

## **ВЛИЯНИЕ ТРИАРИЛМЕТАНОВЫХ И АЗОКРАСИТЕЛЕЙ НА РАСТВОРЫ ЖИДКИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМ**

Жидкие концентрированные удобрения (ЖКУ) представляют собой водные растворы, в которых содержатся химические элементы и питательные вещества. Их используют для гидропонного выращивания и питания овощных, зеленных, декоративных культур на всех стадиях развития.

До недавнего времени самым распространенным и востребованным комплектом являлись импортные растворы TriPart Terra Aquatica (Flora Series) производителя GHE. В связи с потребностью импортозамещения нами был разработан комплект из трех растворов удобрений для стадий роста и вегетации растений. Раствор № 1 содержит кальций, магний, калий и нитратный азот. Раствор № 2 содержит фосфор, серу, калий, аммонийный азот. Раствор № 3 содержит набор микро- и ультрамикроэлементов в хелатной форме (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Co, I, Ni, Se, V и др.).

Растворы ЖКУ необходимо использовать в строгой последовательности, смешение удобрений может привести к взаимодействию компонентов и обретению ими формы недоступной для питания растений. Было принято решение придать разную окраску растворам, во избежание неправильной эксплуатации. Цвет растворов был выбран в соответствии с импортным аналогом. В результате анализа красителей было сделано предположение, что необходимо использовать синтетические красители из перечня пищевых добавок, разрешенных к применению в Российской Федерации. Синтетические красители, в отличие от природных, обладают большей устойчивостью к

изменению кислотности среды и к свету. Раствор № 1 – зеленая окраска (азокраситель Тартразин (E102) ( $C = 0,21$  г/л), триарилметановый краситель Блестящий синий FCF (E133) ( $C = 0,09$  г/л)), раствор №2 – красная окраска (азокраситель Понсо 4R (E 124) ( $C = 0,3$  г/л)), раствор № 3 – фиолетовая окраска (азокраситель Понсо 4R (E 124) ( $C = 0,24$  г/л), триарилметановый краситель Блестящий синий FCF (E133) ( $C = 0,06$  г/л)).

Чтобы исследовать изменяется ли структура красителей в растворах ЖКУ и взаимодействуют ли они с компонентами растворов были сняты электронные спектры поглощения растворов красителей в дистиллированной воде и растворов красителей в удобрениях на спектрофотометре ЭКОВЬЮ УФ-6800. Разница в максимумах длин волн варьируется в пределах 7 нм и является незначительной, что свидетельствует о сохранении структуры красителей при попадании в раствор удобрений. В окрашенном растворе № 1 выявлено увеличение оптической плотности на одном из максимумов поглощения (412 – 409 нм) на 0,026, в сравнении с водным раствором красителей. В окрашенном растворе № 2 выявлено уменьшение оптической плотности на максимуме поглощения на 0,015. В окрашенном растворе № 3 выявлено увеличение оптической плотности на одном из максимумов поглощения (509 – 502 нм) на 0,022. Это может свидетельствовать о взаимодействиях красителей с компонентами растворов ЖКУ.

Также был измерен водородный показатель в растворах удобрений без красителя и с добавлением красителя. В растворе № 1 после добавления красителей рН снизился на 1,12. В растворе № 2 рН снизился на 0,02. В растворе № 3 рН повысился на 0,26.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что при окрашивании комплекта из трех растворов ЖКУ триарилметановыми и азокрасителями сильных изменений среды растворов не происходит. Структура красителей сохраняется. Предполагается, что взаимодействие красителей и компонентов удобрений происходит, что будет исследовано в дальнейшем, вместе с устойчивостью красителей в удобрении во времени.

**Е. А. Печёркина, В. В. Васильева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **УГЛЕРОДНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Углеродные композиты — это материалы, состоящие из двух или более компонентов, включая углерод. Они нашли широкое применение в различных отраслях благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая прочность при небольшой массе, термическая стабильность и электро- и теплопроводящие свойства.

