

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

**ИННОВАЦИОННЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ  
О ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ  
И КОМПОЗИЦИОННЫХ  
МАТЕРИАЛАХ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
Международной научной конференции

Санкт-Петербург  
2020

**УДК 678:001.895(063)**

**ББК 35.71:30.36я43**

**И66**

И66

Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тез. докл. международ. науч. конф. / С.-Петербург. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2020. – 109 с.

**ISBN 978-5-7937-1899-8**

Международная научная конференция с 21.10.2020 г. по 23.10.2020 г.

Оргкомитет:

Макаров А. Г. - д-р техн. наук, профессор, председатель

Вагнер В. И. - канд. техн. наук, доцент, куратор конференции

Жукова Л. Т. - д-р техн. наук, профессор

Иванов К. Г. - д-р физико-мат. наук, профессор

Иванов О. М. - д-р техн. наук, профессор

Иванова С. Ю. - канд. техн. наук, доцент

Киселев А. М. - д-р техн. наук, профессор

Максимов. В. В. - д-р техн. наук, профессор

Переборова Н. В. - канд. техн. наук, доцент

Рожков Н. Н. - д-р техн. наук, профессор

Сашина Е. С. - д-р хим. наук, профессор

**УДК 678:001.895(063)**

**ББК 35.71:30.36я43**

**ISBN 978-5-7937-1899-8**

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

<i>В. А. Храмчихин, О. И. Яковлева, Е. С. Сашина, М. И. Осипов, Г. П. Смирнов</i> НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ОТХОДОВ ШЕЛКА С НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ.....	9
<i>О. И. Яковлева, Е. С. Сашина, И. А. Набиева</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ФИБРОИНА ШЕЛКА ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПАН ВОЛОКОН.....	10
<i>А. П. Морыганов, Н. С. Дымникова</i> АНТИИНФЕКЦИОННАЯ ПРОПИТКА ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	11
<i>А. М. Бочек, И. Л. Шевчук, Е. Н. Попова, В. К. Лаврентьев</i> СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СМЕСЕЙ КАРБОКСИМЕТИЛХИТОЗАНА С ПЕКТИНОМ И КРАХМАЛОМ, И ПОЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК.....	12
<i>А. М. Бочек, И. В. Зубров, В. К. Лаврентьев, Е. Н. Власова, Б. З. Волчек</i> СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ХИТОЗАНА И КАРБОКСИМЕТИЛХИТОЗАНА С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ МОНМОРИЛЛОНИТА И КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК НА ИХ ОСНОВЕ.....	13
<i>А. П. Михайловская, А. А. Капоров, М. Maciejewska, W. Maniukiewicz, T. Maniecki</i> ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПОЛИМЕРОВ.....	14
<i>А. Р. Зимнуров, Т. Н. Зеленкова, О. В. Козлова</i> РЕАЛИЗАЦИЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕРЕВОДНОЙ ПЕЧАТИ ПО ПАРААРАМИДНЫМ ТКАНЯМ.....	15
<i>А. Р. Зимнуров, О. В. Козлова</i> СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПЕЧАТНОГО РИСУНКА С ИК-РЕМИССИЕЙ.....	16
<i>Ю. Е. Карцева, Р. С. Крайнев, О. В. Козлова</i> ПИГМЕНТНАЯ ПЕЧАТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ.....	17
<i>А. Н. Русакова, Е. Г. Полушин, О. В. Козлова</i> СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДУБЛИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАННЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	19
<i>И. В. Елохин, А. П. Михайловская</i> ПОВЫШЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ.....	20
<i>Е. В. Ерохина</i> СИНТЕЗ СТАБИЛЬНЫХ НАНОДИСПЕРСИЙ МЕДИ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ И АНТИВИРУСНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	21
<i>Н. А. Лапатин, А. Н. Борисов, В. Н. Пак</i> КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЕРФТОРСУЛЬФОНОВЫХ МЕМБРАН.....	22
<i>А. В. Медведев</i> ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГИБКИЕ ВОЛОКНИСТЫЕ УПЛОТНЕНИЯ.....	23
<i>С. В. Арзамасцев, О. В. Асташкина, Е. П. Ширшова</i> БУМАГА ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН.....	24

<i>В. В. Марценюк, О. И. Гладунова, О. В. Асташкина, А. А. Лысенко</i> ОБ ОДНОМ ИЗ ВАРИАНТОВ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ.....	25
<i>Н. П. Пророкова, О. В. Асташкина, О. И. Гладунова, Е. П. Шишова</i> НОВЫЕ ПРЕКУРСОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ БУМАГ.....	26
<i>Н. П. Пророкова, О. В. Асташкина</i> О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ВЗАИМОДИФФУЗИИ В ПОЛИМЕРАХ.....	27
<i>Н. А. Смирнова, В. В. Замышляева, В. В. Лапшин</i> ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	28
<i>И. Г. Груздева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ СВОЙСТВ РЕЛИЗ-ЛАКА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ САМОКЛЕЯЩЕЙСЯ ЭТИКЕТКИ С ПЕЧАТЮ ПО КЛЕЕВОМУ СЛОЮ.....	29
<i>О. В. Алексеева, А. В. Носков, К. Д. Привезенцева, А. С. Краев</i> СОРБЦИЯ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА/ГАЛЛУАЗИТ.....	30
<i>К. А. Федорова, Т. Е. Горкина, Т. А. Суставова, В. А. Липин</i> ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИАМФОЛИТОВ НА ОСНОВЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ ДИАМИНОВ.....	31
<i>И. А. Федоскин, В. А. Липин, Е. Д. Софронова</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОТБЕЛКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ.....	32
<i>К. А. Ерзунов, О. А. Есина, Л. С. Петрова, Е. Л. Алексахина, О. И. Одинцова</i> РАЗРАБОТКА ТЕСТ-ПОЛОСКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА.....	33
<i>К. В. Асташова, О. В. Асташкина</i> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ДИЗАЙНЕ.....	34
<i>Н. С. Лукичева</i> СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ «ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ» И «НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ» ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	35
<i>А. М. Бородина, И. И. Осовская</i> МОДИФИКАЦИЯ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ.....	36
<i>А. П. Васильева, И. И. Осовская</i> КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУАРОВОЙ КАМЕДИ.....	37
<i>А. Ю. Добош, В. С. Антонова, И. И. Осовская</i> ЗАВИСИМОСТЬ СВЯЗЕОБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БУМАГИ ИЗ НЕРАЗМОЛОТЫХ ВОЛОКОН.....	39
<i>Н. А. Жданов, И. И. Осовская</i> СВОЙСТВА АМБЕРГУМА – ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ В КОМПОЗИЦИИ АКВАРЕЛЬНОЙ КРАСКИ.....	40
<i>А. А. Приходько, И. И. Осовская</i> ЭКСТРАКЦИЯ ФУКОИДАНА ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ LAMINARIA JAPONICA.....	41

<i>Ф. Р. Гарипова, М. В. Пыркова, В. В. Сафонов</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ КРАШЕНИЯ.....	42
<i>В. Д. Константинова, А. Е. Третьякова</i> СИНТЕТИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ И ИХ РОЛЬ В РЕСТАВРАЦИИ ТКАНЕЙ.....	43
<i>Е. А. Ерохина, В. В. Сафонов</i> КРАСКИ ПАЛИТРЫ ЯНА ВЕРМЕЕРА.....	44
<i>М. В. Асланова, А. Е. Третьякова, В. В. Сафонов</i> ОСОБЕННОСТИ РЕСТАВРАЦИИ ШПАЛЕР.....	45
<i>П. А. Воронжева, А. Е. Третьякова</i> ПИГМЕНТЫ СЕРОГО ЦВЕТА В КАРТИНЕ «ДАМА С ВЕЕРОМ» АЛОНСО САНЧЕСА КОЭЛЬО.....	46
<i>И. А. Блинов, Н. А. Белов, О. Н. Вознюк, Ю. П. Ямпольский, Д. А. Мухортов</i> ПРЯМОЕ ФТОРИРОВАНИЕ АЦЕТИЛ- И ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПЕРФТОРИРОВАННОЙ ЖИДКОЙ СРЕДЕ.....	47
<i>Е. А. Агеева</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	48
<i>Е. В. Кудрявцева, А. А. Буринская</i> ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТОКСИЧНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ.....	49
<i>Ю. Т. Ханова, А. Е. Третьякова, В. В. Сафонов</i> РЕСТАВРАЦИЯ ХОЛСТОВ В ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ЖИВОПИСИ.....	50
<i>Н.В. Дианкина, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко</i> ЦИКЛИЧЕСКИЕ (ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ) ЯВЛЕНИЯ И РЕАКЦИИ.....	51
<i>Е. Л. Владимирцева, Ф. А. Быков</i> ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА.....	52
<i>З. А. Асхабова, Е. Л. Владимирцева, С. В. Смирнова, А. А. Миронова, А. Э. Джумаева</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ПРИ КРАШЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДА.....	53
<i>Е. П. Сидоренкова, Е. Л. Владимирцева, Р. Н. Демидов</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА ФЛАМЕНТОЛ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	54
<i>С. В. Смирнова, Е. Л. Владимирцева, А. А. Миронова, А. Э. Джумаева</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОТДЕЛКИ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЕЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ПОЛЯМИ.....	55
<i>С. В. Смирнова, Е. Л. Владимирцева, А. А. Миронова, А. Э. Джумаева</i> ВЫТРАВНАЯ ПЕЧАТЬ ПО ШЕРСТЯНЫМ МАТЕРИАЛАМ.....	56
<i>Б. Р. Таусарова</i> БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА И НАНОЧАСТИЦ МЕДИ.....	57
<i>Б. Р. Таусарова, С. М. Рахимова</i> ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	58

<i>Р. М. Горшкова, Д. А. Слободова, Н. П. Новосёлов</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ, А ТАКЖЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ.....	59
<i>Д. А. Слободова, Р. М. Горшкова, Н. П. Новосёлов</i> УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПЕКТИНОВЫМИ ПОЛИСАХАРИДАМИ, ДЛЯ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ ГЕМОКОРРЕКЦИИ.....	60
<i>В. Н. Селезнёв, Р. Э. Стребков, Л. Г. Махотина</i> ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	61
<i>А. М. Михаилиди, Н. Е. Котельникова</i> НОВЫЕ ГИДРОГЕЛИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРЕРАБОТКЕ БУМАЖНОЙ МАКУЛАТУРЫ.....	62
<i>В. В. Шальгина</i> ПОЛИМЕРЫ АЛЬДЕГИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	63
<i>А. М. Михаилиди, Н. Е. Котельникова</i> 3-D ГИДРОГЕЛИ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ МАТРИЦЫ НАНОКОМПОЗИТОВ.....	65
<i>А. Г. Макаров</i> МЕТОДОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	66
<i>Н. В. Переборова</i> КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	67
<i>С. В. Киселев, С. Quish</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	69
<i>В. И. Вагнер, А. Power</i> МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННО- ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	71
<i>И. М. Егоров</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	73
<i>Е. А. Буряк</i> МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	75
<i>А. А. Козлов</i> УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	77
<i>Н. Ф. Уварова, О. В. Асташкина, А. А. Лысенко</i> О БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА (Au) И СЕРЕБРА (Ag).....	79

<i>Е. Ю. Демьянцева, Р. А. Смит, Д. А. Мельникова</i> СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ КАРОТИНОСОДЕРЖАЩИХ ЭКСТРАКТОВ БИОМАССЫ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ.....	80
<i>Е. Ю. Демьянцева, О. С. Якубова, Е. А. Петрова</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ.....	81
<i>О. С. Якубова, В. С. Пугаев, Е. Ю. Демьянцева, М. С. Аширова</i> СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ.....	82
<i>Е. А. Зовдун, К. Э. Федорова, Ю. А. Петрова, Т. А. Суставова, В. А. Липин</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПРИВИТОГО ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ.....	83
<i>Е. В. Литвиненко, В. А. Маталин, Н. В. Пеганова, А. А. Людикайнен</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРФТОРПОЛИЭФИРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ.....	84
<i>Е. М. Мурашова, М. В. Пыркова</i> СПОСОБЫ ОЧИСТКИ БЕЛКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	85
<i>Д. М. Костенко, А. С. Одинокоев, О. С. Базанова</i> МОДИФИКАЦИЯ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПАТЕНТОВ И ИЗОБРЕТЕНИЙ.....	86
<i>М. В. Киселев, Н. В. Киселев, В. В. Куликовский</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ.....	87
<i>М. Ю. Жевненко, Е. Ю. Демьянцева</i> ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ ТАЛЛОВОГО МАСЛА.....	89
<i>А. Б. Балашов, М. В. Киселев, С. Е. Голубев</i> ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ 3D-ТКАНЕЙ В САЕ СИСТЕМАХ.....	90
<i>О. И. Одинцова, Л. С. Петрова, А. А. Липина</i> ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ МИКРОКАПСУЛЫ – ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	91
<i>Л. С. Петрова, А. С. Смирнова, Е. С. Власкина, А. Ф. Алехина, О. И. Одинцова</i> ФОРМИРОВАНИЕ ОБОЛОЧЕК КАПСУЛ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ.....	92
<i>М. Р. Содикова</i> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА РАЗРАБОТАННЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ – ARIN&M.....	93
<i>М. А. Капшина, И. И. Осовская</i> ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ/ЩЕЛОЧНОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ЖЕЛАТИНА НА КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.....	94
<i>П. П. Корнев, И. И. Осовская</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ ДВУХ РЕГИОНОВ.....	95

<i>Д. К. Панкевич</i> СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАНОЙ.....	96
<i>А. И. Маркова, С. Д. Хижняк, П. М. Пахомов</i> ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ.....	97
<i>Ж. К. Прманова, Е. Ю. Демьянцева</i> АГРЕГАЦИЯ ДИСПЕРСИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ВОДНО- ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ.....	98
<i>А. В. Шибанова, Е. С. Цобкалло, О. А. Москалюк</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	99
<i>Н. В. Дащенко, А. М. Киселев</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОФИЛЬНЫХ НАНОЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН.....	101
<i>А. В. Соколов, Р. В. Королёв, Т. И. Самсонова, В. П. Галицын, П. М. Пахомов</i> АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПАРАФИНОВОГО РАСТВОРИТЕЛЯ ОТ КИСЛОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОЛОКОН ИЗ СВМПЭ МЕТОДОМ ГЕЛЬ-ФОРМОВАНИЯ.....	102
<i>З. Ш. Исламова, Х. Т. Хамроева, А. А. Миратаев, И. А.Набиева</i> ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ ХОЛОДНЫМ СПОСОБОМ.....	103
<i>Д.В. Вольнова, Е.С. Цобкалло, Г.П. Мецерькова</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ.....	104
<i>А. А. Абдумажидов, Х. С. Шорахмедова, А. А. Миратаев, И. А. Набиева</i> ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАКУЛАТУРЫ В СОСТАВЕ СЫРЬЯ ПИСЧЕ-ПЕЧАТНЫХ БУМАГ.....	105
<i>Н. Д. Набиев, Ф. С. Усманова, А. С. Рафиков</i> ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОТДЕЛКИ СМЕСОВЫХ ТКАНЕЙ.....	106
<i>В. А. Логинова, И. С. Пронина, А. В. Чешкова</i> ФЕРМЕНТАТИВНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНА В ТЕХНОЛОГИЯХ КОТОНИЗАЦИИ.....	107
<i>Н. А. Топорищева, А. В. Чешкова, Е. Н. Мухина, А. А. Кузнецова, Т. С. Коткова</i> СОВМЕЩЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИООТВАРКИ И КРАШЕНИЯ «СЕРЫХ» МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОТОНИНА ЛЬНА.....	108



# МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**В.А. Храмчихин, О.И. Яковлева, Е.С. Сашина, М.И. Осипов, Г.П. Смирнов**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## НЕТКАНЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ ОТХОДОВ ШЕЛКА С НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ

Промышленное производство и переработка шелкового волокна, имеющего высокие прочностные и потребительские свойства, сопровождается образованием большого количества отходов. Эти непрядомые отходы могут быть использованы для создания нетканых материалов медицинского назначения, поскольку на их поверхности гораздо медленнее, чем на хлопке, развиваются грибки, бактерии и вирусы. Дополнительное увеличение бактериостатических свойств обеспечивает обработка материала наночастицами серебра, золота или меди [1, 2]. Такие материалы могут найти широкое применение, от антибактериальных салфеток и масок до обеззараживания и очистки воды.

Для получения нетканого иглопробивного материала нами использованы отходы кокономотания шелкового сырья предприятий Узбекистана (категория вата сдир) со следующими показателями: прочность на разрыв 4-7 г/волокно, предел прочности 40-50 кгс/мм<sup>2</sup>, разрывное удлинение 18-22 %, удельный вес 1,42 г/м<sup>3</sup>, гигроскопичность при нормальных условиях 11 %. Волокнистые отходы шелка были предварительно растрепаны, частично освобождены от механических примесей и дважды прочесаны на лабораторной шляпочной чесальной машине с жесткой гарнитурой. После этого волокнистый холст подавали на предварительное иглопрокалывание на иглопробивной стенд ИС-400, затем полученный материал складывали вдвое для уменьшения неровноты и подавали на окончательное прокалывание на том же стенде. Поверхностная плотность нетканого материала составила 185 г/м<sup>2</sup>, толщина ~ 4 мм.

*In-Situ* синтез наночастиц меди на волокнистом материале проводили путем пропитки материала 15 % масс. водным раствором сульфата меди, к которому добавляли раствор гидроксида натрия. В э раствор погружали образцы нетканого материала размером 5 x 5 см на фиксированное время, после чего материал отжимали до привеса 200 % и промывали в избытке дистиллированной воды. Восстановление ионов меди проводили погружением материала в 10 % масс. водный раствор аскорбиновой кислоты, после чего сушили на воздухе при комнатной температуре до постоянной массы.

Увеличение времени пропитки шелкового материала щелочным раствором меди перед восстановлением приводит к возрастающей потере массы и разрыхлению структуры поверхности волокна. Исследование динамики восстановления меди аскорбиновой кислотой во времени проводилось путем изучения спектральных свойств растворов до и после добавления аскорбиновой кислоты на спектрофотометре *СФ-56*. Показано, что исчерпывающее восстановление меди происходит за 5 минут после добавления раствора избытка восстановителя. Содержание меди в образцах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием спектрометра *ContrAA 300 Analytik Jena*. На содержание меди в готовом материале сказывается главным образом не время пропитки в растворе меди, а наличие или отсутствие

промывки. Образец с минимальным временем пропитки 0,5 мин, для которого не осуществлялась промывка перед добавлением восстановителя, имеет в готовом виде почти в 9 раз больше меди в сравнении с таковым с промывкой перед восстановлением.

Исследование материала при помощи электронного микроскопа показало, что наночастицы меди имеют размеры до 100 нм, при этом большинство частиц в диапазоне 20 – 50 нм. Изучение поверхности материала в видимом и ближнем свете показало присутствие пика так называемого плазмонного резонанса, характерного для наночастиц меди, около 620 нм.

#### **Список литературы:**

1. Melke J., Midha S., Ghosh S., Ito K., Hofmann S. *Acta biomaterialia*. 2016. 31. P. 1
2. Sahithi K., Swetha M., Prabaharan M., Moorthi A., Saranya N., Ramasamy K., Srinivasan N., Partridge N. C., Selvamurugan N. *J. Biomed. Nanotechnol.* 2010. 6. P. 333.

**О.И. Яковлева<sup>1</sup>, Е.С. Сашина<sup>1</sup>, И.А. Набиева<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

### **ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ФИБРОИНА ШЕЛКА ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПАН ВОЛОКОН**

Полиакрилонитрильное (ПАН) волокно служит ценным продуктом при получении материалов широкого потребления, технического и специального назначения. Это волокно очень тяжело поддается окрашиванию, поскольку гидрофобно и имеет ограниченное число активных групп (регулируется путем добавления сополимеров метакрилата и итаконовой кислоты). Для повышения окрашиваемости и улучшения гигиенических свойств разработан способ обработки свежесформованных ПАН-волокон раствором фиброина шелка в водно-спиртовой системе, содержащей хлорид кальция [1]. Химическая «прививка» к полиакрилонитрильному волокну макромолекул фиброина через кальциевые мостики способствует расширению возможности окрашивания ПАН активными, кислотными, дисперсными красителями [2, 3].

В нашем исследовании для модификации ПАН волокон использован водный раствор наночастиц фиброина, полученных в результате термического гидролиза волокон шелка. По данным метода светорассеяния наночастицы фиброина в водном растворе имели гидродинамический радиус 75-95 нм. Методом хромато-масс-спектрологии установлено, что наночастицы являются олигомерными фрагментами полипептидной цепи и продуктами их конденсации с образованием циклических дикетопиперазинов.

Обработку ПАН волокон 5 %-ным водным раствором олигомеров фиброина проводили при различной температуре, отжимали до привеса 330-350 %, промывали в дистиллированной воде с последующим высушиванием на воздухе до равновесной влажности.

ИК-спектры были сняты на ИК-Фурье-спектрометре Shimadzu (Япония) в таблетках KBr. В ИК спектрах волокон (снятых в таблетках KBr) после обработки их

наночастицами фиброина появляются полосы, связанные с поглощением N-H (1522-1524 и 3182-3184  $\text{см}^{-1}$ ). О межмолекулярном взаимодействии между карбоксилами ПАН волокна и активными группами олигомеров фиброина можно судить по смещению полос C=O итаконовой кислоты в область низких частот (1634  $\text{см}^{-1}$  для необработанного волокна, 1616 - волокно обработано при 25 °С, 1611 – обработано при 90 °С). Поглощение эфирных групп усиливается, полоса 1339  $\text{см}^{-1}$  смещается к 1334  $\text{см}^{-1}$ , появляются новые интенсивные полосы в области 1100-1300  $\text{см}^{-1}$ . Это свидетельствует о химическом взаимодействии между карбоксилами итаконовой кислоты в структуре волокна и аминогруппами фрагментов фиброина, которое способствует прочному закреплению наночастиц фиброина на волокне. Нитрильные группы волокна во взаимодействии с фиброином не участвуют.

Элементный состав волокон до и после обработки проводили на элементном анализаторе Лесо CHNS-932 (США). Результаты анализа свидетельствуют об относительном увеличении содержания азота после модификации ПАН волокон наночастицами фиброина, что подтверждает сделанный вывод о прочном закреплении наночастиц фиброина на ПАН волокне.

#### **Список литературы:**

1. Патент Республики Узбекистан IAP 02734. Способ отделки свежесформованного полиакрилонитрильного волокна. Набиева И.А., Эргашев К.Э., Хамраев А.Л., Хасанова М.Ш., 2005.
2. Набиева И.А., Садриддинов Б.Б., Эргашев К.Э. // Хим. волокна. 2003. № 6. С. 31-35.
3. Набиева И.А. // Композиционные материалы. 2009. № 4. С. 15-18.

#### **А.П. Морыганов, Н.С. Дымникова**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (г. Иваново)

#### **АНТИИНФЕКЦИОННАЯ ПРОПИТКА ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Интерес к антимикробным текстильным материалам особенно возрос в последнее время в связи с появлением новых опасных вирусов (в первую очередь, Пандемия COVID-19) и снижением уровня иммунитета у населения. Одним из направлений в решении этого вопроса является создание текстильных материалов с антиинфекционными свойствами. Вероятно, изделия индивидуальной защиты из таких материалов будут востребованы как гражданами, так и медицинскими учреждениями и службами экстренного реагирования.

В ИХР РАН в последние годы разработаны научные и технологические аспекты синтеза зелей серебра, получена серия препаратов «Нанотекс» [1], обладающих антимикробными и антигрибковыми свойствами, а также способы иммобилизации их на текстильных носителях. Обоснованы технико-экономические преимущества формирования биологически активных металлических частиц методом восстановления катионов в водных растворах их солей, не требующих сложного аппаратного оформления и, следовательно, легко реализуемых в условиях предприятия. В ходе экспериментов разработан алгоритм контроля за процессом синтеза, что позволяет с высокой точностью оценивать изменение выхода  $\text{НЧ}_{\text{Ag}}$ , их размеров и стабильности. Это

гарантирует надежную воспроизводимость результатов при условии соблюдения разработанных регламентов синтеза. Разработаны способы синтеза органо-неорганических гибридных соединений, в которых проблемы обеспечения агрегативной устойчивости и устойчивости к окислению  $\text{HЧ}_{\text{Ag}}$  решены путем использования в качестве стабилизаторов экологически безопасных природных полимеров. Исследована антимикробная активность синтезированных золь серебра и меди в отношении патогенных бактерий и микрогрибов и установлена ее зависимость от размерных параметров наночастиц и используемых стабилизаторов [2].

В данной работе на основе ранее разработанного антимикробного жидкофазного препарата «Нанотекс» предложен новый противовирусный препарат «Нанотекс-АВ» [3]. Предварительными микробиологическими испытаниями подтверждено, что данный препарат и обработанные им целлюлозные текстильные материалы (хлопчатобумажная ткань и марля) обеспечивают полную инактивацию вируса (стафилококковый бактериофаг с титром  $10^7/\text{мл}$ ) без восстановления его жизнеспособности. Это показывает перспективность использования таких материалов в качестве активного слоя защитных масок (которые приобретут пролонгированный противовирусный эффект) и для других видов текстильных изделий (салфетки, полотенца, одежда первого слоя, перчатки).

#### **Список литературы:**

1. N. S. Dymnikova, et al. Optimization of Conditions for Synthesis of Ultrafine Silver Particles in Hemp Fiber Extract // Inorganic materials: applied research. Vol. 11. No. 2. 2020. p.385-393.
2. Н.С. Дымникова, Е.В. Ерохина, А.П. Морыганов Биологически активные текстильные материалы для изделий медицинского и косметического назначения // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2019. №6. с. 16-21.
3. Выдержит больше 20 стирок: ученые создали противовирусную пропитку для ткани. РИА Новости. Дата создания: 16.06.2020 <https://ria.ru/20200616/1572939233.html>.

#### **А.М. Бочек, И.Л. Шевчук, Е.Н. Попова, В.К. Лаврентьев**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук,  
г. Санкт-Петербург, Россия

#### **СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СМЕСЕЙ КАРБОКСИМЕТИЛХИТОЗАНА С ПЕКТИНОМ И КРАХМАЛОМ, И ПОЛУЧЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК**

С целью придания хитозану (ХТЗ) растворимости в воде проводят его химическую модификацию. Наиболее доступным способом получения водорастворимого производного ХТЗ является синтез карбоксиметилхитозана (КМ-ХТЗ).

Одним из широко используемых способов получения растворов и гелей на основе хитозана (и его водорастворимых производных) для медицинских целей (кровоостанавливающие композиции, перевязочные материалы) является смешение раствора хитозана с другими полимерами.

Цель настоящей работы – изучение реологических свойств разбавленных и умеренно концентрированных водных растворов смесей КМ-ХТЗ с пектином и карбоксиметилированным крахмалом, а также структурной организации и термостойкости полученных композиционных пленок.

Показано, что растворы смесей представляют неньютоновские жидкости. Для смесей КМ-ХТЗ с пектином в концентрированных растворах наблюдаются положительное и отрицательное отклонение вязкости от расчетных аддитивных величин, тогда как для смесей КМ-ХТЗ с крахмалом – только отрицательное отклонение вязкости от расчетных значений. Наблюдаемые различия объясняются различиями в химическом строении макромолекул крахмала и пектина и разными функциональными группами, взаимодействующими с функциональными группами макроцепей КМ-ХТЗ через образование водородных связей.

С помощью метода рентгеновской дифракции изучена структурная организация полученных композиционных пленок. Установлено, что новых смешанных структур не образуется. На рентгенодифрактограммах наблюдается наложение рефлексов одного полимера на рефлексы другого. Для КМ-ХТЗ наблюдаются рефлексы при угле Брегга  $2\theta$  в области 9.5-10.0 и 18.2-19.0 градусов, характерные для хитозана. Для карбоксиметилированного крахмала наблюдается только аморфное гало. В случае пектина при его содержании до 50% наблюдается получение пленок с аморфной структурой (интенсивность рефлексов резко снижается. Это может указывать на образование смешанных аморфных структур макромолекул двух полисахаридов.

Методом ТГА исследована термостойкость пленок. По кривым ТГА определены значения температуры максимальной скорости термодеструкции  $T_{\text{макс}}$ . Введение крахмала в матрицу КМ-ХТЗ не приводит к повышению значений  $T_{\text{макс}}$ . Следует отметить, что в смешанных пленках наблюдается только одно значение  $T_{\text{макс}}$ , что косвенно может указывать на совместимость полисахаридов в твердом состоянии. При введении пектина в матрицу КМ-ХТЗ наблюдается снижение интенсивности минимума и уменьшение величины  $T_{\text{макс}}$ . При содержании пектина 75% наблюдается уменьшение величины  $T_{\text{макс}}$  до 234°C. Можно полагать, что в смесях КМ-ХТЗ с пектином продукты разложения одного из полисахаридов катализируют термодеструкцию полимеров. В целом, в композиционных пленках КМ-ХТЗ с пектином наблюдается снижение термостойкости пленок.

**А.М. Бочек, И.В. Зубров, В.К. Лаврентьев, Е.Н. Власова, Б.З. Волчек**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук,  
г. Санкт-Петербург, Россия

### **СВОЙСТВА РАСТВОРОВ ХИТОЗАНА И КАРБОКСИМЕТИЛХИТОЗАНА С ДОБАВКАМИ НАНОЧАСТИЦ МОНМОРИЛЛОНИТА И КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛЕНОК НА ИХ ОСНОВЕ**

В последние два десятилетия интенсивно изучаются свойства композиционных материалов на основе природных и синтетических полимеров с добавками наночастиц разного происхождения (природных и синтетических).

Цель настоящей работы – сравнительные исследования реологических свойств растворов хитозана и карбоксиметилхитозана с добавками наночастиц

монтмориллонита (ММТ), а также структурной организации наночастиц в полимерных пленках изученных полисахаридов.

Изучены реологические свойства 3%-ных растворов хитозана в уксуснокислом водном растворе и растворов карбоксиметилхитозана в воде с добавками наночастиц ММТ. Для растворов хитозана наблюдается небольшое повышение вязкости при введении в них до 6% наночастиц монтмориллонита. В растворах карбоксиметилхитозана введение наночастиц монтмориллонита сопровождается существенным повышением вязкости. Различия в изменении вязкости растворов смесей хитозана и карбоксиметилхитозана с добавками монтмориллонита объясняются наличием разных функциональных групп в макромолекулах двух полисахаридов, которые взаимодействуют с поверхностью нанопластин, а также возможным различием в механизмах взаимодействия двух типов растворителей (вода и водный раствор уксусной кислоты) с поверхностью нанопластин монтмориллонита.

Методом рентгеновской дифракции исследована структурная организация композиционных пленок. Установлено, что в изученных композиционных пленках наночастицы ММТ находятся в эксфолиированной форме. С помощью метода Фурье ИК-спектроскопии изучен механизм взаимодействия групп Si-O на поверхности нанопластин с функциональными группами хитозана и карбоксиметилхитозана. Показано, что разностные ИК-спектры (спектры вычитания) композиционных пленок свидетельствуют о взаимодействии групп Si-O на поверхности нанопластин с функциональными группами двух полисахаридов, но механизм взаимодействия у них отличается.

**А.П. Михайловская<sup>1</sup>, А.А. Капоров<sup>1</sup>, М. Maciejewska<sup>2</sup>, W. Maniukiewicz<sup>2</sup>, Т. Maniecki<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Politechnika Łódzka (Лодзинский технический университет)

## **ВЛИЯНИЕ СОЛЕЙ АММОНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ПОЛИМЕРОВ**

В настоящее время лидером по объемам мирового производства химических волокон являются полиэтилентерефталатные (ПЭТФ) волокнистые материалы (более 70%), прочные позиции занимают и полипропиленовые (ПП) волокна. Эти полимеры также служат для производства тары, упаковки и изделий производственного назначения. Высокая упорядоченность структуры ПЭТФ и ПП затрудняют процессы их химической технологии (например, колорирования) и переработки. В работах А.П. Михайловской доказано, что обработка ПЭТФ и ПП волокон при  $99\pm 1^\circ\text{C}$  водными растворами четвертичных аммониевых солей (ЧАС) увеличивает сорбционную способность полимеров по отношению к дисперсным красителям. Сделано предположение, что сорбционные свойства ПЭТФ и ПП увеличиваются в результате трансформации его аморфно-кристаллической структуры, однако изменение структуры полимеров в результате модификации изучено недостаточно. Цель настоящей работы – исследование основных температурных фазовых переходов модифицированных полимеров методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК).

Известно, плавление – процесс, происходящий в кристаллической области полимера, температура стеклования – мера сегментарной подвижности макромолекул в аморфных областях, поэтому для исследования использовали образцы ПП и ПЭТФ со степенью кристалличности около 60 %. Образцы полимеров обрабатывали водными растворами органических солей аммония: бромидом тетраэтиламмония, гидробромидом триэтиламмония, хлорида бензилтриэтиламмония, бромидом триметиллауриламмония. Условия обработки: концентрация 1 г/л, температура  $99 \pm 1^\circ\text{C}$ , время – 60 мин.

Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что все образцы полимеров сохраняют кристаллическую структуру полимерных цепей. Рентгенограммы всех образцов ПЭТФ имеют один рефлекс при  $2\theta = 26^\circ$ , все образцы ПП имеют три интенсивных брэгговских пика в области  $2\theta < 20^\circ$ , что соответствует кристаллической структуре моноклинной сингонии ( $\alpha$ -фазы) изотактического полимера. Следует отметить заметное изменение интенсивности пиков: в случае ПЭТФ рентгеновская степень кристалличности обработанных образцов уменьшается, в случае ПП – увеличивается. Однако на основе анализа термограмм, полученных методом ДСК, можно утверждать, что увеличение (уменьшение) рассчитанной по площади пиков рентгеновской степени кристалличности вызвано изменениями структуры полимера в аморфных областях. Все образцы ПЭТФ характеризуются одинаковой температурой плавления  $251,2\text{--}252,1^\circ\text{C}$ , в то время как температура стеклования повышается с  $72$  (для необработанного образца) до  $98\text{--}101^\circ\text{C}$ . Аналогичная картина наблюдается и для образцов полипропилена: температура плавления составляет  $165,7\text{--}166,3^\circ\text{C}$ , температура стеклования необработанного образца  $10,1^\circ\text{C}$ , обработанного бромидом тетраэтиламмония –  $15,7^\circ\text{C}$ .

