

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

Санкт-Петербургский государственный университет технологии  
и дизайна

Международная научная конференция  
и VIII Всероссийская олимпиада молодых ученых  
**НАНОСТРУКТУРНЫЕ, ВОЛОКНИСТЫЕ  
И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

10 – 14 мая 2012 г.  
Санкт-Петербург



## Тезисы докладов



**РОСНАНО**

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ  
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ



**СОЮЗКОМПОЗИТ**  
Союз производителей композитов  
[www.uncm.ru](http://www.uncm.ru) e-mail: [info@uncm.ru](mailto:info@uncm.ru)



# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция I. Наноструктурные материалы и нанотехнологии

<b>Анущенко Т.Ю.</b> .....	8
Антимикробные полимерные имплантаты с покрытием из наночастиц серебра	
<b>Афонина А.В.</b> .....	9
Анодное интеркалирование графита для получения прекурсоров графена	
<b>Васильева А.А.</b> .....	10
Влияние силикатных и углеродных наномодификаторов на свойства эпоксидных композиций	
<b>Гришина М.А.</b> .....	11
Моделирование электропроводящих процессов в наполненной углеродными наночастицами термопластичной матрице	
<b>Гудкова В.И.</b> .....	12
Снижение пожарной опасности пластифицированного поливинилхлорида с использованием наноразмерных соединений	
<b>Гусейнов Р.Д., ДангКонгНгиа</b> .....	13
Влияние нанодиоксида титана на фотополимеризацию каучуков в метилметакрилатных растворах	
<b>Житенева Д.А.</b> .....	14
Исследование вязкости растворов полиакрилонитрила, содержащих углеродные наночастицы	
<b>Игнатьева Н.Ю.</b> .....	15
Регулирование состава бумагоподобных минеральноволокнистых нанокмпозитов для улучшения свойств	
<b>Комиссарова Д.А., Скорина А.С., Сайкова О.А., Борзенко К.Ю.</b> .....	16
Визуализация наноструктур	
<b>Крисковец М.В.</b> .....	17
Электрофизические свойства углеродных дисперсий, модифицированных частицами серебра	
<b>Лекомцева Е.В.</b> .....	18
Структурные превращения металлокомплексов фталоцианина	
<b>Москалюк О.А.</b> .....	19
Антистатические полипропиленовые волокна, содержащие углеродные нанонаполнители, с улучшенными механическими свойствами	
<b>Мостовой А.С.</b> .....	20
Модификация поверхности полтитанатов калия и изучение свойств эпоксидных композитов на их основе	

<b>Попрядухин П.В., Добровольская И.П., Юдин В.Е.</b> .....	<b>21</b>
Влияние наночастиц хризотила, галлуазита и хитина на структуру и свойства хитозановых волокон	
<b>Пустовойтова Ю.В.</b> .....	<b>22</b>
Изучение мультислойных наноструктурированных пленок коллагена	
<b>Саклакова Е.В.</b> .....	<b>23</b>
Декорирование активированных углеродных волокон нано-, микрочастицами висмута и серебра	
<b>Симаненкова О.М., Куринова М.А., Сони́на А.М.</b> .....	<b>24</b>
Свойства формовочных растворов хитозана, поливинилового спирта и их смесей и электроформование нановолокон	
<b>Симонов Д.А.</b> .....	<b>25</b>
Изучение влияния радиуса частиц латекса поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата на эффективность снижения смачиваемости	
<b>Соловей В.Н.</b> .....	<b>26</b>
Получение и исследование свойств активированных углей, модифицированных фуллеренами различными способами	
<b>Супрун А.М.</b> .....	<b>27</b>
Анализ механизма гелеобразования в растворах низкомолекулярных соединений	
<b>Танцеров А.А.</b> .....	<b>28</b>
Электрохимическое формирование окрашенных оксидных наноструктур на алюминии	
<b>Тихомирова А.Д.</b> .....	<b>29</b>
Исследование бактерицидных свойств сорбирующих материалов, модифицированных фуллеренами	
<b>Хилько А.А.</b> .....	<b>30</b>
Изучение плазменного процесса извлечения цинка из металлургической пыли и возможные направления использования полученного нанопорошка	
<b>Юсупов Х.У.</b> .....	<b>31</b>
Модификация вторичного поливинилбутираля микро- и нанодисперсными полититанатами калия	

## **Секция II. Традиционные полимерные материалы**

<b>Абрамов И.Н.</b> .....	<b>32</b>
Изменение наноструктуры целлюлозы древесины лиственницы в процессе сушки	

<b>Айнетдинов Д.В., Александров Г.В.</b> .....	<b>33</b>
Армирование как способ повышения комплекса свойств катионообменных мембран «Поликон»	
<b>Анкудинов А.В., Куликова М.Ю.</b> .....	<b>34</b>
Функциональные добавки для термопластичных эластомеров	
<b>Багданас Х.А.</b> .....	<b>35</b>
Получение и исследование антимикробной полигликолидной нити с полимерным покрытием	
<b>Байкина А.В.</b> .....	<b>36</b>
Разработка состава авиважной ванны в технологии полиакрилонитрильного волокна	
<b>Батура М.Н., Тюрин И.А.</b> .....	<b>37</b>
Модификация полимерной матрицы композиционных хемосорбционных волокнистых материалов ультрадисперсными добавками	
<b>Варюхин В.В.</b> .....	<b>38</b>
Изучение функциональных свойств хемосорбента на основе модифицированной фенолформальдегидной катионообменной матрицы и термо- и СВЧ-обработанного базальтового волокна	
<b>Городнякова И.С.</b> .....	<b>39</b>
Исследования процесса формования полиакрилонитрильного волокна с повышенной прочностью	
<b>Городнякова И.С.</b> .....	<b>40</b>
Разработка проекта пилотной установки для получения полиакрилонитрильного волокна	
<b>Губская М.И.</b> .....	<b>41</b>
Исследование влияния содержания волокна терлон на термостойкость органопластиков на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена	
<b>Дю А.В.</b> .....	<b>42</b>
Базальтовое волокно, как сырье для капиллярно-пористых композиционных материалов	
<b>Еремеева Н.М.</b> .....	<b>43</b>
Сорбенты на основе модифицированных растительных отходов	
<b>Зарудний Я.В., Куцов Д.А.</b> .....	<b>44</b>
Изучение динамических термоэластопластов на основе полимеров различной природы	
<b>Зиядова Т.М.</b> .....	<b>45</b>
Исследование поверхности полиамидных пленок при модификации макрогетероциклами	
<b>Ибаев М.О.</b> .....	<b>46</b>
Совершенствование технологии полимерной арматуры из реактопластов с применением постоянного электрического поля	

<b>Ибатуллина А.Р.</b> .....	<b>47</b>
Создание композиционных материалов на основе арамидных волокон с применением плазменной обработки	
<b>Казаков Д.А.</b> .....	<b>48</b>
Реологические исследования растворов ПА-6 для оценки его микронеоднородности по молекулярной массе	
<b>Казаков И.А.</b> .....	<b>49</b>
Влияние давления связующего и внешнего силового воздействия на напряженно-деформированное состояние материала в процессе пултрузии	
<b>Квачев К.В.</b> .....	<b>50</b>
Математическое моделирование механики процесса пултрузии изделий из полимерных композиционных материалов	
<b>Котова А.А., Ситникова В.Е.</b> .....	<b>51</b>
Влияние морфологии реакторных порошков СВМПЭ на способность к гелеформованию и ориентационному вытягиванию волокон	
<b>Кузнецов А.Г.</b> .....	<b>52</b>
Использование биополимера арабиногалактана при производстве целлюлозных композиционных материалов	
<b>Кушугалиева А.С.</b> .....	<b>53</b>
Эпоксидные компаунды, наполненные натрием кремнефтористым	
<b>Литовченко Д.И.</b> .....	<b>54</b>
Гелевые составы на основе акриловой кислоты для полимерных слоев многослойных светопрозрачных пожаробезопасных строительных конструкций	
<b>Лурье К.Д., Улегин С.В.</b> .....	<b>55</b>
Базальтонаполненные эпоксидные компаунды	
<b>Малкина А.В.</b> .....	<b>56</b>
Разработка токопроводящих композиционных материалов с углеродными наполнителями	
<b>Медникова А.А.</b> .....	<b>57</b>
Изучение термомеханических свойств полиакрилонитрильных волокон и термостабилизированных полиакрилонитрильных волокон	
<b>Надежин П.А.</b> .....	<b>58</b>
Синтез димерных поверхностно-активных веществ – олигоэфиралкил -фосфатов	
<b>Некрытов П.С.</b> .....	<b>59</b>
Исследование ионообменных свойств волокнистых сорбентов	
<b>Никифоров А.В.</b> .....	<b>60</b>
Наполнители на основе отходов обмолота проса	
<b>Никульцева З.И.</b> .....	<b>61</b>
К вопросу о взаимосвязи параметров модификации и каталитических свойств полимерных материалов на основе ПАН волокон	

<b>Осипенко О.Н., Байкова А.Р., Брановец Н.А.</b> .....	<b>62</b>
Влияние природы кислотных сомономеров на синтез волокнообразующих сополимеров акрилонитрила	
<b>Осипенко О.Н., Рыбаков А.А., Огулик Ю.В., Тржецкая Л.О., Бойко В.М.</b> .....	<b>63</b>
Исследование термохимических свойств волокнообразующих сополимеров акрилонитрила, содержащих акриловую кислоту	
<b>Осипенко О.Н., Рыбаков А.А., Огулик Ю.В., Тржецкая Л.О., Свиницкая Н.Н.</b> .....	<b>64</b>
Анализ процесса термоокислительной стабилизации волокнообразующих сополимеров акрилонитрила, содержащих 2-акриламид-2-метилпропансульфо кислоту	
<b>Перминов Я.О.</b> .....	<b>65</b>
Влияние модификации поверхности углеродных волокон на физико-механические свойства углепластиков	
<b>Растрюгина Т.Е.</b> .....	<b>66</b>
Получение композитов на основе полиакрилонитрильных связующих, наполненных антипирирующими добавками, и исследование их термических свойств	
<b>Романовская Д.П.</b> .....	<b>67</b>
Технология получения биополимера хитозана с высокой степенью химической чистоты	
<b>Русова Н.В.</b> .....	<b>68</b>
Исследование свойств ПАН-волокон в процессе их термообработки	
<b>Рымкевич О.В.</b> .....	<b>69</b>
Особенности деформаций полимерного материала в различных температурных режимах	
<b>Сазонова Н.А.</b> .....	<b>70</b>
Размол, как путь направленного изменения микроструктуры композиционных материалов на основе целлюлозы лиственницы	
<b>Сальникова П.Ю.</b> .....	<b>71</b>
Изучение процессов карбонизации полимерных пленок, наполненных техническим углеродом	
<b>Сингин П.В.</b> .....	<b>72</b>
Влияние матрицы на основе смесей диацетата целлюлозы и поливинилформаль на свойства полимерных мембран, модифицированных тетрафенилпорфином	
<b>Стефаненко М.В., Городнякова И.С., Рыбаков А.А.</b> .....	<b>73</b>
Разработка технологии получения полилактидных волокнистых материалов	
<b>Стефаненко М.В., Пырх Т.В., Рыбаков А.А.</b> .....	<b>74</b>
Исследование процессов получения полимеров молочной кислоты	

<b>Тагиров А.Р., Лебедеко А.О.</b> .....	75
Модификация водоразбавляемых лакокрасочных материалов, наносимых методом электроосаждения, макрогетероциклическими соединениями	
<b>Тулицына Е.А.</b> .....	76
Исследование процесса термостабилизации ПАН волокна	
<b>Филатов В.А.</b> .....	77
Аппаратурно-технологическое оформление процесса синтеза полиамида-6 в твердой фазе	
<b>Храмова М.В.</b> .....	78
Исследование сорбционных свойств комбинированных сорбентов	
<b>Чепурнова Е. В., Куцов Д.А.</b> .....	79
Подбор пластификаторов для динамических термоэластопластов на основе полимеров олефиновой природы	
<b>Щекочихин И.В., Иванова А.В.</b> .....	80
Исследование термохимических превращений композиций на основе термостойких волокон	

### **Секция III. Макромолекулярные системы**

<b>Алейникова З.С.</b> .....	81
Введение перокси-групп в макромолекулы поливинилового спирта	
<b>Алейникова З.С., Тростянская М.В.</b> .....	82
Полимеризация ортокремневой кислоты	
<b>Бугаев С.В.</b> .....	83
Модификация сополимера акролеина с акриловой кислотой	
<b>Годлевская Н.А.</b> .....	84
Особенности радикальной сополимеризации метилметакрилата и природного металлопорфирина	
<b>Ким В.А.</b> .....	85
Прививка винилфосфоновой кислоты и ее производных на активные угли	
<b>Копылов А.В.</b> .....	86
Модификация хитозана трис-(гидроксиметил)фосфином	
<b>Куратова А.В.</b> .....	87
Модификация термоэластопластов многофункциональными соединениями	
<b>Попова В.А., Богданова К.А., Поскребка В.Л.</b> .....	88
Полимерные системы для струйной печати текстиля	
<b>Прутько А.А.</b> .....	89
Окислительная дегидрополиконденсация анилина в присутствии полимерных подложек	

<b>Сафронов С.А., Серегин А.И., Волосов И.В.</b> .....	<b>90</b>
Реакционное смешение полиэтилена высокого давления и хлорсульфированного полиэтилена	
<b>Сорокина Я.С., Алейникова З.С.</b> .....	<b>91</b>
Вулканизация резиновых смесей на основе этилен-пропилендиенового каучука пероксиацетальми	
<b>Степанов Г.В.</b> .....	<b>92</b>
Модификация эпоксидных смол винилфосфоновой кислотой и ее производными	
<b>Шилина В.В., Рожнова А.Д.</b> .....	<b>93</b>
Изменение УФ – спектров при полимеризации эпихлоргидриновых каучуков в метилметакрилате в процессе фотополимеризации	



# Секция I

## Наноструктурные материалы и нанотехнологии

### Антимикробные полимерные имплантаты с покрытием из наночастиц серебра

*Анущенко Т.Ю., аспирант*

*Руководители: к.х.н., проф. Жуковский В.А, к.т.н., доц. Хохлова В.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: ATU0106@yandex.ru*

Разработка методов придания хирургическим полимерным имплантатам антимикробных свойств является инновационным направлением в создании волокнистых материалов медицинского назначения. Имплантированные в организм полимерные материалы (сетчатые эндопротезы для пластики опорных мягких и др. тканей) достаточно быстро колонизируются микрофлорой, образующей на поверхности изделия биопленку, защищающую их от воздействия как факторов иммунной защиты организма, так и антимикробных препаратов. Целесообразно воздействие на микроорганизмы изнутри, т.е. непосредственно с поверхности имплантата, содержащего соответствующие лекарственные препараты. Это позволит снизить концентрацию препарата и локализовать его воздействие.

Особый интерес представляют препараты серебра, имеющие практически нулевой потенциал к возникновению резистентных штаммов и относящиеся к числу гипоаллергенных веществ. Разработан способ получения имплантатов для реконструктивно-восстановительной хирургии на основе биосовместимых полипропиленовых и поливинилиденфторидных мононитей с покрытием наночастицами серебра. Антимикробный имплантат получен путем химического осаждения серебра на его поверхности. Методом электронной микроскопии установлено, что покрытие состоит из равномерно распределенных на поверхности имплантата сферических наночастиц серебра размером 40–90 нм. Методами рентгено-флуоресцентной спектрометрии и методом Фольгарда установлено, что содержание серебра достигает 1,0–1,5 мг на грамм нити. При этом зона лизиса микрофлоры вокруг мононити составляет 3 – 4 мм, что достаточно, чтобы перекрыть всю площадь ячейки эндопротеза.

## **Анодное интеркалирование графита для получения прекурсоров графена**

*Афони́на А. В., аспирант*

*Руководители: д.т.н., проф. Финаенов А.И., к.х.н., доц. Забудьков С.Л.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: annaaf2009@rambler.ru*

Выявленные свойства графена показали потенциальную возможность его применения для создания сверхпроводников и новых электронных устройств. Получение графеновых препаратов осуществляется или конденсированием углерода в виде графеновых слоев на подложках, или расслаиванием высокоупорядоченного графита.

Расслоение графита проводят через синтез интеркалированных соединений. Традиционный химический способ не обеспечивает высокую степень расширения и сохранение планарности углеродных слоев. Электрохимическое интеркалирование графита анионами кислот ( $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) позволяет дозировать в регулируемом режиме заполнять графитовую матрицу с сохранением планарности углеродных слоев. Терморасширенный графит (ТРГ) на основе таких соединений имеет насыпную плотность  $< 1 \text{ г/дм}^3$ , т. е. в графитовых пачках содержится 5 – 8 углеродных слоев. Повторное электрохимическое интеркалирование ТРГ с последующим расслоением снижает содержание слоев в пачках до 2–3, позволяя получать графеновые препараты высокого качества.

Таким образом, электрохимическое интеркалирование графита обеспечивает получение высокорасщепленного ТРГ, последующая переработка которых позволит получать графеновые препараты с высоким выходом.

## **Влияние силикатных и углеродных наномодификаторов на свойства эпоксидных композиций**

*Васильева А.А., аспирант*

*Руководитель: к.т.н. Кычкин А.К.*

*Институт физико-технических проблем Севера им. В.П.Ларионова СО РАН*

*e-mail: kiir@mail.ru*

В настоящее время композиционные материалы нашли самое широкое применение в энергетике, автомобиле-, авиа- и судостроении, железнодорожном транспорте, транспортной инфраструктуре, строительстве и ЖКХ за счет разработки легких, высокопрочных и коррозионностойких конструкционных материалов. Дальнейшие перспективы существенного улучшения свойств открываются при создании композиционных материалов на основе полимерных матриц и различных волокон – армированных пластиков. Среди реакционноспособных полимеров, используемых в качестве матриц, особое место занимают наномодифицированные эпоксидные компаунды. Компоненты с наноразмерами, введенные в состав полимерной матрицы, улучшают их физико-механические, адгезионные и технологические свойства. Важным является и то, что для достижения высоких свойств достаточно введения наномодификаторов в незначительных количествах.

В настоящей работе исследовано влияние наноматериалов (НМ) углеродного и силикатного типов на физико-механические, технологические, адгезионные свойства эпоксидных композиций (ЭК).

В результате проведенных исследований было установлено:

- положительный эффект от модификации указанных полимерных матриц наноматериалами нескольких типов: углеродного (ультрадисперсный алмаз УДАГ-С, смесь фуллеренов), силикатного (нанодисперсный «Таркосил», органобентонит).
- при модификации связующих наноматериалом силикатного типа «Таркосил» в концентрации 0,25 % (масс.) наблюдается эффективное увеличение физико-механических свойств эпоксидных композиций.

Разработанные наномодифицированные эпоксидные композиции рекомендуются для производства стеклопластиковых изделий.

