

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

*Посвящается  
185-летию со дня рождения Д.И. Менделеева  
160-летию лесотехнического образования Беларуси  
55-летию организации НИЧ БГТУ*



## **ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

**Материалы докладов 83-ой научно-технической  
конференции профессорско-преподавательского состава,  
научных сотрудников и аспирантов**

**4–15 февраля 2019 года**

Минск 2019

УДК 661.7:005.745(06)(0.034)

ББК 35.50/78ф

Т 38

**Технология органических веществ** : материалы 83-ой науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4–15 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО БГТУ. – Минск : БГТУ, 2019. – 202 с.

Сборник составлен по материалам докладов научно-технической конференции сотрудников Белорусского государственного технологического университета, которые являются отражением новейших достижений в области химической переработки древесины, а именно совершенствования технологий производства бумаги и картона, топливных пеллет, фурановых смол, в области безопасности технологических процессов и производств, синтеза и использования новых соединений с биологической активностью и оригинальными свойствами для использования в пищевой, косметической, лакокрасочной, лекарственной промышленности, регулирования свойств пластических масс путем введения модификаторов, а также содержат вопросы биотехнологии и биоэкологии, сертификации продуктов, разработки и применения новых методов анализа веществ и материалов.

Сборник предназначен для работников отраслей народного хозяйства, научных сотрудников, специализирующихся в соответствующих отраслях знаний, аспирантов и студентов ВУЗов.

Рецензенты: Прокопчук Н. Р., член-кор. НАН Беларуси,  
д-р хим. наук, профессор;  
Леонтьев В. Н., канд. хим. наук, доцент;  
Черная Н. В., д-р техн. наук, профессор

Главный редактор ректор, д-р техн. наук, профессор И.В. Войтов

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Безбородов В.С., Михаленок С.Г., Кузьменок Н.М.</i> Современные направления развития многофункциональных материалов: анизотропия, самоорганизующиеся системы, супрамолекулярная химия.....	13
<i>Логвинова А.В., Болтовский В.С.</i> Применение ферментных препаратов в консервировании растительных кормов.....	14
<i>Сергеенко Л.А., Болтовский В.С.</i> Комплексная гидролитическая и биотехнологическая переработка соломы сельскохозяйственных культур.....	15
<i>Казакевич А.А., Черная Т.В., Флейшер В.Л., Андрюхова М.В.</i> Исследование процесса флокуляции волокнистых суспензий при производстве санитарно-гигиенической бумаги в условиях ИП «Мюникс» ООО.....	16
<i>Сосновская А.А., Флейшер В.Л.</i> Система $Co^{2+}-H_2O_2$ как катализатор жидкофазного окисления $\alpha$ -пинена.....	18
<i>Воробьев А.Д., Черная Н.В.</i> Управление электрокинетическими свойствами бумажной массы при получении фильтровального картона.....	19
<i>Липницкий П.А., Флейшер В.Л.</i> Разработка технологии получения канифольной эмульсии для проклейки бумаги и картона.....	21
<i>Коваль В.В., Шишаков Е.П.</i> Получение катионированных полимеров и их использование при производстве бумаги.....	22
<i>Черная Т.В., Флейшер В.Л., Андрюхова М.В., Липницкий П.А., Афанасенко Я.А.</i> Оценка упрочняющего действия полиамидной смолы в технологии клееных видов бумаги из макулатурного сырья.....	24
<i>Азовская Н.О., Перетрухин В.В., Чернушевич Г.А.</i> Риски облучения работников лесного комплекса Беларуси при использовании радиоактивно загрязненных ресурсов.....	25
<i>Макеев А.А., Наумова Г.В., Хмызов И.А.</i> Состав и свойства твердых остатков производства гуминовых препаратов, как добавок к древесным пеллетам.....	26
<i>Шпак С.И., Дубоделова Е.В., Соловьева Т.В.</i> Особенности получения термомеханической массы из композиций хвойных пород древесины.....	28
<i>Шпак С.И., Дубоделова Е.В., Письменский П.И., Соловьева Т.В.</i> Модифицированная термомеханическая масса с использованием в композиции древесины лиственных пород.....	29

<i>Залуцкая А.М., Жолнерович Н.В.</i> Современные методы оценки характеристик микрокристаллической целлюлозы.....	30
<i>Гармаза А.К., Ермак И.Т.</i> Государственный контроль за соблюдением законодательства по охране труда по-новому.....	32
<i>Чубіс П.А., Чорная Н.В., Шышакоў Е.П., Коваль В.В.</i> Даследаванне механізму ўзаемадзеяння часцінак гідралізаванага ў працэсе сульфатнай варкі поліакрыланітрылу з цэлюлознымі валокнамі.....	34
<i>Черная Н.В., Флейшер В.Л., Чернышева Т.В., Мисюров О.А., Карпова С.В.</i> Влияние массоемкости состава элементарных слоев полиграфического картона на его потребительские свойства.....	36
<i>Черная Н.В., Флейшер В.Л., Чернышева Т.В., Карпова С.В., Мисюров О.А.</i> Влияние рецептуры меловальной пасты на свойства полиграфического картона.....	39
<u><i>Бондаренко Ж.В.</i></u> , <i>Коханская М.В.</i> Влияние экстракта ягод голубики высокорослой на свойства водных растворов лауретсульфата натрия.....	42
<i>Новосельская О.А., Сапон Е.Г., Пенкин А.А., Соловьева Т.В.</i> Изменения в структуре целлюлозы от введения водорастворимых красящих веществ.....	43
<i>Домненкова А.В., Карбанович Л.Н., Босак В.Н.</i> Радиационная обстановка на объектах и рабочих местах лесного хозяйства.....	44
<i>Зильберглейт М.А., Темрук В.И., Крутько Е.Н.</i> Анализ содержания бензоата натрия и сорбата калия в бумаге для упаковки.....	45
<i>Любимов А.Г., Петрушеня А.Ф., Касперович О.М., Ленартович Л.А., Горохов Г.В., Быченко Д.С., Кужир П.П.</i> Материалы для 3D печати и их электромагнитные свойства в СВЧ диапазоне.....	47
<i>Шрубок А.О., Степанович Ю.А.</i> Влияние полимерной добавки к сырью процесса окисления на структурно-групповой состав получаемых битумов.....	49
<i>Спиглазов А.В., Кордикова Е.И., Дьякова Г.Н.</i> Отличие качества печати на принтерах разных классов.....	50
<i>Спиглазов А.В., Кордикова Е.И., Колодкин Д.Ю.</i> Особенности влияния 3d-печати по FDM технологии на размерную точность изделий.....	51
<i>Наркевич А.Л., Карпович О.И., Спиглазов А.В., Шинкевич Р.А., Бутолин Г.С.</i> Конструкция крупногабаритных изделий, получаемых прессованием пластицированной заготовки из полимерсодержащих отходов.....	52

<i>Карпович О.И., Наркевич А.Л., Калинин А.Н.</i> Оценка формуемости стенок и ребер жесткости в изделиях на основе полимерсодержащих отходов.....	53
<i>Яблонская Е.И., Прокопчук Н.Р., Глоба А.И.</i> Изучение влияния способа модификации нового алкидного олигомера стиролом на физико-механические свойства покрытий на основе алкидно-стирольного пленкообразователя.....	54
<i>Кузьменок Н.М., Орёл А.С., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С.</i> Синтез замещенных этил-6-(терфенилокси)гексаноатов.....	55
<i>Кузьменок Н.М., Орёл А.С., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С.</i> Синтетическая стратегия с использованием реакции Кулинковича для конструирования ЖК мономеров.....	56
<i>Орёл А.С., Безбородов В.С., Михалёнок С.Г., Кузьменок Н.М.</i> Получение 2-метилендиолов на основе 6-пропаргилциклогекс-2-енонов.....	57
<i>Лешкевич А.В., Шашок Ж.С., Усс Е.П.</i> Применение вторичных пластифицирующих добавок в составе эластомерных композиций.....	58
<i>Потапчик А.Н., Егорова А.Л.</i> Определение критической объемной концентрации пигментов по изменению электрохимических свойств лакокрасочных покрытий.....	59
<i>Орёл А.С., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С., Кузьменок Н.М., Кириллов А.М., Fernandes T.A.</i> Получение лигандов для самособирающихся металлоорганических структур на основе 6-метокси-нафталин-2-ил-этанона.....	61
<i>Савельев А.И., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С.</i> Ацетилен-алленовая изомеризация 9-пропаргилкарбазолона.....	62
<i>Кротова О.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П.</i> Исследование влияния шунгита на технологические свойства эластомерных композиций.....	63
<i>Усс Е.П., Шашок Ж.С., Касперович А.В.</i> Термодиффузионное модифицирование эластомерных композиций в олигомерных средах.....	64
<i>Усс Е.П., Шашок Ж.С., Кротова О.А., Люштык А.Ю.</i> Исследование влияния стабилизирующих добавок на пластоэластические свойства эластомерных композиций.....	65
<i>Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р., Полоз А.Ю., Эбич Ю.Р.</i> Сравнительная оценка эффективности эпоксидсодержащих разбавителей–модификаторов в эпоксидных композициях холодного отверждения.....	66

<i>Подколзин Е.А., Ващенко Ю.Н., Долинская Р.М.</i> Модификация поверхности измельченного вулканизата для его использования в составе эластомерных материалов.....	68
<i>Ботвинцева А.Г., Ващенко Ю.Н., Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р.</i> Применения биосырья для создания композиционных активаторов вулканизации эластомеров.....	70
<i>Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р.</i> Применение измельченного вулканизата в формовых резинотехнических изделиях.....	72
<i>Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Ленартович Л.А., Любимов А.Г., Коновод Т.А.</i> Возможности рециклинга вторичного полиуретана.....	74
<i>Петрушеня А.Ф., Касперович О.М., Ленартович Л.А., Любимов А.Г., Бей М.П., Ювченко А.П.</i> Модификация полиэтилена продуктами переработки канифоли для получения древесно-наполненных полимерных композитов с дисперсным наполнителем.....	75
<i>Прокопчук Н.Р., Ленартович Л.А., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Любимов А.Г.</i> Изучение возможности использования термоэластопластов в качестве стабилизаторов в композициях полиамида.....	77
<i>Зильберглейт М.А., Шевчук М.О., Нестерова С.В., Темрук В.И.</i> Антимикробные свойства катионных полиэлектролитов.....	78
<i>Глоба А.И., Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р., Эсауленко Д.В.</i> Синтез алкидных полуфабрикатных лаков с использованием смеси ангидридов кислот.....	79
<i>Перфильева С.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П., Юсевич А.И.</i> Свойства шинных резин с нефтеполимерными смолами.....	80
<i>Ахметов А.Р., Заикин А.Е.</i> Модификация полипропилена многофункциональными полиненасыщенными мономерами в присутствии пероксида.....	81
<i>Бикбулатова Г.М., Башкиров В.Н., Гатауллина А.А., Забелкин С.А., Валеева А.Р.</i> Товарные химические продукты из суммарных жидких продуктов быстрого пиролиза древесины.....	82
<i>Буренков С.В., Грачёв А.Н., Башкиров В.Н., Пушкин С.А., Валеева А.Р., Бикбулатова Г.М., Забелкин С.А.</i> Исследование свойств иловых осадков целлюлозно-бумажного комбината.....	84
<i>Питиримова Е.А., Вершинина Н.Н., Бурков А.А.</i> Применение полимеров в производстве удобрений пролонгированного действия.....	85

<i>Валеева А.Р., Баширов В.Н., Бикбулатова Г.М.</i> Термическая переработка древесных отходов для получения продуктов модификации фенол – формальдегидных смол.....	87
<i>Вольфсон С.И., Насыбуллина Г.Ф., Закирова Л.Ю.</i> Исследование релаксационных и реологических свойств битумно-полимерных композиций модифицированных термоэластопластами.....	89
<i>Кенжетеева С.О., Сиволобова О.А.</i> Фенилпропаргильный эфир $\beta$ -нафтола в качестве мезогена.....	91
<i>Князева А.В., Баширов В.Н.</i> Процесс конверсии лигносульфонатов в биоэтанол.....	93
<i>Лысянский А.В., Белова Е.В., Кочнев Н.Ю., Нигматуллина А.И.</i> Определение термодинамической совместимости древесной муки с полимерами в древесно-полимерных композиционных материалах.....	95
<i>Махмудов Н.Н.</i> Перспективы развития нефтегазовой отрасли Узбекистана и повышение качества подготовки кадров.....	96
<i>Салькеева Л.К., Минаева Е.В., Тайшибекова Е.К., Сугралина Л.М., Омашева А.В., Хан И.П., Топеева С.К.</i> Антипирены на основе фосфорилированных производных малонового эфира.....	100
<i>Нагорнова О.А., Нуруллина Л.Ф., Ахтямова З.Г., Гильманов Р.З.</i> Синтез новых нитропроизводных имидазола....	102
<i>Охотина Н.А., Панфилова О.А., Сиразетдинов А.В., Ибатуллин А.Н., Шайхутдинова Г.Г.</i> Использование вторичного сырья для замены олефиновой фазы термопластичных вулканизатов на основе полипропилена и комбинации каучуков разной полярности.....	103
<i>Валишина З.Т., Косточко А.В., Петров В.А.</i> Высококачественная целлюлоза из альтернативных видов сырья.....	105
<i>Пилин М.О., Теряева Т.Н., Исмагилов З.Р.</i> Влияние молекулярной массы на строение сверхвысокомолекулярного полиэтилена.....	107
<i>Дерюгина О.П., Смаглюк Д.А.</i> Энергосбережение и инновационные технологии в производстве полипропилена.....	109
<i>Стоянов О.В., Сафина Л.Р., Бойко И.И., Шкодич В.Ф., Темникова Н.Е.</i> Структурирование резольных феноло-формальдегидных олигомеров детонационными наноалмазами.....	111

<i>Черкасова Т.Г., Ахремкова Ю.С.</i> Пенообразующие характеристики водных растворов пеногасителей для гидравлических жидкостей.....	113
<i>Шамова М.М.</i> Технология производства биологически активных добавок на основе полипренолов из хвойных пород деревьев.....	115
<i>Никифоров А.А., Дойников А.С., Бадретдинов З.М., Вольфсон С.И.</i> Сравнительное исследование физико-механических свойств композиций на основе полиамида 1010, наполненного волокнамизарубежного и отечественного производства.....	117
<i>Бадретдинов З.М., Файзуллин И.З., Файзуллин А.З., Щербакова Т.В., Дойников А.С.</i> Влияние вторичного сырья на физико-механические и эксплуатационные свойства древесно-полимерного композита на основе полипропилена.....	119
<i>Krtela J.</i> Material input for tire simulation.....	121
<i>Левиев Л.В., Прокончук Н.Р.</i> Технологические свойства композиций на основе эпоксиноволаквилиэфирной смолы и стеклянных чешуек.....	123
<i>Крутько Э.Т., Осмоловская Л.Ю., Коваленко Н.А., Черепко Д.Н.</i> Обращенная газовая хроматография – эффективный метод исследования полимеров.....	124
<i>Крутько Э.Т., Супиченко Г.Н., Коваленко Н.А.</i> Использование газожидкостной хроматографии для изучения кинетики циклодегидратации амидокислот.....	125
<i>Крутько Э.Т., Грачек В.И.</i> Новое борсодержащее соединение – эффективный катализатор химической имидизации.....	126
<i>Боброва В.В., Касперович А.В., Валько Н.Г.</i> Влияние ионизирующего излучения на свойства эластомерных композиций.....	127
<i>Файзуллин И.З., Файзуллин А.З., Бадретдинов З.М., Щербакова Т.В., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Эксплуатационные свойства древесно-полимерного композиционного материала на основе вторичного полипропилена.....	128
<i>Файзуллин И.З., Файзуллин А.З., Болонина А.М., Капитонов Е.С., Шалдымова Н.П., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Оценка влияния дозировки стеклосфер на физико-механические и эксплуатационные свойства полипропилена.....	130

<i>Файзуллин И.З., Файзуллин А.З., Капитонов Е.С., Шалдымова Н.П., Болонина А.М., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Разработка композиционного материала на основе полиэтилена и древесного наполнителя с улучшенными эксплуатационными свойствами.....	132
<i>Файзуллин А.З., Вольфсон С.И., Файзуллин И.З., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Исследование влияния органофицированного монтмориллонита на эксплуатационные свойства древесно-полимерных композиционных материалов.....	133
<i>Файзуллин И.З., Вольфсон С.И., Файзуллин А.З., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Светорассеивающие композиции на основе полистирола и полиэтилена.....	135
<i>Файзуллин И.З., Файзуллин А.З., Шалдымова Н.П., Капитонов Е.С., Болонина А.М., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Оценка влияния различных видов целлюлозных наполнителей на физико-механические и эксплуатационные свойства композиционных материалов на основе полипропилена.....	137
<i>Файзуллин И.З., Вольфсон С.И., Файзуллин А.З., Щербак Т.В., Бадретдинов З.М., Голубчикова К.Е., Хафизова Д.Р.</i> Исследование влияния полых стеклосфер на физико-механические и вулканизационные характеристики резиновых смесей.....	139
<i>Никулина Н.С., Провоторова М.А., Никулин С.С.</i> Выделение каучуков из латексов с применением комбинированных коагулянтов.....	141
<i>Карманова О.В., Фатнева А.Ю., Попова Л.В.</i> Исследование кинетики структурирования каучуков в присутствии композиционных активаторов вулканизации.....	143
<i>Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В., Тихомиров С.Г.</i> Интерпретация данных анализа термомеханообработки радиационного бутилрегенерата с учетом термофлуктуационной теории.....	144
<i>Тихомиров С.Г., Подвальный С.Л., Карманов А.В.</i> Математическое описание термомеханодеструкции радиационного бутилрегенерата.....	145
<i>Карманова О.В., Тихомиров С.Г., Скачков А.М.</i> Оптимизация процесса получения полимерных композиций.....	146
<i>Карманова О.В., Шутилин Ю.Ф., Москалев А.С.</i> Технические решения получения водонабухающих эластомерных материалов.....	147

<i>Гайдадин А.Н., Петрюк И.П.</i> Особенности структурных изменений сшитых эластомеров в области высоких температур.....	148
<i>Сафронов С.А., Сушкова О.И.</i> Разработка материалов для 3d-печати по технологии FDM на основе инженерных термопластов.....	150
<i>Питиримова Е.А., Вершинина Н.Н., Бурков А.А.</i> Применение полимеров в производстве удобрений пролонгированного действия.....	152
<i>Широкова Е.С., Одяков В.К.</i> Исследование свойств поверхности полимерных пленок, активированных коронным разрядом.....	154
<i>Мозырев А.Г., Майорова О.О.</i> Утилизация автомобильных шин и покрышек пиролизом.....	156
<i>Комарова Е.В., Болотов В.М., Грезев С.В.</i> Разработка новых способов получения антоциановых и флавоноидных пигментов.....	158
<i>Вишневский К.В., Прокопчук Н.Р.</i> Повышение прочности связи в системе резина-корд введением добавок основе продуктов взаимодействия сосновой живичной канифоли с цитраконовым ангидридом.....	160
<i>Королева Е.В., Седых В.А.</i> Влияние поверхностной модификации микросфер на технические показатели вулканизатов.....	161
<i>Стасевич О.В., Лось В.А.</i> Оценка содержания феруловой кислоты в водно-этанольных экстрактах из свекловичного жома.....	163
<i>Галиновский Д.В., Мокшина Н.В., Сауткина О.В., Хотылева Л.В., Кильчевский А.В., Горшкова Т.А.</i> Роль пектинов в детерминации качества льняного волокна.....	164
<i>Ламоткин С.А.</i> Выявление фальсифицированного рыбьего жира методами ЯМР и ГЖХ.....	165
<i>Ламоткин С.А., Гиль Е.В.</i> Изменение содержания основных компонентов эфирного масла ели канадской в течение года.....	166
<i>Ламоткин С.А., Гиль Е.В., Романюк Л.И.</i> Изменения состава терпеноидов эфирного масла пихты сибирской в течение года.....	167
<i>Ламоткин С.А., Никитенко А.Н., Война Ю.С.</i> Изучение жирнокислотного состава купажей растительных масел спектальными и хроматографическими методами.....	168

<i>Маркевич Р.М., Кузнецов И.Н., Гребенчикова И.А., Нестер О.В.</i> Анализ эффективности очистки сточных вод молочного производства по технологическим стадиям с разработкой рекомендаций по реконструкции.....	169
<i>Подорожня И.В., Ветохин С.С.</i> Изучение некоторых физико-химических показателей при изготовлении простокваши.....	170
<i>Адамцевич Н.Ю., Болтовский В.С., Севко Д.В., Титок В.В.</i> Разработка методики ВЭЖХ определения фисетина.....	171
<i>Никитенко А.Н., Кальчицкая О.В., Савицкая Е.В.</i> Изучение показателей качества различных видов крахмалов.....	172
<i>Никитенко А.Н., Ламоткин С.А., Стрибуць А.В.</i> Исследование хранения купажей растительных масел после термического окисления в различных средах.....	173
<i>Боборикина А.В., Бушкевич Н.В., Флюрик Е.А.</i> Результаты маркетингового исследования «фиточай на основе листьев голубики».....	174
<i>Чернявская Е.Ф., Беясова Н.А., Добыш В.А.</i> Применение халконов в качестве усилителей антимикробных свойств биоцидных препаратов.....	176
<i>Сергиевич Д.С., Беясова Н.А.</i> Биодеградация пленочных композиционных материалов.....	178
<i>Сергиевич Д.С., Игнатовец О.С., Минаковский А.Ф.</i> Продукция органических кислот почвенными фосфатмобилизирующими бактериями.....	180
<i>Сергиевич Д.С., Беясова Н.А.</i> Выделение и характеристика почвенных бактерий – деструкторов полимерных материалов.....	182
<i>Гудзенко Е.В.</i> Использование $\alpha$ -L-рамнозидазы <i>Cryptococcus albidus</i> в биотехнологии.....	184
<i>Abeuova O.A., Murzalieva G.T., Kaldybaeva A.K., Temireeva K.S., Tukubaeva G.N., Isina J.A., Khashtai K.S.</i> The metabolic status of the organism.....	186
<i>Кенжетаев Р.Р., Ахметова С.Б., Бритько В.В., Рақымғали Р.Ж., Кенжетаева С.О.</i> Микробиологическое исследование интактного растения и растения регенеранта с помощью лампы вуда.....	188
<i>Мингалеева З.Ш., Валеева Р.Т., Левашов Р.Р., Ходжамухамедов М.А., Данилова А.В., Решетник О.А.</i> Исследование роста дрожжей <i>saccharomyces cerevisiae</i> в присутствии комплексной добавки при периодическом культивировании.....	190

<i>Моцар А.В., Солошенко К.И., Лыч И.В.</i> Биоактивные пептиды молозива – альтернатива антибиотекотерапии.....	192
<i>Спатлова Л.В., Гильманов Р.З., Бикмухаметова З.Н., Хасанова А.Р.</i> Синтеза новых биологически активных аминопроизводных 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана.....	194
<i>Черепанский В., Покойовец К., Грегирчак Н.</i> Оценка санитарного состояния хлебопекарного производства.....	195
<i>Ключка Л.В., Ключка И.В., Пирог Т.П.</i> Синергизмантимикробного действия смеси эфирного масла чайного дерева и микробных поверхностно-активных веществ.....	197
<i>Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н., Леонтьев В.Н.</i> Распределение энантиомеров монотерпеновых соединений в эфирных маслах многоколосников.....	199
<i>Домненкова А.В., Карбанович Л.Н., Босак В.Н.</i> Радиационный контроль продукции заготавливаемой в лесах Республики Беларусь.....	200
<i>Насертдинова А.Д., Вольфсон С.И., Хусаинов А.Д., Мустафин А.М., Насертдинов И.Д.</i> Маслобензостойкие термопластичные вулканизаты на основе смеси полярного каучука и АБС-пластика.....	201

В.С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;  
С.Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;  
Н.М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук;  
(БГТУ, г. Минск)

## **СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: АНИЗОТРОПИЯ, САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СИСТЕМЫ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ ХИМИЯ**

Управление процессами самоорганизации является важнейшей задачей на пути к созданию новых функциональных материалов с заданными физико-химическими свойствами и разработке разнообразных устройств на их основе.

Учитывая, что большинство природных соединений и биополимеров характеризуются анизотропными свойствами; возникновение жизни на Земле является результатом химической эволюции (теории В.И. Вернадского, А.И. Опарина); самоорганизация динамических структур (диссипативных), химических систем и органических молекул (теория И.Р. Пригожина) относится также к одному из возможных путей эволюции, мы предлагаем при разработке новых материалов и структур одновременно с условиями их получения рассматривать и учитывать **фактор (роль) анизотропии** – анизотропные свойства материалов и систем; направленность процессов, самоорганизацию органических молекул и химических систем, обуславливающих региоселективность протекания реакций и образования комплементарных структур (супрамолекулярная химия).

Несомненно, что фундаментальный фактор анизотропии является определяющим в создании новых поколений материалов с заданными физико-химическими свойствами, а изучение анизотропных соединений, природных материалов; исследования процессов самоорганизации в физико-химических системах; использование моделей биоэволюции являются основой развития современного материаловедения.

Предлагаемая нами методология является креативной, имеет целый ряд отличительных достоинств, в сравнении с известными методами получения аналогичных структур, моделирования биологических систем и с успехом может быть использована для создания новых поколений материалов с широким спектром практического использования, не уступающих по свойствам природным.

А. В. Логвинова, инж.-технолог (ООО «Фермент»);  
В. С. Болтовский, проф., д-р техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ В КОНСЕРВИРОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОРМОВ**

Актуальной задачей кормопроизводства является обеспечение сбалансированности растительных кормов по основным питательным веществам и их эффективное использование. Одним из перспективных методов консервирования зеленой массы является силосование бактериальными заквасками совместно с мультиэнзимными препаратами.

Трудносилосуемые и несилосуемые культуры характеризуются низким содержанием свободных сахаров, необходимых для биосинтеза достаточного количества молочной кислоты. Надежным способом решения данной проблемы является консервация растительного корма с использованием ферментных препаратов.

С учетом особенностей полисахаридного состава растительного сырья нами разработана полиферментная композиция, которая обеспечивает деструкцию не только целлюлозы и гемицеллюлоз, в том числе ксилана, арабана и их производных, но также пектиновых веществ. Воздействие пектиназы и ксиланазы направлено на расщепление полисахаридов, расположенных между волокнами целлюлозы, что повышает эффективность действия целлюлолитического фермента, обеспечивая доступ к трудногидролизуемой клетчатке.

Эффективность ферментной композиции определяли путем анализа качественных характеристик опытных образцов силоса, полученного из смеси бобовых и злаковых трав, обработанных раствором ферментных препаратов в количестве 4–5 % от массы сырья.

Установлено консервирующее действие ферментной композиции независимо от дозировки: опытные образцы сохранили темно-зеленый цвет и структуру исходной зеленой массы в отличие от контрольного образца без добавок, а также характеризовались более низкой по сравнению с контролем величиной рН и приятным кислым ароматом. Проведенные исследования показали, что повышение концентрации ферментов увеличивает глубину гидролиза клетчатки, способствуя снижению трудноусваиваемых компонентов корма.

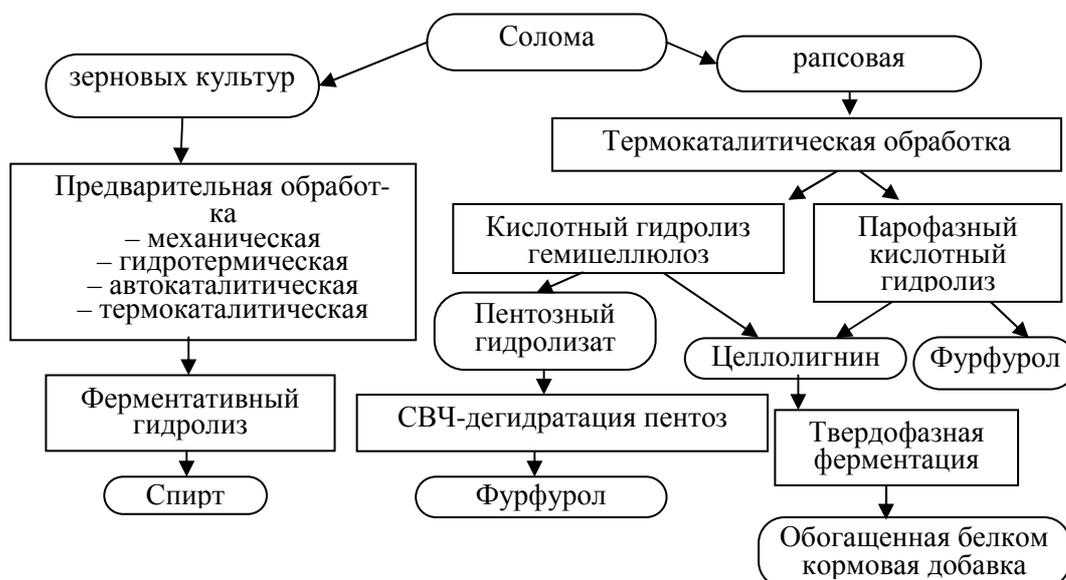
Таким образом, установлено, что ферментная композиция не только повышает усваиваемость питательных веществ растительного корма, но и обладает консервирующим действием.

## КОМПЛЕКСНАЯ ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА СОЛОМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В Республике Беларусь ежегодно образуется более 8 млн. т соломы зерновых культур и более 1 млн. т рапсовой соломы. В настоящее время эти отходы используются крайне непродуктивно или уничтожаются. Основные компоненты в составе соломы являются ценным сырьем для получения моносахаридов, кормового белка, этилового спирта, в т.ч. топливного этанола для автотранспорта, фурфурола и др.

Определен компонентный состав соломы различных видов и сортов сельскохозяйственных культур. Суммарное содержание полисахаридов в соломе зерновых (54,0–63,1%) и масличных (58,5–60,3%) культур несущественно отличается от соответствующего значения для лиственной древесины (64,5–65,5%), что позволяет использовать ее в качестве сырья для химической и микробиологической переработки.