Таким образом, проведенные исследования позволяют утверждать, что аммониевая соль в водной среде при нагревании вызывает переориентацию макромолекул в аморфных областях полимера (ПЭТФ и ПП).

*Работа выполнена в рамках соглашения о сотрудничестве между Санкт-Петербургским государственным университетом промышленных технологий и дизайна и Лодзинским техническим университетом.*

**А.Р. Зимнуров, Т.Н. Зеленкова, О.В. Козлова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕРЕВОДНОЙ ПЕЧАТИ ПО ПАРААРАМИДНЫМ ТКАНЯМ**

Не до конца решенной в настоящее время является проблема колорирования арамидсодержащих тканей. Если способы печати пигментами возможны для любых тканей, то для параамида, который сам по себе является плотным и предназначен для верхней рабочей или спецодежды, они не удовлетворяют всем требованиям качества получаемых материалов, т.к. повышается вероятность ухудшения грифа ткани и, из-за большого количества полимерных связующих на ткани, ухудшаются свойства негорючести. В этом случае прогрессивный метод колорирования сублимирующимися дисперсными красителями более эффективен, особенно при создании рисунков «под камуфляж», т.к. позволяет получить отпечатки без дополнительных реактивов и

токсичных интенсификаторов и при этом не ухудшить ценные эксплуатационные свойства параамида.

Однако осуществить печать сублимирующимися красителями на параамидной ткани представляется возможным только после предварительной модификации ткани полимерными препаратами, которые легко проникают в межволоконное пространство и создают среду для диффузии и закрепления красителей на волокнах.

При правильном научном подходе к выбору модификаторов и параметров технологического процесса достигаются положительные результаты печати [1,2].

Модификацию ткани проводили различными методами: распылением полимера, печатью загущенным полимером через сетчатый шаблон и путем ракельного нанесения полимера. Последний метод выбран как наиболее эффективный с точки зрения последующих обработок и получаемого результата сублимационной печати.

Оценена эффективность и целесообразность использования отечественных акриловых полимеров для модификации текстильных материалов любого волокнистого состава, в т.ч. из параамидных волокон и смесей их с натуральными и искусственными волокнами.

Отработаны технологические параметры печати, выявлены условия эффективного закрепления красителей на параамидной ткани, обеспечивающие получение прочных и качественных рисунков. Показано, что для получения ИК-ремиссии на тканях с рисунком под «камуфляж», дополнительно в модифицирующую композицию должны быть введены специальные компоненты; причем концентрации этих добавок должны быть оптимальными и обеспечивающими не только требуемый эффект ремиссии, но и необходимые качественные показатели окрасок.

В работе с помощью специально подобранной триады сублимирующихся дисперсных красителей отечественного производства, отвечающих требованиям совместимости в смесях по диффузионным и сорбционным свойствам, создана база цветов красно-коричневой, оливково-зеленой (в т.ч. хаки) и желто-коричневой гаммы.

#### **Список литературы:**

1. R.B. Chavan and M. Hanif Lange. Sublimation Transfer Printing of Polyester/Cotton Blends, Textile Research Journal, 1988, 58, 51-56.
2. J. Bemskal, J. Szkudlarek. Surface modification of cotton fabrics for sublimation printing. Autex Research Journal, Vol. 13, No 3, September 2013, 67-70.

**А.Р. Зимнуров, О.В. Козлова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

#### **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПЕЧАТНОГО РИСУНКА С ИК-РЕМИССИЕЙ**

Наиболее актуальными расцветками для армейской одежды является камуфляж. «Камуфляж» в переводе с французского означает «маскировка» и предназначен для затруднения опознавания вероятным противником очертаний бойца на местности при использовании визуального, фото-, и оптоэлектронного способа. Расцветка камуфляжа представляет собой, как правило, многоцветный пятнистый рисунок (крупные, либо мелкие пятна), искажающие и размывающие очертания бойца. Исходя из назначения



камуфляжа формируются предъявляемые к нему требования. Для камуфляжа гражданского назначения: рабочей одежды, формы охранников, костюмов охотников, рыбаков и дачников - не предъявляется жестких требований к маскировке.

Для армейского камуфляжа необходима маскировка, как в дневное, так и в ночное время (отсутствие дешифровки приборами ночного видения). Кроме того, необходимы высокие показатели устойчивости окраски к свету и светопогоде, стиркам, поту, трению. Важным показателем являются высокие эксплуатационные качества, механическая прочность, неизменяемость окраски при длительном хранении.

Ремиссия текстильного материала зависит в основном от красителей, которыми он окрашен. При подборе красителей для создания камуфляжного рисунка учитывают уровень ремиссии для каждого цвета. Он индивидуальный, но обязательно лежащий в пределах 10–60%. Например, в случае трехцветного рисунка — коричневый 15–25%, зеленый 30–50%, хаки 60–80%. Наиболее современной является технология печати камуфляжных рисунков пигментами. Применение пигментной печати с экономической точки зрения имеет ряд известных преимуществ. Для печатного рисунка мы подбираем пигменты, способные обеспечить необходимые маскирующие оттенки.

Целью работы явилась подработка технологии колорирования текстильных материалов под «камуфляж», полностью удовлетворяющую требованиям силовых структур при использовании отечественных полимеров. При производстве камуфляжа по заказу МО применяемые смеси красителей должны соответствовать требованиям по уровню ремиссии окрашенных и напечатанных тканей [1,2]. С этой целью в пигментные композиции на основе отечественных связующих и пигментов основных цветов RGB и CMY вводились добавки принтекса черного для достижения необходимого уровня отражения в ИК области.

Спектральные кривые отражения с напечатанных образцов получали с помощью спектрофотометра Lambda с приставкой (150мм Интегрирующая сфера), позволяющей оценить отражение в спектральном рабочем диапазоне 250 - 900 нм, т.е. в зоне ИК-ремиссии. Результатом исследований явилось выявление допустимых концентрационных диапазонов добавок принтекса черного в печатные краски на основе основных цветов RGB и их смесей. В последующих работах будет проведена широкая серия подработок по воспроизводству цветов, характерных для местности в различное время года.

#### **Список литературы:**

1. URL <https://forum.splav.ru/index.php?/topic/742-инфракрасная-ремиссия/>
2. URL <https://studylib.net/doc/10973025/assessment-and-verification-of-the-functionality-of-new>. Оценка и проверка работоспособности камуфляжных рисунков

**Ю.Е. Карцева, Р.С. Крайнев, О.В. Козлова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

#### **ПИГМЕНТНАЯ ПЕЧАТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Традиционно для печати пигментами по текстильным материалам используют композиции, включающие полимерное связующее, загуститель и вспомогательные

препараты, которые отвечают за эффективность процесса нанесения пигментной композиции и осуществления условий закрепления пигментов на текстильном материале.

В течение последних лет в сфере производства и потребления текстильной продукции в экономически развитых странах наблюдается активное выдвижение требований на государственном и межгосударственном уровнях по защите окружающей среды и здоровья человека. В частности, ограничение использования опасных веществ, в том числе алкилфенолэтоксилатов в качестве смачивающих добавок и использования растворителей, классифицируемых как летучие органические соединения.

Цель работы заключается в обосновании эффективности применения отечественных полимерных связующих нового поколения, в том числе новых, освобожденных от алкилфенолэтоксилатов (APEO-free), в пигментной печати; в выявлении закономерностей фиксации пигментов на текстильных материалах в присутствии новых полимеров отечественного производства; оценке влияния сшивающих добавок на качественные показатели печати по тканям различного волокнистого состава.

Оценена эффективность применения нового отечественного эко-связующего фирмы ООО «Империион» - ЭМ-37э; выявлены закономерности фиксации пигментов на текстильных материалах в присутствии нового полимера и сшивающих отечественных препаратов. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что во многих случаях интенсивности окрасок даже выше, чем у импортной композиции. Показатели, характеризующие мягкость грифа и прочности окрасок к трению, не уступают по величинам импортным. По цветовым характеристикам отмечена высокая чистота получаемых окрасок и незначительные изменения цветового тона (в пределах минимальных различий в цвете -  $\Delta E$  не превышает 1,5 – 2 ед. LAB), что подтверждает хорошую совместимость нового связующего с другими компонентами печатного состава.

При пигментном колорировании тканей с вложением синтетических волокон очень трудно получить удовлетворительные прочности окрасок и чем больше синтетической составляющей в ткани, тем в большей степени эта проблема усугубляется. Учитывая результаты многократных испытаний на тканях различного ассортимента и при использовании пигментов отечественного и зарубежного производства, нами в состав пигментной композиции дополнительно введены нового поколения отечественные соединения - сшиватели в количестве 10 г/кг - глиоксаль, глицедиловый эфир. В качестве зарубежного аналога использован фиксатор N.

Полученные результаты использованы при выдаче рекомендаций для промышленного внедрения новых препаратов - Рузина-14эи и сшивателя на основе глицедтлового эфира в технологию пигментной печати, а само связующее может конкурировать с известным зарубежным аналогом биндером 83 (компания ARCHROMA).

**А.Н. Русакова, Е.Г.Полушин, О.В. Козлова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДУБЛИРОВАННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

Наиболее востребованными для пошива современной одежды для активного отдыха и спорта являются дублированные материалы. В зависимости от способов получения таких тканей, результаты обеспечивают либо полное соединение поверхности между тканями, либо приобретают «дышащий» эффект мембранных тканей, которые представляют собой многослойные ткани, включающие такую пленку, которая не пропускает воду снаружи, но позволяет испаряться влаге, образующейся внутри. Поэтому главной задачей при создании мембраны, является получение композита, который будет иметь достаточную паропроницаемость для отвода паров воды от тела человека и создания комфортного пребывания в одежде длительное время.

В работе изучено влияние состава полимерно-клеявого слоя, наносимого на текстильный материал перед склеиванием, на «дышащие» свойства дублированного материала, а именно, изучение влияния вводимых в полимерный субстрат минеральных наполнителей на показатель паропроницаемости. В качестве полимеров для клеевой композиции выбраны в отличие от классически применяемых для дублирования тканей неводных композиций водные дисперсии полимеров отечественного производства. Для склеивания выбраны два текстильных материала, один из которых является гидрофобным, защищающим от ветра и климатических осадков, а второй – теплоизоляционным, гигроскопичным, паропроницаемым.

Оценены показатели паропроницаемости, которые позволяют считать полученные дублированные материалы мембранными. Электронные фотографии среза полученных материалов свидетельствуют об образовании структурно неоднородного (за счет ворсовой фактуры флисовой ткани) композита. Включение в состав сополимеров различных добавок из числа наноразмерных частиц графита, металлов, их оксидов, сульфидов, глины и др [1-2] позволяет улучшить физико-механические и другие свойства пленкообразователей. Оценено влияние вводимых в полимерный субстрат минеральных наполнителей на показатель паропроницаемости. Наряду с каолином нами использован порошок графита с размером частиц 0,09мм.

Показано, что используя различное количество вводимого сорбента в полимерную матрицу, можно изменять показатель паропроницаемости, что позволяет прогнозировать заранее требуемые свойства материалов и создавать различные по назначению материалы и детали одежды. Так увеличение минерального компонента с 10 до 30% приводит к повышению показателя MVTR с 294 г/м<sup>2</sup> до 1125 г/м<sup>2</sup>.

Целесообразность продолжения работы в направлении изучения процессов дублирования ТМ при использовании экологически менее опасных полимеров и создания тканей с мембранными свойствами очевидна.

### **Список литературы:**

1. Шайдурова Г. И. Аналитические исследования по реализации наноструктур в полимерных композициях / Г. И. Шайдурова, А. В. Малышева // Master's journals. — 2016. — № 2. — С. 87–92
2. Gasimova G.Sh. Nanocomposites with the improved tribotechnical characteristics on the basis of polyolefins. /G.Sh. Gasimova, N.T. Gahramanov, S. S. Pesetskiy, M. M. Ibrahimova, S.Kh. Gasimzade // The Usa Journal of Applied Sciences. — 2017. — № 4. — P 6–9.

**И.В. Елохин, А.П. Михайловская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ПОВЫШЕНИЕ ГИГРОСКОПИЧНОСТИ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) широко применяется в медицинских целях и косметологии, для очистки и разделения химических веществ разной природы. Четвертичные аммониевые соли (ЧАС) тоже используются в производстве косметических, антисептических средств и для очистки сточных вод. Результаты проведенного исследования [1] сорбционной способности МКЦ, обработанной водными растворами органических солей аммония, по отношению к активным красителям, показали, что максимальной сорбцией обладают образцы, обработанные растворами ЧАС, содержащие длинные углеводородные радикалы: бромиды гексадецилтриметиламмония ( $C_{16}Me_3Br$ ) и додецилтриметиламмония ( $C_{12}Me_3Br$ ), хлорид бензилдиметилгексадециламмония ( $C_{16}BnMe_2Cl$ ). Вследствие их действия на межмолекулярные водородные связи целлюлозы содержание винилсульфонового активного красителя на полисахариде повышается на 25 %.

На следующем этапе работы была поставлена цель – изучить изменение гигроскопичности целлюлозного субстрата в результате тепловой обработки водными растворами ЧАС.

Для работы использовали метод изопиестических серий, являющийся одним из вариантов гравиметрического метода построения изотерм. Образец МКЦ высушивали в течение 3 ч при 393 К до постоянной массы, охлаждали в эксикаторе и выдерживали в эксикаторах до достижения равновесного влагосодержания при постоянной температуре (298 К) и заданном относительном давлении водяного пара, которое обеспечивалось с помощью растворов серной кислоты (60, 45, 30 и 10 %) и насыщенного раствора кристаллогидратов сульфата меди (98 %). Равновесное влагосодержание (в г/г) при данном относительном давлении и температуре рассчитывали по отношению разницы масс образца, выдержанного в эксикаторе в течение 3 мес., и сухого образца до выдерживания к массе сухого образца. Определение массы проводили на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Полученные результаты показали, что обработка МКЦ водными растворами ЧАС с длинным алифатическим радикалом позволяет повысить сорбцию водяного пара с 135 до 190-225 мг/г, что составляет 41-67 %. Наибольшим эффектом обладает  $C_{16}Me_3Br$ . Более выраженного эффекта действия  $C_{16}BnMe_2Cl$ , как в случае сорбции активных красителей [1], не наблюдается. Можно сделать вывод, что наибольшее повышение сорбции активных красителей целлюлозой в случае применения  $C_{16}BnMe_2Cl$  может быть связано с взаимодействием ЧАС и молекулы красителя.

Проведенное исследование дает возможность углубляться в изучении данной темы. Более детальное изучение механизмов взаимодействия ЧАС с активными красителями и полисахаридами имеет научное и практическое значение, а именно позволяет разрабатывать интенсифицированные технологии обработки целлюлозных материалов и получать новые материалы на основе МКЦ и ЧАС.

### **Список литературы:**

1. Елохин И.В. Влияние четвертичных аммониевых солей на сорбционные свойства целлюлозы // Инновации молодежной науки, 2020. С.63-64.

**Е.В. Ерохина**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

## **СИНТЕЗ СТАБИЛЬНЫХ НАНОДИСПЕРСИЙ МЕДИ ДЛЯ АНТИМИКРОБНОЙ И АНТИВИРУСНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Вызовы последних лет диктуют необходимость вести поиск нетрадиционных препаратов для борьбы с микробами, адаптирующимися со временем к антибиотикам, и с вирусами, проявляющими завидную устойчивость к различным фармакологическим новинкам. Перспективным видится нетрадиционный подход – использование наночастиц металлов для придания изделиям антимикробной и антивирусной активности. Одним из металлов для получения и изучения свойств в наноразмерном состоянии является медь, уникальность которой заключается в её бактерицидном и бактериостатическом действии [1], что позволяет использовать материалы, допированные ее наночастицами (НЧ). Главным преимуществом НЧ меди является их небольшая цена, пролонгированное действие и меньшая токсичность по сравнению с солями.

В работе предложен новый подход к синтезу стабильных золей меди в присутствии природных полимеров и комплексообразующих соединений, а также оценена эффективность их использования для защиты волокнистых материалов от биодеструкции.

Формирование высокодисперсных частиц осуществляли с помощью химической реакции восстановления соли борогидридом натрия, с целью предотвращения седиментации и окисления использовали желатин и нитрилтриметиленфосфовую кислоту, которая является комплексообразующим агентом для ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Cu}^+$  и её присутствие предотвращает гидролиз  $\text{Cu}^+$ . Методами оптической спектроскопии (характерный пик максимума плазмонного поверхностного резонанса для НЧ меди 560-580 нм), динамического светорассеяния изучены кинетические закономерности и стабильность синтезируемых наночастиц, определены оптимальные условия синтеза золей, обладающих антимикробной активностью [2].

Установлено, что использование комплексного стабилизатора (полимер природного происхождения/комплексон) позволяет получать стабильные медные золи с узким распределением по размерам, средний размер частиц составляет 25 нм. Установлена определяющая роль гидроксида натрия на скорость и полноту образования НЧ меди.

Показана высокая антимикробная активность коллоидного раствора меди по отношению к грамположительной (*Staphylococcus*), грамотрицательной (*Escherichia coli*) и грибковым музейным культурам (зоны задержки роста составляют 3-4 мм), которая практически не уменьшается при длительном хранении золей.

В результате проведённых испытаний показана возможность получения биозащищенного волокна для последующего изготовления материалов устойчивых к действию биодеструкторов. Предсказана возможность изготовления антивирусных текстильных изделий (маски, костюмы), допированных наночастицами меди.

### **Список литературы:**

1. Бабушкина И.В. Изучение антибактериального действия наночастиц меди и железа на клинические штаммы *Staphylococcus aureus*. /Бабушкина И.В., Бородулин В.Б., Коршунов Г.В., Пучиньян Д.М.// Саратовский научно-медицинский журнал, 2010, Том 6. № 1. С.11-14.

**Н.А. Лапатин, А.Н. Борисов, В.Н. Пак**

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена

## **КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ПЕРФТОРСУЛЬФОНОВЫХ МЕМБРАН**

Сочетание наноструктурированного пространства пор, высокой оптической прозрачности и сорбционной способности полимерных перфторсульфоновых мембран (ПФСМ) определяет широкие перспективы их химического модифицирования с целью получения новых пленочных люминесцентных материалов. Принципиально важно, что причиной самого проявления и особенностей люминесцентно-спектральных свойств веществ, включенных в ПФСМ, как правило, является их низкоразмерное, предельно фрагментированное состояние. На данном этапе актуальными остаются задачи расширения круга разрабатываемых материалов и систем, углубления понимания и возможностей прогнозирования размерно-зависимых оптических свойств. В этом направлении проводится совершенствование ряда традиционных методик и апробация оригинальных подходов. В их числе химическое модифицирование ПФСМ в растворах (ионный обмен, сорбционное закрепление) и парах реагентов (включая метод молекулярного наслаивания, транспортные и др. реакции); подбор и прививка сенсibilизаторов люминесценции; способы защиты от тушения люминесценции парами воды; синтез многополосных люминофоров с центрами высвечивания, разделенными энергией возбуждения; создание пленочных электролюминофоров. Приведем здесь три примера получения люминесцирующих композитов. – 1). Осуществлен синтез в ПФСМ комплексных соединений  $\text{Eu}(\text{L})_3 \cdot \text{phen}$  (где L – бензоилацетон, дибензоилметан, теноилтрифторацетон, phen – 1,10-фенантролин). Результаты адсорбционного исследования характеризуют стерически затрудненное состояние комплексов в пространстве пор мембраны; сенсibilизация люминесценции интеркалятов достигается за счет увеличения заселенности возбужденного  $^5D_0$  состояния европия(III) при переносе энергии с лигандов. Адсорбция воды модифицированными мембранами вызывает как тушение, так и активацию (!) люминесценции в зависимости от типа дикетонатных лигандов. 2). Проведено ионообменное модифицирование ПФСМ катионами  $\text{Eu}^{3+}$  и  $\text{Tb}^{3+}$ ; ожидаемое снижение интенсивности люминесценции тербия при значительном уменьшении его содержания в мембране полностью компенсируется сенсibilизирующим действием соответственно возрастающего числа катионов  $\text{Eu}^{3+}$ ; перенос энергии фотовозбуждения в направлении  $\text{Eu}^{3+} \rightarrow \text{Tb}^{3+}$  имеет ярко выраженный коллективный характер; по существу это означает, что ансамбль катионов, закрепленных в наноразмерных полостях ПФСМ, находится в состоянии электронного  $4f-4f$  сопряжения, обеспечивающего эффективный обмен энергией возбуждения между всей совокупностью центров. 3). Закрепление молекул 4,7-дифенил-1,10-фенантролина на стенках нанополостей ПФСМ осуществлено двумя способами - путем сорбции на сульфогруппах мембраны и координационного присоединения к предварительно привитым катионам  $\text{La}^{3+}$  и  $\text{Tb}^{3+}$ ; яркая флуоресценция связанных форм молекулы в мембране регистрируется при комнатной температуре в области 400-500 нм.

**А.В. Медведев**

АО «НПО Стеклопластик»

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГИБКИЕ ВОЛОКНИСТЫЕ УПЛОТНЕНИЯ**

Возрастающая необходимость снижения энергопотребления и защиты оборудования от высоких температур стимулирует разработку современных высокотемпературных теплозащитных и уплотнительных материалов. Многочисленные публикации по вопросам проектирования, производства и испытания высокотемпературных уплотнений зарубежных и отечественных исследователей убедительно показали возможность применения плетных наполненных шнуров из оксидов тугоплавких металлов в современной авиационной и ракетной технике. Необходимо отметить, что плетеные высокотемпературные уплотнения в последние годы получили значительное развитие. Это обусловлено в первую очередь тем, что изменением технологических параметров выработки (заправочное натяжение, угол расположения нитей оплетки) и подбора материала наполнителя (крученые нити, ровинг, дисперсные волокна) и оплетки (крученые нити, ровинг) можно в широких пределах варьировать свойства уплотнений. Исследования в данной области сдерживаются не достаточным объемом производства комплексных нитей – сырья для производства крученых нитей и уплотнений в виде плетеных наполненных шнуров. Тем не менее разработанная автором технология производства крученых нитей из оксида алюминия позволила перейти к экспериментам по выработке наполненных шнуров, как основного элемента высокотемпературных уплотнений [1]. Перспективным направлением в развитии конструкций гибких высокотемпературных уплотнений являются конструкции из волокнистого материала, в виде колец круглого или квадратного сечения. На основе проведенных патентно-технических исследований автором разработана конструкция и получен патент RU 2722681 «Сальниковое высокотемпературное уплотнение» [2] в котором раскрываются преимущества кольцевых уплотнений выполненным способом, указанном в патенте.

Проведя анализ исследований по разработке и применению гибких высокотемпературных уплотнений установлено, что необходимо разработать требования к конкретным уплотнительным узлам. Для достижения данной цели должны быть поставлены и решены следующие научные и практические задачи:

1. Разработка физической и математической моделей уплотнителей с вязко-упругой набивкой на основе экспериментальных исследований механизма герметизации.
2. Разработка физической и математической моделей уплотнителей на основе экспериментальных исследований механизма герметизации.
3. Выбор оптимальной плотности уплотнительных элементов.
4. Исследование влияния зазоров в сопряжениях элементов узлов уплотнений на обеспечение герметичности узлов уплотнений.

### **Список литературы:**

1. Медведев А.В. Шнур из крученых нитей оксида алюминия отечественного производства// Известия вузов. Технология легкой промышленности. 2020, №2, том 48. С. 59 – 63.
2. Патент RU 2722681 С1. Сальниковое высокотемпературное уплотнение. Медведев А.В. Заявл. 04.09.2019, опубл. 03.06.2020. Бюл. №16.

**С.В. Арзамасцев<sup>1</sup>, О.В. Асташкина<sup>2</sup>, Е.П. Ширшова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **БУМАГА ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН**

Разработка и получение токопроводящих бумаг, как правило, основано на использовании волокнистых (например, целлюлозных) связующих и электропроводящих наполнителей: металлических, углеродных волокон, нанотрубок или дисперсий типа графита, технического углерода, порошковых металлов. Такие бумаги могут быть получены с заранее заданными электропроводящими свойствами. Значительно сложнее получить бумаги исключительно из углеродных волокон (УВ). Как правило, для бумаг из УВ на основе гидратцеллюлозы (ГЦ) получают исходя из нетканых материалов из целлюлозных волокон. Для бумаг из УВ на основе полиакрилонитрила (ПАН) используют в качестве прекурсора стабилизированный (термоокисленный) ПАН. В том и другом случае бумажные холсты могут быть получены из нетканых материалов или путем осаждения резанных УВ на фильтрах с последующим скреплением филаментов за счет углеродной матрицы. Во всех случаях полученные бумаги представляют собой углерод-углеродные композиты, в которых в качестве матрицы выступает графитированный углерод, а в качестве наполнителя – углеродные волокна. Свойства бумаг существенным образом зависят от свойств использованных графитированных волокон [1].

В настоящее время существенный интерес вызывают бумаги, в которых в качестве наполнителей выступают углеродные нанотрубки [2].

Нами получены углеволоконистые бумаги из графитированных УВ на основе ГЦ путем аэродинамического напыления (осаждения) на перфорированные подложки. Нарботанный холст из резанных УВ пропитывали фенольным связующим, который затем карбонизовали и графитировали. Ниже представлены основные свойства разработанных бумаг:

- удельное объемное сопротивление: 0,01–0,004 Ом·м;
- поверхностная плотность 60–100 см·м<sup>2</sup>;
- толщина: 100–200 мкм;
- пористость: 50–60 %.

Ниже для сравнения характеристики бумаг из углеродных нанотрубок [3]:

- удельная поверхность: 600–700 м<sup>2</sup>/г
- толщина: 20–30 мкм и более.

### **Список литературы:**

1. Лысенко В. А. Получение углеродных бумаг и газодиффузионных подложек на их основе / В. А. Лысенко, А. А. Михалчан, Е. П. Галунова, А. А. Лысенко // Дизайн. Материалы. Технология. — 2013. — № 5. — С. 26 – 29.
2. Тарасенко А. А. Пористые углерод-углеродные композиты для топливных элементов / А. А. Тарасенко, А. А. Лысенко, В. А. Лысенко // Химические волокна. — 2007. — № 2. — С. 55.
3. Melezhyk A.V. Study of buckypaper made of carbon nanotubes taunit-4 / A.V. Melezhyk, A.V. Shukshinov, O.N. Bychkov, A.G. Tkachev // Вестник ТГТУ. — 2013. — Том 19, №2. — с. 325–333.



**В.В. Марценюк, О.И. Gladунова, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

## **ОБ ОДНОМ ИЗ ВАРИАНТОВ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ**

Нами разработан вариант классификации полимерных нанокомпози́тов (ПНК), характеризующий способы их получения (экструзия через фильеру, пропитка, фотохимическое восстановление и др.), формы изготавливаемых ПНК и типы используемых наполнителей. Основные результаты аналитико-теоретических исследований представлены ниже:

1. Дисперсно-наполненные композиты
  - 1.1. Прямое смешение дисперсий (наполнителей) с расплавом или раствором связующего;
  - 1.2. Напыление наноразмерных дисперсий на поверхность волокон или плёнок;
  - 1.3. Опудривание гранул полимера с последующим смешением в шнековом экструдере (для термопластов);
  - 1.4. Получение многослойных плёнок внесением дисперсий между слоями;
  - 1.5. Формирование (синтез) частиц в фазе связующего (матрицы) или на поверхности волокон или плёнок.
2. Непрерывно-наполненные композиты
  - 2.1. Пропитка нитей, жгутиков или нетканых материалов из нановолокон растворами или расплавами связующих;
  - 2.2. Осаждение матриц из газовой фазы в структурах (объемах) из нановолокон;
  - 2.3. Скрепление (объединение) нанофиламентов за счет молекулярной (поверхностной) взаимодиффузии (диффузионное склеивание);
  - 2.4. Нанесение нанопокровов на плёнки или волокна.

В качестве методов получения ПНК соответствующих приведенным способам совмещения можно выделить:

1. Формование из расплавов или растворов через фильеру, резка плёнок, экструзия, заливка в форму;
2. Формование (аэродинамическое формование) с нанесением частиц на гель-образные волокна или плёнки, вакуумное и электрохимическое напыление, протяжка через дисперсию, напыление (нанесение) дисперсий на поверхность плёнок с последующим горячим каландрированием (для термопластов);
3. Нанесение дисперсий между слоями склеиваемых плёнок, резка волокон из многослойных плёнок, склеивание n-слойных блоков из плёнок, формирование слоёв заливкой;
4. Фотохимическое восстановление, химическое восстановление, образование частиц при увеличении концентрации полиоксидазола;
5. Пропитка непрерывного наполнителя из нановолокон связующим с последующим отверждением (формирование твердой фазы).

Представленные исследования позволяют выявить практически все варианты совмещения наполнителей и связующих при получении ПНК и привести выбор наиболее перспективных методов изготовления композитов с заданными и регулируемыми свойствами.

**Н.П. Пророкова<sup>1</sup>, О.В. Асташкина<sup>2</sup>, О.И. Гладунова<sup>2</sup>, Е.П. Ширшова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **НОВЫЕ ПРЕКУРСОРЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКИХ БУМАГ**

Бумаги — это волокнистые материалы, чаще всего получаемые из резаных филаментов различной природы. Наиболее известны и выпускаемые в наибольших объемах являются бумаги из целлюлозного сырья. Вместе с тем не утрачивают актуальности и разработки бумаг специального назначения: электропроводящих, огне- и термостойких, с высокими электроизолирующими свойствами, бактерицидных и т.д. Зачастую разработка новых высокотехнологичных бумаг требует поиска или разработки не только новых технологических процессов, но и новых волокон-прекурсоров, обладающих заданным комплексом свойств и невысокой стоимостью. К таким прекурсорам следует отнести волокна на основе полиоксадиазола (ПОД) и их модифицированные антипиренами формами — ПОД-М [1, 2]. Основные свойства волокон ПОД, ПОД-М и бумаг на их основе приведены ниже:

Волокна ПОД: кислородный индекс — 24 %, набухание в р-ре  $ZnCl_2$  — 67 %, усадка при нагреве до 300 °С — 0 %;

Волокна ПОД-М: кислородный индекс — 32 %, набухание в р-ре  $ZnCl_2$  — 65 %, усадка при нагреве до 300 °С — 0 %;

Бумага из волокна ПОД: кислородный индекс — 27 %, стабильны до температуры — 150 °С, усадка при нагреве до 300 °С — не более 2 %;

Бумага из волокна ПОД-М: кислородный индекс — 33 %, стабильны до температуры — 175 °С, усадка при нагреве до 300 °С — не более 1 %;

Вывод: волокна ПОД и ПОД-М могут стать востребованными прекурсорами при производстве бумаг специального назначения в связи с комплексом их свойств и относительно низкой стоимостью.

### **Список литературы:**

1. Ширшова Е.П., Асташкина О.В., Басок М.О. Термические свойства полиоксадиазольных волокон, окрашенных в массу/Е.П. Ширшова, О.В. Асташкина, М.О. Басок, А.А. Лысенко. — Дизайн. Материалы. Технология. СПб: СПГУТД, №5 (30), 2013. — с. 144–148.
2. Гладунова О.И., Асташкина О.В., Лысенко А.А. Модифицирование с целью окрашивания полиоксадиазольного волокна. Сборник трудов VII Всероссийской научной конференции (с международным участием) и IV Всероссийской школы молодых ученых «Физикохимия полимеров и процессов их переработки», 16-20 сентября 2019 г., Иваново: Ивановский издательский дом, 2019. — С. 160.

**Н.П. Пророкова<sup>1</sup>, О.В. Асташкина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ВЗАИМОДИФФУЗИИ В ПОЛИМЕРАХ**

Известно, что процесс диффузии атомов твердого тела в твердое тело другого состава происходит крайне медленно. Так, например, атомы свинца проникли в слиток золота за 5 лет всего на 1 мм. Очевидно, что взаимодиффузия на границе раздела твердых полимеров в обычных условиях также будет происходить медленно. Факторами, определяющими скорость диффузии полимерных материалов (блоков, пленок, волокон) является не только температура и давление сжатия образцов, но и такие свойства полимеров как сшитость, жесткоцепность, окисляемость поверхности контакта, набухаемость в различных растворителях.

С технологической точки зрения взаимодиффузия макромолекул, а точнее их частей или концевых звеньев, может носить как отрицательный, так и положительный характер. Отрицательным является слипание филаментов с образованием спаек при формовании волокон, как по мокрому, так и по сухому способам. Положительный эффект проявляется в процессах получения нетканых полотен методами электростатического и аэродинамического формования, когда в процессе формования или на приемном устройстве филаменты должны склеиваться, образуя прочный пористый материал. Выше упомянутые технологии известны и хорошо разработаны, особенно для плавких полимеров или вязких смесей, например, фенольных смол и пеков. Но могут ли быть объединены, диффузионно склеены в единый настил (нетканый материал или бумагу) жесткие полимерные волокна, такие как СВМ, Кевлар, Номекс, Арселон, т.е. арамидные, полиоксадиазольные или их аналоги.

Обычно бумаги из пара-и метаарамидных волокон получают, используя фибриды. Однако не для всех термостойких волокон они могут быть получены. Фибридная технология не разработана для волокон Арселон, но предложено получать бумаги на их основе путем макромолекулярной диффузии частично набухающих в растворах кислот Льюиса филаментов [1,2].

Новизна и оригинальность метода разработанного Буринским С.В. и Цыбуком И.О. не вызывает сомнений и вносит вклад в развитие теории диффузионных процессов в полимерах.

### **Список литературы:**

1. Способ обработки иглопробивного нетканого материала из волокон на основе ароматических полиамидов. А,с 606909 СССР, МКИЗ D 04 H 1/50 / С.В. Буринский, Г.М. Мубаракшин, Т.В. Зосина и др. (СССР). № 2432056; заявл.20.0176; опубл.15.05.78.Бюл.18.
2. Способ получения термостойкого нетканого материала. Пат. № 2667359 от 18.09.2018. Авторы: Буринский С.В., Цыбук И.О., Антонова Е.А., Лысенко В.А., Крисковец М.В. Дата приоритета: 22.05.2017. Опубликовано: 18.09.2018. Бюл. № 11.