Одним из примеров углеродных композитов являются углепластиковые материалы. Они состоят из углеродных волокон, которые встроены в матрицу из полимера. Эти композиты обладают высокой прочностью и легкостью, что делает их идеальными для использования во многих отраслях.

**Авиационная промышленность:** углепластиковые композиты применяются для создания легких, прочных и жестких структур в авиации. Они используются в изготовлении фюзеляжей, крыльев, хвостовых частей и других деталей самолетов.

**Автомобильная промышленность:** в автомобильной отрасли углепластиковые материалы используются для создания легких и прочных деталей, таких как кузовные элементы, тормозные системы и даже карбоновые волокна для улучшения эффективности потребления топлива.

**Электроника:** радиочастотные компоненты из углепластиковых композитов обладают низкой диэлектрической проницаемостью и могут использоваться для создания компонентов радиочастотных цепей, таких как антенны, фильтры и сопротивления, где важна электрическая изоляция и устойчивость к электромагнитным воздействиям.

В последнее время широкое применение находят композиционные материалы, наполненные углеродными наночастицами, например, углеродными нанотрубками, которые представляют собой цилиндрические структуры, состоящие из углерода и имеющие форму трубок диаметром всего несколько нанометров. Они обладают уникальными электрическими, механическими и теплопроводными свойствами, что делает их полезными в электронике, материаловедении и других областях. Вот несколько примеров применения углеродных нанотрубок:

**Электроника:** углеродные нанотрубки обладают отличной электрической проводимостью, они могут служить как элементы в полупроводниковых устройствах, таких как транзисторы, а также в качестве проводников в электрических схемах.

**Материалы для хранения энергии:** углеродные нанотрубки могут быть применены в батареях и суперконденсаторах. Их большая поверхность и хорошая электрическая проводимость делают их перспективными материалами для хранения и передачи энергии.

Актуальность применения углеродных композитов подчеркивается увеличением интереса к устойчивости и сокращению воздействия на окружающую среду, углеродные композиты становятся важным инструментом для снижения веса и улучшения энергоэффективности различных продуктов и технологий. С появлением новых технологий и методов производства, углеродные композиты становятся более доступными и эффективными в производстве, что способствует их распространению в различных сферах жизни.

**Е. Д. Коробова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕКСТИЛЕ**

Использование наноматериалов в текстиле открывает множество новых возможностей и преимуществ для пользователей и производителей. В настоящее время особое внимание привлекают текстильные материалы с эффектом самоочищения. Благодаря этим свойствам использование таких тканей позволяет снизить расход воды, необходимой для стирки одежды, они также обладают грязеотталкивающими и противомикробными свойствами [1, с. 184].

Данного эффекта можно достичь за счет нанесения титансодержащих зольей на текстильный материал. Синтез титансодержащих зольей проводили золь-гель методом [2, с. 99]. Затем методом плюсования наносили на текстильный материал специальный состав, состоящий из полученных зольей и закрепителя на основе модифицированного четвертичного полиамина с различной концентрацией, сушили и термофиксировали.

Следующим этапом оценили фотокаталитические свойства полученного покрытия. Для этого образцы опускали в раствор метиленового голубого (МГ), который представляет собой краситель тиазинового ряда, и выдерживали в темноте до достижения сорбционного насыщения. После высыхания образцов начинали облучение длительностью 150 минут, циклами по 30 минут.

Затем оценивали спектры отражения облученных образцов через каждые 30 мин на спектрофотометре ColorI5 фирмы «Gretag Macbeth». По результатам анализа спектров отражения рассчитывали значение интенсивности окраски по функции Гуревича – Кубелки – Мунка (K/S). По полученным данным был сделан вывод, что при использовании больших концентраций закрепителя фотокаталитические свойства покрытия на основе титансодержащих зольей снижаются.

### Библиографический список

1. Кричевский, Г. Е. Нано-, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. - М.: 2011.- 528 с.
2. Киселев А. М., Дашенко Н. В. Нанотехнологии в индустрии текстиля // Вестник СПГУТД. - №1, 2020. - С. 89-103.