На основании результатов исследований предложена схема комплексной гидролитической и биотехнологической переработки соломы отечественных сельскохозяйственных культур, представленная на рисунке.



**Рисунок – Схема комплексной переработки соломы**

А.А. Казакевич, магистрант;  
Н.В. Черная, проф., д-р техн. наук;  
В.Л. Флейшер, доц., канд. техн. наук;  
М.В. Андрюхова, мл. науч. сотр.  
[sashakazakevich2603@mail.ru](mailto:sashakazakevich2603@mail.ru) (БГТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЛОКУЛЯЦИИ ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БУМАГИ В УСЛОВИЯХ ИП «МЮНИКС» ООО**

В настоящее время потребительский спрос на санитарно-гигиеническую бумагу (далее – бумага) является высоким. К качеству этого вида бумажной продукции предъявляются высокие требования. В условиях ИП «Мюникс» ООО (далее – предприятие) бумага производится из первичных (целлюлозы беленой) и вторичных (макулатура разных марок) волокнистых полуфабрикатов. Качество бумаги соответствует регламентированным значениям.

Однако актуальной проблемой является проблема, связанная с повышением удержания волокон (целлюлозных и макулатурных) в структуре бумаги. Для решения этой проблемы предприятие использует химические вещества, оказывающие флокулирующие действие на бумажные массы. Для оценки влияния процесса флокуляции волокнистых суспензий на предприятии постоянно контролируют содержание взвешенных веществ, пробы которых отбирают в напорном ящике закрытого типа, флотаторе типа Krofta и регистровой воде, а также определяют химическое потребление кислорода (ХПК). Анализы проводят по стандартным методикам. По полученным данным о взвешенных веществах определяют степень удержания волокон в структуре бумаги.

Предприятие заинтересовано в использовании веществ, обладающих достаточно высокими флокулирующими свойствами. Поэтому в технологии бумаги применяются традиционные и новые вещества. К числу таких новых веществ относится соединение «ПроХим DUO», разработанное на кафедре химической переработки древесины БГТУ и выпущенное на оборудовании ЧУП «Промхимтехнологии».

Цель исследования – изучение влияния химического соединения «ПроХим DUO» на процесс флокуляции волокнистых суспензий в условиях предприятия.

Для достижения поставленной цели получали бумажные массы, отличающиеся содержанием соединения «ПроХим DUO». Это соединение вводили в насос композиционного бассейна. Содержание «ПроХим DUO» в волокнистых суспензиях уменьшали от 3,0 до 0,8 л/ч, контролируя содержание взвешенных веществ в рециркулируемых потоках и показатели качества бумаги, которые определяли с каждого тамбурного вала. Результаты исследо-

вания в производственных условиях приведены в таблице.

Получено, что содержание взвешенных веществ в рециркулируемых потоках зависит от содержания «ПроХим DUO» в волокнистых суспензиях. Снижение содержания этого соединения от 3,0 до 0,8 л/ч позволяет уменьшить содержание взвешенных веществ в регистрающей воде от 232,8 до 108,6 мг/дм<sup>3</sup> (в 2,1 раза), напорном ящике – от 271,6 до 238,9 мг/дм<sup>3</sup> (на 10%), а также флотаторе типа Krofta от 16,0 до 4,2 (в 3,8 раза).

**Таблица – Влияние соединения «ПроХим DUO» на содержание взвешенных веществ в рециркулируемых потоках предприятия**

Содержание «ПроХим DUO», л/ч	Содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>		
	напорный ящик	регистрающая вода	флотатор типа Krofta
3,0	271,6	232,8	16,0
1,5	234,7	88,7	7,3
1,0	260,1	122,5	16,6
0,8	238,9	108,6	4,2

Производственные исследования показали, что применение соединения «ПроХим DUO» позволяет уменьшить ХПК от 33,0 до 12,0 (64%).

Следует отметить, что при введении соединения «ПроХим DUO» в основной технологический поток технологических трудностей не возникало. Для этого использовали стандартный дозирующий насос. Распределение молекул этого соединения в волокнистой суспензии осуществлялось за счет равномерного перемешивания массы. При этом бумагоделательная машина работала стабильно в стационарном режиме: ее скорость не изменялась, напуск массы осуществлялся с напорного ящика закрытого типа на сеточный стол машины. Температура сушки бумаги в Янке-цилиндре была постоянной и составляла 160°C. Показатели качества бумаги определяли по стандартным методикам на оборудовании производственной лаборатории.

Регламентированные показатели качества бумаги соответствовали установленным стандартам. Белизна бумаги не ухудшилась, физико-механические показатели увеличились на 3–5%, специфические запахи отсутствовали. Дальнейшая переработка бумаги в рулоны осуществлялась на продольно-резательном станке, трудностей в процессе намотки не возникало. Таким образом, для нормализации работы предприятия с технологической и экологической точек зрения целесообразно использовать в волокнистых суспензиях химические соединения, оказывающих флокулирующее действие. Их присутствие позволяет уменьшить содержание взвешенных веществ. Эффективность применения флокулирующих веществ должна подтверждаться не только улучшением технологических и экологических показателей действующего производства, но снижением себестоимости готовой продукции при одновременном сокращении безвозвратных потерь волокнистых полуфабрикатов.

## **СИСТЕМА $\text{Co}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ КАК КАТАЛИЗАТОР ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ $\alpha$ -ПИНЕНА**

В настоящее время помимо кислорода и озона, дешевым и экологически чистым окислителем является пероксид водорода, который находит широкое применение в нефтехимическом и органическом синтезе. Такая особенность обуславливает применение данного окислителя для очистки и утилизации сточных вод, в отбеливании материалов различного функционального назначения, использовании его как универсального обеззараживающего средства и т. д. В реакциях окисления пероксид водорода выступает в качестве следующих интермедиатов:  $\text{HO}_2^-$ ,  $\text{HO}_2^\bullet$ ,  $\text{HO}^\bullet$ . Гидроксильный радикал  $\text{HO}^\bullet$  проявляет большую активность в сравнении с гидроперекисным радикалом  $\text{HO}_2^\bullet$ , что и влияет на преимущественное образование тех либо иных продуктов.

Основные усилия исследователей направлены на достижение высокой селективности процесса жидкофазного окисления  $\alpha$ -пинена (более 50%). Это приводит к использованию дорогостоящих и трудно-синтезируемых катализаторов, которые в промышленных масштабах применять экономически нецелесообразно. Для решения данной проблемы необходимо подобрать систему катализаторов, которая позволит сократить индукционный период процесса окисления, увеличить выход терпеновых кислородсодержащих соединений (ТКС) и будет легкодоступной. В настоящее время существует система, основанная на диспропорционировании  $\text{H}_2\text{O}_2$  под действием  $\text{Fe}^{2+}$  с образованием реакционноспособных гидроксильных радикалов  $\text{HO}^\bullet$ . Катализатором разложения перекиси в системе Фентона выступают ионы  $\text{Fe}^{2+}$ , а окислителем является  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

В данных исследованиях впервые использована модель ранее известной системы Фентона ( $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ) в процессе жидкофазного окисления  $\alpha$ -пинена кислородом воздуха с применением  $\text{Co}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$ . Окисление проводили при температуре 60–65°C, расходе воздуха 600–800 мл/мин, продолжительности процесса 5 ч, при концентрациях водного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  – 14, 18, 22, 35%. По данным хроматографического анализа содержание ТКС составило 20,91, 32,37, 18,47 и 12,19% соответственно.

## **УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ БУМАЖНОЙ МАССЫ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФИЛЬТРОВАЛЬНОГО КАРТОНА**

Под фильтрацией понимается самопроизвольное или преднамеренное прохождение жидкости или воздуха через пористую среду, которое должно сопровождаться отделением взвешенных частиц, задерживаемых пористой средой (фильтровальным картоном). Фильтрация жидкостей и воздуха осуществляют с различными целями, но прежде всего для очистки этих сред и их концентрирования [1].

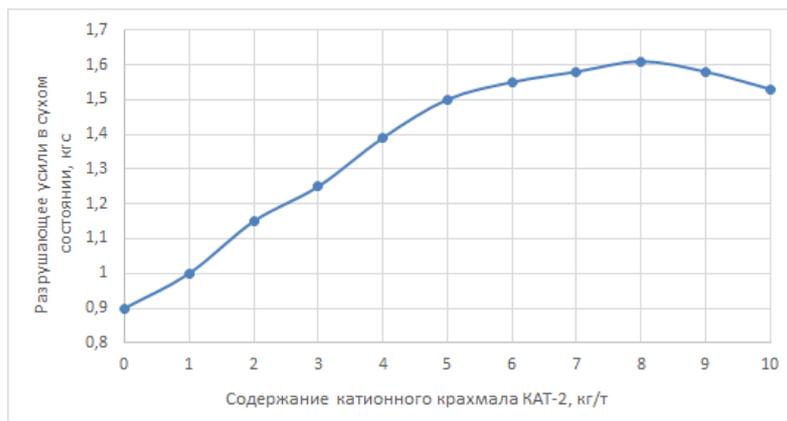
Бумажная масса состоит из дисперсионной среды (воды), растительных волокон, волокнистой мелочи (мельштофа), частиц наполнителя, содержит растворенные соли, органические соединения, полимеры и пузырьки воздуха. Исходя из размеров всех компонентов бумажной массы, ее классифицируют как дисперсную систему.

Коллоидные системы, в которых вода является дисперсионной средой, характеризуются потенциалом границы скольжения фаз, или зарядом на поверхности коллоидных частиц ( $\zeta$ -потенциал). Изменение электрокинетического потенциала влияет на агрегативную устойчивость коллоидных частиц.

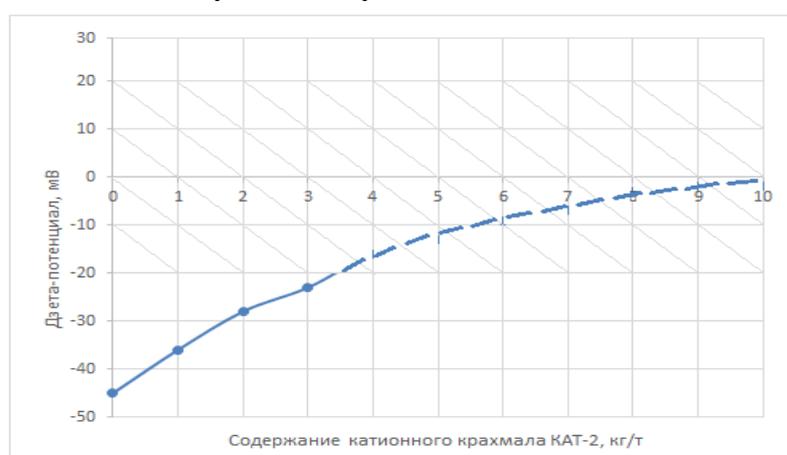
Целью работы являлось оценка влияния дополнительного использования катионного крахмала на электрокинетические и физико-механические свойства асбоцеллюлозного фильтровального картона.

Для достижения поставленной цели было изготовлено 18 лабораторных образцов фильтровального картона с заданной массой одного метра квадратного ( $300 \text{ г/м}^2$ ) и определены их основные физико-механические показатели и значение  $\zeta$ -потенциала волокнистой суспензии. Для получения образцов фильтровального картона использовали целлюлозу (вискозную и сульфатную хвойную беленую) и асбест. Степень помола составляла  $72^\circ\text{ШР}$ , белизна не менее 93%. В волокнистую суспензию последовательно вводили влагопрочную смолу "Melapret" в количестве 41 кг/т, катионный крахмал КАТ-2 в количестве от 1 до 10 кг/т.

Получено (рисунок 1), что разрушающее усилие в сухом состоянии у образцов фильтровального картона повышается от 0,9 до 1,6 кгс благодаря присутствию в его композиции катионного крахмала количество которого увеличивалось от 1 до 10 кг/т. Установлено (рисунок 2), что дополнительное использование катионного крахмала КАТ-2 приводит к увеличению значения дзета-потенциала и его смещения в область изоэлектрического состояния.



**Рисунок 1 – Влияние катионного крахмала КАТ-2 на разрушающее усилие в сухом состоянии**



**Рисунок 2 – Влияние катионного крахмала КАТ-2 на значение  $\zeta$ -потенциала бумажной массы**

Разрушающее усилие во влажном состоянии составило 0,17 кгс для всех образцов фильтровального картона в связи с постоянным расходом влагонепроницаемой смолы “Melapret”, который составил 41 кг/т.

Таким образом, дополнительное использование катионного крахмала КАТ-2 способствует повышению физико-механических свойств фильтровального картона в сухом состоянии в 1,8 раза. Этому способствовало присутствие в бумажной массе катионного крахмала КАТ-2 при расходе 1 до 10 кг/т. Представленные результаты предварительно проведенных исследований свидетельствуют о возможности управления электрокинетическими свойствами бумажной массы благодаря введению в нее катионного крахмала КАТ-2; в этих условиях  $\zeta$ -потенциал бумажной массы изменяется от -45 мВ до изоэлектрического состояния, когда значение  $\zeta$ -потенциала максимально приближается к нулю.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хованский, В.В. Влияние композиции и вида связующего на свойства фильтровального материала из минеральных волокон / В.В. Хованский, В.К. Дубовый, А.Д. Иваненко. Химия и технология бумаги: межвуз. сб. науч. тр. – СПб., 2001. – С. 17–23.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КАНИФОЛЬНОЙ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ И КАРТОНА

В настоящее время актуальным направлением в целлюлозно-бумажном производстве является создание универсальных высокоэффективных эмульсий, обладающих стабильными физико-химическими свойствами и пригодными для проклейки бумажных масс различного состава – целлюлозных, макулатурных и их смесей.

Процесс получения канифольной эмульсии состоял из 4 стадий.

– *Получение модификатора* (продукт А), представляющего собой продукт взаимодействия смоляных кислот талловой канифоли с диэтилентриамином. В реактор помещали 80 мас. ч. канифоли и доводили температуру в нем до 140°C. Далее, при постоянном перемешивании в реактор вводили 26 мас. ч. диэтанолтриамина. Температуру реакционной массы повышали до 190–195°C. Контроль за ходом реакции осуществили путем отбора проб реакционной массы через 1 ч для определения кислотных чисел (КЧ). КЧ продукта А через 2 ч составило 82,4 мг КОН/г.

– *Получение малеинезированной талловой канифоли* (продукт Б). В реактор загружали талловую канифоль 200 мас. ч. и доводили температуру в нем до 140°C. Затем, при непрерывном перемешивании добавляли 10 мас. ч. (5 мас. %) малеинового ангидрида. По окончании загрузки температуру реакционной смеси поднимали до 190–195°C и выдерживали при этой температуре в течение 2,0–2,5 ч до достижения кислотного числа не ниже 175 мг КОН/г (КЧ = 168,6 мг КОН/г);

– *Получение канифольной эмульсии*. В реактор загружали 50 мас. ч. малеинезированной талловой канифоли и доводили температуру в нем до 140°C. После чего, в реактор вносили 12,5 мас. ч. модификатора. Содержимое реактора расплавляли и перемешивали в течение 1 ч при температуре 145–150 °С до получения расплава гомогенной консистенции.

– *Частичная нейтрализация смоляных кислот канифольной эмульсии едким натром*. В реактор, содержащий клеевую композицию, при температуре 90–95°C и непрерывном перемешивании вводили 12 мас. ч. 21%-ного раствора едкого натра, необходимого для нейтрализации 50–70% смоляных кислот. Процесс нейтрализации проводили в течении 1 ч. КЧ = 128,3 мг КОН/г.

Таким образом была разработана канифольная эмульсия обладающая следующими физико-химическими свойствами: КЧ – 77,4 мг КОН/г; массовая доля сухого вещества – 53,7%; массовая доля свободных смоляных кислот – 35,0%; рН (5%-ого раствора) – 9,13.

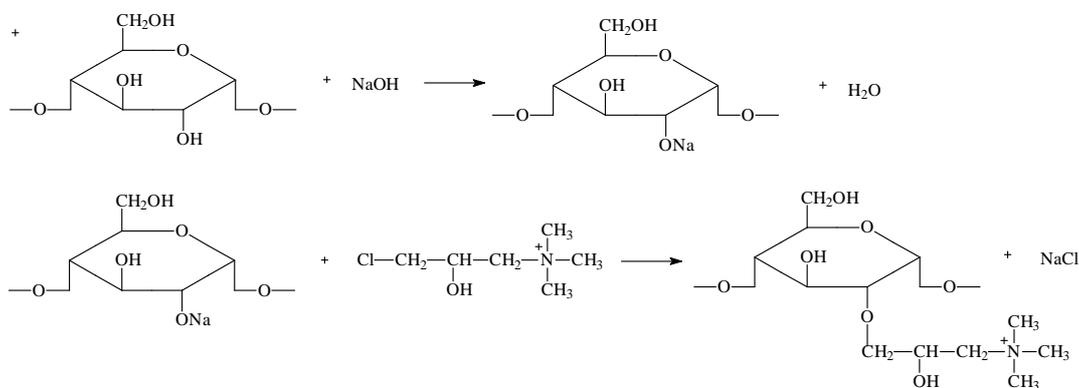
## ПОЛУЧЕНИЕ КАТИОНИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ

Крахмал, являясь самым распространенным природным полисахаридом, имеет уникальные свойства и особенности, к числу которых можно отнести: ежегодную возобновляемость и неиссякаемость сырьевых ресурсов для его получения (картофель, кукуруза, рожь, горох и др.); легкую изменяемость и придание новых практически ценных свойств путем химического, физического, бактериологического или комбинированного воздействия; возможность создания на основе крахмала или в сочетании с синтетическими полимерами новых биоразлагаемых материалов; нетоксичность и удобство работы с крахмалом как с полимером.

В целлюлозно-бумажной промышленности используют как природный крахмал (полученный из зерен или клубней растений), так и его производные: катионированный, окисленный, гидролизированный. Особенно широко используется катионированный крахмал, имеющий ряд ценных технологических свойств (благодаря введению катионирующего агента, макромолекула крахмала приобретает положительный заряд, что обеспечивает ее электростатическое взаимодействие и удержание на отрицательно заряженных волокнах целлюлозы).

Введение катионных, преимущественно аминных, групп в макромолекулу крахмала можно осуществлять несколькими способами. Благодаря тому, что элементарное звено крахмала содержит три реакционноспособных гидроксильных группы, это определяет его способность вступать в химические реакции и присоединять азотсодержащие соединения.

Реакция катионирования протекает по следующей схеме



Катионированию подвергался природный кукурузный крахмал, в качестве модификатора применялся оксид кальция (CaO). Далее он

использовался в композиции с клеем АКД для изготовления образцов бумаги массой 100 г/м<sup>2</sup>, результаты представлены в таблице.

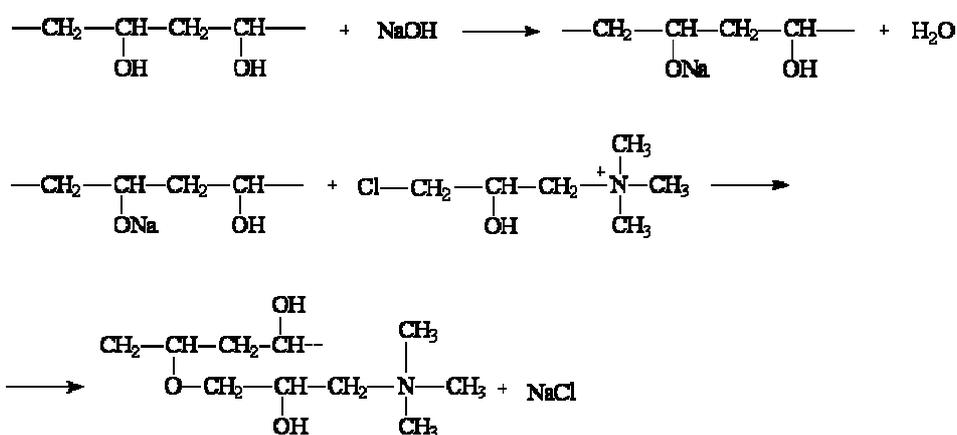
**Таблица – Физико-механические показатели бумаги**

Расход катионированного крахмала, кг/т	Показатели бумаги		
	впитываемость при одностороннем смачивании (Кобб <sub>30</sub> ), г/м <sup>2</sup>	разрушающее усилие в сухом состоянии, Н	разрывная длина, км
4	32	17	1,4
5	19	18	1,5
6	17	19	1,6
8	19	20	1,7
10	21	20	1,9

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно сделать выводы о том, что наиболее оптимальным расходом катионированного крахмала в технологии бумаги, является расход – 6 кг/т.

Кроме катионирования природного крахмала, интерес также представляет модификация поливинилового спирта (ПВС). ПВС применяется для поверхностной проклейки в технологии целлюлозно-бумажного производства, так как он не может взаимодействовать с целлюлозным волокном и, следовательно, удерживаться на нем. Проведя же его модификацию катионирующим агентом, получаем соединение способное удерживаться на целлюлозном волокне и обладающее как проклеивающими, так упрочняющими свойствами.

Механизм катионирования ПВС представлен на рисунке



**Рисунок**

Таким образом, полученный катионный крахмал, полностью удовлетворяет требованиям технологии бумаги, так как позволяет получить бумагу высокого качества. Применение катионного крахмала в технологии целлюлозно-бумажного производства позволяет повысить прочностные показатели бумаги на 40-50%, что в 1,5-2,0 раза выше, чем при использовании нативного крахмала.

Н. В. Черная, проф., д-р техн. наук;  
В. Л. Флейшер, доц., канд. техн. наук;  
М. В. Андрюхова, мл. науч. сотр.;  
П. А. Липницкий, магистрант;  
Я. А. Афанасенко, стажер мл. науч. сотр.  
(БГТУ, г. Минск)

## **ОЦЕНКА УПРОЧНЯЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПОЛИАМИДНОЙ СМОЛЫ В ТЕХНОЛОГИИ КЛЕЕНЫХ ВИДОВ БУМАГИ ИЗ МАКУЛАТУРНОГО СЫРЬЯ**

Основными задачами современного производства клееных видов бумаги являются: увеличение доли использования вторичных волоконистых полуфабрикатов (макулатуры); применение отечественных высокоэффективных функциональных химических веществ для придания требуемых показателей качества; обеспечение высоких и стабильных показателей прочности и гидрофобности готовой продукции.

Цель работы – оценить упрочняющее действие отечественной полиамидной смолы (товарный продукт «ПроХим DUO-N», ТУ ВУ 190526670.005-2018), разработанной на кафедре химической переработки древесины, на образцы бумаги и сравнить ее эффективность с применяемым на предприятии импортным кукурузным катионным крахмалом марки Б-140 (ООО «АСТОН Крахмало-Продукты», Россия).

Опытные образцы бумаги для гофрирования и бумаги мешочной изготавливали соответственно из макулатуры марок МС-5Б и МС-6Б и макулатуры силикатной с применением полиамидной смолы «ПроХим DUO-N» в качестве упрочняющего вещества в сухом состоянии и канифольной эмульсии, разработанной на кафедре химической переработки древесины, для придания образцам бумаги гидрофобности.

Образцами сравнения являлись бумажные массы, содержащие импортные химические вещества и полученные по производственной технологии, когда для упрочнения используется кукурузный катионный крахмал Б-140, а для проклейки вводится эмульсия АКД. Нормы расхода и очередность введения химических веществ соответствовала технологическому режиму их использования на предприятии.

Установлено, что при замене импортного катионного крахмала на отечественную полиамидную смолу прочность в сухом состоянии образцов бумаги для гофрирования увеличилась на 8%, а прочность образцов мешочной бумаги соответствовала прочности образцов, изготовленных по производственной технологии.

Н. О. Азовская, преп., канд. с-х. наук;  
В. В. Перетрухин, доц., канд. техн. наук;  
Г.А. Чернушевич, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

## **РИСКИ ОБЛУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ ЛЕСНОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ РЕСУРСОВ**

Исследования последствий воздействия ионизирующих излучений на здоровье людей, показывают, что радиация является самым мощным канцерогенным фактором по уровню воздействия на людей. Более того, даже небольшие дозы ионизирующей радиации повышают риски появления врожденных дефектов и генетических болезней.

В соответствии с ГН от 28.12.2012 г. № 213, индивидуальная предельно-допустимая доза от техногенных источников, которую человек может получить за весь период жизни –70 мЗв. Отрицательное воздействие ионизирующих излучений на организм человека определяются главным образом величиной дозы, поглощенной конкретным органом, и возникшими вследствие этого нарушениями его функционирования.

Поглощенная доза от внешнего облучения и от радионуклидов абсорбированных при дыхании, инкорпорированных с пищей, зависит от интенсивности, времени воздействия ионизирующего излучения. Тем не менее, для анализа последствий облучения нет оснований выделять отдельные источники или способы облучения. Это обусловлено тем, что отрицательное воздействие ионизирующих излучений на организм человека определяются главным образом величиной дозы, поглощенной конкретным органом, и возникшими вследствие этого нарушениями его функционирования.

Основой стратегии радиационной реабилитации территорий, подвергшихся радиационному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС, является снижение доз облучения до величин, обеспечивающих достижение приемлемого обществом уровня радиационного риска.

Создание безопасных условий труда в лесном комплексе Беларуси решается проведением радиационного мониторинга, который направлен на повышение безопасности работающих, также потребителей продукции. Исходя из этого, основными задачами радиационной защиты населения на современном этапе развития поставарийной ситуации является осуществление комплекса защитных мероприятий, направленных на исключение всякого необоснованного облучения и снижение индивидуальных и коллективных доз облучения.

А.А. Макеенко<sup>1</sup>, асп.;  
 Г. В. Наумова<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук;  
 И.А. Хмызов<sup>2</sup>, доц., канд. техн. наук;

(<sup>1</sup>лаборатория экотехнологий, Институт природопользования НАН Беларуси;  
<sup>2</sup>кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

## **СОСТАВ И СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ ОСТАТКОВ ПРОИЗВОДСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ, КАК ДОБАВОК К ДРЕВЕСНЫМ ПЕЛЛЕТАМ**

В настоящее время в производстве древесного формованного топлива существует проблема связанная с прочностью готовой продукции, т.е. из-за действия вибраций, возникающих при транспортировке, частично разрушается композиция древесного топлива. Для решения этой проблемы предлагается использовать модифицирующие добавки на основе побочных продуктов химической переработки торфа.

Целью настоящей работы было исследование свойств и состава твердых остатков производства гуминовых препаратов, отобранных на четырех действующих опытно-промышленных установках. Данные остатки образуются после разделения на центрифуге водно-щелочной суспензии: жидкая фаза – целевой продукт (гуминовый препарат), твердая фаза – побочный продукт (твердый остаток). Исходя из проведенной органолептической оценки, остатки представляют собой вязко-волоконистую массу темно-коричневого цвета с запахом щелочи или аммиака (в зависимости от используемого реагента в процессе переработки торфа).

Были определены физико-химические характеристики твердых остатков, отобранных на действующих опытно-промышленных установках (таблица 1).

**Таблица 1 – Физико-химическая характеристика твердых остатков  
 производства гуминовых препаратов**

Показатели	Препараты			
	Гидрогумат	Оксигумат	Оксидат торфа	Гумовет
Влажность, %	78,3	80,7	85,1	68,0
Зольность, %	5,48	4,23	5,09	1,01
рН водной вытяжки	8,98	8,82	8,89	9,06
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,12	1,11	1,08	1,16

Проведенные исследования по изучению группового состава твердых остатков показали, что их органическая масса представлена преимущественно «лигнином» и гуминовыми веществами. Содержание

«лигнина» в остатках Гидрогумата и Оксигумата составляет соответственно 37,3 и 30,7%. В остатках от Гумовета и Оксидата торфа «лигнин» содержится в количестве 22-25%. Гуминовые вещества в остатке Оксидата торфа содержатся в количестве 44% на органическую массу, Гумовета – более 20%, в остатках Гидрогумата и Оксигумата эти показатели находятся на уровне 30% на органическую массу.

Стоит отметить, что такие компоненты, как битумы, гуминовые вещества и «лигнин», согласно литературным данным, обладают связующими свойствами и могут оказывать положительное воздействие на прочностные показатели различных композиционных материалов.

В связи с этим, представлялось целесообразным провести поисковые исследования по возможности использования побочных продуктов, образующихся при получении гуминовых препаратов в качестве упрочняющих добавок к формуемому топливу из древесных отходов.

В лабораторных условиях были изготовлены древесные топливные гранулы (пеллеты) с добавлением твердого остатка производства гуминового препарата «Гидрогумат», а также определены физико-механические показатели пеллет (плотность, предел прочности при изгибе, стойкость к истиранию)[1]. При внесении незначительного количества данной добавки в композицию пеллет их прочность при изгибе увеличивается на 30% по сравнению с контрольными значениями.

Также с помощью лабораторного вибросепаратора были проведены испытания гранул на стойкость к истиранию (виброустойчивость), которая характеризуется содержанием фракции пыли (0,25/0). Благодаря добавлению побочных продуктов производства «Гидрогумата» в композицию пеллет заметно снижается доля мелких фракций, т.е. пеллеты становятся более виброустойчивыми. Так, судя по фракции пыли (0,25/0) при введении этой добавки в композицию пеллет в небольшом количестве их стойкость к истиранию увеличивается на 36%.

Использование побочных продуктов переработки торфа в топливных гранулах (пеллетах) является перспективным направлением их утилизации, что обусловлено увеличением прочности формованного топлива при изгибе и стойкости к истиранию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Биотопливо твердое. Определение механической прочности гранул и брикетов: СТБ EN 15210-1-2011. Введ. 01.07.2012. – Минск: БелГИСС, 2011. – 12 с.