**Н.А. Смирнова, В.В. Замышляева, В.В. Лапшин**

Костромской государственной университет

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Большинство стандартных методов определения свойств текстильных материалов, используемых в России, морально устарели. Их основные недостатки связаны с применением методов к определенным видам и группам материалов, малой информативностью и низкой достоверностью результатов в силу методического и инструментального несовершенства. Показатели, рекомендуемые ГОСТами, дают ограниченную информацию о материалах, достаточную только для оценки выходного качества текстильной продукции. За рубежом для изучения механических свойств текстильных материалов используют измерительный комплекс КАВАТА. На предприятиях и в вузах России такие приборы отсутствуют в связи с их высокой стоимостью, что значительно затрудняет исследования в области функциональных свойств материалов.

В Костромском государственном университете разработаны и запатентованы современные экспериментальные методы [1], позволяющие определять характеристики растяжения, сдвига, изгиба в статических и динамических условиях и оценивать функциональные свойства материалов, с целью прогнозирования качества выпускаемых изделий. Расширение информативности методов осуществляется за счет комплекса новых характеристик и реализации графической записи. Например, процессы изгиба и восстановления позволяют изучать их кинетику (патенты РФ № 2267784 и № 2422822). При испытании на изгиб пробы в форме кольца, как регламентирует ГОСТ 8977-74 на 1/3 ее высоты, определяют не только стандартные характеристики жесткости и упругости, но и новые: работу изгиба, работу восстановления, разность работ (для оценки гистерезиса), релаксацию усилия и коэффициент формоустойчивости. Работа – интегральная энергетическая характеристика жесткости, учитывающая сопротивление материала на всем интервале деформирования, соответствует природе восприятия жесткости человеком. Комплекс новых характеристик позволяет оценивать технологические и эксплуатационные свойства полимерных волокнистых материалов и улучшать оценку их качества.

Разработанные автоматизированные методы позволяют создать базу новых данных по комплексу показателей качества материалов [2], позволяющих совершенствовать проектирование производства одежды и реализовать компьютерные технологии прогнозирования свойств [3].

### **Список литературы:**

1. Лапшин В.В. Автоматизированный измерительный комплекс как реализация концепции цифровизации в легкой промышленности: монография / В.В. Лапшин, Н.А. Смирнова. – Кострома: Изд-во Костром. гос. ун-та, 2019. – 107 с.
2. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2019620689. Базовые цифровые шкалы формообразующих свойств льносодержащих тканей. Зарег. в реестре баз данных Федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС) 26.04.2019. В.С. Белгородский, Н.А. Смирнова, М.А. Гусева, Е.Г. Андреева, А.В. Разбродин, К.Э. Разумеев, В.В. Гетманцева, И.А. Петросова.

3. Замышляева В.В. Технология прогнозирования стабильности структуры бортовых тканей / В.В. Замышляева, Т.А. Акиндинова, Н.А. Смирнова, В.В. Лапшин // Дизайн. Материалы. Технология, 2020. – №1 (57). – С. 121-125.

## **И.Г. Груздева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ СВОЙСТВ РЕЛИЗ-ЛАКА ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ САМОКЛЕЯЩЕЙСЯ ЭТИКЕТКИ С ПЕЧАТЬЮ ПО КЛЕЕВОМУ СЛОЮ**

Самоклеящиеся материалы давно перестали быть экзотикой в России. Традиционный подход при описании «самоклейки» – начинать с характеристики поверхностного (лицевого) слоя – не совсем верен: главным компонентом является клей. Именно клей ответственен за то, что этикетка будет надежно приклеиваться к поверхности конкретного продукта и держаться на этой поверхности в условиях эксплуатации необходимо долго. Очень востребованными стали этикетки с пониженной липкостью клея, но не с полной ее потерей. Такие этикетки должны надежно фиксироваться на изделии, а затем легко и без следов удаляться перед его непосредственным использованием. Применяются, в основном, для удобства вскрытия упаковки различных товаров (этикетки для пропитанных специальным составом салфеток для техники и уборки, этикетки на баночках с порошком для чистки кухни и другие). Это достигается с помощью печати по клеевому слою, когда клеевой слой покрывается релиз-лаком, устраняющим липкость клея в определенных местах этикетки. Потребителю данная печать, чаще всего не заметна, т.к. лак бесцветный и площадь запечатки не велика, но сама технология достаточно сложна и требует использования специального печатного оборудования. Патентная информация о релиз-лаках крайне скудна или отсутствует совсем, поэтому типографиям приходится отрабатывать технологию использования таких материалов самостоятельно.

Технологию можно разделить на 4 этапа: отделение бумаги от подложки, печать по клеевому слою релиз-лаком, соединение бумаги и подложки, печать по поверхностному слою. В данной работе используется флексографская печать по клеевому слою релиз-лаком и обычная флексографская печать по поверхностному слою материала красками Akzo Nobel Inks. Целью настоящего исследования является определение необходимого количества релиз-лака и длительности его действия во времени на четырех видах самоклеящихся материалов: бумаге, белой полиэтиленовой пленке, белой и прозрачной полипропиленовых пленках.

Количество лака, перенесенное на запечатываемый материал, определяется анилоксовым валом и линиатурой печатной формы. Мы использовали анилоксовый вал с линиатурой 120 лин/см (что соответствует  $9,5 \text{ см}^3/\text{м}^2$ ) и геометрией ячейки  $60^\circ$ . Была изготовлена специальная форма с участками различной линиатуры от 20 до 100 лин/см, за счет чего изменялся перенос лака. Липкость оценивали с помощью стандартной методики FINAT (FTM). Анализ полученных данных позволил рекомендовать для наших целей линиатуру 65 лин/см с небольшим запасом и дополнительной гарантией качества конечной этикетки. Оценка зависимости липкости от количества наносимого

релиз-лака дала возможность расширить спектр использования такой этикетки, например, для этикеток на окна (с названием фирмы-производителя и его данными), когда требуется этикетка с пониженной липкостью клея, которая хорошо держится на стекле и легко с него удаляется. В процессе работы показано, что эффект от воздействия релиз-лака сохраняется более полугода.

**О.В. Алексеева<sup>1</sup>, А.В. Носков<sup>1</sup>, К.Д. Привезенцева<sup>1,2</sup>, А.С. Краев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Россия, Иваново

<sup>2</sup> ФГБУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия, Иваново

### **СОРБЦИЯ МЕТИЛЕНОВОГО ГОЛУБОГО КОМПОЗИЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА/ГАЛЛУАЗИТ**

В настоящее время большое внимание исследователей уделяется композиционным материалам на основе биосовместимых природных полимеров, содержащих неорганические микро- и наночастицы в качестве наполнителей. Такие композиты могут найти применение в различных отраслях промышленности благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам: механическим, газобарьерным, сорбционным, устойчивости к UV-облучению.

Среди наноразмерных наполнителей полимеров большой интерес представляет галлуазит, состоящий из многослойных алюмосиликатных нанотрубок. Введение в полимерную матрицу наночастиц галлуазита позволит получать композиционные материалы различного назначения с улучшенными физико-механическими и сорбционными свойствами.

Цель настоящей работы – получение пленочных композитов этилцеллюлоза (ЭЦ) / галлуазит, исследование их структуры, морфологии и адсорбционных свойств по отношению к тиазиновому красителю метиленовому голубому (МГ).

Композиты ЭЦ/галлуазит были получены методом механического диспергирования частиц слоистого силиката в матрице этилцеллюлозы. Содержание неорганического наполнителя в композите варьировали от 0 до 6 мас. %.

Исследования, проведенные методом сканирующей электронной микроскопии, показали, что полученные ЭЦ пленки характеризуются однородной структурой. В то же время на СЭМ-изображениях поверхности композитов видны агрегаты частиц наполнителя различной формы и размеров.

Сорбционно-кинетические характеристики пленочных композитов с различным содержанием галлуазита были определены при исследовании влияния времени контакта между фазами сорбента и раствора метиленового голубого на количество красителя в фазе сорбента. Установлено, что кинетика адсорбции метиленового голубого на пленках ЭЦ и композитах описывается уравнением реакции псевдвторого порядка. Определены константы скорости процесса сорбции. Выявлено, что равновесие процесса адсорбции метиленового голубого на пленке ЭЦ и композите ЭЦ/(6 мас. % галлуазита) описывается изотермой Ленгмюра. Обнаружено десятикратное увеличение предельной адсорбционной емкости и величины удельной поверхности композита по сравнению с немодифицированной ЭЦ.

Исследования физико-механических свойств полученных полимер-силикатных пленочных материалов показали, что введение галлузита в полимерную матрицу этилцеллюлозы приводит к увеличению прочности на растяжение и относительного удлинения.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 18-43-370015-р-центр-а).*

**К.А. Федорова, Т.Е. Горкина, Т.А. Суставова, В.А. Липин**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

### **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИАМФОЛИТОВ НА ОСНОВЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ ДИАМИНОВ**

Традиционно для очистки сточных вод от окрашенных примесей и тяжелых металлов используют слабозаряженные полиамфолиты, свойства которых сильно зависят от рН и ионной силы рабочей среды [1]. Целью работы было получение и исследование основных физико-химических свойств полиамфолитов, синтезированных на основе слабой кислоты и сильного основания. Использование таких полиамфолитов в различных промышленных процессах, позволяет повысить эффективность и снизить расходы реагентов [2-3].

Полиамфолиты получали на основе полиакриловой кислоты и алифатических диаминов: этилендиамина (ЭДА) и 1,3-диаминопропана (ПДА). Было исследовано влияние рН и ионной силы водных растворов на конформационное состояние макромолекул полимеров амфотерного типа. В результате проведенных исследований было установлено, что свойства полученных полиамфолитов не меняются в широком диапазоне значений рН от 4 до 11, за исключением изоэлектрической точки (ИЭТ): рН=9,7 для ЭДА и рН=8,6 для ПДА.

При добавлении сильного электролита, ИЭТ исчезает у обоих полимеров, что свидетельствует о развернутом состоянии макромолекул полученных полиамфолитов. Вероятнее всего это связано с эффектом экранирования между ионами хлорида натрия и заряженными функциональными группами. Однако вязкость у полимера на основе ПДА больше, чем у полимера на основе ЭДА, что может быть связано с увеличением числа углерода в цепи алифатического диамина и позволит сократить расход полимера при его практическом использовании. Сравнительный анализ свойств полиамфолитов в воде и 0,01 Н водном растворе NaCl показал, что вязкость раствора полимеров в присутствии сильного электролита значительно увеличивается и не меняется в широком диапазоне рН.

Таким образом, можно сделать вывод, что синтезированные полиамфолиты можно использовать в высококонцентрированных растворах, например при добыче нефти, и в процессах, в которых рН и ионная сила рабочих растворов может меняться.

#### **Список литературы:**

1. Sarkyt E. Kudaibergenov Recent Advances in the Study of Synthetic Polyampholytes in Solutions//Advances in polymer science. - Heidelberg: Springer, 1999. - С. 115-197.

2. Патент RU 2714670 C1 Липин Вадим Аполлонович (RU), Сустановова Татьяна Александровна (RU), Евдокимов Андрей Николаевич (RU), Горкина Татьяна Евгеньевна (RU) / Способ получения полиамфолита, заявлен: 4.07.2019; опубликовано: 19.02.2020 Бюл.№5.
3. Липин В.А., Сустановова Т.А., Горкина Т.Е. «Синтез полимера амфотерного типа на основе полиакриловой кислоты и этилендиамина» // ИЗВЕСТИЯ Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) № 52(78). - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2020. - С. 36-40.

### **И.А. Федоскин, В.А. Липин, Е.Д. Софронова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ОТБЕЛКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

Целлюлоза для химической переработки получается путём сложного технологического процесса, в котором стадия отбеливания целлюлозной массы наиболее важная, так как определяет дальнейшие физико-химические характеристики конечного продукта. Отбелка включает в себя примерно от 3 до 10 стадий, причем качество конечного продукта по совокупности показателей, количество сбросов и выбросов, а также технологичность и современность определяется количеством ступеней и расходами химикатов. Главная цель отбелки - достижение высокой степени белизны путем извлечения нецеллюлозных компонентов с минимальными химическими потерями по целлюлозному волокну и сохранении прочностных характеристик.

Крупнейшие заводы, по производству целлюлозы для химической переработки, расположены в Южной Африке в Уругвае, в Бразилии, и в Китае. Производственные мощности по этому продукту достигают 2-3 тысяч тонн в сутки. В качестве исходного сырья преимущественно используется эвкалипт.

На большинстве предприятий применяется технология ECF, где на одной или нескольких ступенях используются диоксид хлора ( $\text{ClO}_2$ ) или гипохлорит натрия ( $\text{NaClO}$ ). Кроме того ограничено используется технология отбелки TCF (без применения хлорсодержащих реагентов) с использованием только кислородсодержащих реагентов - кислорода, пероксида водорода, озона. Современная технология отбелки это варьирование селективных и неселективных реагентов с целью получения качественного конечного продукта, а также иметь минимальное воздействие на окружающую среду [1]

На российских предприятиях сохраняется высокий уровень использования хлорсодержащих агентов и многоступенчатый характер схем отбелки. Целлюлозная масса обрабатывается окислителями и каустической содой. Предусмотрено сокращение стадийности отбелки, внедрение кислородно-щелочной обработки на отдельных технологических участках, а также озонирование, однако практическая реализация сдерживается необходимостью высоких инвестиционных затрат на модернизацию.



Была разработана технология отбеливания, включающая процессы озонирования, отбеливания диоксидом хлора, с последующей промывкой от продуктов окисления соединений лигнина, гемицеллюлоз и реагентов, окислительное щелочение и промежуточная промывка, отбеливание пероксидом водорода и кислотка [2].

#### **Список литературы:**

1. Sharma N., Nishi K. Bhardwaj N.K., Prashad R.B. Environmental issues of pulp bleaching and prospects of peracetic acid pulp bleaching: A review // Journal of Cleaner Production. 2020. V. 256. 120338.
2. Липин В.А., Софронова Е.Д., Орлова А.В. Способ отбеливания целлюлозы Патент:RU 2724362 С1, заявка 2019121308 Дата регистрации: 04.07.2019. Дата публикации: 23.06.2020. Бюл. №18.

**К.А. Ерзунов<sup>1</sup>, О.А. Есина<sup>1</sup>, Л.С. Петрова<sup>1</sup>, Е.Л. Алексахина<sup>2</sup>, О.И. Одинцова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Ивановская государственная медицинская академия Минздрава РФ

### **РАЗРАБОТКА ТЕСТ-ПОЛОСКИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА**

В настоящее время выделяют несколько заболеваний пародонта такие, как гингивит, пародонтит, пародонтоз, вызывающие воспалительные и деструктивные процессы в тканях пародонта [1]. Воспаление десны характеризуется разрушением коллагена – основного белка соединительной ткани, что приводит к увеличению в слюне уровня аминокислоты оксипролина.

Целью данной работы являлась разработка тест-полоски для количественного определения оксипролина в слюне для диагностики воспалительного процесса тканей пародонта.

Для получения тест-полоски был использован метод текстильной печати. Одним из основных требований, предъявляемых к текстильной основе является ее высокая адсорбционная способность, поэтому для выбора носителя были изучены показатели капиллярности и механической прочности различных целлюлозных материалов, используемых в методе текстильной печати [2]. На основании проведенных исследований были выбраны следующие целлюлозные материалы: хроматографическая бумага марки «средняя» производства Санкт-Петербургской фабрики им. Володарского, хроматографическая бумага марки Ватман 54 SFC, целлюлозный нетканый материал, а также салфетка вискозная. Исследования показали, что образцы изученных марок хроматографической бумаги имеют удовлетворительную капиллярность и механическую прочность для дальнейшей работы по созданию тест-полосок.

Определение оксипролина с помощью тест-полосок предполагает нанесение последовательно нескольких слоев реагентов на носитель, включающих загуститель, окислитель, специальный реагент.

Идентификатор был выбран на основе реакции, в результате которой характерно появление красной окраски при взаимодействии пара-диметиламинобензальдегида с оксипролином в слабокислой среде.

Поскольку для определения оксипролина требуется кислая среда, были изучены свойства окислителей оксипролина, таких как: пероксид водорода, гидроперит, хлорит натрия и хлорная кислота. Наилучшими окислительными свойствами обладают перекисные соединения, но для повышения стабильности их окислительного действия, требуется подбор стабилизатора. Следует отметить, что для всех исследованных в качестве окислителей соединений, необходим поиск стабилизаторов или интенсификаторов.

#### **Список литературы:**

1. Барер Г.М. Терапевтическая стоматология: учебник: в 3 ч. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – Ч.2. – Болезни пародонта. – 224 с.: 236 ил.
2. Межгосударственный стандарт Бумага и картон. Определение прочности при растяжении. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации часть 1. Метод нагружения с постоянной скоростью. ИПК Издательство стандартов, Москва, 2000. - 6 с.

#### **К.В. Асташова, О.В. Асташкина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ДИЗАЙНЕ**

Дизайн — область технического (промышленного), художественного творчества, разработки, проектирования и создания промышленных объектов, предметной среды жизни и деятельности человека. Композиционные материалы (КМ) стали универсальными материалами XXI века, имеющие широкую область применения, в том числе и дизайне. КМ смогли совместить в себе функциональность за счёт уникальных свойств и привлекательность. Именно поэтому они нашли практическое использование не только в художественном и техническом дизайне, но и в молекулярном дизайне. Основной целью последнего является конструирование «архитектурно привлекательных» молекул с заданными свойствами [1]. Некоторые области практического применения принципов художественного, технического и молекулярного дизайна перечислены ниже.

1. Художественный дизайн. 1.1 Композитная архитектура. Ну-Fi Tower в Нью-Йорке представляет собой двенадцати метровую грибовидно-кирпичную башню, выполненную из мицелиевого композита — биоразлагаемого кирпича, состоящего из сельскохозяйственных отходов и грибной культуры, обладающим превосходными термическими и огнеупорными свойствами, и легкостью по сравнению с альтернативным материалом — цементом. 1.2 Композитная мебель. Мебель, выполненная из угле- и стеклопластика от российского бренда Modeloni привлекают своим престижным внешним видом. Композитные обеденные и кофейные столы, стулья отвечают современным тенденциям дизайна и объединяют в себе принципы эргономики и функциональности. 1.3 Композитные аксессуары. Расширяя ассортимент производимых изделий из углепластика, Modeloni представила новую коллекцию женских клатчей для повседневной носки. Наружная сторона сумки выполнена из углепластика, внутренняя — из алькантары. Женский легкий, (по сравнению с

натуральной кожей), клатч, выполненный из вышеперечисленных материалов делает образ роскошным и стильным.

2. Технический дизайн. Разработка пористых углерод-углеродных композитов.

3. Молекулярный дизайн. Жидкокристаллический (ЖК) композит представляет собой полимерную плёнку, в которую введены жидкие кристаллы, последние при определённых параметрах (температуре, давлении) сочетают в себе характеристики твердых кристаллов и изотропных жидкостей одновременно, образуя определённые структуры (нематические, холестерические или смектические) [2]. Совокупность оптических и электрооптических свойств, определили области применения ЖК-композитов: в качестве дисплеев — окон с управляемой прозрачностью и плёночных термоиндикаторов.

Из вышесказанного следует, что композиционные материалы в дизайне являются не только прекрасным художественным, техническим и молекулярным решением настоящего времени, но и перспективными материалами для моделирования и практического использования в будущем.

### Список литературы:

1. Лаврентьев А. Н. Большая российская энциклопедия. Том 8 / А. Н. Лаврентьев // Москва. — 2007. — С. 737.
2. Шibaев В. П. Большая российская энциклопедия. Том 10 / В. П. Шibaев // Москва — 2008. — С. 70–71.

### Н.С. Лукичева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ «ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ» И «НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ» ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Многослойные углерод-углеродные и углерод-полимерные композитные материалы (УУКМ и УПКМ) могут быть использованы в качестве изоляционных материалов, защищающих как от воздействия сверхвысоких температур (вплоть до 2500 °С: например, в печах спекания W, Mo, Nb, Ta, получения углеродных материалов), так и от низких (до –60 °С — работы с жидким азотом, защита сооружений и оборудования при работе в условиях Крайнего Севера и т.д.). На основании проведенных исследований разработаны несколько видов многослойных УУКМ и УПКМ различной структуры, обладающих низким коэффициентом теплопроводности (0,054–0,068 Вт/(м·К)), низкой плотностью (0,092–0,211 г/см<sup>3</sup>), достаточной прочностью, гидрофобностью и формостабильностью.

УУКМ получали по технологии, предусматривающей следующие стадии:

- пропитка предварительно нарезанных и уложенных в слои углеродных нетканых материалов (УНМ) связующим (карбонизирующимся с высоким выходом углеродного остатка, например, фенолоформальдегидной смолой);
- отверждение полученного углепластика;

- карбонизация углепластика (температура конечной термообработки 600–800 °С),
- графитация карбонизованного УУКМ при температуре 2200–2500 °С;
- механическая обработка готового УУКМ.

Полученные в результате данной технологии материалы условно были названы «высокотемпературными», а технология — «высокотемпературной».

УПКМ получали, используя следующие стадии:

- склейка между собой предварительно нарезанных и уложенных в слои углеродных нетканых материалов связующим и адгезивом;
- отверждение полученного углепластика;
- механическая обработка УПКМ.

Полученные УПКМ соответственно условно назвали «низкотемпературными», а технологию — «низкотемпературной».

При сравнении двух представленных технологий можно сделать вывод, что оба способа позволяют получать эффективные теплозащитные материалы: «высокотемпературный» — УУКМ для термоизоляции в установках и процессах, протекающих при сверхвысоких температурах в инертной среде, в то время как «низкотемпературный» — УПКМ, работающие в условиях не выше +150 °С. Но отсутствие энергозатратных, высокотемпературных стадий карбонизации и графитации, делает производство «низкотемпературных» УПКМ более экономически выгодным. Более того, в процессе «низкотемпературного» способа получения, используя чередование слоев УНМ различной плотности и/или введение дополнительных адгезионных слоев, например, бумаг, пропитанных клеевыми составами, возможно задать более ярко выраженную структуру, в том числе градиентную, углеродных композитов. Благодаря чему, вследствие создания дополнительных барьеров, рассеивающих тепловой поток, удается достичь требуемых высоких показателей теплозащитных свойств.

## **А.М. Бородина, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Высшая школа технологии и энергетики

### **МОДИФИКАЦИЯ КСАНТАНОВОЙ КАМЕДИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЯХ**

Работа направлена на изучение коллоидно-химических свойств немодифицированной и модифицированной форм ксантановой камеди. Ксантановая камедь — биоразлагаемый полимер, состоящий из маннозы, глюкоуроновой и катализируемой пировиноградной кислотой. Ее получают ферментацией глюкозы, сахарозы или лактозы с использованием бактерий *Xanthomonas Campestris*. Для расширения возможностей ее применения проводили модификацию ксантановой камеди, которая отразилась на ее свойствах, важных для теории и практических приложений.

Целью данной работы является исследование коллоидно-химических свойств немодифицированной и модифицированной ксантановой камеди для использования

ксантановой камеди в качестве связующего в новых технологиях получения композиционных материалов, в частности, для получения топливных древесных гранул – альтернативного источника энергии.

Методы исследования: метод ИК-Фурье-спектроскопии, тензиометрический метод определения поверхностного натяжения растворов (метод Дю-Нуи), кинетика растворения и растворимость при различных условиях, аналитические методы.

Основные достигнутые результаты исследования: исследование коллоидно-химических свойств немодифицированной ксантановой камеди показало отсутствие поверхностной активности растворов полимера; проведена модификация ксантановой камеди, которая позволяет направленно изменить коллоидно-химические свойства полимера, важные для теории и практических приложений. Выявлены оптимальные условия кинетики растворения ксантановой камеди (температура, время, рН раствора).

Поверхностное натяжение ксантановой камеди после модификации снижается до концентрации 0,2 %, затем остается постоянной, что указывает на превращение идеального раствора в коллоидный. Менее глубокая модификация камеди снизила поверхностное натяжение на 12,1 мН/м, поверхностное натяжение более глубокой модификации снижается на 16,3 мН/м. Следовательно, блокирование большего количества ОН-групп гидрофобными группами придает более высокую поверхностную активность растворам ксантановой камеди. Повышение поверхностной активности макромолекул камеди делает возможным использовать камедь в качестве связующего в различных композиционных материалах. В этом качестве модифицированная камедь использовалась в композиции для получения топливных древесных гранул. Применение модифицированной ксантановой камеди снижает пылимость и увеличивает теплотворную способность древесных гранул – экологически чистого древесного топлива [1].

Значимость результата научного проекта: в проведении модификации ксантановой камеди, что позволяет расширить знания об этом природном полимере для направленного изменения его свойств в результате различных модификаций, в частности, для получения экологически чистых топливных древесных гранул [1].

#### **Список литературы:**

1. Патент РФ 2707072, 22.11.2019. Композиция для получения твердого древесного топлива / Осовская И.И., Демьянцева Е.Ю., Бородин А.М., Васильева А.П. // БИ. 2019. № 33.

**А.П. Васильева, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГУАРОВОЙ КАМЕДИ**

Гуаровая камедь - это биоразлагаемый природный полимер, применяется как стабилизатор, загуститель, эмульгатор. Исследование направлено на изучение коллоидно-химических свойств камеди, её способности к пленкообразованию. Применение [1] гуаровой камеди, обусловлено ее растительным происхождением, нетоксичностью и биоразлагаемостью. Возможности применения гуаровой камеди

ограничены малой поверхностной активностью и расслаиванию ее растворов при температурах выше 50 °С. В связи с этим целью данного исследования является модификация гуаровой камеди. Модификацию проводили пропионовым ангидридом в пропионовой кислоте. Модификация гуаровой камеди не могла не отразиться на коллоидно-химических свойствах камеди. Поверхностное натяжение ( $\sigma$ ) измеряли на приборе Дю Нуи, методом отрыва кольца. Поверхностное натяжение водных растворов немодифицированной камеди равно поверхностному натяжению воды и равно 72,3 мН/м, в то время как поверхностное натяжение модифицированной камеди понижается до 56,2 мН/м при концентрации 0,2 %, далее остается постоянным. Эту концентрацию принято называть критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). Для более точного определения ККМ строили зависимость  $\sigma = f(\lg(C))$ . Поверхностная активность модифицированной гуаровой камеди  $G=8,04$  мДж·м/кг, а немодифицированной формы  $G=0$ . Другим доказательством получения модифицированной формы камеди являются результаты ИК-Фурье-спектроскопии. ИК-спектры модифицированной гуаровой камеди показали понижение количества –ОН групп, связанное с реакцией взаимодействия камеди с пропионовым ангидридом. ИК-спектры немодифицированной камеди свидетельствуют о наличии карбоксильных групп, образовавшихся за счёт окисления первичных спиртовых групп в боковых цепях. Прививка гидрофильному полимеру гидрофобных групп усилила его тенденцию к мицеллообразованию и концентрированию на поверхности раздела фаз. Таким образом двумя независимыми методами получены доказательства образования модифицированной камеди, что повлияло на вязкость и растворимость полимера. Модификация приводит к понижению вязкости раствора камеди. Скорость растворения модифицированной гуаровой камеди увеличивается более чем на порядок. При полном обезвоживании меняется растворимость камедей. Это связано с удалением воды от гидроксильных и карбоксильных групп, в результате чего образуются прочные как внутри-, так и межмолекулярные водородные связи, что способствует уменьшению растворимости. В работе показана хорошая плёнообразующая способность гуаровой камеди и особенно её модифицированных форм, что позволило получить тонкие и гибкие полимерные плёнки [2].

#### **Список литературы:**

1. Mudgil D., Barak S., Khatkar B.S. Guar gum: processing, properties and food applications // Food Science and Technology. - 2014. - №3. - P. 409-418.
2. Пленкообразующая способность гуаровой камеди. Васильева А.П. / Сборник материалов всероссийской научно-технической конференции Каргинских чтений. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2020. – 28 с.

**А.Ю. Добош, В.С. Антонова, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

Высшая школа технологии и энергетики

## **ЗАВИСИМОСТЬ СВЯЗЕОБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БУМАГИ ИЗ НЕРАЗМОЛОТЫХ ВОЛОКОН**

Аэродинамический способ формования бумаги часто называют «сухим» способом формования. Однако термин «сухой» является неправильным в связи с невозможностью получить бумагу без определенного содержания воды. Целью данного исследования является определение минимального количества воды, необходимой на различных стадиях формования бумаги указанным способом. Для решения этой задачи выполнено термохимическое исследование влияние влажности образца на энтальпии взаимодействия с водой хлопковой, сульфатной и сульфитной беленых целлюлоз. Значительное поглощение воды целлюлозой с влагосодержанием 0-5 % в зависимости от природы волокна объясняется быстрым связыванием воды реакционно-способными гидроксильными группами, не вовлеченными в прочную водородную связь. С увеличением влагосодержания до 12-25% в зависимости от типа волокна понижается число активных групп, способных к взаимодействию с водой. Атермический характер сорбции, начиная с определенной влажности, можно объяснить возрастанием энтропии системы целлюлоза-вода. При влажности больше 20 % меняется механизм взаимодействия воды с целлюлозой, связывание молекул воды происходит не за счет сил межмолекулярного взаимодействия, а за счет сил капиллярной конденсации. Критическую концентрацию воды ( $C_k$ ), соответствующую полному насыщению функциональных групп необходимо учитывать на всех стадиях формования бумаги «сухим» способом. В частности, при роспуске бумаги в аэродинамической трубе при влажности меньшей критической будет иметь место образование хрупких волокон ввиду включения свободных функциональных групп во внутри- и межволоконную водородные связи. При влажности много больше  $C_k$  на поверхности волокна образуется пленка воды, препятствующая разделению целлюлозы на отдельные волокна. Практика показала, что оптимальная концентрация при роспуске волокна составляет 40-50 %. Для определения влияние влажности при прессовании отливок необходимо получить отливки с одинаковой плотностью. Проведенные подготовительные работы позволили отработать методику получения таких отливок. В процессе прессования для более полного развития межволоконных связей также необходимо избыточное количество пластификатора (воды) по отношению к критической концентрации для придания большей гибкости полимерной цепи, способствующей увеличению площади контакта между поверхностными слоями волокон. В связи с этим влажность отливки перед сушкой должна быть 25-30%, при недостатке воды часть функциональных групп не будет участвовать в образовании межволоконных связей. Сушка отливок, полученных после прессования, проводилась на сушильной горке при  $105^0$  С.

### **Список литературы:**

1. Осовская И.И., Полторацкий Г.М., Дмитриева Е.А. Гидрофильные свойства целлюлозы, обработанной насыщенным паром //Журнал прикладной химии. 2005. Т. 78. №7. С. 1203-1207.

2. Байкова В.С., Осовская И.И., Полторацкий Г.М. Влияние размола на термодинамические свойства целлюлозы // Химия растительного сырья, 2015. №1. С. 175-180.
3. Мидуков Н.П., Ефремкина П.А., Малиновская Г.К., Куров В.С., Смолин А.С. Получение трехслойного вайт-лайнера из вторичных волокон методом аэродинамического формования // Химические волокна. 2017. №1. С. 22-26.

### **Н.А. Жданов, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

### **СВОЙСТВА АМБЕРГУМА – ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ В КОМПОЗИЦИИ АКВАРЕЛЬНОЙ КРАСКИ**

В связи с ухудшением экологической обстановки на предприятиях и их окрестностях всё большее значение приобретают материалы, производство и применение которых не связано с использованием токсичных пожароопасных органических веществ. К этой группе продукции относятся водно-дисперсионные лакокрасочные материалы, основными преимуществами которых являются низкая токсичность, пожаробезопасность, простота и доступность методов нанесения, быстрое высыхание, пригодность для окраски различных поверхностей. Краски на водной основе, отвечающие современным экологическим требованиям, занимают одно из ведущих мест в ассортименте лакокрасочной продукции [1,2]. К этому классу красок относится AMBERGUM - водорастворимый полимер, анионно заряженный производный продукт целлюлозы. В работе, опубликованной ранее [3] показана растворимость Амбергума в воде при различных РН и температуры, показано влияние РН на время растворения и вязкость растворов.

Целью данного исследования является изучение возможности применения водорастворимого полимера марки Амбергум в качестве пленкообразователя красок художественного назначения для замены импортного гуммиарабика. Исследования показали небольшую пенообразующую способность Амбергума, что обусловлено низкой поверхностной активностью полимера (повехностное натяжение  $\sigma$  - 71,0 мН/м; Дана сравнительная оценка РН водной вытяжки Амбергума, гуммиарабика и декстрина. РН водной вытяжки Амбергума равно 7,2, это определяет возможность его использования для акварельных красок. В то время, как раствор гуммиарабика и декстрина имеет более низкие значения РН, что делает недопустимым их применение в рецептурах художественных красок. На основе амбергума, выполняющего функцию пленкообразователя в работе разрабатывается рецептура краски, в которой в качестве цветообразующего пигмента использовали диоксид титана, а в качестве наполнителя-каолин. В работе определено количество Амбергума в пленкообразующей системе, которое составило 17-20 %. Введение в рецептуру краски 12-15 % глицерина обеспечивает стабильность и отсутствие расслоения в течение более 3-х месяцев. Маслоёмкость Амбергума 18 г/100г обеспечивает легкое нанесение краски на бумагу. Бесцветность растворов амбергума 1221 положительно скажется на чистоте и насыщенности цвета пленок художественных красок на его основе.



### Список литературы:

1. Краски, покрытия и растворители/ Д.Стойе, В.Фрейтаг (ред.); пер.с англ. под ред.Э.Ф.Ицко.-СПб.:Профессия, 2007.-528 с
2. Осовская И.И., Ковжина А.Л., Воднодисперсионные краски: учебное пособие/ СПбГТУРП. СПб. 2012. 59 с.
3. Жданов Н.А. Осовская И.И. Амбергум–связующее для получения покрытий. Всероссийская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и техносферной безопасности» (Ч.1) / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2020. С. 82-84.