**И. В. Михайлова, В. В. Шалыгина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИГЛУТАРОВОГО АЛЬДЕГИДА ПРОИЗВОДНЫМИ ПИРИДИНА**

Производные пиридина нашли широкое применение в полимерной химии благодаря способности к комплексообразованию с большинством металлов, к электровалентному взаимодействию с различными комплексными анионами и молекулярному взаимодействию с органическими соединениями, к обратимому окислению-восстановлению. Особый интерес представляют комплексы поливалентных металлов, получаемые путем насыщения пиридиновых ионообменных смол. В ряде исследований показано, что такие металл-полимерные комплексы обладают значительной каталитической активностью в разнообразных химических реакциях [1]. Полимеры, содержащие звенья пиридина, предлагается получать различными способами: полимеризация и сополимеризация винилпиридинов, поликонденсация пиридиндикарбоновых кислот с полифенолами, химическая модификация уже готовых макромолекул.

С целью синтеза новых полимерных комплексообразователей, в настоящей работе исследована возможность осуществления химической модификации полиальдегидов рядом производных пиридина. Полиальдегиды являются одними из наиболее реакционноспособных классов полимеров. Мономерами для синтеза полиальдегидов являются акролеин и глутаровый альдегид, глиоксаль, винилбензальдегид и др. Большинство этих полимеров содержат альдегидную группу в каждом мономерном звене. Эти группы могут маскироваться гидратацией, однако они участвуют в реакциях, характерных для карбонильной группы и образуют разнообразные производные. Используемые в работе водонерастворимые полимеры глутарового альдегида получали конденсацией кротонового типа в присутствии кислотного катализатора, в диапазоне температур 90 – 100<sup>0</sup>С. Состав, строение и состав полимеров-носителей были охарактеризованы методами элементного и функционального анализа, ИК- и УФ-спектроскопии, вискозиметрии. В качестве производных пиридина использовали 2,6 – диметилпиридин, 3- и 4-пиридин карбоновые кислоты, 2,5 - и 3,5 – пиридиндикарбоновые кислоты, а также диэтиловый эфир 2,6-диметил-3,4-пиридиндикарбоновой кислоты. Модификацию изучали, используя реакцию альдольно-кротоновой конденсации для производных пиридина, содержащих в  $\alpha$  - положении метильные группы и реакцию этерификации для пиридинкарбоновых кислот. В последнем случае, полиглутаровый альдегид предварительно восстанавливали натрия тетрагидроборатом. Получена серия полимеров с различным составом, которые могут представлять интерес для дальнейших исследований их комплексообразующих свойств и практического использования.

## Библиографический список

1. Гойхман М. Я., Подешво И. В., Лорецян Н. Л., Гофман И. В., Смыслов Р. Ю., Власова Е. Н., Якиманский А. В. Новые макромолекулярные лиганды с пиридил – хинолиновыми звеньями в основной цепи и их металл – полимерные комплексы с европием // высокомолекулярные соединения. - Б. - 2022. - Том 64. - №1. - С. 43 – 52. DOI:10.31857/S2308113922010041.

**И. В. Поротикова, Т. И. Ефремов**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ 3D-ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Технологии 3D-моделирования и 3D-печати быстро развиваются и широко применяются во многих отраслях промышленности; для 3D-моделирования широко используется программное обеспечение САПР, предоставляющее различные команды и инструменты для создания твердотельных математических моделей. 3D-печать как метод производства имеет множество преимуществ и недостатков. Основным недостатком 3D-печати является усадка, из-за которой получаемые детали могут не соответствовать проектным характеристикам. Для достижения высокой точности часто требуется дополнительная механическая обработка. Поэтому повышение точности на этапе 3D-печати является важной и актуальной задачей. Для решения этой задачи 3D-модели создаются в программном обеспечении и изготавливаются на 3D-принтере. Размеры полученных деталей измеряются и сравниваются с номинальными значениями. На заключительном этапе деталь воспроизводится с использованием коэффициентов усадки для каждого размера.