С. И. Шпак, доц., канд. техн. наук;  
Е. В. Дубоделова, доц., канд. техн. наук;  
Т. В. Соловьева, проф., д-р техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ ИЗ КОМПОЗИЦИЙ ХВОЙНЫХ ПОРОД ДРЕВЕСИНЫ**

В настоящее время термомеханическая масса (ТММ) является наиболее востребованным полуфабрикатом для бумажно-картонного производства, что объясняется относительно простой технологией ее производства и высоким выходом, составляющим 80–90% от массы древесины. По сравнению с целлюлозой производство ТММ характеризуется минимальным количеством твердых отходов, стоков и газообразных выбросов. В Республике Беларусь термомеханическая масса успешно используется в производстве газетной и легкой мелованной бумаги на РУП «Завод газетной бумаги» (г. Шклов). В качестве исходного сырья на предприятии используется только балансовая древесина ели. В связи с уменьшением запасов древесины данной породы в Республике Беларусь на РУП «Завод газетной бумаги» периодически возникают перебои с поставками качественного древесного сырья. Решением проблемы дефицита сырья может стать вовлечение в производство ТММ древесины сосны, отходы которой образуются в большом количестве на предприятии.

Целью работы является снижение содержания смолистых веществ древесины сосны и повышение эффективности ее размола. Это достигалось путем применения щелочного реагента, характеризующегося способностью не только взаимодействовать с дитерпеновыми кислотами — основным компонентом смолистых веществ древесины сосны, но и не вызывать потемнения ТММ. Предварительная обработка древесины сосны на стадиях подготовки древесной щепы и ее горячего размола с расходом до 2% к массе древесины, позволяет на 78% снизить содержание экстрактивных веществ в ТММ, сохранить показатели ее механической прочности и белизны. За счет щелочной среды, создаваемой ортофосфатом натрия, улучшается размол древесины древесной композиции. Так, например, без применения реагента продолжительность размола сосны составляет 110 мин, а ели — 45 мин. Исследования, проводимые на смешанной композиции древесной щепы (ель, сосна), показали, что предложенное техническое решение позволяет довести долю сосны в композиции до 30% без изменения параметров технологического процесса производства ТММ.

С. И. Шпак<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук;  
Е. В. Дубоделова<sup>1</sup>, доц., канд. техн. наук;  
П.И. Письменский<sup>2</sup>, вед. спец-ст, канд. техн. наук;  
Т. В. Соловьева<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук  
(<sup>1</sup>БГТУ, г. Минск; <sup>2</sup>УП «БР-Консалт», г. Минск)

## **МОДИФИЦИРОВАННАЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ МАССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КОМПОЗИЦИИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИ- СТВЕННЫХ ПОРОД**

В настоящее время для производства термомеханической массы (ТММ) используется только древесина ели, сырьевые запасы которой сокращаются. В то же время на территории Республики Беларусь широко районированы такие лиственные породы, как береза – 23,2%, ольха черная – 8,5% и осина – 2,1%. Эти породы менее востребованы в деревообработке по сравнению с хвойными породами, относятся к рассеяно-сосудистым и поэтому являются перспективным сырьевым ресурсом для производства древесной массы. Наибольший интерес представляет древесина березы, характеризующаяся высокими физико-механическими показателями при равномерном распределении анатомических элементов в структуре, низкой склонностью к гниению и содержанию экстрактивных веществ. Одним из вариантов ее применения в композиции ТММ является использование приема химического модифицирования на подготовительных стадиях или/и в процессе горячего размола.

Целью работы является модифицирование ТММ для получения качественного волокнистого полуфабриката из смешанной хвойно-лиственной композиции древесной щепы (ель, береза). Для проведения серии экспериментов использовали математическое планирование эксперимента с применением плана Коно. В качестве основных факторов выбраны: температура пропаривания щепы ( $X_1$ , °С); расход сульфита натрия ( $X_2$ , % к абсолютно сухой древесине); содержание древесины березы в композиции ( $X_3$ , %). Температуру пропаривания варьировали от 155 до 175°С, сульфита натрия изменяли от 0 до 1%, содержание древесины березы в композиции – от 0 до 30%. В качестве критериев оптимизации были приняты основные показатели качества термомеханической массы – степень помола массы, ( $Y_1$ , °ШР); содержание крупноволокнистой фракции, ( $Y_2$ , %); разрывная длина образцов бумаги, ( $Y_3$ , км). Обработка результатов показала, что наилучшими бумагообразующими свойствами обладала ТММ, полученная при температуре 170°С, расходе сульфита натрия 1% и доле березы в композиции – 15%.

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) – является одним из наиболее широко распространенных производных целлюлозы, используемых во многих сферах жизнедеятельности человека.

МКЦ обладает структурой и свойствами, отличающими ее от традиционных волокнистых и порошковых целлюлоз. Обладая развитой удельной поверхностью и уникальной способностью образовывать тиксотропные гидрогели МКЦ характеризуется высокой степенью кристалличности (до 85%)[1].

Известные методы определения степени кристалличности основаны на дифракции рентгеновских лучей, ИК-спектроскопии или ЯМР  $^{13}\text{C}$  твердого тела.

Наиболее распространённым и общепринятым является метод определения степени кристалличности по данным рентгеновской дифракции, основанный на эмпирической формуле, предложенной Сегалом [2], связывающей интенсивность рефлекса (пик кристалличности) и интенсивность минимума. Однако данный метод может давать завышенные результаты. Степень кристалличности, определяемая указанным методом, составляет около 80 % для хлопковой МКЦ и 63–70 % для древесных МКЦ [3, 4].

Оценка степени кристалличности по данным ЯМР-спектроскопии осуществляется из отношения площадей кристаллической и аморфной областей сигнала углерода C-4. По результатам ряда исследований показано, что степень кристалличности составляет около 82% для хлопковой МКЦ и 64–79% для древесных МКЦ [5].

Определение степени кристалличности методом ИК-спектроскопии, разработанным Нельсоном и О'Коннором, согласно которому в качестве критерия степени кристалличности целлюлозы предлагается величина отношения интенсивности полосы поглощения при  $1372\text{ см}^{-1}$  (деформационные колебания СН-групп) к интенсивности поглощения при  $2900\text{ см}^{-1}$  (валентные колебания СН-групп). Полосу поглощения при  $2900\text{ см}^{-1}$  используют в качестве внутреннего стандарта, так как она не зависит от кристалличности целлюлозы, в то время как интенсивность деформационных колебаний С-Н-связи СН-групп прямо пропорционально зависит от степени упорядоченности

структуры [6]. Данный метод зачастую используют только для качественного анализа из-за большого ряда условий влияющих на интенсивность полос поглощения.

В тоже время описанные методы не позволяют измерить абсолютную степень кристалличности. Они отражают лишь индекс кристалличности, который показывает сравнительное содержание кристаллической фракции в исследуемом образце целлюлозы. Основными причинами, затрудняющими определение абсолютной степени кристалличности, являются отсутствие полностью кристаллического и аморфного вида целлюлозы, которые можно было бы использовать в качестве стандартов, отсутствие стандартных протоколов подготовки образцов для исследования, а также использование различных расчетных формул и программного обеспечения. Все это затрудняет сравнительную оценку степени кристалличности МКЦ, полученных исследователями различными методами, и требует обоснованного подхода к выбору метода определения данного показателя при разработке способа интенсификации процесса получения МКЦ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Структура и физико-химические свойства целлюлоз и нанокompозитов / Л.А. Алешиной [и др.] – Петрозаводск : ПетрГУ, 2014. – 242 с.
2. Segal, L. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer / L. Segal, J.J. Creely, A.E.Jr. Martin, C.M. Conrad // *Textile Research Journal*. – 1959. – Vol. 29, № 10. – P. 786–794.
3. Ioelovich, M. Physicochemical methods for determination of cellulose crystallinity/ M. Ioelovich // *ChemXpress*. – 2016 – Vol. 9, №3– P. 245–251
4. Lavonine, N. Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review / N. Lavoine, I. Desloges, A. Dufresne, J. Bras // *Carbohydrate Polymers*. – 2012. – № 90. – P. 735–764.
5. Щербакова, Т.П. Сравнительное изучение образцов порошковой и микрокристаллической целлюлозы различного природного происхождения / Т.П. Щербакова, Н.Е. Котельников, Ю.В. Быховцова // *Химия растительного сырья*. – 2012. – № 2. – С. 5–14.
6. Котенёва, И.В. Анализ модифицированной целлюлозы методом ИК-спектроскопии / И.В. Котенёва, В.И. Сидоров, И.А. Котлярова // *Химия растительного сырья*. – 2011. – №1. – С. 21–24.

А.К. Гармаза, доц., канд. техн. наук;  
И.Т. Ермак, доц., канд. биол. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПО-НОВОМУ**

Согласно ч. 1 ст. 38 Закона Республики Беларусь «Об охране труда» надзор за соблюдением законодательства об охране труда осуществляется Департаментом государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (далее – Департамент), его обособленными территориальными подразделениями, иными органами, уполномоченными на осуществление контроля (надзора), в пределах их компетенции в соответствующих сферах деятельности.

Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 внесены многочисленные изменения в Указ Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь».

Государственный контроль (надзор) осуществляется в формах:

- выборочных проверок;
- внеплановых проверок;
- мероприятий технического (технологического, поверочного) характера;
- мер профилактического и предупредительного характера.

Выборочная проверка назначается с учетом критериев оценки степени риска для отбора проверяемых субъектов при проведении выборочной проверки и на основании результатов анализа имеющейся в распоряжении контролирующего (надзорного) органа информации, свидетельствующей о высокой степени риска нарушений законодательства и невозможности их выявления и (или) устранения иными формами государственного контроля (надзора). При назначении выборочной проверки контролирующим (надзорным) органом учитывается информация, в том числе: представленная проверяемым субъектом по контрольному списку вопросов (чек-листу), административные данные, аудиторское заключение (при его наличии); полученная в ходе осуществления мер профилактического и предупредительного характера; полученная от органов уголовного преследования по возбужденному уголовному делу, судов по находящимся в их производстве делам; полученная от государственного органа, иностранного государства, иной организации или физического лица.

Для оценки степени риска государственные органы определяют критерии оценки степени риска, включающие порядок их оценки, период, за который они оцениваются, и повышающий коэффициент, применяемый при расчете индикатора высокой степени риска.

Каждому критерию оценки степени риска присваиваются баллы. При этом большее количество баллов присваивается критериям оценки степени риска, которые в большей мере характеризуют риск и (или) учитывают большую величину потенциальных негативных последствий возможного несоблюдения субъектом обязательных требований законодательства.

Субъекты, отнесенные к группе субъектов с высокой степенью риска, рассматриваются контролирующими (надзорными) органами для включения в планы выборочных проверок с учетом имеющихся у этих органов ресурсов. Для этого производится анализ имеющейся в распоряжении контролирующего (надзорного) органа информации о субъекте с высокой степенью риска. Если Советом Министров Республики Беларусь для соответствующего контролирующего (надзорного) органа и (или) сферы контроля (надзора) предусмотрено использование чек-листа, он является обязательным для применения этим органом при планировании выборочной проверки в отношении субъекта с высокой степенью риска.

Выборочные проверки одного проверяемого субъекта в течение календарного года могут быть осуществлены несколькими контролирующими (надзорными) органами только в форме совместной проверки. Проведение нескольких выборочных проверок одного и того же проверяемого субъекта в течение календарного года не допускается.

Согласно п. 16 Указа № 510 проверка проверяемого субъекта проводится за период, не превышающий трех календарных лет, предшествующих году, в котором в установленном порядке принято решение о назначении проверки, а также за истекший период текущего календарного года.

По результатам проверки, в ходе которой выявлены нарушения актов законодательства, составляется акт проверки. По фактам выявленных нарушений проверяющим в пределах его компетенции может быть составлен протокол об административном правонарушении и (или) вынесено постановление по делу об административном правонарушении. При этом днем обнаружения административного правонарушения считается день вручения акта проверки проверяемому субъекту.

Результаты проверки, в ходе которой не выявлено нарушений актов законодательства, оформляются справкой проверки.

УДК 676.16:677.494.745.32

П. А. Чубіс, намеснік дэкана, канд. тэхн. навук;

Н. В. Чорная, праф., д-р. тэхн. навук;

Е. П. Шышакоў, вяд. навук. супрац., канд. тэхн. навук;

В. В. Коваль, асіст., маг. тэхн. навук (БДТУ, г. Мінск)

## **ДАСЛЕДАВАННЕ МЕХАНІЗМУ ЎЗАЕМАДЗЕЯННЯ ЧАСЦІНАК ГІДРАЛІЗАВАНАГА Ў ПРАЦЭСЕ СУЛЬФАТНАЙ ВАРКІ ПОЛІАКРЫЛАНІТРЫЛУ З ЦЭЛЮЛОЗНЫМІ ВАЛОКНАМІ**

Сульфатная цэлюлоза з хваёвых парод драўніны альбо крафт-цэлюлоза – гэта валакністы паўфабрыкат, які выкарыстоўваецца ў складзе розных відаў паперы і кардона як у нябеленым выглядзе, так і пасля адбелкі. Нябеленая крафт-цэлюлоза мае высокія фізіка-механічныя паказчыкі трываласці. Гэта дазваляе выкарыстоўваць яе ў кампазіцыі ўпаковачных відаў паперы і кардона, якія павінны валодаць спецыфічнымі ўласцівасцямі, напрыклад, высокім індэксам паглынання энергіі пры разрыве ТЕА (ад англ. Tensile energy absorblion), дастатковай расцягвальнасцю і сціскальнасцю. Аднак у сусветнай практыцы ўпаковачныя віды паперы і кардона звычайна вырабляюць з валакністай кампазіцыі, у якую ўваходзяць крафт-цэлюлоза і другасны валакністы паўфабрыкат (макулатура). Гэта дазваляе панізіць сабекошт гатовай папяровай і кардоннай ўпакоўкі. Раней намі былі ўсталяваныя залежнасці ўплыву поліакрыланітрылу, які дадавалі ў выглядзе валокнаў на стадыі сульфатнай варкі, на ўласцівасці атрыманай крафт-цэлюлозы [1]. Таксама была ўстаноўлена аптымальная камбінацыя па валокнам паперы для мяшкоў, якая змяшчала ўзмоцненую гідралізаваным поліакрыланітрылам крафт-цэлюлозу і другасны валакністы паўфабрыкат (макулатуру) [2].

Мэтай дадзенага даследавання было вывучэнне механізму ўзаемадзеяння часцінак гідралізаванага ў працэсе сульфатнай варкі поліакрыланітрылу з цэлюлознымі валокнамі для выяўлення магчымых прычын павышэння фізіка-механічных уласцівасцей крафт-цэлюлозы. З дапамогай аптычнага мікраскопа з фотапрыстасаваннем і праграмнага забеспячэння Optika Vision Pro 4.1 было ўстаноўлена, што апрацаваныя белым шчолакам пры 170°C валокны з поліакрыланітрылу праз 60 хвілін часткова разбураюцца і набываюць жоўта-карычневы колер, а праз 120 хвілін – цалкам ператвараюцца ў часцінкі сферычнай формы. Гэтыя часцінкі здольныя каагуліравацца з утварэннем буйнадысперсных агрэгатаў з папярочным дыяметрам каля 150 мкм. Пасля прамывання крафт-цэлюлозы ад чорнага шчолаку на мік-рафатаграфіях выяўлены асобныя дробнадысперсныя часцінкі гідралізаванага поліакрыланітрылу дыяметрам ад 0,5 да 2,0 мкм, якія

практична не затримліваюцца на целюлозных валокнах. Аднак пасля стадыі размолу выяўлена, што вышэйзгаданыя часцінкі, якія маюць сферычную форму, затримліваюцца на пакрытай фібрамі паверхні целюлозных валокнаў і спрыяюць утварэнню дадатковых сувязей паміж імі дзякуючы міжмалекулярным вадародным сувязям і сілам кагезіі. Гэта пацвярджаецца літаратурнымі дадзенымі [3], якія сведчаць пра тое, што ва ўмовах сушкі папяровага ліста пры тэмпературы каля 120°C адбываецца размякчэнне поліакрылавай кіслаты (тэмпература шклавання складае 106°C). Некаторыя даследаванні [4] паказваюць, што ў працэсе асноўнага гідролізу не адбываецца ўтварэння амідзінных груп (-CH=NH) у структуры палімернага ланцуга поліакрыланітрылу з-за экраніравання нітрыльных груп, якія знаходзяцца паміж двума карбаксільнымі групамі, альбо карбаксільнай і акрыламіднай групамі. Некаторыя ж даследчыкі, наадварот, мяркуюць аб наяўнасці амідзінных злучэнняў у залежнасці ад умоваў працякання рэакцыі асноўнага гідролізу [5]. З дапамогай метаду Фур'е-спектраскапіі ў інфрачырвонай вобласці (FTIR) намі былі вызначаны асноўныя функцыянальныя групы, якія ўтварыліся ва ўмовах паскоранай сульфатнай варкі і зроблена выснова аб верагодным механізме ўзаемадзеяння валокнаў крафт-целюлозы з часцінкамі падвергнутага гідролізу поліакрыланітрылу, што і прывяло да істотнага павышэння фізіка-механічных уласцівасцей крафт-целюлозы.

#### ЛІТАРАТУРА

1. Чубис П. А., Шишаков Е. П., Коваль В. В. Сульфатная варка хвойной древесины в присутствии полиакрилонитрильных волокон // Труды БГТУ. Химия, технол. орг. в-в. и биотехнология. 2014. № 4. С. 113–119.
2. Исследование влияния композиционного состава мешочной бумаги на ее свойства / П. А. Чубис [и др.] // Труды БГТУ. Химия, технол. орг. в-в. и биотехнология. 2015. №4 (168). С. 165–170.
3. Синтез полимеров на основе акрилонитрила. Технология получения ПАН и углеродных волокон: учеб. пособие для студентов / А. К. Беркович [и др.]; под. ред. проф. В. В. Авдеева [и др.]. М.: Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. 2010.
4. Кинетика и механизм щелочного гидролиза полиакрилонитрила / И. Р. Рустамов [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2011. Т. 25. № 3. С. 28–34.
5. Intelligent hydrophilic nanoparticles fabricated via alkaline hydrolysis of crosslinked polyacrylonitrile nanoparticles / Y. Zhang [et. al.] // J Nanopart Res. 2013. 15:1800.P. 5–10.

УДК 676.064.2

Н.В. Черная, проф., д-р техн. наук; В.Л. Флейшер, канд. техн. наук, доц.;  
Т.В. Чернышева, ст. науч. сотр.; О.А. Мисюров, соискатель;  
С.В. Карпова, соискатель (БГТУ, г. Минск, Беларусь)

## **ВЛИЯНИЕ МАССОЕМКОСТИ И СОСТАВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ СЛОЕВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА НА ЕГО ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА**

Полиграфический картон (далее картон) пользуется высоким потребительским спросом в различных отраслях народного хозяйства в качестве упаковочного материала для косметических и фармацевтических средств, пищевых продуктов, электронной и бытовой техники, а также для издания различной полиграфической продукции и т. д. К его качеству предъявляются высокие требования [1]. К многотоннажным видам мелованных видов картонной продукции относится полиграфический картон марок FBB и SBB. Особое значение имеют свойства картона до и после его мелования. Технология получения картона марок FBB и SBB принята к внедрению на новом производстве в условиях филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» (далее – Предприятие).

Немелованный картон марок FBB и SBB является трехслойным композиционным материалом. Его массоемкость изменяется от 210 до 375 г/м<sup>2</sup>. Характерной отличительной особенностью составов элементарных слоев для картонов марок FBB и SBB является то, что в обоих случаях покровный и основной слои изготавливают из целлюлозы блененой, в то время как средний слой для картона марки FBB получают из блененой химико-термомеханической массы (БХТММ), а для картона марки SBB – из целлюлозы блененой.

Общим в технологии получения картона марок FBB и SBB является то, что, во-первых, при формировании покровного слоя целлюлозная суспензия проклеивается клеем ASA (расход 2–3 кг/т по абсолютно сухому веществу), и, во-вторых, для повышения удержания компонентов в структуре основного слоя на стадии его обезвоживания в нем должно присутствовать высокомолекулярное соединение (расход 1–2 кг/т по сухому веществу), оказывающее флокулирующее на волокнистую суспензию.

Цель исследования – изучение потребительских свойств полиграфического картона марок FBB и SBB до и после его мелования в зависимости от его массоемкости и состава элементарных слоев.

Для достижения поставленной цели в лабораторных условиях на моделирующем оборудовании кафедры химической переработки древесины БГТУ работу проводили в два этапа. *На первом этапе* работы изготавливали элементарные слои картона, отличающиеся массоемкостью (от 70 до 125 г/м<sup>2</sup>) и составом по волокну в среднем элементарном слое. Для получения картона марки FBB в среднем слое использовали БХТММ, а для полу-

чения картона марки SBB – целлюлозу беленую. Покровный (целлюлозный) слой проклеивали клеем ASA (расход составлял 0,2% от абсолютно сухого волокна). На втором этапе работы на полученные образцы немелованного картона наносили меловальные пасты, приготовленные в лабораторных условиях по технологии Предприятия. Их физико-химические и реологические свойства соответствовали установленным нормам.

При выполнении первого этапа работы на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» изготавливали образцы элементарных слоев (покровный, средний и основной) полиграфических картонов марок FBB и SBB, отличающиеся, как видно из таблицы 1, массоемкостью и составом по волокну.

**Таблица 1 – Массоемкость и состав элементарных слоев образцов полиграфических картонов марок FBB и SBB**

Номер образца картона	Покровный слой		Средний слой		Основной слой	
	Массоемкость, г/м <sup>2</sup>	Состав по волокну	Массоемкость, г/м <sup>2</sup>	Состав по волокну	Массоемкость, г/м <sup>2</sup>	Состав по волокну
<i>Полиграфический картон марки FBB</i>						
Образец 1	70	Целлюлоза беленая	70	БХТММ	70	Целлюлоза беленая
Образец 2	90		90		90	
Образец 3	110		110		110	
Образец 4	125		125		125	
<i>Полиграфический картон марки SBB</i>						
Образец 5	70	Целлюлоза беленая	70	Целлюлоза беленая	70	Целлюлоза беленая
Образец 6	90		90		90	
Образец 7	110		110		110	
Образец 8	125		125		125	

Немелованные образцы трехслойных картонов марок FBB и SBB получали следующим образом. Сначала на сетке листоотливного аппарата «Rapid-Ketten», расположенной в нижней части декельного ящика, формировали структуру каждого элементарного слоя. После обезвоживания бумажной массы и получения конкретного элементарного слоя с сухостью 20–24% осуществляли совмещение трех «влажных» элементарных слоев – покровного, среднего и основного. Затем полученные образцы трехслойных картонов термообработывали в сушильной камере листоотливного аппарата «Rapid-Ketten» при температуре  $95 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 8–10 мин, изготовленные образцы картона имели влажность  $7 \pm 2\%$ .

Немелованные образцы картона марок FBB (образцы 1–4) и SBB (образцы 5–8) обладают, как видно из таблицы 2, регламентируемыми показателями качества, что позволяет осуществить их дальнейшее мелование.

**Таблица 2 – Свойства образцов полиграфических картонов марок FBB (образцы 1–4) и SBB (образцы 5–8) без меловального покрытия в зависимости от их массоемкости**

Номер образца немелованного картона	Массоемкость, г/м <sup>2</sup>	Белизна покровного (поверхностного) слоя, %	Впитываемость при одностороннем смачивании (Кобб <sub>60</sub> ), г/м <sup>2</sup>	Гладкость покровного (поверхностного) слоя, с
<i>Полиграфический картон марки FBB</i>				
Образец 1	210	82	28	90
Образец 2	270	82	24	91
Образец 3	330	82	21	93
Образец 4	375	82	18	95
<i>Полиграфический картон марки SBB</i>				
Образец 5	210	82	25	94
Образец 6	270	82	22	96
Образец 7	330	82	19	99
Образец 8	375	82	15	103
<i>Требования к показателям качества</i>				
	210–375	не менее 80	не более 30	не менее 80

Мелованный картон марок FBB и SBB получали путем нанесения на их поверхность мелованной пасты, рецептура и свойства которой приняты к внедрению на Предприятии. Основным ее компонентом является пигментная суспензия (100 мас. ч.), для получения которой используют каолин отбеленный фракционированный (85 мас. ч.) и мел природный (или барий сернокислый) (85 мас. ч.). Для обеспечения когезионных и адгезионных взаимодействий в меловальной пасте и мелованном покрытии соответственно в рецептуру вводили связующие вещества – латекс синтетический каучуковый 16–32 (мас. ч.), крахмал окисленный (1–3 мас. ч.), натрийкарбосиметилцеллюлозу (0,5–1,0 мас. ч.) и казеиновый клей (1–3 мас. ч.). Остальные компоненты в рецептуре меловальной пасты являются традиционными, масс. ч.: 0,1–0,4 натра едкого, 1,0 аммиачной воды, 0,1–0,5 карбамида, 0,3–0,6 диспергатора, 0,1–0,2 антисептика, 0,2–0,4 оптического отбеливателя, 0,0001 красителя синего или фиолетового, 1,0 стеарата кальция.

Установлено, что мелованные виды картона марок FBB и SBB, отличающиеся массоемкостью и составом средних слоев, по своим потребительским свойствам соответствуют установленным нормам.

Таким образом, при увеличении массоемкости немелованного трехслойного полиграфического картона марок FBB и SBB от 210 до 375 г/м<sup>2</sup> улучшается гидрофобность и гладкость его покровного (поверхностного) слоя на 10–17 и 5–8% соответственно. Дальнейшему повышению этих показателей на 2–3% способствует замена в среднем слое волокон БХТММ на целлюлозные.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная, Н.В. Технология производства бумаги и картона / Н.В. Черная, В.Л. Колесников, Н.В. Жолнерович. – Мн.: БГТУ, 2013. – 435 с.

Н.В. Черная, проф., д-р техн. наук;  
В.Л. Флейшер, канд. техн. наук, доц.; Т.В. Чернышева, ст. науч. сотр.;  
С.В. Карпова, соискатель; О.А. Мисюров, соискатель  
(БГТУ, г. Минск)

## **ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРЫ МЕЛОВАЛЬНОЙ ПАСТЫ НА СВОЙСТВА ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА**

Полиграфический картон (далее – картон) относится к высококачественным видам продукции [1]. Он представляет собой трехслойный композиционный материал, на поверхность которого нанесена меловальная паста. К наиболее востребованным и многотоннажным видам этой продукции относятся картоны марок FBB и SBB.

Картон марки FBB используют в полиграфической, косметической и фармацевтической промышленности. Он является трехслойным с двухсторонним мелованием. Для получения покровного (верхнего) и основного (нижнего) слоев используют целлюлозу беленую, а для среднего слоя – БХТММ. На покровный и основной слои наносят меловальную пасту (три слоя), суммарное количество которой составляет  $30 \text{ г/м}^2$ , в том числе 5, 10 и  $15 \text{ г/м}^2$  для первого, второго и третьего нанесенных слоев соответственно.

Картон марки SBB применяют в пищевой промышленности для производства упаковочных материалов типа «Тетрапак». Он является трехслойным чистоцеллюлозным с односторонним мелованием.

Картон марки FBB и SBB существенно отличаются, во-первых, видом волокнистых полуфабрикатов, содержащихся в среднем слое, и, во-вторых, технологией мелования. Указанные две особенности позволяют производить на одном оборудовании картон марок FBB и SBB, отличающиеся потребительскими свойствами и областью применения. Процесс мелования может быть одно- или двухсторонним; кратность нанесения меловальной пасты на каждую поверхность картона можно увеличивать от одного до трех; количество каждого нанесенного однократного мелованного покрытия можно уменьшать от  $30$  до  $5 \text{ г/м}^2$  или увеличивать от  $5$  до  $30 \text{ г/м}^2$ . Технология получения картона марок FBB и SBB принята к внедрению на новом производстве в условиях филиала «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои» (далее – Предприятие).

При получении в условиях Предприятия картона марок FBB и SBB планируется использование меловальной пасты, рецептура и свойства которой приняты к внедрению на Предприятии. Основным ее компонентом является пигментная суспензия (100 мас. ч.), для получения которой используют каолин отбеленный фракционированный (85 мас. ч.) и мел природный (или барий сернокислый) (85 мас. ч.). Для обеспечения когезионных и адгезионных взаимодействий в меловальной пасте и мелованном покрытии соответственно в рецептуру вводят связующие вещества – латекс

синтетический каучуковый 16–32 (мас. ч.), крахмал окисленный (1–3 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,5–1,0 мас. ч.) и казеиновый клей (1–3 мас. ч.). Остальные компоненты в рецептуре меловальной пасты являются классическими и предназначены для регулирования ее pH (вводят 0,1–0,4 мас. ч. натра едкого, 1,0 мас. ч. аммиачной воды) и/или 0,1–0,5 карбамида), повышения агрегативной устойчивости (добавляют диспергатор – 0,3–0,6 мас. ч. гексаметафосфата натрия) и предотвращения роста микроорганизмов в меловальной пасте (используют 0,1–0,2 мас. ч. антисептика), а также для повышения ее белизны (применяют 0,2–0,4 мас. ч. оптического отбеливателя и 0,0001 мас. ч. красителя синего или фиолетового) и стабильности (применяют 1,0 мас. ч. стеарата кальция). Для растворения пеногасителя МАСС-3 и аэросила МАС-ЦБ используют 0,5 и 0,005–0,006 мас. ч. скипидара соответственно.

Меловальная паста должна содержать 50–54% сухих веществ и иметь температуру не более 25°C, вязкость (по ВЗ-4) 13–17 с и pH 9,0–10,5.

«Проблемными» компонентами в меловальной пасте являются крахмал окисленный и казеиновый клей. Это обусловлено тем, что они имеют непродолжительный срок хранения (не более 1 сут), а при температуре более 25°C создают благоприятную среду для нежелательного роста микроорганизмов, что является недопустимым процессом в технологии мелования. Кроме того, эти компоненты не обеспечивают меловальному покрытию высоких адгезионных свойств по отношению к поверхности картона. Это является одной из основных причин, по которой стойкость поверхности меловального покрытия к выщипыванию не превышает 2,2 мм.