## **Моделирование электропроводящих процессов в наполненной углеродными наночастицами термопластичной матрице**

*Гришина М.А., студент*

*Руководитель: д.т.н., проф. Цобкалло Е.С.*

*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

*e-mail: m.a-grishina@mail.ru*

Цель данной работы – исследование электропроводности волокон на основе полипропиленовой (ПП) матрицы с наполнителями из углеродных нановолокон (УНВ) и многостенных нанотрубок (МСУНТ); разработка моделей и расчетных формул, учитывающих механизмы проводимости и позволяющих описать электропроводность композиционных волокон в зависимости от содержания и вида нанонаполнителей.

Исследовались модельные образцы волокон, полученные лабораторным способом. Показано, что уже при сравнительно малых концентрациях проводящих наполнителей (1 % и 1,5 % для МСУНТ и УНВ соответственно) электропроводность волокон существенно возрастает. Теоретическое описание зависимости удельной электропроводности от объемной доли наполнителя проведено на основе теории протекания и теории смесей с учетом неомического сопротивления диэлектрической прослойки между частицами проводящей фазы для неориентированных образцов, а также по разработанной модели, учитывающей структурные изменения в результате их ориентационной вытяжки. При расчете учитывалось также свойство МСУНТ, обладающих активной поверхностью, образовывать агрегаты. Аналитические зависимости, полученные в результате данной работы, достаточно точно описывают экспериментальные данные.

## **Снижение пожарной опасности пластифицированного поливинилхлорида с использованием наноразмерных соединений**

*Гудкова В.И., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Середина М.А.*

*Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина*

*e-mail: maseredina@mail.ru*

Поливинилхлорид (ПВХ) занимает одно из ведущих мест среди полимеров, выпускаемых мировой промышленностью. Получаемые на его базе материалы и изделия применяются для самых разнообразных целей во всех отраслях промышленности, в сельском хозяйстве и в быту. Кислородный индекс (КИ) пластифицированного ПВХ составляет 16–17 %. При горении ПВХ образуется плотный дым с высоким токсическим действием. Для снижения горючести ПВХ используют фосфор-, азот- и металлсодержащие замедлители горения (ЗГ) и интумесцирующие системы; а также наноразмерные оксиды и гидроксиды металлов.

Исследовано влияние наноразмерных оксидов металлов на термохимические превращения пластифицированного ПВХ. Введение в ПВХ наноразмерных частиц оксидов вольфрама приводит к повышению выхода карбонизованного остатка (КО) термолиза до 40 % (КИ=26,8 %) по сравнению с количеством КО (36,3 %) при термолизе композиции, содержащей наноразмерный оксид олова (КИ=25,3 %).

Огнезащитное действие наноразмерных оксидов металлов на термолиз ПВХ было изучено методами ИК-спектроскопии, дифференциальной сканирующей калориметрии, атомно-силовой микроскопии и пиролизной газовой хроматографии. Установлено, что указанные ЗГ действуют как интумесцирующие системы, вызывая образование пенококса на поверхности ПВХ, что способствует изменению теплового баланса горения полимера и снижению его способности к дымообразованию.

## **Влияние нанодиоксида титана на фотополимеризацию каучуков в метилметакрилатных растворах**

*Гусейнов Р.Д., студент, ДангКонгНгиа, аспирант*

*Руководитель: к.т.н., доц. Ваниев М.А.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: simuzer87@mail.ru*

Анализ специализированной литературы показывает, что ввиду высокой фотоактивности нанодиоксид титана (НДТ) все шире используется в качестве катализатора химических превращений, индуцированных УФ-облучением. В области полимерного материаловедения влияние НДТ наиболее исследовано в приложении к процессам фотодеструкции (преимущественно полиолефиновых термопластов) и лишь отрывочно – к закономерностям гомополимеризации мономеров, главным образом, метилметакрилата (ММА). Вместе с тем, практически не изучен комплекс вопросов, касающийся возможности гомогенизации НДТ в высоковязких растворах на основе систем типа каучук-мономер, особенностей их фотополимеризации и свойств композитов.

Цель работы - изучение влияния анатазной формы НДТ на фотополимеризацию уретанового и эпихлоргидриновых каучуков в ММА и оценка некоторых свойств получаемых материалов.

Обсуждаются результаты по эффективности диспергирования НДТ в зависимости от параметров ультразвуковой обработки и вязкости растворов. Приводятся данные УФ-спектроскопии по влиянию добавок НДТ на скорость фотополимеризации в исследуемых объектах. Показано, что в присутствии НДТ, скорость процесса и физико-механические свойства композитов значительно возрастают.

## **Исследование вязкости растворов полиакрилонитрила, содержащих углеродные наночастицы**

*Житенева Д.А., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Лысенко А.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Вязкость является чрезвычайно важным технологическим параметром в производстве как волокнистых и пленочных, так и композиционных материалов на основе полимерных матриц. Введение наноразмерных наполнителей, в том числе углеродных, оказывает существенное влияние на реологические характеристики компаундов.

В связи с вышесказанным, целью данной работы являлось определение вязкости растворов полиакрилонитрила (ПАН) с различным содержанием углеродных наночастиц.

Измерения вязкости разбавленных растворов ПАН в диметилформамиде и растворов ПАН, содержащих углеродные наночастицы, проводили на вискозиметре SVM 3000 Stabinger в интервале температур от 20 до 80 °С.

Полученные результаты свидетельствуют о снижении динамической вязкости растворов с повышением температуры, что является закономерным явлением.

Показано влияние присутствия в составе полимерных растворов углеродных наночастиц на реологическое поведение компаундов. Это позволяет оптимизировать процесс получения композиционных материалов на основе полиакрилонитрила и углеродных наноразмерных наполнителей путем введения в состав компаунда определенного количества наночастиц. Установлено, что введение от 0,1 до 0,4 % (масс.) углеродных нанотрубок может снизить вязкость 5 % раствора ПАН в 1,5 раза по сравнению с ненаполненным раствором.

## **Регулирование состава бумагоподобных минеральноволокнистых нанокомпозитов для улучшения свойств**

*Игнатьева Н.Ю., магистрант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Дубовый В.К.; к.т.н, доц., доцент кафедры  
технологии ЦБП, Северного (Арктического) федерального университета  
имени М.В. Ломоносова, Сысоева Н.В.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров*

*e-mail: dubovy2004@mail.ru*

Бумага из минеральных волокон обладает уникальными свойствами (термо-, био-, хемостойкостью и др.), при этом их можно изменять в широких пределах в зависимости от требований предъявляемых к бумагоподобным минеральноволокнистым композитам разного назначения.

Нами проведены исследования по влиянию технологических параметров процесса массоподготовки на физические свойства полученных бумагоподобных нанокомпозитов. Применяли: микро- и нанотонкое стекловолокно средним диаметром  $d=250$  нм и  $d=100$  нм, соответственно. В качестве связующего использовали алюминат натрия ( $\text{NaAlO}_2$ ) и сульфат алюминия ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), продукты гидролиза которых, имеют размер 40...80 нм. В ходе эксперимента регулировали: долю стекловолокон разного диаметра в композиции материала; расход связующего и продолжительность пребывания волокон в щелочной среде, в присутствии связующего.

Исследования показали, что регулирование указанных выше параметров позволяет получить гамму материалов и широким спектром свойств. Например, на основании проведенных исследований показано, что для получения стекловолокнистых композитов повышенной прочности необходимо использовать стекловолокна с диаметром 100 нм и алюминат натрия в качестве связующего ( $\text{NaAlO}_2$ ). Предварительная обработка волокон в щелочной среде, в присутствии связующего должна составлять 10 минут.



## Визуализация наноструктур

*Комиссарова Д.А., студент; Скорина А.С., студент, Сайкова О.А., студент, Борзенко К.Ю., студент*

*Руководитель: к.т.н., асс.каф. НВКМ Михалчан А.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: a-jour@inbox.ru*

Ранее было показано [1], что электропроводность композиционных материалов (КМ) существенным образом зависит от степени наполнения углеродными наночастицами. Уже при степени наполнения 0,5-1% электропроводность КМ значительно увеличивается. Это обусловлено образованием токопроводящей сети из частиц наполнителя, а также эффектом туннелирования [2], который значительно снижает порог перколяции. Вместе с тем непонятно, на каком расстоянии при различном наполнении находятся наночастицы в объеме полимерной ячейки и может ли действительно возникать эффект туннелирования. Для того, чтобы представить, как располагаются частицы, необходимо рассчитать их объем, а также общее количество в элементарной ячейке КМ.

На основании фотографий, сделанных на электронном микроскопе, были оценены геометрические размеры частиц. В нашем случае матрицей служил фторопласт «Ф-2М». Наполнителями – технический углерод ТУЗ или углеродные нанотрубки УНТ6. Было рассчитано количество частиц в полимерной ячейке, представляющей собой куб 830x830 нанометров. При расчете учитывались длина, диаметр и плотность частиц. С целью построения моделей все размеры ячейки и частиц увеличили в 1 млн раз, изготовили макеты и измерили расстояние между частицами.

Расчеты показали, что при степени наполнения 1% в ячейке находятся 13 частиц сажи. Расстояние между ними составляет 10-30 нм. Если расстояние не будет превышать 10 нм, то возникнет туннельный эффект и порог перколяции снизится. При степени наполнения 3%, в ячейке находятся уже 39 частиц технического углерода, расстояние между ними гораздо меньше и, соответственно, электропроводность увеличится в любом случае.

1. Михалчан А.А. Разработка композитов на основе поливинилиденфторида, наполненного углеродными наночастицами: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 16 с.

2. Гуль В.Е., Шенфильд Л.З. Электропроводящие полимерные композиции. – М.: Химия, 1984. – 240с.

## **Электрофизические свойства углеродных дисперсий, модифицированных частицами серебра**

*Крисковец М.В., студент*

*Руководитель: к.т.н., асс. кафедры НВКМ Михалчан А.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и  
дизайна*

*e-mail: thvikm@yandex.ru*

Одним из способов модификаций углеродных материалов и углеродных дисперсий является формирование в их структуре (в пористой структуре и на поверхности) частиц различных металлов в нулевой степени окисленности: серебро, медь, никель и т.д. Очевидно, что декорирование углеродных материалов частицами металлов будет приводить к изменению их электропроводности.

Целью данной работы является получение углеродных материалов, в структуре которых закреплено различное количество серебра, изучение их морфологических и электрических свойств.

Модификацию углеродных частиц и материалов вели путем восстановительной адсорбции ионов серебра из водных растворов.

Морфологию изучили с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-35С, удельное объемное электрическое сопротивление измеряли 4-х контактным методом в ячейке Ван дер Пау.

Исследования показали, что практически для всех углеродных материалов модифицированных выше указанным способом удельное объемное электрическое сопротивление увеличивается по сравнению с этой характеристикой для исходных углеродных материалов. Снимки, выполненные на электрическом микроскопе, позволили судить о размерах и форме наночастиц серебра, закрепленных в структуре исходных матриц.

Удельное объемное электрическое сопротивление ( $\text{мОм}\cdot\text{см}$ ) для исходных материалов активированного угля и терморасширенного графита составило: 265 и 2,9, для модифицированных – 400 и 16,4, соответственно.

## Структурные превращения металлокомплексов фталоцианина

*Лекомцева Е.В., студент*

*Руководитель: д.т.н., проф. Васильев М.П.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Известно, что фталоцианины в растворах при ассоциации могут легко «деформироваться» по отношению к перпендикуляру макроцикла, вследствие уменьшения конформационного напряжения супраструктур.

Для изучения конформации металлокомплексов фталоцианина были исследованы электронные спектры поглощения растворов фталоцианинов в серной кислоте и изменения электронных спектров поглощения при осаждении. Преципитацию осуществляли путем изменения растворяющей способности растворителя по отношению к фталоцианину.

Показано, что структура молекулярно диспергированных CuPcCl16 и CuPcBr16 с искаженным плоским строением за счет периферических заместителей препятствует образованию  $\pi$ - $\pi$  электронных взаимодействий между супрамолекулярными единицами и препятствует ассоциации металлокомплексов. При преципитации в структуре молекул CuPcCl16 и CuPcBr16 образуются сильные  $\pi$ - $\pi$  электронные взаимодействия, способствующие плотной упаковке молекул в ассоциаты. Для CuPcCl16 характерна одна полоса поглощения – коротковолновая, относительно максимума поглощения CuPc, что свидетельствует о параллельном расположении плоскостей молекул, тогда как для CuPcBr16 характерна конфигурация плоскостей молекул в виде «карточного домика», о чем свидетельствует наличие двух полос спектра. Высокая хими- и термостойкость фталоцианинов позволяет использовать их в качестве удобных модификаторов полимеров. Можно создавать материалы с использованием фталоцианинов, в которых проявляется высокая активность металлокомплексов. Синтетические полимерные материалы являются удобными матрицами для наночастиц, так как в процессе их синтеза можно целенаправленно изменять структуру и свойства нанокompозита. В состав нанокompозита могут быть введены наночастицы фталоцианинов различных полиморфных модификаций.

## **Антистатические полипропиленовые волокна, содержащие углеродные нанонаполнители, с улучшенными механическими свойствами**

*Москалюк О.А., аспирант*

*Руководители: д.т.н., проф. Цобкалло Е.С., д.ф.-м.н. Юдин В.Е.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: olga-moskalyuk@mail.ru*

В настоящее время научный и практический интерес представляют дисперсные наполнители для полимеров в виде углеродных наночастиц: нанотрубок и нановолокон, которые позволяют менять физико-механические и электрические свойства полимерной матрицы.

Цель данной работы – создание антистатического полимерного волокна с улучшенными механическими свойствами, определение взаимосвязи структуры и физико-механических свойств композиционных волокон.

В качестве полимерной матрицы использовали изотактический полипропилен (ПП). Наполнителями служили углеродные нановолокна, многостенные и одностенные нанотрубки. Изготовление волокон производили экструзией расплава смеси ПП с наночастицами. Затем волокно подвергалось восьмикратной ориентационной вытяжке. Проведены исследования электропроводности композиционных волокон, получены зависимости удельного электрического сопротивления от концентрации и вида углеродного нанонаполнителя. Показано, что введение наночастиц позволяет существенно снизить электрическое сопротивление композиционных волокон, придав им антистатические свойства. Изучено также изменение механических свойств волокон в зависимости от концентрации и вида наполнителей. Показано, что введение наполнителей позволяет улучшить механические свойства волокон только при низком наполнении наночастицами полимерной матрицы.

## **Модификация поверхности полититанатов калия и изучение свойств эпоксидных композитов на их основе**

*Мостовой А.С., аспирант*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г., к.т.н., доц. Плакунова Е.В.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: Mostovoy19@rambler.ru*

В последние годы синтезирован новый тип минерального наноразмерного наполнителя – полититанат калия (ПТК) общей формулы  $K_2O \cdot nTiO_2$ , имеющий слоистую структуру с размерами частиц 50–200 нм в поперечнике и толщиной порядка 5 нм.

Для увеличения прочностных характеристик эпоксидных композитов на основе ПТК и облегчения процесса диспергирования на стадии производства проводилась обработка ПТК аппретирующими добавками. В качестве таких добавок были использованы  $\gamma$ -аминопропилтриэтоксисилан (АГМ-9) и  $\gamma$ -глицидоксипропилтриметоксисилан (А-187).

Использование АГМ-9 и А-187 в качестве аппретирующих добавок для ПТК способствует существенному увеличению удельной поверхности с 8,29 м<sup>2</sup>/г до 22,82 и 18,65 м<sup>2</sup>/г соответственно. Анализ физико-механических свойств показал повышение устойчивости к изгибающим и ударным нагрузкам эпоксидных композитов, содержащих аппретированные ПТК. Более высокими прочностными показателями обладают эпоксидные композиты, наполненные ПТК, обработанным АГМ-9, что проявляется в повышении устойчивости к изгибающим нагрузкам с 35 до 66 МПа и к удару – с 7,5 до 9,5 кДж/м<sup>2</sup>.

На основании проведенных исследований доказано, что введение силанов обеспечивает снижение агломерации ПТК и повышение их удельной поверхности, что способствует повышению прочностных свойств эпоксидных композитов, содержащих данные наполнители.

## **Влияние наночастиц хризотила, галлуазита и хитина на структуру и свойства хитозановых волокон**

*Попрядухин П.В., Добровольская И.П., Юдин В.Е.*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки*

*Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук*

*e-mail: pavel-pn@mail.ru*

Проведено исследование реологических свойств растворов хитозана различной концентрации и их смесей с наночастицами хризотила, галлуазита, монтмориллонита, а также нанофибриллами хитина. Показано, что зависимости вязкости от скорости сдвига раствора хитозана и его смесей с наночастицами имеют нелинейный характер, что свидетельствует о возможной ориентации макромолекул полимера и анизодиаметричных наночастиц наполнителя в поле сдвиговых напряжений. Введение нанофибрилл хитина в раствор хитозана приводит к появлению предела текучести раствора при малых напряжениях сдвига.

Разработаны режимы формования волокон из хитозана и волокон-композитов на его основе. Исследование структуры методами рентгеновской дифракции и сканирующей электронной микроскопии показало, что волокна характеризуются высокой ориентацией кристаллитов хитозана и наночастиц наполнителя. Полученные волокна из хитозана имели прочность 220 МПа, модуль упругости 7,9 ГПа, прочность и модуль упругости композиционных волокон, содержащих нанофибриллы хитина, составляют 325 МПа и 15 ГПа соответственно. Показано, что полученные композиционные волокна на основе хитозана обладают высокой адгезией к стволовым клеткам человека и животных.

## **Изучение мультислойных наноструктурированных пленок коллагена**

*Пустовойтова Ю.В., студент*

*Руководитель: д.т.н., проф. Васильев М.П.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Целью данного эксперимента являлось сравнительное изучение мультислойных наноструктурированных пленок коллагена. Молекула коллагена представляет собой природную наночастицу, обладающую свойствами и биологическими функциями, представляющими интерес для нанотехнологий.

Использовали наноструктурированный коллаген, полученный по схеме, разработанной нами ранее. Растворы исходного и наноструктурированного коллагена были подвергнуты механическому разрушению и термодеструкции при 37 °С. Уменьшение удельной вязкости для раствора исходного коллагена составило 0,08, а для наноструктурированного – 0,12. В работе оценивали степень растворения выдержанного во времени наноструктурированного коллагена в водных уксуснокислых смесях различной концентрации, а также удельную вязкость полученных растворов в зависимости от концентрации кислоты.

При оценке тиксотропии и гидродинамических свойств растворов наноструктурированного коллагена наблюдалось уменьшение удельной вязкости более чем в 1,5–2 раза по сравнению с растворами исходного коллагена. Исходный коллаген, в отличие от наноструктурированного, в растворах подвергается кислотному гидролизу.