### А.А. Приходько, И.И. Осовская

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

### ЭКСТРАКЦИЯ ФУКОИДАНА ИЗ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ LAMINARIA JAPONICA

Растительные полимеры сегодня находят широкое применение в медицине, в фармацевтической и в косметической промышленности [1]. Особое место среди растительных полимеров занимают бурые водоросли. Научные исследования и применение бурых водорослей проводятся во всём мире. В частности были подтверждены доказанные терапевтические эффекты, обеспечиваемые специфическим составом препаратов ламинарии, содержащих биологически активные вещества (в частности фукоидана), влияющих на метаболизм человека. Фукоиданы – водорастворимые сульфатированные полисахариды, содержащие значительное количество групп L-фукозы и сульфатного эфира, обладающих сильными антикоагулянтными и антитромботическими свойствами, воздействует на воспалительные и иммунологические системы, оказывает противоопухолевое и противовирусное действия [2]. Основным методом извлечения фукоидана является щелочная экстракция. Каждый новый способ выделения фукоидана является необходимым для совершенствования его выделения и использования в новых технологиях. Исследование направлено на извлечение и выделение водорастворимого сульфатированного полисахарида - фукоидана из бурых водорослей *Laminaria japonica* с использованием различных экстрагентов. Для экстракции фукоидана использовали эффективный адсорбент – хитозан, извлеченный из раковин крабов и креветок, полученных в результате переработки морепродуктов. Нетоктичность, биосовместимость, биodeградируемость и катионная природа позволяет хитозану образовывать комплекс с анионным фукоиданом. Другими экстрагентами применяемыми в исследовании для выделения фукоидана были гидроксипропилтриметиламмонийхлорида (НАСС) и гексадецилтриметиламмоний бромида (СРАВ). Показано, что лучшим экстрагентом фукоидана является НАСС. Количество фукоидана выделенное НАСС, хитозаном и СРАВ составляет 5,8 %; 5,5 %; 2,0 %, соответственно. Однако, НАСС нуждается в дальнейшей очистке. Учитывая соотношение цены и качества, хитозан можно рассматривать в качестве оптимального экстрагента, который можно рекомендовать водорослевым комбинатам для выделения

этого ценного для здоровья человека продукта. Результаты исследования выявили наиболее оптимальный экстрагент (хитозан) для выделения фукоидана из бурых водорослей *Laminaria japonica* – этого ценного для здоровья человека продукта.

#### **Список литературы:**

1. Осовская, И.И. А.А. Приходько Морские водоросли. Применение в биотехнологии: С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 78 с. Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kaffizikollchem/1591740529.pdf>.
2. R. E. Xing, S. Liu, Z. Y. Guo et al., "Relevance of molecular weight of chitosan-N-2-hydroxypropyl trimethyl ammonium chloride and their antioxidant activities," *European Journal of Medicinal Chemistry*, vol. 43, no. 2, pp. 336–340, 2008.

#### **Ф.Р. Гарипова, М.В. Пыркова, В.В. Сафонов**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

#### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА В ПРОЦЕССЕ КРАШЕНИЯ**

Отделочные операции проводятся, как правило, в водной среде, ввиду того, что вода является полярным растворителем, способным растворять многие соединения, а также доступным и относительно дешевым ресурсом. В водной среде шерстяные волокна способны набухать, при этом волокно максимально на 30-35 % увеличивается в поперечнике, в то время, как в длину волокно увеличивается только на 1-2 %. В мокром состоянии происходит ухудшение физико-механических свойств волокна, снижение прочности, происходят структурные изменения. Наибольшее деструктурирующее воздействие на волокно оказывает пар и горячая кипящая вода. Однако процесс крашения шерстяных материалов все равно проводят при кипении, поскольку, шерстяное волокно содержит наружный чешуйчатый слой, препятствующий диффузии красителя внутрь волокна.

Для получения ярких насыщенных окрасок, а также глубокого проникновения кислотных красителей в структуру волокна, проводили процесс модификаций шерстяной ткани. Целесообразнее всего проводить обработку в среде низкотемпературной плазмы, поскольку она оказывает более щадящее воздействие, что и было подтверждено экспериментально по изменению капиллярных и сорбционно-диффузионных свойств волокна.

В ходе отделочных процессов шерстяные материалы подвергаются действию различных химических реагентов, под действием которых происходят различные физико-химические процессы, которые могут привести к изменению структуры волокна, его прочностных показателей, степени кристалличности, к повышению или понижению капиллярности и сорбционных свойств.

Оценка степени деструктурирующего воздействия химических реагентов в процессе крашения на шерстяное волокно оценивали по растворимости в мочевино - гидросульфитном реактиве и в растворе гидроксида натрия. Полученные результаты показали, что минимальная степень деструкции на 9-16% наблюдается у

плазмообработанного образца. Вероятно, это связано с образованием в процессе плазмообработки групп, способных обеспечивать дополнительные адгезионные и физико-химические связи между волокнами. Плазмообработанные образцы имеют повышенные сорбционные характеристики, что позволяет снизить температуру крашения на 10-20°C, и дополнительно понизить деструкцию шерстяного волокна при крашении. Полученные окраски по колористическим и прочностным показателям соответствуют окраскам, полученным при высокотемпературном крашении.

Таким образом, обработка низкотемпературной плазмой позволяет максимально сохранить физико-механические свойства шерстяного волокна, снизить температуру крашения и получить окраски с высокими показателями к физико-химическим воздействиям.

**В.Д. Константинова, А.Е. Третьякова**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

## **СИНТЕТИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ И ИХ РОЛЬ В РЕСТАВРАЦИИ ТКАНЕЙ**

Для окрашивания вспомогательных тканей, нитей и пряжи в реставрации преимущественно используют природные красители – марену, крушину, дуб, барбарис, корку гранта и т.д. Они являются общедоступными, позволяют получить разнообразные оттенки, имеют неплохие прочностные свойства и простую технологию применения. Однако хлопку и льну сложно придать насыщенный цвет. Также использование природного сырья требует тщательного подбора протрав, а краситель значительно вымывается при первичной стирке.

Поэтому в современной реставрации иногда применяют синтетические красители. Чаще всего используют прямые светопрочные, кислотные и комплексные металлосодержащие.

Большая часть прямых относится к классу азокрасителей. Они обладают субстантивностью - способностью переходить из раствора на волокно и фиксироваться на нем. С их помощью можно получать оттенки, близкие к древнему кармину, ализарину, оттенок «майской зелени». На льне и хлопке цвета имеют среднюю и высокую интенсивность, что невозможно при использовании растительного сырья. К недостаткам прямых красителей относится их невысокая стойкость к водным обработкам, это исправляют добавлением солей меди.

Кислотные красители представляют собой растворимые в воде соли органических сульфокислот или карбоновых кислот. В водных растворах они диссоциируют с образованием окрашенных ионов. С их помощью можно получить яркую окраску и любые оттенки; ткани устойчивы к свету и влажным обработкам. Но целлюлозные волокна не обладают сродством к ним.

Металлосодержащие являются хромовыми или кобальтовыми комплексами красителей с соотношением металл - краситель как 1:1 или 1:2. По методу применения аналогичны кислотным, но превосходят их по прочности получаемых окрасок. Используются в реставрации только для крашения белковых волокон.

Таким образом, применение в реставрации искусственных органических красителей обусловлено необходимостью получения тканей с повышенными

прочностными характеристиками и интенсивной окраской, однако они также имеют недостатки, что заставляет химиков продолжать поиск новых средств и методов крашения.

#### **Список литературы:**

1. Бородкин В.Ф. Химия красителей. - М., 1981.
2. Химия синтетических красителей. Том IV, под ред. К.Венкатарамана. - Л., 1975.
3. Семечкина Е.В. Реставрация тканей. Крашение текстильных материалов. Методические рекомендации. ВХНРЦ – М., 1990.

#### **Е.А. Ерохина, В.В. Сафонов**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

#### **КРАСКИ ПАЛИТРЫ ЯНА ВЕРМЕЕРА**

Ян Вермеер, а также его называют Вермеер Дельфийский - нидерландский художник-живописец, мастер бытового портрета и живописи. Стоя наряду с Рембрандтом и Франсом Халсом, Вермеера можно назвать одним из величайших живописцев золотого века голландского искусства. На данный момент искусствоведы приписывают ему авторство к 16 картинам и еще 5 остается под вопросом. Для заработка художник занимался торговлей картинами, а также писал их на заказ. Уже в его ранних работах была четко видна творческая индивидуальность Вермеера.

Безусловно, наиболее загадочным и интересным в его работах является не только произведения, но и краски, которыми они были нарисованы. Его палитра, как и у большинства современников, была весьма ограничена, в основном из-за большой дороговизны красок и относительно не большого ассортимента. Из числа наиболее привычных красок для художника того времени, Вермеер пользовался краплагом (это был один из немногих ярко-красных пигментов его времени), желтая окись свинца (основной пигмент, используемый Вермеером для изображения желтых драпировок и меховых накидок), кармин (примечательно, что кармин был найден только в двух приписываемых Вермееру картинах, но вполне возможно в остальных его произведениях он просто выцвел), газовая сажа, свинцовые белила, жженая кость и пр.

Но, в отличие от других, Вермеер использовал краски не доступные широкой публики, например, он еще пользовался ультрамарином вместо более дешевого и популярного азурита. Использование ультрамарина в его работах показывает, как он совершенствовался в живописи, и каким великим художником являлся. Эта краска обнаружена во всех его работах, при чем не только в мазках синего цвета, но в белых тканях, черных плитах, зеленой листве и даже в тенях ярко-оранжевого платья.

Вермеер изготавливал многие краски сам на основе подогретого масла: в масло (чаще всего льняное) добавлялся пигмент и хранился в высушенных мочевых пузырях животных. Масло творец изготавливал сам и, скорее всего перед смешиванием с пигментов, прокаливал его при температуре около 300 градусов по Цельсию, что позволяло контролировать густоту краски, а также это делало ее более глянцевой, гладкой и даже быстросохнущей. К такому выводу пришли ученые и реставраторы, изучающие в 2018 году одну из самых известных его картин «Девушка с жемчужной сережкой».

**М.В. Асланова, А.Е. Третьякова, В.В. Сафонов**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

## **ОСОБЕННОСТИ РЕСТАВРАЦИИ ШПАЛЕР**

Шпалерами называются тканые стенные ковры с сюжетными или орнаментальными изображениями, рисунок на них – часть плетения ткани [1].

Через нити основы, чаще из смеси льна и хлопка, протягивают нити утка. Вначале это были шерсть и шелк, окрашенные натуральными красителями: кошениль, индиго, позже начали появляться золотые и серебряные нити. Мастер по кальке, сведенной с работы художника, переплетал разноцветные нити. Плавные переходы одного цвета в другой создавались «зубцами», взаимопроникающей штриховкой. Диагональные линии приходилось делать «ступеньками», нити основы придавали поверхности обивочной ткани характерную рубчатость. В основном использовали эффекты контраста дополнительных цветов. По мере усложнения композиции в XVII-XVIII веках для глубоких теней в изображении применяли матовые шерстяные нитки, для «светов» - блестящие шелковые.

Иногда используют технику полотняного переплетения нитей, это позволяет утку следовать по всей длине полотна. Наиболее востребован способ «тканьем мотивами», когда уток следует не только горизонтально, а нить идет за рисунком. При этом может создаваться самая разнообразная фактура, отличная от ребристой.

В основном работы по реставрации шпалер разделяются на чистку, консервацию и устранение утрат [2]. Чистка бывает сухой, водная очистка проводится после анализа стойкости красок, в современных условиях на вакуумных столах, деликатные волокна очищают вручную при помощи ватных тампонов. Консервация включает в себя фиксацию нитей при помощи иглы, полное либо частичное дублирование поверхности шпалеры. Устранение заплаток, восстановление утраченных фрагментов и замена истонченных нитей применяется в настоящее время лишь в отдельных случаях при восстановлении небольших участков полотна. Широко используется имитация структуры шпалеры окрашенными в цвет утка нитями, пришиваемыми на дублировочную ткань в прикреп.

Шпалера «Триумф надежды» входит в серию «Триумф семи добродетелей», созданную в XVII веке в Нидерландах. Реставрация была проведена в ГМИИ им. А.С. Пушкина в течении 8 месяцев. Ее состояние оценивалось как хорошее до проведения реставрационных работ: она не выгорала на солнце, не лежала в воде, ее штопали и ставили заплатки. В ходе реставрации удалили все заплатки и восстановили полотно. Были проведены работы по исследованию красителей, которые не потускнели со временем. Так же была произведена водная чистка. И уже после этого шпалера была сдублирована на специальную ткань – дублировочную. Утраченные фрагменты восстанавливали по остаткам нитей - шерстяным, шелковым, золотым. По аналогам восстанавливали рисунок.

### **Список литературы:**

1. Власов В. Шпалера // Новый энциклопедический словарь изобразительного искусства: В 10 т. — Спб.: Азбука-классика.
2. Современные методы консервации и реставрации тканей и кожи. Обзорная информация (1979) / Составители: Т. Н. Громина, Н. Ф. Сотцова, А. К. Елкина, Г. И. Рымарь

**П.А. Воронжева, А.Е. Третьякова**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

## **ПИГМЕНТЫ СЕРОГО ЦВЕТА В КАРТИНЕ «ДАМА С ВЕЕРОМ» АЛОНСО САНЧЕСА КОЭЛЬО**

Алонсо Санчес Коэльо – испанский художник портретист, который стал известен благодаря серому фону в своих картинах. Его современники называли его «мастером серого», потому что ему превосходно удавалось передать все оттенки этого благородного цвета. Именно он был создателем канона испанского придворного портрета. Коэльо стал использовать простой серый фон вместо нарочитых пейзажей и помпезной архитектуры.

Портрет дамы с веером – это яркий пример творчества мастера. Темный фон без намека на отделку или какой-либо декор сразу выдает работы Коэльо, который отказался от изображения пейзажей или архитектурных элементов на заднем плане. Обычно фон его картин сероватый, но здесь использован особый художественный прием. Очень темный, почти черный «бархатный» фон словно поглощает свет, поэтому беленое лицо и наряд на ней кажется буквально светящимся, излучающим жемчужное сияние.

Основу красок в живописи составляют пигменты. Пигменты – это порошки минеральных соединений, имеющие определенную окраску; а также органические красители (соки животного или растительного происхождения, синтезированные), осажденные на твердые минеральные основы.

Для получения того самого серого цвета Коэльо мог использовать: свинцовые белила, известные под названиями кремницвейс, шифервейс, белила московские, шульцвейс, белила немецкие, Бьянка ди Венеция. Кроме перечисленных, в XVIII веке были известны еще и такие, как белила испанские, состоявшие из мела и свинцовых белил в равных пропорциях, и белила кашинские. Свинцовые белила до конца XVIII века – основная и незаменимая краска масляной живописи. Их химическая формула –  $2PbCO_3 \cdot Pb(OH)_2$ , что соответствует формуле основного двууглекислого свинца.

Среди черных пигментов использовались: слоновая кость жженная, черная земля, олонская земля, римская земля, кельнская земля, липа жженная. Часто вместо слоновой кости используют обезжиренные кости животных, высушенные, размолотые в порошок, тщательно промытые от растворимых солей и обожженные без доступа воздуха. Лучшим сырьем являются кости молодых животных. Липа жженная — одна из угольных черных красок, получаемых при сжигании древесных пород без достаточного притока воздуха.

Коэльо владел мастерством точного смешения пигментов. Чтобы получить глубокий серый цвет, как на портретах художника нужно обладать опытом и знаниями пропорций, в чем он определенно отлично разбирался.

Он стал основателем стиля, который выделил его среди других портретистов. Благодаря серому фону лица и одежда выносятся на первый план и становятся местом притяжения зрительского внимания.

Его портреты можно узнать среди многих других. Он стал мастером, чей стиль передавали из поколения в поколение.

Пока многие художники боролись за использование чистых натуральных цветов, Коэльо создавал более глубокие картины, ведь глубину можно достигнуть лишь при смешении цветов.

**И.А. Блинов<sup>1</sup>, Н. А. Белов<sup>2</sup>, О. Н. Вознюк<sup>1</sup>, Ю. П. Ямпольский<sup>2</sup>, Д. А. Мухортов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ФГУП "Российский Научный Центр "Прикладная химия"

<sup>2</sup>Институт нефтехимического синтеза им.А. В. Топчиева РАН

## **ПРЯМОЕ ФТОРИРОВАНИЕ АЦЕТИЛ- И ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ПЕРФТОРИРОВАННОЙ ЖИДКОЙ СРЕДЕ**

Использование аморфных фторсодержащих полимеров в качестве материалов функциональных материалов является весьма перспективным. Однако широкое использование этих материалов сталкивается с трудностями, вызванными рядом факторов, в числе которых сложность и дороговизна синтеза исходных мономеров и существующие сложности с полимеризацией фтормономеров. Одним из альтернативных подходов является получение полимеров путем прямого фторирования полимерных прекурсоров в стационарном тепловом режиме, который обеспечивается в газожидкостном реакторе, заполненном перфторированной органической жидкостью, инертной к F<sub>2</sub> (например, перфтордекалином) [1]. Ранее была показана возможность неdestructивного фторирования низкомолекулярных углеводородов в реакторе такой конструкции [2].

Прямое фторирование ацетил- и этилцеллюлозы проводили в барботажном реакторе в перфторированной жидкой среде (перфтордекалин). Показано, что увеличение содержания элементарного фтора во фторирующей смеси (F<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>) не оказывает существенного влияния на скорость фторирования. Причем скорость фторирования стабилизируется с увеличением времени выдержки, а степень фторирования исходного полимера примерно одинакова для всех фторированных образцов и составляет 2.3–4.9 мас.%. Это можно объяснить установлением равновесия между скоростью химического фторирования полимера и скоростью растворения фторированного полимера в перфторированной среде.

ИК-исследование фторированных образцов показало появление новых и расщепление начальных полос поглощения, и изменение поляризации C – O связи во фторированных образцах. Это может свидетельствовать о появлении новых связей C – F в боковых группах и гликопиранозильном кольце в структуре фторированных замещенных целлюлоз. Из-за низкой степени фторирования полимерных образцов можно предположить, что происходит только фторирование поверхностных слоев полимерных частиц.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-19-00258).*

### **Список литературы:**

1. Kambur P. S. et al. Interaction of perfluorinated fluids with fluorine in gas-liquid reactor // Russ. J. Appl. Chem. – 2019, Vol. 92. – P. 661–666.
2. Kambur P. S. et al. Gas-liquid fluorination of 1,1,1,2-tetrafluoroethane and methane with elemental fluorine in a perfluorinated liquid // Russ. J. Appl. Chem. – 2019, Vol. 92. – P. 958–963.

**Е.А. Агеева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ МОДИФИКАЦИИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Одним из основных направлений расширения и улучшения ассортимента материалов из химических волокон является модификация полимерных волокон с целью придания им новых заданных свойств. Модификацию волокон проводят на разных стадиях технологического процесса: во время синтеза волокнообразующего полимера, в процессе переработки полимера в волокно или нить; на стадии заключительной отделки сформованного волокна или перед использованием готового волокна.

Методы модификации волокон подразделяют на следующие виды:

- химическая модификация;
- композитная модификация;
- физическая (структурная) модификация;
- электрофизическая модификация.

Химическая модификация заключается в направленном изменении химического состава основного волокнообразующего полимера. В результате получается волокно с новыми свойствами, такими, как более высокой эластичностью, гидрофильностью и сорбционными свойствами.

Композитная модификация заключается в добавлении к основному полимеру компонентов с дополнительными свойствами на стадии подготовки полимера к формованию. Данные компоненты, не вступая во взаимодействие с основным полимером, располагаются между его макромолекулами, изменяя его свойства. Композитными методами волокну можно придать матовость, блеск, увеличить степень белизны, придать бактерицидные свойства, повысить устойчивость к термической и фотохимической деструкции.

Физическая (структурная) модификация происходит с изменением надмолекулярного и морфологического строения волокон. К физической модификации волокон относится текстурирование (профилирование). Бикомпонентные волокна являются физически модифицированными волокнами.

Электрофизическая модификация включает в себя: термическую, радиационную, электромагнитную обработки, акустическую обработку звуковыми и УФ колебаниями, плазменную модификацию, фотохимическую обработку (облучение).



**Е.В. Кудрявцева, А.А. Буринская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

## **ПОЛУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНЫХ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕТОКСИЧНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ**

В последние годы нанотехнологии привлекают ученых различных сфер деятельности. Получение стабильных наночастиц меди представляет большой интерес благодаря их уникальным электрическим, каталитическим, сенсорным и поверхностным свойствам. Кроме того, наночастицы меди обладают бактерицидными свойствами и могут быть использованы для придания антибактериальных свойств текстильным материалам.

Существуют различные способы получения наночастиц меди, но наиболее часто используемым является метод химического восстановления. Данный метод является простым, экономически выгодным, позволяет выбирать восстановители и стабилизаторы, получать наночастицы заданной формы и размеров.

Однако традиционный способ получения наночастиц меди предполагает использование токсичных восстановителей, таких как гидразин и борогидрид натрия, а также применение органических растворителей, что представляет опасность для окружающей среды.

В настоящей работе было исследовано получение стабильных наночастиц меди в водных растворах поливинилового спирта, желатина и др. с использованием нетоксичных восстановителей: аскорбиновая, глутаминовая и щавелевая кислоты, глюкоза, цитрат натрия.

В качестве прекурсора был использован сульфат меди концентрацией 0,001 М. Восстановление проводили при кипячении на водяной бане с постоянным перемешиванием до изменения цвета раствора. После введения восстановителя в реакционную колбу по каплям вводился раствор NaOH для подщелачивания.

В процессе восстановления цвет растворов менялся от бесцветного до желтого и затем до красно-коричневого медного. Были получены спектры поглощения коллоидных растворов с использованием фотометра КФК-3 ЗОМЗ, предназначенного для анализа жидких растворов.

При введении глюкозы цвет раствора изменился до темно-красный с черным осадком, что свидетельствует об образовании оксида меди (II).

Наилучшие результаты были получены при использовании в качестве восстановителя аскорбиновой кислоты. Цвет растворов стал красно-коричневым с медным блеском. Наибольшая экстинкция наблюдалась в диапазоне длин волн 570-580 нм, что свидетельствует о наличии в растворе наночастиц меди сферической формы. Образующиеся по такому механизму наночастицы не склонны к агрегации и имеют узкое распределение по размерам.

В течение 7 дней коллоидные растворы не меняли окраску, осадок не образовывался. При спектрофотометрировании была зафиксирована экстинкция в диапазоне длин волн 570-580 нм, что свидетельствует о стабильности образовавшихся частиц.

**Ю.Т. Ханова, А.Е. Третьякова, В.В. Сафонов**

Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

## **РЕСТАВРАЦИЯ ХОЛСТОВ В ПРОИЗВЕДЕНИЯХ ЖИВОПИСИ**

Живопись на ткани получила распространение много позже, чем на дереве. Но прежде чем занять самостоятельное место в качестве основы, ткань в течение нескольких столетий играла вспомогательную роль в живописи на досках. Как самостоятельную основу под живопись холст начинают регулярно использовать в XV веке в Италии.

До XIX века использовали льняной холст и реже – пеньковый. Лишь в отдельных случаях применяли шелк. В XIX веке в связи со снижением требований к ремесленно-технологической стороне живописи стали применять ткань из хлопка, джута, шерсти [1].

Сначала холст растягивали нитками на деревянной раме или прибивали с лица на временные или рабочие подрамники. Затем холст стали натягивать, прибывая его загнутые кромки деревянными или железными коваными гвоздями на постоянные подрамники. Во второй половине XIX века появляются гвозди, изготовленные машинным способом, в XX веке появились медные луженые и железные оцинкованные гвозди, меньше разрушающие холст.

После периода быстрого роста технологий реставрации в 1970-80-х годах в отношении укрепления холста было достигнуто относительно статичное положение. До середины 1970-х годов большинство консерваторов, как правило, полагались на одну форму дублирования для реставрации большинства картин, но в настоящее время существует большее разнообразие в выборе методов и материалов, и многие практикующие мастера используют два или более метода дублирования. Это позволило реставраторам адаптировать методы для удовлетворения конкретных потребностей отдельных картин [2]. Основным изменением в технологии реставрации станковой живописи было стал сдвиг в отношении к минимальному вмешательству. В 1970-х и в начале 1980-х изменения в практике были вызваны опасениями по поводу обратимости реставрационного вмешательства, появляется сфера профилактической консервации [3].

Для реставрации станковой живописи был осуществлен синтез и организован промышленный выпуск синтетических клеев, лаков, синтетических полиэфирных холстов, пленок, грунтов, и все это производится и продается в широком ассортименте. Для укрепления красочного слоя синтезированы синтетические клеи, представляющие собой водные полимерные дисперсии или растворы полимеров в малотоксичных растворителях. В качестве связующего реставрационных грунтов наряду с природными глютиновыми клеями часто используются растворы поливинилового спирта. В качестве защитно-декоративных покрытий применяются матовые и блестящие натуральные и синтетические лаки фирмы Maimery. В связи с этим, в настоящее время вместо дублирования, где это уместно, стали часто использоваться альтернативные методы укрепления холста: исправление покоробленности холста, заделка прорывов, местное укрепление и т.д.

### **Список литературы:**

1. Реставрация памятников истории и искусства в России в XIX–XX веках. История, проблемы. – М.: Академический Проект: Альма Матер, 2008

2. Ackroyd P. The structural conservation of canvas paintings: changes in attitude and practice since the early 1970s, *Studies in Conservation*. URL:10.1179/sic.2002.47.Supplement-1.3. – 2002.
3. Технология и исследование произведений станковой и настенной живописи. ГосНИИР - М., 2000

**Н.В. Дианкина, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ЦИКЛИЧЕСКИЕ (ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ) ЯВЛЕНИЯ И РЕАКЦИИ**

Циклические явления в природе известны человечеству с незапамятных времен: смена времен года, дня и ночи, приливные явления, сердцебиение, солнечная активность и т.д. Практически все природные циклические явления влияют на ход биохимических процессов в живых организмах и растениях. Свидетельством этого являются годовые кольца роста деревьев, грибов, физиологическая активность и мозговая деятельность человека.

Однако даже для некоторых природных явлений цикличность пока не может быть объяснена научно.

Так, например, не понятно почему цветение некоторых видов бамбука (крайне редкое — раз в 20, 30 или 100 лет) начинается одновременно, даже, если бамбук растет на разных континентах.

Не объяснена природа образования и «жизни» магических кругов в пустыне Намиб (Южная Африка). Многочисленные (тысячи) круги диаметром от 2 до 15 метров образованы травянистыми растениями, однако внутри кругов земля бесплодна. Более изучены физико-химические процессы образования структур агата или причины возникновения колец роста лишайников и ирисов.

В химии наиболее известной циклической реакцией является реакция Белоусова-Жаботинского, которая происходит в колебательном режиме [1].

Нами описаны [2] колебательные процессы адсорбции ионов металлов активированными углеродными волокнами из различных прекурсоров. Показано, что причинами явления могут быть: изменения во времени состава и структур сорбируемых ионов; изменения степени окисленности (химического состава) поверхности сорбентов; влияние псевдо равновесных концентраций сорбируемых ионов в фазе раствора и сорбента. Ранее нами была показана сорбция с прерыванием контакта фаз сорбент-раствор на ионитах [3]. При этом после возобновления сорбции скорость поглощения ионов резко возрастает. Этот феномен, по-видимому, является частным случаем процесса колебательной сорбции.

Выявленные закономерности позволяют сделать предположение о механизмах сорбции и закрепления ионов в сорбентах, что расширяет как практические, так и теоретические знания в области адсорбции и ионного обмена

### **Список литературы:**

1. Жаботинский А.М. Концентрационные автоколебания. — М.: Наука, 1974. — 178 с.

2. Lysenko A.A, Rusova N.V, Astashkina O.V. Adsorption of Heavy Metals by Activated Carbon Fibers // *Khimicheskie Volokna*. — 2015. — N4. — P. 97–100.
3. Асташкина О.В. Получение модифицированных химических волокон-аффинных сорбентов для вирусологии: дис. канд. техн. наук. — Ленинград, 1991. — 176 с.

**Е.Л. Владимирцева, Ф.А. Быков**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА**

Работа продолжает серию исследований, проводимых на кафедре ХТВМ ИГХТУ по созданию экологически безопасных технологий применения нерастворимых алюмосиликатов в технологиях отделки текстильных материалов [1].

Ранее природные минералы были успешно использованы для модификации свойств шерстяного волокна. Мельчайшие частицы алюмосиликатов иммобилизируются на шерстяных материалах из водной дисперсии. При этом характеристики шерсти улучшаются: повышается мягкость и устойчивость к внешним воздействиям (инсоляции, гнилостным бактериям), регулируется валкоспособность. Было установлено, что по отношению к шерстяному волокну высокими протекторными свойствами обладают природные глины, содержащие в виде примесей от 2 до 10 % оксида титана ( $TiO_2$ ), в первую очередь это Бентонит.

Чтобы усилить защитное действие предложили проводить обработку волокна дисперсией модифицированных минералов, т.е. искусственно обогащенных необходимыми элементами. В качестве объекта исследования использовали  $TiO_2$ -пилларный монтмориллонит, полученный интеркаляционными методами с использованием как гидротермальной активации интеркаляции, так и сочетания гидротермального воздействия и механической активации исходной слоистой матрицы. Для сравнения образцы шерсти также были обработаны природным минералом – Бентонитом.

Полученные результаты показали, что шерстяное волокно, обработанное модифицированными алюмосиликатами, менее подвержено повреждениям от воздействия УФ-излучения и микроорганизмов. Вероятно, это связано с тем, что у пилларных алюмосиликатов в межслоевом пространстве, сформированы частицы-пилларов  $TiO_2$ , представляющих собой смесь анатаза и рутила, с более высокой степенью кристалличности. Благодаря чему микрочастицы порошка пилларной глины лучше фиксируются на волокне. Проведенная оценка гранулометрического состава нативных и пилларных минералов, показала, что любая из дисперсий содержит частицы, сопоставимые по размеру с микропорами шерстяного волокна (250-600 нм).

В работе выполнен сравнительный анализ эффективности сорбции шерстяным волокном микрочастиц исходного и  $TiO_2$ -пилларного монтмориллонита. Установлена взаимосвязь между характером заполнения микро- и макродефектов структуры волокнистого материала наночастицами  $TiO_2$ -пилларных материалов и уровнем модификации свойств текстильной матрицы. Выбраны оптимальные условия получения композитов на основе кератин содержащих волокон и  $TiO_2$ -пилларного монтмориллонита.

### Список литературы:

1. Владимирцева Е.Л. Перспективы применения алюмосиликатов в текстильно-отделочном производстве [монография] / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина; ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2016. – 142 с.

**З.А. Асхабова, Е.Л. Владимирцева, С.В. Смирнова, А.А. Миронова, А.Э. Джумаева**

Ивановский государственный химико-технологический университет

### ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ПРИ КРАШЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДА

При колорировании текстильных материалов из полиамидных волокон возникает ряд проблем, часть которых связана с техническими характеристиками синтетических волокон: высокой гидрофобностью и степенью кристалличности, низкими сорбционными свойствами. Другая часть вызвана отливом качества сырья, поступающего на текстильные предприятия по выпуску трикотажных изделий из разных источников. Неравноценность сырья, возможное наличие на поверхности волокон масляных загрязнений снижает качество крашения изделий и мешает получению на них интенсивных и ровных окрасок.

В работе на примере подготовленных к крашению чулочно-носочных полуфабрикатов из сырья произведенного в Китае (образец 1) и российского производства (г.Курск) (образец 2) решается проблема унификации технологического процесса для получения равномерных интенсивных окрасок, совпадающих по колористическим характеристикам друг с другом и с заданным эталоном. При крашении использовали кислотные красители марки Tectilon образующие триады при совместном применении. В условиях реального производства добиться повышения качества окрасок изменяя условия процесса - время и температуру – технологически сложно и экономически нерентабельно. Поставленная задача решается с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ), как зарубежного, так и российского производства.

Критериями оценки качества окрасок являлись:

- интенсивность: рассчитывалась по коэффициенту отражения, определяемому на приборе спектрофотометр YS 3010 при соответствующих длинах волн;
- ровнота: определялась по коэффициенту вариации, а также визуально;
- цветовые характеристики в системе CIE $L^*a^*b^*$  (координаты цвета а и b, светлоту (L), насыщенность (C) и цветовой тон (H)).

В качестве эталонов использовались образцы, окрашенные без применения ПАВ

Предварительные эксперименты показали, что окрашенные одним и тем же красителем и в одинаковых условиях образцы 1 и 2, заметно отличаются по интенсивности. При введении в красильную ванну ПАВ на основе оксиэтилированных производных алкилфенолов разница усугубляется. Применение комплексных препаратов также не дало ожидаемых результатов. Исключение составляет состав, который в качестве ПАВ содержит многокомпонентный препарат, смачиватель ЭМ-3П, включающий в себя как неионогенные смачивающие вещества, так и эффективные добавки. Препарат является полифункциональным и может играть роль как смачивателя, так и диспергатора. При его введении в красильный раствор образцы окрашиваются практически одинаково, ровнота окраски не ухудшается.

Таким образом, доказано, что при правильном выборе ПАВ в красильной ванне с кислотными красителями на сырье любого качества могут быть получены равномерные окраски с хорошей интенсивностью.

**Е.П. Сидоренкова, Е.Л. Владимирцева, Р.Н. Демидов**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА ФЛАМЕНТОЛ ДЛЯ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Безопасность является одним из главных требований, предъявляемых сегодня к любой продукции, в том числе и к текстильным изделиям. Текстильные материалы используются во всех отраслях промышленности и в быту, являются неотъемлемой частью интерьера объектов жилищного, производственного и социально-культурного назначения. Одним из наиболее важных требований к текстильному материалу является его огнебезопасность, в случае пожара материал не должен воспламеняться, плавиться, способствовать распространению пламени или выделять большое количество дыма и газов.

В работе исследовали эффективность применения новых препаратов фирмы ООО «ХимТехника» (г. Иваново) с торговым названием Фламентол для придания текстильным материалам свойств огнестойкости. В основе испытуемых композиций лежат водорастворимые соединения азота и фосфора. В качестве объектов использовались текстильные материалы, отличающиеся волокнистым составом, поверхностной плотностью и функциональным назначением: льняные, хлопчатобумажные, хлопко-полиамидные и из полиамидного волокна.

Огнестойкость материала определяли методом вертикального горения. Время выдержки в пламени составляло 20 с., высота пламени 20 мм. При этом контролировались такие параметры, как высота обугливания (без учета высоты пламени) и время остаточного горения после удаления огня. Также оценивалась стойкость материалов к прожигу.

Проведенные эксперименты показали, что чтобы достичь требуемого результата огнестойкости - высота обугливания (без учета высоты пламени) не более 1 см, и время остаточного горения 0 с - необходима обработка материалов раствором с содержанием антипирена не менее 200 г/л. При этом обеспечивается обязательный уровень огнезащиты для целлюлозных материалов. Однако, для тканей, содержащих полиамидное волокно, даже такая концентрация недостаточна: при внесении в огонь образцы плавятся, стойкость к прожиганию крайне низка. Поэтому была предложена синергическая добавка, введение которой позволила заметно повысить уровень огнестойкой отделки. После обработки препаратом Фламентол с этой добавкой, образцы из полиамида перестают плавиться, высота обугливания составляет 0,5-0,7 см, время прожига увеличивается в среднем на 7 с.