Для устранения существующих актуальных проблем на кафедре химической переработки древесины БГТУ разработан компонентный состав и впервые синтезировано новое связующее – модифицированный карбамидоформальдегидный олигомер. Он является бесцветным, что позволяет сохранить белизну мелованного картона на высоком уровне (не менее 85%). Это соединение, введенное в рецептуру меловальной пасты в количестве 1–3 мас. ч., заменяет одновременно два «проблемных» связующих (крахмал окисленный (1–3 мас. ч.) и казеиновый клей (1–3 мас. ч.)). При этом стойкость поверхности меловального покрытия к выщипыванию возрастает до максимально возможных значений и достигает 2,4 мм.

Установлено, что свойства мелованного картона марок FBV и SBV, имеющего массовую плотность 240 г/м<sup>2</sup> и содержащего в нанесенном на его поверхность мелованном покрытии 1–3 мас. ч. модифицированного карбамидоформальдегидного олигомера (олигомера) вместо двух одновременно применяемых связующих (крахмал окисленный (1–3 мас. ч.) и казеиновый клей (1–3 мас. ч.)), соответствуют, как видно из таблицы, регламентируемым значениям.

**Таблица – Свойства образцов мелованного картона (240 г/м<sup>2</sup>) марок FBV и SBV в зависимости от вида и содержания связующих в рецептуре меловальной пасты**

Марка картона	Номер образца картона	Связующее			Свойства образцов картона		
		крахмал окисленный	казеиновый клей	олигомер	белизна покровного слоя, %	стойкость поверхности к выщипыванию, см	гладкость покровного слоя, с
FBV	<i>Существующая технология</i>						
	образец 1	1	3	–	86	2,2	260
	образец 2	2	2	–	86	2,2	262
	образец 3	3	1	–	86	2,2	265
	<i>Разработанная технология</i>						
	образец 4	–	–	1	87	2,4	267
	образец 5	–	–	2	87	2,4	270
образец 6	–	–	3	87	2,4	275	
SBV	<i>Существующая технология</i>						
	образец 7	1	3	–	86	2,2	264
	образец 8	2	2	–	86	2,2	267
	образец 9	3	1	–	86	2,2	270
	<i>Разработанная технология</i>						
	образец 10	–	–	1	87	2,4	272
	образец 11	–	–	2	87	2,4	275
образец 12	–	–	3	87	2,4	281	
<i>Требования к показателям качества</i>							
					не менее 85	не менее 2,2	не менее 250

Массоёмкость образцов немелованного картона составляла 210 г/м<sup>2</sup>. На их поверхность наносили меловальную пасту, суммарное количество которой составляло 30 г/м<sup>2</sup>, в том числе 5, 10 и 15 г/м<sup>2</sup> для первого, второго и третьего нанесенных слоев соответственно. Массоёмкость наносимых слоев меловальных паст и условия мелования соответствовали технологии Предприятия. Таким образом, рецептура меловальной пасты влияет на свойства картона марок FBV и SBV. При этом стойкость поверхности покровного слоя к выщипыванию возрастает от 2,2 до 2,4 см за счет замены двух традиционно применяемых связующих (крахмал окисленный и казеиновый клей) на одно принципиально новое связующее (модифицированный карбамидоформальдегидный олигомер), впервые синтезированный на кафедре химической переработки древесины БГТУ. Установлено, что эффективность модифицированного карбамидоформальдегидного олигомера в 2–4 раза превышает каждое из двух традиционно используемых связующих – крахмал окисленный и казеиновый клей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.

Ж.В. Бондаренко, канд. техн. наук, доц.;  
М.В. Коханская, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ЯГОД ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ НА СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЛАУРЕТСУЛЬФАТА НАТРИЯ**

Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) составляют основу гигиенических моющих средств, т.к. обладают высокой пенообразующей способностью и хорошим моющим действием. Наиболее часто используемыми АПАВ являются алкилсульфаты и их этоксилированные производные. Важную роль в составе косметических средств играют также растительные экстракты, содержащие комплекс природных биологически активных веществ и положительно влияющие на состояние кожи и волос.

Целью работы явилось изучение свойств растворов лауретсульфата натрия, содержащих водный экстракт ягод голубики высокорослой. В работе исследовали растворы, содержащие 0,02% АПАВ и 10–60% ягодного экстракта. Исследуемые растворы с экстрактом имели цвет от светло-розового до малинового, что обусловлено присутствием природных пигментов антоцианов.

Исследования показали, что добавление к раствору АПАВ экстракта в количестве до 20% приводит к снижению пенообразования, о чем свидетельствует уменьшение пенного числа почти в три раза (от 153 до 59 мм). Дальнейшее увеличение количества экстракта до 60% на этот показатель практически не влияет. В рамках исследованных параметров экстракт ягод голубики практически не влияет на устойчивость пен, показатель составляет 95–97%, т.е. все полученные пены являются высокостабильными. Анализ устойчивости пен на протяжении 15 мин показал, что уменьшение высоты столба пены на 10–15 мм происходит в течение первых 1,0–1,5 мин их существования, а затем системы достигают стабильности. Значение рН исследуемых растворов с увеличением количества вводимого экстракта снизилось от 5,51 (раствор АПАВ) до 3,15 (60% ягодного экстракта).

По требованиям, предъявляемыми к гигиеническим моющим средствам в соответствии с СТБ 1675-2006, пенное число должно составлять не менее 100 мм, устойчивость пен не ниже 80%, а значение рН 5,5–8,0. Для обеспечения указанного пенного числа содержание экстракта ягод голубики в растворе АПАВ должно составлять не более 15%. Растворы лауретсульфата натрия с экстрактом ягод голубики требуют также корректировки рН до уровня необходимых значений.

О. А. Новосельская, доц., канд. техн. наук;  
Е. Г. Сапон, мл. науч. сотр.;  
А. А. Пенкин, доц., канд. техн. наук;  
Т. В. Соловьева, проф., д-р техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ОТ ВВЕДЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КРАСЯЩИХ ВЕЩЕСТВ

Особенностью бумаги для печати является ее стойкость к действию химических веществ, входящих в структуру красок и вспомогательных растворов, неизменность геометрической формы и размеров, стабильность физико-химических свойств. Исследования показали, что нанесение водорастворимых красителей на бумагу различного вида (офсетную, для копирально-множительной техники) существенно изменяет цветность изображения. Это послужило основой для более детальных исследований в области химических взаимодействий с основным компонентом бумаги для печати – целлюлозой. Было выбрано два вида целлюлозы – хвойная еловая и лиственная эвкалиптовая. На них наносили водорастворимую краску для струйной печати в количестве 0,05 мл и исследовали изменения на уровне функциональных групп методом ИК-спектроскопии. Наиболее характерные изменения были заметны в областях спектра (1727; 1605; 1545; 1180; 971)  $\text{см}^{-1}$  для лиственной целлюлозы и (2240; 1962; 1580; 1339; 968; 813)  $\text{см}^{-1}$  для хвойной. В спектре лиственной целлюлозы характерны следующие изменения: формирование нитрильных групп, средние С=О-валентные колебания в неконъюгированных кетонах, карбонилах и сложноэфирных группах, С–С-валентные колебания ароматического кольца,  $\text{COO}^-$  ассиметричные валентные колебания,  $-\text{HC}=\text{CH}-$  внеплоскостные деформационные колебания. В спектре хвойной целлюлозы происходят колебания С–Н-, С–О-, О–Н-связей, деформационные колебания О–Н-группы в плоскости, С=О-валентные колебания в сложноэфирных группах, валентные колебания С–О-связей,  $-\text{HC}=\text{CH}-$  внеплоскостные деформационные колебания, деформационные колебания атомов водорода, колебания глюкопиранозного кольца, связанные с СН и  $\text{CH}_2$  маятниковыми колебаниями.

В результате можно сказать, что введение водорастворимого красителя приводит к формированию дополнительных водородных связей вследствие присутствия воды и внедрению макромолекул пигмента в функциональные группы за счет разрыва двойных связей, изменения в структуре целлюлозы, гемицеллюлозы в результате внеплоскостных деформаций С–Н-, С–О-, О–Н связей, что и вызывает изменение в цветовых характеристиках оттисков.

А.В. Домненкова<sup>1</sup>, доц.;  
Л.Н. Карбанович<sup>2</sup>, ведущий специалист;  
В.Н. Босак<sup>3</sup>, проф., д-р с.-х. наук

(<sup>1</sup>БГТУ, г. Минск;

<sup>2</sup>ГУ по защите и мониторингу леса «Беллесозащита», г. Минск;

<sup>3</sup>БГСХА, г. Горки)

## **РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТАХ И РАБОЧИХ МЕСТАХ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

На 01.01.2019 г. площадь радиоактивного загрязнения лесного фонда Минлесхоза составляет 1315,5 тыс. га (15,6% от площади). Наибольшая часть (69,95%) территорий радиоактивного загрязнения лесного фонда отнесена к I зоне с плотностью загрязнения почв цезием-137 от 1 до 5 Ки/км<sup>2</sup>, 21,77% – II зоне (5-15 Ки/км<sup>2</sup>), 8,21% – к III зоне (15-40 Ки/км<sup>2</sup>). К IV зоне (40 Ки/км<sup>2</sup> и более) отнесена площадь лесного фонда 0,9 тыс. га. В 44 лесхозах (214 лесничествах) территории лесного фонда отнесены к зонам радиоактивного загрязнения.

Радиационное обследование объектов лесного хозяйства и рабочих мест, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, является одной из основных задач контроля радиационной обстановки, проводится с целью предупреждения формирования дополнительных доз облучения работников при осуществлении лесохозяйственной и иной деятельности. Контроль радиационной обстановки на объектах лесного хозяйства и рабочих местах проводится в соответствии с требованиями ТКП 250-2010 «Радиационный контроль. Объекты лесного хозяйства, рабочие места. Порядок проведения».

В 2018 году контроль радиационной обстановки проводился на 129 объектах лесного хозяйства в 26 лесхозах Гомельского (17) и Могилевского (9) ГПЛХО. Наибольшее значение мощности эквивалентной дозы (МЭД) на территории объектов лесного хозяйства Гомельского ГПЛХО составило 0,3 мкЗв/ч (Наровлянский, Ветковский спецлесхоз), Могилевского ГПЛХО – 0,35 мкЗв/ч (Краснопольский лесхоз).

Радиационный контроль 112 рабочих мест Гомельского (94) и Могилевского (18) ГПЛХО показал, что наибольшие значения МЭД гамма-излучения зафиксированы в Наровлянском спецлесхозе (цех переработки (рамщик) и котельная лесхоза (истопник)) – 0,25 мкЗв/ч. Проведенные расчеты для данных МЭД показали, что максимальная индивидуальная эквивалентная доза облучения для данных рабочих мест (при условии работы 8 ч в день, 240 дней в году) не превысит 0,5 мЗв/г. В Могилевском ГПЛХО – мощность эквивалентной дозы на рабочих местах не превысила значения в 0,19 мкЗв/ч.

М.А. Зильберглейт, зав. лаб., д-р хим. наук;  
В.И. Темрук, зав. лаб., канд. техн. наук;  
Е.Н. Крутько, научн. сотр.  
(ИОНХ НАН Беларуси, г. Минск)

## **АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БЕНЗОАТА НАТРИЯ И СОРБАТА КАЛИЯ В БУМАГЕ ДЛЯ УПАКОВКИ**

Применение стандартных бактерицидов, таких как бензоат натрия и сорбат калия в упаковочной бумаге является наиболее дешевым. Традиционные методы анализа этих консервантов заключаются в использовании ВЭЖХ, что требует применения дорогостоящего оборудования. В производственных условиях на наш взгляд наиболее целесообразно использовать спектрофотометрический метод анализа.

Спектры этих двух компонентов в ультрафиолетовой области перекрываются, и поэтому анализ таких смесей сопряжен с определенными трудностями, что в конечном итоге может привести к отклонению от закона Бугера и невозможностью использовать метод Фирордта. Повышение надежности результатов для определения коэффициентов экстинкции может быть получено при использовании стандартных смесей с известными концентрациями компонентов. В этом случае возникает необходимость решения системы уравнений, что в свою очередь может привести к получению так называемой плохо обусловленной системы уравнений. К сожалению, большинство работ, в которых используется данный прием, не сопровождается анализом устойчивости полученного решения, что влечет за собой ошибки, соизмеримые, а то и более значительные, чем при определении коэффициентов экстинкции по индивидуальным веществам.

Целью настоящей работы является определение концентрации сорбата калия и бензоата натрия при их совместном присутствии в растворе после их экстракции из упаковочной бумаги, в которой они выполняют функцию консервантов.

В работе использовались опытные образцы бумаги с поверхностной проклейкой из окисленного крахмала, защитного полимера, индивидуальных компонентов и их смеси – сорбата калия и бензоата натрия. Сорбат калия соответствовал ГОСТ Р 55583–2013 Добавки пищевые. Калия сорбат Е202. Технические условия. Бензоат натрия – Гост 3277–2014. Добавки пищевые. Натрия бензоат Е2011. Технические условия.

Содержание органических солей в бумаге соответствовало расходу 1–3 кг на 1 тонну бумаги. Релиз проводился при комнатной тем-

пературе из образцов бумаги 4 на 4см (~80мг) в 50 мл дистиллированной воды при постоянном перемешивании в течение 1 ч. Экстракт фильтровался через стеклянный фильтр. При увеличении времени экстракции более 1 часа колебания оптической плотности соответствовало асимптоте. Соотношения масса образца: количество экстрагента составило 1:625. Ультрафиолетовые спектры снимали на приборе Agilent 8453 в кюветах длиной 10 мм. Полученные спектры соответствовали спектрам, ранее описанным в литературе.

Известно, что сорбат калия и бензоат натрия поглощают примерно в одной области ультрафиолетового диапазона. Очевидно, что наиболее удобные длины волн для анализа составляют 224 и 254 нм. Кроме того в спектре релиза присутствует составляющая фона очевидно обусловленная миграцией окисленного крахмала.

Использование для анализа стандартного приема, заключающегося в калибровке по индивидуальным веществам, привело к неудовлетворительным результатам.

При использовании для калибровки смесей были получены следующие уравнения, которые характеризуются высокой степенью корреляции между опытными и экспериментальными данными.

$$D_{224} = 0,118702 * C_c + 0,123376 * C_b$$

$$R^2 = 99,6417 \%$$

$$R^2 \text{ (уточн.)} = 99,59 \%$$

$$\text{Ср. кв. ошибка} = 0,042$$

$$\text{Ср. абс. ошибка} = 0,027.$$

$$D_{254} = 0,322374 * C_c + 0,0189819 * C_b$$

$$R^2 = 99,8093 \%$$

$$R^2 \text{ (уточн.)} = 99,78 \%$$

$$\text{Ср. кв. ошибка} = 0,046$$

$$\text{Ср. абс. ошибка} = 0,029.$$

Устойчивость системы уравнений проверялась путем расчета чисел обусловленности, которые оказались равны:

$$\text{cond}(1\text{-norm}) = 4,0156; \text{cond}(\text{inf-norm}) = 4,0156;$$

$$\text{cond}(f\text{-norm}) = 3,5622; \text{cond}(2\text{-norm}) = 3,2550.$$

Такие низкие значения чисел обусловленности гарантируют устойчивость полученной калибровки от случайных ошибок, возникающих при анализе.

УДК 687.0

А.Г. Любимов, ст. преп.; А.Ф. Петрушеня, ст. преп.;  
О.М. Касперович, доц.; Л.А. Ленартович, ассист. (БГТУ, г. Минск)  
Г.В. Горохов, мл. науч. сотр.; Д.С. Быченко, ведущ. науч. сотр.;  
П.П. Кужир, зав. лаб. наноэлектромагнетизма  
(НИИ Ядерных проблем БГУ)

## МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ И ИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Получение материалов с заданными электромагнитными свойствами, пригодных для 3D-печати является важной задачей современного материаловедения и физики твердого тела. Углеродные включения различной морфологии (углеродные нанотрубки, графеновые нанопластинки, углеродные волокна и др.) хорошо зарекомендовали себя в качестве наполнителей при изготовлении полимерных композиционных материалов. Особенно привлекательны композиты с углеродными и наноуглеродными включениями, которые могут применяться в качестве поглотителей электромагнитного излучения для снижения заметности для радара. Использование углеродных волокон, обладающих правильной цилиндрической формой, высоким соотношением поперечных размеров и высокой электрической проводимостью позволяет создавать на их основе композиты с высоким коэффициентом поглощения при концентрации включений ниже порога перколяции. Использование таких материалов в 3D-печати позволяет создавать экранирующие элементы сложной конфигурации. Получение филаментов на основе *PLA* и *ABS* с различным содержанием углеродного наполнителя производилось методом смешения в расплаве на двухшнековом экструдере в несколько стадий: получение компаунда, получение филамента из компаунда. В работе использовались следующие полимеры: *PLA Ingeo 4043D* (ПТР 6,0 г/10мин), *ABS MG47F* (ПТР 5,6 г/10мин). В качестве наполнителя применяли отходы производства углеродной нити ОАО «СветлогорскХимволокно» (рисунок 1). Содержание наполнителя составляло 6; 9; 12; 15 мас.%. Затем методом *FDM* печати (диаметр сопла 0,4 мм толщина слоя 0,2 мм) были получены экспериментальные образцы в виде дисков.

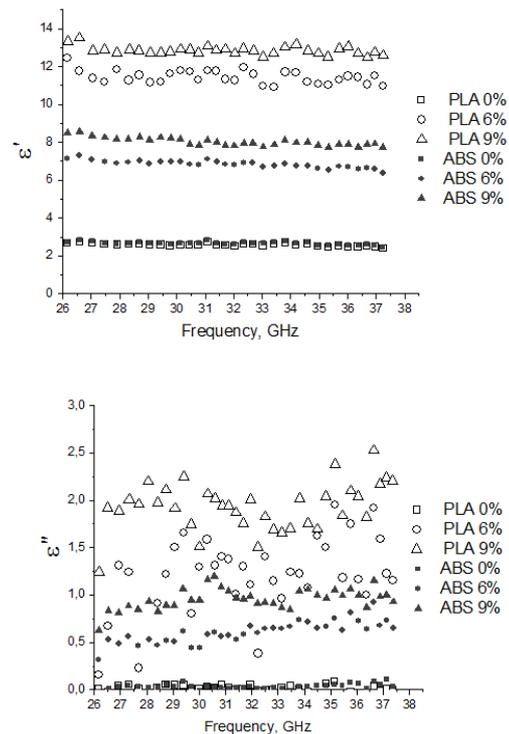
Исследованы электромагнитные свойства полученных образцов в двух частотных диапазонах 0,01–18 ГГц и 26–37 ГГц. Спектры диэлектрической проницаемости были получены из экспериментально измеренных *S*-параметров по методикам, описанным в работах [1-2]. Концентрационная зависимость диэлектрической проницаемости имеет сходный характер для обоих типов композитов: при увеличении

концентрации наполнителя наблюдается рост обоих компонент комплексной диэлектрической проницаемости. Помимо этого, установлено, что значения  $\epsilon'$  и  $\epsilon''$  при фиксированной концентрации наполнителя выше для композитов на основе *ABS*, т.е. эффективная концентрация для композитов на основе *ABS* ниже, чем в матрице *PLA*, из-за разницы в распределении наполнителя в полимере, которая определяется химическим строением полимера и его реологическими свойствами. Достаточно высокие значения диэлектрической проницаемости полученных материалов позволяют рассматривать углерод-

ные микроволокна в качестве дешевой альтернативы наноуглеродным наполнителям для различных применений [3]. Разница в пространственном распределении однородного наполнителя в разных полимерах делает *ABS* более подходящей полимерной матрицей для практических применений, связанных с поглощением микроволнового излучения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 J. Baker-Jarvis, R. G. Geyer, and P. D. Domich, "A nonlinear least-squares solution with causality constraints applied to transmission line permittivity and permeability determination," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 41, №. 5, pp. 646–652, Oct. 1992.
- 2 V. A. Zhuravlev, V. I. Suslyayev, E. Y. Korovin, and K. V. Dorozhkin, "Electromagnetic Waves Absorbing Characteristics of Composite Material Containing Carbonyl Iron Particles," *Mater. Sci. Appl.*, vol. 05, № 11, pp. 803–811, 2014.
- 3 D. S. Bychanok, A. O. Plyushch, G. V. Gorokhov, U. S. Bychanok, P. P. Kuzhir, and S. A. Maksimenko, "Microwave radiation absorbers based on corrugated composites with carbon fibers," *Tech. Phys.*, vol. 61, №. 12, pp. 1880–1884, 2016.



**Рисунок 1- Комплексная диэлектрическая проницаемость напечатанных образцов**

А. О. Шрубок, ст. преп., канд. техн. наук;  
Ю. А. Степанович, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКИ К СЫРЬЮ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ НА СТРУКТУРНО-ГРУППОВОЙ СОСТАВ ПОЛУЧАЕМЫХ БИТУМОВ**

Важнейшей характеристикой окисленных битумов как нефтяных дисперсных систем является их структурно-групповой состав, который предопределяет эксплуатационные свойства битумных вяжущих. Как известно, различные добавки, используемые при производстве битумов, могут оказывать влияние на свойства дисперсионной среды и дисперсной фазы битумов за счет растворения, адсорбции или химических превращений с компонентами дисперсной фазы. В связи с этим, изучение структурно-группового состава битумов, полученных окислением нефтяного гудрона в присутствии добавок, позволяет предположить механизм действия добавок и предсказать эксплуатационные свойства получаемых материалов.

Цель данной работы состояла в исследовании влияния добавки к нефтяному гудрону в процессе окисления низкомолекулярного полиэтилена на структурно-групповой состав получаемых окисленных битумов. Низкомолекулярный полиэтилен является алифатическим углеводородом, который хорошо распределяется в дисперсионной среде сырья, изменяя состав и физико-химические свойства гудрона, что значительно влияет на свойства получаемого окисленного битума.

Для изучения влияния низкомолекулярного полиэтилена на структурно-групповой состав и качественные показатели битумов были получены образцы битумов марки БНД 70/100 окислением нефтяного гудрона при температуре  $220 \pm 2^\circ\text{C}$ , удельном расходе воздуха  $1 \text{ дм}^3/(\text{мин} \cdot \text{кг сырь\text{я}})$  в присутствии низкомолекулярного полиэтилена в количестве 0,5–7,0 % мас. Для полученных образцов были определены основные качественные показатели (температура размягчения, пенетрация, индекс пенетрации, вязкость), структурно-групповой состав и степень дисперсности окисленных битумов.

Установлено, что битумы, полученные окислением гудрона с добавкой низкомолекулярного полиэтилена в количестве 4,0-7,0% мас., по своему структурно-групповому составу и степени дисперсности относятся к битумам со структурой типа «золь-гель», которые наиболее пригодны для дорожного строительства.

А.В. Спиглазов, доц.; Е.И. Кордикова, доц.;  
Г.Н. Дьякова, маг. (БГТУ, г. Минск)

## **ОТЛИЧИЕ КАЧЕСТВА ПЕЧАТИ НА ПРИНТЕРАХ РАЗНЫХ КЛАССОВ**

Процесс печати основан на моделировании методом послойного наплавления FDM (Fused deposition modeling). Пластиковая нить плавится, а затем наносится тонкими слоями, создавая модель. Бюджетные (потребительские) 3D-принтеры, как правило, оснащаются одним экструдером и имеют малую рабочую площадь. В процессе печати обычно используется нить диаметром 1,75 мм, которая поставляется намотанной на катушки. Более сложные принтеры, применяющие технологию FDM-печати, т.е. промышленные принтеры, обладают дополнительными функциональными возможностями (по сравнению с 3D-принтерами начального уровня). Например, они оснащаются несколькими экструдерами, способны работать с более тонкими слоями (до 0,1 миллиметра) и получать гладкие поверхности.

Потребительские 3D-принтеры имеют низкую стоимость, являются идеальным вариантом для первоначального знакомства с процессом 3D-печати и как правило, они сравнительно просты в установке и настройке. Так же такие принтеры не оснащены закрытой камерой, что сказывается на качестве печати и ограничении выбора материалов печати.

Профессиональные 3D-принтеры разрабатываются специально для печати определенными материалами. Они имеют высокую точность печати, оснащены двумя экструдерами (возможность использования различные цвета и материалы во время печати одного и того же объекта) и закрытой камерой, что дает преимущество по используемым материалам и равномерности распределения температуры в камере. Но, в отличие от простых, профессиональные принтеры имеют более высокую стоимость и сложную конструкцию, а также требуют дорогостоящих материалов для работы.

Так как с каждым годом потребительские 3D-принтеры совершенствуются и становятся всё проще в использовании, быстрее и функциональнее, также постепенно увеличивается список материалов для печати, то они вполне могут заменить профессиональные принтеры при печати несложных по конструкции деталей, путем оптимизации параметров печати (подбор температур стола и экструдера, толщина слоя, скорость печати и т.д.).

А. В. Спиглазов, доц.; Е. И. Кордикова, доц.;  
Д. Ю. Колодкин, маг. (БГТУ, г. Минск)

## **ОСОБЕННОСТЕЙ ВЛИЯНИЯ 3D-ПЕЧАТИ ПО FDM- ТЕХНОЛОГИИ НА РАЗМЕРНУЮ ТОЧНОСТЬ ИЗДЕЛИЙ**

3D-печать – это послойное наращивание (синтез) объекта с помощью компьютерных 3D-технологий, а 3D-принтер – станок с числовым программным управлением, использующий метод послойного создания детали. В основном технологии 3D-печати применяются для прототипирования и визуализации объекта. Существует множество видов 3D-печати: лазерная стереолитография, лазерное сплавление и спекание порошкообразного материала и многие другие.

Наиболее распространенным методом 3D-печати на данный момент является FDM-технология – моделирование методом послойного наплавления расплавленного материала. Данная технология открывает новые возможности перед проектировщиками, однако полностью повторить геометрию цифровой 3D-модели она не способна в связи с рядом причин, обсуждаемых в данной статье.

На размерную точность напечатанных изделий в основном влияют: точность позиционирования печатающей головки, вибрации конструкции, неравномерность подачи материала, подбор оптимальных технологических параметров печати, точность калибровки платформы печати, а также осей (для дельта-принтеров), минимальное разрешение печати принтера, качество сохраняемого stl-файла и слайсинга модели, а также температурная усадка материала.

Одной из главных проблем 3D-принтеров является точность позиционирования печатающей головки, на которую влияют: величина шага применяемого шагового двигателя, тип кинематической схемы перемещения головки, масса каретки, конструкция направляющих (ременная передача, шариково-винтовая передача), а также скорость печати.

На вибрации основное влияние оказывают жесткость конструкции и масса каретки принтера.

На равномерность подачи материала влияют тип применяемого экструдера (прямой, Боудена) и шагового двигателя.

При слайсинге (нарезке модели и ее подготовке к печати), в зависимости от разрешающей способности принтера и качества сохраняемой геометрии, могут теряться многие мелкие конструктивные элементы, что должно быть учтено при проектировании конструкции.

Термическая усадка является проблемной для ряда материалов, в том числе и наиболее распространенных, таких как ABS-пластик.

А. Л. Наркевич, доц., канд. техн. наук;  
О. И. Карпович, доц., канд. техн. наук;  
А. В. Спиглазов, доц., канд. техн. наук;  
Р.А. Шинкевич, студ.; Г.С. Бутолин, студ.  
(БГТУ, г. Минск)

## **КОНСТРУКЦИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРЕССОВАНИЕМ ПЛАСТИЦИРОВАННОЙ ЗАГОТОВКИ ИЗ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

В рамках выполнения задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» разработана транспортная тара (поддон и контейнер) для нужд ОАО «Белцветмет» из полимерсодержащих отходов, образующихся на этом же предприятии после разделки аккумуляторных батарей.

Цель работы – создание конструкции, отвечающей требованиям эксплуатации и технологичности.

Поддон предназначен для хранения и перевозки медной катанки в бухтах. Контейнер предназначен для сбора, хранения и транспортирования отработанных аккумуляторных батарей от места сбора до перерабатывающего предприятия без вытекания электролита из контейнера. В настоящее время используются поддоны из древесины и стальные контейнеры.

Выработаны требования к разрабатываемым изделиям. Произведен анализ зарекомендовавших себя конструктивных решений в области транспортной тары из пластмасс. Выявили основные направления технического развития конструкций: использование ребер жесткости, усиливающих металлических элементов и сборных конструкций.

Исследование поведения конструкции в условиях, близких к условиям эксплуатации проводили путем нагружения электронной модели изделий в пакете ANSYS Workbench. Оптимизацию конструкций проводили, изменяя конструкцию и количество ребер, толщину стенки транспортной тары.

В итоге, ввиду технологических ограничений поддон (1500x1500 мм) представляет собой сборную конструкцию из четырех одинаковых деталей (1500x730 мм), а контейнер (1300x1000 мм) был уменьшен по ширине вдвое по сравнению с аналогом (1300x2000 мм), что удовлетворило потребителя.

О. И. Карпович, доц., канд. техн. наук;  
А. Л. Наркевич, доц., канд. техн. наук;  
А.Н. Калинка зав. лаб.  
(БГТУ, г. Минск)

## **ОЦЕНКА ФОРМУЕМОСТИ СТЕНОК И РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ В ИЗДЕЛИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

В рамках выполнения задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» в ОАО «Белцветмет» ведется освоение производства транспортной тары (поддонов и контейнеров) из полимерсодержащих отходов, образующихся после разделки аккумуляторных батарей. В качестве процесса формования используется прессование предварительно пластицированной заготовки (пласт-формование). Большинство изделий из полимерных материалов, в том числе и вторичных, имеют ряд конструктивных элементов (стенки, ребра жесткости, бобышки, отверстия и т.д.). Наличие данных элементов существенно усложняют процесс формования. При назначении усилия деформирования заготовки необходимо знать будет ли его достаточно для формования отдельных конструктивных элементов заданных размеров.