Выяснено, что длительно сохранившиеся мультислой из наноструктурированного коллагена представляют собой плотные, монолитные, с высокой адгезией к поверхности подложки пленки, не растворяющиеся в водно-уксусных средах. Результаты исследований дают основания предполагать возможность эффекта наноструктурирования в изучаемых пленках и явление самоорганизации коллагена при фазовом распаде его растворов.

## Декорирование активированных углеродных волокон нано-, микрочастицами висмута и серебра

Саклакова Е.В., аспирант

Руководитель: к.т.н., доц. Асташкина О.В.

Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru

Интерес к углеродным материалам (в частности волокнам), модифицированным частицами металлов, обусловлен уникальными свойствами, которыми обладают такие композиты: высокая электропроводность, каталитическая активность, бактерицидность, и др. В работах [1, 2] показано, что полимерные композиционные материалы, содержащие углеродные волокна, декорированные металлами, являются термоэлектрически активными – вырабатывают термо электродвижущую силу (ЭДС). На этом эффекте могут быть разработаны холодильники нового поколения. В ряде исследований установлено, что углеродные волокна, декорированные частицами серебра, проявляют бактерицидные свойства [3, 4].

Нами были проведены эксперименты по модификации активированных углеродных волокон (АУВ) нано и микро частицами висмута и серебра. В работе использованы АУВ<sub>1</sub> и АУВ<sub>2</sub>, с близкими значениями удельного объемного электрического сопротивления: 31 Ом·см и 37 Ом·см, соответственно.

При получении висмут-содержащих углеродных волокон, АУВ пропитывали солью металла с последующей термической обработкой с целью восстановления висмута. Удельное объемное электрическое сопротивление полученных композитов снижается более, чем в 20 раз, достигая для АУВ<sub>1</sub>/Bi – 1,5 Ом·см и АУВ<sub>2</sub>/Bi – 4,1 Ом·см.

Декорирование волокон серебром проводили путем восстановительной адсорбции ионов из водных растворов AgNO<sub>3</sub> активированными углеродными волокнами. Установлено, что при таком способе модификации АУВ, электрическое сопротивление изменяется не значительно: АУВ<sub>1</sub>/Ag – 27 Ом·см и АУВ<sub>2</sub>/Ag – 33 Ом·см.

1. Урюпин О.Н. // Сборник тезисов IV Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в технике и образовании» 2011 – С.75;
2. Hong L. Jacs. 2005. С. 127;
3. Лысенко А.А. Химические волокна. 2007. №2. С. 44;
4. Yue Z.R. Carbon. 1999. № 14. С1607.



## **Свойства формовочных растворов хитозана, поливинилового спирта и их смесей и электроформование нановолокон**

*Симаненкова О.М., студент, Куринова М.А., студент, Сони́на А.Н., аспирант*

*Руководитель: к.х.н., проф. Вихорева Г.А.*

*Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина*

*e-mail: nastyasonina@mail.ru*

Быстро развивающиеся инновационные нанотехнологии стали толчком для увеличения работ, посвященных исследованию возможностей переработки хитозана в нановолокнистые материалы и композиты на их основе методом бескапиллярного электроформования (ЭФ). В известных работах для успешного ЭФ в качестве растворителя используют концентрированную уксусную кислоту (УК) – 70–90 %-ную, а также добавки гибкоцепных полимеров: полиэтиленоксида, поливинилового спирта (ПВС) в количестве не менее 70 %. Целью нашего исследования является разработка состава и условий приготовления формовочного раствора, содержащего не менее 50 % хитозана в менее концентрированной УК, обеспечивающих рекомендуемые параметры электропроводности ( $\kappa$ ), поверхностного натяжения ( $\sigma$ ) и стабильное электроформование нановолокнистого материала. В работе показано, что на  $\kappa$  растворов влияет не только концентрация УК, но и присутствие этанола, а также содержание хитозана в смеси с ПВС. Причем хитозан приводит к увеличению  $\kappa$ , связывая кислоту, способствует ее диссоциации и повышению содержания в растворе токопроводящих частиц. Показано, что вязкость растворов эквимассовой смеси хитозана с ПВС имеет аддитивное значение, при этом растворы смеси хитозан-ПВС стабильны при хранении. Эффективность использования полученных нановолокон с диаметром до 200 нм в качестве сорбентов оценена в эксперименте по сорбции паров воды и радионуклидов.

## **Изучение влияния радиуса частиц латекса поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата на эффективность снижения смачиваемости**

*Симонов Д.А., магистрант*

*Руководитель: к.т.н., доц. Редина Л.В.*

*Московский государственный текстильный университет имени А. Н. Косыгина*

*e-mail: LVRedina@mail.ru*

Для обработки волокон с целью снижения их смачиваемости или придания антиадгезионных свойств в настоящее время широко применяют водные дисперсии фторсодержащих полимеров – латексы. Ранее было показано, что уровень свойств модифицированного материала зависит, как от химической природы полимера-модификатора, так и от коллоидно-химических свойств латексов на его основе – электрокинетического потенциала, поверхностного натяжения и, особенно, от размера частиц. Чем меньше размер латексных частиц, тем выше уровень свойств. Вероятно, частицы малого размера, располагаясь на поверхности волокон, повторяют их рельеф, не нарушая шероховатости, что является дополнительным фактором повышения гидрофобности материала.

В данной работе были использованы два образца латекса поли-2-перфторпентокситетрафторпропилакрилата с крупными и мелкими (наноразмерными) частицами. На основе проведенных расчетов потенциальной энергии взаимодействия частиц латексов с волокнами была установлена оптимальная концентрация электролита в смеси модификатора. Показано, что для создания условий осаждения наноразмерных частиц латекса на волокне необходимо, чтобы концентрация электролита в модифицирующей композиции была больше.

Подобранные оптимальные условия были проверены экспериментально при обработке полиэфирного и вискозного волокон. Изучение краевых углов смачивания и водо-, маслоотталкивающих свойств модифицированных материалов показало более высокую эффективность латекса с наноразмерными частицами.

## **Получение и исследование свойств активированных углей, модифицированных фуллеренами различными способами**

*Соловей В.Н., студент*

*Руководители: д.т.н., проф. Самонин В.В., к.т.н. Спиридонова Е.А.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)*

*e-mail: lera\_solovei@mail.ru*

Перспективным направлением для очистки водных и газовых сред, а также почв является использование фуллереновых наноматериалов, которые на сегодняшний день уже зарекомендовали себя как хорошие адсорбенты. Но ввиду того, что стоимость фуллеренов намного превосходит стоимость активированных углей, использование их в чистом виде для данной цели является нецелесообразным. В настоящее время является актуальным вопрос о возможности улучшения адсорбционных свойств пористых адсорбентов путем введения в них небольшого количества фуллерена. Анализ строения углерода фуллереновой формы, его свойств и специфики взаимодействия с материалами различной структуры позволяет предположить, что введение даже небольших количеств фуллеренов приведет к значительному изменению электронной структуры пористого материала и повышению его адсорбционной емкости.

В представленной работе модифицирование углеродного сорбента фуллереном проводили по двум методикам. Во-первых, модификатор в виде водного раствора фуллерена вводился на стадии замеса в гидролизный лигнин, который далее использовался в качестве исходного компонента при получении активного угля. Во-вторых, водный раствор фуллерена использовался на стадии активации в качестве активирующего агента.

Показано, что введение фуллерена, вне зависимости от способа модифицирования приводит к повышению сорбционных характеристик активных углей. При этом наблюдается деформация и снижение размеров углеграфитовых кристаллитов в получаемых материалах, исследованных рентгеноструктурным методом.

## **Анализ механизма гелеобразования в растворах низкомолекулярных соединений**

*Супрун А.М., студент*

*Руководители: д.х.н. Комаров П.В., Хижняк С.Д., д.х.н., проф. Пахомов П.М.  
Тверской государственной университет, ИНЭОС РАН  
e-mail: SuprunAnastasia1112@gmail.com*

В работе дано обобщение результатов исследований механизма гелеобразования в цистеин-серебряном растворе (ЦСР) в сравнении с близкими по составу низкомолекулярными системами.

ЦСР обладает уникальной способностью связывать большое количество воды при низком содержании реагентов (~0,01 %), тиксотропным поведением и высокой биоактивностью. Последнее делает ЦСР привлекательным для использования в биомедицинских приложениях, для создания противовоспалительных, обволакивающих препаратов.

Не смотря на детальное изучение ЦСР, некоторые аспекты гелеобразования в этой системе остаются не до конца ясными.

Для проверки разработанной нами ранее общей схемы гелеобразования в ЦСР, были проанализированы процессы, происходящие в водных растворах цистеина с Au(III), Ag(I), Cu(II), Cd(II), а так же аденина с трикарбоксибензойной кислотой. Кроме этого, нами на основе метода крупнозернистой молекулярной динамики, для изучения условий формирования гель-сетки, была разработана модель ЦСР.

*Работа выполнена при финансовой поддержке АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2012 годы) проект № 2.1.1/10767.*

## **Электрохимическое формирование окрашенных оксидных наноструктур на алюминии**

*Танцеров А.А., студент*

*Руководители: д.т.н., проф. Финаенов А.И., к.т.н., асс. Фролова О.В., к.х.н., доц. Савельева Е.А.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: tep@techn.sstu.ru*

Анодирование алюминия представляет собой формирование упорядоченных наноструктурных гексагональных ячеек. Оксидное покрытие является коррозионностойким, износостойким, обладает электроизоляционными свойствами и поглощает красители. Последнее позволяет получать поверхности разнообразной цветной гаммы.

Общеизвестные технологии получения окрашенных оксидных покрытий на алюминии основаны на двух стадиях. Первоначально анодной поляризацией алюминия формируют оксидный слой, состоящий из оксидов и гидроксидов алюминия, затем, полученный слой окрашивают либо в специальных органических красителях, либо электрохимически осаждая катионы переходных металлов. Оба способа обеспечивают широкий спектр цветности, однако формирование цветного слоя происходит преимущественно на поверхности оксидного слоя и приводит к низкой свето- и износостойкости.

Получение наноструктурированного окрашенного оксидного слоя с новыми функциональными свойствами возможно при реверсивной поляризации. При анодном токе формируется наноразмерный оксид, при катодном - происходит проникновение красящих катионов в пленку. Таким образом, применение реверсивного тока позволяет управлять структурой, свойствами и цветом оксида, а также проводить послойное окрашивание по всему объему оксидного слоя, а не поверхностное осаждение красящих катионов.

Таким образом, предложено одностадийное окрашивание, обеспечивающее формирование наноструктурированных цветных оксидных слоев с улучшенными эксплуатационными свойствами, с низкой себестоимостью и значительное расширение возможностей и областей применения алюминия и его сплавов.

## **Исследование бактерицидных свойств сорбирующих материалов, модифицированных фуллеренами**

*Тихомирова А.Д., студент*

*Руководители: д.т.н., проф. Самонин В.В., к.т.н. Спиридонова Е.А.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)*

*e-mail: tihomirova\_anastasiya90@mail.ru*

В научно-технической литературе показано, что наномолекулы  $C_{60}$  (фуллерены) обладают антимикробными и противовирусными свойствами даже в микроконцентрациях. В числе изученных механизмов действия производных фуллерена называют специфичное взаимодействие «лиганд – рецептор» и мембранотропный эффект. На основании данных сведений сделано предположение, что сорбенты, модифицированные фуллеренами, также должны проявлять бактерицидные свойства.

В представленной работе были получены активированный уголь и силикагель, модифицированные фуллеренами. Модификация активированного угля и силикагеля проводилась путем нанесения на готовый материал микроколичеств фуллерена (поверхностное модифицирование), а также, в случае использования в качестве пористого носителя силикагеля, модификатор вводился на стадиях получения сорбента (объемное модифицирование)

Бактерицидные свойства полученных материалов исследовались в отношении *Escherichia coli*.

Введение модификатора фуллерена в силикагель на стадиях получения или нанесения на готовый материал приводит к различному проявлению бактерицидных свойств по отношению к *E. coli* в воде.

Сравнение полученных материалов с классическими материалами на основе серебра, которые используются для подавления вредной микрофлоры воды, показало их близкие характеристики в выбранных условиях испытания, при значительно более низком (более чем на три порядка) содержании фуллеренов в материале.

## **Изучение плазменного процесса извлечения цинка из металлургической пыли и возможные направления использования полученного нанопорошка**

*Хилько А.А., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Симонян Л.М.*

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
e-mail: aakhilko01@mail.ru*

В настоящее время в металлургии наблюдается активное использование вторичных ресурсов для производства новой продукции. Сталеплавильная пыль является побочным продуктом производства стали. Она содержит частицы размером от нескольких нанометров до сотен микрометров. Эту пыль можно использовать в качестве сырья для извлечения цинка, входящего в его состав. Известно, что использование нанопорошков оксида цинка в различных материалах увеличивает их срок службы, прочность на разрыв, теплоизоляционную способность, износостойкость; придает им антибактериальные свойства; способствует экранированию ультрафиолетовых лучей и поглощению инфракрасного излучения.

Для изучения возможности извлечения из пыли цинка с получением нанопорошка использовали плазменно-дуговую установку. Объектом исследования служила пыль электросталеплавильного производства с содержанием цинка около 13 %. Установлено, что при плазменной обработке пыли цинк испаряется, окисляется и оседает на холодных стенках камеры в виде тонкого порошка ZnO. Степень извлечения цинка достигает 98 %.

Работа выполнена под руководством проф., д.т.н. Л.М. Симонян в рамках программы фундаментальных исследований ОХНМ РАН «Создание новых видов продукции из минерального и органического сырья».

## **Модификация вторичного поливинилбутираля микро- и нанодисперсными полититанатами калия**

*Юсупов Х.У., студент*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г., к.н.т., доц. Бурмистров И.Н.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xabib.yusupov@yandex.ru*

С целью повышения комплекса механических свойств и стойкости к растворителям вторичный поливинилбутираль (ПВБ) модифицировали силоксанами, фосфорной кислотой и наполнили полититанатами калия.

Исследованы адгезионные свойства полученных пленочных материалов к металлам и установлены основные закономерности влияния модификаторов на адгезию. Показано, что адгезия пленочных материалов на основе модифицированного ПВБ в 1,5–2 раза превышает этот показатель для промышленных аналогов. Определено значительное возрастание прочностных свойств вторичного ПВБ при введении силоксанов и фосфорной кислоты. При этом прочность на разрыв ПВБ пленок выше промышленных аналогов на основе первичного ПВБ в среднем на 15 %.

Исследовано влияние слоистых полититанатов калия на механические свойства и устойчивость модифицированного силоксанами и фосфорной кислотой ПВБ к различным растворителям. Введение полититанатов повышает устойчивость модифицированных ПВБ пленок к воздействию моторного масла и бензина. Установлено влияние свойств поверхности полититанатов на свойства модифицированного ПВБ.

Таким образом, в работе показана возможность получения полимерных материалов для покрытий по металлам на основе вторичного ПВБ с регулируемыми механическими свойствами, не уступающими покрытиям на основе первичного ПВБ.



# Секция II

## Традиционные полимерные материалы

### Изменение наноструктуры целлюлозы древесины лиственницы в процессе сушки

*Абрамов И.Н., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф., Аким Э.Л.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров*

*e-mail: akim-ed@mail.ru, marina\_kov@mail.ru*

Осенью 2010 года группа компаний "Илим" совместно с Санкт-Петербургским Государственным Технологическим Университетом Растительных Полимеров (СПбГТУРП) начала разработку проекта, направленного на получение целлюлозы из древесины лиственницы. В данном проекте осуществляется огромный спектр научных исследований, включающих в себя направленное изменение наноструктуры, позволяющее определить оптимальные уровни «разработки» наноструктуры и морфологической структуры при переработке древесины лиственницы в разнообразные целевые продукты.

С давних пор лиственница является уникальной породой древесины в качестве строительного материала, но широкое промышленное использование в ЦБП так и не нашла. Глубокое изучение влияния промышленных процессов на получение и свойства волокнистых полуфабрикатов (ВПФ) из древесины лиственницы может повлиять на всю целлюлозно-бумажную индустрию в целом.

Изучение влияния процессов размола и сушки на наноструктуру, сорбционные свойства и ороговение волокна целлюлозы лиственницы в сравнении с широко применяемым волокном целлюлозы сосны показывает способность лиственничных волокон к повторной переработке, а также наиболее точно раскрывает возможности применения данного ВПФ для изготовления готовой целлюлозной продукции.

## **Армирование как способ повышения комплекса свойств катионообменных мембран «Поликон»**

*Айнетдинов Д.В., студент, Александров Г.В., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Кардаш М.М.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: kardash@techn.sstu.ru*

В настоящее время проблема питьевой воды стоит особенно остро, в этой связи значительное внимание исследователей направлено на разработку и совершенствование мембран, применяемых в электродиализе, в процессах получения пресной воды из морской.

Все промышленные типы катионообменных гетерогенных мембран получают по многостадийным схемам, при этом качество (физико-химические и электротранспортные свойства) самих мембран остается низким. Стремление добиться более равномерного распределения зарядов и лучших электрохимических свойств привело к созданию катионообменных мембран «Поликон К», для которых в качестве армирующей системы служила ткань на основе новолачных фенолформальдегидных (НФФ) волокон. Материал обладает необходимой и достаточной термоустойчивостью (практические температурные пределы продолжительного использования до 150 °С на воздухе и от 200 до 250 °С в отсутствии кислорода), а также устойчивостью к действию агрессивных сред. Интерес представляет возможность проведения сульфирования волокнообразующего полимера.

Проведенные исследования показали, что величина статической обменной емкости для мембран, изготовленных с использованием сульфированных НФФ волокон, составляет 3,8 мг-экв/г, т.е. на 46 % выше, чем у мембран, армированных полиакрилонитрилом, и на 36 % выше, чем у мембран с углеродными волокнами. Это свидетельствует об увеличении содержания доступных сульфогрупп в единице массы материала за счет групп на поверхности и в структуре волокон.

## **Функциональные добавки для термопластичных эластомеров**

*Анкудинов А.В., студент; Куликова М.Ю., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Гайдадин А.Н.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: ankudinov123@mail.ru*

Один из путей улучшения эксплуатационных свойств смесевых термоэластопластов является применение функциональных наполнителей в процессе изготовления материала. Функциональными добавками могут являться вулканизирующие агенты, пластификаторы, наполнители углеродной природы, а также различные органические глины.

Наличие разнообразных пластификаторов и режимов вулканизации требует более внимательной оценки совместимости с пластификаторами и оценки кинетических характеристик вулканизирующих систем. Целью работы является анализ кинетических параметров вулканизации эластомерной фазы и оценка соответствия оптимальных условий вулканизации эластомера реологическим и прочностным показателям ДТЭП. А также изучение закономерностей и механизма пластификации, подбор оптимального метода пластификации.