Для деталей со сложной геометрией основные этапы моделирования включают создание двумерных полилиний, вытягивание созданных областей, применение булевых операций: удаление лишних элементов (например, цилиндров для отверстий, параллелепипедов для углублений), объединение дополнительных областей детали, создание 3D-вращений и создание собственных систем координат.

Процесс печати начинается с калибровки стола для обеспечения оптимального качества первого слоя. Выбираются параметры печати и генерируются файлы с помощью команды GenerateGCode. Для экономии материала и времени используется коэффициент заполнения 30% и высота слоя печати 0,15 мм. Соответственно настраиваются скорость подачи пластика, скорость экструдера и температура экструдера.

Для обеспечения требуемого качества и поддержки детали в процессе печати создаются подложки как для первого слоя, так и для полых элементов.

Процесс печати идет слой за слоем, постепенно формируя детали сложной формы.

Для оценки качества печати подложки удалялись, а размеры детали измерялись штангенциркулем и сравнивались с номинальными размерами, указанными на чертежах.

Фактические размеры деталей отличались от номинальных, на 8 %. На основании фактических и уточненных размеров 3D-модель была скорректирована для более точного соответствия. По измененной модели были изготовлены новые детали.

В результате корректировки чертежей с учетом фактических размеров изготовленных деталей были определены коэффициенты усадки для каждого размера деталей со сложной геометрией, достигнута высокая точность изготовления деталей.

Библиографический список

1. Федоскин И. А., Мидуков Н. П., и др. Технология и дизайн при изготовлении рабочего колеса центробежного насоса с помощью 3d технологий // Известия высших учебных заведений. Промышленные технологии. - 2020. - №3. - С. 85 – 89.

2. Богданова А. Н., Мелькова Д. А., Мидуков Н. П., Пиндюрина А. А., Смирнов И. Р. Разработка режимов измельчения березовой коры в мельнице // Известия высших учебных заведений. Промышленные технологии. - 2020. - №4. - С. 81–87.

**А. С. Склярова<sup>1</sup>, В. В. Васильева<sup>1</sup>, О. С. Новак<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup>ООО «Акционерное общество «Научно-производственное объединение специальных материалов»

## **ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

Изделия из нитей СВМПЭ нашли применение в различных областях: военное дело - бронезащита (жилеты, шлемы, элементы конструкций воздушных судов и кораблей), медицина - эндопротезирование суставов, спорт - защита для фехтования, сноуборды. Судостроение - канаты и стапели. Приборостроение - в качестве электроизоляторов.

Достоинства СВМПЭ - высокие прочностные и ударопрочностные характеристики, высокая хемостойкость и устойчивость к воздействию агрессивных сред, широкий диапазон рабочих температур (от -120 до 100 °С), низкий коэффициент трения, высокая устойчивость к истиранию. Отрицательные свойства - высокие значения ползучести и плохое восстановление.



Существует несколько способов получения высокопрочных волокон СВМПЭ и все они базируются на растворении полимера. Самый распространённый - приготовление геля из раствора полимера, переработка геля в волокно и ориентационное вытягивание волокна. Данный способ выработки комплексных нитей позволяет получать высокопрочные высокомодульные нити большой степени кристалличности.

В работе были изучены прочностные характеристики нитей из СВМПЭ линейной плотностью 87 текс. Испытания нитей проводились при скорости растяжения 100 мм/мин и при зажимной длине 200 мм. В результате испытания были получены диаграммы растяжения нитей. Путем дифференцирования кривой растяжения была построена зависимость текущего модуля жёсткости от деформирования  $E = \delta\sigma/\delta\varepsilon$ , которая продемонстрировала равномерное падение текущего модуля во всем диапазоне растяжения. Можно сказать, что это свидетельствует о молекулярно-деструкционных процессах во всём диапазоне растяжения.

**М. М. Цыганков<sup>1</sup>, В. В. Васильева<sup>1</sup>, О. С. Новак<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup>ООО «Акционерное общество «Научно-производственное объединение специальных материалов»»

## **РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ СИНТЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ ИЗ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА**

На практике синтетические нити зачастую подвергаются уровням растяжения, далеких от разрывных значений. С целью изучения параметров нитей из СВМПЭ и изделий из них были изучены их упруго-релаксационные свойства в режиме «релаксация напряжений».