Целью исследования является оценка возможности получения различных конструктивных элементов изделий на основе полимерсодержащих отходов, а также оценка режимов, при которых возможно их получение.

Формуемость оценивали по глубине затекания расплава исследуемой композиции в капилляре с заданной геометрией. Для получения композиций использовали отходы, образующиеся в ОАО «Белцветмет» при разделке отработавших аккумуляторных батарей [1-2]. Получены зависимости глубины затекания от давления, температуры композиции, толщины капилляра и наличия модифицирующих добавок.

В целом результаты эксперимента свидетельствуют о хорошей формуемости композиций на основе полимерсодержащих отходов. Таким образом, из данных композиций возможно получение изделий с высокими тонкими стенками и ребрами жесткости.

По полученной в результате эксперимента глубине затекания рассчитывали эффективный коэффициент проницаемости для щели с заданной конфигурацией. Значения эффективного коэффициента проницаемости можно использовать для расчета давления необходимого для формования стенок и ребер жесткости заданной конфигурации.

Е. И. Яблонская, мл. науч. сотр.;  
Н. Р. Прокопчук, член-корр. НАН Беларуси, д-р хим. наук, проф.;  
А. И. Глоба, ст. преп., канд. хим. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА МОДИФИКАЦИИ НОВОГО АЛКИДНОГО ОЛИГОМЕРА СТИРОЛОМ НА ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛКИДНО-СТИРОЛЬНОГО ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЯ**

На основании проработанной литературы с целью получения алкидно-стирольной смолы с наилучшим комплексом физико-химических свойств, а также для изучения влияния способа модификации алкидного пленкообразователя стиролом на физико-механические свойства покрытий на основе алкидно-стирольного олигомера предложено синтезировать алкидно-стирольные смолы путем сополимеризации предварительно полученного алкида со стиролом в растворе капельным методом по трем методикам:

– добавлением к алкидному олигомеру стиролизующего раствора №1, в состав которого входит алкид (30% от общего количества), стирол и раствор инициатора в о-ксилоле (методика 1);

– добавлением к алкидному олигомеру стиролизующего раствора №2, состоящего из стирола и раствора инициатора в о-ксилоле (методика 2);

– добавлением к алкидному олигомеру всей массы стирола и введением стиролизующего раствора №3, включающего раствора инициатора в о-ксилоле (методика 3).

В качестве алкидного олигомера использовали алкидный пленкообразователь, модифицированный дегидратированным касторовым маслом, с небольшой добавкой малеинового ангидрида и жирностью 60%. По трем методикам синтезированы алкидно-стирольные олигомеры с соотношением алкид : стирол = 60 : 40. Изучены основные свойства синтезированных олигомеров и покрытий на их основе. Установлено, что способ модификации алкидного олигомера стиролом существенно влияет на физико-механические свойства покрытий на основе алкидно-стирольных смол. Осуществление синтеза алкидно-стирольного пленкообразователя по методике 1 и методике 2 приводит к значительному усложнению процесса, но улучшения качества продукта не наблюдалось, а при осуществлении синтеза по методике 3 полученный продукт обладает наилучшим комплексом физико-механических свойств.

УДК547.564.4

Н.М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук; А.С. Орёл, асп.;  
С.Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;  
В.С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;  
(БГТУ, г. Минск)

## СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ ЭТИЛ-6-(ТЕРФЕНИЛОКСИ)ГЕКСАНОАТОВ

Цель настоящей работы заключалась в синтезе ключевых синтонов для получения несимметричных арилалифатических винилкетонов, способных к образованию упорядоченных двумерных (сметических или нематических) анизотропных фаз при нагревании кристаллов. В качестве таковых были выбраны полученные на основе замещенных терфенилолов **1–6** этил-6-(терфенилокси)гексаноаты **7–12**. Синтез включал алкилирование фенолов **1–6** этил-6-бромгексаноатами в условиях  $S_N2$ -реакции для исключения побочных процессов с последующим хроматографическим выделением целевых эфиров с выходами 60–83%.

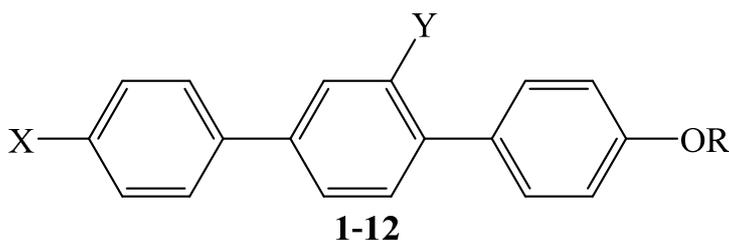


Таблица – Структурные характеристики соединений **1–12**.

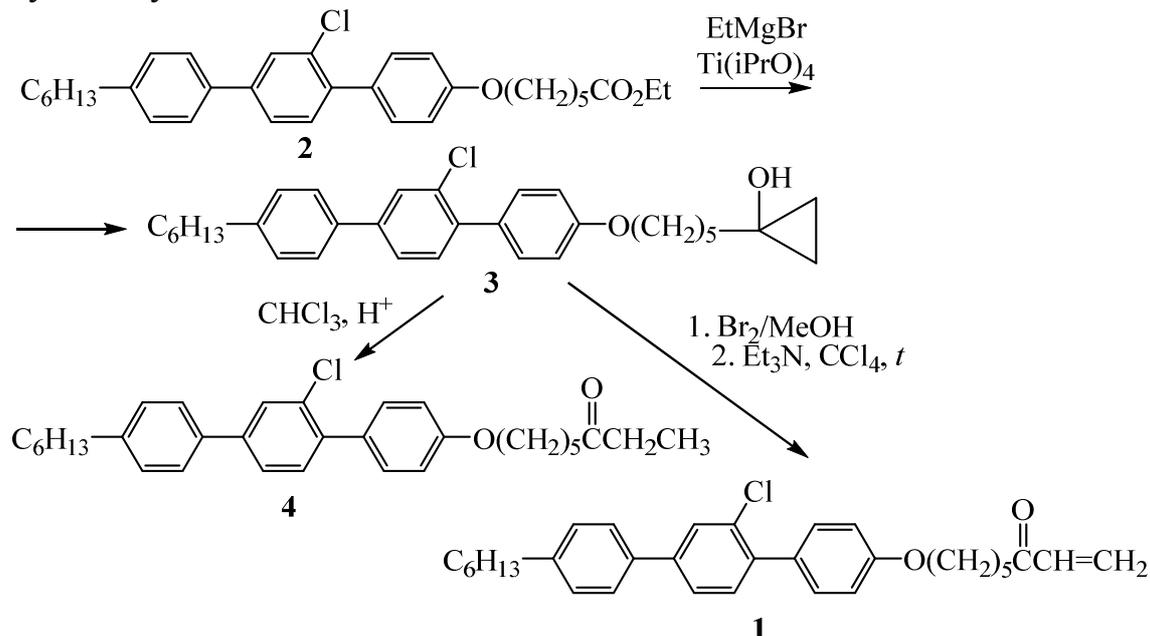
№ соединения	X	Y	R
1	$(CH_2)_5CH_3$	Cl	H
2	$(CH_2)_5CH_3$	H	H
3	$(CH_2)_5CH_3$	OH	H
4	<i>транс</i> -4-гексилциклогексил	Cl	H
5	OH	Cl	H
6	OH	OH	H
7	$(CH_2)_5CH_3$	Cl	$(CH_2)_5COOEt$
8	$(CH_2)_5CH_3$	H	$(CH_2)_5COOEt$
9	$(CH_2)_5CH_3$	$(CH_2)_5COOEt$	$(CH_2)_5COOEt$
10	<i>транс</i> -4-гексилциклогексил	Cl	$(CH_2)_5COOEt$
11	$(CH_2)_5COOEt$	Cl	$(CH_2)_5COOEt$
12	$O(CH_2)_5COOEt$	$O(CH_2)_5COOEt$	$(CH_2)_5COOEt$

Изучены физико-химические и спектральные характеристики полученных соединений.

Н.М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук; А.С. Орёл, асп.;  
С. Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;  
В.С. Безбородов, проф., д-р хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## СИНТЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАКЦИИ КУЛИНКОВИЧА ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЖК МОНОМЕРОВ

Сцелью синтеза соединений, содержащих жесткое центральное ядро и структурный фрагмент, обеспечивающий сшиваемость посредством полимеризации кратной связи, была предложена стратегия синтеза несимметричных терфенилзамещенных ненасыщенных кетонов типа **1**, включающая ряд последовательных превращений. Реализация реакции Кулинковича с использованием алкилтерфенилзамещенного сложного эфира **2** позволила трансформировать сложноэфирную группу в циклопропанольный фрагмент, синтетический потенциал которого был использован для перевода соединения **3** в винилкетон **4** путем двух последовательных стадий.



В процессе исследования химических свойств циклопропанола **3** оказалось, что последний весьма неустойчив в апротонном растворителе в присутствии кислот и количественно изомеризуется в насыщенный терфенилзамещенный кетон **4**. Установлено, что синтезированные соединения имеют ЖК фазовый переход при нагревании.

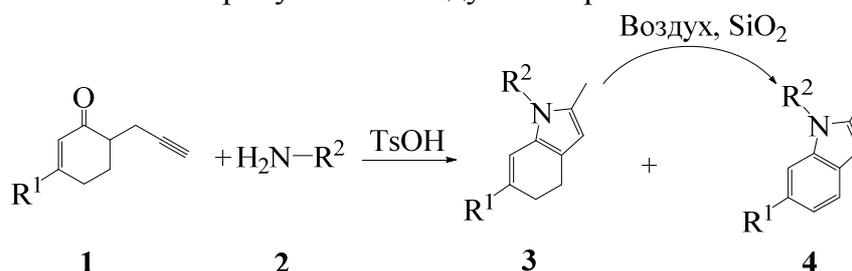
А.С. Орёл, асп.; В.С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;  
С.Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;  
Н.М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## ПОЛУЧЕНИЕ 2-МЕТИЛИНДОЛОВ НА ОСНОВЕ 6-ПРОПАРГИЛЦИКЛОГЕКС-2-ЕНОНОВ

Химия индолов является одним из наиболее популярных направлений в современной органической химии. Данное обстоятельство связано с тем, что огромное количество биологически активных производных индола было выделено из природных источников. Также на сегодняшний день разработано и внедрено в медицинскую практику множество лекарственных препаратов, эффективность которых обусловлена действием производных индола. В распоряжении органиков-синтетиков имеется большой арсенал методов получения индолов. Стоит отметить, что всё большую популярность набирают методы с применением металлокомплексного катализа.

Задача разработки простых и эффективных методов получения полизамещённых индолов на основе реакционноспособных соединений всегда остаётся актуальной. В этом отношении полиненасыщенные кетоны могут рассматриваться как удобные исходные соединения для решения данной задачи. Направленная модификация реакционноспособных циклогекс-2-енонов является перспективным направлением, которое в данный момент развивается на кафедре органической химии БГТУ.

В ходе серии экспериментов нами были изучены трансформации 6-пропаргилциклогекс-2-енонов **1** в присутствии избытка первичных аминов **2**, а также различных катализаторов. Показано, что наиболее эффективен кислотный катализ с применением *n*-толуолсульфокислоты. При этом взаимодействие енонов **1** с аминами **2** приводит к получению смеси 4,5-дигидроиндолов **3** и индолов **4**. Производные **3** подвергаются ароматизации на силикагеле в присутствии воздуха с образованием **4**.



$\text{R}^1 = 4\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4; 4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4;$

$\text{R}^2 = \text{C}_6\text{H}_5; 4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4; 4\text{-BrC}_6\text{H}_4; 4\text{-NO}_2\text{C}_6\text{H}_4; \text{Bn}; \text{CH}_2\text{COOCH}_3; \text{аллил};$   
 $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}; \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}; n\text{-C}_{16}\text{H}_{33}.$

Разработанный метод позволяет получать индолы **4** с выходами 17–81%. Строение всех синтезированных соединений подтверждено данными ЯМР- и ИК-спектроскопии, а также элементного анализа.

УДК678.049

А. В. Лешкевич, асп.; Ж. С. Шашок, доц., канд. техн. наук;  
Е.П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Рациональное использование дефицитных и дорогостоящих нефтепродуктов приобретает на сегодняшний день особую актуальность, поэтому пристального внимания заслуживает вопрос вовлечения в производство вторичного сырья, в частности, отработанных масел. Данные нефтепродукты представляют собой сырьевую базу для получения ценных компонентов при надлежащей переработке. Помимо этого, применение отработанных масел в резиновой промышленности способствует решению экологических проблем в области загрязнения окружающей среды и позволяет получать значительный экономический эффект.

Цель работы – исследование влияния продукта переработки отработанного масла ДВЧ (производства ИООО «ДВЧ-Менеджмент»), модифицированного различным содержанием присадки в сравнении с промышленными пластификаторами ПН-6 и И-20 на технологические свойства резиновых смесей, а также физико-механические показатели резин на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД.

Результаты исследования технологических свойств эластомерных композиций с пластифицирующими компонентами типа ДВЧ показали, что их использование в составе резиновых смесей способствует уменьшению показателя вязкости по Муни резиновых смесей, облегчению протекания релаксационных процессов в эластомерной матрице, а также повышению стойкости к подвулканизации резиновых смесей, по сравнению с композициями, содержащими промышленные пластификаторы ПН-6 и И-20.

Определение упруго-прочностных показателей резин до и после теплового и озонного старения показало, что применение в составе эластомерных композиций пластифицирующего компонента типа ДВЧ, содержащего модифицирующую добавку и без нее, позволяет повысить стойкость резин к воздействию повышенной температуры, озоностойкость резинотехнических изделий, а также сопротивление истиранию вулканизатов при скольжении, по сравнению с композициями с промышленными пластификаторами ПН-6 и И-20.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ОБЪЕМНОЙ  
КОНЦЕНТРАЦИИ ПИГМЕНТОВ ПО ИЗМЕНЕНИЮ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

При составлении рецептов пигментированных лакокрасочных материалов особенно важное значение имеет объемная концентрация пигментов (*ОКП*), которая определяется соотношением суммарного объема пигментов и других твердых частиц в материале к общему объему нелетучего вещества. Для любой системы «пигментная часть–связующее» существует критическая объемная концентрация пигментов (*КОКП*). При достижении *КОКП* все пустое пространство между соприкасающимися твердыми частицами заполнено связующим, а дальнейшее увеличение *ОКП* влечет к нарушению сплошности системы из-за недостатка связующего, что приводит к значительным изменениям свойств покрытий [1].

Известно, что система «металл–лакокрасочное покрытие– электролит» является в электрохимическом отношении активной, поэтому ее можно описать такими электрохимическими параметрами как ёмкость и сопротивление [2]. Ёмкость покрытий характеризует их барьерные свойства, т.е. способность изолировать защищаемый металл от коррозионно-активной среды. Следовательно, нарушение сплошности покрытий может быть зафиксировано по увеличению ёмкости.

В работе изучена возможность определения *КОКП* по изменению электрохимических свойств лакокрасочных покрытий в зависимости от *ОКП*. С этой целью изготовили лакокрасочные материалы на основе эпоксидной смолы CHSEpoxy 210и отвердителя полиэтиленпентамина с *ОКП*=20–50% и получили покрытия на стальных пластинах. В качестве пигментной части использовалась смесь алюминиевой пудры и железной слюдки в объемном соотношении 0,15:1. После отверждения покрытия погружали в электролит (3% водный раствор хлорида натрия) и определяли значения ёмкости и сопротивления при различных частотах переменного тока (100–20000 Гц).

Ёмкость, в отличие от сопротивления, практически не зависела от частоты переменного тока, поэтому анализ сплошности покрытий осуществляли по изменению численного значения ёмкости.

Сравнительный анализ свойств покрытий осуществляли по значению величины  $K = C_{ОКП_i} / C_{min}$ , ( $C_{min}$  – минимальная ёмкость (Ф) из

общей выборки ёмкостей лакокрасочных покрытий с  $OKП=20-50\%$  при частоте 20000 Гц). График зависимости  $K$  от  $OKП$  представлен на рисунке.

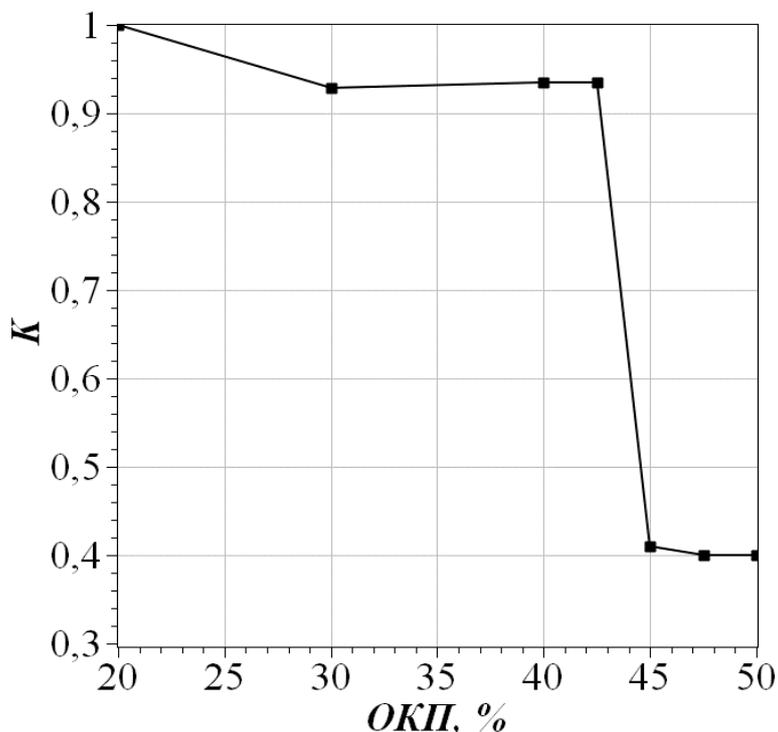


Рисунок – Зависимость значения  $K$  от  $OKП$  (%)

Как видно из рисунка, при  $OKП < 45 \%$  значение  $K$  для всех покрытий сохранялось примерно на одинаковом уровне. При  $OKП = 45 \%$  значение  $K$  скачкообразно уменьшилось примерно в 2,5 раза и сохранялось на таком же уровне при последующем увеличении  $OKП$ . Следовательно, значение  $KOKП$  для данной системы «пигментная часть–эпоксидное связующее» равно 45%.

В работе показана возможность определения  $KOKП$  по изменению электрохимических свойств покрытий, а именно ёмкости окрашенной изучаемым покрытием металлической пластины.

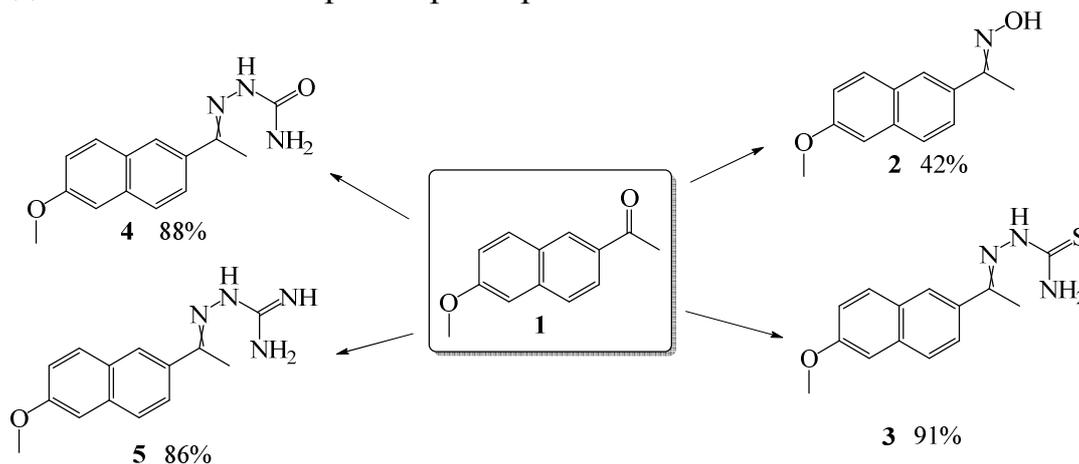
#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротэклаус. П. Мишке. – 2-е изд. – М.: Пэйнт-Медиа, 2007. – 548 с.
2. Розенфельд, И.Л. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия / И.Л. Розенфельд, Ф.И. Рубинштейн. – М. : Химия, 1980. – 200 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГАНДОВ ДЛЯ САМОСОБИРАЮЩИХСЯ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ 1-(6-МЕТОКСИНАФТАЛИН-2-ИЛ)ЭТАНОНА

В настоящее время существует ряд лекарственных препаратов, действующей основой которых являются соединения, содержащие в своей структуре алкоксинафталиновый фрагмент. Наиболее известными препаратами данного типа являются «Напроксен» и «Адапален». С целью синтеза биологически активных координационных соединений серебра (I) нами было принято решение синтезировать серию лигандов, содержащих 6-метоксинафталиновый фрагмент.

В качестве исходного соединения для получения лигандов нами был выбран легкодоступный 1-(6-метоксинафталин-2-ил)этанон **1**, т.к. данный кетон легко может быть трансформирован в разнообразные производные, обладающие высокой способностью к координации с ионами различных металлов. Использование реакций нуклеофильного замещения позволило получить с хорошими выходами оксим **2**, тиосемикарбазон **3**, семикарбазон **4**, а также производное **5**. Реакции проводили в этанольном растворе с применением кислотного катализа.



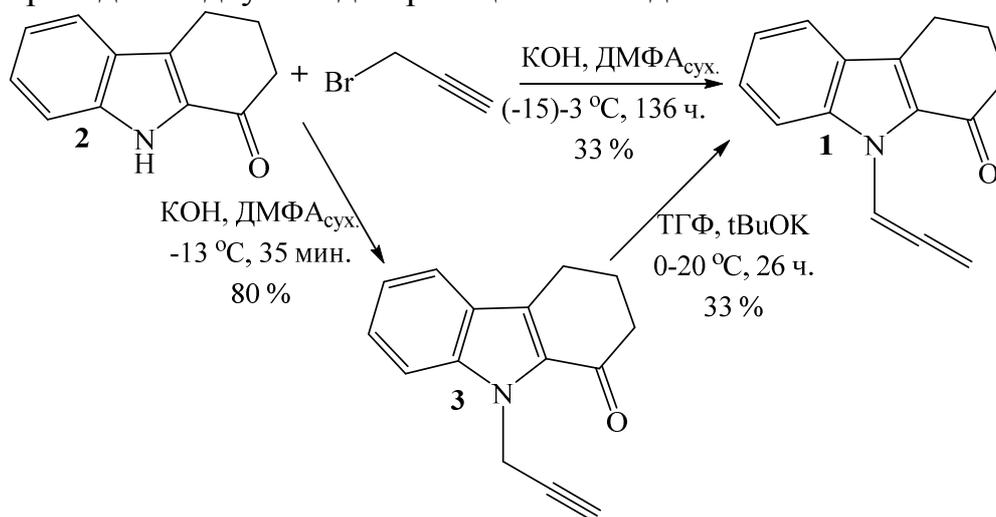
Строение всех синтезированных соединений подтверждено данными ЯМР- и ИК-спектроскопии, а также элементного анализа.

А.И. Савельев, магистрант;  
С. Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;  
В.С. Безбородов, проф., д-р хим. наук (БГТУ, г. Минск)

### АЦЕТИЛЕН-АЛЛЕНОВАЯ ИЗОМЕРИЗАЦИЯ 9-ПРОПАРГИЛТЕТРАГИДРОКАРБАЗОЛОНА

Под действием щелочей алкины способны претерпевать прототропную перегруппировку в аллены, которые в свою очередь могут изомеризоваться обратно в алкины. Ацетилен-алленовая изомеризация позволяет получать терминальные алкины из замещенных аналогов, так называемая «ацетиленовая молния» – миграция тройной связи в терминальное положение. Аллены способны димеризоваться, образуя циклобутаны, как и алкины вступают в реакции нуклеофильного и электрофильного присоединения. Химия алленов открывает путь к целому ряду значимых реакций и продуктов.

9-(Пропа-1,2-диен-1-ил)-2,3,4,9-тетрагидро-1H-карбазол-1-он **1** был получен нами действием пропаргилбромида на карбазолон **2** с выделением промежуточного продукта – N-пропаргилкарбазолона **3** и последующей его изомеризацией под действием основания, а также при проведении двух стадий реакции без выделения **3**.



Меньший суммарный выход продукта **1** (27 %) во втором случае, по-видимому связан с потерями при выделении продуктов на каждой из двух стадий. Стоит отметить, что аллен **1** был выделен также в количестве 5 % на стадии получения алкина **3**. Из чего можно сделать вывод, что значительный вклад на процесс изомеризации в аллен оказывает время проведения реакции.

О.А.Кротова, ассист., канд. техн. наук;  
Ж.С. Шашок, доц., канд. техн. наук;  
Е.П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУНГИТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

В последние годы широкое распространение в шинной промышленности и в промышленности РТИ получил природный углеродсодержащий ингредиент резиновых смесей – шунгит. Использование шунгита в качестве заменителя технического углерода, либо дополнительно к нему, в рецептурах шинных резин и РТИ на основе неполярных эластомеров позволило решать ряд актуальных задач как в области рецептуростроения, так и в экологии, экономике, а также в области совершенствования технологических процессов, применяемых для изготовления резинотехнических изделий различного назначения.

Целью работы являлось исследование влияния минерального наполнителя шунгита на технологические свойства эластомерных композиций. Объект исследования – эластомерные композиции на основе комбинации каучука общего назначения СКМС-30-АРКМ-15 и каучука специального назначения СКЭПТ-50с ДЦПД, в которых часть малоактивного технического углерода марки N550 была заменена на шунгит в дозировках 5,0; 10,0; 15,0 и 20,0 масс. ч. на 100,0 масс. ч. каучука.

Результаты исследования вязкости по Муни резиновых смесей показали, что введение в эластомерные композиции шунгита в дозировках 5,00 и 10,00 масс. ч. взамен ТУ практически не оказывает влияния на значение данного показателя. Так, значение вязкости по Муни резиновой смеси с ТУ (образец сравнения) составляет 61,5 усл. ед. Муни, а у образцов, содержащих 5,00 и 10,00 масс.ч. шунгита, – 61,8 и 61,3 усл. ед. Муни соответственно. Дальнейшее увеличение дозировок шунгитового наполнителя в эластомерных композициях приводит к уменьшению (до 15,4%) вязкости резиновой смеси.

Исследование кинетических параметров процесса вулканизации выявило, что замена в эластомерных композициях ТУ на шунгит не приводит к значительному изменению времени достижения оптимальной степени вулканизации ( $t_{90}$ ). Так, значение  $t_{90}$  у образца сравнения составляет 8,70 мин., а у образцов с шунгитовым наполнителем изменяется в пределах от 8,33 до 9,41 мин.

## **ТЕРМОДИФФУЗИОННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ В ОЛИГОМЕРНЫХ СРЕДАХ**

Одним из наиболее эффективных способов повышения качества резин является их модифицирование в жидких олигомерных средах. В качестве перспективных модификаторов широко используются поверхностно-активные вещества, представляющие собой дифильные вещества и позволяющие регулировать межфазные взаимодействия на границах раздела фаз, вследствие чего могут изменяться и некоторые свойства вулканизатов. В данной работе исследовалось влияние природы полимера и типа модифицирующей среды на стойкость эластомерных материалов к воздействию температурно-силовых полей. Объектами исследования являлись эластомерные композиции на основе комбинации синтетических полиизопренового и полибутадиенового, а также бутадиен-стирольного и полибутадиенового каучуков, предназначенных для производства резинотехнических изделий для автотракторной техники. Эластомерные композиции вначале вулканизовали в прессе до достижения заданной степени вулканизации, обеспечивающей свободное извлечение образцов из пресс-формы и требуемую каркасность; далее полученные образцы выдерживали в ненапряженном состоянии в модифицирующей олигомерной среде при определенных температурно-временных параметрах. В качестве модифицирующей среды использовали низкомолекулярные полиэтиленоксиды с молекулярными массами 400 и 4000, обладающие поверхностно-активными свойствами. Образцом сравнения являлись немодифицированные образцы композиций, вулканизованные в прессе до достижения оптимальной степени вулканизации.

Установлено, что модифицированные вулканизаты на основе комбинации полиизопренового и полибутадиенового каучуков менее подвержены тепловому старению по сравнению с немодифицированными за исключением образца, модифицированного в более высокомолекулярной среде. Выявлено уменьшение более чем в 1,12 раз показателя относительного удлинения при разрыве после старения в среде воздухе по сравнению с немодифицированным образцом, что может быть обусловлено изменением структуры вулканизационной сетки и природы поперечных связей в результате воздействия среды на исследуемые резины.

Е. П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук;  
Ж. С. Шашок, доц., канд. техн. наук;  
О. А. Кротова, асс., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск);  
А. Ю. Люштык, гл. химик – нач. лаборатории  
(ОАО «Белшина», г. Бобруйск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Стабилизация является одним из эффективных способов модификации резин, в результате чего значительно улучшается стойкость эластомерных композиций к воздействиям агрессивных сред, повышенным температурам, циклическим механическим деформациям и другим факторам. Введение в эластомерные композиции стабилизирующих добавок, способных в процессе старения резины ингибировать развитие и разветвление цепи окисления, позволяет получать вулканизаты с повышенной работоспособностью.

Объектами исследования являлись наполненные эластомерные композиции на основе комбинации синтетических полиизопренового полибутадиенового каучуков, предназначенные для изготовления изделий, работающих в динамических условиях при тепловом и атмосферном воздействии. В качестве стабилизирующей добавки использовали олигомерное имидное производное, обладающее ярко выраженными поверхностно-активными свойствами. Данную добавку вводили в образцы исследуемых эластомерных композиций взамен 25%-го и 50%-го содержания промышленных химических стабилизаторов – дусантокса бРРД и ацетонанила Н.