По значениям показателя текучести расплава пластифицированных материалов установлено высокое пластифицирующее действие выбранных низкомолекулярных жидкостей. Но исследуемые пластификаторы склонны к диффузии и к выпотеванию, что не позволяет получить пластифицированные образцы. Качественное диспергирование вулканизирующей системы в матрице полимеров и достаточные реологические показатели обеспечиваются при достижении степени вулканизации  $\geq 0,5$  для эластомерной составляющей. С достижением степени вулканизации  $\leq 0,5$  резко снижаются реологические параметры композиции, возможность ее переработки литьевыми методами значительно затрудняется.

## **Получение и исследование антимикробной полигликолидной нити с полимерным покрытием**

*Багданас Х.А., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Хохлова В.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Любая хирургическая нить, независимо от химического состава, является для человеческого организма инородным телом, которое достаточно быстро колонизируется микрофлорой, образующей на поверхности изделия биопленку, защищающую микроорганизмы от воздействия, как факторов иммунной защиты организма, так и антимикробных препаратов. Таким образом, целесообразно воздействие на микроорганизмы изнутри, т.е. непосредственно с поверхности имплантата, содержащего соответствующие лекарственные препараты.

Работа посвящена приданию антимикробных свойств плетеным рассасывающимся полигликолидным (ПГА) нитям. Для этого использован антисептик – мирамистин. Антимикробная активность полученных хирургических имплантатов подтверждена методом «диффузии в агар».

Придание рассасывающимся ПГА нитям антимикробного эффекта осуществляли нанесением покрытия из полилактина 370 путем обработки нити растворами полимера, в состав которых вводили указанный антисептик. Изучали влияние концентрации раствора полимера (1, 2, 5 и 6 %) и мирамистина (3–8 % от массы полимера), а также количество и последовательность обработок нити на антимикробные и физико-механические свойства (относительная разрывная нагрузка, относительное удлинение в узле, жесткость на изгиб) хирургических нитей. Физико-механические испытания показали, что прочностные характеристики модифицированных нитей удовлетворяют необходимым требованиям. Рассасывающийся имплантат с гладкой атравматичной поверхностью и требуемой антимикробной активностью (зона задержки роста микроорганизмов *Staphiloccocus aureus* 3–4 мм) получен в результате двукратной обработки нити, при использовании для нанесения первого слоя 5 %-го раствора полимера, содержащего 5 % мирамистина, а второго – 2 % - го раствора полимера, содержащего 8 % мирамистина.

## **Разработка состава авиважной ванны в технологии полиакрилонитрильного волокна**

*Байкина А.В., студент*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского  
государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xt@techn.sstu.ru*

На ООО «Композит волокно» г.Саратов выпускаются ПАН прекурсоры для производства углеродного волокна. Авиважная ванна, предназначенная для придания ПАН жгутику компактности и снижения электризуемости, используемая в настоящее время многокомпонентна и при карбонизации ПАН прекурсора способствует образованию на углеродном волокне сажистого налета. Нами в качестве аппрета был применен Dugon OS 3151 (производства Германии), используемый в производстве полипропиленовых нитей. В качестве соединения, инициирующего термические превращения ПАН прекурсора, выбраны полифосфат аммония (АРР-3) и силаны АГМ-9 и А-187.

Исследовано влияние концентрации Dugona в ванне (от 2,0 до 10 %) на физико-механические свойства ПАН прекурсора. С увеличением содержания Dugona повышаются компактность нитей и линейная плотность. Значения удельной разрывной нагрузки (от 425 до 514 мН/текс) и удлинения (19–16 %) для нитей, модифицированных из ванн с разным содержанием Dugona, близки и соответствуют нормам ТУ (425 мН/текс,  $18 \pm 3$  % соответственно).

В связи с тем, что значительное содержание аппретов на волокне нецелесообразно, использовали низко концентрированные авиважные ванны. Поэтому при оценке совместного влияния Dugona и других добавок (АРР-3, А-187, АГМ-9) использовались ванны, содержащие 2 % добавок. Свойства ПАН прекурсоров, модифицированных двухкомпонентными ваннами, также соответствуют нормам ТУ. Были наработаны опытно-промышленные партии волокон и получены окисленные и карбонизованные углеродные волокна. Свойства углеродных волокон соответствуют ТУ.

## **Модификация полимерной матрицы композиционных хемосорбционных волокнистых материалов ультрадисперсными добавками**

*Батура М.Н., студент, Тюрин И.А., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Кардаш М.М.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: kardash@tecn.sstu.ru*

При получении композиционных хемосорбционных волокнистых материалов (КХВМ) методом поликонденсационного наполнения, когда межфазное взаимодействие является результатом химического взаимодействия функциональных групп, расположенных на поверхности волокнистой основы с функциональными группами мономеров и полупродуктов синтеза катионитовой матрицы, формируется структура, в объеме которой отмечается присутствие отдельных каналов, что снижает устойчивость полимерного каркаса. Для устранения существующих недостатков была поставлена задача формирования более устойчивой к трещинообразованию структуры, с доступными ионогенными группами.

В настоящей работе приведены исследования по получению КХВМ с направленно регулируемой структурой, обладающих высоким комплексом эксплуатационных свойств.

Введение ультрадисперсных добавок железа и никеля на стадии синтеза полимерной матрицы влияет на скорость и глубину процесса формирования сетчатой структуры композиционного катионообменного волокнистого материала, отмечено увеличение теплового эффекта реакции отверждения. Морфология поверхности модифицированных материалов становится более однородной и плотной, с наличием открытых мезопор.

Работа выполняется при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 10-08-00074-а).

## **Изучение функциональных свойств хемосорбента на основе модифицированной фенолоформальдегидной катионообменной матрицы и термо- и СВЧ-обработанного базальтового волокна**

*Варюхин В.В., студент*

*Руководитель: д.т.н., проф. Устинова Т.П., к.т.н. Пенкина Н.А.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xt@techn.sstu.ru*

Исследована возможность повышения функциональных характеристик катионообменного волокнистого материала (КВМ) на основе термо- и СВЧ-обработанного базальтового волокна. КВМ полученного методом поликонденсационного наполнения.

Изучена смачиваемость термо- и СВЧ-обработанного базальтового волокна модифицированным мономерным раствором. Повышение скорости его смачивания наблюдается для пропиточной смеси, содержащей 10 % фенольной смолы, что способствует улучшению ее технологичности при совмещении с волокнистым наполнителем.

Методом оптической микроскопии исследован характер поверхности разработанного материала. Установлено, что в присутствии термо- и СВЧ-обработанного волокнистого наполнителя формируется композит с высокой активной поверхностью.

Проведена оценка (по данным термогравиметрии) основных функциональных свойств и термоустойчивости разработанного катионообменного волокнистого материала. Установлено, что синтезированный катионит (КВМ) характеризуется статической обменной емкостью 3,2–3,7 мг-экв/г при соответствии остальных эксплуатационных характеристик требованиям ГОСТ.

## **Исследования процесса формирования полиакрилонитрильного волокна с повышенной прочностью**

*Городнякова И.С., магистрант*

*Руководители: к.т.н., доц. Щербина Л.А., асс. Чвиров П.В.*

*Могилевский государственный университет продовольствия*

*e-mail: htvms@tut.by*

В настоящее время в Республике Беларусь волокно нитрон получают двумя методами: по водно-диметилформамидному и водно-роданидному. Эти методы включают стадии нитеобразования, вытягивания, промывки, мокрой отделки, сушки, сухой отделки, упаковки.

Целью данной работы являлось исследование влияния условий формирования на свойства полиакрилонитрильного (ПАН) волокна из прядильных растворов в гидротропном и апротонном расворителях. Для этого был освоен и исследован процесс «мокрого» формирования ПАН волокна при варьировании различных параметров, проанализировано их влияние на физико-механические и структурно-морфологические свойства волокон.

Для получения ПАН волокна с повышенной прочностью рекомендовано: оптимизировать «жесткость» осадительных ванн, режим вытягивания и состав пластификационных ванн, а также снизить линейную плотность волокна.

В результате анализа экспериментальных данных определен и в производственных условиях уточнен и апробирован технологический режим получения ПАН волокна с повышенной прочностью.



## **Разработка проекта пилотной установки для получения полиакрилонитрильного волокна**

*Городнякова И.С., магистрант*

*Руководители: к.т.н., доц. Щербина Л.А., асс. Чвиров П.В.*

*Могилевский государственный университет продовольствия*

*e-mail: htvms@tut.by*

Полиакрилонитрильные (ПАН) волокна и нити в настоящее время представляют наиболее распространенный вид промышленно освоенных карбоцепных синтетических волокнистых материалов. Структура и свойства ПАН волокон в значительной мере определяются условиями их получения и областью применения.

С целью разработки проекта пилотной установки для отработки режимов получения ПАН волокна были проведены:

- изучение физико-химических закономерностей формирования ПАН волокон по «мокрому» методу;
- анализ параметров процесса массопередачи в системе «ПАН-волокно – растворитель – осадитель»;
- составление математической модели процесса противоточной промывки ПАН волокна, что позволило определить условия процесса промывки и конструктивные особенности промывных ванн;
- оценка диапазона технологических параметров процесса получения волокна на проектируемой установке.

На основании полученных экспериментальных данных, а также выполненных технологических и инженерных расчетов, сформулированы основные требования и выполнен 3D дизайн-проект экспериментальной установки.

## **Исследование влияния содержания волокна терлон на термостойкость органопластиков на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена**

*Губская М.И., аспирант*

*Руководитель: к.т.н., проф. Буря А.И.*

*Днепропетровский государственный аграрный университет*

*e-mail: ol.burya@gmail.com*

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) благодаря уникальной совокупности физико-механических и химических характеристик является незаменимым связующим при разработке материалов конструкционного назначения. На сегодняшний день, несмотря на широкое использование СВМПЭ, термостойкость конструкционных материалов на его основе изучена недостаточно. Известно положительное влияние органических волокон на повышение термостойкости. В связи с этим, цель нашей работы заключалась в исследовании термических характеристик органопластиков (ОП) на основе СВМПЭ.

Для создания ОП в качестве связующего использовали СВМПЭ марки GUR 4122 (фирма Ticona GmbH), который армировали арамидным волокном терлон (ТУ 6-06-И138-86). Содержание волокна в ОП варьировалась в пределах 5–35 масс. %. Для исследования термических превращений ОП применяли метод термогравиметрического (ТГ) анализа с использованием дериватографа Q-1500Д системы Ф.Паулик, Й.Паулик и Л.Эрдей фирмы MOM (Венгрия).

Согласно полученным данным максимальная скорость термодеструкции ОП наблюдается в диапазоне температур от 420 до 620 К. Что касается концентрационной зависимости, то наибольшей термостойкостью обладают ОП, содержащие 15 масс. % волокна. Определение возможного механизма и расчет кинетических параметров процесса термодеструкции исследуемых веществ осуществляли с использованием интегральных кинетических уравнений. Анализ полученных результатов показал, что наиболее адекватно процесс термодеструкции ОП описывают уравнения, отображающие одномерную диффузию; зародышеобразование по степенному закону  $n=1$ ,  $n=2$ , а также реакцию на границе раздела фаз: цилиндрическая и сферическая симметрии.

## **Базальтовое волокно, как сырье для капиллярно-пористых композиционных материалов**

*Дю А.В., аспирант*

*Руководители: к.т.н., доц. Сысоева Н.В., Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова;*

*д.т.н., проф. Дубовый В.К., Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров*

*e-mail: n.sisoeva@narfu.ru, dubovy2004@mail.ru*

Базальтовое штапельное волокно, получаемое раздувом непрерывных нитей, традиционно используют для получения теплоизоляционных материалов. Нами была апробирована возможность использования их в качестве сырья для капиллярно-пористых бумагоподобных композитов (КПБК) с высокими сепарационными свойствами. Одной из задач получения подобного материала является достижение баланса между высокими впитывающими свойствами при удовлетворительной прочности. Невысокая прочность КПБК из стеклянных волокон заставляет предложить базальтовые резаные волокна вместо стеклянных.

Необходимо отметить, что создание КПБК с развитой капиллярно-пористой структурой невозможно без регулирования длины резки волокна. Целью исследований было изучение влияния длины базальтового резаного волокна и факторов процессов производства на капиллярные свойства КПБК.

По результатам исследования была изготовлена партия КПБК из базальтового волокна, успешно внедренная в агрегатах охлаждения косвенно-испарительного типа.

## **Сорбенты на основе модифицированных растительных отходов**

*Еремеева Н.М., студент*

*Руководители: к.т.н., доц. Свешникова Е.С., д.х.н., проф. Панова Л.Г.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: Natashenka-Er@yandex.ru*

При создании материалов различного назначения (сорбентов, наполнителей, мембран) использовали целлюлозосодержащие отходы. Модификация отходов изменяет их свойства и повышает выход готового продукта. Методом низкотемпературной сорбции азота определена удельная поверхность и пористость полученных продуктов. Установлено, что большей пористостью обладает материал, модифицированный тетрафторборатом аммония (ТФБА), и термообработанный при температуре 350 °С. Эти же образцы обладают высокой нефте- (5 г/г) и маслосемкостью (6 г/г) и низким водопоглощением (1,3 %).

Оценена способность сорбентов к избирательной сорбции воды и нефти. Сорбция нефти протекает с большей скоростью, в сравнении с сорбцией воды, что позволяет рекомендовать сорбент для очистки больших разливов нефти и нефтепродуктов.

При исследовании плавучести сорбента установлено, что за 7 суток испытания не произошло оседания нефтенаполненного сорбента на дно емкости, т.е. его можно отнести к непотопляемым.

Проведенный сравнительный анализ разработанных сорбентов, на основе целлюлозосодержащих отходов, с аналогами, полученными из растительного сырья, показал их конкурентоспособность по стоимости и сорбционной способности.

Отработанные сорбенты могут быть использованы в строительстве, для производства асфальтобетона и топливных брикетов.

## **Изучение динамических термоэластопластов на основе полимеров различной природы**

*Зарудний Я.В., аспирант, Куцов Д.А. студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Гайдадин А.Н.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: zarydnii1987@mail.ru*

Создание полимерных композиций, обладающих достаточным уровнем работоспособности изделия и надлежащими эксплуатационными характеристиками, является принципиальной задачей при разработке нового продукта. Данным требованиям соответствуют динамические термоэластопласты (ДТЭП). ДТЭП получают высокоскоростным смешением в расплаве термопласта с эластомером, а большой выбор полимерных матриц для создания композиции обеспечивает эксплуатацию изделий в различных условиях.

Для полимер-полимерных смесей, представителями которых являются системы ДТЭП, определяющим параметром является формирующаяся в ходе смешения матрица композиции. Следовательно, огромный интерес представляет изучение особенностей формирования структуры композиций, полученных методом динамического смешения.

Целью работы явилось исследование структурных особенностей ДТЭП на основе полимерных систем разной природы.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что в процессе изготовления ДТЭП в матрице композиции формируется развитый пограничный слой, представляющий собой совмещенную полимер - эластомерную структуру. При этом пограничный слой в ДТЭП отличителен от промежуточного слоя механических смесей, которым является слой сегментальной растворимости, и имеет принципиально большую ширину. Следовательно, ДТЭП являются композициями с более сложной структурой, чем механические смеси полимеров. Формирование подобной структуры композиций обеспечивает уникальность свойств ДТЭП.

## **Исследование поверхности полиамидных пленок при модификации макрогетероциклами**

*Зиядова Т.М., аспирант*

*Руководители: Бурмистров В.А., Койфман О.И.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет, НИИ*

*Макрогетероциклов, Институт химии растворов РАН*

*e-mail: ziyadova\_tm@mail.ru*

Полиамидные пленки хорошо сопротивляются излому, износостойки, устойчивы в щелочах, растворителях, маслах. Применяются для вакуумной упаковки, как электроизоляционный материал, в качестве разделительных слоев при прессовании слоистых пластиков.

В данной работе исследована структура поверхности монолитной поликапроамидной пленки марки ПК-4, а также пленки, после химического модифицирования ее поверхности с использованием в качестве модификатора октагидроксифталоцианина кобальта (ОГФцСо) и сшивающего агента дибромбутана.

Для подтверждения иммобилизации и изучения полимолекулярных слоев фталоцианина, нанесенных адсорбцией из водных растворов на полимерную подложку, изучили данные атомно-силовой микроскопии (АСМ). При обработке полиамидной пленки только водным раствором ОГФцСо образующиеся на поверхности частицы неоднородны по высоте над уровнем подложки, причем высота отдельных агрегатов молекул фталоцианина достигает 1,1 мкм при диаметре до 1,6 мкм ( $S=1,8 \text{ мкм}^2$ ). При дальнейшей обработке этого образца 5 %-ным раствором дибромбутана в гептане образуется сплошной слой довольно однородной структуры. При обработке сначала 5 %-ным раствором дибромбутана в гептане, затем водным раствором ОГФцСо структура слоя неоднородна.

Факт иммобилизации также подтвержден данными электронной и ИК-спектроскопии.

*Работа выполнена при поддержке программы ОХНМ РАН №7*

## **Совершенствование технологии полимерной арматуры из реактопластов с применением постоянного электрического поля**

*Ибаев М.О., магистрант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Студенцов В.Н., к.т.н., доц. Черемухина И.В.  
Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.  
e-mail: ibaev-magomed@mail.ru*

Разработанные стержни из армированных реактопластов предназначены для замены стальной арматуры в цементах бетонах. Главные преимущества полимерной арматуры по сравнению со стальной арматурой: более высокая (в 5–6 раз) удельная прочность; снижение массы и повышение химической стойкости бетонных изделий.

В качестве связующего использовали одну из наиболее распространенных эпоксидиановых смол ЭД-20 в смеси с отвердителем холодного отверждения, а в качестве наполнителей – стеклянную и базальтовую технические нити. Формование изделий в виде цилиндрических стержней способом пултрузии обеспечивает максимальную структурную однородность получаемых полимерных композиционных материалов (ПКМ) с достижением высокой степени однонаправленной ориентации армирующих нитей.

Дополнение традиционной пултрузионной технологии обработкой свежeproпитанной связующим нитей в постоянном электрическом поле (ПЭП) приводит к увеличению основных прочностных характеристик (удельная ударная вязкость, разрушающие напряжения при статическом изгибе и при растяжении) на десятки процентов по сравнению с материалами, полученными без применения ПЭП. Такой эффект обусловлен ориентирующим влиянием внешнего ПЭП на полярные элементы структуры исходного олигомерного связующего. Одновременно с упрочнением происходит повышение твердости и снижение водопоглощения ПКМ, причем положительный эффект влияния модифицирующей обработки растет с увеличением напряженности ПЭП в изученном интервале значений.

Отработаны основные параметры технологического режима предлагаемого способа получения ПКМ. Предлагаемый способ модификации является экономичным и технически простым, обеспечивает получение материалов с исключительно высокими прочностными характеристиками.