Материалы для исследования были предоставлены НПО «Спецматералы».

Испытания нитей и полотен в режиме «релаксация напряжений» были осуществлены на универсальной разрывной машине INSTRON 1122. Измерение релаксации напряжений для синтетической комплексной нити из СВМПЭ было произведено в широком диапазоне заданных деформаций, вплоть до разрывных значений.

Было проанализировано семейство кривых релаксации напряжений, из которого следует вывод, что процесс имеет затухающий характер, интенсивное изменение величины напряжений происходит в первую минуту, далее скорость процесса падает. Из режима релаксация напряжений – эластическое восстановление были определены значения остаточных деформаций, полученные после разгрузки нитей.

Известно, что структура нитей из СВМПЭ, полученных по гелевой технологии имеет фибриллярное строение высокой ориентационной вытяжки. В процессе нагружения материала на всех уровнях заданной деформации наблюдалось существенное накопление остаточного компонента деформации, происходящее за счет скольжения микрофибрилл друг относительно друга, а также и в следствие деструкционных процессов, происходящих на всех этапах растяжения.

**Т. Д. Шидловский, В. В. Васильева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **УЛУЧШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СВМПЭ ПУТЁМ ОБРАБОТКИ ХОЛОДНОЙ ГАЗОВОЙ ПЛАЗМОЙ**

В настоящее время сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) широко используется в устройствах для замены суставов. Он обладает высокой биосовместимостью, но его пониженная износостойкость является серьезным ограничением для применения, поскольку потенциально снижается долговечность таких устройств.

Для улучшения износостойкости СВМПЭ уже использовались некоторые технологии, например: облучение гамма- или электронным пучком с термостабилизацией; ионная бомбардировка; протонное излучение; модификация поверхности аргоновой плазмой и добавление витамина Е в полимер. Облучение полимера было введено для преодоления первоначальной проблемы хрупкости; гамма-излучение эффективно генерирует свободные углеродные радикалы на основной цепи полимера, которые вызывают сшивание (желательное), расщепление цепи и окисление (нежелательное) полимера. Сшивка повышает износостойкость, сопротивление истиранию и даже улучшает термостабильность; с другой стороны, окисление оказывает негативное влияние, снижая перечисленные свойства, а также уменьшая молекулярную массу и длину цепи, что обуславливает хрупкость.

В различных исследованиях и работах была изучена, а затем доказана способность холодной атмосферной газовой плазмы повышать износостойкость СВМПЭ без снижения биосовместимости материала. Воздействие холодной газовой плазмы (ХГП) атмосферного давления, созданной в смеси гелия и кислорода, приводит к повышению уровня сшивки полиэтиленовых цепей, в результате чего твердость материалов на поверхности обработанных материалов выше, чем необработанных. Это является относительно недорогим процессом, который уже использовался для дезактивации поверхностей, а также применялся в качестве метода модификации поверхности. Она эффективно изменяет химический состав материала за счет бомбардировки ионами, электронами УФ-

излучения и другими химически активными веществами (радикалами), присутствующими в плазменном шлейфе.

Также ХГП-обработка может быть очень эффективным методом повышения адгезии между костью и материалом имплантата из СВМПЭ, то есть способствует увеличению силы сцепления. Кроме того, гидрофильность СВМПЭ, обработанного ХГП, может привести к адгезии белков и клеток к поверхности имплантата, стимулируя процесс остеоинтеграции.