Установлено, что введение олигомерной стабилизирующей добавки в различных дозировках приводит к увеличению на 8–17% значения вязкости по Муни резиновых смесей по сравнению с образцом, содержащим промышленные стабилизирующие добавки. При этом наибольшее увеличение вязкости по Муни проявляется у смеси с исследуемой добавкой, введенной взамен 25%-го содержания ацетонанила Н. Повышенные значения вязкости исследуемых резиновых смесей, по-видимому, обусловлены химическим строением стабилизирующей добавки, а также ее некоторым термоструктурирующим действием на полимерную основу. Определено, что введение стабилизирующей добавки в резиновые смеси приводит к некоторому снижению их коэффициента релаксации, что, вероятно, связано с повышенной плотностью упаковки структурных элементов в олигомерной добавке.

Р.М. Долинская, доц., канд. хим. наук;

Н.Р. Прокопчук, проф., д-р хим. наук  
(БГТУ, г. Минск);

А.Ю. Полоз, канд. техн. наук  
(ООО «Новые технологии», г. Днепр, Украина);

Ю.Р. Эбич, проф, д-р хим. наук  
(ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина)

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭПОКСИДСОДЕРЖАЩИХ РАЗБАВИТЕЛЕЙ- МОДИФИКАТОРОВ В ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ**

Модификация эпоксидных смол по-прежнему находится в центре внимания исследователей как основной способ улучшения их свойств. Существенный интерес в этой связи представляют низковязкие разбавители-модификаторы (РМ) эпоксидных смол, которые как разбавители снижают начальную вязкость композиций, а как модификаторы участвуют в формировании пространственной сетки, изменяя свойства отвержденных материалов.

К числу таких РМ относятся моно-, ди- и полиглицидиловые эфиры алифатических спиртов, алкилфенолов. Существенным является наличие в таких модификаторах конформационно гибких звеньев достаточной протяженности между эпоксидными функциональными группами, участвующими в модификации и отверждении. Применение полиглицидиловых эфиров алифатических спиртов позволяет также перейти от классических эпоксидных сеток к структурам типа взаимопроникающие полимерные сетки.

Ведущими мировыми фирмами предложены эпоксидсодержащие РМ различного химического строения, использование которых для определенных эпоксидных смол осуществляется экспериментальным путём и требует значительных материальных затрат и времени. Поэтому приобретает определенное значение выбор необходимых РМ с учетом их химического строения на основе прогнозируемых критериев. Такими критериями являются важные физико-химические характеристики этих соединений – ван-дер-ваальсовый объем, поверхностная энергия, параметр растворимости, которые можно определить расчетными методами с использованием инкрементов атомов этих соединений, рефрактометрии и пр. Такой подход и был использован в данном исследовании. При этом определяли влияние этих важных характеристик РМ на основные стадии формирования эпоксидных ком-

позитов – смачивание и растекание композиций по модельным высокотвердым по шкале Мооса поверхностям, используемым в износостойких эпоксидных материалах и которые имитируют соответствующие наполнители (карбиды кремния и бора, электрокорунд), формирование их трехмерной структуры и свойств.

Выполнена сравнительная оценка эффективности эпоксидсодержащих разбавителей – модификаторов (РМ) ведущих мировых производителей в композициях на основе эпоксидной диановой смолы ЭД-20, отверждаемой полиэтиленполиамином (ПЭПА). Исследования проведены с применением расчетного метода атомных инкрементов, экспериментальных – «сидячей» капли, золь-гель анализа, динамического индентирования, динамического газообразного износа, стандартных физико-механических испытаний. Расчетным методом атомных инкрементов определены физико-химические характеристики РМ для оценки их влияния на смачивание и растекание по модельным высокотвердым по шкале Мооса поверхностям, формирование эксплуатационных свойств эпоксидных композитов.

Установлена корреляция расчетных и экспериментальных значений поверхностного натяжения РМ, что позволяет применять расчетный метод атомных инкрементов для предварительной сравнительной оценки эффективности РМ в эпоксидных композициях.

Установлены прямолинейные зависимости между коэффициентом растекания РМ по исследованным модельным высокотвердым поверхностям и поверхностным натяжением этих соединений, что является базисом для прогнозирования значений их поверхностного натяжения для обеспечения полного растекания по субстратам.

Показано, что улучшение смачивания и растекания композиций, оптимальная трехмерная сетка и комплекс упруго-прочностных свойств, износостойкость композитов достигаются при введении в эпоксидную смолу три- и диглицидиловых эфиров CHS-Epoxy RR690 (Чехия) и ДЭГ-1 (Россия) вследствие оптимального баланса упругих и вязких составляющих энергии деформирования.

Выяснена зависимость износостойкости модифицированных РМ эпоксидных композитов в жестких условиях газообразного износа под различными углами атаки абразива (песка) и показано, что независимо от типа модификатора наибольший износ композитов происходит при действии абразива под углом  $45^\circ$ , наименьший – при угле  $90^\circ$ .

УДК 678.4

Е.А. Подколзин, студ.; Ю.Н. Ващенко, зав. каф., д-р техн. наук  
(ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина);

Р.М. Долинская, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ВУЛКАНИЗАТА ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рост промышленного производства резиновых изделий неизбежно увеличивает и количество отходов. Поэтому утилизация изношенных шин и других резиновых изделий имеет важнейшее экологическое значение, так как отходы потребления резин накапливаются в местах их эксплуатации и существенно загрязняют окружающую среду. Получение резиновой крошки путем измельчения изношенных резиновых изделий является одним из путей их утилизации. Для повышения эффективности использования в эластомерных материалах измельченного вулканизата (ИВ) применяют модифицирование его поверхности для повышения совместимости ИВ эластомерной матрицей и частичного разрушения трехмерной структуры поверхностных слоев частичек ИВ.

В плане продолжения работ по повышению эффективности процесса рециклинга шин проведено исследование новых модифицирующе-регенерирующих систем. В работе использован общешинный ИВ, а также резиновая крошка, полученная измельчением некондиционных резинотехнических изделий.

Известно, что феноформальдегидные олигомеры находят широкое применение при производстве шин и резинотехнических изделий. Более эффективным является использованием модифицирующих систем на основе фенолформальдегидных смол. Ранее была показана высокая эффективность использования в составе резин различного назначения комплексной добавки, полученной на основе алифатических аминов фракции C<sub>17</sub>-C<sub>20</sub> и серусодержащего фенолформальдегидного олигомера типа смолы Октофор 10S. С целью расширения ассортимента добавок для эластомерных материалов поведен комплекс работ по синтезу аналогичных вышеупомянутого композита модифицирующих систем. В качестве сокомпонента к смоле октофор 10S исследованы аминокпроизводные эфиров жирных кислот, полученных на основе сырья растительного происхождения, а также истинные органические мыла, полученные взаимодействием жирных кислот и производных этаноламинов. Изучена также ФФС типа 101К для создания модификаторов, в данную композицию дополнительно вводили серу.

В резиновой промышленности, кроме эффективности добавок немаловажной является также их выпускная форма, которая позволяла бы проводить автоматизированную развеску химикатов при изготовлении резиновых смесей. Поэтому, при изготовлении композиционных добавок соотношения компонентов выбрано таким, чтобы в конечном итоге получился композит с удобной для дозирования выпускной формой.

Опытные олигомерные добавки изучены в качестве ингредиентов резиновых смесей, а также как модификатор поверхности измельченного вулканизата (ИВ).

Модификацию поверхности измельченного вулканизата проводили на лабораторных вальцах 320\*160 с фрикцией 1,18 по ранее разработанному режиму.

Обработанный ИВ изучен как в составе резин для производства элементов шин, так и формовых РТИ на основе карбоцепных неполярных ненасыщенных каучуков в количествах от 10 до 100 мас.ч. на 100 мас.ч. эластомера.

Результаты испытаний показывают, что использование модифицированного ИВ улучшает технологические свойства и повышает комплекс физико-механических и усталостно-прочностных свойств резин по сравнению с необработанным ИВ. Показано, что повышение эффективности применения ИВ обусловлено повышением степени совместимости в системе, разрыхлением поверхностного слоя ИВ и, соответственно, повышением площади контакта между фазами. Изучение степени распределения ИВ с использованием анализатора диспергирования показало увеличение доли частиц с меньшим размером при использовании модифицированного ИВ по сравнению с необработанным.

Проведенные исследования позволили выбрать оптимальную дозировку добавок с точки зрения улучшения механических свойств резин при сохранении необходимого уровня технологических характеристик.

Найденные закономерности изменения структуры и свойств эластомерных материалов под влиянием систем добавок на основе фенолформальдегидных олигомеров могут быть использованы при усовершенствовании промышленных типов резиновых смесей для изготовления элементов шин и РТИ.

А.Г. Ботвинцева, магистрант;  
Ю.Н. Ващенко, зав. каф., д-р. техн. наук  
(ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина);  
Р.М. Долинская, доц., канд. хим. наук;  
Н.Р. Прокопчук, проф., член-корр. НАН Беларуси  
(БГТУ, г. Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИОСЫРЬЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ АКТИВАТОРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ ЭЛАСТОМЕРОВ**

Известно, что повысить качество эластомерных материалов можно путем усовершенствования компонентов вулканизирующих систем. Применение активаторов серной вулканизации вместе с ускорителями влияет не только на технологический процесс вулканизации, но и на структуру и свойства резин. Применение в составе резиновых смесей композиционных активаторов, которые сочетают первичные и вторичные активаторы, является одним из путей повышения комплекса свойств эластомерных материалов различного назначения.

Целью работы было расширение ассортиментов веществ, выступающих в качестве активирующих добавок при вулканизации карбоцепных ненасыщенных каучуков.

В качестве объектов исследования выбрано биосырье – эфиры жирных кислот, полученные из растительных масел и животных жиров.

Рассмотрено влияние метиловых, этиловых, пропиловых и бутиловых эфиров, полученных из пальмового масла, на свойства модельных резиновых смесей на основе бутадиен-стирольных каучуков как вторичного активатора взамен стеариновой кислоты. Показана принципиальная возможность такой замены исходя из определения вулканизационных и механических свойств материалов, а также структурных параметров вулканизационной сетки. Более эффективными были метиловые и этиловые производные.

На основании результатов исследований изучены метиловые эфиры жирных кислот, сырьем для получения которых были подсолнечное, рапсовое, соевое и кукурузное масла, а также куриный жир. Проведенные испытания позволили установить зависимость эффективности применения данных соединений в качестве вторичного активатора от типа сырья, из которого синтезировали эфиры.

Дефицитность оксида цинка и определенное негативное влияние его на окружающую среду предопределяет проведение работ по сни-

жению содержания цинковых белил в составе эластомерных материалов без ухудшения как технологических, так и механических их характеристик

Поэтому изучены композиционные активаторы на основе цинковых белил и эфиров жирных кислот. С целью снижения содержания оксида цинка композиционные добавки дополнительно содержали наполнители, такие как каолин, таурит и карелит. Последние вещества могут также оказывать определенную активирующую активность в процессах серной вулканизации. Добавки получали путем перемешивания компонентов при различных температурах с целью установления оптимальных температурно-временных параметров процесса. По сравнению со стандартной системой активаторов (белила цинковые + стеариновая кислота) содержание оксида цинка снижается до 2,5 раз. В качестве эфиров изучены метиловые эфиры жирных кислот на основе как растительных масел (подсолнечное и соевое), так куриного жира.

Проведена оценка кинетических параметров процесса вулканизации модельных резиновых смесей на основе различных неполярных ненасыщенных каучуков общего назначения. Рассчитаны энергии активации индукционного и главного периода вулканизации и установлена связь этих параметров с типом и количеством активаторов. Проведен анализ комплекса механических характеристик вулканизатов.

Результаты показывают принципиальную возможность применения данных видов композиционных активаторов в составе эластомерных материалов. При использовании исследуемых добавок происходит улучшение прочностных свойств резин, их стойкости к тепловому старению и динамическим нагрузкам.

Установлено улучшение процессов диспергирования наполнителей при изготовлении резиновых смесей.

Анализ результатов позволил также установить зависимость эффективности применения активирующих систем и параметров их приготовления.

Полученные результаты являются основанием для разработки и совершенствования рецептур экологично безопасных эластомерных материалов промышленного назначения.

Р.М. Долинская, доц., канд. хим. наук;  
Н.Р. Прокопчук, проф., д-р хим. наук  
(БГТУ, г. Минск, Беларусь)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ВУЛКАНИЗАТА В ФОРМОВЫХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ**

Как известно [1–3], резиновые отходы образуются на всех стадиях производства резиновых изделий и в процессе их потребления. Более эффективной, с точки зрения, вторичного использования полимерного сырья, является переработка отходов, включающая их предварительное измельчение с получением продуктов различной дисперсности, направляемых на переработку в изделия основного назначения или в производство других технических материалов. В этом случае не просто утилизируют отходы резины, но и вторично используют содержащееся в них полимерное сырье. Этот факт, равно как и растущий дефицит полимерного сырья, оправдывает применение измельченных отходов в производстве новых изделий.

В связи с вышеизложенным, целью работы является разработка полимерного композиционного материала для изготовления формовых резинотехнических изделий (ФРТИ).

Проведенные исследования показали, что для изготовления полимерного композиционного материала предназначенного для создания (ФРТИ), в качестве одного из компонентов полимерной матрицы можно использовать резиновую крошку. Кроме того, важным моментом для изготовления изделий являются вопросы, связанные с затратами времени на их изготовление. Время изготовления изделий зависит от времени вулканизации, которое определяется качественным и количественным составом вулканизирующей группы. Проведенные исследования показали, что для изготовления полимерных композиционных материалов содержащих измельченный вулканизат можно использовать серусодержащую вулканизирующую группу.

Комплекс физико-механических показателей разработанных композиционных материалов соответствует требованиям, предъявляемым к полимерным материалам предназначенным для изготовления ФРТИ неотчетственного назначения. Разработанные материалы являются технически прогрессивным решением проблемы создания недорогих и долговечных изделий.

Разработанная технология рециклинга утильной резины позволяет снизить себестоимость изготовления изделия и рационально использовать полимерное сырье.

Кроме того, на основании исследований, проведенных в БГТУ совместно с ОАО «Беларусьрезинотехника», показана возможность применения измельченных отходов резины в рецептурах резин для изготовления различных звукопоглощающих строительных материалов, покрытий железнодорожных переездов, искусственных неровностей на дороге («лежачий полицейский»)[4,5].

В ходе дорожных испытаний, проходивших на различных автомагистралях стран СНГ, обнаружено, что перечисленные выше изделия отвечают всем требованиям дорожного строительства.

Таким образом, широкое промышленное освоение применения дисперсных материалов, полученных измельчением отходов резины, позволит расширить их применение как ингредиентов резиновых смесей, а также в качестве первичного сырья для изготовления различных качественных изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.М., Алгазинов К.Я., Мартинец Д.В. Строительные конструкции из полимерных материалов. – М.: Высшая школа, 1978. – 22 с.
2. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. Использование амортизованных шин и отходов производства резиновых изделий. – Л.: Химия, 1986. – 249 с.
3. Платонов А.П. Физико-химические основы материаловедения в строительстве. – Л.:ЛИСИ, 1990. – 72 с.
4. Мороз В.А., Русецкий В.В., Долинская Р.М., Щербина Е.И., Пасько В.Б., Максимова В.П., Забашта А.И., Марусова С.Н., Рунович В.И., Александрович А.Р. Резиновая смесь для изготовления полно-профильных изделий./Патент Российской Федерации №2172750. –2003. – Б.И. № 4. – С.134.
5. Мороз В.А., Русецкий В.В., Долинская Р.М., Щербина Е.И., Пасько В.Б., Максимова В.П., Забашта А.И., Марусова С.Н., Рунович В.И., Александрович А.Р. Резиновая смесь для изготовления полно-профильных изделий./ решение о выдаче патента на изобретение Республики Беларусь от 5 февраля 2003г. № а 19991003.

О. М. Касперович, доц., канд. техн. наук;  
А. Ф. Петрушеня, ст. преп., канд. техн. наук;  
Л.А. Ленартович, ассист., канд. техн. наук;  
А. Г. Любимов, ст. преп., канд. техн. наук; Т.А. Коновод, студ.  
(БГТУ, г. Минск)

## **ВОЗМОЖНОСТИ РЕЦИКЛИНГА ВТОРИЧНОГО ПОЛИУРЕТАНА**

Поскольку уничтожение полиуретановых отходов приводит к безвозвратным потерям ценных сырьевых ресурсов и возникновению экологических проблем, разработка способов их переработки приобретает особую актуальность, если к тому же исследования ориентированы на рециклизацию полимера.

В работе изучена возможность рециклинга вторичного термопластичного полиуретана (ТПУ) путем использования его в смесевых композициях с добавками полимерной и не полимерной природы.

В качестве полимерной основы использовали вторичный ТПУ на основе простых эфиров. К нему в различном процентном соотношении добавляли полимеры, отличающиеся своей природой: вторичные полимеры (поливинилхлорид (ПВХ), полученный от производства листов (ПВХ (листы)), и ПВХ, полученный от производства трубок (ПВХ (трубки)), акрилонитрил-бутадиен-стирольный пластик (АБС), вторичный этиленвинилацетат (ЭВА), полистирол (ПС)) а так же минеральный наполнитель (меловую добавку на основе полиэтилена высокого давления).

В ходе проведения испытаний установлено, что введение указанных компонентов в определенном количестве положительно сказалось на свойствах композиций. Так износостойкость незначительно возрастает при введении в композицию на основе вторичного ТПУ ЭВА и ПВХ. Наименьшие значения показателя истирания продемонстрировали образцы ТПУ+60% мас. ПВХ(трубки); ТПУ+40% мас. ПВХ(листы); ПУ(вт)+60% мас. ЭВА.

Наилучшие показатели твердости продемонстрировали композиции на основе вторичного ТПУ с АБС и мелом: ТПУ+20% мас. АБС, ТПУ+40% мас. мела.

Полученные результаты позволяют говорить о возможности рециклинга вторичного ТПУ с получением композиций заданного состава с требуемыми физико-механическими свойствами.

<sup>1</sup>Петрушеня А. Ф., ст. преп., канд. техн. наук;

<sup>1</sup>Касперович О. М., доц., канд. техн. наук;

<sup>1</sup>Ленартович Л. А., асс., канд. техн. наук;

<sup>1</sup>Любимов А. Г., ст. преп., канд. техн. наук;

<sup>2</sup>Бей М. П., вед. науч. сотр., канд. хим. наук;

<sup>2</sup>Ювченко А. П., зам. дир. по научн. работе, канд. хим. наук

<sup>1</sup>(БГТУ, г. Минск)

<sup>2</sup>(ГНУ ИХНМ НАН Беларуси)

## **МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИЭТИЛЕНА ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ КАНИФОЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНО-НАПОЛНЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ С ДИСПЕРСНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ**

Свойства получаемого древесно-полимерного композита (ДПК) определяются свойствами полимерной матрицы, частиц древесины и характером связей и взаимодействий между ними. Выбор полимера определяется индивидуальными преимуществами и недостатками, присущими изделиям на их основе. ДПК на основе полипропилена (ПП) обладает высокой прочностью, однако хрупкость при пониженных температурах сужает круг их использования. ДПК на основе полиэтилена (ПЭ) применяются в широком диапазоне температур, однако обладают меньшей прочностью. ДПК на основе поливинилхлорида (ПВХ) обладают максимальной прочностью и жесткостью, однако требуют специальных добавок для уменьшения токсичности. Несмотря на сравнительно невысокие механические свойства ПЭ по сравнению с ПП и ПВХ, он является самым распространенным полимером, используемым в производстве ДПК. В ряде литературных источников приводится информация, что вид древесины не играет особой роли во влиянии на свойства ДПК, что большее влияние оказывает размер и форма частиц [1]. Из исследований о влиянии размера частиц наполнителя на свойства ДПК [2] следует, что, с увеличением содержания древесной муки, прочность композиций при разрыве снижается, причем с уменьшением размеров частиц древесной муки наблюдается менее значительное снижение свойств. Для улучшения связи между полимерной матрицей и древесным наполнителем в качестве одного из направлений применяется использование модификации полимера различными добавками. Основная функция таких добавок – повышение адгезии между полимерной матрицей и наполнителем. Для неполярных термопластов, таких как ПЭ и ПП, при производстве ДПК, в качестве совмещающей добавки используются полиолефины, модифицированные малеиновым

или фталевым ангидридами. Основываясь на вышесказанном, в работе изучена возможность использования малеопимаровой кислоты (МПК), N-фенилимида МПК и аллилового эфира МПК в качестве модифицирующих добавок к промышленным полимерам. Испытания по определению плотности, твердости, прочности при растяжении и показателя текучести расплава (ПТР) проводили на композиции из полиэтилена высокого давления, модифицированного 4% указанных добавок, наполненной 40% опилок хвойных пород фракцией от 0,5 до 1 мм. Композицию получали на лабораторном двухшнековом экструдере при температуре материального цилиндра 140–200°C, а образцы для испытаний получали на литьевой машине при таких же температурах.

Плотность полиэтилена при модификации МПК и ее производными практически не изменялась, а при наполнении древесным наполнителем увеличивалась в среднем на 15%. Наибольший показатель твердости 60,1 ед. Шора D продемонстрировали образцы, модифицированные N-фенилимидом МПК. Твердость в среднем была на 5% больше в сравнении с композициями, модифицированными другими добавками. Аналогичный результат был достигнут и при определении прочности при растяжении. Образцы ДПК, модифицированные N-фенилимидом МПК оказались прочнее остальных композиций на 18%. При этом относительное удлинение при растяжении композиций, модифицированных N-фенилимидом МПК на 60% выше, чем у остальных образцов. Стоит отметить, что все исследованные добавки проявили свойства пластификаторов, увеличивая ПТР и относительное удлинение при растяжении модифицированного полиэтилена. Для модифицирующей добавки N-фенилимид МПК ПТР на 20% выше, а относительное удлинение при растяжении – на 55%, чем у исходного ПЭ. Из исследованных в работе модифицирующих добавок, по нашему мнению, N-фенилимид МПК представляет наибольший интерес в качестве модификатора для получения ДПК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Файзулин, И.З. Древесно-полимерные композиционные материалы на основе полипропилена и модифицированного древесного наполнителя: дис. док. техн. наук: 05.17.06 / И.З. Файзулин. – Казань, 2015. – 120 с.
2. Влияние некоторых факторов на прочность при сжатии высоконаполненных полимеркомпозитных материалов / А.Н. Гришин, Л.И. Казанская, И.А. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – №7. – С. 400–406.

УДК678.073/.074 (047.31)

Н. Р. Прокопчук, член-корр. НАН Беларуси, проф., д-р хим. наук;  
Л.А. Ленартович, ассист., канд. техн. наук;  
О. М. Касперович, доц., канд. техн. наук;  
А.Ф. Петрушеня, ст. преп., канд. техн. наук;  
А.Г. Любимов, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСОВ В КАЧЕСТВЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ В КОМПОЗИЦИЯХ ПОЛИАМИДА**

Целью работы являлось выявление возможного термостабилизирующего действия термоэластопластов различной химической природы в составе полимерных композиций на основе полиамида.

Изучено влияние типа ТЭП и его концентрации на устойчивость различных марок полиамида к тепловому старению. Установлены закономерности изменения деформационно-прочностных свойств композитов в процессе теплового старения в зависимости от концентрации и типа термоэластопластов, а также вторичного термопластичного полиуретана.

Проведенные исследования показали, что при введении некоторых видов ТЭП в полимерную матрицу на основе ПА 6,6 прочность при растяжении увеличивается до 30%, в то время как значения ПТР увеличиваются практически в 2 раза. Значительное повышение деформационно-прочностных свойств наблюдается при введении ТЭП полиэфирного типа для ПА 12 и вторичного ПУ для ПА 6,6. Наибольший стабилизирующий эффект достигается при использовании ТЭП полиэфирного типа, а также типа СЭБС, что выражается в сохранении значений относительного удлинения при разрыве после старения на 30-65% выше, чем для исходного полиамида. Возможно это связано с тем, что ТЭП типа С-ЭБ-С характеризуются повышенной устойчивостью к деструкции, поэтому могут оказывать и стабилизирующее действие в композициях полиамида.

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования термоэластопластов в качестве многофункциональных добавок, позволяющих не только улучшать технологические свойства композиций на основе полиамидной матрицы, но и повышать устойчивость к тепловому старению. Полученные результаты расширяют представления о развитии процессов стабилизации и деструкции полимеров, методах повышения устойчивости композиций к длительному воздействию повышенных температур.

М.А. Зильберглейт, зав. лаб., д-р хим. наук  
(ИОНХ НАН Беларуси, г. Минск);

М.О. Шевчук, доц., канд. техн. наук;

С.В. Нестерова, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск);

В.И. Темрук, зав. лаб., канд. техн. наук (ИОНХ НАН Беларуси, г. Минск)

## **АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Патогенные микроорганизмы (грамотрицательные и грамположительные бактерии, грибы, микроводоросли, вирусы) способны распространяться путем косвенной передачи, которая включает контакт с поверхностью или веществом, которые заражены вредоносными микроорганизмами. К ним относятся упаковка пищевых продуктов, медицинские изделия, бытовая техника и т.д. Полимеры, благодаря присутствию им свойствам, широко и эффективно применяются во всех перечисленных выше сферах.

В последнее время значительно возрос интерес к полимерным антимикробным материалам. За период 1995–1999 годы по данным сайта [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) количество публикаций, в которых в заголовках и ключевых словах упоминался этот термин, составляло 33 наименования, то уже за последний пятилетний период (2014–2018 гг.) их число превысило 1200. Осведомленность потребителей о значении антимикробного пластика растет и это увеличивает спрос на антимикробный пластик в упаковке и медицинском применении.

В настоящем исследовании проведен обзор литературы, относящийся к основной группе антимикробных полимеров – катионным полиэлектролитам. Хорошо известно, что большинство бактериальных клеточных стенок заряжены отрицательно, так как содержат в качестве основного компонента фосфатидилэтаноламин, а также остатки сиаловых и тейхоевых кислот. Следовательно, большинство антимикробных полимеров должны быть заряжены положительно, чтобы эффективно взаимодействовать с микроорганизмами.

К таким веществам принадлежат полимеры с четвертичными атомами азота (акриловые и метакриловые полимеры, катионные сопряженные полиэлектролиты, полисилоксаны, полиоксазолины, полиионены и др.), гуанидинсодержащие полимеры, полимеры, имитирующие природные пептиды, а также ряд других.

## СИНТЕЗ АЛКИДНЫХ ПОЛУФАБРИКАТНЫХ ЛАКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕСИ АНГИДРИДОВ КИСЛОТ

Известно, что от качества алкидных полуфабрикатных лаков в значительной степени зависят физико-механические и защитные свойства пигментированных покрытий. Для управления свойствами покрытий широко используется метод химической модификации в процессе синтеза – варьирование химического строения кислотной составляющей сложноэфирной молекулы алкидного олигомера [1]. Это достигается частичной или полной заменой используемого для синтеза алкидной смолы фталевого ангидрида (ФА) на другие аналоги.

Цель работы – синтез модифицированной маслами алкидной смолы с использованием в качестве кислотного компонента диангидрида 4,8-дифенил-1,5-диазабицикло-/3,3,0/-октан-2,3,6,7-тетракарбоновой кислоты (ДАФАЦО) и исследование эксплуатационных характеристик покрытий на основе полученного лака. Расчет рецептур алкидов осуществляли с учетом функциональности используемых мономеров, заданного избытка гидроксильных групп получаемого алкида и его жирности [2]. Изменяющимися параметрами при синтезе являлись: соотношение ДАФАЦО: ФА, жирность алкида. В результате был получен набор данных об изменении физико-механических свойств покрытий в зависимости от соотношения мономеров. Установлено, например, что максимально допустимое количество замещенного ФА на ДАФАЦО составляет 3%. Такая модификация позволяет повысить твердость и прочность при ударе покрытий. Дальнейшее увеличение приводит к гелеобразованию на стадии синтеза. Экспериментально показано, что продолжительность процесса поликонденсации смеси ФА с ДАФАЦО с продуктами реакции переэтерификации кокосового масла и глицерина существенно сокращается с 4,5–5 до 2–2,5 ч. Таким образом, полученный модифицированный алкидный пленкообразователь по технологическим и эксплуатационным характеристикам превосходит промышленно-производимые аналоги.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т., Глоба А.И. / Химическая модификация пленкообразующих веществ. – Минск, БГТУ, 2012. – 380 с.
2. Паттон Т.К. Технология алкидных смол. – Москва, Химия, 1970.

УДК 678.4

С.А. Перфильева, нач. испыт. сектора ЦЗЛ (ОАО «Белшина», г. Бобруйск);

Ж. С. Шашок, доц., канд. техн. наук;

Е. П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук;

А. И. Юсевич, зав. кафедрой НГП и НХ, канд. хим. наук

(БГТУ, г. Минск)

## **СВОЙСТВА ШИННЫХ РЕЗИН С НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ**

Под нефтеполимерными смолами (НПС) (иногда их называют нефтяными, углеводородными смолами) понимают особый класс синтетических низкомолекулярных смол, получаемых из нефтяного сырья. Для их синтеза, в отличие от важнейших промышленных гомо- и сополимеров, используют не индивидуальные мономеры, а многокомпонентные смеси. В качестве объектов исследования для установления влияния НПС на свойства эластомерных композиций использовались камерные резиновые смеси на основе тройной комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15 TDAE). В исследуемые композиции вводились НПС с различными физико-химическими характеристиками. В качестве образца сравнения использовалась применяемая в промышленности стирольно-инденевая смола (СИС). Замена промышленного мягчителя на исследуемые смолы проводилась в равных дозировках.