*VIII Всероссийская олимпиада молодых ученых «Наноструктурные, волокнистые и композиционные материалы»*

**Секция II. Традиционные полимерные материалы**

## **Создание композиционных материалов на основе арамидных волокон с применением плазменной обработки**

*Ибатуллина А.Р., аспирант*

*Руководитель: к.т.н., проф. Сергеева Е.А.*

*Казанский национальный исследовательский технологический университет*

*e-mail: gaynutdinovaa@bk.ru*

Одним из самых распространенных материалов при создании волокнистых композитов являются арамидные волокна и ткани. Известно, что при изготовлении композиционных материалов (КМ) большое значение имеет показатель смачиваемости армирующего материала связующим веществом. С целью увеличения данного показателя арамидные волокна (производства ООО НТП «Термотекс») были обработаны потоком плазмы высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления в различных режимах.

По показателю капиллярности к воде и результатам испытаний на прочность для дальнейших испытаний были отобраны наиболее оптимальные режимы, в которых капиллярность обработанных волокон увеличивается в 20–30 раз для марки Русар-С и на 30–40 % для марки Кевлар. При этом прочность волокон марки Русар-С изменяется в различных режимах на  $\pm 10$  %, а прочность марки Кевлар уменьшается на 7–20 %. Далее были проведены сравнения показателя смачиваемости эпоксидной смолой. С помощью плазменной обработки удалось добиться увеличения уровня подъема капиллярного столба эпоксидной матрицы по волокну до 140 % для волокна марки Русар-С, и до 180 % для волокна марки Кевлар. При этом максимальное увеличение прочности связи матрицы с обработанным арамидным волокном составило 40 %. Таким образом, можно сделать вывод, что применение плазменной обработки целесообразно при создании КМ.



## **Реологические исследования растворов ПА-6 для оценки его микронеоднородности по молекулярной массе**

*Казаков Д.А., студент*

*Руководители: к.х.н., доц. Усачева Т.С., д.т.н., доц. Базаров Ю.М.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

*e-mail: u- tamara@isuct.ru*

В ряде исследований убедительно показано, что гранулы ПА-6, синтезированного в промышленности, характеризуются высокой микронеоднородностью по молекулярной массе, что является одной из главных причин неравномерности физико-механических свойств получаемого волокна.

В настоящей работе предложен вариант оценки микронеоднородности гранул ПА-6, основанный на увеличении концентрации раствора полимера в вискозиметре Уббелюде и измерении вязкости соответствующих растворов. Результаты экспериментов, оформленные в виде графиков  $\eta_{уд}/c=f(c)$  показали, что они не ложатся на прямую, полученную путем разбавления системы. Данная зависимость ступенчатая, что связано с микронеоднородностью гранул полимера по молекулярной массе. Молекулярная масса промышленного ПА-6 колеблется от 14000 до 30000.

В работе также проведена оценка микронеоднородности ПА-6, синтезированного на опытной лабораторной установке по варианту низкотемпературной гидролитической полимеризации капролактама. Высота аппарата синтеза 3 метра, объем 14 литров. Образцы полимера были взяты из трех частей аппарата: верха, середины, низа.

Результаты эксперимента показали, что молекулярная масса полимера в нижней части аппарата находится в пределах 16400–18000, в средней части аппарата 16300–20000, в верхней части соответственно 17000–18200, что указывает на отсутствие градиента по молекулярной массе в аппарате синтеза.

Таким образом, в работе проведена оценка микронеоднородности ПА-6 по молекулярной массе как полученного в промышленности, так и синтезированного на опытной лабораторной установке. Показано, что низкотемпературная гидролитическая полимеризация ПА-6 позволяет получить однородный по молекулярной массе полимер.

## **Влияние давления связующего и внешнего силового воздействия на напряженно-деформированное состояние материала в процессе пултрузии**

*Казаков И.А., аспирант*

*Руководитель: к.т.н., доц. Красновский А.Н.*

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
e-mail: al.krasnov@mail.ru*

В настоящее время производительность процесса получения крупногабаритных композиционных изделий методом пултрузии невысока, а сам процесс недостаточно изучен. Большое количество факторов оказывает влияние на качество получаемой продукции. Одним из них является давление неотвержденного связующего, которое создается при прохождении материала через сужающийся канал фильеры. Так же имеет место внешнее усилие, действующее на профиль от тянущего устройства в плоскости, перпендикулярной направлению вытяжки.

Предлагаемая авторами математическая модель учитывает перечисленные выше силовые факторы, а также химическую и термическую усадки материала при выходе профиля из фильеры. Используя закон Гука для ортотропного тела авторы статьи получили выражения для расчета напряженно-деформированного состояния для любого сечения изделия после его выхода из фильеры. Использование этих выражений в совокупности с уравнениями теплопроводности и полимеризации, а также уравнениями для определения давления позволяет определить напряжения в любом сечении стержня, сравнить их с предельно допустимыми и предупредить таким образом образование магистральных трещин в изделии.

В качестве примера решена задача определения напряженно-деформированного состояния материала в процессе пултрузии крупногабаритного стержня из эпоксидного стеклопластика. Получены выводы о том, что приложение внешнего давления к стержню на выходе из фильеры позволяет снизить опасные значения напряжений.

## **Математическое моделирование механики процесса пултрузии изделий из полимерных композиционных материалов**

*Квачев К.В., аспирант*

*Руководитель: к.т.н., доц. Красновский А.Н.*

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»*

*e-mail: al.krasnov@mail.ru*

Известные математические модели, описывающие процесс пултрузии, не учитывают в полной мере все факторы, которые имеют место в процессе производства полимерных композиционных материалов с помощью этой технологии. Хорошо изучен способ пултрузии изделий с продольным расположением армирующих волокон, который является традиционным для изготовления длинномерных профилей с различной формой поперечного сечения. Распространение возможностей пултрузии для изготовления длинномерных сложноармированных изделий требует дальнейшего развития теоретических исследований этого процесса.

Большинство математических моделей пултрузии основаны на законе Дарси. Использование закона фильтрации жидкостей и газов в пористой среде значительно упрощает нахождение давления в материале в зоне фильеры. Существующие математические модели описывают процесс полимеризации в среднем по объему и не учитывают тот факт, что заполимеризованная в фильере часть композита представляет собой материал, в котором существенными являются деформации, а не скорости деформаций. В рассматриваемой математической модели учитывается этот фактор. Считается, что заполимеризованный материал с учетом термомеханических свойств представляет собой трансверсально-изотропную упругую среду, тогда как незаполимеризованный — ньютоновскую вязкую жидкость.

В работе формулируется математическая постановка задачи для исследования процесса пултрузии изделий цилиндрической формы и определения технологических параметров процесса пултрузии.

## **Влияние морфологии реакторных порошков СВМПЭ на способность к гель-формованию и ориентационному вытягиванию волокон**

*Котова А.А., студент, Ситникова В.Е., магистрант*

*Руководители: д.х.н., проф. Пахомов П.М., Хижняк С.Д., Галицын В.П.*

*Тверской государственный университет*

*ФГУП ВНИИ синтетического волокна, г. Тверь*

*e-mail: kotova.niura2012@yandex.ru*

Целью настоящей работы являлось изучение влияния морфологии реакторных порошков СВМПЭ на их способность к гель-формованию и ориентационному вытягиванию.

Объектами исследования являлись различные партии реакторных порошков СВМПЭ со средневязкостной молекулярной массой  $M_n$  в диапазоне  $(1,26 \div 6,31) \times 10^6$  г/моль, синтезированные в ОАО «Томскнефтехим».

В результате проделанной работы методами ИК спектроскопии, сканирующей электронной и оптической микроскопии была исследована способность волокон сверхвысокомолекулярного полиэтилена к формованию и ориентационному вытягиванию в зависимости от размеров частиц порошка и степени его кристалличности. Установлено, что крупные частицы реакторного порошка состоят из более мелких субчастиц, размеры, число и связанность фибриллами которых различны, а также, что хорошим качеством формования обладают реакторные порошки, размер частиц которых находится в интервале 60–90 мкм. ИК спектроскопический анализ показал, что степень кристалличности порошка не оказывает существенного влияния на конечные механические свойства волокон СВМПЭ.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере №8701р/13135*

## **Использование биополимера арабиногалактана при производстве целлюлозных композиционных материалов**

*Кузнецов А.Г., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Махотина Л.Г.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров*

*e-mail: anton.kuznetsov@hotmail.com*

Целлюлозные композиционные материалы (ЦКМ) получают путем пропитки бумаги или картона природными, искусственными или синтетическими полимерами. Использование в настоящее время в композиции ЦКМ большого количества вторичного волокна приводит к снижению физико-механических свойств, ухудшению оптических и печатных свойств.

Работа посвящена изучению возможности использования арабиногалактана в качестве химиката, увеличивающего прочность ЦКМ в сухом состоянии. Арабиногалактан (гемицеллюлозы древесины лиственницы) – это смешанный полисахарид с высокой степенью разветвления. Его получают в процессе биорефайнинга древесины лиственницы.

Для изготовления отливок ЦКМ в ходе экспериментов использовали сульфатную небеленую хвойную целлюлозу из древесины сосны. Анализ данных показал, что введение в массу экстракта арабиногалактана не оказывает влияние на разрушающее усилие и разрывную длину, даже при введении его 100 кг/т готовой продукции, в отличие от использования катионного крахмала. Модуль упругости образцов, как с крахмалом, так и с арабиногалактаном увеличивается незначительно в равной степени. Сопротивление раздиранию уменьшается лишь при введении арабиногалактана более 50 кг/т. В результате проведенных исследований показана возможность использования арабиногалактана в количестве 50...100 кг на тонну готовой продукции без снижения физико-механических свойств ЦКМ при одновременной экономии целлюлозного волокна.

## Эпоксидные компаунды, наполненные натрием кремнефтористым

*Кушугалиева А.С., магистрант*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г., к.т.н., доц. Бурмистров И.Н.*

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xt@techn.sstu.ru*

Натрий кремнефтористый (НКФ) является отходом производства фосфорной кислоты. Проведен анализ его свойств: насыпная плотность  $0,9846 \text{ г/см}^3$ , размер частиц от 0,95 до 20 мкм. В ИК спектрах НКФ отмечены пики валентных колебаний связей групп  $\text{SiF}(750 \text{ см}^{-1})$  и  $\text{NaF}(500 \text{ см}^{-1})$ . Для исследования возможности использования НКФ в качестве наполнителя, обеспечивающего снижение горючести эпоксидного компаунда, оценено влияние его на поведение полимера в процессе горения.

При введении уже 20 % НКФ потеря массы при поджигании образцов на воздухе составляет 10 %, а показатель воспламеняемости – КИ возрастает с 19 до 32 % (объем.), что обеспечивает перевод эпоксидного полимера в класс трудносгораемых материалов.

Изучение кинетики отверждения показало, что при введении в эпоксидный состав НКФ уменьшаются жизнеспособность состава и время отверждения и значительно увеличивается (с 56 до 106 °С) температура отверждения.

Для обеспечения равномерности распределения компонентов в эпоксидной композиции использовали два метода введения поверхностно-активных веществ: либо ПАВ вводились в состав эпоксидного компаунда, либо наносились на поверхность частиц НКФ. Наиболее эффективным оказался метод поверхностной модификации наполнителя, при котором достигается равномерное распределение НКФ, сохраняющееся в процессе отверждения композиции, и такие составы характеризуются более высоким комплексом физико-механических свойств.

## **Гелевые составы на основе акриловой кислоты для полимерных слоев многослойных светопрозрачных пожаробезопасных строительных конструкций**

*Литовченко Д.И., аспирант*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г., к.н.т., доц. Бурмистров И.Н.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: litovchenko89@yandex.ru*

С целью улучшения защитных свойств остекления, вместо обычного силикатного стекла разработаны составы на основе модифицированных полиакриловых гелей. Определено влияние компонентов состава, их соотношения и условий синтеза на кинетику полимеризации состава. Установлена зависимость структурных параметров геля от процессов, происходящих при полимеризации состава и параметров синтеза. Выбраны параметры, обеспечивающие максимальную степень сшивания и минимальную межузловую массу в полимеризате гидрогеля. Определено поведение разработанных составов полимерных гидрогелей в процессах пиролиза и горения. Составы относятся к группе трудносгораемых, коксообразующих материалов с показателями воспламеняемости – кислородным индексом 100 % объем, а строительные конструкции на их основе относятся к классу Е 60I-30.

Доказано, что модификацией разработанных составов гексаметиловым эфиром гексаметилолмеламина можно увеличить коксообразующую способность составов и, соответственно, повысить до 60 мин показатель I, характеризующий теплозащитные свойства коксов, образующихся при воздействии на полимерный состав температур до 900 °С.

Разработанные составы гидрогелей можно использовать в стеклах для наружного остекления и для создания пожаробезопасных перегородок и дверей, препятствующих распространению пожара, в случае его локального возникновения, и обеспечивающих безопасную эвакуацию людей при пожаре.

## **Базальтонаполненные эпоксидные компаунды**

*Лурье К.Д., студент, Улегин С.В. аспирант*

*Руководители: к.т.н., доц. Кадыкова Ю.А., д.т.н., проф. Артеменко С.Е.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xt@techn.sstu.ru*

В настоящее время возросли требования к созданию новых композиционных материалов, способных к длительной эксплуатации в жестких условиях. Большие потенциальные возможности улучшения характеристик композиционных материалов заложены в использовании недорогих и эффективных наполнителей, в число которых, безусловно, входит базальт. Уникальные свойства базальта делают его одним из самых востребованных материалов.

В данной работе в качестве наполнителя эпоксидной матрицы использовался дисперсный базальт. Подготовка базальта заключалась в его измельчении и фракционировании. Исследование влияния базальта на степень отверждения эпоксидных компаундов показывает, что применение термообработки позволяет повысить степень отверждения композиций и снизить внутренние напряжения в полимерном композиционном материале.

Анализ физико-механических свойств наполненных эпоксидных композиции показал, что применение дробленого (дисперсного) базальта в качестве наполнителя является эффективным, т.к. повышается весь комплекс физико-химических и механических свойств. Разработанные компаунды не поддерживают горения на воздухе и потери массы составляют 0,7–1,4 %. С увеличением степени наполнения эпоксидной композиции базальтом возрастает кислородный индекс и выход карбонизованного остатка.

Полученные данные доказывают эффективность и целесообразность использования дробленого базальта для наполнения эпоксидной смолы, что позволяет расширить области применения базальта для создания полимерматричных композиционных материалов широкого спектра использования.



## **Разработка токопроводящих композиционных материалов с углеродными наполнителями**

*Малкина А.В., студент*

*Руководители: к.т.н., доц. Лысенко В.А., асп. Сальникова П.Ю.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Целью данной исследовательской работы являлась разработка и исследование токопроводящих углероднаполненных полимерных композиционных материалов (ПКМ) для использования их в качестве газодиффузионных подложек топливных элементов с полимерными протонообменными мембранами. Такие топливные элементы являются экологически чистыми источниками энергии, что обуславливает актуальность данной тематики.

Для исследования свойств углероднаполненных ПКМ в качестве модельного объекта использовали пленки на основе полиакрилонитрила (ПАН). В качестве наполнителей были выбраны технический углерод (ТУ), графит и терморасширенный графит (ТРГ). В ходе проведенной работы выявлено, что среди ряда исследованных пленочных композитов на основе ПАН наибольшей удельной электропроводностью обладают пленки, наполненные ТРГ (2,5 См/см при 50 % (масс.) ТРГ).

Отработаны способы диспергирования наполнителей и методы их введения в полимер. Показано, что при использовании ультразвукового диспергирования электропроводность ПАН пленок с ТУ снижается. Отмечено, что изменением соотношения ТУ и графита в пленках ПАН можно менять порог начала электропроводности. Проведена карбонизация в токе азота пленок на основе ПАН, содержащих графит. Показано, что с увеличением до 50 % (масс.) степени наполнения пленок графитом после карбонизации при температуре 500 °С наблюдается увеличение выхода углеродного остатка на 7 %, а значение усадки уменьшается на 8 %. При увеличении температуры карбонизации наблюдается увеличение значения электропроводности и смещение начального порога электропроводности в низкотемпературную область. В результате проведенных исследований показано, что перспективными наполнителями для создания токопроводящих композиционных материалов являются ТУ и ТРГ.

## **Изучение термомеханических свойств полиакрилонитрильных волокон и термостабилизированных полиакрилонитрильных волокон**

*Медникова А.А., студент*

*Руководители: к.т.н., асс.каф. НВКМ Михалчан А.А., асп. Житенева Д.А.  
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: vaioanna@mail.ru*

Под термомеханическими свойствами полимеров понимают характеристику их механического поведения в различных термических условиях: изменение длины или объема при изменении температуры (температурный коэффициент расширения).

В работе были исследованы термомеханические свойства полиакрилонитрильных (ПАН) волокон с плотностью ( $\rho$ ) 1,186 г/см<sup>3</sup> и термостабилизированных волокон (ПАН-О) с конечной температурой термообработки 300 °С и  $\rho=1,404$  г/см<sup>3</sup>. Удельная нагрузка составляла 0; 0,5; 1 и 2 сН/текс. Нагрев образцов осуществлялся до 400 °С со скоростью 10 °С /мин.

Термомеханические характеристики оценивались на приборном комплексе ТМА 402 F1 Hyperion®.

Результаты свидетельствуют о том, что поведение ПАН волокон при термообработке, как без приложения нагрузки, так и с нагружением, отлично от поведения термостабилизированных ПАН волокон при тех же условиях. Следует отметить, что усадка ПАН-О без приложения нагрузки в 4 раза меньше, чем у ПАН. Образцы ПАН-О выдерживают большие нагрузки до разрушения (1, 2 сН/текс) при постоянном увеличении температуры до 400 °С. ПАН волокна при воздействии нагрузки в 1 сН/текс начинают удлиняться и рваться при температуре 385–390 °С.

*Работы осуществлены по заданию и при поддержке ХК «Композит»*

## **Синтез димерных поверхностно-активных веществ – олигоэфиралкил -фосфатов**

*Надежин П.А., магистрант*

*Руководители: д.х.н., проф. Николаев П.В., к.х.н., доц. Константинова Е.П.  
Ивановский государственный химико-технологический университет  
e-mail: konst@isuct.ru*

Получены димерные пленкообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ) на основе низкомолекулярных эпоксидных олигомеров и активных разбавителей (ЭД-20, Э-40, лапроксиды), неорганических кислот (ортофосфорной, серной), жирных кислот таллового масла, нафтеновых кислот и ангидридов кислот. Синтез вели одно- и двухстадийным методом.