Результатом исследований стала разработка на основе препарата с Фламентол «линейки» составов для огнезащитной отделки текстильных материалов различного волокнистого состава, обеспечивающей требуемые качественные показатели выпускаемой продукции.

**С.В. Смирнова, Е.Л. Владимирцева, А.А. Миронова, А.Э. Джумаева**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОТДЕЛКИ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЕЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ПОЛЯМИ**

В настоящее время все большее внимание уделяется способам интенсификации технологических процессов, которые базируются на применении нетрадиционных видов энергоносителей, и, в частности, электромагнитных волн. Радиоволны высокочастотного (ВЧ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона применяют для диэлектрического нагрева в разнообразных операциях тепло-влажностной обработки текстильных материалов.

Цель работы заключалась в комплексной оценке эффективности использования различных методов нагрева текстильных материалов на стадии заключительной отделки камвольных тканей.

В работе изучалось влияние конвективного метода нагрева, токов высокой частоты и сверхвысокого излучения на комплекс потребительских свойств и качество окрасок камвольных тканей после аппретирования текстильного материала антистатическими и смягчающими препаратами различной природы. Определены оптимальные условия обработки текстильного материала в поле ВЧ и СВЧ. Показана высокая эффективность применения на стадии сушки камвольных тканей воздействия ВЧ-поля. Данный метод позволяет сократить длительность технологического процесса в 10 раз, уменьшить затраты тепловой энергии. Использование диэлектрического нагрева позволяет повысить антистатические свойства камвольной ткани (величина поверхностного электрического сопротивления ткани составляет  $10^9$  и  $10^{10}$  Ом, что на 1-2 порядка ниже, чем после сушки конвективным способом). Кроме того, ткань приобретает целый комплекс положительных свойств: уменьшается сминаемость ткани (раскрытие складки повышается на 15-20 град.), ткань приобретает наполненность, мягкий гриф (показатель жесткости уменьшается на 5-10 град). Кроме того, после обработки в ВЧ и СВЧ-полях повышается устойчивость антистатического эффекта к действию бытовых стирок и химических чисток (эффект устойчив к 2 бытовым стиркам и к 5-6 химчисткам). Оценка прочностных и колористических показателей камвольной ткани после заключительной отделки показала, что диэлектрический нагрев не оказывает деструктирующего действия на ткань и не изменяет качества окраски.

**С.В. Смирнова, Е.Л. Владимирцева, А.А. Миронова, А.Э. Джумаева**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ВЫТРАВНАЯ ПЕЧАТЬ ПО ШЕРСТЯНЫМ МАТЕРИАЛАМ**

Нетрадиционное художественное оформление шерстяных тканей – узорчатое расцвечивание методом вытравной печати является одним из путей повышения покупательского спроса и реализации шерстяных тканей. Печатание по шерстяным материалам применяется для ограниченного ассортимента, в основном для платков, панно и других штучных изделий. Однако, в последние десятилетия, учитывая разработку принципиально новых составов колорирования шерстяных материалов, печать стали применять при оформлении тканей пальтового, платьевого и костюмного ассортимента.

В основе вытравных способов узорчатой расцветки лежит химическая реакция разрушения ранее нанесенного на ткань красителя. Основным ограничением при этом является недопустимость деструктирующего действия на ткань в местах нанесения печатного рисунка. Вытравные составы по химическому воздействию могут быть восстановительными или окислительными. В настоящее время доминирующее положение в вытравной печати по тканям занимают восстановительная ронгалитная белая и цветная вытравки. Вместе с тем, поиск более совершенных способов и составов данного вида печати продолжается. Ввиду высокой чувствительности белковых волокон к восстановителям, подготовку ткани под печать необходимо провести с минимальной степенью разрушения волокна.

Целью настоящей работы явилась разработка составов для вытравной печати шерстьсодержащих материалов. В состав печатных красок кроме восстановителя вводят продукты для повышения степени белизны рисунка, гигроскопические или гидротропные вещества, загустители, продукты, улучшающие физико-химические свойства печатной краски (диспергаторы, смачиватели, пеногасители).

Проведенные исследования позволили определить из целого ряда препаратов наиболее эффективный восстанавливающий реагент, который за счет химического разрушения хромофорных групп красителя, поглощенного волокном в процессе его окрашивания, образует устойчивый узорчатый отпечаток (чаще всего обесцвеченный) при печатании гладкокрашенной ткани. Было выявлено, что этот реагент полностью обесцвечивает растворы металлсодержащих, хромовых и дисперсных красителей. В работе также оценивали влияние природы загустителя на качество окраски камвольных и суконных тканей. Оптимизированы основные параметры процесса печатания и фиксации печатного состава на тканях.

Результаты проведенных исследований показали, что вытравляющий состав не оказывает существенного отрицательного влияния на физико-механические показатели камвольной ткани и драпов. Разрывная нагрузка, разрывное удлинение, жесткость, сминаемость, усадка после замочки тканей с нанесением вытравного состава практически не изменяются в сравнении с исходной тканью и удовлетворяют требованиям стандарта для данных артикулов. Кроме того, колорирование тканей методом вытравной печати, кроме обогащения ассортимента дает возможность исправить такие пороки ткани, как неравномерность окрашивания и мушка.



**Б.Р. Таусарова**

Алматинский технологический университет. Республика Казахстан, Алматы

## **БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ УПАКОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА И НАНОЧАСТИЦ МЕДИ**

Упаковочные материалы играют важную роль в обеспечении безопасности и сохранности пищевых продуктов, в основном из-за повышенных требований с точки зрения безопасности продукта, продления срока годности, эффективности затрат, экологических проблем и удобства для потребителей. Традиционные полимеры из углеводов (полипропилен, полистирол, полиэтилен и др.) которые повсеместно используются для изготовления упаковок разного типа после утилизации так и остаются на многие века в неизменном виде. Они не разлагаются и не усваиваются природой выделяя при этом вредные соединения в окружающую среду: почву и воду, также оставаясь целыми и нерушимыми способны наносить множество механических повреждений животным, загрязнять водоемы и сушу. При хранении в упаковках из традиционных полимеров пищевой продукции и воды – при повышении температуры внешней среды они начинают выделять вредные соединения непосредственно в пищу попадая тем самым в организм. В последние годы биоразлагаемые полимерные композиты стали предметом обширных научных исследований. Этот растущий интерес обусловлен широким спектром их практического применения в медицине, биотехнологии и упаковочной промышленности [1-3]. Полилактид является 100% биоразлагаемым полимером полученным на основе молочной кислоты, нетоксичным для организма человека и животных. Одним из инновационных способов влияния на безопасность продуктов питания является ввод в упаковочный материал добавок, обладающих антимикробной и антиоксидантной активностью. Антибактериальный упаковочный материал может помочь сохранить качество продукта и предотвратить микробную адгезию.

Целью работы является получение упаковочных материалов с антимикробными свойствами на основе полилактида и наночастиц меди.

Синтез наночастиц меди проводился путем восстановления водного раствора сульфата меди. В качестве восстановителя использовали аскорбиновую кислоту, стабилизатора поливиниловый спирт. Исследования, показали, что образующиеся наночастицы стабильны, не осаждаются, не меняют окраску в течение нескольких недель, имеют различную форму, диаметром 20-65 нм. Образцы полилактидных пленок подвергались обработке растворами различных концентраций наночастиц меди. Исследования, проведенные методом электронной сканирующей микроскопии, подтвердили наличие наноразмерных частиц на поверхности полилактидной пленки. Антимикробное действие оценивали по степени угнетения роста бактерий через разное время инкубации по сравнению с контрольными образцами. Разработанная антимикробная композиция на основе наночастиц меди для упаковочных материалов из полилактида предотвращает порчу пищевых продуктов, подавляя развитие микроорганизмов, что в конечном итоге позволяет увеличить срок хранения пищевых продуктов.

### Список литературы:

1. Mangaraj S. Yadav A., Bal L.M. et al. Application of Biodegradable Polymers in Food Packaging Industry: A Comprehensive Review. J. Package Technol. (2019). V. 3. P.77-96.
2. Taussarova B. R., Suleimenova M. Sh., Baimakhanov G. A. Development and Research of Packaging Paper Modified by Titanium Dioxide Nanoparticles. Nanotechnologies in Russia. 2019. Vol. 14, Nos. 11–12, p. 565–571.
3. He C., Chen Q., Yarmolenko M.A. et al. Structure and antibacterial activity of PLA-based biodegradable nanocomposite coatings by electron beam deposition from active gas phase. Prog. Org. Coat. 2018. V.123.P. 282-291.

### Б.Р. Таусарова, С.М. Рахимова

Алматинский технологический университет. Республика Казахстан, Алматы

### ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Текстильные материалы основе хлопка и полиэстера имеют широкую область применения: в быту, технике, общественных зданиях, на транспорте, используются в качестве штор, драпировок, занавесей, материалов при изготовлении мягкой мебели, спальных принадлежностей, специальной защитной одежды и изделий, декоративной отделки различных по функциональному назначению помещений. Однако они являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняется, способствует распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов и представляют большую угрозу для жизни человека. Пожары с высоким уровнем выбросов дыма и токсичных газов являются источником серьезного вреда для людей и окружающей среды. Токсичные выбросы в атмосферу, вызванные крупномасштабными пожарами, требуют эвакуации людей и приводят к серьезным экологическим последствиям. Поэтому снижение риска пожара на дому может быть лучшим направлением для сокращения числа случаев пожара и смерти от огня в будущем. В настоящее время в области текстильных материалов с огнезащитными свойствами достигнуты определенные успехи. В различных странах широко проводятся исследования, направленные на повышение огнезащитных свойств как природных, так и синтетических волокон [1-3].

Целью настоящего исследования является получение текстильных материалов основе хлопка и полиэстера (хлопок 60% полиэстер 40%), с огнезащитными свойствами с применением золь - гель технологии на основе жидкого стекла, мочевины и гидрофосфата калия.

Образцы тканей размером 200 × 170 мм после определения точной массы на аналитических весах пропитывали в ванне с силикатом натрия в течение 1 мин., отжим составил 90 %, далее следовала подсушка 75 – 850С в течении 8 - 10 мин, затем обработанная ткань подвергалась термообработке при 80, 90, 100 0С в течении 1 мин., с последующей промывкой в большом количестве дистиллированной воды и затем сушка. На второй стадии после обработки силикатом натрия, образцы пропитывали водным раствором гидрофосфата натрия и мочевины в течении 1 мин, после отжима 90%, высушивание при 75 0С в течении 3 мин. в термошкафу, с последующей промывкой в дистиллированной воде и высушивался при комнатной температуре.

Обработанные огнезащитным составом образцы по сравнению с исходной тканью обладают показателями огнезащитных свойств. Необработанная ткань состава (хлопок 60% полиэстер 40%) размером 220x170 мм при испытании на воспламеняемость при времени зажигания 15с. полностью сгорает за 60 секунд. У образцов, обработанных огнезащитным составом, при времени зажигания 15с время тления уменьшилось от 60 до 9 сек в зависимости от состава композиции и параметров обработки, для некоторых образцов практически сводится к нулю. Обработка может быть осуществлена на стандартном оборудовании отделочных предприятий без стадии высокотемпературной фиксации препарата.

#### **Список литературы:**

1. Liu X., Zhang Q., Cheng B. et al/ Durable flame retardant cellulosic fibers modified with novel, facile and efficient phytic acid-based finishing agent// Cellulose, 2018, 25. P. 799–811.
2. Taussarova B. R., Abilkasova S. O. Flame-retardant modification of cellulose materials by n- and p-containing composites.// Fibre Chemistry, 2017, V. 49, No. 4. P.242-245.
3. Alongi J., Carosio F., Kiekens P. Recent Advances in the Design of Water Based-Flame Retardant Coatings for Polyester and Polyester-Cotton Blends. //Polymers. 2016. 8.P. 357-380.

**Р.М. Горшкова<sup>1,2</sup>, Д.А. Слободова<sup>1,2,3</sup>, Н.П. Новосёлов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный университет «Дубна», г. Дубна

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>3</sup>ООО "Мезон", г. Дубна

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ, А ТАКЖЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ И МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

В настоящее время актуально создание эффективных и безопасных лекарственных средств и изделий медицинского назначения, произведенных по экологически чистым технологиям из био- и гемосовместимых компонентов. Перспективными материалами, удовлетворяющими современным требованиям, являются биополимеры, которые привлекают внимание благодаря собственной биологической активности, биосовместимости, механических и эластичных свойств, близких к свойствам живых тканей, и целого ряда других уникальных характеристик.

Нами создан инновационный подход к разработке технологий получения и модификации биополимеров, а также лекарственных средств и медицинских изделий на их основе. Сырьем для получения биополимеров служат вторичные ресурсы агропромышленного комплекса, которые являются основными источниками биополимеров: пектиновых полисахаридов, белковых веществ, хитина и целлюлозы, широко применяемых в различных отраслях промышленности. Разработанные технологии позволяют получать биополимеры с заданными физико-химическими параметрами, определяющими свойства создаваемых на их основе целевых продуктов.

Накопленный научный и практический опыт создания новых лекарственных средств и форм со специфическими характеристиками, такими как термо- и криостабильность, модифицированное высвобождение и возможность направленной

доставки, показал, что добиться оптимального эффекта возможно при использовании биополимерных матриц, способных реагировать на незначительные изменения pH, температуры, ионной силы, присутствие определенных веществ, освещенности, воздействие электрического поля и др., с инкапсулированным действующим веществом. Установлено, что матрицы на основе биополимеров хорошо воспринимаются организмом, не накапливаются в нем, биodeградируют без каких-либо побочных продуктов метаболизма и являются дополнительными энергетическими компонентами.

На основе биополимеров и их производных получены эффективные энтеросорбенты тяжелых металлов и радионуклидов, гепато- и геропротекторы, системы направленной доставки лекарственных веществ модифицированного высвобождения, композиционные перевязочные средства в форме гелей, пленок, губок, коллоидных растворов и др.

Использование биополимеров в качестве модификаторов позволили создать экологически чистую, биоразлагаемые и безопасные материалы для пищевой промышленности и медицины. Доказана эффективность применения производных некрахмальных полисахаридов в медицинских изделиях для гемокоррекции.

Внедрение в промышленность разработанных технологий получения высококачественных пектиновых полисахаридов, производных хитина и целлюлозы, сывороточных лактоглобулинов, зеинов и др. необходимо, с одной стороны, для получения продуктов функционального назначения, создания новых лекарственных препаратов, специфических систем для безопасного перорального, трансдермального и инъекционного транспорта лекарственных препаратов, а с другой – рационального использования промышленных сельскохозяйственных отходов.

**Д.А. Слободова<sup>1,2,3</sup>, Р.М. Горшкова<sup>1,2</sup>, Н.П. Новосёлов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Государственный университет «Дубна», г. Дубна

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>3</sup>ООО "Мезон", г. Дубна

## **УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ПЕКТИНОВЫМИ ПОЛИСАХАРИДАМИ, ДЛЯ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ ГЕМОКОРРЕКЦИИ**

Применение сорбентов в медицине направлено на нейтрализацию негативного воздействия эндо- и экзотоксинов на организм человека. Для достижения эффективности терапии необходимо провести санацию внутренней среды, снизить токсическую нагрузку на органы иммунной системы, вывести из организма токсины. Наиболее эффективными методами являются гемо- и плазмасорбция. Это приобрело особую актуальность при терапии тяжелых форм коронавирусной инфекции SARS-CoV-2, сопровождающихся высокой вероятностью развития не только острого респираторного дистресс-синдрома на фоне двусторонней пневмонии, но и острого повреждения почек, а также поражения желудочно-кишечного тракта, развития сепсиса и септического шока при высокой активности эндотоксина. При дисфункции органов, когда фармакологическое лечение малоэффективно, методы экстракорпоральной терапии являются единственным выходом, позволяющим быстро нормализовать

уровень цитокинов и других факторов патогенеза, снижая тяжесть органических нарушений и восстанавливая иммунную систему организма человека.

Для экстракорпоральной гемокоррекции в комплексной терапии экзогенных отравлений, хирургических, терапевтических, инфекционных заболеваниях, целесообразно применение углеродных волокон, выполняющих роль сорбента.

Углеродные волокна относятся к неселективным материалам, способным сорбировать широкий спектр веществ. Они перспективны в качестве материалов для создания биоспецифических сорбентов. Избирательная сорбционная активность углеродных волокон достигается путем их модифицирования биологически активными веществами, содержащими функциональные группы. Одними из наиболее перспективных веществ – модификаторов являются пектиновые полисахариды.

Углеродное волокно было модифицировано растворами пектиновых полисахаридов различного происхождения. Образцы пектинов различались по содержанию галактуроновой кислоты, степени этерификации и молекулярной массе. Выявлена зависимость между физико-химическими параметрами пектиновых полисахаридов, концентрацией раствора и сорбционной способностью модифицированного углеродного волокна по отношению к билирубину и токсинам средних молекулярных масс.

На основе полученных данных были определены оптимальные физико-химические параметры веществ-модификаторов и условия получения модифицированного углеродного волокна, что явилось основой разработки способа получения гемосорбента.

Продемонстрировано, что сорбционная емкость по отношению к билирубину и токсинам средних молекулярных масс модифицированных образцов значительно превосходит аналогичный показатель образцов до модификации.

Таким образом модифицированные пектиновыми полисахаридами углеродные волокна биоспецифического действия позволят расширить спектр гемосорбционных материалов, способных поддерживать сердечно-сосудистую и гепатобилиарную системы организма пациентов, в том числе с COVID-19.

**В.Н. Селезнёв, Р.Э. Стребков, Л.Г. Махотина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Высшая школа технологии и энергетики

## **ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Применение композиционных материалов на основе целлюлозы пользуется популярностью в мире. Одним из примеров такого применения является запатентованная технология FTA-карт (Fitzco/Flinders Technology Agreement), разработанная Flinders Technologies Pty. Ltd. FTA-карты – это химически обработанная фильтровальная бумага, разработанная для сбора и хранения биологических образцов, для последующего анализа ДНК [1].

В рамках данного исследования были проведены работы по изучению свойств FTA-карт и по разработке композиционного материала для хранения биологических материалов с применением целлюлозы производства Российских компаний.

Объектами исследования стали: образцы FTA–карт, производимые компанией Whatman (GE), образцы хвойной и лиственной сульфатной беленой целлюлозы (СФА) производства АО «Монди СЛПК» и бумажные отливки, изготовленные с использованием листоотливного аппарата RAPID–KETEN.

У объектов исследования были изучены морфология волокна с применением анализатора MorfiCompact, микроскопия волокна, а на лабораторных отливках – показатели воздухопроницаемость и шероховатость по методу Бендтсена.

При изучении FTA–карт под микроскопом с использованием реактива Херцберга было выявлено, что FTA–карты состоят из волокон хлопка.

Морфологические исследования показали, что волокно FTA–карт имеет длину – 1143 мкм, ширину – 22 мкм, индекс фибрилляции – 0,4. В свою очередь волокна СФА беленой хвойной и лиственной целлюлозы имеют: длину волокна – 1696 мкм и 901 мкм соответственно, ширину волокна – 29 мкм и 21 мкм соответственно, индекс фибрилляции – 0,3 и 0,4 соответственно. Исследования показали, что наиболее близкими по морфологии являются волокна сульфатной лиственной целлюлозы.

Определение шероховатости и воздухопроницаемости показало, что образец FTA–карт обладает высоким показателем шероховатости и воздухопроницаемости (более 5000 мл/мин) по сравнению с лабораторными отливками, содержащими СФА при разных соотношениях. Наиболее близкие значения наблюдаются при соотношении 50:50 волокон хлопка и лиственной целлюлозы.

По итогам работы можно сделать вывод, что при получении целлюлозного композиционного материала для хранения биологических материалов, наиболее перспективным является использование сульфатной лиственной беленой целлюлозы в сочетании с волокнами хлопка.

#### **Список литературы:**

1. Patent №.: US 5,807,527, Sep. 15, 1998. SOLID MEDIUM AND METHOD FOR DNA STORAGE/Leigh Alexander Burgoyne, Seaford, Australia.

**А.М. Михаилиди<sup>1</sup>, Н.Е. Котельникова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН, г. Санкт-Петербург

#### **НОВЫЕ ГИДРОГЕЛИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ПРИ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ БУМАЖНОЙ МАКУЛАТУРЫ**

К инновационным направлениям развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах в настоящее время относится новое направление, связанное с переработкой отходов. Именно это направление создает основу устойчивого развития человеческого общества. К числу отходов, требующих переработки, относятся использованные бумага и картон. Потребление бумаги и картона растет год от года, и вместе с ним растет количество отходов – бумажной макулатуры (БМ). Переработка бумажной макулатуры приобретает в последние десятилетия особое значение также по причине того, что БМ является источником волокон целлюлозы, которые могут быть использованы для получения целлюлозных

продуктов. Применение бумажной макулатуры значительно сокращает использование древесных и других растительных волокон для указанных целей и таким образом способствует как решению экологических задач, так и эффективности получения целлюлозных продуктов и экономии производственных затрат.

Переработка БМ является многостадийным процессом и обычно состоит из многих стадий, включающих предварительные – очистку, разволокнение, удаление типографской краски, отбеливание, и основную – непосредственно переработку, также состоящую из стадий, аналогичных тем, которые применяют при получении бумаги из натуральных волокон.

Целью данного исследования является разработка эффективного метода растворения БМ различных видов в системе N,N-диметилацетамид-хлорид лития (ДМАА/LiCl) и исследование возможности последующей регенерации целлюлозы из растворов с получением целлюлозных гидрогелей. В качестве исходных материалов использовали марки макулатуры низкого качества – газетную бумагу (ГБ) и различные виды картона (К). Наиболее трудной задачей эксперимента было избежать многочисленных стадий очистки БМ, предшествующей переработке и, в том числе, растворению. Особенности растворения БМ в ДМАА/LiCl потребовали модернизации известных методов растворения в этой растворяющей системе, в результате чего был впервые разработан экономичный, эффективный и экологичный метод получения гидрогелей из БМ. К числу преимуществ разработанного метода относится тот факт, что были впервые получены стабильные супернабухшие гидрогели из БМ, которые обладали высокой водоудерживающей способностью (до 3700 мас. %) и пористой структурой (пористость до 98,9 %). Исследование с помощью широкоугольного рентгеновского рассеяния показало, что кристаллографическая структура исходных образцов макулатуры соответствовала целлюлозной модификации I. Надмолекулярная структура лиофильно высушенных гидрогелей – частично-упорядоченной кристаллографической ячейке целлюлозы II. Исследование функционального состава регенерированных из растворов образцов с помощью ИК-Фурье спектроскопии показало, что они имеют высокую степень химической «чистоты». Сорбционная способность лиофильно высушенных гидрогелей по отношению к красителю была высокой, что свидетельствует о перспективности их практического использования.

## **В.В. Шалыгина**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **ПОЛИМЕРЫ АЛЬДЕГИДОВ В ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Сложный состав растительных и биологических материалов и малые количества биологически активных веществ, которые необходимо выделять и очищать с целью получения лекарственных препаратов требуют расширения ассортимента материалов для разделительных технологий. Разработка экономически доступных и эффективных методов синтеза таких полимерных материалов на основе крупнотоннажных промышленных реагентов представляет актуальную задачу современной химии.

К числу таких реагентов можно отнести низшие и высшие промышленные моно- и диальдегиды. Объем выпуска многих альдегидов составляет сотни тысяч тонн ежегодно, они широко применяются как для технических, так и для медицинских целей.

Особый интерес представляют полимеры, содержащие альдегидные группы в боковой цепи и способные к дальнейшей химической модификации.

Имеются исследования по изучению альдольной конденсации глутарового альдегида в водных и органических средах под действием щелочи. Синтезированные таким способом высокорекреационные полимеры были успешно использованы для целого ряда практических применений. Сшитые, нерастворимые формы (микросферы) показали высокую эффективность при их использовании в качестве носителей наночастиц металлов и антител, растворимые формы оказались эффективны в составе гелей для электрофоретического разделения смесей белков и пептидов [1 - 3].

В настоящей работе стояла задача изучить возможность использования в качестве матрицы – носителя для создания новых высокоселективных сорбционных материалов линейно-циклических простых полиэфиров глутарового альдегида.

Для исследования использовали полимеры переменного состава, содержащие 20, 50 и 80 мол.% линейного звена. Модификацию проводили путем аминирования сополимеров различными низко- и высокомолекулярными реагентами, потенциально пригодными для использования в качестве специфичных лигандов для сорбции биологически активных белков и пептидов – гормонов, антибиотиков, ферментов. После модификации непрореагировавшие альдегидные группы сополимеров инактивировали восстановлением тетрагидроборатом натрия. Установлено, что в результате модификации, не происходит существенного разрушения полимерной матрицы. Полученные полимерные сорбенты нерастворимы, обладают механической прочностью, химически инертны и стабильны в воде, солевых растворах и большинстве органических растворителей. Хорошо отделяются от сред с различной плотностью и вязкостью путем отстаивания и центрифугирования.

#### **Список литературы:**

1. Margel S., Rembaum A. / Synthesis and Characterization of Poly(glutaraldehyde). A potencial reagent for protein immobilization and cell separation. // *Macromolecules*. 1980; 13(1):19-24.
2. Rembaum A., Tokes J.A. / *Revival: Microspheres: Medical and Biological Applications* (1988). CRC Press. 2019. 242p.
3. Kim D.H., Miles D.R., Knotts J.W., Garcia A.A. / Investigation of Thiourea activated Polyglutaraldehyde with bound Ag(I) or Pt(II) as a alternative to avidin for immobilizing biotin conjugates // *J. Artificial Cells, Blood Substitutes, and Biotechnology*. 1995; 23(5):555-563.



**А.М. Михаилиди<sup>1</sup>, Н.Е. Котельникова<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург

### **3-D ГИДРОГЕЛИ РЕГЕНЕРИРОВАННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ МАТРИЦЫ НАНОКОМПОЗИТОВ**

Гидрогели (ГГ) регенерированной целлюлозы являются 3-D системами, обладающими уникальными свойствами, такими как высокая водоудерживающая способность, малая плотность, высокие механические свойства, большая удельная поверхность и высокая пористость [1]. Высоко реакционноспособные ОН-группы целлюлозы, образующей гидрогели, совместимость целлюлозы с биологическими объектами и вышеназванные свойства делают ГГ целлюлозы идеальной основой для создания гибридных продуктов и нанокomпозитов, в том числе биоматериалов. В данном кратком обзоре представлены работы последних лет, проведенные в Институте высокомолекулярных соединений РАН по физико-химической модификации ГГ целлюлозы для получения композиционных материалов, в которых гидрогели выступали в качестве матрицы, что в принципе позволяет создавать новые функциональные композиты на основе целлюлозных гидрогелей. К числу таких нанокomпозитов относятся следующие модифицированные гидрогели:

– содержащие неорганические наночастицы (НЧ), таких металлов, как серебро, золото и никель. Гибридные металлосодержащие нанокomпозиты обладают рядом ценных свойств металлов, например, полимеры, содержащие благородные металлы – серебро, платина – проявляют бактерицидные и противоопухолевые свойства, а полимеры, в том числе целлюлоза, с включением палладия обладают каталитическими свойствами. Неорганические компоненты гидрогелей, такие как магнитные наночастицы или полупроводники – оксиды кремния, алюминия, титана или цинка также расширяют область применения гибридных композитов, что в настоящее время наиболее востребовано в медицине и биотехнологии;

– содержащие другие олигосахариды или полисахариды, в частности,  $\beta$ -циклодекстрин. Природный олигосахарид  $\beta$ -циклодекстрин ( $\beta$ -ЦД) ввиду особенностей структуры представляет собой готовую матрицу для внедрения органических или неорганических молекул. Создание композиционных гидрогелей на основе ГГ целлюлозы и  $\beta$ -ЦД открывают новые возможности получения композиционных матриц, обладающих необычными перспективными свойствами;

– содержащие сложные неорганические или органические координационные соединения с лигандами переходных металлов (Zn, Co) и 1,10-фенантроцианина. Содержащие цинк композиционные материалы привлекли внимание в последние годы ввиду того, что они приобретают особые электрические, фотокаталитические, оптические и антибактериальные свойства.

Анализ проделанных исследований позволяет сделать выводы о высокой привлекательности целлюлозных гидрогелей, используемых в качестве матрицы для нанокomпозиционных материалов с перспективой их использования в медицине и биотехнологии.

#### **Список литературы:**

1. Котельникова Н. Е., Михаилиди А. М., Мартакова Ю. В. Получение целлюлозных гидрогелей при самоорганизации из растворов в ДМАА/LiCl и их свойства // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2017. Т. 59. № 1. С. 76–87.

**А.Г. Макаров**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **МЕТОДОЛОГИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методология математического моделирования функциональных деформационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов основана, прежде всего, на анализе физико-механического поведения указанных материалов в деформационно-восстановительных режимах нагружения этих материалов [1].

Для полноценного исследования и прогнозирования функциональных деформационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов с целью улучшения качества соответствующих изделий, предлагается проведение исследований основополагающих деформационно-эксплуатационных процессов - релаксации и ползучести, характеризующих основные физико-механические свойства рассматриваемых материалов [2].

Такое исследование целесообразно осуществить на основе математического моделирования с последующим компьютерным прогнозированием релаксации и ползучести.

Процессы релаксации и ползучести, хотя и имеют различную физическую природу, по сути, являются взаимобратными процессами, гармонично дополняя друг друга. В силу этого, исследование релаксационных и деформационных характеристик полимерных текстильных материалов, относящихся, преимущественно, к классу вязкоупругих твердых тел, является задачей необходимой, а в ряде случаев, и достаточной [3].

Переход при математическом моделировании деформационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов от функциональной зависимости времен релаксации от деформации к константе оправдан, когда требуется оценить лишь качественные свойства материалов. Такой переход заметно упрощает математическую модель, что немаловажно при исследовании качественных характеристик вязкоупругости. Следует заметить, что при более детальном исследовании функциональных деформационно-восстановительных процессов, например, с позиции спектрального анализа, такой переход к упрощенной математической модели неоправдан [4].

Выбор в качестве основы математической модели релаксации функции нормированный арктангенс логарифма приведенного времени (НАЛ) не случаен, так как вероятностное распределение Коши, интегральной функцией распределения которого она является, обладает замечательным свойством: сумма характеристик, распределенных по вероятностному закону Коши, также имеет своим распределением вероятностное распределение Коши. Для материалов текстильной промышленности выполнение этого правила чрезвычайно важно, так как любой сложный текстильный объект представляет собой совокупность более простых текстильных объектов (нити состоят из волокон, ткани из нитей и т.д.). Поэтому, если параметры более простых текстильных материалов будут подчиняться вероятностному распределению Коши, этому же распределению будут подчинены и параметры более сложных текстильных материалов [5].

*Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания  
Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.*

#### **Список литературы:**

1. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Моделирование релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов - основа анализа их эксплуатационных свойств // Химические волокна, 2018, № 2, С. 36-39.
2. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Козлов А.А., Васильева Е.К. Разработка интегральных критериев оптимальности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов // Химические волокна, 2018, № 4, С. 54-56.
3. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Васильева Е.К., Шванкин А.М., Егоров И.М. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование вязкоупругой ползучести геотекстильных нетканых материалов // Химические волокна, 2018, № 6, С. 3-6.
4. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2018, № 2 (374), С. 251-255.
5. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен и его применение для оценки их функциональности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2019, № 2 (380), С. 192-198.

#### **Н.В. Переборова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РЕЛАКСАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Предлагаются новые критерии качественной оценки релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения, получаемые на основе исследования параметров-характеристик математических моделей релаксационных и восстановительных процессов указанных материалов. Разработанные критерии позволяют провести качественную оценку релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения, что значительно сокращает технико-экономические затраты на проектирование указанных материалов с заданными релаксационными и восстановительными свойствами, так как отпадает необходимость в изготовлении опытных партий этих материалов.

Разработанный на основе математического моделирования релаксационно-восстановительного процесса полимерных текстильных материалов технического назначения метод определения функционально-потребительских релаксационно-

восстановительных свойств указанных материалов позволяет проводить оценку их качественных характеристик по релаксационно-восстановительным параметрам [1].

Для оценки релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения предлагается несколько разработанных критериев, которые могут быть объединены в единый интегрированный критерий в силу того, что все релаксационно-восстановительные параметры оценки свойств указанных материалов подчинены вероятностному закону Коши и включают в себя оценку их качества [2].

Для оценки релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения предлагаются следующие критерии:

- критерий интенсивности восстановления материала после эксплуатации;
- критерий степени восстанавливаемости материала после эксплуатации;
- критерий возможности многократного восстановления материала в процессе эксплуатации;
- временной критерий восстановления функционально-потребительских свойств материала после эксплуатации;
- критерий устойчивости материала к многократному восстановлению после эксплуатации.

Количественную оценку параметров в рамках предлагаемых критериев релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения предлагается проводить в безразмерных единицах, по следующим критериям [3]:

- критерию интенсивности восстановления материала после эксплуатации;
- критерию степени восстанавливаемости материала после эксплуатации;
- критерию возможности многократного восстановления материала в процессе эксплуатации;
- временному критерию восстановления функционально-потребительских свойств материала после эксплуатации;
- критерию устойчивости материала к многократному восстановлению после эксплуатации.

Вероятностное распределение Коши является достаточно близким к нормальному распределению, отличаясь от него некоторыми свойствами, например, более медленной сходимостью интегральной функции к своим асимптотическим значениям. Это свойство распределения Коши позволяет с большей достоверностью обрабатывать статистические выборки, обладающей значительной степенью рассеянности, что как раз и характеризует выборочные совокупности релаксационно-восстановительных характеристик полимерных текстильных материалов технического назначения [4].

На основе вышеперечисленных локальных критериев качественной оценки релаксационных и восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения и с учетом аддитивности вероятностного распределения Коши был разработан комплексный интегрированный критерий оценки релаксационно-восстановительных свойств указанных материалов [5].

Разработанные пять локальных и один интегрированный критерий качественной оценки релаксационных и восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения служат средством сравнительного анализа и технологического отбора указанных материалов, обладающих заданными функциональными свойствами.

*Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания  
Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.*

**Список литературы:**

1. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Качественный анализ деформационно-релаксационных свойств арамидных шнуров горноспасательного назначения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 2 (368). С. 309-313.
2. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Математическое моделирование деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов в условиях переменной температуры // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017, №. 4 (370). С. 287-292.
3. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных нитей на основе их спектральной интерпретации // Химические волокна, 2017, № 1, С. 69-73.
4. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка критериев достоверности прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 2, С. 59-63.
5. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Варианты математического моделирования и системного анализа механической релаксации и ползучести полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 4, С. 46-51.

**С.В. Киселев<sup>1</sup>, С. Quish<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup>Cork Institute of Technology (Ireland)

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Полимерные текстильные материалы находят все более широкое применение в различных отраслях техники. Этим вызван возрастающий интерес к исследованию функциональных и эксплуатационных свойств этих материалов. Важными функциональными свойствами полимерных текстильных материалов технического назначения во время эксплуатации являются их релаксационные и восстановительные свойства. Именно поэтому следует уделять особое внимание изучению этих свойств указанных материалов через математическое моделирование и системный анализ их релаксационных и восстановительных процессов [1].

В направлении исследования функционально-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов ведутся работы по применению уравнений наследственной механики полимеров к текстильным материалам. Различия в предлагаемых решениях объясняются их сложностью. Наибольшего внимания заслуживают те варианты решений, когда имеется физическая обоснованность выбранных уравнений в сочетании с минимумом количества используемых параметров [2].

Следует заметить, что изучение механических свойств указанных материалов, проявляющихся в условиях эксплуатации, гораздо сложнее, чем измерение только лишь разрывных характеристик, которые далеки от объективной оценки свойств материала. Задача значительно усложняется, когда у полимерных текстильных материалов помимо вязкоупругих свойств проявляются также и пластические свойства, т. е. появляется необратимый компонент деформации, которому также следует уделять внимание [3].

Особую ценность имеет решение такой задачи для полимерных текстильных материалов, когда помимо сопоставления механических свойств материалов приходится также делать расчеты на условия эксплуатации изделий. Без измерений таких простых процессов как ползучесть, релаксация и восстановление такую задачу решить невозможно [4].

При изучении функционально-эксплуатационных свойств полимерных текстильных материалов особого внимания заслуживают следующие направления исследования [5]:

- анализ общего случая проявления реологических свойств полимерных текстильных материалов - когда имеют место все компоненты деформации (упругий, вязкоупругий и пластический);
- разработка новых методов исследования вязкоупругости полимерных текстильных материалов на основе математического моделирования деформационных процессов;
- разработка методик прогнозирования процессов деформирования, протекающих при повторном действии нагрузки или напряжения в условиях появления необратимого компонента деформации;
- анализ достаточности кратковременных измерений ползучести, релаксации и восстановления для прогнозирования указанных процессов деформирования в условиях появления необратимого компонента деформации;
- анализ взаимосвязи используемых наследственных ядер запаздывания и релаксации, а также возможности и эффективности их совместного использования;
- разработка критериев выбора оптимальной математической модели деформационных свойств;
- разработка комплексов программ на основе методик определения вязкоупругих характеристик и прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов, способствующих решению задач целенаправленного оптимального технологического отбора материалов, обладающих определенными функционально-эксплуатационными свойствами, повышения экономической эффективности производств полимерных текстильных материалов и улучшению качества выпускаемой продукции.

*Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.*

#### **Список литературы:**

1. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2015, № 5 (359), С. 48-58.
2. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных нитей на основе их спектральной интерпретации // Химические волокна,

2017, № 1, С. 69-73.

3. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка критериев достоверности прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 2, С. 59-63.

4. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Варианты математического моделирования и системного анализа механической релаксации и ползучести полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 4, С. 46-51.

5. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности полимерных текстильных материалов на основе применения интегральных критериев достоверности математического моделирования вязкоупругости на стадии их проектирования и организации производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2019, № 3 (381), С.242-247.

### В.И. Вагнер<sup>1</sup>, А. Power<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Technische Universitat Dresden (Germany)

## МЕТОДЫ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕЛАКСАЦИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Математическое моделирование релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов, по которому можно прогнозировать их релаксационно-восстановительные свойства в динамике, целесообразно осуществлять на основе определяющего интегрального уравнения Больцмана-Вольтерра с различными интегральными ядрами [1].

$$\sigma_t = E_o \varepsilon_t - (E_o - E_\infty) \cdot \int_0^t \varepsilon_\theta \cdot \Phi'_{\varepsilon;t-\theta} d\theta, \quad (1)$$

где  $t$  - время,  $\sigma_t$  - напряжение,  $\varepsilon_t$  - деформация,  $E_\infty$  - модуль вязкоупругости,  $E_o$  - модуль упругости,  $\Phi'_{\varepsilon;t}$  - ядро релаксации.

В качестве подынтегрального ядра  $\Phi'_{\varepsilon;t}$  целесообразно выбрать производную одной из следующих интегральных функций вероятностных распределений [2]:

$$\varphi_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{a_n^{-1} \cdot \ln(t/\tau)} e^{-z^2/2} dz - \quad (2)$$

ИВ (интеграл вероятностей, характеризующий нормальное распределение);

$$\varphi_t = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{th} \left( \frac{A}{2} \ln \frac{t}{\tau} \right) \right) = \left( 1 + \left( \frac{t}{\tau} \right)^{-A} \right)^{-1} - \quad (3)$$

ГТ (гиперболический тангенс);

$$\varphi_t = 1 - e^{-(t/\tau)^k} - \quad (4)$$

ФК (функция Кольрауша, не обладающую центрально-симметричным графиком,

в отличие от ИВ и ГТ, но имеющую относительно простой вид);

$$\phi_t = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{b_n} \ln \frac{t}{t_1} \right) - \quad (5)$$

НАЛ (нормированный арктангенс логарифма, характеризующий вероятностное распределение Коши).

Здесь  $a_n$ ,  $A$ ,  $k$ ,  $b_n$  – параметры интенсивности процесса релаксации, характеризующие скорость указанного процесса,  $t/\tau$  – приведенное время.

Наличие нескольких математических моделей, в которых применяются разные подынтегральные функции, оправдано и позволяет получать результаты релаксационно-восстановительных прогнозов, независимые друг от друга. Прогнозируемые релаксационно-восстановительные характеристики, полученные усреднением характеристик, определенных с использованием разных математических моделей, обладают более высокой степенью достоверности, чем характеристики, определенные с использованием одной математической модели [3].

Применение метода компьютерного прогнозирования релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения не исключает возможность параллельного расчета релаксационных и восстановительных процессов для нескольких различных математических моделей релаксационных свойств исследуемых материалов, что повышает точность рассматриваемого прогнозирования [4].

Предложенный метод компьютерного прогнозирования релаксационно-восстановительных свойств полимерных текстильных материалов технического назначения носит универсальный характер и опробован на различных полимерных материалах [5].

***Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.***

#### **Список литературы:**

1. Makarov A.G., Slutsker G.Y., Drobotun N.V. Creep and fracture kinetics of polymers // Technical Physics, 2015, Vol. 60, № 2, p. 240-245.
2. Макаров А.Г., Слуцкер Г.Я., Гофман И.В., Васильева В.В. Начальная стадия релаксации напряжения в ориентированных полимерах // Физика твердого тела, 2015, том 58, № 4, p. 814-820.
3. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Моделирование релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов - основа анализа их эксплуатационных свойств // Химические волокна, 2018, № 2, С. 36-39.
4. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2018, № 2 (374), С. 251-255.
5. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Повышение конкурентоспособности полимерных текстильных материалов на основе применения интегральных критериев достоверности математического моделирования вязкоупругости на стадии их проектирования и организации производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2019, № 3 (381), С.242-247.



**И.М. Егоров**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вязкоупруго-пластические свойства полимерных текстильных материалов определяются двумя основополагающими типами процессов: релаксационным (процесс релаксации напряжений) и деформационным (процесс ползучести).

В основе математического моделирования релаксационных процессов полимерных текстильных материалов лежит аппроксимация обобщенной кривой модуля релаксации  $E_{\varepsilon t}$  нормированной функцией  $\phi_{\varepsilon t}$  на основе гиперболического тангенса [1]:

$$E_{\varepsilon t} = E_0 - (E_0 - E_\infty)\phi_{\varepsilon t}, \quad (1)$$

$$\phi_{\varepsilon t} = \frac{1}{2} \left( 1 + th \left( \frac{A_\varepsilon}{2} \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon} \right) \right), \quad (2)$$

здесь:  $E_0$  - модуль упругости;  $E_\infty$  - асимптотический модуль вязкоупругости;  $A_\varepsilon$  - структурно-релаксационный параметр интенсивности;  $\tau_\varepsilon$  - релаксационное время, определяющее половину релаксационного процесса при деформации  $\varepsilon$ ).

Аналогично, в основе математического моделирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов лежит аппроксимация обобщенной кривой податливости  $D_{\sigma t}$  нормированной функцией  $\phi_{\sigma t}$  на основе гиперболического тангенса [2]:

$$D_{\sigma t} = D_0 + (D_\infty - D_0)\phi_{\sigma t}, \quad (3)$$

$$\phi_{\sigma t} = \frac{1}{2} \left( 1 + th \left( \frac{A_\sigma}{2} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right) \right), \quad (4)$$

здесь:  $D_0$  - начальная упругая податливость;  $D_\infty$  - асимптотическая равновесная податливость;  $A_\sigma$  - структурно-деформационный параметр интенсивности;  $\tau_\sigma$  - деформационное время, определяющее половину деформационного процесса при напряжении  $\sigma$ ).

Выбор в качестве основы для математического моделирования релаксационных и деформационных процессов полимерных текстильных материалов нормированной функции гиперболический тангенс не случаен, т.к. эта функция, во-первых, является элементарной, что упрощает аналитические преобразования с ней, а во-вторых, ее график достаточно близок к графику интегральной плотности нормального распределения [3].

Проверку адекватности разработанных математических моделей релаксационных и деформационных процессов можно осуществить путем контрольной проверки расчетных значений модуля релаксации и податливости с данными краткосрочного эксперимента. Проведенные исследования показали, что относительные отклонения расчетных значений модуля релаксации и податливости от экспериментальных значений не превысили величины 8 %, что является хорошим показателем для технических расчетов при решении задач такого уровня.

Еще одним достоинством разработанных математических моделей релаксационных (1), (2) и деформационных (3), (4) процессов является содержание наименьшего числа параметров с физическим смыслом [4]:

-  $E_0, E_\infty$  - асимптотические модули релаксации:

$$E_0 = \lim_{t \rightarrow 0} E_{\varepsilon t}, \quad E_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} E_{\varepsilon t}; \quad (5)$$

-  $D_0, D_\infty$  - асимптотические податливости:

$$D_0 = \lim_{t \rightarrow 0} D_{\sigma t}, \quad D_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} D_{\sigma t}; \quad (6)$$

- структурно-релаксационный параметр  $A_\varepsilon$  задает интенсивность релаксации (половина релаксационного процесса проходит за время  $t \in [t', t'']$ , где  $\ln(t'/\tau_\varepsilon) = -A_\varepsilon$ ,  $\ln(t''/\tau_\varepsilon) = A_\varepsilon$ );

- структурно-деформационный параметр  $A_\sigma$  задает интенсивность деформирования (половина деформационного процесса проходит за время  $t \in [t', t'']$ , где  $\ln(t'/\tau_\sigma) = -A_\sigma$ ,  $\ln(t''/\tau_\sigma) = A_\sigma$ );

- деформационная функция временных сдвигов  $f_{\sigma_1\sigma} = \ln(t_1/\tau_\sigma)$  (характеризующая сдвиги деформационных кривых до слияния с обобщенной деформационной кривой), содержащаяся в деформационном аргументе-функционале

$$W_{\sigma t} = \frac{A_\sigma}{2} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} = \frac{A_\sigma}{2} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_\sigma} \right) \right); \quad (7)$$

- релаксационная функция временных сдвигов  $f_{\varepsilon_1\varepsilon} = \ln(t_1/\tau_\varepsilon)$  (характеризующая сдвиги релаксационных кривых до слияния с обобщенной релаксационной кривой), содержащаяся в релаксационном аргументе-функционале

$$W_{\varepsilon t} = \frac{A_\varepsilon}{2} \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon} = \frac{A_\varepsilon}{2} \left( \ln \left( \frac{t}{t_1} \right) + \ln \left( \frac{t_1}{\tau_\varepsilon} \right) \right). \quad (8)$$

Таким образом, показано, что применение нормированной функции гиперболический тангенс в качестве основы для математической модели релаксационно-эксплуатационных и деформационно-эксплуатационных процессов полимерных текстильных материалов, позволяет с достаточной точности моделировать эксплуатационные свойства указанных материалов. Аналитический вид функции гиперболический тангенс и принадлежность к классу элементарных функций существенно упрощает аналитические преобразования и облегчает нахождение релаксационно-эксплуатационных и деформационно-эксплуатационных параметров-характеристик [5].

***Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.***

#### **Список литературы:**

1. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Моделирование релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов - основа анализа их эксплуатационных свойств//Химические волокна, 2018, № 2, С. 36-39.
2. Переборова Н.В., Макаров А.Г., Козлов А.А., Васильева Е.К. Разработка интегральных критериев оптимальности математического моделирования релаксационно-восстановительных процессов полимерных текстильных материалов // Химические волокна, 2018, № 4, С. 54-56.

3. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С., Васильева Е.К. Методы математического моделирования и качественного анализа релаксационно-деформационных процессов арамидных текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2018, № 2 (374), С. 251-255.
4. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Спектральный анализ вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен и его применение для оценки их функциональности // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2019, № 2 (380), С. 192-198.
5. Переборова Н.В., Демидов А.В., Макаров А.Г., Климова Н.С. Математическое моделирование и расчетное прогнозирование вязкоупругости геотекстильных нетканых полотен - средство оценки их функционально-эксплуатационного назначения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2019, №4 (382), С. 229-234.

## **Е.А. Буряк**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Перед текстильной промышленностью, занимающейся производством материалов и изделий различного бытового и технического назначения, все чаще встают задачи комплексного развития производства на базе современных методов исследования свойств материалов с использованием передовых информационных технологий. Ускорение научно-технического прогресса и повышение конкурентоспособности продукции текстильной промышленности способствуют разработке новых перспективных инновационных технологий научных исследований в области изучения и прогнозирования деформационно-эксплуатационных свойств указанных материалов [1].

Разрабатываемые инновационные методы исследований деформационно-эксплуатационных свойств материалов текстильной промышленности предлагается осуществлять на основе математического моделирования, системного комплексного анализа указанных свойств, информационных технологий и вычислительных компьютерных методов [2].

Метод определения функционально-потребительских деформационно-эксплуатационных характеристик полимерных текстильных материалов основан на численной обработке экспериментального "семейства" ползучести указанных материалов, полученного для постоянных значений напряжения на приборе "релаксометр деформаций" [3].

Характеристика среднего времени запаздывания получается как параметр временного сдвига кривой ползучести, полученной для значения напряжения, до совмещения с обобщенной кривой ползучести [4].

Полученные методом математического моделирования функционально-потребительских деформационно-эксплуатационных свойств полимерных текстильных

материалов характеристики ползучести указанных материалов наряду с характеристиками релаксации предлагается использовать в дальнейшем для оценки их качества. Заметим по аналогии с релаксацией, что указанные характеристики ползучести, полученные на основе математического моделирования с использованием функции нормированный арктангенс логарифма приведенного времени, подчиняются вероятностному распределению Коши, что особо актуально для материалов, представляющих из себя сложную (составную) макроскопическую структуру [5].

По рассчитанным параметрам функционально-потребительских деформационно-эксплуатационных свойств материалов текстильной и легкой промышленности: начальной упругой податливости, предельно-равновесной податливости, интенсивности деформационного процесса и среднему деформационному времени можно дать первичную оценку функционально-потребительских деформационно-эксплуатационных свойств исследуемых материалов [6].

В результате применения математической модели и метод определения деформационно-эксплуатационных свойств материалов текстильной промышленности опробованы на репрезентативной группе текстильных материалов, для которых были получены прогнозируемые значения деформационно-эксплуатационных параметров-характеристик, имеющих определяющее значение при проведении сравнительного анализа и качественного отбора материалов, обладающих определенными свойствами.

*Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.*

#### **Список литературы:**

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2000. № 2. С.12-16.
2. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости текстильных материалов // Известия Высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2002. № 2. С. 13 - 17.
3. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Демидов А.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ релаксационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна, 2013, № 5, С. 44-47.
4. Makarov A.G., Slutsker G.Y., Drobotun N.V. Creep and fracture kinetics of polymers // Technical Physics, 2015, Vol. 60, № 2, p. 240-245.
5. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2015, № 5 (359), С. 48-58.
6. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Сравнительный анализ деформационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов из них // Химические волокна. 2016. № 1, С.37-42.

**А.А. Козлов**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

## **УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время широко применяются методы математического моделирования и компьютерного прогнозирования деформационных процессов полимерных текстильных материалов, протекающих при постоянной температуре. Однако такие условия встречаются достаточно редко при эксплуатации изделий, изготовленных из полимерных текстильных материалов, поэтому исследователей интересуют вопросы учета переменной температуры при математическом моделировании и компьютерном прогнозировании указанных процессов [1].

Следует сказать, что переход в моделировании и прогнозировании деформационных процессов от условий постоянной температуры к переменной связан с определенными объективными трудностями, так как увеличивает размерности параметров математической модели на единицу. При этом параметры-константы становятся функциями одной переменной - температуры, что же касается переменных характеристических функций, то к ним также добавляется температура [2].

При выборе конкретной аппроксимирующей функции задача по прогнозированию деформационного процесса в условиях постоянной температуры сводится к определению четырёх параметров: начальной податливости, предельно-равновесной податливости, структурного коэффициента запаздывания и сило-временной функции.

Описанные методики хорошо зарекомендовали себя при исследовании и прогнозировании различных нагруженных состояний синтетических нитей и других полимерных текстильных материалов в условиях постоянной температуры [3].

Имеются также методики исследования деформационных процессов при изменяющейся температуре, которые нельзя назвать универсальными: если деформационное "семейство" удастся посредством сдвигов совместить с некоторой обобщенной кривой. В этом случае говорят, что имеет место температурно-временная аналогия, а функцию сдвигов называют температурно-временной функцией [4].

То есть исследование деформационных процессов, протекающих при изменяющейся температуре, но при постоянных значениях деформации или напряжения, сводится, при соответствующем выборе нормированной функции, к определению четырех параметров (двух асимптотических значений температур, характеризующих температурные границы исследуемого процесса, структурно-температурного коэффициента и температурно-временной функции) [5].

Имеющиеся методики позволяют прогнозировать деформационные процессы и в условиях изменяющейся температуры [6]. Однако, данные методики либо предполагают нахождение вышеуказанных четырёх параметров для каждого из исследуемых значений температуры, тем самым резко увеличивая число определяемых параметров, либо проводят исследование процессов при температуре, которая изменяется по заранее определенному сценарию (например, линейная зависимость температуры от времени, соответствующая равномерному нагреванию образца; зависимость температуры от времени по заданному закону в ходе остывания и т.п.), что фактически привязывает значения температуры к соответствующим значениям

времени, подменяя две переменные (время и температуру) одной [7].

Исследуя деформационные процессы полимерных текстильных материалов при различных значениях температуры и определяя соответствующим образом сило-временные функции для различных полимерных нитей, удалось заметить, что их графики при различных значениях температуры могут быть получены поворотом одного из них на некоторый угол, в первом приближении который можно считать линейно зависящим от значения температуры [8]. Такой поворот графиков физически оправдан, так как при изменении температуры соответствующим образом изменяются значения времён запаздывания при одинаковых значениях напряжения.

Аналогично, исследуя характер зависимости остальных параметров от температуры (начальной податливости, предельно-равновесной податливости, параметра интенсивности деформационного процесса), можно в первом приближении считать эту зависимость линейной от температуры, что значительно упрощает процесс прогнозирования [9].

Предложенная методика прогнозирования деформационных процессов полимерных нитей в условиях переменной температуры, опробованная на различных материалах дала расчётные результаты, отличающиеся от экспериментальных на величину, не превышающую 20 %, что вполне технически допустимо.

Полученные предложенным способом деформационные характеристики являются параметрами математической модели деформационного процесса. При этом, следует заметить, что размерность параметров при переменной температуре увеличивается на единицу [10].

*Работа финансировалась в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки РФ, Проект № FSEZ-2020-0005.*

#### **Список литературы:**

1. Макаров А.Г. Контроль параметров нелинейно-наследственных ядер релаксации и запаздывания синтетических нитей // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2000. № 2. С.12-16.
2. Макаров А.Г. Определение аналитической взаимосвязи нормированных ядер релаксации и ползучести в линейной теории вязкоупругости текстильных материалов // Известия Высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2002. № 2. С. 13 - 17.
3. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Демидов А.В., Вагнер В.И. Спектральный анализ релаксационных свойств полимерных нитей аморфно-кристаллического строения // Химические волокна, 2013, № 5, С. 44-47.
4. Макаров А.Г., Слуцкер Г.Я., Гофман И.В., Васильева В.В. Начальная стадия релаксации напряжения в ориентированных полимерах // Физика твердого тела, 2015, том 58, № 4, р. 814-820.
5. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Сравнительный анализ деформационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов из них // Химические волокна, 2015, № 6, С. 68 - 72.
6. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Вагнер В.И., Васильева Е.К. Разработка методики проведения сравнительного анализа деформационных и релаксационных свойств арамидных нитей и текстильных материалов на их основе // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2015, № 5 (359), С. 48-58.
7. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Математическое моделирование деформационно-релаксационных процессов полимерных материалов в условиях переменной температуры // Известия высших учебных заведений. Технология

текстильной промышленности. 2017, № 4 (370). С. 287-292.

8. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка методов математического моделирования процессов релаксации и ползучести полимерных нитей на основе их спектральной интерпретации // Химические волокна, 2017, № 1, С. 69-73.

9. Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А., Егоров И.М. Разработка критериев достоверности прогнозирования деформационных и релаксационных процессов полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 2, С. 59-63.

10. Демидов А.В., Макаров А.Г., Переборова Н.В., Егорова М.А. Варианты математического моделирования и системного анализа механической релаксации и ползучести полимерных материалов // Химические волокна, 2017, № 4, С. 46-51.

### **Н.Ф. Уварова, О.В. Асташкина, А.А. Лысенко**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **О БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА (Au) И СЕРЕБРА (Ag)**

Биологической активности Ag-содержащих препаратов, композитов и наночастиц посвящены тысячи статей. Существенный интерес к биоактивности препаратов и композитов на основе Au возник сравнительно недавно, и в настоящее время это направление в биотехнологиях стремительно развивается, хотя и исследования препаратов на основе Ag остаются актуальными.

Чем же обусловлен интерес к исследованиям биоактивности наночастиц и композитов Au?

Во-первых, золото всегда считалось одним из самых инертных металлов, но приблизительно 20 лет тому назад было установлено, что его наночастицы проявляет бактерицидность.

Во-вторых, показано [1], что наночастицы Au не цитотоксичны, в отличие от частиц Ag.

В-третьих, наночастицы Au и композиты на их основе также легко синтезировать, как и с использованием частиц Ag.

В-четвертых, нанопрепараты Au, как и Ag, обладают высокой бактерицидностью по отношению к таким высокопатогенным бактериям как *Pseudomonas aeruginosa* (Ps) и *Staphylococcus aureus* (St) и другим микробам [1, 2], которые вызывают широкий спектр заболеваний человека.

В свете вышесказанного нами начато исследование биоактивности Au-содержащих волокнистых нанокомпозитов и сравнение их свойств с Ag-содержащими.

В серии предварительных экспериментов синтезированы четыре вида Ag-содержащих углеродных волокон: УВ-Ag-B; АУВ-Ag-B; УВ-Ag-X; АУВ-Ag-X. Первые два вида волокон получены магнетронным напылением серебра на волокнистые материалы. Два вторых вида — химическим восстановлением серебра — окислительно-восстановительной адсорбцией. Основа УВ-образцов — графитированные волокна; основа АУВ-образцов — активированные волокна. Определены бактерицидные свойства Ag-содержащих образцов по отношению к Ps и

St. Зоны подавления роста бактериальных колоний для волокон УВ-Ag-B и АУВ-Ag-B от Ps и St составили соответственно  $13,0 \pm 2$  мм и  $13,0 \pm 2$  мм. Для волокон УВ-Ag-X и АУВ-Ag-X зоны подавления в отношении вышеназванных бактерий составили соответственно  $11,2 \pm 2$  мм и  $2,5 \pm 2$  мм.

Разработан простой и эффективный способ синтеза нано-Au композитов.

#### Список литературы:

1. Anna Regiel-Futyra, Małgorzata Kus-Liskiewicz, Victor Sebastian and etc. Development of noncytotoxic chitosan-gold nanocomposites as efficient antibacterial materials. ACS Appl Mater Interfaces. 2015 Jan 21;7(2):1087–99. doi: 10.1021/am508094e. Epub 2015 Jan 8.
2. А.А. Лысенко, О.В. Асташкина Металлсодержащие химические волокна и их использование в биотехнологии. Химические волокна. — 2007. — № 2. — С. 44–50.

#### **Е.Ю. Демьянцева, Р.А. Смит, Д.А. Мельникова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

#### **СОЛЮБИЛИЗАЦИЯ КАРОТИНОСОДЕРЖАЩИХ ЭКСТРАКТОВ БИОМАССЫ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

В современных реалиях крупнейшие целлюлозно-бумажные, химические компании мира рассматривают такое важнейшее направление, как биорефайнинг, т.е. полная химическая переработка древесной биомассы, чьи продукты идеальны для многократного использования. Такими продуктами являются биологически активные вещества из древесных отходов, например древесная хвоя, которая содержит практически все классы растительных биологически активных органических соединений (витамины, ферменты, белки, жиры, эфирные и другие вещества). Древесная зелень является богатейшим источником жирорастворимых витаминов (витамин Е (токоферол) и витамины группы К).

Помимо выбора способа извлечения и растворителя для данных веществ, особое значение имеет и дальнейшее использование полученных экстрактов. Каротиноиды являются липофильными веществами. Проблема растворения липофильных веществ решается путем их включения в коллоидные структуры – мицеллы ПАВ, микроэмульсии и т.п., самоорганизующиеся в водной среде, тем самым повышается биодоступность и эффективность действия данных соединений.

В работе представлены результаты исследования коллоидно-химических свойств каротинов, извлеченных разными растворителями в растворах поверхностно-активных веществ с оценкой их солюбилизирующей способности.

Были получены этанольные и масляные экстракты ели европейской северо-западного региона произрастания. Степень извлечения каротинов маслом и этанолом составила 31% и 45% соответственно. Для эффективного использования каротинов возможно гидрофилизировать данные гидрофобные вещества путем их солюбилизации в растворах поверхностно – активных веществ.



Методом отрыва кольца дю – Нуи были получены изотермы поверхностного натяжения неионогенного ПАВ сорбитан бис(полиоксиэтилен)моноолеата (твин 80) в водных растворах. Максимальная депрессия поверхностного натяжения составила 25 мН/м, а критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) 0,06%.

Солюбилизирующая способность данного ПАВ была определена рефрактометрическим методом на приборе [1]. Данный ПАВ показал хорошую солюбилизирующую способность в отношении полученных экстрактов. Солюбилизационная емкость этанольного экстракта в два раза выше, чем масляного. Вероятно, процесс солюбилизации проходит в периферической части мицеллы. Следовательно, в мицеллярные растворы ПАВ наряду с биодобавками можно солюбилизировать и полярные вещества, усиливающие ее проницаемость через кожные покровы, тем самым способствуя расширению области использования полученных экстрактов.

#### **Список литературы:**

1. Демьянцева Е.Ю. Солюбилизация в растворах поверхностно-активных веществ: учебно-методическое пособие/ Е.Ю. Демьянцева Р.А. Копнина; М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП.- СПб.: СПбГТУРП, 2015. – 31 с. URL: <http://nizrp.narod.ru/metod/kafobshineorgh/11.pdf>

**Е.Ю. Демьянцева, О.С. Якубова, Е.А. Петрова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

### **ПОЛУЧЕНИЕ ЭМУЛЬСИЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ЛЕСОЗАГОТОВКИ**

Древесины представляет собой уникальный композиционный материал как источник для производства волокнистого полуфабриката, так и ценных веществ необходимых для жизнедеятельности человека. В современном мире остро стоит вопрос о комплексном использовании древесины. Деревообрабатывающая и лесохимическая промышленность использует только 50% дерева, а остальные 50% утилизируют как отходы. Комплексное использование лесных ресурсов предполагает применение всей биомассы дерева, переработку древесных отходов, которые образовались в процессе заготовки древесины и переработки ее. Основная масса хвой - нерастворимые полисахариды и лигнин, но ее наибольшую ценность представляют экстрактивные вещества, значительную часть из которых относят к биологически активным веществам [1].

В работе исследован способ выделения биологически активных веществ из древесной зелени водным экстрагированием в присутствии поверхностно-активных веществ, определены коллоидно-химические характеристики полученных экстрактов.

Депрессия поверхностного натяжения для экстрактов ели составила 20 мН/м, для сосны 28 мН/м. В отличие от экстрактов сосны агрегации веществ ели в водных растворах отсутствует. Поверхностная активность полученных экстрактов составила 15 мДж\*м/кг для сосны и 13 мДж\*м/кг для ели. Такая активность обуславливает

эмульгирующую способность данных экстрактов. Экстрагирование в присутствии поверхностно-активного вещества – полисорбата-80 способствует увеличению концентрации растворенных веществ в растворе и повышает устойчивость полученных на их основе эмульсий. Коллоидная стабильность эмульсий соответствует ГОСТу 29188.3-91.

Результаты исследований, помимо получения практического результата, послужат основой коллоидно-химической концепции разрабатываемой технологии создания устойчивых микроэмульсий из древесного сырья, обладающих биологически активными свойствами с перспективой их использования для медицины, косметической и пищевой промышленности, сельского хозяйства.

#### **Список литературы:**

1. Васильев С.Н., Рошин В.И., Ягодин В.И. Экстрактивные вещества древесной зелени сосны обыкновенной (обзор). Растительные ресурсы, 1995. Т.32. № 2. – С. 79-119.

#### **О.С. Якубова, В.С. Пугаев, Е.Ю. Демьянцева, М.С. Аширова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

#### **СНИЖЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Целлюлозно-бумажная промышленность обладает всеми необходимыми преимуществами - и с позиции себестоимости сырья, так и с энергетической. В настоящее время конкурентоспособность отечественных предприятий находится на невысоком уровне из-за организации производства.

Для повышения конкурентоспособности предприятия необходимо внедрения новых технологий. Наиболее перспективным инновационным методом является биорефайнинг, основанный на комплексной и глубокой переработке древесного сырья с получением продуктов с высокой добавленной стоимости. В технологии переработки растительных полимеров актуальной проблемой является выделение из отработанных щелоков органических веществ, что позволит снизить загрязнения сточных вод.

Целью данной работы является разработка композиции амфифильных соединений для более полного извлечения из отработанного раствора варки древесины органических веществ.

В данной работе методом тензометрии получены коллоидно-химические характеристики черных щелоков после делегнификации древесины различных пород.

На основании полученных данных, было выявлено, что органические вещества в диапазоне 10-16% в щелоке находятся в гомогенном состоянии, а 84-90% в гетерогенном состоянии. Для увеличения гетерогенной части системы. Были изучены коллоидно-химические характеристики ПАВ: неионогенные Неонол АФ 9-6, Синтаид-5 и катионный Катамин АБ. В результате полученных данных было выявлено, что все выбранные вещества обладают поверхностной активностью превосходящей активность органических веществ в черном щелоке.

Далее в раствор черного щелока были введены соответствующие добавки данная смесь отстаивалась при комнатной температуре в течение 48 часов. Процесс проходил при перемешивании с помощью лопастной мешалки со скоростью 200 об/мин. В результате тензиометрических исследований установлено, что коллоидно-дисперсная часть черных щелоков составляет около 80%, а добавление выбранных веществ увеличивает гетерогенную часть щелока до 94-97%. Следовательно, существует возможность повысить извлечение из отработанных щелоков органических веществ на 15-20%, что способствует снижению загрязнений сточных вод.

#### **Список литературы:**

- 1.Аким Э.Л. Целлюлозно-бумажная промышленность в России: в сборнике: Леса России: политика, промышленность, наука, образование - материалы Второй международной научно-технической конференции. 2017.-с. 198-202.
- 2.Непенин Ю.Н. Технология целлюлозы. В 3-х т. Т. 2. Производство сульфатной целлюлозы /Ю.Н.Непенин, М.: Москва,—1990. - 13-14 с.

#### **Е.А. Зовдун, К.Э. Федорова, Ю.А. Петрова, Т.А. Суставова, В.А. Липин**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

#### **ПОЛУЧЕНИЕ ПРИВИТОГО ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

В последнее время полимерные материалы стали широко применяться в качестве оболочек для систем доставки лекарств и заживляющих повязок. Для этих целей хорошо подходят сополимеры на основе слабых кислот или оснований, а также привитые полимеры. Привитые полимеры на основе гидроксиэтилцеллюлозы и слабых органических кислот для биомедицинского применения получают в настоящее время по сложной технологии, включающей использование иницирующей системы [1].

Целью работы являлось получение привитого полимера на основе гидроксиэтилцеллюлозы и акриловой кислоты без использования инициатора.

Для получения конечного полиэлектролита использовали промежуточный продукт хлорангидрид акриловой кислоты, обладающий высокой химической активностью и осуществляющий процесс присоединения функциональных групп акриловой кислоты к гидроксильным группам гидроксиэтилцеллюлозы.

Привитый полиэлектролит получали путем смешения гидроксиэтилцеллюлозы и хлорангидрида в трехгорловой колбе при температуре 50-60 °С в среде диметилформамида и при соотношении исходных реагентов 1:2 соответственно. Продолжительность синтеза варьировалась от 60 до 300 минут.

В работе было исследовано влияние продолжительности процесса на степень замещения привитого полимера. Степень замещения определяли титрометрическим методом. Было установлено, что оптимальной продолжительностью синтеза является 120 минут при достижении максимальной степени замещения 75%. При дальнейшем увеличении продолжительности синтеза степень замещения уменьшается.

В результате выполненной работы была показана принципиальная возможность получения привитого сополимера без использования иницирующей системы и определены оптимальные условия его синтеза.