Анализ результатов исследования показал, что введение добавок НПС-5–НПС-7 приводит к незначительному уменьшению показателя вязкости по Муни. Определено, что применение нефтеполимерных смол, оказывает неоднозначное влияние на величину индукционного периода и время достижения оптимума вулканизации исследуемых эластомерных композиций. В то же время для образцов с НПС выявлено снижение показателя  $\Delta S$ , косвенно характеризующего плотность сшивания, до 8%. Полученные данные показывают, что введение исследуемых смол приводит также к уменьшению  $\text{tg } \delta$ , по сравнению с композициями, содержащими СИС. Установлено, что резины с исследуемыми нефтеполимерными смолами обладают более высокой стойкостью к тепловому старению по сравнению с образцом с промышленным мягчителем при сохранении деформационно-прочностных показателей на достаточно высоком уровне. Такой характер изменения показателей технологических и технических свойств резиновых смесей и резин на их основе, вероятно, связан с химическим составом исследуемых НПС, а также их влиянием на процесс формирования пространственной сетки и природу поперечных связей резин.

## МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫМИ МОНОМЕРАМИ В ПРИСУТСТВИИ ПЕРОКСИДА

Производство полипропилена и композиты на его основе занимают лидирующие места в мире благодаря низкой цене, высокой прочности и простоте переработке. Производители в погоне за удовлетворением спроса рынка занимаются модификацией как самих ПП так и их смесей. Однако, из литературных данных известно [1,2], что модификация не всегда положительно воздействует на свойства ПП и многие модифицирующие добавки не изучены. Поэтому целью данной работы является изучение влияния органического пероксида и различных многофункциональных полиненасыщенных мономеров на свойства ПП.

Модификацию ПП проводили в смесителе Брабендер при температуре 170°C. В эксперименте использовали органический пероксид 2,5-диметил-2,5-ди-(трет-бутилперокси)-гексана. В качестве многофункциональных мономеров использовали триаллилцианурат (ТАЦ), диметакрилат триэтиленгликоль (ТГМ) и дивинилбензол (ДВБ).

Изучено влияние концентрации пероксида и модифицирующих мономеров на ПТР, прочность ( $\sigma_y$ ) и удлинение ( $\epsilon_y$ ) при разрыве. Для установления причин изменения свойств был проведен золь-гель анализ, определение степени кристалличности и молекулярной массы модифицированного ПП.

Эксперимент показал, что с увеличением пероксида в ПП снижается  $\sigma_y$  и  $\epsilon_y$ , и растет ПТР. Это объясняется падением молекулярной массы и степени кристалличности ПП. Введение модифицирующих мономеров оказывает существенно различающееся влияние на свойства ПП. Но все мономеры снижают деструкцию ПП радикалами пероксида, что ведет к значительному повышению механических свойств, которое максимально для ДВБ и минимально для ТАЦ. Наблюдаемые изменения свойств объясняются с позиции влияния мономеров на молекулярную массу, степень кристалличности и концентрацию гель-фракции в ПП.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Capla, M., Borsig E., Lazh M. //Die Angewandte Makromolekulare Chemie. 1985. V.133. N2131. P.53–62.
- 2 Sheng, B.-R., Xie B.-H., Yang W., Li Q.-G., Yang. M.-B. // J. Macromol. Sci. Part B: Physics. 2008. V.47. P.1236–1250.

Г.М. Бикбулатова, доц., канд. техн. наук;  
В.Н. Башкиров, проф., д-р техн. наук; А.А. Гатауллина, студ.;  
С.А. Забелкин, доц., канд. техн. наук; А.Р. Валеева, асп.  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань)

## **ТОВАРНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ПРОДУКТЫ ИЗ СУММАРНЫХ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ БЫСТРОГО ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ**

Суммарные жидкие продукты быстрого пиролиза древесины могут быть переработаны в ценные химические продукты при использовании преимуществ, которые дают их наиболее распространённые функциональные группы: карбонильные, карбоксильные и фенольные. Использование их реакционных способностей позволяет исключить необходимость отделения непрореагировавшей части жидких продуктов от конечного продукта. Например, карбоксильные кислоты и фенолы легко реагируют с известью с образованием солей кальция и фенолятов [1]. Основываясь на этом свойстве, компания Dynamotive разработала продукт, BioLime, который хорошо показал себя при улавливании выделений SO<sub>x</sub> из угольных топок. BioLime, который содержит 50% воды и 7-14% кальция, подаётся в виде жидкой суспензии в высокотемпературный поток газа. Этот продукт, по сравнению с известью, более чем в 4 раза эффективнее улавливает кислотные газы. Преимуществом BioLime также является то, что при окислении его органической части выделяется тепловая энергия, которая может использоваться в топке. Кроме того, некоторые компоненты BioLime оказывают разрушающее воздействие на оксиды азота. Хотя данная технология является разработанной, доступность дешёвой извести делает её маркетинг затруднительным [2].

Другое перспективное направление применения суммарных жидких продуктов быстрого пиролиза основано на высоком содержании в них карбонильных групп. При реакции жидких продуктов быстрого пиролиза с аммиаком, мочевиной и другими веществами, содержащими –NH<sub>2</sub>, между углеродом и азотом образуются различные имидные и амидные связи. При этом около 10 % азота может быть включено в органическую матрицу, которая будет иметь свойства эффективного биоразлагаемого удобрения с медленным выделением азота. Такой продукт имеет меньшую выщелачиваемость, чем минеральные удобрения, что снижает уровень загрязнения грунтовых вод. Кроме того, такое удобрение является хорошей добавкой к почве, содержащей гумусовое вещество (лигнин) [3].

Также суммарные жидкие продукты быстрого пиролиза древесины могут использоваться как альтернативный консервант для древесины, являясь заменой креозоту. Некоторые терпеновые и фенольные соединения, находящиеся в жидких продуктах быстрого пиролиза древесины, имеют инсектицидные и фунгицидные свойства. Пропитка древесины

данными жидкими продуктами защищает её от грибов, однако эффективность имеет небольшую долговечность в виду испарения активных компонентов. При улучшении удерживания жидких продуктов быстрого пиролиза древесины они могут использоваться как экологичный пропиточный состав [4].

Клеящие смолы. В работе [5] описано получение резольных и новолачных смол из жидких продуктов быстрого пиролиза древесины. Синтез резольной смолы производился при мольном соотношении жидких продуктов к формальдегиду как 1:1,5 в щелочной среде. Результаты исследования показали, что прочность клеевого шва при использовании смолы, модифицированной жидкими продуктами пиролиза древесины, уменьшается на 4,8 %. Экономические расчёты показали, что использование пиролизной жидкости в качестве заменителя фенола снижает стоимость полученной смолы на 29,6 % [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Klaus, H. O. Simultaneous SO<sub>x</sub> /NO<sub>x</sub> Emission Control with Bi-olime™ derived from Biomass Pyrolysis Oil / H. O. Klaus, J. Zhou, A.G. Simons, M. Wójtowicz // *Developments in Thermochemical Biomass Conversion*. – 1997. – Vol. II. – №1. – P. 1477-1481.
2. Theodore, D. Catalytic Fast Pyrolysis / D. Theodore, S. A. Juan // *Review. Energies*. – 2013. – №6. P. 514-538.
3. Daniel, M. Copper and boron fixation in wood by pyrolytic resins / M. Daniel, Y. Dian-Qing, L. Xiao, R. Bernard, R. Christian // *Bioresource Technology*. – 2009. – №100. – P. 1442–1449.
4. Забелкин, С.А. Модификация фенолформальдегидных смол жидкими продуктами пиролиза древесины и изучение их клеящей способности / С.А. Забелкин, А.Н. Грачев, В.Н. Башкиров, Е.Н. Черезова // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2010. – №10. – С. 369-374.
5. Гордон, Л.В. Современная лесохимия / Л.В. Гордон, Д.Н. Лекторский // Под ред. и с предисл. С. П. Насакина. – Москва, Гослестехиздат, 1935. – 142 с.
6. ГОСТ 22989-78. Связующее для производства активных углей. Технические условия. - Введ. 01-07-1979. – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 11 с.

С.В. Буренков, асп.; А.Н. Грачёв, проф., д-р техн. наук;  
 В.Н. Башкиров, проф., д-р техн. наук;  
 С.А. Пушкин, магистрант; А.Р.Валеева, асп.;  
 Г.М. Бикбулатова, доц., канд. техн. наук;  
 С.А. Забелкин доц., канд. техн. наук (КНИТУ г. Казань)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО КОМБИНАТА**

Целлюлозно-бумажная промышленность – наиболее сложная отрасль лесного комплекса, связанная с механической обработкой и химической переработкой древесины. Она включает производство целлюлозы, бумаги, картона и изделий из них.

Предметом проведённых исследований являлись иловые осадки сточных вод целлюлозно-бумажного комбината. Иловые осадки отбирались с цеха обезвоживания. Для первоначальной характеристики образцов были проведены исследования основных свойств иловых осадков: влажности, зольности, элементного состава, термического разложения и высшей теплоты сгорания. Результаты исследования физических свойств иловых осадков представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Физические свойства иловых осадков сточных вод ЦБК**

Свойства	Единица измерения	Иловые осадки ЦБК
Зольность	%	10,5
Влажность	%	72-86
Содержание летучих	%	72,4
Содержание нелетучего углерода	%	17,1
Высшая теплота сгорания	МДж/кг	21,678

Также был проведён анализ элементного состава органической и минеральной частей исходных иловых осадков, включая такие элементы как С, Н, N, O, S, Cl.

Проведённые исследования методом термического анализа показали, что процесс термического разложения иловых осадков ЦБК характеризуется двумя пиками скорости потери массы – при температуре до 120°С происходит испарение воды и легколетучих компонентов, а при температуре 300-500°С происходит процесс пиролиза, который является экзотермическим процессом. Однако при пиролизе иловых осадков ЦБК имеется эндотермический пик при температуре 420-480°С.

Также по кривой ТГ можно сделать вывод о том, что твердый остаток от пиролиза иловых осадков ЦБК – 35,2%. Это связано с высоким содержанием минеральных веществ в иловых осадках.

Е.А. Питиримова, магистрант 2 курса;  
Н.Н. Вершинина, бакалавр 4 курса;  
А.А. Бурков, доц., канд. хим. наук  
(ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет, г. Киров, Россия)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ УДОБРЕНИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ**

С развитием сельского хозяйства возникает проблема повышения плодородия почв, увеличения урожайности и повышения качества сельскохозяйственной продукции. Для решения этих проблем используют традиционные удобрения, однако при их растворении резко увеличивается концентрация питательных веществ, что может привести к перенасыщению почвы минеральными веществами. Со временем количество питательных веществ уменьшается, что приводит к необходимости повторного внесения таких удобрений. Использование удобрений пролонгированного действия позволяет поддерживать уровень необходимых питательных веществ в течение всего срока роста и развития растения [1].

Основной принцип создания удобрений пролонгированного действия в виде капсул – покрытие обычных удобрений пленкой на основе различных веществ (серы, парафинов, полимеров)[2,3].

Цель данной работы – исследование возможности использования в производстве удобрений длительного действия биоразрушаемых полимеров.

В работе использовали широко применяемое удобрение NPKS 21:10:10:2 – комплексное, твердое, сложное гранулированное удобрение. В качестве биоразрушаемого полимера использовали полилактид (ПЛА) марки «Ingeo Biopolymer 4043D» с плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> производства компании «NatureWorks» (США). ПЛА растворяли, полученными растворами (3%, 5%, 7% по массе) обрабатывали гранулы удобрения, затем просушивали на вибросите до полного удаления растворителя. После покрытия его полимерной пленкой поверхность капсулы становилась глянцевой и блестящей.

Экспериментальным путем были подобраны оптимальные параметры процесса: тип растворителя, концентрация полимера, требуемое количество слоев полимера на грануле удобрения. В результате были получены гранулы с необходимым эффектом капсулы: полимер полностью покрывает минерал, не оставляя дефектов (пустот, пор) на поверхности.

Капсулированные таким способом удобрения не растворяются в

воде, в отличие от исходных минералов. При внесении в почву за счет постепенного разрушения оболочки из ПЛА происходит высвобождение минеральных веществ и диффузия их в почву.

Таким образом, исследована возможность применения ПЛА в качестве полимерного покрытия для создания удобрений пролонгированного действия. При этом, варьируя количество слоев полимера (толщину полимерного покрытия) и скорость удаления растворителя (структуру покрытия), можно регулировать скорость высвобождения удобрения из капсулы, обеспечив равномерное поступление элементов питания для лучшего роста и развития сельскохозяйственной культуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Gabrys, T., Fryczkowska, B. Preparing and using cellulose granules as biodegradable and long-lasting carriers for artificial fertilizers // *Journal of Ecological Engineering*, Volume 19, Issue 4, 2018, Pages 111-122.

2 Boyandin, A.N., Kazantseva, E.A., Varygina, D.E., Volova, T.G. Constructing slow-release formulations of ammonium nitrate fertilizer based on degradable poly(3-hydroxybutyrate) // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volume 65, Issue 32, 16 August 2017, Pages 6745-6752.

3 Chen, L., Xie, Z., Zhuang, X., Chen, X., Jing, X. Controlled release of urea encapsulated by starch-g-poly(l-lactide) // *Carbohydrate Polymers*, Volume 72, Issue 2, 5 May 2008, Pages 342-348.

УДК 665.939.5

Валеева А.Р. ассист.; Башкиров В.Н., проф., д-р техн. наук;  
Бикбулатова Г.М., доц., канд. техн. наук (ФГБОУ ВО КНИТУ. г. Казань)

## **ТЕРМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ МОДИФИКАЦИИ ФЕНОЛ - ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ**

С каждым годом вопрос переработки отходов деревообрабатывающего производства нарастает. Актуально на сегодняшний день подойти к решению этого вопроса комплексно. В основе изучения по представленному вопросу лежит не просто переработка отходов, а в том числе получение в процессе переработки полезные продукты, которые можно было бы использовать в промышленности.

Таким эффективным и современным методом переработки отходов деревообрабатывающего производства, является технология быстрого пиролиза. Основным продуктом данной переработки являются жидкий продукт – пиролизная жидкость или бионефть, обладающая значительно большей энергетической плотностью по сравнению с исходной биомассой, и имеющая большой потенциал как сырье для получения полезных продуктов. [1]

В процессе исследования свойств и состава жидких продуктов пиролиза древесины выяснилось наличие в составе значительного количества фенольных групп, что и стало толчком к изучению вопроса использования пиролизной жидкости в качестве сырья для модификации фенол-формальдегидных смол (табл. 1).[2]

**Таблица 1 – Групповой состав жидких продуктов быстрого абляционного пиролиза древесины**

Группа соединений	Содержание, %
Альдегиды	9,8
Кетоны	16,4
Кислоты	8,2
Моносахариды	9,7
Полициклические углеводороды	0,1
Сложные эфиры	3,1
Спирты	1,3
Ароматические углеводороды	32,3
Фураны	0,5
Не идентифицировано	18,6

В процессе проведенной научной работы, была получена экспериментальная модифицированная смола. Предварительные испытания на определения физико-механических свойств полученной смолы по-

казали что смола после модификации не теряет своей способности к полимеризации и может использоваться в качестве сырья для производства плитных древесных материалов, таких как фанера и древесностружечная плита Разрабатываемая технология модификации фенолформальдегидных смол предполагает работу в схеме безотходного производства в рамках деревообрабатывающего предприятия. В процессе производства плитных материалов из древесины наиболее массово используется именно фенол - формальдегидная смола и образуется большое количество отходов. Задача разработки в том, что бы в процессе утилизации получить полезный продукт, для использования его в производстве заново в качестве сырья.

Российский лесопромышленный комплекс сегодня потребляет в год около 1,2 млн. т формальдегидосодержащих смол (в том числе - карбамидных, фенольных и меламиновых). Эта потребность пока обеспечивается имеющимися производственными мощностями ,предприятия выпускают годоколо 1,5 млн. т.смол. Прогнозируется, что к 2020 году потребность в этих смолах вырастет до 2,5 млн. т. и на рынке возможно образования дефицита на данные виды смол. Такая же ситуация прогнозируется на рынке относящихся только к фенолформальдегидным смолам. Из вышесказанного можно сделать вывод, что рассуждения о закате фенолформальдегидных смол преждевременны. Более того именно сейчас этот вопрос остро актуальный для лесопромышленного комплекса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грачев, А.Н. Применение процесса быстрого абляционного пиролиза древесных отходов для выработки жидкого биотоплива / А.Н. Грачев, А.А. Макаров, Ю.П. Семенов, А.Н. Николаев, Н.Ф. Кашапов // Вестник Московского государственного университета леса «Лесной Вестник». Москва. – 2009. №3 (66), - С.88-91

2. Г.М, Файзрахманова. Модификация битумных вяжущих жидкими продуктами быстрого абляционного пиролиза древесины. Казань: 2015. 225 с

С.И. Вольфсон, проф. д-р техн. наук;  
Г.Ф. Насыбуллина магистрант;  
Л.Ю. Закирова, доц., канд. техн. наук  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИТУМНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТАМИ**

настоящее время для изоляции строительных поверхностей и противокоррозионной защиты трубопроводов широко используются двухслойные изоляционные материалы, представляющие собой изоляционную ленту с нанесенным на нее адгезионным (клеевым) слоем. Данные ленты состоят из нескольких слоев и обладают рядом обязательных свойств: высокая механическая прочность, высокая гидрофобность, достаточная эластичность, широкий температурный интервал работоспособности. В качестве адгезионного слоя применяются битумные мастики, модифицированные различными полимерами [1, 2]. Ранее в работе [3] показана эффективность модификации битума термоэластопластами.

В данной работе разрабатывались полимер-битумные композиции для внутреннего слоя изоляционных лент. В качестве наружной ленты использовали полимерный рулонный кровельный материал КМТЭП производства ЗАО «КВАРТ». Проводили модификацию битума нефтяного БНД 90/130 ГОСТ 22245- 90 ТЭП-1, ТЭП-2, и ДСТ-30 в различных соотношениях. Смесевые термоэластопласты ТЭП-1 и ТЭП-2 представляют собой высокодисперсную механическую смесь СКЭПТ+СКИ+ПЭВД. Дивинил-стирольный термоэластопласт - ДСТ-30 Воронежского завода синтетического каучука - высокоэластичный продукт - блок-сополимер дивинила и стирола преимущественно линейного строения, где полистирольные блоки в молекуле являются концевыми ТУ 38- 103383- 92.

При модификации битум-полимерные композиции (БПК) испытывают действие повышенных температур и усилий сдвига, а в ходе эксплуатации- деформации при более низких температурах и напряжениях.

При введении в битум полимеров свойства композиций качественно изменяются и приобретают релаксационный характер, присущий только полимерам. Композиция с ТЭП-1 имеет самое большое значение напряжения сдвига. Добавка ТЭП-1 значительно увеличивает жесткость БПК за счет увеличения вязкости композиции, что гово-

рит о структурировании системы.

Спектры времен релаксации напряжения  $N(\ln t)$  БПК с ТЭП-1 и ТЭП-2 смещаются в область высоких времен релаксации, что говорит о замедлении релаксации напряжения. При растворении добавок загущается мальтеновая часть битума. Часть макромолекул полимера адсорбируется на поверхности асфальтенов, образуя большое число физических связей. Все это приводит к росту потенциальных барьеров релаксационных процессов и увеличению энергии активации в два раза по сравнению с чистым битумом для всех типов модификаторов.

Агломераты асфальтенов являются основными кинетическими единицами релаксации напряжения в битумах и битум-полимерных композициях. Суммарная скорость релаксации зависит от распределения полимера между мальтеновой фазой и поверхностью асфальтенов: адсорбция полимеров на асфальтенах приводит к уменьшению доли макромолекул в мальтенах.

Таким образом, изучены реологические и релаксационные свойства БПК; выявлены общие закономерности влияния ТЭП на релаксационные параметры системы, свидетельствующие о торможении релаксационных процессов при модификации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Шувалова Е.А., Бисембаев Р.С., Коморова Н.А. Эффективность применения СБС и АПП полимерных модификаторов в рулонных гидроизоляционных материалах/ Материалы XIV международной научно-практической конференции «Академическая наука - проблемы и достижения»// Издательство: CreateSpace. 2017. с. 52-55.

2 Калинина Н.К., Костромина Н.В.Осипчик В.С., Кравченко Т.П., Сербин С.А., Сакина А.И. Полимерные модификаторы для гидроизоляционных битумных материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2017. № 6. С. 20-23.

3 Вольфсон С.И. и др. Модификация битумов, как способ повышения их эксплуатационных свойств/ С.И. Вольфсон, Ю.Н. Хакимуллин, Л.Ю. Закирова, А.Д. Хусаинов, И.С. Вольфсон, Д.Б. Макаров, В.Г. Хозин // Вестник Казан. технолог. ун-та.- 2016.- Т. 19. - №17.- С. 29-33.

С.О. Кенжетаева, проф., канд. хим. наук;  
О.А. Сиволобова, доц., канд. хим. наук  
(КарГУ им. Е.А. Букетова, г. Караганда,  
Академия «Болашак», г. Караганда)

## ФЕНИЛПРОПАРГИЛОВЫЙ ЭФИР $\beta$ -НАФТОЛА В КАЧЕСТВЕ МЕЗОГЕНА

Ацетиленовые спирты и эфиры широко применяются в качестве ключевых полупродуктов в разнообразных органических синтезах, в частности, для получения биологически активных веществ и жидких кристаллов [1,2]. В связи с тем, что методы получения ацетиленилсодержащих жидких кристаллов достаточно трудоемки, диапазон синтезированных ацетиленилсодержащих жидких кристаллов был ограничен в основном представителями 4,4'-дизамещенных толанов [2], что заметно снижало возможности варьирования их физических характеристик. Поэтому разработка методов получения соединений, содержащих ацетиленовый фрагмент и обладающих жидкокристаллическими свойствами является актуальной задачей.

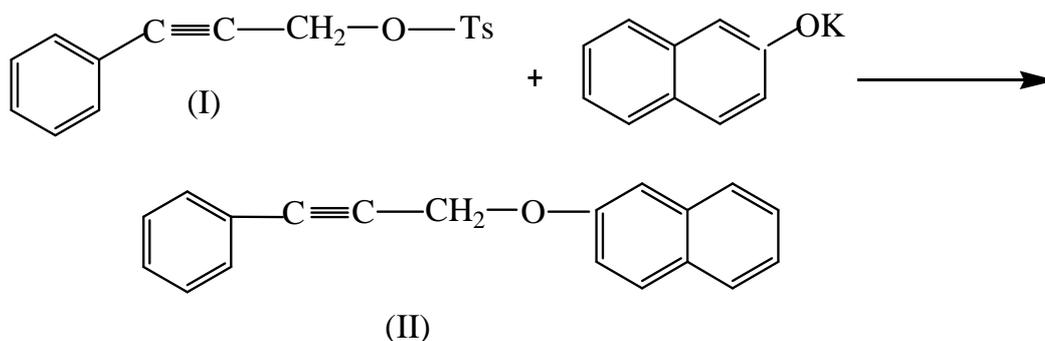
Дальнейшее развитие синтетической базы мезоморфных материалов предполагает использование как традиционных, так и нетрадиционных синтонов с различными заместителями. Интерес к подобным соединениям обусловлен способностью их к сильным специфическим взаимодействиям, изменяющим мезоморфные свойства, а также возможностью химической модификации активных мезогенов.

На основании литературных данных особым классом жидкокристаллических веществ с тройной связью являются арилпропаргилловые эфиры фенолов. Этот класс соединений отвечает требованиям, предъявляемым к мезогенам: молекулы анизомерны, достаточно жестки и имеют несколько диполей для бокового и концевого взаимодействия между молекулами. Они отличаются от толанов наличием оксиметиленового звена, что обуславливает появление двух новых степеней свободы в мостиковом фрагменте.

Ранее, нами был разработан способ получения арилпропаргилловых эфиров фенолов на основе фенилпропаргилтозилатов и были синтезированы соединения с различными заместителями в бензольном кольце [3]. Исследование их мезогенных свойств показало, что жидкие кристаллы, содержащие в качестве мостикового фрагмента тройную связь, отличаются термостабильностью и малой вязкостью. Было также установлено, что в ряду полученных соединений *n*-производные подчиняются классическим зависимостям для жидкок-

ристаллических соединений: при наличии в *n*-положении полярных заместителей происходит увеличение термостабильности мезофазы.

С целью поиска новых представителей ацетиленилсодержащих соединений, нами взаимодействием фенилпропаргилтозилата (I) с  $\beta$ -нафтолятом калия был синтезирован фенилпропаргилловый эфир  $\beta$ -нафтола:



Реакцию осуществляли при кипячении исходных веществ в среде метилэтилкетона. Строение синтезированного соединения было доказано с помощью ИК- и ЯМР  $H^1$  спектров. Контроль за ходом реакций и чистотой полученных соединений осуществлялся методом тонкослойной хроматографии на пластинах Silufol.

Электрооптические исследования показали, что интервал термостабильности мезофазы для данного вещества составляет 100-112<sup>0</sup>С, а диэлектрическая анизотропия ( $\Delta\epsilon$ ) равна -0,26.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мулдахметов З.М., Агельменев М.Е., Бажиков К.Т., Щелкунов С.А. / Ж. прикл. спектр. 1992. Т. 56. Вып. 5-6. С. 729.
2. Гребенкин М.Ф., Иващенко А.В. Жидкокристаллические материалы. М.: Химия, 1989. – 289с.
3. Щелкунов С.А., Абуляисова Л.К., Матаева С.О., Сиволобова О.А., Мулдахметов З.М. / ЖОХ. 2001. Т. 71. Вып. 7. С. 1197.

## ПРОЦЕС КОНВЕРСИИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ В БИОЭТАНОЛ

Для производства биоэтанола предназначенного для добавления в бензин или потребления в чистом виде, традиционно применяют следующие виды сырья: Бразилия – сахарный тростник, США – кукуруза, Европа – злаковые[1]. Производство этанола из сахаро- и крахмалосодержащего сырья весьма простое в технологическом отношении производство. Однако потребление пищевых ресурсов для получения энергоносителей в будущем представляется недопустимым. В связи, с чем возникла задача перехода к биоэтанолау второго поколения. В производство которого вовлекается сырьё непищевого назначения. В России сырьём могут стать древесина и отходы её переработки в частности отходы целлюлозно-бумажной промышленности [2].

При варке на каждую тонну полученной целлюлозы приходится 6,5-8 м<sup>3</sup> сульфитного щелока. Щелок, отделяемый после варки, содержит 90-100 кг/м<sup>3</sup> органических веществ. Из них около половины составляют лигносульфоновые кислоты, 25-35% редуцирующие вещества, т.е. сумма сахаров и других веществ, имеющих карбонильную группу. В составе редуцирующих веществ примерно 80-85 % различных сахаров, образовавшихся при варке вследствие гидролиза гемицеллюлоз и части целлюлозы. Активная кислотность щелока составляет (рН) 3,0-4,0. В отработанном щелоке еще содержится растворенный сернистый ангидрид, а так же соли сернистой кислоты (моносульфит и бисульфит), небольшое количество уксусной кислоты, фурфурола и других соединений. Поэтому сначала его подготавливают к биохимической переработке (удаляют SO<sub>2</sub>, фурфурол и другие летучие соединения), продувая его острым паром и затем охлаждают до 35-37<sup>0</sup>С. Удаление летучих веществ из щелока, в первую очередь свободной SO<sub>2</sub> является важной операцией, так как SO<sub>2</sub> ингибирует рост дрожжей и снижает их выход. При необходимости нейтрализации щелока используется известковое молоко. И после для обеспечения нормального развития дрожжей в щелок добавляют дополнительные питательные вещества – азот, фосфор, калий. Азот вводят в виде сульфата аммония или аммиачной воды, которая одновременно является регулятором рН в бродильном аппарате; фосфор – в виде суперфосфата; калий – в виде хлорида калия. Таким образом, в подготов-

ленный щелок вводят спиртообразующие дрожжи, которые с помощью выделяемого ими фермента зимазы расщепляют гексозные сахара до этилового спирта и двуокиси углерода. Спиртовое брожение осуществляют в бродильном аппарате при 32-35<sup>0</sup>С. В процессе спиртового брожения образуется два основных продукта метаболизма – этанол, выделяемый из дрожжевых клеток в культуральную жидкость и диоксид углерода.

Затем на сепараторе от сброженной жидкости действием центробежных сил отделяют дрожжевую суспензию, которую возвращают в бродильный аппарат. Оставшуюся жидкость, содержащую 1-1,3 % этилового спирта и в качестве примеси небольшое количество метилового спирта, альдегидов, эфиров направляют в бражную колонну, где из нее отгоняют острым паром спиртовую фракцию. Конденсат, выводимый из конденсатора бражной колонны и содержащий около 20 % этилового спирта, ректифицируют в колонне для отделения некоторого количества примесей. Полученный продукт повторно ректифицируют в спиртовой колонне для доведения массовой доли этилового спирта до 95-96%. Выделившаяся двуокись углерода отводится в газгольдеры. Выход товарного этилового спирта составляет около 90 л на 1 т выработанной целлюлозы нормального выхода [3,4].

Введение этанола в бензин обеспечивает повышение октанового числа топлива. Что позволяет отказаться от введения в бензин тетраэтилсвинца. Каждые 3% этанола в смеси обеспечивают повышение октанового числа топлива на 1 единицу. Этанол повышает детонационную стойкость топлива, так как температура самовоспламенения бензина 290<sup>0</sup>С, смеси с этанолом 425<sup>0</sup>С. При использовании смеси этанола с бензином гораздо ниже токсичность выхлопных газов и расход горючего и выше пробег автомашин по сравнению с бензиновым топливом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. – Ч.1. – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 348 с.
2. Васильев Ю.С. [и др.]. Развитие энергетического сектора и биоэнергетики на северо-западе России // Проблемы энергетики. – 2008. – № 1-2. – С. 74-86.
3. Авербух, А.Я., «Что делает химия из древесины». /А.Я. Авербух, К.К. Богушевская. – М: Лесная промышленность, 1970. –167 с.
4. Ковернинский, И.Н. «Основы технологии химической переработки древесины». /И.Н. Ковернинский. – М: Лесная промышленность, 1984.-184 с.