На первой стадии получали бисгидроксиэфиры – гидроксифосфаты (сульфаты), гидрокситааллаты (нафтенаты) – продукты раскрытия  $\alpha$ -оксидного цикла кислотами – источниками гидрофильных или гидрофобных фрагментов. Бисгидроксиэфиры на основе неорганических кислот получали в среде кетонов, что обеспечивало появление в структуре молекул не только фосфатных и сульфатных концевых фрагментов, но и 1,3-диоксолановых циклов. Синтез олигоэфирталлатов и нафтенатов вели в массе при катализе вторичным амином-регентом. Катализ процесса образования гидроксиэфиров при этом осуществляется концевым фрагментом – третичным олигоэфирамином, что позволяет значительно снизить температуру и время синтеза.

На второй стадии бисгидроксиэфиры (фосфаты и сульфаты) этерифицировали органическими кислотами, а таллаты и нафтенаты ацилировали пентоксидом фосфора и малеиновым ангидридом. Показано, что более технологичным является процесс малеинизации. В случае малеинового ангидрида процесс протекает более селективно с образованием моноэфиров малеиновой кислоты – олигоэфирталлат(нафтенат)малеинатов. Получаются симметричные бис-ПАВ более определенной структуры.

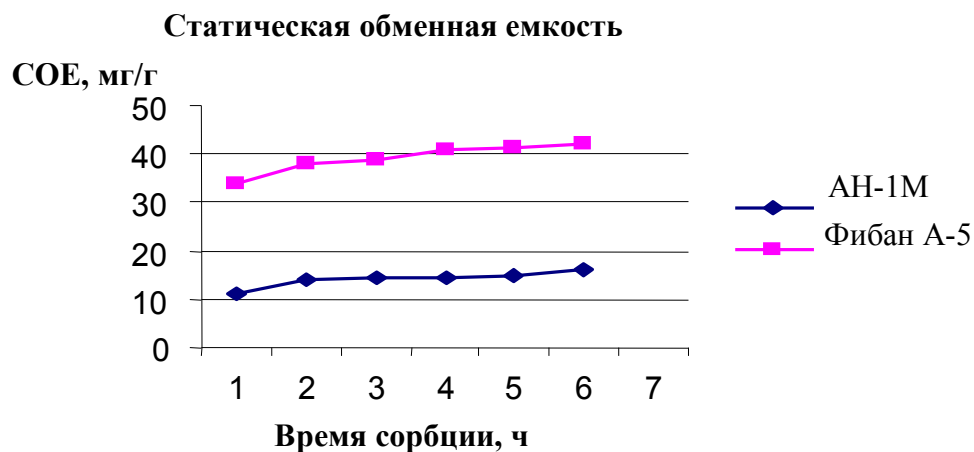
## Исследование ионообменных свойств волокнистых сорбентов

Некрытов П.С., студент

Руководители: д.т.н., проф. Буринский С.В., ведущий инженер Туркин Е.И.  
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru

Для удаления из промывных сточных вод предприятий ионов тяжелых металлов наиболее эффективным является метод локальной очистки с помощью волокнистых сорбентов.

Нами изучена сорбция ионов шестивалентного хрома ( $C_0 = 0,1 \text{ г/дм}^3$ ) из водных растворов анионообменными волокнами АН-1М и Фибан А-5. Кинетику сорбции волокнами определяли в растворах дихромата калия (гидромодуль 100), измеряя оптические плотности растворов на фотоэлектрокалориметре с фильтром  $\lambda = 425 \text{ нм}$ . Результаты опытов приведены на рис.



Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что для создания комбинированных сорбентов хрома более целесообразно использовать волокнистый анионит Фибан А-5, емкость которого по ионам хрома (V1) в 3 раза выше.

## Наполнители на основе отходов обмолота проса

*Никифоров А.В., магистрант*

*Руководители: д.х.н., проф. Панова Л.Г., к.т.н., доц. Свешникова Е.С.*

*Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: xt@techn.sstu.ru*

Отходы обмолота проса (ООП) имеют химический состав, соответствующий составу полисахаридов с глюкозидными связями. Для увеличения площади поверхности ООП измельчались в шаровой мельнице при 120 об·мин<sup>-1</sup>. При этом насыпная плотность образцов повысилась с 187 до 350 кг/м<sup>3</sup>, геометрические размеры уменьшились в 10 раз, что привело к увеличению вдвое (с 0,25 до 0,46 м<sup>2</sup>/г) площади поверхности ООП, без изменения радиуса и размера пор.

Для достижения более развитой поверхности проводили термообработку ООП, изменяя температуру от 200 до 400 °С.

Анализом спектров термообработанных ООП показано, что только у термообработанных при 400 °С ООП разрушается глюкозидная связь (1060 см<sup>-1</sup>) и такие продукты являются более термостойкими, имеют более высокую начальную температуру разложения, а потери массы снижаются на 20 %.

В составе продуктов пиролиза содержится 31 % – газов, 31 % – жидкости, 38 % – твердого остатка.

Поскольку выход продукта после термообработки составлял всего 20–25 %, проводили модификацию ООП различными соединениями, влияющими на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур и обеспечивающими повышение выхода готового продукта. Наибольший выход готового продукта (60 % масс.) достигается у ООП, обработанных тетрафторборатом аммония.

Термообработанные ООП вводятся в эпоксидные компаунды в количестве от 1 до 40 %. Модификация поверхности наполнителя силанами обеспечивает дополнительное повышение физико-механических свойств компаундов.

## **К вопросу о взаимосвязи параметров модификации и каталитических свойств полимерных материалов на основе ПАН волокон**

*Никульцева З.И., магистрант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Витковская Р.Ф.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: rvit@sutd.ru*

В настоящее время вызывают все больший интерес деструктивные методы для снижения эмиссии органических загрязнителей в сточных водах. Для использования таких технологий требуются каталитически-активные материалы, работающие в нормальных условиях, которые соответствуют температуре и давлению окружающей среды, с низким металлосодержанием в активной части и рациональными каталитическими и эксплуатационными параметрами.

В настоящей работе проводилось комплексное сравнительное исследование двух полимерных металлосодержащих катализаторов на основе ПАН волокна, различающихся физико-химическими параметрами модификации полимерного носителя. В процессе исследования образцов проводилось сравнение их элементного и структурного состава, стабильности, механической прочности волокнистого катализатора, его активности и, в конечном счете, материального ресурса работы. Вследствие чего был сделан вывод о целесообразности синтеза полимерных металлосодержащих катализаторов в более «мягких условиях» модификации ПАН волокон.

## **Влияние природы кислотных сомономеров на синтез волокнообразующих сополимеров акрилонитрила**

*Осипенко О.Н., магистрант, Байкова А.Р., студент, Брановец Н.А., студент*

*Руководители: асс. Харитонович А.Г., к.т.н., доц. Щербина Л.А.*

*Могилевский государственный университет продовольствия*

*e-mail: htvms@tut.by*

Сополимеры на основе акрилонитрила (АН) находят широкое применение в производстве волокнистых материалов как текстильного, так и технического назначения. Область применения и свойства этих материалов определяются мономерным составом сополимеров АН.

Реализованные в Республике Беларусь технологические процессы получения волокнообразующих терсополимеров (ВТП) АН основаны на гомофазной сополимеризации АН, метилакрилата (МА) и 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоты (АМПС). На основе поли(АН-со-МА-со-АМПС) производятся полиакрилонитрильные (ПАН) волокна текстильного назначения.

В связи с увеличением потребности в ПАН волокнах технического назначения встал вопрос об организации их производства в Республике Беларусь. Считается, что в композиционный состав предназначенных для этого ВТП, наряду с АН и МА должны входить мономеры, содержащие карбоксильные группы, например, акриловая (АК) и итаконовая (ИтК) кислоты.

На стендовой пилотной установке проведен сравнительный анализ процессов гомофазного синтеза поли[АН-со-МА-со-ИтК], поли[АН-со-МА-со-АК], поли[АН-со-МА-со-АМПС]. Показано влияние природы кислотных сомономеров на динамику и температурную зависимость процесса получения ВТП, а также на их молекулярно-массовые показатели. Замена АМПС на ИтК приводит к существенному снижению скорости накопления ВТП в реакционной среде, что проявляется в меньшей степени в случае использования АК. С этих позиций, для получения карбоксилсодержащих сополимеров АН более предпочтительным является синтез поли[АН-со-МА-со-АК].

## **Исследование термохимических свойств волокнообразующих сополимеров акрилонитрила, содержащих акриловую кислоту**

*Осипенко О.Н., магистрант, Рыбаков А.А., аспирант, Огулик Ю.В., студент, Тржевецкая Л.О., магистрант, Бойко В.М., аспирант*  
*Руководитель: к.т.н., доц. Будкуте И.А.*  
*Могилевский государственный университет продовольствия,*  
*e-mail: htvms@tut.by*

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке и совершенствованию технологий получения термостойких материалов на основе различных (в частности, полиакрилонитрильных (ПАН)) прекурсоров. Общим для таких процессов является высокотемпературная обработка исходного волокна, обуславливающая изменение его полимерной структуры. Известно, что одним из основных требования к ПАН прекурсорам является содержание в них сомономеров с карбоксильными группами, оказывающими каталитическое действие на процесс термоокисления. Подобный эффект подробно изучен на сополимерах АН с итаконовой кислотой. Однако в качестве кислотного сомономера может быть предложена акриловая кислота (АК).

В связи с этим целью данной работы явилось изучение особенностей термохимических свойств волокон на основе поли[АН-со-метилакрилат (МА)-со-АК], содержащих различное количество (до 5,0 %(масс.)) последней, посредством термогравиметрического и дифференциального термического анализов. Установлено, что по мере увеличения содержания звеньев АК наблюдается смещение экзотермических экстремумов, связанных с протеканием процессов полициклизации по нитрильным группам, в область более низких температур, сопровождающееся уменьшением потери массы. Рассчитаны значения энергии активации процесса термодеструкции исследуемых волокон.



## **Анализ процесса термоокислительной стабилизации волоконобразующих сополимеров акрилонитрила, содержащих 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоту**

*Осипенко О.Н., магистрант, Рыбаков А.А., аспирант, Огулик Ю.В., студент, Тржевецкая Л.О., магистрант, Свиницкая Н.Н., аспирант  
Руководитель: к.т.н., доц. Будкуте И.А.  
Могилевский государственный университет продовольствия,  
e-mail: htvms@tut.by*

Исследованию физико-химических и технологических закономерностей получения термостойких волокнистых материалов (в том числе углеродных) уделяется большое внимание. В Республике Беларусь имеется сырье для получения термоокисленных полиакрилонитрильных (ПАН) волокон на основе сополимеров акрилонитрила (АН), содержащих 2-акриламид-2-метилпропансульфокислоту (АМПС). В связи с этим целью данной работы явилось изучение влияния данного кислотного сомономера на процесс термоокисления волокон на основе сополимеров, содержащих АН и АМПС. Для количественного анализа процесса термоокисления были использованы такие величины, как тепловой эффект процесса полициклизации полимерного субстрата,  $Q_{\text{пц}}$ , и температура проявления максимума экзотермы на термограмме,  $T_{\text{пц}}$ . Относительно высокое значение  $Q_{\text{пц}}$ , характерное для гомополимера АН, обусловлено большей «концентрацией» NC-групп в единице объема полимерного субстрата и, следовательно, большей вероятностью их «контактов», приводящих к термической полициклизации. Температура, при которой проявляется максимум экзотермы, для гомоПАН также максимальна. Введение в макромолекулу волоконобразующего сополимера звеньев АМПС приводит к снижению  $Q_{\text{пц}}$  и  $T_{\text{пц}}$  тем в большей мере, чем выше их количество. Показана возможность получения термостойких волокон на основе прекурсоров, содержащих звенья АМПС; определены и апробированы температурные режимы процесса термоокисления.

## **Влияние модификации поверхности углеродных волокон на физико-механические свойства углепластиков**

*Перминов Я.О., студент*

*Руководитель: асп. Житенева Д.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Углеродные материалы из полиакрилонитрила нашли свое применение, прежде всего, как армирующие наполнители в композитах. Одним из важных этапов, влияющих на физико-механические свойства композиционных материалов, является поверхностная модификация углеродных волокон (УВ), такая как: физико-химическое окисление поверхности при электрохимической обработке (ЭХО). Многочисленными исследованиями показано, что чем выше содержание кислорода в поверхностной структуре УВ, тем выше адгезия наполнителя и связующего в углепластиках.

В работе исследовано влияние на прочностные показатели углепластиков таких параметров ЭХО как электропроводность электролита, сила тока, напряжение. Сила тока и напряжение измерялись стандартными методами, электропроводность измерялась кондуктометром. Углепластики изготавливались в соответствии с ГОСТ 2805-88, физико-механические свойства углепластиков определялись на разрывной машине Hegewall inspect table 50-1.

Показано, что электрохимическая обработка углеродных волокон значительно повышает прочностные характеристики испытуемых углепластиков. Вместе с тем следует отметить, что для каждого ассортимента углеродных волокнистых материалов оптимальные параметры электрохимической обработки должны подбираться индивидуально. В докладе будут представлены физико-механические характеристики некоторых углепластиков, полученных в работе.

*Работа выполнена по заданию и при поддержке ХК «Композит»*

## **Получение композитов на основе полиакрилонитрильных связующих, наполненных антипирирующими добавками, и исследование их термических свойств**

*Растрюгина Т.Е., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Асташкина О.В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

В настоящее время большое внимание уделяется текстильным материалам и композитам, обладающим огнезащитными свойствами. В связи с этим работы в данном направлении являются актуальными. В настоящей работе в качестве связующего был выбран полиакрилонитрил (ПАН) для получения углерод-полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов (КМ).

Для исследования использовали растворы ПАН в диметилформамиде (ДМФА) с концентрациями 3, 5 и 7 %. Наилучшие результаты были получены при концентрации ПАН в ДМФА 7 %. В качестве антипирирующих добавок использовали технический углерод (ТУ), бромсодержащий фталоцианин и декабромдефинилоксид. Добавку в систему вводили в количестве от 2 % до 10 % от концентрации ПАН в ДМФА. В качестве наполнителя для получения композиционного материала использовали хлопчатобумажную ткань. В качестве образца сравнения использовали хлопчатобумажную ткань, пропитанную 7 % раствором ПАН в ДМФА без антипирирующих добавок. Термическую устойчивость полимерных КМ исследовали на дериватографе Марки Q-1500 D (F Paulik-J.Pulik-L.Erdey). Количество введенного связующего, содержащего антипирирующие добавки и без добавок, оценивали по приросту массы образца до и после обработки.

Введение в связующее декабромдефинилоксида, в количестве даже 2%, приводит к тому, что диапазон температур, в котором происходит термодеструкция образца, значительно расширяется и составляет 280–610 °С, в то время как у образца сравнения, данный температурный интервал составляет 260–400 °С.

## **Технология получения биополимера хитозана с высокой степенью химической чистоты**

*Романовская Д.П., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Абдуллин В.Ф.*

*Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского  
государственного технического университета им. Гагарина Ю.А.*

*e-mail: abvallius@mail.ru*

Одним из важнейших достижений мирового научно – технического прогресса в области изыскания новых перспективных материалов за последние тридцать лет стало, создание и внедрение в практику технологии получения хитина, хитозана и их производных.

Одним из перспективных направлений в области применения хитозана является получение на его основе медицинских препаратов, раневых покрытий и парентеральных медицинских имплантатов. В связи с этим к используемому в этих целях хитозану предъявляются особо высокие требования по химической, радиологической и микробиологической чистоте.

В настоящее время в России высокоочищенный хитозан не производят, а продукт европейских и азиатских компаний стоит очень дорого.

Учитывая высокие требования к хитозану для медицинского применения по химической чистоте может рассматриваться технология очистки хитозана технического или пищевого, которая основана на переосаждении полимера из раствора. В общем случае технология очистки хитозана складывается из стадий растворения полимера в слабых растворах минеральных или органических кислот, фильтрации полученного раствора с целью удаления нерастворимых примесей и геле-частиц и осаждения хитозана из отфильтрованного раствора раствором щелочи с последующей отмывкой и сушкой. Высоким потенциалом также обладает технология получения хитозана путем деацетилирования хитина в гомогенных условиях, поскольку позволяет в широких пределах варьировать молекулярную массу полимера.

## **Исследование свойств ПАН-волокон в процессе их термообработки**

*Русова Н.В., студент*

*Руководители: к.т.н., доц. Свердлова Н.И., асп. Житенева Д.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: elle-espoir@yandex.ru*

Стадия термостабилизации полиакрилонитрильного (ПАН) волокна является одной из самых важных в формировании структуры высококачественных углеродных волокон. Процесс сопровождается повышением термостойкости за счет формирования новых циклизированных и сшитых структур.

Методами, позволяющими получить существенный объем информации в процессе термостабилизации ПАН-волокон, являются дериватографический анализ (ТГА/ДТГ) и дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Такие исследования выполнены на приборе TGA/DSC 1 (фирмы METTLER TOLEDO, Швейцария). Получен ряд кривых, характеризующих изменения массы исходного ПАН и термостабилизированного волокна (ПАН-О) при различных температурах.

Показано, что термообработка в среде кислорода способствует увеличению выхода углеродного материала при дальнейшей температурной обработке в инертной среде.

С целью оценки изменения гетерогенности структуры ПАН-волокна на различных стадиях термической обработки использована оптическая микроскопия (приборный комплекс SIAMS 700).

Изучение поперечных срезов ПАН-О волокон позволило определить диаметр волокон, рассчитать площадь их поперечного сечения, а так же оценить неоднородность волокон в срезе, что позволило судить о полноте термостабилизации.

*Работа осуществлена по заданию и при поддержке ХК «Композит»*

## **Особенности деформаций полимерного материала в различных температурных режимах**

*Рымкевич О.В., аспирант*

*Руководитель: д.т.н., проф. Цобкалло Е.С.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна*

*e-mail: Olga.Rymkevich@gmail.com*

На сегодняшний день структуры и свойства термоусаживающихся полимерных многокомпонентных материалов мало изучены.

Цель данной работы – исследование в различных температурных режимах процесса усадки полиолефиновой мононити – основного термоусаживающегося компонента текстильного полотна, для дальнейшего моделирования деформационных изменений изделия.

Исследуемым материалом выступало термоусаживающееся полотно многокомпонентного состава, основными элементами которого являются термоусаживающиеся мононить из модифицированного полиолефина и комплексная полиэтилентерефталатная нить. В данной работе основное внимание уделено полиолефиновой мононити – основного термоусаживающегося компонента. Проведены исследования и определены коэффициенты поперечной и продольной деформации в диапазоне температур 100–135 °С при различной продолжительности температурного воздействия. Выявлен характер зависимости деформации от температуры и времени воздействия. Показано, что в определенном диапазоне температур коэффициент продольной усадки имеет линейную зависимость от температуры. Определены температурные и временные режимы, соответствующие как максимальной скорости усадки, так и отсутствию термоусаживающегося эффекта исследуемой полимерной нити - насыщения скорости усадки. Выявлен температурный диапазон неравномерной деформации нити по длине.