#### **Список литературы:**

1. Klitzing R., Tieke B. Polyelectrolyte Membranes // *Advances in Polymer Science*, 2004. V. 165. pp. 177–210.
2. Fekete T., Borsa J., Takács E, Wojnárovits L. Synthesis and characterization of superabsorbent hydrogels based on hydroxyethylcellulose and acrylic acid // *Carbohydrate Polymers*, 2017. V.166. pp. 300–308.
3. Yuana W., Weng G.-M., Lipton J., Li C. M., Van Tassel P.R., Taylorc A. D. Weak polyelectrolyte-based multilayers via layer-by-layer assembly: Approaches, properties, and applications // *Advances in Colloid and Interface Science*, 2020. V. 282. 102200.

**Е.В. Литвиненко<sup>1,2</sup>, В.А. Маталин<sup>1</sup>, Н.В. Пеганова<sup>1,2</sup>, А.А. Людикайнен<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Российский научный центр «Прикладная химия» (ГИПХ)

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРФТОРПОЛИЭФИРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИНИЦИИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ**

Перфторполиэфиры используются в качестве рабочих жидкостей и смазок для агрегатов, работающих в агрессивных средах при рабочих температурах от минус 70 до 250 градусов Цельсия, причем важно селективное получение индивидуального химического соединения, а не смеси близких по свойствам изомеров и аналогов.

Получить многоатомную молекулу полиэфира прямым фторированием невозможно из-за значительной деструкции как углеводородного скелета исходного реагента, так и специфического разрушения атомами фтора по местам включения гетероатомов подвергаемой фторированию молекулы. Многоатомные фторсоединения в настоящее время чаще всего получают полимеризацией более коротких молекул фторсоединений с функциональными группами. Полимеризация фторсоединений предполагает ряд особенностей, в том числе необходимость инициирования полимеризации перфторированными перекисными соединениями или фтором, которые являются высокоактивными взрывоопасными веществами с небольшим сроком хранения. Для усовершенствования технологии селективного получения индивидуальных полиэфиров был использован метод полимеризации кислот олигомеров гексафторпропиленоксида с образованием активных радикалов в приэлектродном пространстве с их самопроизвольной полимеризацией с образованием готового продукта.

Предложенный метод имеет значительные преимущества перед химическим иницированием радикальной реакции полимеризации в растворах:

– значительный выход продукта реакции по веществу (95%), – при химическом способе до 75%;

– не используются взрывоопасные перекиси и фтор в технологическом процессе;

- смешанный водно-ацетонитрильный растворитель позволяет поддерживать высокую концентрацию исходных реагентов, хорошо растворимых в нём; хорошо справляется с теплоотводом из зоны реакции (чему значительно помогают охлаждаемые стеклоуглеродные электроды);
- растворимость более высокомолекулярных продуктов реакции в указанном растворителе пренебрежимо мала, поэтому отделение готового продукта из зоны реакции происходит самопроизвольно в виде отделяющейся жидкой фазы.

Указанные преимущества позволяют организовать длительный непрерывный технологический процесс полимеризации с непрерывным выделением продукта, который можно масштабировать в зависимости от потребностей производства.

Синтезированный индивидуальный перфтор-5,8,11,12,15,18-гексаметил-4,7,10,13,16,19-гексаоксадокозан ( $C_{22}O_6F_{46}$ ) электродимеризацией по методу Кольбе и химической димеризацией из кислоты тетрамера префторпропиленоксида идентифицирован при помощи ЯМР  $F^{19}$ . Установлено значительное преимущество электрохимического синтеза для высокомолекулярных продуктов димеризации перфтороксикарбоновых кислот перед химическим радикальным иницированием фтором и пероксосоединениями.

## **Е.М. Мурашова, М.В. Пыркова**

Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)

### **СПОСОБЫ ОЧИСТКИ БЕЛКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Процесс разрушения коллагена кожаных изделий визуально проявляется в изменении цвета, ломкости и хрупкости, появлении на поверхности изделия пятен и высолов. Наиболее решающим и важным при разрушении коллагена нарушением, является изменение кислотности и щелочности кожи, то есть рН. Основными процессами реставрации кожи являются: очистка, смягчение, укрепление, оклеивание, восполнение утрат, консервация и защитная отделка.

Для хорошего внешнего вида и максимально длительной сохранности кожаных изделий рекомендуется строго соблюдать температурно-влажностный режим хранения, стабильность влагосодержания, то есть содержания воды в коллагене кожи, которое необходимо поддерживать на уровне приблизительно 15% от массы коллагена, а также строго регулировать рН водной вытяжки в пределах от 3 до 6.

Выбор способа очистки зависит от природы, внешнего вида, способа выделки кожи, ее сохранности и характера разрушений. Сухая очистка обязательна и является предварительным этапом при проведении любого реставрационного процесса. Поскольку в процессе дальнейших обработок частички пыли и грязи способны вступать во взаимодействие с реставрационными растворами и водой с образованием более плотных структур, а также проникать во внутренние слои кожи, что значительно усложнит процесс извлечения и может значительно ухудшить последующие операции консервации и сократить время жизни экспоната.

Мельчайшие пылевые частички удаляются при помощи щетки различной степени жесткости, в зависимости от степени сохранности коллагена белкового материала или ослабленной струей пылесоса. Более крупные грязевые частицы на старых, твердых и хрупких кожаных изделиях смывают дистиллированной водой комнатной температуры. Очищающие средства следует использовать осторожно: на кожу наносят пенный очищающий раствор, который немедленно стирают досуха мягкой фланелью. Раствор должен быть нейтральным или умеренно кислым. Щелочные растворы (например, обычные мыла) разрушают белковые материалы.

Перед консервацией следует удалить из кожи остатки старых жиров. Недостаточно удалить жир лишь с поверхности кожи, она должна быть гидрофилизирована. Эта операция имеет большое значение для дальнейшей пропитки жировыми эмульсиями, а также для использования жировых и масляных мазей. Жирование кожи является консервирующей обработкой и единственным способом вернуть коже утраченную мягкость и эластичность. Подходящими для консервирования кожи являются масла и жиры, омыляемые жирными продуктами растительного и животного происхождения, которые часто сочетаются с бескислотными минеральными маслами.

Жированию предшествует процесс увлажнения. Регулирование водосодержания кожи обычно достигается многоатомными спиртами, имеющими свойства удерживать воду в коже в желаемых пределах, несмотря на изменение влажности воздуха.

Таким образом, большое внимание при реставрации коллагена белковых материалов уделяется процессу очистки от различных загрязнителей и восстановлению водного баланса кожного материала.

**Д.М. Костенко, А.С. Одинокоев, О.С. Базанова**

ФГУП «РНЦ «Прикладная химия»

## **МОДИФИКАЦИЯ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПАТЕНТОВ И ИЗОБРЕТЕНИЙ**

Ионообменные мембранные материалы нашли широкое применение: разделение, обогащение, очистка газов и жидкостей, в химическом и электрохимическом синтезе, в водородной энергетике и топливных элементах. [1]. Последняя область наиболее интересна в связи с развитием «зеленой» энергетике.

Обзор российских патентов по данной тематике позволит определить направления для дальнейших исследований, а также охарактеризовать развитие современной отечественной науки. Условно всю патентную информацию, касающуюся непосредственно ионообменных мембран можно разделить на три группы: совершенствование методов получения, получение новых композиций и модификация. Настоящее исследование касается третьей группы, так как она требует меньших капитальных вложений, что особенно важно в сложившейся экономической ситуации. Актуальность направления обусловлена недостатками выпускаемых мембран: они дороги, проницаемы для газов и метанола. При температуре выше 100 °С начинается механическая деструкция. Перенос протонов возможен только при предварительном замачивании в воде, что требует контроля влажности. [2].

По данной тематике с ретроспективной поиска 20 лет выявлено одиннадцать российских патентов. Патентов Евразийской патентной организации не выявлено.

В России развиваются различные направления модификации мембран, но число патентов мало. Систематической изобретательской деятельностью занимался только Кубанский государственный университет в 2009-2012 годах. В настоящий момент эти патенты могут прекратить свое действие из-за неуплаты пошлин.

Помимо этого, двумя патентами обладает резидент Сколково ООО "Эй Ти Энерджи". Охранные документы получены в 2016 году и составляют основу пакета интеллектуальной собственности данной организации. Но в настоящее время они также могут прекратить свое действие по причине неуплаты пошлин. Однако эта компания - пример высокотехнологического стартапа в данной области.

Российские патентообладатели охраняют свои изобретения только на территории Российской Федерации. В свою очередь зарубежные патентообладатели не занимаются охраной своей интеллектуальной собственности в Российском и Евразийском патентных ведомствах. Исключение составляет только совместный патент МГУ им. М.В. Ломоносова и Корейской фирмы ЭлДжи КЕМ, ЛТД. Изобретение охраняется в России, Южной Корее и имеет международную заявку.

Таким образом, можно констатировать, что, несмотря на активное развитие технологий ионообменных мембран во всем мире, российский рынок интеллектуальной собственности по данной тематике активно развивался только на рубеже нулевых-десятих годов, а в настоящий момент практически пуст. Это открывает широкие возможности для занятия данной ниши.

#### **Список литературы:**

1. Ярославцев А.Б. Перфторированные ионообменные мембраны // Высокомолекулярные соединения. Серия А, 2013. – Т. 55, № 11. – С. 1367–1367.
2. Белькович А.П. NaFion-модифицированные мембраны и их свойства // Молодежный вестник ИрГТУ, 2020, Т. 10, №1. - 66-71

#### **М.В. Киселев, Н.В. Киселев, В.В. Куликовский**

ООО НПО «Программируемые Композиты»,  
Костромской государственный университет

#### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВОЛОКНИСТО-ПОРИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Волокнисто-пористые фильтрующие элементы на основе волокнообразующих полимеров для фильтров очистки жидкостей становятся все более интересными для производителей фильтров благодаря их химической стойкости к воздействию широкого спектра агрессивных веществ, большим сроком службы и относительной дешевизной сырья. Базовым полимером для волокнисто-пористых материалов является, как правило, полипропилен, так как он обладает высокой механической прочностью (разрушающее напряжение при растяжении до 35 МПа), которая позволяет использовать его в фильтроэлементе, не только как фильтрующий материал, но и в качестве каркасной части конструкции фильтра, т.е. заменить в некоторых случаях металлический перфорированный каркас, каркасом из грубых волокон полипропилена термически соединенных в точках пересечения друг с другом.

Применение пористых и волокнистых композитных материалов и их рациональное использование требует создания и исследования моделей и методов для описания их внутренней структуры и физико-механических свойств. При этом создание новых волокнисто-пористых композитных материалов с наперед заданными физико-механическими свойствами является актуальной проблемой материаловедения. В связи с этим основная задача исследования заключалась в создании фильтрующего материала с новой внутренней структурой и более эффективными свойствами.

В рамках проведенного исследования в результате моделирования структуры волокнисто-пористого материала (ВПМ) предложена структура фильтрующего материала в три - четыре раза, согласно теоретическим расчетам, лучше, чем существующий аналог подобного фильтрующего материала. Исследование структур путем моделирования процесса течения жидкости или газа проводилось в известной на сегодняшний день CAE системе ANSYS CFX.

Для проверки адекватности разработанных моделей и проведенных вычислительных экспериментов структура нового фильтрующего материала получена с применением аддитивных технологий, и проведен натурный эксперимент с учетом различной зернистости порошков, имитирующих частицы загрязнения в жидкости. Таким образом, результаты расчетов в ПО ANSYS сравнили с результатами натурных испытаний изготовленного ВПМ в реальных условиях фильтрации загрязненной жидкости. Сравнение показало достаточно хорошее совпадение результатов, что позволяет использовать программу, как основу для проектирования фильтроэлемента из ВПМ. Вычислительные и натурные эксперименты, проведенные в рамках исследования структуры волокнисто-пористого полимерного материала, показали возможность производить подбор структуры и размеров пор при фильтрации для различных режимов и сред.

Разработанные математические модели позволяют создавать структуру фильтрующего материала, согласно технического задания Заказчика, а также средствами моделирования прогнозировать свойства заказанного фильтрующего материала для конкретных условий эксплуатации.

Преимущества разработанного фильтра:

1. Фильтрующая способность с новой структурой материала в 3-4 раза выше существующего аналога.

2. Коэффициент использования материала для производства фильтра на 34% меньше по сравнению с существующим аналогом.

3. Новая структура фильтра позволяет получать стабильный коэффициент фильтрации за счет детерминированной структуры.

4. Новая структура фильтра позволяет использовать его многократно без уменьшения его фильтрующей способности.

5. Фильтрующая способность нового фильтра увеличивается при увеличении скорости течения жидкости (увеличение производительности и одновременно качества фильтрации)

6. Возможность быстрой организации универсального производства фильтров за счет применения аддитивных технологий.

7. Разработанные математические модели позволяют разработать структуру фильтрующего материала согласно технического задания Заказчика.



**М.Ю. Жевненко, Е.Ю. Демьянцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

Высшая школа технологии и энергетики

## **ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО НА ОСНОВЕ ТАЛЛОВОГО МАСЛА**

При производстве древесно-волоконистых плит высокие физико-механические показатели достигаются за счет введения гидрофобных и упрочняющих добавок. Применение в качестве таких добавок таллового масла, особенно димерных продуктов приводит к положительным результатам. Талловое масло - темная вязкая жидкость, получаемая при разложении серной кислотой (30%) сульфатного мыла — побочного продукта сульфатной варки целлюлозы. Талловое масло является одним из текущих коммерчески жизнеспособных побочных продуктов процесса варки крафт-бумаги. Наибольшую практическую ценность представляют отдельные компоненты таллового масла, их получают модификацией таллового масла. Олигомеризация (димеризация) — один из способов модифицирования талловых продуктов. Основными продуктами этого процесса являются димеры кислот (тримеры и более высокомолекулярные соединения содержатся в незначительных количествах). Димеризацию проводят методом термоокисления. Талловое масло или жирные кислоты нагревают до температуры  $(195 \pm 5)$  °С при непрерывном барботировании воздухом. К недостаткам этих методов димеризации следует отнести высокую температуру, импортный катализатор, способность таллового масла к самовозгоранию при высоких температурах, трудности контроля за процессом окисления и сложный состав окисленного продукта. Снижение температуры димеризации за счет применения более эффективных катализаторов наиболее перспективно в поиске способа, позволяющего избежать выше упомянутых недостатков.

Целью представленной исследовательской работы было проведение процесса полимеризации таллового масла в более мягких технологических условиях.

В ходе исследования была проведена полимеризация таллового масла лиственных и хвойных пород древесины в температурном диапазоне от 100 до 105°С в течение 2 часов с добавлением в реакционную смесь глицерина, значительно снижающего температуру процесса и вероятность воспламенения реакционной смеси, и хлорида цинка в качестве катализатора процесса полимеризации. Методом ИК-спектроскопии было подтверждено получение полимерного продукта.

Полученный продукт может быть рекомендован к использованию в качестве связующего в древесно-полимерных композициях, используемых в строительстве.

### **Список литературы:**

1. Чинь Х.Ф., Царев Г.И., Роцин В.И. Модификация таллового масла лиственных пород // Лесной журнал. – 2014. - №2. – С. 123-129.

**А.Б. Балашов, М.В. Киселев, С.Е. Голубев**

ООО НПО «Программируемые Композиты»,  
Костромской государственный университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСЧЕТА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ 3D-ТКАНЕЙ В САЕ СИСТЕМАХ**

В современном мире постоянно растет потребность в композитных материалах для различных секторов экономики, в частности, полимерных композитов на объемной волокнистой основе. Соответственно актуально прогнозирование характеристик таких композитов, применение обоснованных методов их исследования, моделирования и прогнозирования. Особенно сложную задачу представляет моделирование структуры объемных пространственных тканых структур, являющихся основой для получения композиционных материалов, и моделирование их механических свойств, являющихся определяющими в свойствах конечного изделия из композита.

Современной тенденцией расчетов свойств композитов в САЕ системах является использование метода гомогенизации, суть которого заключается в том, что в общем случае композиционный материал, который является анизотропным, разбивается на зоны с одинаковыми свойствами. Для каждой зоны на основе «представительского объема» виртуально рассчитываются ее механические свойства в зависимости от реального строения структуры. Зная свойства всех анизотропных зон в изделии возможен расчет на эксплуатационные нагрузки всего изделия в целом в САЕ системах.

Однако для 3D тканей разнообразие структуры переплетений нитей по объему изделия настолько велико, что точный расчет композита и изделия в целом весьма проблематичен. Это связано с тем, что для увеличения точности расчетов количество зон анизотропии должно быть как можно больше, но в этом случае встает проблема с расчетом свойств каждой зоны анизотропии в следствие больших вычислительных затрат на решение данной задачи. Сокращение числа зон анизотропии ведет к возможности выполнения реальных расчетов, но в этом случае мы потеряем точность в прогнозировании свойств в зонах в связи с их укрупнением в размерах, и как следствие усреднении свойств во внутренних зонах анизотропии. В работе предлагается оригинальный подход для решения данной задачи, который стал возможным благодаря программному обеспечению «Преформа», позволяющее строить геометрическую модель структуры 3D ткани на уровне нити. При этом в построении геометрической модели ткани использует воксельный подход для моделирования переплетений нитей утка и основы. Совершенно очевидно, что вариантов переплетений нитей основы и утка большое множество, но от ориентации нитей внутри их пересечений будут зависеть свойства композиционного материала на уровне каждого переплетения. Сегодня ни в одной из имеющихся программных систем моделирования геометрической модели структуры 3D тканей, кроме ПО «Преформа», получить детальную информацию о траекториях нитей основы и утка в ткацких переплетениях невозможно.

На основе данной информации разработана методика расчета композиционных материалов на основе 3D ткачества в САЕ системах с учетом анизотропии материала на уровне одиночного ткацкого переплетения. Ожидается повышение точности расчетов композиционных материалов за счет более детального учета анизотропных свойств текстильной структуры материала.

**О.И. Одинцова, Л.С. Петрова, А.А. Липина**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫЕ МИКРОКАПСУЛЫ – ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Значимым направлением развития текстильной промышленности является создание тканей медицинского и профилактического направления, а именно перевязочных материалов, масок и перчаток с антибактериальной пропиткой, материалов с антиаллергенной и акарицидно-репеллентной отделкой [1-3].

Разработана технология антибактериальной отделки при использовании капсул допированных наночастицами серебра с включением БАВ. Для достижения данной цели был использован способ капсулирования БАВ путем синтеза наночапул с использованием темплатов. В качестве темплатов были выбраны сферические коллоидные частицы  $\text{CaCO}_3$ , которые получали при смешивании растворов  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с концентрацией 0,15-0,33 М. Для нанесения полиэлектролитных слоев на частицы использовали метод полиионной сборки, который осуществлялся последовательной обработкой разноименно заряженными полиэлектролитами. Для формирования оболочки капсул применяли биосовместимые биodeградируемые полиэлектролиты. В качестве БАВ был выбран экстракт мицелия вешенки. Базидиомицет *Pleurotus ostreatus* (гриб вешенка обыкновенная) широко используются в медицинской практике в качестве продуцентов различных лекарственных препаратов. Количество серебра в наноформе, приходящееся на 1 грамм полученных микрокапсул, составило 0,0067 мг.

Показана технология иммобилизации капсул на текстильный материал. Антибактериальная активность полученных образцов составляла по отношению к *Staphylococcus aureus*-8мм а по отношению к *Escherichia coli*-3мм.

Вторым методом микрокапсулирования, позволяющим получать функциональные материалы является технология синтеза капсул на основе наноэмульсий. Такой способ подходит для инкапсуляции масляных веществ и соединений способных растворяться в маслах. На этой основе разработана акарицидная отделка текстильных материалов различного волокнистого состава и отделка-БАВ для целлюлозных тканей. Размер капсул в данном случае варьируется от 20 до 190 нм в зависимости от капсулируемого препарата. Текстильные материалы обработанные капсулированным акарицидно-репеллентным препаратом показали высокий защитный эффект по отношению к иксодовым клещам и гнусу.

### **Список литературы:**

1. Петрова Л.С. Использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств/Л.С. Петрова, А.А. Липина, А.О. Зайцева, О.И. Одинцова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №6, с.56-60.
2. Петрова Л.С. Микрокапсулирование биологически активных веществ и их использование для функционализации текстильных материалов/ Л.С.Петрова, О.В. Козлова, О.И. Одинцова//Известия вузов Технология текстильной промышленности. – 2018, № 4 (376) с. 85-89.

3. Прохорова А.А. Применение метода layer-by-layer для иммобилизации акарицидных веществ на целлюлозных текстильных материалах/ А.А. Прохорова, Е.О. Авакова, В.А. Кузьменко, О.И. Одинцова // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. -2016. Т. 59. № 7. С. 42-46.

**Л.С. Петрова, А.С. Смирнова, Е.С. Власкина, А.Ф. Алехина, О.И. Одинцова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

### **ФОРМИРОВАНИЕ ОБОЛОЧЕК КАПСУЛ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Микрокапсулирование функциональных веществ рассматривается в современных литературных источниках, как отдельное направление научных исследований.

Выделяют несколько укрупненных групп способов микрокапсулирования, часть из которых определяется способом формирования оболочки капсулы. Значимым с точки зрения создания функциональных материалов для медицины является использование полиэлектролитов для формирования оболочки капсулы [1,2]. Полиэлектролиты по происхождению можно разделить на синтетические и природные, которые чаще всего являются биосовместимыми. Наиболее интересны природные полисахариды. Гидрофильность этих соединений позволяет осуществлять их превращения в водной среде. Наиболее часто из полисахаридов в качестве компонентов для формирования мембраны микрокапсул рекомендуют применять целлюлозу, декстран, альгинат, каррагинан, хитозан, а также их производные [3].

Цель настоящего исследования заключалась в формировании устойчивых дисперсных систем капсул, оболочки которых включают наиболее доступные природные полиэлектролиты.

В работе использовали кислоторастворимый хитозан, альгинат натрия, гуаровую и ксантановую камеди в различных концентрациях. Ядро заполняли маслом жожоба, розмарина, пихты. Определяли размер синтезированных методом наноэмульсии капсул и дзета – потенциал полученных дисперсий, включающих капсулы.

Установлено, что агрегативная устойчивость полученных дисперсий зависит не только от полиэлектролитного состава синтезированных оболочек, но в большей степени является функцией концентраций выбранных полиэлектролитов, т.е. определяется плотностью заряда полимера и его молекулярным весом.

На приборе Photocor Compact-Z методом динамического рассеяния света установлены размеры капсул, сформированных из различных пар полиэлектролитов. Для системы хитозан-альгинат натрия для агрегативно неустойчивых дисперсий размер частиц варьировался от 60 до 572,0 нм, выпадение осадка наблюдалось в течение 24 часов.

Установлено, что на размер частиц и устойчивость дисперсии оказывает влияние наполнитель ядра капсулы. При использовании хитозана и ксантановой камеди для формирования оболочки, размер частиц составлял 164-194 нм в зависимости от состава ядра, а дзета-потенциал варьировался от -18 до -27мВ. Модульное значение дзета-потенциала характеризующие устойчивую дисперсию должно приближаться к 30 мВ, такие системы имеют достаточно высокую агрегативную стабильность. Рассмотрены возможные концентрационные соотношения пар полиэлектролитов.

В процессе формирования оболочек из противоположенно заряженных полиэлектролитов определена концентрация, при которой формируется плотная оболочка, соответствующая образованию стехиометрического комплекса.

#### **Список литературы:**

1. Одинцова О.И. Микрокапсулирование биологически активных веществ и их использование для функционализации текстильных материалов / Одинцова О.И., Петрова Л.С., Козлова О.В // Известия вузов. Технология текстильной промышленности.- 2018. - № 4.- С. 85-89.
2. Кровелец А.А. Применение нано- и микрокапсулирования в фармацевтике и пищевой промышленности / А.А. Кровелец, Ю.А. Тырсин, Е.Е. Быковская // Вестник Российской Академии естественных наук. – 2013. - № 1. - С.79-84
3. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов-полисахаридов бурых водорослей / Ю.А.Хотимченко [и др.] // Биология моря. - 2001. - Т.27, № 3. - С.151-162.

#### **М.Р. Содикова**

Ташкентский химико-технологический институт, Узбекистан

#### **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА РАЗРАБОТАННЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ – ARIN&M**

Всесторонне на основе химических, физико-химических методов исследования изучены свойства разработанных ингибиторов коррозии класса ARIN&M и закономерности их классификации и сертификации по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности (ТН ВЭД), исходя из их природы, состава, происхождения исходных реагентов, в том числе и вторичных материальных ресурсов и другие показатели.

Изучена структура товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Республики Узбекистан и классификация антикоррозионных материалов – ингибиторов коррозии как химической продукции по ТН ВЭД.

Опираясь на 10–значный цифровой код ТН ВЭД Узбекистана:

первые шесть цифр означающие код товара по Гармонизированной системы, + плюс седьмой и восьмой знаки, образующие код товара по КН ЕЭС, девятая цифра–код товара по СНГ, десятая цифра –детализация в будущем тех или иных товарных позиций с учетом интересов страны, нами предложено внесение новых товарных кодов на основе результатов исследований химического состава и защитных показателей разработанных ингибиторов коррозии класса ARIN&M.

Для анализа сложных смесей на примере рассматриваемых отдельных видов ингибиторов коррозии ARIN&M применен метод ИК-Фурье спектроскопии, который позволяет проводить качественный анализ по наличию и интенсивности характеристических полос поглощения  $\nu_{C-N}$  имидазолинового кольца и  $\nu_{C=O}$  карбонильной группы, в тоже время при анализе сложных смесей на ИК- спектрах присутствуют полосы поглощения всех имеющихся в продуктах функциональных групп.

Перспективным методом количественной оценки является метод потенциометрического титрования, основанный на раздельном определении содержания первичных, вторичных и третичных аминов в ингибиторах коррозии ARIN&M позволяющий достичь однозначности интерпретации.

По своим качественным показателям предлагаемый ингибитор снижает коррозионную активность кислот по отношению к наземному и подземному оборудованию, а также предотвращают выпадение трудно- и нерастворимых осадков, по свойствам (скорость коррозии, защитный эффект при различных температурах и др.) ингибитор коррозии ARIN&M предпочтителен в сравнении с используемыми в отраслях ингибиторами коррозии.

По результатам исследований в этом направлении обосновано включение в Национальную товарную номенклатуру республики вновь разработанных кодов товаров по Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности и подготовка предложений по включению новых кодов товаров для ингибиторов коррозии являющейся химической продукцией.

На основании проведенных исследований выявлены нерешенные вопросы в регулировании химической продукции – ингибиторов коррозии, необходимые для эффективного функционирования системы государственного регулирования, в частности для обеспечения закупки качественной продукции.

**М.А. Капшина, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

## **ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ/ЩЕЛОЧНОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ЖЕЛАТИНА НА КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

Водорастворимые белки как природные биополимеры являются незаменимыми компонентами в различных технологиях, таких как: пищевая, косметическая промышленности, фармацевция, медицина. Особое внимание уделяется желатину, благодаря его уникальной способности к термообратимому гелеобразованию в объеме и на поверхности раздела фаз [1,2] Желатин является продуктом тепловой, кислотной, щелочной или ферментативной денатурации коллагенов. Этот биологический полиамфолит представляет собой твердый измельченный белковый продукт.

В ранее опубликованной работе [3] изучены некоторые физико-химические свойства желатина: насыпная плотность, растворимость в водных растворах при различных рН. В частности, насыпная плотность исследуемого желатина составила  $0,643 \text{ кг/м}^3$ , следовательно, он относится к легким порошкам. В работе показано, что желатин растворяется в  $\text{H}_2\text{O}$  при повышенных температурах более  $30^\circ \text{C}$ . При концентрации 1,0 % при  $25^\circ \text{C}$  образуется плотный гель, т.е. происходит желатинизация полимера; от раствора, содержащего свободные цепи белка, происходит переход к трехмерной пространственной структуре с межмолекулярными водородными связями и силами межмолекулярного взаимодействия. Показано отсутствие растворимости желатина при  $25^\circ \text{C}$  во всех растворителях: в  $\text{H}_2\text{O}$ , в разбавленных кислотах – происходит желатинизация полимера; при повышенных температурах растворяется в

воде, уксусной кислоте и минеральных кислотах, не растворяется в органических растворителях.

Практически необходимой задачей при использовании желатина является нахождение путей усиления ряда функций этого водорастворимого белка, что может быть достигнуто химическими и физическими модификациями полипептидных цепей желатина [2]. Целью данного исследования является изучение коллоидно-химических свойств водных растворов желатина. Поверхностная активность и реологические свойства на границах раздела фаз лежат в основе создания новых продуктов функционального назначения. Выявлена незначительная поверхностная активность макромолекул полимера. Изучение конформационного состояния макромолекул желатина в водном растворе проводили методом вискозиметрии на вискозиметре Оствальда с диаметром капилляра 0.84 мм при 25 °С. Показано влияние рН на удельную вязкость полимера. Наименьшее значение удельной вязкости 1 % раствора желатина наблюдается в кислой среде, в частности при значении рН = 4,9 составляет 0,381; при рН= 6 удельная вязкость возрастает и в щелочной среде при рН=11 составляет 0,6.

#### **Список литературы:**

1. Мартянова Т.Ф., Голова М.Л., Кузнецов Л.Л., Завлин П.М. Разработка экспресс-метода оценки способности желатина к структурированию под действием дубителей // Журнал прикладной химии, 1996, Т69№6, С. 1028-1031.
2. Деркач С.Р. Гелеобразование в желатине: учебное пособие. СПбГУЛиТ, 2004, 97с.
3. Капшина М.А., Осовская И.И. Белки в качестве биоматериалов для создания различных медицинских препаратов Всероссийская научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и техносферной безопасности» (Ч.1) / ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2020. с.82-84.

#### **П.П. Корнев, И.И. Осовская**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

#### **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ ДВУХ РЕГИОНОВ**

Крапива двудомная (*Urtica dioica*) – наиболее распространенный вид крапивы на территории России; особенно широко распространена во всей европейской части России. Препараты крапивы содержат большое количество биологически-активных веществ (БАВ), которые оказывают кровоостанавливающее, противовоспалительное, ранозаживляющее и тонизирующее действие. [1-3]. Кровоостанавливающие свойства препаратов крапивы обусловлены наличием в растении витамина К. Настой крапивы усиливает деятельность пищеварительных желез, снижает уровень холестерина и сахара в крови. Содержащийся в крапиве секретин стимулирует синтез инсулина, что позволяет использовать крапиву как противодиабетическое средство.

Для исследования использовались образцы крапивы двудомной двух регионов. Исследуемые образцы имели следующие характеристики: влажность крапивы, %

Ленинградской (1) и Московской (2) областей составили 13.1 и 12.0 соответственно; зольность, % (1) и (2) – 20 и 19 соответственно. Существуют разные способы экстрагирования биологически-активных веществ. На скорость и количество экстрагируемых БАВ оказывает влияние капиллярно-пористая структура растительного полимера. В связи с этим целью данного исследования является изучение параметров капиллярно-пористой структуры крапивы двудомной двух регионов.

Капиллярно-пористую структуру крапивы двудомной характеризовали по изотермам сорбции паров воды при различных относительных давлениях паров воды ( $P / P_0$ ). Экспериментальные данные показали, что крапива двудомная Ленинградской области имеет более развитую капиллярно-пористую структуру. В частности, при  $P / P_0 = 0,975$  сорбция паров воды крапивы Ленинградской области составила 0,75 г/г, а крапивы Московской области – 0,62 г/г. Высокие значения сорбции паров воды обеспечивают высокую проникающую способность через поры и стенки клеток. В работе показано влияние капиллярно-пористой структуры на количество экстрагируемых водой веществ, содержащих витамины Р, С, минеральные вещества. Особенно важны минеральные вещества, которые имеют различное функциональное назначение для организма (поскольку большинство из них (за исключением кальция, йода, железа, фосфора) не синтезируются человеком самостоятельно), фенольные соединения, полисахариды и аминокислоты. Результаты эксперимента показали преимущества крапивы Ленинградской области с точки зрения экстрагирования биоактивных компонентов.

#### **Список литературы:**

1. Кретович В.Л. Биохимия растений. – Москва, 1986. – 503 с.
2. Johnson T.A. Lipophilic stinging nettle extracts possess potent 75nti-inflammatory activity, are not cytotoxic and may be superior to traditional tinctures for treating inflammatory disorders // *Phytomedicine*. – 2013. – Vol. 20. – P. 143 – 147.
3. Кирьякова В.О. Анатомическое изучение крапивы жгучей травы / В.О. Кирьякова, Т.В. Гербер, И.В. Давыдова // В сборнике: «Актуальные проблемы фармакологии и фармации» Ежегодный сборник научных и методических работ преподавателей, молодых ученых и студентов фармацевтического факультета. Барнаул, 2011. С. 41-48.

#### **Д.К. Панкевич**

Витебский государственный технологический университет

#### **СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАНОЙ**

Композиционные слоистые текстильные материалы (КСТМ), содержащие мембранный полиуретановый слой, более полувека используются в производстве одежды. В настоящее время они все чаще применяются для изготовления водозащитной паропроницаемой одежды бытового, спортивного и специального назначения. В связи с отсутствием в Республике Беларусь развитого производства широкого ассортимента таких материалов, наблюдается острая недостаточность приборной и методической базы исследования и оценки их эксплуатационных свойств. В частности, нет адекватных методов и средств исследования водонепроницаемости,



паропроницаемости и устойчивости КСТМ к эксплуатационным нагрузкам. С целью развития методической и приборной базы в области контроля качества КСТМ в УО «Витебский государственный технологический университет» выполнен ряд исследований и разработок:

– проанализирован ассортимент, свойства и технологии производства и модифицирования КСТМ, применяемых для изготовления изделий легкой промышленности и разработана классификация КСТМ с полиуретановой мембраной по структуре и способам получения;

– разработан способ и изготовлен новый прибор для определения водонепроницаемости КСТМ методом высокого гидростатического давления. Конструкция прибора учитывает возможность его использования для определения водонепроницаемости после приложения к материалам эксплуатационных нагрузок, как в условиях реальной носки, так и при ее лабораторном моделировании;

– разработана установка и методика исследования эксплуатационных свойств КСТМ в различных температурно-влажностных условиях. Проведены экспериментальные исследования влияния эксплуатационных нагрузок на водонепроницаемость КСТМ. Выявлено, что КСТМ с гидрофильной пористой мембраной под действием стирок, изгиба, истирания и моделирования старения, а также пониженных температур быстро теряют начальный уровень водонепроницаемости;

– проведено исследование микроструктуры КСТМ с использованием растрового электронного микроскопа VEGA II LSH в лаборатории Белорусского республиканского центра зондовой микроскопии Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной Академии Наук Беларуси, г. Гомель. На основании анализа результатов исследования выявлено, что материалы, поверхность мембраны которых модифицирована микрочастицами, проявляют высокую устойчивость к многоцикловым физико-механическим воздействиям. Показано, что высокими показателями эксплуатационных свойств обладают материалы, текстильная основа которых имеет малую толщину от 117 мкм до 128 мкм и характеризуется высокой плотностью нитей по основе и утку от 520 нитей до 620 нитей на 10 см полотна. Показано, что применение анизотропных в направлении, перпендикулярном поверхности материала, мембран с развитой пористой структурой, позволяет получить композиционные текстильные слоистые материалы, обладающие высоким и стабильным уровнем водонепроницаемости.