**Н. П. Мидуков, Т. И. Ефремов**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ДРЕВЕСИНЫ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ И ПРОГРАММЫ IMAGE**

Древесина представляет собой композиционный полимер, состоящий из целлюлозных волокон (целлюлозы и гемицеллюлозы), заключенных в матрицу лигнина. Для эффективного использования древесных частиц важно контролировать их размер и обеспечивать их однородность. Для контроля и измерения размеров древесных частиц используются анализаторы. Это дорогостоящие приборы иностранного производства, обычно находящиеся в лабораториях и исследовательских центрах крупных компаний, что затрудняет доступ к ним для малых и средних предприятий [1]. Достижения в области цифровых технологий в сочетании с доступной оптической микроскопией позволили быстро и дешево проводить оценку размеров частиц и их статическую обработку. Например, программа ImageJ с открытым исходным кодом позволяет определять различные размеры (площадь, периметр, эллиптичность, диаметр и т.д.) по изображениям [2, 3]. В данной работе программа ImageJ используется для определения размеров частиц древесины после измельчения на дисковой мельнице. Основная задача заключалась в измельчении древесины, наблюдении частиц древесины под микроскопом, обработке и анализе изображений с помощью ImageJ и построении графика распределения частиц по размерам.

Возможное применение данного метода - получение древесной муки для аддитивных технологий, где в качестве сырья может использоваться композит, состоящий из древесных частиц и связующего. Размеры частиц древесины, измельченных на дисковой мельнице, измерялся с помощью программы ImageJ на недорогом оптическом микроскопе, полученные микрофотографии обрабатывались и анализировались для построения графика распределения частиц по размерам. Был построен график распределения частиц по размерам.

Согласно этому распределению, для получения древесной муки разного качества необходимо просеивать частицы большего размера. Например, для DP120 необходимо просеять 13% частиц размером более 120 мкм, для DP140 - 10%, для DP160 - 5%, для DP160 - 3%, для DP180 - 3%, а для DP200, 250, T, 560

и 1250 просеивание не требуется. Полученный продукт может быть использован для аддитивных технологий, т.е. FDM и LDM 3D-печати.

Библиографический список

1. Мидуков Н. П., Ефремов Т. И., Евдокимов Н. В. Применение технологии 3D-печати в изготовлении декоративных изделий для мебели из древесных отходов // Вестник СПбГУПТД. Промышленные технологии. - 2023. - № 1. - С. 75–78.

2. Мидуков Н. П., Зильберглейт М. А., Куров В. С., Литвинов М. А. оценка пористости двухслойного волокнистого композиционного материала различными методами цифровой обработки микроструктуры // Химическая технология. - 2022. - Т. 23. - № 3. - С. 109–116.

3. Midukov N. P., Kurov V. S., Evdokimov N. V. Biorefining of Wood-Fibre Raw Material in a Material Composition for Additive Technologies // Fibre Chemistry. - 2023. - No. 1. - Vol. 55. - Pp. 53–58. DOI: 10.1007/s10692-023-10426-6

**Н. В. Евдокимов, Н. П. Мидуков**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ НА РАЗМОЛ ДРЕВЕСИНЫ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ДИСКОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

Северо-Западный федеральный округ России богат разнообразными породами древесины, имеющими отличные свойства по сравнению с древесиной из других стран или восточных регионов России. Это неравенство влияет на затраты энергии, связанные с измельчением древесины. Целью исследования является сравнение удельных энергетических затрат на измельчение древесины в древесную муку, которая служит основой для композитных расходных материалов в аддитивных технологиях [1-3].

Древесную муку производили путем многократного измельчения древесины в дисковой мельнице для уменьшения размера частиц. Анализ гранулометрического состава проводили для древесины различных пород при разной продолжительности размол. Размеры частиц определяли путем анализа изображений с помощью оптического микроскопа и графической программы. Удельные энергозатраты на размол оценивали путем ежесекундной регистрации показаний мощности с помощью ваттметра при многократной подаче древесной муки. В результате исследования установлена корреляция между удельными затратами энергии и размером частиц древесной муки.

Регрессионный анализ каждой кривой выявил экспоненциальные и степенные зависимости, соответствующие теоретическим принципам измельчения твердых частиц. На основании этих результатов сосновая древесная

мука была определена как наиболее энергоэффективный вариант. Эти зависимости можно использовать для прогнозирования удельных энергозатрат на измельчение древесины различных пород в лабораторной дисковой мельнице.