## **Размол, как путь направленного изменения микроструктуры композиционных материалов на основе целлюлозы лиственницы**

*Сазонова Н.А., магистр*

*Руководитель: д.т.н., проф. Аким Э.Л.*

*Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров*

*e-mail: akim-ed@mail.ru, natalya115@mail.ru*

Проект «Лиственница», осуществляемый между ОАО «Группой «Илим»» и СПб ГТУРП направлен на изучение огромного спектра свойств волокна целлюлозы на основе древесины лиственницы. Рассматриваются различные варианты создания композиционных материалов на основе лиственничной целлюлозы при различных условиях размола.

За счет изменения микроструктуры после размола волокна становятся гибкими и пластичными, увеличивается их поверхность за счет фибрилляции, и улучшается набухание, обеспечивается лучший контакт и связь волокон в бумажном листе. В результате фибрилизации волокон, готовому материалу можно придать требуемую структуру и физические свойства: насыпную плотность, пористость, впитывающую способность и др.

Таким образом, изучение изменения микроструктуры, морфологических характеристик и капиллярно-пористой структуры за счет размола играет важную роль в регулировании физико-механических свойств целевого готового материала и в создании комбинаций с другими видами волокнистых полуфабрикатов. Полученная информация полезна и для принятия решения о выборе режимов размола.

## **Изучение процессов карбонизации полимерных пленок, наполненных техническим углеродом**

*Сальникова П.Ю., аспирант*

*Руководитель: к.т.н., доц. Лысенко В.А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Углерод-углеродные композиционные материалы обладают рядом уникальных свойств, включая высокую электропроводность и химическую стойкость, что делает их перспективными для создания электродов, суперконденсаторов, электролизеров и других устройств. В связи с этим интерес представляет исследование процессов карбонизации, лежащих в основе получения углеродных материалов нового поколения, а также поиск возможных путей увеличения выхода углеродного остатка после высокотемпературной обработки.

Целью работы было изучение процессов карбонизации пленочных углерод-полимерных композитов, полученных на основе полиакрилонитрильной матрицы и наночастиц технического углерода (ТУ) в средах аргона и азота.

Исследования выполнены на дериватографе С1500 фирмы MOM в динамическом режиме нагрева со скоростью 10 °С/мин. Конечная температура термообработки – 1000 °С.

Показано влияние ТУ на процесс карбонизации полиакрилонитрила.

Отмечено, что в системе технический углерод – полиакрилонитрил максимум выхода карбонизованного остатка наблюдается в среде аргона.

Предложен механизм, объясняющий влияние ТУ на выход карбонизованных материалов на основе полиакрилонитрила.



## **Влияние матрицы на основе смесей диацетата целлюлозы и поливинилформали на свойства полимерных мембран, модифицированных тетрафенилпорфином**

*Сингин П.В., аспирант*

*Руководители: Трифонова И. П., Бурмистров В.А., Койфман О.И.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет, НИИ*

*Макрогетероциклов*

*e-mail: singin\_p@mail.ru*

В настоящее время мембранные технологии являются одним из самых перспективных направлений развития химической промышленности. Синтетические полимерные мембраны могут быть использованы для разделения, переработки, утилизации многокомпонентных систем. Полимерные мембраны, модифицированные макрогетероциклическими соединениями, такими как порфирины, могут найти применения в качестве сенсоров, полупроводников, каталитических материалов.

С целью обеспечения доступности водных и водно-органических реагентов к реакционному центру порфирина нами были получены мембраны на основе гидрофильных полимеров – поливинилформали, диацетата целлюлозы и их смесей. Все мембраны были модифицированы 0,6 % (масс.) тетрафенилпорфина (ТФП). Спектральный анализ в УФ и видимой областях спектра свидетельствует о молекулярно-дисперсном состоянии ТФП в мембранах.

Гравиметрическим методом была определена степень набухания полученных полимерных пленок при 100% влажности и показана ее экстремальная зависимость от состава мембран. Для исследования комплексообразующих свойств иммобилизованного порфирина, при помощи электронной сканирующей спектроскопии, была изучена кинетика реакции комплексообразования ацетата цинка с тетрафенилпорфином. Установлено, что определяющую роль в процессе образования металлопорфирина играет непосредственно химическое взаимодействие, а не диффузия водного реагента к реакционному центру.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы Отделения химии и наук о материалах РАН №7.*

## **Разработка технологии получения полилактидных волоконистых материалов**

*Стефаненко М.В., магистрант, Городнякова И.С., магистрант, Рыбаков А.А., аспирант*

*Руководители: к.т.н., доц. Щербина Л.А., асс. Чвилов П.В.*

*Могилевский государственный университет продовольствия*

*e-mail: htvms@tut.by*

Целью данной работы явилась разработка технологии получения биоразлагаемых волоконистых материалов на основе полилактида (PLA), пригодных для инклюдационной модификации.

Первым шагом к поставленной цели стал выбор систем «осадитель – растворитель» для PLA. Сопоставление априорных оценок параметров растворимости различных органических жидкостей с экспериментальными данными позволило определить наилучшие растворители для PLA.

Далее методом турбидиметрического титрования разбавленных растворов высокомолекулярного PLA в различных растворителях был проведен анализ осаждающей способности различных веществ.

Дальнейший выбор и уточнение условий нитеобразования были проведены с использованием стендовой прядильной установки.

Найдены условия получения PLA волокон, пригодных для модификации в гель-состоянии и дальнейшего формирования нетканых и тканых материалов медицинского применения.

## **Исследование процессов получения полимеров молочной кислоты**

*Стефаненко М.В., магистрант, Пырх Т.В., магистрант, Рыбаков А.А., аспирант*

*Руководители: к.т.н., доц. Щербина Л. А.<sup>1</sup>, к.т.н. Можейко Ю.М.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Могилевский государственный университет продовольствия*

*<sup>2</sup>ОАО "Могилевхимволокно", г. Могилев, Республика Беларусь*

*e-mail: htvms@tut.by*

С целью разработки и оптимизации процессов получения биodeградируемых полимерных материалов на кафедре ХТВМС УО «МГУП» и ОАО «Могилевхимволокно» ведутся совместные работы по исследованию синтеза гомо- и сополимеров на основе молочной кислоты (МК) и получению материалов на их основе.

В ходе этих работ изучен синтез полилактида (PLA) путем поликонденсации L-МК в присутствии различных соединений: хлорида олова (II), октоата олова (II), окиси иттрия, смеси « $ZrO_2-Y_2O_3-Al_2O_3$ ». Показано, что наибольшей каталитической активностью обладают соединения олова. Их содержание в реакционной среде (РС) не должно превышать 0,5 % (масс.). С повышением концентрации катализатора в РС температура стеклования и плавления полимеров на основе L-МК практически не изменяются. Увеличение продолжительности синтеза свыше 30 ч не приводит к существенному увеличению молекулярно-массовых и термохимических показателей PLA, что указывает на необходимость принятия мер по смещению поликонденсационного равновесия в сторону образования высокомолекулярных продуктов. Кроме того, при этом растет вероятность процессов рацемизации L-МК.

На основе полученной информации предложены условия синтеза PLA, по термохимическим показателям приближающегося к импортным аналогам.

## **Модификация водоразбавляемых лакокрасочных материалов, наносимых методом электроосаждения, макрогетероциклическими соединениями**

*Тагиров А.Р., студент, Лебеденко А.О., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Беспалова Г.Н.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

*e-mail: kraski@isuct.ru*

Известно, что водные композиции на основе водоразбавляемых пленкообразователей для электроосаждения, таких как лак КЧ-0125, имеют коллоидную природу; размер частиц подобных систем составляет 20...50 нм.

В качестве модификаторов водоразбавляемых лакокрасочных материалов был опробован широкий круг природных и синтетических макрогетероциклических соединений – порфиринов и их производных. Выбор этого ряда добавок не случаен. Наличие в их составе ауксохромных групп и двойных связей, а также поливалентных металлов (Co, Mn, Fe, Ni и др.) позволило предположить возможность окрашивания электроосажденных покрытий в различные цвета с одновременным снижением температуры их структурирования за счет каталитического ускорения процесса окислительной полимеризации.

Проведена сравнительная оценка степени отверждения модифицированных покрытий по содержанию гель-фракции. Было установлено, что снижение температуры отверждения модифицированных покрытий до 140 °С против стандартных 180 °С не уменьшает содержания гель-фракции в покрытиях: оно остается на уровне 88...92 %. При отверждении немодифицированных покрытий при температуре 140 °С величина гель-фракции не превышает 65...69 %. Это свидетельствует о высокой эффективности порфиринов как катализаторов процесса окислительной полимеризации, несмотря на то, что их концентрация в растворе крайне мала и составляет  $(0,1...0,5) \cdot 10^{-5}$  г/дл.

*Работа выполнена в рамках НИИМГЦС.*

## **Исследование процесса термостабилизации ПАН волокна**

*Тупицына Е.А., магистрант*

*Руководители: доц. Захарова И.М., асп. МХТУ им.Д.И. Менделеева*

*Кривцов Д.И.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

*e-mail: poliamid@isuct.ru*

Цель работы состоит в установлении закономерностей процессов, происходящих при термостабилизации полиакрилонитрильных (ПАН) волокон в производстве углеродных волокон (УВ), разработке концепции оптимизации процесса. При неправильно выбранных параметрах данной стадии возможна полная структурная деградация волокна, причиной которой является химическая деструкция макромолекул. В данной работе волокна для исследования процесса термостабилизации отбирали непосредственно на производственной линии окисления. Исследования проводили на исходных ПАН волокнах, а также на волокнах, окисленных до различной глубины. Выбор параметров термостабилизации проводили на основании данных: элементного анализа, дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК), ИК-Фурье спектроскопии. Что позволило судить о преобразовании химической структуры образцов при переходе от исходного ПАН к окисленному. Методом ИК-спектроскопии показано наличие в составе волокна  $-C-H$ ,  $-C\equiv N$ ,  $-C=O$ ,  $-CO-O-CH_3$ ,  $-COOH$ ,  $-COO$ ,  $-CH_2-$ ,  $-C-CH_3$ ,  $-C-CH_3$  групп. Методом ДСК были установлены температуры начала (230 °С) и конца (340 °С) протекания преобразований ПАН. По площади пика определен тепловой эффект реакции. Дальнейшее детальное исследование процесса термостабилизации позволит уточнить и оптимизировать его параметры.

## **Аппаратурно-технологическое оформление процесса синтеза полиамида-6 в твердой фазе**

*Филатов В.А., магистрант*

*Руководитель: д.т.н., доц. Базаров Ю.М.*

*Ивановский государственный химико-технологический университет*

*e-mail: poliamid@isuct.ru*

Выявлены существенные недостатки современных технологических схем подготовки гранулята полиамида-6 (ПА-6) к процессам переработки, связанные с введением в технологическую схему производства ПА-6 энерго- и материалоемких стадий водной экстракции низкомолекулярных соединений (НМС) из гранул полимера, сушки последних и выделении НМС из экстракционных растворов методом упаривания.

Рассмотрены основные закономерности твердофазного дополиамидирования гранулята ПА-6 в среде перегретого водяного пара при температуре ниже температуры плавления полимера.

Предложено принципиально новое техническое и технологическое оформление процесса твердофазного дополиамидирования гранулята ПА-6 в среде перегретого водяного пара, позволяющее значительно повысить выход целевого продукта из единицы сырья, увеличить молекулярную массу полимера и исключить из существующего технологического процесса получения ПА-6 стадии водной экстракции НМС из гранулята полимера и их регенерации из лактамных вод методом упаривания.

Предложено принципиально новое техническое оформление процесса совмещенной сушки-демономеризации гранулята полиамида-6 в среде инертного газа, позволяющего удалять непрореагировавший свободный капролактam из полимера с последующей регенерацией его и возвращением в производственный цикл.

Выявлены технические и технологические преимущества получения высокомолекулярного ПА-6 в твердой фазе по сравнению с существующими технологиями подготовки гранулята ПА-6 к переработке.

## Исследование сорбционных свойств комбинированных сорбентов

*Храмова М.В., студент*

*Руководители: д.т.н., проф. Буринский С.В., ведущий инженер Туркин Е.И.  
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: thvikm@yandex.ru*

Среди методов удаления из промывных сточных вод предприятий органических веществ и ионов тяжелых металлов наиболее эффективным является метод локальной очистки с помощью волокнистых сорбентов.

Изучена сорбция ионов меди ( $C_0 = 0,1$  г/л) и растворимых органических веществ – метиленовой голубой (МГ) с  $C_0 = 1,5$  г/л из водных сред комбинированным фильтрующим материалом (КФМ) из небеленой целлюлозы, резаного сульфокислотного катионообменного полипропиленового волокна (Фибан К-1) и косточкового (кокосового) активированного угля (АУ). Эксперименты проводили в статических условиях. Масса целлюлозы во всех образцах КФМ составляла 2 г. Результаты опытов приведены в таблице.

Масса катионита, г	Масса АУ, г	Сорбционная емкость КФМ по ионам меди ( $Cu^{2+}$ ), мг/г	Сорбционная емкость КФМ по МГ, мг/г
0,5	1,0	27,0	65,5
1,0	1,0	36,0	67,5
1,5	1,0	46,0	75,0
0,5	1,5	58,0	70,5
1,0	1,5	65,0	72,0
1,5	1,5	72,0	75,0

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что КФМ обладают высокой сорбционной активностью как к ионам меди, так и к органическим веществам (до 70–75 мг/г), а увеличение в КФМ доли АУ способствует повышению сорбционной емкости по ионам меди, но мало влияет на величину сорбционной емкости по МГ.

## **Подбор пластификаторов для динамических термоэластопластов на основе полимеров олефиновой природы**

*Чепурнова Е. В., студент, Куцов Д.А., студент  
Руководитель: к.т.н., доц. Гайдадин А. Н.  
Волгоградский государственный технический университет  
e-mail: e.v.chepurnova89@mail.ru*

Развитие современного материаловедения привело к появлению нового класса полимерных материалов, сочетающих свойства термопластов при переработке и эластомеров при эксплуатации. Представителями таких материалов являются динамические термоэластопласты (ДТЭП). Однако ДТЭП свойственны высокие значения твердости и низкие технологические характеристики, что негативно сказывается на их потребительских качествах.

Целью работы является разработка методов подбора оптимальных пластифицирующих добавок для пластифицированных ДТЭП.

Теоретическую оценку совместимости ДТЭП с пластификационными добавками проводили термодинамическим методом. Экспериментальная оценка проводилась методами равновесного набухания и определения зависимости косинуса краевого угла смачивания термоэластопласта пластификатором. Эффективность пластификации оценивалась по снижению вязкости расплава и изменению твердости композиций.

В результате проведенной работы оценена совместимость термоэластопластов с пластификаторами различной природы. На основе полученных данных произведен подбор пластифицирующих добавок. Показана высокая эффективность пластификации ДТЭП на основе полимеров олефиновой природы выбранными добавками. Таким образом, данные способы оценки совместимости являются эффективными методами подбора пластификаторов для полимерных композиций.



## **Исследование термохимических превращений композиций на основе термостойких волокон**

*Щекочихин И.В., студент, Иванова А.В., студент*

*Руководитель: к.т.н., доц. Середина М.А.*

*Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина  
e-mail: maseredina@mail.ru*

В последние годы ведется разработка и создание новых видов перспективных углеродных волокон и нитей и получение на их основе широкого ассортимента технического текстиля различного назначения (для защиты окружающей среды, средств индивидуальной защиты, медицинского, промышленного, текстиля для машиностроения).

В работе исследована возможность использования термостойких волокон терлон и русар в качестве прекурсоров для получения углеродных волокнистых материалов. Исследовано влияние параметров термолиза волокон на выход карбонизованного остатка (КО). Показано, что выход КО волокна русар при 400 °С составляет от 89,0 до 93,0 %, что соответствует выходу КО термолиза волокна терлон. Установлено, что волокно терлон обладает более высокой термостойкостью, КО термолиза при 500 °С составляет 44,6 %, а КО термолиза волокна русар не превышает 19,2 %.

Исследование поверхностных слоев термоокисленной нити русар методом атомной силовой микроскопии показало, что на поверхности наблюдается наличие мелких дефектов образовавшихся за счет разложения элементов структуры, которые не входят в кристаллическую решетку. Влияние регулярности упаковки макромолекул в кристаллической решетке зависит от температуры термолиза. Реакция распада макромолекул сопровождается процессами структурирования, которые ведут к образованию углеродного остатка. Установлено, что в процессе деструкции термостойких полимеров на воздухе кислород подавляет реакции образования сшивок и процесс идет до конца с образованием летучих продуктов термолиза.

# Секция III

## Макромолекулярные системы

### Введение перокси-групп в макромолекулы поливинилового спирта

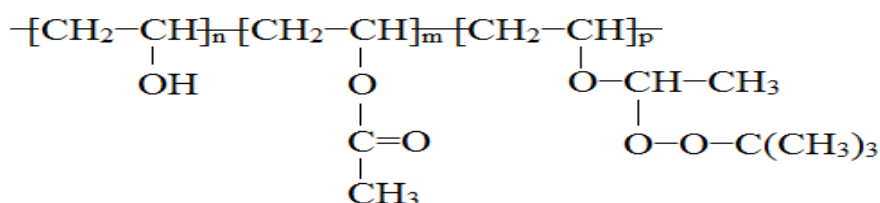
Алейникова З.С., студент

Руководители: к.х.н., доц. Алейникова Т.П., к.х.н., доц. Хардина И.А.

Волгоградский государственный технический университет,

e-mail: aleynikova\_tp@vstu.ru

Пероксидированный поливиниловый спирт (ППС) представляет собой тройной сополимер следующего строения:



и используется в модификации поликапроамидных (ПКА) волокон. ППС синтезировали реакцией 1-хлоралкилпероксидов (ХП) с поливиниловым спиртом (ПВС), содержащим 8–10 % звеньев поливинилацетата. Максимальное количество пероксидных групп, которое удалось ввести в макромолекулу полимера, составляло 60 % от теоретически возможного при мольном соотношении ХП и ПВС 1:1. Однако синтезированный ППС не растворялся в воде, что, по-видимому, связано с частичной циклизацией и структурированием макромолекул ППС. Это усложняло проведение модификации ПКА волокон в водной среде. В ходе эксперимента определялась зависимость растворимости ППС в воде от количества введенных пероксидных групп и температуры растворителя. Показано, что растворимым в воде при температуре 50–60 °С является ППС, содержащий в макромолекуле 10–15 % пероксидных групп (от теоретически возможного). Содержание перокси-групп определяли методом йодометрического анализа.

## Полимеризация ортокремневой кислоты

*Алейникова З.С., студент, Тростянская М.В., аспирант*

*Руководитель: к.т.н, доц. Козловцев В.А.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*Email: zlata008@mail.ru*

Кремнезем – самое распространенное вещество на земле, его содержание в литосфере составляет около 60 %. Полимерные материалы на основе  $\text{SiO}_2$  нашли широкое применение в качестве адсорбентов, поглотителей, носителей активной фазы в катализе, армирующих волокон, загустителей дисперсной среды, связующих для формовочных материалов.