**А.И. Маркова, С.Д. Хижняк, П.М. Пахомов**

Тверской государственный университет

## **ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ**

В последнее время интерес к композиционным материалам (КМ) на основе полимеров растет с каждым годом. КМ находят широкое применение в химической, пищевой, медицинской промышленности и др. Для придания полимерному материалу необходимых свойств (механических, термических, электрических, адгезионных и т.д.) в него вводят частицы органических или неорганических наполнителей. При этом

важно, чтобы наполнитель равномерно распределялся по объему полимерной матрицы и не агрегировал в частицы больших размеров. Таким образом, важно иметь простой, доступный и эффективный метод оценки морфологии композитов. В настоящей работе для этой цели предлагается использовать метод ИК спектроскопии.

В качестве экспериментальных образцов использовали пленки из полипропилена (ПП) толщиной 25 мкм, наполненные неорганическими наполнителями ( $\text{TiO}_2$  и DISPERAL-торговая марка высокочистого порошка бемита с формулой  $\text{AlO}(\text{OH})$ ). Основным методом исследования являлась ИК-спектроскопия. ИК спектры записывали в режиме пропускания на Фурье-ИК спектрометре VERTEX-70 фирмы BRUKER в диапазоне  $400\text{-}7000\text{ см}^{-1}$ . Метод основан на анализе коэффициента ослабления интенсивности ИК-излучения, падающего на образец, за счет рассеяния света на частицах наполнителя в полимерной матрице [1,2]. Из-за разницы показателей преломления между полипропиленом (1,49) и наполнителем  $\text{TiO}_2$  (2,61) или DISPERAL (1,58), изучаемые образцы сильно рассеивают свет и относятся к «мутным» средам. Для контроля спектроскопических данных использовали метод электронно-сканирующей микроскопии на приборе Leo VP435 фирмы Carl Zeiss.

С помощью метода ИК спектроскопии определены средние размеры частиц наполнителя внутри полимерной матрицы, а также их распределение по размерам. Для  $\text{TiO}_2$  концентрацией 1, 5 и 30% в полимерной матрице, размеры частиц равны 1.50, 2.16 и 2.21 мкм соответственно, для DISPERAL такой же концентрацией – 1.55, 1.58 и 1.65 мкм. Выяснили, что эффект снижения пропускания у  $\text{TiO}_2$  выше, чем у DISPERAL, что связано с разницей в показателях преломления. Установлено, что с ростом концентрации дисперсной фазы происходит агрегация твердых частиц наполнителя в полимерной матрице и что размеры частиц, оцененные спектроскопическим методом, хорошо согласуются с результатами независимых визуальных методов.

Таким образом, ИК-спектроскопический подход, предложенный для оценки размеров и распределения частиц в полимерной матрице, может быть с успехом использован для изучения морфологии полимерных композитов.

#### **Список литературы:**

1. Хижняк С. Д., Маланин М. Н., Eichhorn К.-J., Пахомов П. М. // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. 2008. Т.50, № 6. С. 1116-1123
2. Маркова А. И., Хижняк С. Д., Пахомов П. М. // Вестник ТвГУ. Сер. «Химия». 2019. №2(36). С. 71-81

#### **Ж.К. Прманова, Е.Ю. Демьянцева**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
Высшая школа технологии и энергетики

#### **АГРЕГАЦИЯ ДИСПЕРСИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСИНЫ В ВОДНО-ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРАХ**

В процессе сульфатной делигнификации древесины в отработанный раствор переходит в измененном виде более половины органических веществ исходной древесины, представляющих ценные вторичные продукты. Существующая технология выделения побочных продуктов имеет ряд недостатков (большая энергоемкость,

длительность процессов, ухудшение качества талловых масел из-за их окисления). Знания о коллоидно-химических закономерностях в этих систем позволят, прежде всего, направленно регулировать агрегативную и седиментационную устойчивость указанных органических веществ, интенсифицируя их выделение. Это даст возможность разработать более совершенную технологию получения вторичных продуктов делигнификации древесины, более глубокого использования ее биомассы, включения в ассортимент целлюлозно-бумажных предприятий ценных биологически активных веществ. Производство этих продуктов может составить более 25% дохода целлюлозно-бумажных предприятий и тем самым повысить их рентабельность в России.

Целью работы было исследование коллоидно-химических характеристик в водно-щелочных растворах основных компонентов листового сульфатного мыла – олеата натрия и неомыляемых веществ и изучение основных закономерностей мицеллообразования в бинарных системах, рассчитать параметры межмолекулярного взаимодействия веществ на основе термодинамической модели Рубина-Розена.

В работе определены критические концентрации мицеллообразования при разных температурах индивидуальных веществ и их смесей при соотношении компонентов олеата натрия: неомыляемые вещества 4:1 и 3:1 соответственно. Согласно модели Рубина - Розена установлена экстремальная зависимость с минимумом при температурах 30-40°C в бинарной смеси при соотношении компонентов 4:1 при взаимодействии молекул как в составе адсорбционных слоев, так и в смешанных мицелл. Увеличение гидрофобности смеси при добавлении неомыляемых веществ способствует мицеллообразованию компонентов при температуре 20°C. Таким образом, взаимодействие компонентов в мицеллах при низких температурах в диапазоне 20-30°C лучше, чем при повышенных температурах.

#### **Список литературы:**

1. Богомолов Б.Д. Переработка сульфатных и сульфитных щелоков. – М: Лесная промышленность, 1989. С. 24-27.
2. Holland, P.M. Mixed Surfactant systems / P.M. Holland, D.N. Rubingh // American Chemical Society Symposium. –Washington: Amer. Chem. Soc., 1992. –P.491.
3. Rosen M.J., Surfactants and Interfacial Phenomena / 3rd ed. New York: John Wilkey & Sons, 2004/ 444 p.

**А.В. Шибанова, Е.С. Цобкалло, О.А. Москалюк**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ ВОЛОКНИСТЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Развитие современной науки и техники предполагает создание и внедрение новых композиционных материалов, обладающих определёнными эксплуатационными свойствами, такими как прочность, жёсткость, износостойкость и др. Одним из перспективных методов получения таких материалов является модификация волокнообразующих полимеров дисперсными наполнителями, а в последние годы —

ультрадисперсными и наноразмерными. Использование нанодисперсных наполнителей для модификации полимеров может обеспечить получение материалов с уникальными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Полимерные волокнистые материалы широко используются для создания специальных текстильных материалов от бытового до технического назначения. Устойчивость к истиранию, важнейшая эксплуатационная характеристика, определяющая качество текстильных материалов и срок их службы. Выбор конкретной методики оценки для определения износостойкости волокнистого материала, параметров и режима испытаний существенным образом зависит от условий эксплуатации изделий из этого материала [1,2].

Лабораторные образцы волокнистых композиционных материалов на основе полиэтилентерефталата и неорганических дисперсных наночастиц - диоксида кремния и оксида алюминия (0-10 масс.%  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), изготавливались по расплавной технологии, с использованием двухшнекового микрокомпаундера DSM Xplore 5 ml Microcompounder (Нидерланды). Далее, полученные композиционные мононити подвергались высокотемпературной ориентационной вытяжке. Был проведён комплекс испытаний для определения деформационно-прочностных свойств на универсальной установке Instron-5943 (США). Исследования устойчивости нитей на самоистирание до разрыва проводились на установке ИШН-10, а устойчивость нитей к абразивному изнашиванию проводились на специально созданной лабораторной установке, имитирующей условия эксплуатации технических текстильных материалов в реальных производственных условиях.

На основе одноосного растяжения определены основные механические характеристики ориентированных волокнистых композиционных материалов. Показано, что при введении нанонаполнителей существует оптимальная их концентрация, приводящая к повышению прочности, жесткости и износостойкости ориентированных волокнистых композиционных материалов.

#### **Список литературы:**

1. Москалюк О.А., Цобкалло Е.С., Юдин В.Е, Шибанова А.В., Малафеев К.В., Pierfrancesco Morganti. Влияние функциональных дисперсных наполнителей на механические свойства волокнистых полимерных композиционных материалов // Химические волокна, 2018. №3, С. 67-71.
2. Шибанова А.В., Цобкалло Е.С., Соколов В.П. Разработка лабораторной установки и методики испытания волокон и нитей на истирание по абразиву // Известия высших учебных заведений. Технология лёгкой промышленности, 2019. №1. С. 93 – 97.

**Н.В. Дащенко, А.М. Киселев**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и  
дизайна

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОФИЛЬНЫХ НАНОЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

Анализ литературных сведений показывает, что для модификации текстильных волокнистых материалов значительный интерес представляют наноэмульсии на основе аминокремнийорганических соединений. При обработке материала такими эмульсиями со средним размером частиц дисперсной фазы 60-80 нм сохраняется его структура, повышается гидрофильность, сообщается комплекс улучшенных потребительских и специальных свойств. При расположении на поверхности волокнистого субстрата аминокремнийорганические нанопленки проявляют компрессионный эффект, повышая модуль упругости волокон (нитей, пряжи). Доказано, что диффузия газов ( $O_2$ ,  $N_2$  и др.) через такие пленки не встречает затруднений, вследствие чего обрабатываемый материал и изделия на его основе сохраняют высокую воздухопроницаемость и характеризуются хорошими санитарно-гигиеническими показателями.

Традиционные кремнийорганические препараты чаще всего гидрофобизируют текстильный материал, но при применении гидрофильных наноэмульсий проблема гидрофилизации поверхности волокнистого материала может решаться введением в структуру макромолекул положительно заряженных третичных или четвертичных аммониевых групп в центре или по бокам основной цепи, а также комбинированием силиконовых полимеров с гидрофильными высокомолекулярными соединениями (полиэтилен- и полипропиленгликоли, поливиниловый спирт, поливинилпирролидон и др.). Отличительной особенностью наноэмульсионных препаратов данного типа является способность к гидрофобизации гидрофильных и гидрофилизации гидрофобных волокнистых материалов. Проведенные исследования показали, что при гидрофилизации полиэфирного субстрата повышаются показатели гигроскопичности и сорбционной активности, создаются благоприятные условия для его отделки и колорирования.

Действие рассматриваемых наноразмерных препаратов, в особенности, в сочетании с фторакриловыми и фторкарбонowymi сополимерами имеет комплексный характер и позволяет в режиме однократной обработки текстильного материала обеспечить одновременное достижение нескольких отделочных эффектов (водо-, масло-, грязеотталкивание, несминаемость, формоустойчивость и др.). Эффективность наноразмерных препаратов обусловлена спецификой строения и свойств сформированных на поверхности субстрата покрытий.

На основании рассмотрения механизма формирования пленочных покрытий на основе аминокремнийорганических, фторакриловых и фторуглеродных сополимеров, содержащих гидрофильные группы, способных к регулированию гидрофильно-липофильного баланса поверхности синтетических материалов, осуществлен обоснованный выбор гидрофильных аминокремнийорганических наноэмульсий (KF-94, KF-nano, Rucostar E<sup>3</sup>), применение которых для модификации полиэфирных и полиамидных тканей позволяет сообщить им мембранный эффект и улучшить показатели водо-, масло- и грязеотталкивающих свойств.

**А.В. Соколов<sup>1</sup>, Р.В. Королёв<sup>1</sup>, Т.И. Самсонова<sup>2</sup>, В.П. Галицын<sup>2</sup>,  
П.М. Пахомов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Тверской государственной университет

<sup>2</sup>НИИ синтетического волокна с экспериментальным заводом

## **АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПАРАФИНОВОГО РАСТВОРИТЕЛЯ ОТ КИСЛОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОЛОКОН ИЗ СВМПЭ МЕТОДОМ ГЕЛЬ-ФОРМОВАНИЯ**

В РФ созданы предпосылки для разработки новейшей защитной экипировки 3-го поколения из композитов на основе арамидных волокон типа «Русар» и волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). На площадке НИИ синтетического волокна г. Тверь реализован основной промышленный способ получения высокопрочных волокон из СВМПЭ методом гель-формования.

Как известно, отечественный метод гель-формования предполагает растворение полимерного порошка СВМПЭ в вазелиновом масле (ВМ) при 170°C (ГОСТ 3164-78) и получении полуразбавленных прядильных растворов с концентрацией полимера по массе 3-10%. ВМ и СВМПЭ подвержены термоокислительной деструкции, сопровождающееся изменением окраски ВМ от жёлтой до коричневой и образованием продуктов деструкции СВМПЭ, что объясняется появлением и увеличением концентрации кислородосодержащих групп в их химическом составе и негативно сказывается на свойствах волокон.

Избирательное удаление окисленных полярных групп из неполярного углеводородного растворителя возможно физико-химическим методом адсорбционной очистки с использованием полярных адсорбентов.

В связи с этим целью работы становится очистка (осветление) потемневшего ВМ от кислородосодержащих групп адсорбционным методом

В качестве адсорбента использовали отсев алюмосиликатного катализатора (фракции 0-1 мм) компании ООО "Авис" г. Кириши. Осветление ВМ осуществляли методом адсорбционной очистки контактным способом, который заключался в перемешивании навески темного масла и навески адсорбента на магнитной мешалке в течение определённого времени при температуре 60°C с последующей фильтрацией ВМ от адсорбента. Для повышения эффективности адсорбент подвергался прокаливанию при температуре 140°C в течение двух часов, ВМ подвергалось фильтрации, а также оба компонента дегазировались вакуумированием. Оценку эффективности осуществляли по методике определения цветности [Вестник ТвГУ: Серия Химия. 2019. № 2. С. 127].

Исследовалась эффективность осветления в зависимости от следующих параметров: размера фракции адсорбента: (0–0.25; 0.25–0.5; 0.5–0.1; 0–1); концентрации адсорбента (15 – 30%); времени контактирования (12 – 36 ч); количества циклов осветления (1; 2 или 3). Установлено, что увеличению эффективности очистки способствует использование мелкодисперсной фракции 0–0.25; повышение концентрации и продолжительности процесса адсорбции, проведение двух циклов адсорбции. Показано, что в начале процесса осветления удаляются асфальто-смолистые вещества, имеющие большую полярность, снижение цветности с 6.5 (коричневый) до 6.0 (желтый). Поэтому, целесообразно проводить первый цикл осветления за время 0.5 часа с использованием 3% адсорбента. Затем замену адсорбента на новый и далее второй цикл. Наилучший результат (снижение цветности с 6.5 ед. цветности

(коричневое) до 3.8 ед. цветности (светло-желтый)) достигнут при использовании 30% адсорбента в течение 36 часов.

### **З.Ш. Исламова, Х.Т. Хамроева, А.А. Миратаев, И.А.Набиева**

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

#### **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ ХОЛОДНЫМ СПОСОБОМ**

Вследствие очень высокой чувствительности шерстяного волокна к действию высоких температур и к концентрированным растворам химических реагентов наибольший практический интерес представляют способы крашения, при пониженной температуре обеспечивающие минимальное повреждение волокон. Максимальное сохранение прочностных свойств шерстяного волокна при крашении является одним из факторов улучшения дальнейших процессов механической переработки в прядильном производстве. Снижение температуры крашения шерсти на 15-20<sup>0</sup>С способствует сокращению расходов энергии, воды и пара, что является одним из путей достижения ресурсосбережения в красильно-отделочном производстве текстильных предприятий [1]. Сохранение всех качественных показателей присущих шерстяным волокнам в процессах химической и механической отделки является весьма актуальным. В этом аспекте способ холодного крашения нерастворимыми азокрасителями волокнистых материалов является более ресурсосберегающим [2].

Нами исследован холодный способ крашения местной грубой шерсти. Для холодного способа крашения шерсти используется только раствор диазосоставляющего, в качестве азосоставляющего вступают остатки аминокислот макромолекулы белка шерстяного волокна. Крашение шерсти после подготовительных процессов к крашению проводили путем обработки раствором соли диазония с содержанием поверхностно-активного вещества. В качестве соли диазония использовали раствор диазоля оранжевого О. Цвет шерсти, получается, от светло-оранжевого до тёмно-оранжевого.

Исследование степени изменения цветовых характеристик шерсти после крашения проводили на лабораторном колориметре в стандартном излучении D<sub>65</sub>. Для удобной систематизации различных характеристик цвета и подбора гармоничных сочетаний цветов использовали системы цветовых кругов и цветовая модель L.a.b. [3]. Полученные экспериментальные данные показали, что образец, окрашенный в слабокислой среде характеризуется наименьшей интенсивностью, светлотой и цветовым тоном, чем образцы, окрашенные в рН средах равных 7 и 8. В этих образцах значение координаты  $b^*$  перемещается с желтого в сторону синего, также координата  $a^*$  со снижением значения рН среды происходит незначительное движение цвета в сторону зеленого. Цветовой тон и насыщенность цвета в образцах, окрашенных в слабокислой среде снижается. Степень насыщенности этих образцов свидетельствуют, что крашение в слабокислых средах способствует приближению цветов к центральной оси в цветовом пространстве  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , т.е. чистота цвета снижается, что связано с природным оттенком шерсти. Во всех образцах прочностные показатели полученных окрасок имеют высокие значения.

### **Список литературы:**

1. Тасымбекова А.Н. Разработка ресурсосберегающей технологии крашения шерстяных материалов. Дисс. на соис. уч. ст. доктора фил. (PhD). 2015. 162 с.
2. Тараканова Л.И., Сафонов В.В., Кобраков К.И., Станкевич Г.С. Способ холодного крашения нерастворимыми азокрасителями шерсти Патент RU 2462544, опубл. 27.09.2012.
3. CIE International Commission on Illumination, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color-Difference Equations, Psychometric Color Terms, Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15, Colorimetry, 1971 and 1978.

### **Д.В. Вольнова, Е.С. Цобкалло, Г.П. Мещерякова**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ПРОЦЕССОВ В ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ**

Синтетические полимерные материалы в настоящее время зачастую подвергаются модификации для достижения требуемых эксплуатационных свойств. Один из наиболее эффективных способов модификации состоит в создании композитных материалов (КМ) путём введения в полимерную матрицу соответствующих наполнителей. Полимерные синтетические материалы, как правило, характеризуются очень низкой проводимостью из-за малого количества несвязанных заряженных частиц в их структуре, что приводит в ряде случаев крайне нежелательному и опасному явлению - накоплению статистического заряда на их поверхности. Один из наиболее эффективных способов повышения скорости стекания заряда состоит в создании КМ, т.е. в полимерные материалы (матрицы) добавляют вещества, в виде проводящих частиц (наполнителей). Получение экспериментальных результатов при исследовании КМ свойств является достаточно трудоёмкой и сложной задачей [1-3]. Поэтому математическое описание экспериментальных зависимостей и моделирование физических процессов в КМ играет важную роль, так как позволяет проводить как интерполяцию так и экстраполяцию экспериментальных результатов. При наполнении диэлектрических материалов электропроводящими частицами концентрационные зависимости электропроводности этих материалов, как правило, носят пороговый характер. Область пороговых значений является важнейшей характеристикой процессов подобного рода. Целью настоящей работы является математическое моделирование концентрационных зависимостей электрического сопротивления композиционных материалов, полученных на основе полимерной матрицы и углеродных наночастиц. В качестве полимерной матрицы использовался изотактический полипропилен, наполнителей - углеродные наночастицы. Получены экспериментальные концентрационные зависимости электрического сопротивления композитных пленочных нитей КМ. Моделирования процесса электропереноса основывалось как на физических подходах с привлечением структурных экспериментальных данных, так и вероятностных, связанных с образованием проводящих кластеров в системе диэлектрик-проводник. На основе предложенной



модели определены важнейшие параметры процесса электропереноса в КМ – пороговые и конечные значения концентраций наполнителя.

#### **Список литературы:**

1. Москалюк О.А., Алешин А.Н., Цобкалло Е.С., Крестинин А.В., Юдин В.Е. Электропроводность полипропиленовых волокон с дисперсными углеродными наполнителями. // Физика твердого тела. 2012, том 54, вып. 10 С.1994-1998.
2. Цобкалло Е.С., Москалюк О.А., Степашкина А.С., Юдин В.Е. Трансэнергопластики на основе пленочных композиционных материалов. Химические волокна, №4. 2018 г. С.22-27.
3. Цобкалло Е.С., Вольнова Д.В., Мещерякова Г.П. Взаимосвязь математического и структурного моделирования электропроводящих свойств композиционных пленочных нитей с изотропными и анизотропными углеродными нанонаполнителями. // Химические волокна, 2020. №3. С.8-14.

**А.А. Абдумажидов, Х.С. Шорахмедова, А.А. Миратаев, И.А. Набиева**

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

#### **ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАКУЛАТУРЫ В СОСТАВЕ СЫРЬЯ ПИСЧЕ-ПЕЧАТНЫХ БУМАГ**

Известно, что в странах, где отсутствует лесное хозяйство, в качестве сырья для бумаги в основном используют целлюлозу однолетних растений и макулатуру. Качество макулатуры, используемой в производстве бумаги и картона, должно отвечать требованиям соответствующего ГОСТ, к сожалению, загрязненности макулатуры, в мировой практике изучены в недостаточно полном объеме. Очистка макулатуры с последующим белением важно при использовании макулатуры в составе сырья для получения писче-печатных видов бумаги [1].

Объектом исследования была выбрана макулатура марки МС-3. Так как она состоит из книг, журналов и различных архивных бумаг, при её очистке существует проблема удаления типографической краски, обесцвечивание массы и желательное беление [2]. Типографическая краска является многокомпонентной сложной системой. Поэтому чтобы выводить её из макулатурной массы сначала необходимо разлагать пленкообразующего компонента (олифа), являющегося жиро-восковым веществом, состоящий из жирных кислот, которые не растворяются в воде. Они переходят в растворимую форму в растворе щелочи. Соответственно, очистку (промывку) макулатурной массы проводили в растворе щелочи NaOH. Под действием щелочи при высоких температурах макулатура сначала набухает, размеры пор увеличиваются в несколько раз, под действием щелочи жиро-восковые вещества гидролизуются и образуют натриевые соли жирных кислот.

Были изучены влияние нескольких основных факторов процесса очистки на качественные показатели очищенной макулатуры и рекомендованы их необходимые значения. Также был поведен процесс обесцвечивания и беления макулатуры в растворе гипохлорита натрия. Гипохлорит натрия является сильным окислителем, в текстильной промышленности широко используется в качестве отбеливателя. Изучены

основные факторы процесса беления (концентрация, температура обработки и продолжительность обработки) и рекомендованы их необходимые значения.

Таким образом, для удаления из массы макулатуры типографической краски и обесцвечивания её предложено щелочная отварка, с последующим белением с помощи гипохлорита натрия. Экспериментально изучены, установлены и рекомендованы оптимальные значения влияющих факторов вышесказанных процессов, обеспечивающих наилучшие качественные показатели макулатурной массы, пригодной для получения писче-печатных видов бумаг.

#### **Список литературы:**

1. Облагораживание макулатуры. Deinking of waste paper: Пат. 8815051 США, МПКД21В 1/08 (2006.01); Basilio Cesar I., Sheppard Steven W., Thiele Kaolin Co. N 13/317438: Заявл: 18.10.2011.; Оpub. 26.08.2014.
2. Абдумажидов А.А., Алимова Д.А., Миратаев А.А., Набиева И.А. “Изучение возможности использования вторичных ресурсов для композиции писче-печатных видов бумаги”. Научно-методический журнал «Вестник науки и образования», №12, Москва, сентябрь 2018 г.

**Н.Д. Набиев, Ф.С. Усманова, А.С. Рафиков**

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

### **ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОТДЕЛКИ СМЕСОВЫХ ТКАНЕЙ**

Одежда со специальными свойствами - один из самых быстрорастущих секторов текстильной промышленности. Рост рынка ускоряется появлением новых инноваций в тканях и технологических новшествах. Развитие тканевой промышленности привело к созданию высокотехнологичных защитных тканей. Эти ткани обладают высокой прочностью на разрыв, устойчивостью к порезам и даже более высокой износостойкостью и долговечностью [1]. В наиболее востребованных рынках с точки зрения экологической устойчивости, токсикологической приемлемости химических веществ, производительности и стоимости многие антипирены сейчас ставятся под сомнение [2]. Улучшение огнезащитности смесовых тканей намного сложнее, чем отдельно состоящих волокон, что связано плохой сорбционной способностью химических волокон.

Нами изучено возможность применения эффективных составов для огнезащитной обработки хлопко-нитроновых тканей. В исследованиях использованы традиционные физико-механические методы оценки свойств смесовых текстильных материалов до и после химической обработки, а также современные методы физико-химических исследований, таких как инфракрасная спектроскопия.

Исследован процесс придания огнестойкой отделки хлопко-нитроновой смесовой ткани технического и бытового назначения составом на основе фосфорной кислоты, предложен технологический режим для проведения процесса. Теоретически и экспериментально обосновано влияние фосфорной кислоты на процесс придания огнезащитной отделки хлопко-нитроновой смесовой ткани технического и бытового назначения. Разработана теория совмещения процессов малоусадочной и огнезащитной отделки. На основе полученных экспериментальных результатов рекомендована

технология и составы для малоусадочной и огнезащитой отделки смесовой ткани. Технология и состав аппрета для малоусадочной отделки: пропитка (Ves Anti Crease SB-38 – 15 г/л;  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  - 9 г/л; ПВА- 15 г/л; pH- 10÷11; T-30°C; продолжительность обработки- 1 минут) → Отжим 90% → Сушка 105°C,  $\tau = 5$  минут → Термообработка 140°C,  $\tau = 5$  минут. Технология и состав антипирена для огнезащитной отделки: пропитка в составе содержащий фосфорную кислоту 200 г/л, мочевины 200 г/л, жидкого аммиака 120 г/л при pH- 7±0.5; T-18-20°C; в течении 1 минуты → отжим 80-90% → промывка (холодная вода) → отжим (влажности 5-10%) → термообработка T=100°C,  $\tau = 10$  сек. Изучено влияние совмещенной технологии малоусадочной и огнезащитной отделки смесовой ткани двухваннным и однованным способами на упруго-эластические свойства ткани. Экспериментально установлено, что использование однованного и двухваннного способов отделки практически не влияют на сминаемость ткани, однако явное изменение наблюдается на показателях усаживаемости изучаемых тканей. Сравнение результатов воспламеняемости этих образцов показало, что у всех образцов, обработанных по однованному способу отделки высота возгорания примерно на 10 раз меньше по сравнению с показателями, полученными по двухваннному способу, что также обнаружено по потерям массы тканей. Установлено преимущество однованного способа заключительной отделки.

#### **Список литературы:**

1. URL: <https://technicaltextile.net/articles/fire-retardant-fabrics-3131>.
2. Horrocks A.R. Flame retardant challenges for textiles and fibers: New chemistry versus innovatory solutions Polymer Degradation and Stability 2011. 96(3): p.377-392.

**В.А. Логинова, И.С. Пронина, А.В. Чешкова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

#### **ФЕРМЕНТАТИВНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЛЬНА В ТЕХНОЛОГИЯХ КОТОНИЗАЦИИ**

Применение лигноцеллюлозы, в качестве компонента волокнисто-полимерных материалов, является значимым в области расширения сферы применения отходов льнопроизводства и получения новых материалов. Содержание лигнина в коротком льноволокне №2 достигает 30%, а в котонине в зависимости от технологии котонизации от 2 до 15%. Полифункциональность лигнина, наличие в нем электронодонорных и электроноакцепторных центров, придают ему амфолитный характер, то есть способность выступать в кислой среде в роли основания, а в основной среде в роли кислоты. Это делает лигнин ценным компонентом природного композита. Его биоцидные свойства и полифункциональность интересны для создания сорбентов.

Задача разволокнения льна с целью повышения его удельной поверхности при условии сохранения лигнина решалась путем использования маломодульных технологий с нанесением растворов ферментов на волокно через спрыски. Использовались экологически ориентированные ферменты FibreZyme LBL, Вискозим L (Viscozyme L). Установлено, что при орошении сырья до влажности более 20%, достигается разволокнение пучка до тонины волокон менее 45 мкм, а при влажности 50% - до 28 мкм. Увеличение капиллярности, изменение микрорельефа поверхности

волокон, частичное удаление гемицеллюлоз, выполняющих роль гидрофобного “аморфного наполнителя” и занимающих пространство между микрофибриллами целлюлозы, а также образование микропор и повышение удельной поверхности обеспечивают высокую способность ферментативно котонизированных волокон к набуханию. Нарушение связей лигнин-гемицеллюлозы, а также специфическое изменение морфологии комплексного льноволокна приводит к изменению соотношения гидрофобных и гидрофильных групп (-COOH, -OH) в субстрате.

Влияние ферментативной котонизации комплексного льноволокна на эффективность дезкранирования ароматических соединений лигнина от нецеллюлозных полисахаридов производилась по реакции азосочетания полифенолов с диазолом. В процессе ферментной обработки и удаления части адсорбированного ксилана и пектинов раскрывается микрокапиллярная структура целлюлозы и дезкранируется сам лигнин, способствуя повышению сорбции диазосоставляющей (диазоля алого К) в слабощелочной среде. На спектрах окрашенных продуктов реакции наблюдается длинноволновый максимум при 500 нм, связанный с образованием красно-оранжевых азолигнинов. Причем, в отличие от спектров азолигнинов нативного короткого льноволокна, наблюдается значительное повышение характеристического максимума окрашенных комплексов лигнин-диазол и смещение его в длинноволновую часть спектра с 400 до 500 нм и 525-530 нм. Полученные результаты являются подтверждением вывода о том, что интенсивность окрашивания по реакции азосочетания, зависит не столько за счет большего содержания лигнина в волокне, сколько за счет его большей стереодоступности лигнина и ароматического ядра фенилпропановой единицы лигнина. Указанные особенности ферментативно котонизированного волокна свидетельствуют о его широких возможностях его использования в качестве сорбента и однородного армирующего наполнителя при получении технических материалов различного назначения.

*Работа выполнена при поддержке ГРАНТа РФФИ №180300221*

**Н.А. Топорищева, А.В. Чешкова, Е.Н. Мухина, А.А. Кузнецова, Т.С. Коткова**

Ивановский государственный химико-технологический университет

## **СОВМЕЩЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БИООТВАРКИ И КРАШЕНИЯ «СЕРЫХ» МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ КОТОНИНА ЛЬНА**

Основными направлениями экономического развития России является расширение ассортимента выпускаемой продукции, увеличение доли инновационных проектов, в том числе и в текстильной промышленности за счет применения доступных и экологических технологий. В настоящем исследовании применен подход к сокращению стадийности процесса отделки при получении гладкокрашенных тканей и снижению антропогенного воздействия на окружающую среду за счет исключения «агрессивной» стадии беления. Исключение экологически опасных обработок входит в стратегические инициативы, например, «ФГУП ВНИИ СМТ «НТД-39». Нами оценена возможность получения оригинальных гладкокрашенных котонинсодержащих тканей (котонин от 10 до 90%) с поверхностной плотностью от 205 до 425 г/м<sup>2</sup>. С учетом высокого потенциала предприятий по производству котонина, в том числе в г. Южа

Ивановской области и широких возможностей отделочных производств РФ. Нами установлено, что вложение котонина более 25% приводит к получению природноокрашенных тканей, которые отбеливать нецелесообразно из-за потери массы более 30% и котонизации комплексного волокна льна. Поэтому для освобождения от нецеллюлозных окрашенных примесей, придающих тканям низкую белизну и желтизну, требуются особые подходы к организации процессов. Результаты производственных испытаний крашения ферментативно расшлихтованных серых тканей активными красителями (Безактивы) в сравнении с отбеленной льняной тканью показали существенное влияние содержания котонина на цветовые характеристики. Так, при содержании котонина 40% в ткани показатель цветового различия DE соответствует 3,7, для 50% – 5,8, для 80% – 5,2, а для 90% – 6,0. Подобная зависимость наблюдается для показателя светлоты (DL). При повышении содержания котонина, отмечается увеличение желтизны (Db) на две единицы и красноты (Da) более чем на 3 ед.

Следствием целенаправленной модификации нативной целлюлозы, в процессе ферментативной обработки от 15 до 180 минут комплексом карбогидраз, нарушающим лигноуглеводную структуру нативной льняной целлюлозы и обеспечивающим образование системы микрокапилляров, является удаление примесей, повышение белизны на 5-15 ед., капиллярных свойств тканей с 40 мм/ч до 110 мм/ч, а также сорбционной восприимчивости и реакционной способности целлюлозы по отношению к активным красителям за счет дезкранирования гидроксильных групп целлюлозы от гидрфобного лигнина. Осуществлена оптимизация длительности ферментативной обработки, благоприятствующей протеканию процесса крашения, с целью получения прогнозируемых колористических эффектов для джиггеров и эжекторов. При этом установлен рост насыщенности (S) с 68 до 80, снижение светлоты (L) с 72 до 53 и желтизны. По цветовым характеристикам ткани с вложением котонина от 30 до 50% котонина ближе к полульняным отбеленным тканям, а при вложении котонина от 50 до 90% – к кислованным. Все ткани имеют высокую устойчивость окраски к физико-химическим воздействиям, совмещение процесса биоотварки и крашения позволяет сократить технологический цикл отделки, расход пара и воды более чем в 2 раза и тем самым позволяет рекомендовать технологии к широкому внедрению.

Научное издание

# **ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ О ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
Международной научной конференции

Оригинал-макет подготовлен Е. С. Чистяковой

Подписано в печать 16.10.2020 г. Формат 60×84 1/16.  
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 6,4 Тираж 500 экз. Заказ 477  
Электронный адрес: [sci\\_conf@mail.ru](mailto:sci_conf@mail.ru)

Отпечатано в типографии ФГБОУВО «СПбГУПТД»  
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26