Для условий подготовки древесины в сравнительно небольших объёмах, соответствующих потребностям аддитивных технологий на сегодняшний день доля энергозатрат на размол от общих расходов на рыночную цену древесины, транспортные расходы, трудозатраты и т.д. может быть существенна, чем вызван интерес предприятий производителей и поставщиков мельниц. В данном конкретном случае инициатива шла от компании, отечественного производителя мельниц, что подтверждает практическую значимость работы.

### **Библиографический список**

1. Evdokimov N. V., Midukov N. P., Kurov V. S., Staritsyn M. V. & Petrov S. N. Microstructure of Fibers in a Feedstock Composition for Use in Additive Technologies // *Fibre Chemistry*. 2022. No. 3. Vol. 54. Pp. 181 – 184.

3. Евдокимов Н. В., Мидуков Н. П. Определение параметров получения древесных брикетов с допустимой влагопрочностью // *Вестник СПбГУПТД. Промышленные технологии*. 2021. № 3. С. 56 – 58.

4. Мидуков Н. П., Ефремов Т. И., Евдокимов Н. В. Применение технологии 3D-печати в изготовлении декоративных изделий для мебели из древесных отходов // *Вестник СПбГУПТД. Промышленные технологии*. 2023. № 1. С. 75 – 78.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Абашкин М. В.....	29	Мидуков Н. П.....	51, 52
Антонова К. А.....	27	Михаилиди А. М.....	23
Бакаева М. А.....	28	Михайлова И. В.....	46
Васильева В. В.....	39, 43, 48, 49,50	Михайловская А. П.....	29
Вилачева Ю. Ю.....	39	Москалюк О. А.....	17
Власова А. С.....	14	Мурашова А. Н.....	12
Воронина А. И.....	10	Новак О. С.....	39, 49
Гарнюк Т. А.....	42	Петрова Ю. А.....	31
Горкина Т. Е.....	34	Печёркина Е. А.....	43
Дедловская В. М.....	18	Платунова А. А.....	8
Дианкина Н. В.....	33	Поротикова И. В.....	47
Евдокимов А. Н.....	31	Прядезников Б. Ю.....	17
Евдокимов Н. В.....	52	Прядезникова А. А.....	17
Елохин И. В.....	25	Русакова П. В.....	35
Ерофеева С. А.....	36	Сашина Е. С.....	16, 28
Ефремов Т. И.....	47, 51	Склярова А. С.....	48
Жуков В. И.....	17	Смирнова М. П.....	30
Зоннэ Е. И.....	24	Софронова Е. Д.....	22
Кириш К. С.....	42	Сусанова Е. Д.....	23
Кичаева Я. А.....	41	Цыганков М. М.....	49
Коробова Е. Д.....	45	Черняева А. Н.....	13
Кочкаев В. А.....	29	Шалыгина В. В.....	46
Кудринская О. В.....	33	Шарапова А. А.....	9
Кудрявцева Е. В.....	9, 12, 19, 30	Шидловский Т. Д.....	39, 50
Кузьменко А. А.....	7	Ширин О. И.....	34
Кузьмичева Е. А.....	21	Штягина Л. М.....	8
Кулешова А. Ю.....	16	Шульгин А. В.....	17
Курасова Н. В.....	31	Юданова Д. С.....	19
Ледовских С. Ю.....	37	Яркевич А.....	6
Липин В. А.....	22, 31, 34		
Лысенко А. А.....	39		

Научное издание

**ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ  
ПОЛИМЕРОВ И КОМПОЗИТОВ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

Всероссийской научной студенческой конференции

Научное электронное издание сетевого распространения

Издано в авторской редакции

**Системные требования:**

электронное устройство с программным обеспечением для воспроизведения  
файлов формата PDF

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=2023270](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=2023270), по паролю. –

Загл. с экрана.

**Дата подписания к использованию 22.12.2023 г. Рег. № 268/23**

ФГБОУВО «СПбГУПТД»

Юридический и почтовый адрес:

191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18.

<https://sutd.ru/>