Проведенными ранее в ВолгГТУ исследованиями установлено, что катализатор на основе смеси  $\text{SiO}_2$  (белая сажа) и  $\text{CaSO}_4$  (гипс) позволяет провести низкотемпературное дегидрирование этилбензола в стирол (300 °С) в отличие от промышленных каталитических систем (более 600 °С). Однако такой катализатор имеет недостаточную механическую прочность. Согласно Г.К. Борескову каталитическая активность зависит не от структуры, а от химического состава вещества. Следовательно, для повышения механической прочности предложенного катализатора белую сажу можно заменить полимерной ортокремневой кислотой, которая имеет аналогичный химический состав и, кроме того, является прочным связующим.

Целью настоящего исследования является разработка метода полимеризации ортокремневой кислоты в «обратной эмульсии», что позволит получать механически прочные микросферы, наполненные каталитически активными веществами, структура и свойства которых будут зависеть от условий полимеризации (применяемого ПАВ, дисперсионной среды, температуры, концентрации).

Предполагается провести проверку каталитической активности полученных микросфер в зависимости от условий синтеза.

## **Модификация сополимера акролеина с акриловой кислотой**

*Бугаев С.В., аспирант*

*Руководитель: д.х.н., проф. Тужиков О.И*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: himvms@yandex.ru*

Химической модификацией полимеров и сополимеров на основе акролеина фосфорсодержащими и азотсодержащими соединениями получены полимеры с технически ценными свойствами, такими как негорючесть, термостойкость, и обладающие антикоагулятивными свойствами.

В качестве объекта исследования были выбраны сополимеры акролеина с акриловой кислотой, полученные при сополимеризации сомономеров при мольном соотношении 0,75:0,25 соответственно в водной среде в присутствии окислительно-восстановительной системы  $Fe^{2+}$  и персульфат аммония при 25 °С.

Модификацию полученного сополимера проводили солянокислым гидроксиламином в среде пиридина в течение 8 ч при температуре 20 °С, с последующим выдерживанием реакционной массы при температуре 40 °С в течение 2 ч. Полученные сополимеры содержат 70–73 % оксимных групп и представляют собой порошкообразные продукты от белого до светло-желтого цвета, нерастворимые в воде и органических растворителях, устойчивые в кислых средах. Сополимеры идентифицированы методами элементного анализа и ИК-спектроскопии.

Исследована возможность сорбции модифицированным сополимером ионов меди(II). Установлено, что сорбция ионов меди(II) наблюдается в интервале рН от 4,0 до 8,5. При этом статическая обменная емкость по ионам меди(II) составляет 1,1–1,94 ммоль/г.

## Особенности радикальной сополимеризации метилметакрилата и природного металлопорфирина

*Годлевская Н.А., студент*

*Руководители: к.х.н., доц. Николаева О.И., к.х.н., доц. Агеева Т.А.*

*НИИ Макрогетероциклических соединений Ивановского государственного химико-технологического университета*

*e-mail: onik@isuct.ru*

Исследование реакций с металлокомплексами тетрапиррольных макрогетероциклических соединений, в частности с природными металлопорфиринами, представляет интерес в связи с их потенциальным применением в различных сферах практической деятельности, а также для синтеза биологически активных веществ. С целью создания новых супрамолекулярных функциональных систем на основе этих перспективных соединений проведена радикальная сополимеризация медного комплекса метилфеофорбида *a* (CuМФФ) с метилметакрилатом (ММА) в тетрагидрофуране (ТГФ).

Изучено влияние типа и концентрации инициатора в реакционной системе, концентрации и соотношения сомономеров, времени и температуры процесса на степень конверсии сомономеров, выход, состав и величину молекулярной массы сополимера. Поскольку структура металлокомплекса обуславливает специфику его поведения в различных химических процессах, протекающих в растворах, была определена растворимость CuМФФ в ТГФ, ММА и их смеси. Сопоставление полученных данных позволило предложить оптимальные условия сополимеризации CuМФФ с ММА. Предложенным способом получены соответствующие сополимеры различного состава.

Для идентификации структуры и состава полученных сополимеров использованы спектральные методы (ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопия) и элементный анализ. Молекулярно-массовые характеристики сополимеров определены методом ГПХ на жидкостном хроматографе LC-20 “Prominence” (“Shimadzu”).

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-03-01000.*

## **Прививка винилфосфоновой кислоты и ее производных на активные угли**

*Ким В.А., студент*

*Руководитель: Зотов С.Б.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: : viktorija-chem@mail.ru*

При пиролизе древесины образуются активные центры (макрорадикалы), которые стабилизируются в угле при охлаждении в отсутствие воздуха. Их можно создать так же термической обработкой угля в инертной атмосфере при 100–600 °С. При взаимодействии такого угля с виниловыми мономерами последние полимеризуются с образованием привитых сополимеров при отсутствии гомополимеров. В данной работе активацию промышленных углей (АР-В, БАУ, СКТ, АГМ-2) проводили прогревом их в инертной среде до 500 °С действием микроволнового излучения (МВИ). Для прививки использовали смесь производных винилфосфоновой кислоты, полученную при воздействии МВИ на ди-(β-хлорэтиловый эфир) β-хлорэтилфосфоновой кислоты. Прививку проводили в 50 % водном растворе смеси мономеров через которую предварительно пропускали аргон, при температуре 80 °С в течении 1-го часа. Далее образец угля отфильтровывали, многократно промывали горячей водой до нейтральной реакции промывных вод и сушили при 100 °С /15мм.рт.ст. до постоянной массы. О количестве образовавшегося полимера судили по содержанию фосфора в полученных образцах и результатам потенциометрического титрования кислых групп. Количество привитого полимера в зависимости от марки угля составило от 23 % (БАУ) до 60 % (АГМ-2). Полученные образцы углей исследовали в качестве сорбентов ионов тяжелых металлов. Анализ комплексообразующих свойств по ионам Cu(II) показал, что уголь после прививки сорбирует на 35 % ионов больше, чем исходный.

## Модификация хитозана трис-(гидроксиметил)фосфином

*Копылов А.В., студент*

*Руководители: д.х.н., проф. Тужиков О.И, асп. Березин А.С.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: toi500a@vstu.ru*

Хитозан, (1,4)-2-амино-2-дезоксид-β-D-глюкан, – линейный полимер, получаемый из хитина N-ацетилизацией. Как известно, хитозан обладает рядом специфических свойств: высокой поглощающей способностью к воде и жирам, широким спектром биоактивности, биосовместимостью, антимикробной активностью и биодеструктурируемостью и поэтому находит все более широкое применение. С целью расширения спектров биологической активности в работе исследовали получение фосфорсодержащих производных хитозана путем взаимодействия с трис-(гидроксиметил)фосфином (ТОМФ). Модификацию водной дисперсии хитозана проводили путем обработки ТОМФ при комнатной температуре в течение 30 минут при соотношении хитозан:ТОМФ: 1:1; 1:0,6; 1:0,5; 1:0,4; 1:0,33; 1:0,16. ИК-спектральным исследованием показано, что при взаимодействии хитозана с ТОМФ реакция проходит между аминогруппами хитозана и гидроксиметильными группами ТОМФ, что подтверждается уменьшением интенсивности полосы поглощения, характерной для NH<sub>2</sub>-групп в области 1590-1610 см<sup>-1</sup>. Максимальное содержание фосфора – 4 % (масс.), содержит продукт, полученный при мольном соотношении хитозан:ТОМФ = 1:0,5. Результат можно объяснить взаимодействием хитозана с различным количеством гидроксиметильных групп ТОМФ, а так же возможностью протекания реакции с формальдегидом, образующимся при обработке тетра(гидроксиметил)фосфоний хлорида щелочью при получении ТОМФ.

## **Модификация термоэластопластов многофункциональными соединениями**

*Куратова А.В., студент*

*Руководитель: д.х.н., проф. Навроцкий В.А.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: lit@vstu.ru*

Большой интерес представляют динамические термоэластопласты (ДТЭП) на основе хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ) и полиолефина, обладающие высокими эксплуатационными характеристиками. Однако для них характерна термическая деструкция в процессе эксплуатации. К тому же для подобных композиций характерна высокая вязкость расплава, что затрудняет их перерабатываемость. Поэтому имеется необходимость вводить в подобные системы модификаторы, обладающие стабилизирующей способностью.

Следовательно, целью данного исследования явилась оценка эффективности и подбор модифицирующего агента для ДТЭП на основе ХСПЭ-полиэтилена высокого давления (ПЭВД), позволяющего не только сохранить высокий уровень показателей получаемого ДТЭП, но и качественно улучшить перерабатываемость данного материала.

В качестве модификаторов были выбраны многофункциональные соединения, способные ингибировать процесс дегидрохлорирования ХСПЭ. Введение таких соединений в ДТЭП на основе ХСПЭ-ПЭВД позволило повысить их теплостойкость. К тому же данные соединения в процессе приготовления и переработки композиций склонны к плавлению, оказывая пластифицирующее действие, снижая вязкость полимерной системы, что позволяет улучшить их перерабатываемость. При температуре эксплуатации данное вещество находится в кристаллическом состоянии, не выпотывая из композиции. Таким образом, использование соединений многофункционального действия в рецептуре ДТЭП на основе ХСПЭ позволяет повысить их технологические и эксплуатационные характеристики.



## Полимерные системы для струйной печати текстиля

*Попова В.А., студент, Богданова К.А., студент, Поскребка В.Л., студент  
Руководитель: к.т.н., доц. Тихомирова Н.А.  
Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна  
e-mail: ksenya9292@list.ru, fialochkaVLP@mail.ru*

Струйные технологии узорчатой расцветки текстильных материалов, реализуемые на оборудовании ф. Циммер «Chromojet», позволяют исключить промежуточный носитель рисунка (плоский или ротационный шаблон, гравированный вал), применяемый при традиционной печати, и воспроизводить рисунок капельным нанесением красителя на текстильный материал согласно его электронной версии. Формирование капелек осуществляется в форсунках печатающей головки и далее капли под давлением выбрасываются через сопло (диаметр 50–100 мкм) [1] и, согласно программе, образуют рисунок на поверхности текстильного материала.

Параметры рабочего органа-сопла накладывают определенные требования к размеру частиц в печатной краске. В качестве загустителей в таких красках широко применяют дисперсии на основе акриловых полимеров. К достоинствам таких загустителей можно отнести оптимальные размеры частиц дисперсии и реологические свойства. Однако, на характер вязкого течения таких смесей, сильное влияние оказывают кислоты и соли, необходимые для фиксации кислотных красителей на текстильных материалах из полиамидного волокна.

В данной работе были исследованы реологические свойства макромолекулярной системы на основе гидроксиэтилцеллюлозы (ГЭЦ) и влияние на них кислотных агентов, оптимизирована концентрация ГЭЦ для получения печатных красок требуемой вязкости и разработана технология получения однородной устойчивой коллоидной системы с размером частиц не более 20 мкм.

1. Textile Printing/edited by Leslie W.C.Miles/SDC, Hampshire, UK 2003 – 339с.

## **Окислительная дегидрополиконденсация анилина в присутствии полимерных подложек**

*Прутько А.А., студент*

*Руководитель: д.х.н., проф. Тужиков О.И.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: Anastasia\_prutko@mail.ru*

Полианилин (ПАНИ) - один из представителей класса электропроводящих полимеров. Благодаря наличию сопряженных связей он обладает свойствами, типичными для полупроводников: окислительно-восстановительной активностью, широким диапазоном изменения электронной проводимости, наличием ионной проводимости, высокой термической и химической стабильностью и доступностью сырья - анилина. Это стимулирует интенсивные исследования по разработке новых методов, позволяющих получать на основе ПАНИ пленки, сорбенты солей тяжелых металлов и неплавкие и не растворимые покрытия.

В ходе исследования ПАНИ было показано, что выход полимерного продукта, в процессе синтеза, составляет в среднем 68 %. В ряде публикаций отмечается возрастание выхода при проведении синтеза в присутствии полимерных материалов (поросорб, ПЭ, поливинилтриметилсилан, ПЭТФ и др.).

Нами исследовался синтез ПАНИ в присутствии полимерных подложек. В качестве полимерных подложек использовали ПВХ Е-66, А-15-О (частично омыленный сополимер хлористого винила с винилацетатом), А-25 (сополимер хлористого винила с винилацетатом). Было установлено, что наибольший выход ПАНИ наблюдается при использовании в качестве полимерной подложки А-15-О. При изменении соотношения Анилин: подложка от 1:1,15 до 1:2 выход ПАНИ возрастает с 88 % до 93 %.

## **Реакционное смешение полиэтилена высокого давления и хлорсульфированного полиэтилена**

*Сафронов С.А., аспирант, Серегин А.И., студент, Волосов И.В., студент  
Руководитель: д.х.н., проф. Навроцкий В.А.  
Волгоградский государственный технический университет  
e-mail: sergeys86@mail.ru*

В настоящее время огромный научный и практический интерес представляют полимерные смеси и сплавы. Большое внимание уделяется процессам получения материалов, при котором химические реакции протекают в ходе смешения компонентов. Представителями таких материалов являются динамические термоэластопласты (ДТЭП).

Ранее была показана принципиальная возможность получения смесевых термоэластопластов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ). Полученные материалы обладают высоким комплексом технологических и эксплуатационных характеристик. Однако, этим ДТЭП присущи высокие остаточные деформации, низкая тепло- и бензостойкость. Данную проблему возможно решить динамической вулканизацией эластомерной составляющей в процессе приготовления материала.

Целью данной работы было улучшение свойств ДТЭП на основе ПЭВД и ХСПЭ за счет динамической вулканизации.

В результате проведенной работы было установлено, что динамически вулканизированные термоэластопласты при содержании ХСПЭ более 50 масс. % текучестью не обладают. Однако применение динамической вулканизации позволяет повысить теплостойкость, устойчивость к действию нефтепродуктов и эластичность ДТЭП на основе ХСПЭ и ПЭВД. Кроме того полученные материалы обладают высокой морозостойкостью, устойчивостью к действию атмосферы, озона и высоким комплексом деформационно-прочностных характеристик.

## **Вулканизация резиновых смесей на основе этилен-пропилендиенового каучука пероксиацеталами**

*Сорокина Я.С., студент, Алейникова З.С., студент*

*Руководители: к.х.н., доц. Алейникова Т.П., к.х.н., доц. Хардина И.А.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: aleynikova\_tp@vstu.ru*

В кабельной промышленности используются электропроводящие резины для создания защитного экрана на поверхности изоляции или между изоляцией и токопроводящей жилой, характерной особенностью которых является пониженное электрическое сопротивление. Они представляют собой вулканизаты композиций на основе этилен-пропилендиеновых каучуков (СКЭПТ). Основными инициаторами, используемыми при вулканизации резиновых смесей на основе СКЭПТ, являются пероксид дикумила и Пероксимон F-40, которые при вулканизации инициируют окислительную деструкцию каучука и образуют канцерогенные продукты термораспада. В связи с этим поиск новых эффективных вулканизирующих агентов является актуальной задачей.

Нами разработана технология совмещенного синтеза композиций пероксидов, состоящих из 1-алкокси-трет-бутилпероксиацеталей (80–90 % (масс.)) и ди-трет-бутилпероксиацетала (10–20 % (масс.)). Композиции были использованы как инициаторы вулканизации СКЭПТ – 40Д. Резиновые смеси изготавливались на вальцах по общепринятой методике, вулканизацию проводили при 165 °С. Показано, что полученные вулканизаты имеют более высокую электропроводность, чем в случае использования Пероксимона F-40, при этом их физико-механические свойства не ухудшаются. Синтезированные пероксидные композиции могут быть использованы в резинотехнической и кабельной промышленности.

## **Модификация эпоксидных смол винилфосфоновой кислотой и ее производными**

*Степанов Г.В., студент*

*Руководитель: Зотов С.Б.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: aleynikova\_tp@vstu.ru*

Автомобильная, электротехническая и другие области промышленности предъявляют высокие требования к свойствам полимерных композиционных материалов. Снижение горючести полимерных материалов - одна из наиболее актуальных проблем.

Одним из эффективных способов снижения горючести является введение в полимер фосфорсодержащих соединений. В результате введения атома фосфора улучшаются такие важные свойства исходных соединений, как огнестойкость, гидрофильность, термостабильность.

Нами получены производные винилфосфоновой кислоты действием микроволнового излучения на ди-(β-хлорэтиловый эфир) β-хлорэтилфосфоновой кислоты, которые использовались для модификации эпоксидной смолы ЭД-20. Модификацию проводили смешением эпоксидной смолы с модификатором в соотношении 10:1, 7:1, 5:1 и 3:1, контроль за протеканием реакции осуществляли по изменению электрического сопротивления образцов. Процесс завершали при установлении постоянного значения электрического сопротивления. Отверждение полученных продуктов вели полиэтиленполи-амином, взятым в количестве 10 % (масс.) от массы модифицированной смолы. Термическими и термомеханическими испытаниями установлено возрастание теплостойкости модифицированной смолы на 50–60 %, увеличение коксового остатка на 30–40 % по сравнению с немодифицированной смолой; полученная смола при вынесении из пламени самозатухает.

## **Изменение УФ – спектров при полимеризации эпихлоргидриновых каучуков в метилметакрилате в процессе фотополимеризации**

*Шилина В.В., аспирант, Рожнова А.Д., студент*

*Руководители: академик РАН Новаков И.А., к.т.н., доц. Ваниев М.А.*

*Волгоградский государственный технический университет*

*e-mail: giveua999@mail.ru*

Работа посвящена исследованию закономерностей изменения оптической плотности в процессе фотоиндуцированной полимеризации растворов эпихлоргидриновых каучуков в метилметакрилате и оценке некоторых свойств композитов, полученных *in situ*.

Динамику изменения показателей оптической плотности и пропускания исследовали посредством мониторинга УФ-спектров на спектрофотометре СФ-56.

По эволюции УФ-спектров изучены закономерности фотоиндуцированной полимеризации растворов эпихлоргидриновых каучуков в метилметакрилате. Установлено, что основная стадия процесса сопровождается уменьшением значений оптической плотности, что свидетельствует о хорошей совместимости образующихся полимерных фаз. Показано, как зависят скорость превращения мономера, структура и некоторые свойства композитов от типа и количества растворенного каучука. Продукты фотоотверждения характеризуются высоким пропусканием в области длины волн видимого света.

Осуществлено тестирование полученных материалов на растворимость в полярных средах и проведена оценка физико – механических свойств. Установлено, что доля сшитой, не экстрагируемой фазы, меняется в пределах от 52 % до 56 %. Все варианты полученных *in situ* композитов обладают достаточно высоким уровнем разрывной прочности – от 49 до 60 МПа – в зависимости от исходного состава композиции.

## ДЛЯ ЗАМЕТОК