УДК 678.7-139-9: 678.742.3:678.762.2-134.622.2:622.361.16

А.В. Лысянский, магистр; Е.В. Белова, магистр;  
Н.Ю. Кочнев, магистр; А.И. Нигматуллина, доц., канд. техн. наук;  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ», РФ, г. Казань)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ С ПОЛИМЕРАМИ В ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

В настоящее время в мире наблюдается повышенный интерес к древесно-полимерным композиционным материалам, в состав которых в качестве матрицы или связующих входят термо- или реактопласты, и древесная мука. Древесная мука является одним из доступных наполнителей в полимерах. С целью определения путей улучшения физико-механических свойств композитов необходимо было оценить степень совместимости наполнителя со связующими веществами.

Процесс смешения древесной муки и полимера заключается в смачивании частиц древесной муки и равномерном их распределении в связующем. Главную роль в диспергировании играет адсорбция связующего на поверхности диспергируемого вещества. Процесс адсорбции осуществляется за счет взаимодействия поверхности частиц древесной муки с полимером. Взаимодействие и прочность связи определяются различием энергий взаимодействия поверхности частиц древесной муки–полимер. Поверхность частиц древесной муки характеризуется определенной степенью гидрофильности. Гидрофильность поверхности частиц древесной муки связана с наличием гидроксильных групп. Древесная мука хорошо смачивается полярными полимерами. Поверхность частиц древесной муки и взаимодействие её с полимером можно охарактеризовать на основании концепции трехмерного параметра растворимости. В идеальном случае параметры растворимости древесной муки должны быть близки к параметру растворимости полимера.

На основании проведенных экспериментов были определены трехмерные параметры растворимости древесной муки. Расчетным путем установлена полярность древесной муки и полимерных связующих. Проведена оценка термодинамической совместимости различных полимеров с древесной мукой. Установлено, что смолы имеют самые близкие значения полярности к древесной муке и следовательно наиболее совместимы ней.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ**

Республика Узбекистан обладает мощной базой углеводородного сырья. В пределах республики установлено 5 (Устюртский, Бухаро-Хивинский, Юго-Западно-Гиссарский, Сурхандарьинский и Ферганский) нефтегазоносных регионов, суммарной площадью перспективных земель 208,9 тыс. кв. км.

Эти регионы принципиально отличаются друг от друга по геологическому строению, по плотности размещения открытых месторождений и их типам, по глубинам залегания залежей углеводородов, по перспективам открытия в их пределах новых месторождений, по объемам прогнозных и перспективных ресурсов и т. д.

Продуктивные комплексы в нефтегазоносных регионах приурочены к породам от палеозойского до неогенового возрастов в различных сочетаниях.

В этих регионах по состоянию на 01.01.2018 г. открыто более 250 месторождений нефти и газа. Количество извлекаемых разведанных запасов углеводородов промышленных категорий составляет 2516,6 млн. т. у. т преимущественно газообразных углеводородов.

Разведанные на настоящее время запасы углеводородов обеспечивают республику добычей газа на 32 года, нефти и конденсата – на 33 года.

Для поддержания достигнутого уровня добычи углеводородов в более длительной перспективе в республике необходимо ежегодно приращивать запасы в объеме, превышающем в 1,1-1,5 раза добычу. Предпосылки для этого имеются, поскольку Республика Узбекистан располагает предварительно оцененными запасами газа категории  $C_2$  в количестве 538,3 млн. т. у. т, перспективными извлекаемыми ресурсами газа ( $C_3$ )-1624,0 млн. т. у. т, прогнозными извлекаемыми ресурсами газа ( $D_1 + D_2$ )-7731,9 млн. т. у. т. [1].

Основной прирост запасов и, соответственно, их добыча приходится на Бухаро-Хивинскую нефтегазоносную область. Считается, что имеются основания и далее проводить на этой территории геологоразведочные работы, поскольку они еще долгие годы будут здесь успешными. Тем не менее, этот регион уже находится в стадии, когда снижение темпа прироста запасов углеводородов приобретает устойчи-

вый характер и влияет на снижение их добычи [2]. Такое положение не способствует решению задачи увеличения добычи нефти, газа и конденсата в целях достижения энергетической независимости республики, предусмотренной стратегией развития нефтяной и газовой промышленности [3].

Выходом из создавшегося положения является наличие достойной альтернативы Бухаро-Хивинскому региону. Таким фактором может служить освоение скоплений углеводородного сырья из нижезалегающих комплексов пород, в первую очередь верхнего палеозоя. Это касается, главным образом, Устюртского, Бухаро-Хивинского и Ферганского регионов. Определенные перспективы также связываются с новыми малоизученными территориями Средне-Сырдарьинской депрессии, Хорезмского региона, в которых будут усилены геолого-разведочные работы.

В настоящее время в Республике Узбекистан успешно реализуются инвестиционные проекты по добыче нефти и газа, а также геолого-разведочные работы более 10 иностранными компаниями, среди них такие как Петронас (Малайзия), СНОС (КНР), Газпром и Лукойл (Россия), Петровьетнам (Вьетнам) и др.

В Республике выполняются ряд программ по развитию нефтегазовой отрасли, на основе которых достигнуты значительные результаты. В частности, в рамках реализации программы по увеличению добычи углеводородного сырья, объемы буровых работ в разведочном и эксплуатационном бурении скважин выросли в два раза, что обеспечило открытие новых нефтяных и газовых месторождений. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан разработанной Президентом Ш.М.Мирзиевым определены задачи по сокращению энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкому внедрению в производство энергосберегающих инновационных технологий, повышению производительности труда в отраслях экономики, а также продолжение политики стимулирования производства для поднятия на новый уровень развития нефтегазовой промышленности и повышения эффективности разработки месторождений углеводородов.

Решение задач поставленных перед нефтегазовой отраслью невозможно без подготовки кадров отвечающих современным требованиям. В настоящее время кадры для нефтегазовой отрасли Республики по направлениям геофизика, геология нефти и газа, разработки нефтяных и газовых месторождений и переработки углеводородов готовятся в Ташкентском государственном техническом университете имени И.А.Каримова, Каршинском

инженерно-экономическом институте, Ташкентском химико-технологическом институте, Бухарском инженерно-технологическом институте и Ташкентском филиале Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина.

Естественно, эти высшие учебные заведения различаются по оснащенности материально-техническими ресурсами, экспериментальной базой и квалификацией преподавательского состава. В связи с этим осуществляются работы по подготовке и переподготовке преподавательского состава на научных и учебных центрах республики и ведущих зарубежных стран, а также по улучшению экспериментальной базы и обеспечением материально-техническими ресурсами.

В процессе обучения студенты проходят квалификационную практику на ведущих нефтегазодобывающих и перерабатывающих предприятиях Республики, таких как ООО “Мубарекнефтегаз”, ООО “Шуртаннефтегаз”, ООО “Устюртгаз”, АО “Джаркурганнефть”, “Андижаннефть”, АО “Узтрансгаз”, ООО “Мубарекский газоперерабатывающий завод”, ООО “Бухарский нефтеперерабатывающий завод”, ООО “Ферганский нефтеперерабатывающий завод”, ООО “Шуртанский газохимический комплекс”, СП ООО “Uz-KorGazChemikal” и др.

Для подготовки высококвалифицированных кадров в национальном государственном университете имени Мирзо Улугбека, институте геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений (“ИГРНИГМ”) и Ташкентском химико-технологическом институте функционируют специализированные советы по защите докторских диссертаций (PhD и DSc) по специальностям геология и разведка нефтяных и газовых месторождений, разработка нефтяных и газовых месторождений, строительство нефтяных и газовых скважин, переработка нефти и газа и др.

За последние годы в стране принимаются широкомасштабные меры по созданию системы высшего образования, соответствующей приоритетным направлениям социально-экономического развития и требованиям международных стандартов. В целях повышения качества образования в высших образовательных учреждениях, обеспечению активного участия данных учреждений в осуществляемых в республике широкомасштабных реформах, преобразованиях в социальной и экономической сферах вышло ряд постановлений Президента Республики Узбекистан Ш.М.Мирзияева и Кабинета Министров Республики Узбекистан. В их числе «О мерах по дальнейшему развитию системы высшего образования №ПП-2909 от 20 апреля 2017 года», «О дополнительных мерах по повышению качества образования в выс-

ших образовательных учреждениях и обеспечению их активного участия в осуществляемых в стране широкомасштабных реформах» № ПП-3775 от 5 июня 2018 г., «О мерах по дальнейшему расширению участия отраслей и сфер экономики в повышении качества подготовки специалистов с высшим образованием» № ПП-3151 от 27 июля 2017 г., « О создании молодежного центра инноваций при Министерстве инновационного развития Республики Узбекистан» № 832 от 17 октября 2018 г. и др.

Для улучшения качества подготовки кадров проводятся мероприятия по более широкому использованию опыта и знаний ведущих специалистов отрасли. Опыт организации циклического обучения магистров в учебных классах ООО «Мубарекнефтегаз» показал широкие возможности привлечения ведущих специалистов отрасли в учебный процесс без отрыва от основной деятельности.

Также не до конца исчерпаны возможности сотрудничества с ведущими вузами для обогащения подготавливаемых кадров новыми знаниями и технологиями путем непосредственного контакта студентами из зарубежных стран.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллаев Г.С., Богданов А.Н. Проблемные вопросы отечественной геологоразведки на нефть и газ // Узбекский журнал нефти и газа. – 2013. – №2. – С. 3–5.

2. Абдуллаев Г.С. Надежная сырьевая база углеводородов – основа для привлечения иностранных инвестиций в нефтегазовую отрасль Республики Узбекистан // Узбекский журнал нефти и газа 2013. – №4. – С.10–16.

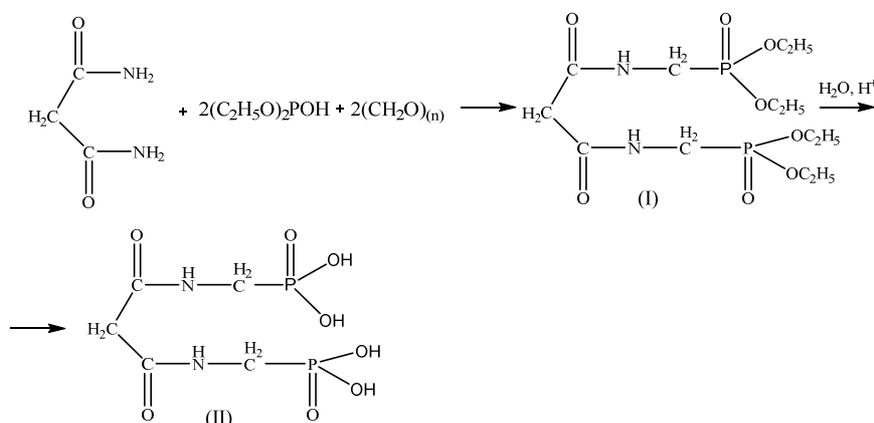
3. Файзуллаев Ш.Н. Нефть и газ Узбекистана: новые горизонты «Узбекнефтегаза»// газета «Народное слово» от 18.05.2004.

4. Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017–2021 годах // Сборник законодательных документов Республики Узбекистан, 2017. – № 6.

Л.К. Салькеева, проф., д-р. хим. наук;  
 Е.В. Минаева, доц., канд. хим. наук;  
 Е.К. Тайшибекова, ст. преп., д-р PhD;  
 Л.М. Сугралина, проф., канд. хим. наук;  
 А.В. Омашева, доц., канд. хим. наук;  
 И.П. Хан, магистрант; С.К. Топаева, магистрант  
 (КарГУ им. Е.А. Букетова, г. Караганда)

## АНТИПИРЕНЫ НА ОСНОВЕ ФОСФОРИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ МАЛОНОВОГО ЭФИРА

С целью синтеза новых антипиренов и оценки их огнезащитной эффективности диамидмалонового эфира был введен в классическую реакцию Кабачника–Филдса, которая широко используется в препаративной органической химии фосфора для получения самых разнообразных соединений [1, 2]. Реакция проводилась при эквимольном смешении диамидмалонового эфира, диалкилфосфита и параформа в среде сухого бензола и длительном нагревании реакционной смеси при постоянном контроле методом ТСХ. В результате был выделен целевой продукт (I) с т.пл. 228°C и высоким выходом. Установлена высокая селективность и однозначность протекания реакции.



В продолжение исследований нами проведен кислотный гидролиз дифосфонатного производного (I) и получена соответствующая диамидодифосфоновая кислота (II), которая также потенциально обладает антипиреновыми свойствами, так как фосфоновые кислоты широко используются в качестве веществ снижающих горючесть [3]. Реакцию проводили нагреванием в ампуле дифосфоната (I) с концентрированной соляной кислотой в соотношении 1:1 в течение суток при температуре 150-160°C. В результате реакции выделили целевой

продукт (II) с т. пл. 305°C, который был испытан на антипиреновые свойства.

Оценка огневой эффективности производится согласно ГОСТ Р 50810-95 [4]. Для проводимых огневых испытаний были подготовлены образцы хлопковой ткани размером 220x170 мм. Образцы ткани были обработаны раствором производного (II) с концентрацией 2,5% и 10%, соответственно. Сушка обработанных образцов производится при температуре (20±2)°C и относительной влажности воздуха (65±2)% в течение суток. Огневые испытания проводились для пяти образцов для каждого из типов определений. Усредненные данные огневых испытаний представлены в таблице 1. После огневой обработки образцы ткани, не пропитанные исследуемыми растворами, сгорали до кромки.

**Таблица 1 – Результаты огневых испытаний**

Ткань	При- вес, вес %	Время ос- таточного горения, с	Остаточ- ное тле- ние, с	Длина обуглен- ного уча- стка, мм
Контрольный образец	-	26,8±0,3	75,9±0,2	>22
Образец, пропитанный 2,5%-ным раствором диамидодифосфонатного производного (II)	5	9,5±0,7	0	4,2±0,3
Образец, пропитанный 10%-ным раствором диамидодифосфонатного производного (II)	19	4,0±0,1	0	3,5±0,1

Согласно результатам проведенных огневых испытаний соединение (II) относится к классу трудновоспламеняющихся веществ, но является наиболее эффективным в виде пропиточного раствора с концентрацией 10%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кабачник М.И., Медведь Т.Я. // Доклады Академии наук СССР. – 1952. – Т. 84, № 5. – С. 689-695.
2. Кабачник М.И., Медведь Т.Я. // Изв. АН СССР, ОХН. – 1954, № 5. – С. 1024-1027.
3. Г.П. Гладышев, Ю.А. Ершов, О.А. Шустова Стабилизация термостойких полимеров. – М.: Химия, 1979. – 271 с.
4. ГОСТ Р 50810-95//Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные метод испытания на воспламеняемость и классификация.

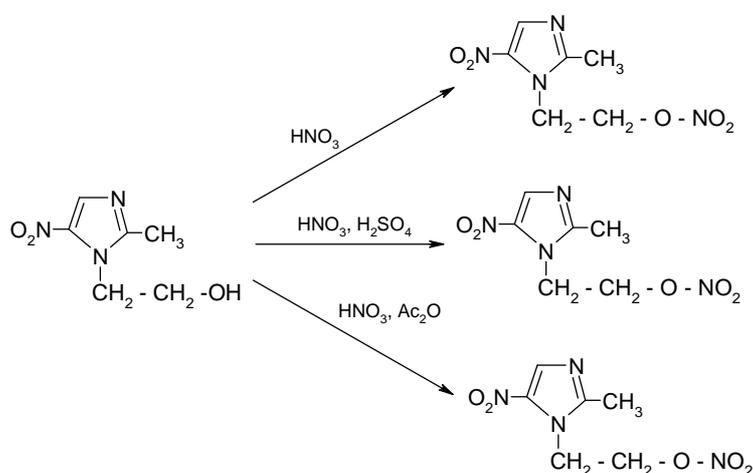
О.А. Нагорнова, асп.; Л.Ф. Нуруллина, асп.;  
З.Г. Ахтямова, доц., канд. хим. наук;  
Р.З. Гильманов, проф., д-р хим. наук (КНИТУ, г. Казань)

## СИНТЕЗ НОВЫХ НИТРОПРОИЗВОДНЫХ ИМИДАЗОЛА

Химики, занимающиеся поиском новых лекарственных веществ, скептически относились к наличию нитрогруппы в потенциальных лекарственных средствах. В 1948 году было обнаружено, что антибактериальный хлорамфеникол имеет нитрофенильную связь. С тех пор были найдены и использованы другие нитрогетероциклы.

С целью поиска новых биологически активных производных нитроимидазолов на основе метронидазола на кафедре ХТОСА КНИТУ нами синтезирован N-нитрооксиэтил-2-метил-5-нитроимидазол.

Синтеза данной структуры добивались путем нитрования боковой цепи N-оксиэтил-2-метил-5-нитроимидазола в одну стадию. Для проявления оптимальных условий, в качестве нитрующих агентов использовали азотную кислоту, серно-азотную кислотную смесь и азотную кислоту в среде уксусного ангидрида. Реакции протекали по следующим схемам:



Продукт хорошо выпадает при нейтрализации реакционной массы с аммиачной водой. Получаем продукт белого цвета с зеленоватым оттенком, с температурой плавления 60–62 °С, хорошо растворимых в ацетоне, спиртах, умеренно в воде. Наибольший выход наблюдается при нитровании метронидазола с серно-азотной кислотой смесью.

Первые исследования на бактериостатическую активность показали, что нами полученный продукт проявляет активность в концентрации 0,0625 %.

Н. А. Охотина, проф., канд. техн. наук;  
О. А. Панфилова, доц., канд. техн. наук;  
А. В. Сиразетдинов, магистрант;  
А. Н. Ибатуллин, магистрант;  
Г. Г. Шайхутдинова, бакалавр (ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЗАМЕНЫ ОЛЕФИНОВОЙ ФАЗЫ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ВУЛКАНИЗАТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И КОМБИНАЦИИ КАУЧУКОВ РАЗНОЙ ПОЛЯРНОСТИ**

Одной из наиболее важных задач современной полимерной химии является максимально возможное повторное использование, как отходов переработки, так и использованных изделий, в первую очередь из термопластичных материалов. Частичная или полная замена на вторичное сырье решает ряд важных экологических проблем и влияет на экономичность производств.

В настоящей работе исследована возможность использования вторичного сырья для замены полипропилена в составе термопластичных вулканизатов (ТПВ) на основе тройной смеси полипропилена, изопренового и бутадиен-нитрильного каучуков.

Термопластичными вулканизатами называют термоэластопластичные материалы, получаемые высокоскоростным и высокотемпературным смешением каучуков с полиолефинами в присутствии компонентов, способствующих вулканизации эластомерной фазы, и сочетающих свойства эластомеров (эластичность, прочность) и термопластов (формуемость, способность к многократной вторичной переработке) [1, 2].

В качестве термопластичного вторичного сырья для замены олефиновой фазы использовали измельченную тару (пластиковые ящики для транспортировки овощей и фруктов). При исследовании состава крошки методом дифференциальной сканирующей калориметрии установлено, что материал является смесью полипропилена и полиэтилена низкого давления.

Термопластичные вулканизаты изготавливались в смесительной камере пластикордера Брабендер в две стадии при соотношении компонентов ПП:СКИ: БНКС = 30:60:10 [3, 4]. Для дополнительной гомогенизации и получения образцов для испытаний композиты обрабатывались в экструзионной приставке со щелевой головкой.

При изготовлении термопластичного вулканизата на второй стадии заменялось от 30 до 100 % полипропилена на измельченное

вторичное сырье. Полученные композиты хорошо экструдировались. Результаты физико-механических испытаний образцов показали, что при замене на вторичное сырье до 50 % полипропилена уровень деформационно-прочностных свойств композитов изменяется незначительно, а при полной замене полипропилена прочность образцов при растяжении снижается на 20 %. Наличие полиэтилена в составе вторичного материала проявляется также в понижении твердости и показателей остаточного удлинения.

Поскольку полиэтилен имеет более низкую температуру плавления по сравнению с полипропиленом, была исследована устойчивость ТПВ к воздействию повышенных температур. Для этого образцы композитов термостатировались при 100 и 120 °С в течение 72 ч и затем определялась степень изменения деформационно-прочностных свойств.

Полученные результаты показали, что экспозиция при 100 °С практически не влияет на свойства композитов, полученных даже при полной замене полипропилена на измельченную крошку. Термостатирование при 120 °С оказывает большее влияние на свойства ТПВ: прочностные показатели снижаются практически пропорционально содержанию вторичного сырья за счет увеличения доли полиэтилена с низкой температурой плавления. Это означает, что использование вторичного сырья при получении термопластичных вулканизатов может оказаться перспективным после проведения дополнительных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С.И. Вольфсон. Динамически вулканизированные термоэластопласты: получение, переработка, свойства. Наука, Москва. 2004. 170 с.
2. Д. Холден, Х. Р. Крихельдорф, Р. П. Куирк. Термоэластопласты. ЦОП «Профессия». СПб. 2011. 720 с.
3. Динамически вулканизированные термоэластопласты на основе смеси каучуков разной полярности и полипропилена / С. И. Вольфсон [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. Т. 18, № 14. – С. 90-92.
4. Способы получения термопластичных вулканизатов на основе смеси каучуков и полипропилена / С. И. Вольфсон [и др.] // Вестн. Казанского технологического университета. – 2015. Т. 18, № 14. – С. 96-98.

З.Т. Валишина, проф., д-р хим. наук;  
А.В. Косточко, зав. каф., д-р техн. наук;  
В.А. Петров, проф., д-р техн. наук (ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань)

## **ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗА ИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ**

Особо острой проблемой в настоящее время в России является отсутствие качественного целлюлозного сырья. Основным сырьем для производства нитроцеллюлозных композиций различного назначения являются хлопковая целлюлоза ГОСТ 595-79 (ХЦ), древесная сульфитная целлюлоза марок ЦА и РБ, древесная сульфатная целлюлоза марок ЦА и РБ и древесная целлюлоза в форме «папка».

Древесная целлюлоза марки ЦА и РБ в настоящее время в России не производятся, хлопковая целлюлоза поступает с нестабильными физико-химическими свойствами из стран ближнего зарубежья.

В качестве альтернативы хлопку предлагаются отечественные источники сырья из однолетних растений (лен, пенька). Пенька – это волокно, получаемое из стеблей технической конопли, не содержащей наркотических веществ. Возделываемый вид конопли – *Cannabissativa*, принадлежащий к семейству крапивных – травянистое однолетнее двудомное растение.

Преимущества переработки этого вида растения, в сравнении другими видами целлюлозосодержащего сырья, заключается в том, что содержание целлюлозы в конопле в значительно больше, чем в древесине. Она не требовательна к агротехнике, как лен и хлопок, а по качеству волокна конопля не хуже льна. В сравнении с воспроизводством древесины (50 лет), сырье из пеньки можно получить за 4 месяца.

Целью работы является разработка эффективной технологии изготовления качественной целлюлозы из пенькового волокна и льняной целлюлозы. В соответствии с указанной целью в работе решались следующие задачи: анализ структуры и свойств пеньковой целлюлозы из волокна с содержанием лигнина 5,6% в сравнении с хлопковой и льняной целлюлозой (табл. 1); особенности процесса получения пеньковой целлюлозы методом низкотемпературной каталитической делигнификации [1], модифицированной целлюлозы методом химической модификации [2] из высоковязкой льняной целлюлозы, которая характеризуется относительно высоким значением альфа-целлюлозы, но отличается высоким содержанием остаточного лигнина - 1,3%, зола - 0,7%, смол и жиров - 1,6% (табл. 1).

**Таблица 1 – Структура и свойства изученных видов целлюлоз из пеньки и льняной высоковязкой целлюлозы ООО «АПК Вологодчина»**

Вид целлюлозы № п/п	Содержание альфа-целлюлозы, %	СП <sub>ср</sub>	Содержание лигнина, %	Размеры кристаллитов по нормали к пл (002), Å <sup>0</sup>	Положение полос поглощения см <sup>-1</sup> $\nu_{o-h}$ max $\nu_{c-h}$
Пеньковая целлюлоза Образец № 1/П	96,4	550	0,1	49,6	3418 2917
Льняная целлюлоза Образец № 2/Л	96,8	1350	1,3	48,3	3419 2900
Модифицированная льняная Образец № 3/ЛМ	96,6	550	0,2	57,4	3422 2918
Хлопковая Целлюлоза м.35 Образец п.13Р/14	98,9	-	Отсутст.	59,6	3412 2900
Модифицированная хлопковая	99,1	450	Отсутст.	58,9	3417 2901

Свойства и структура низковязких видов целлюлозы из альтернативных источников сырья, полученных с использованием оригинальных технологических подходов и приемов, современных методов исследования (ИК-Фурье-спектроскопия, рентгеноструктурный анализ и др.) подтверждают, что они не уступают по качеству хлопковой целлюлозе. Результаты исследования позволяют оптимизировать процессы получения новых видов высококачественных нитратов целлюлозы и композиций на их основе с регулируемыми свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Валишина З.Т. Высококачественная целлюлоза из волокна пеньки и управление процессом ее получения / З.Т. Валишина, А.Е. Голубев, Н.Г. Ибрагимов, А.В. Косточко // Вестник КГТУ. – 2015. – № 24.-Т18 -С.77–81.
2. Модификация структуры и свойств целлюлозы. Монография / под общ.ред. А.В. Косточко – Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. – 172 с.

М.О. Пилин<sup>1,2</sup>, ассист.;  
Т.Н. Теряева<sup>1</sup>, проф., д-р техн. наук;  
З.Р. Исмагилов<sup>2</sup>, проф., д-р хим. наук  
(КузГТУ, г. Кемерово<sup>1</sup>, ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово<sup>2</sup>)

## ВЛИЯНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ НА СТРОЕНИЕ СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Сверхвысомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), обладающий молекулярной массой более 500 000 а.е.м., обладает уникальными свойствами, резко отличающимися его от других марок полиэтилена [1].

Целью данной работы явилось исследование влияния молекулярной массы (ММ) на строение сверхвысомолекулярного полиэтилена.

### Объекты и методы исследования

Объекты исследования – СВМПЭ с ММ 610000 а.е.м. и СВМПЭ с ММ 3 000000 а.е.м., представляющие собой порошкообразные материалы белого цвета, производитель — ООО «Томскнефтехим».

Микроскопическое исследование формы и размеров частиц, наличия пустот в образцах проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6390 LA с энергодисперсионным детектором рентгеновского излучения JED 2300.

### Экспериментальная часть.

Анализ полученных изображений показывает, что оба образца состоят из частиц округлой формы, объединённых в агломераты. Вид отдельных частиц (рис. 1, 2) указывает на глобулярную структуру полимера.

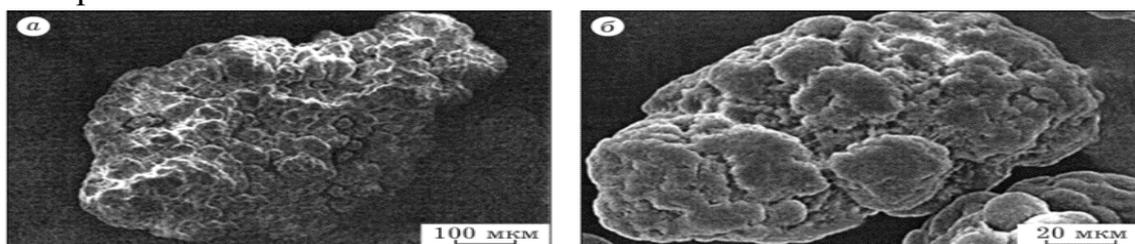
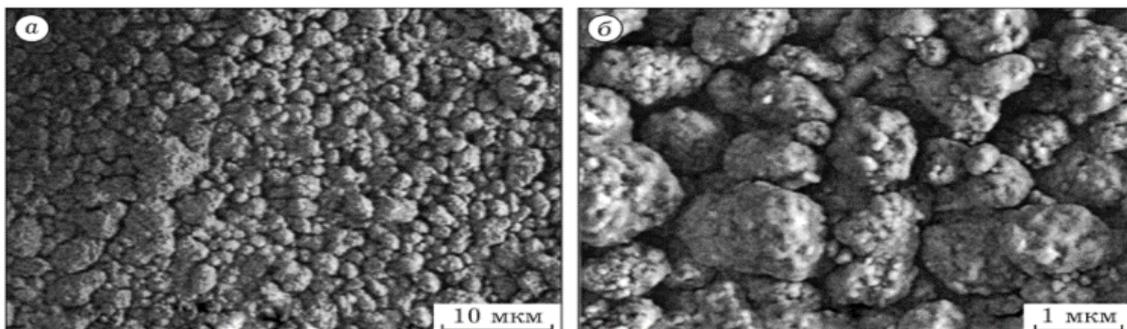
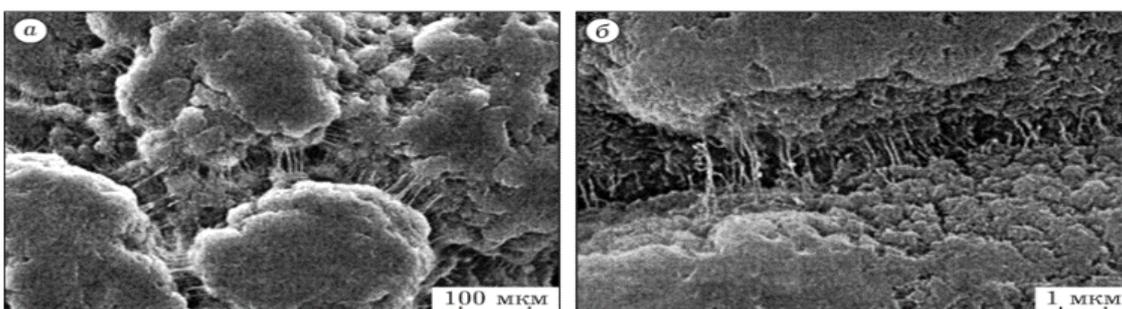


Рисунок 1 – Поверхность частиц СВМПЭ с ММ 3 000 000 а.е.м. с напылением золота при ув.130(а) и 750(б).

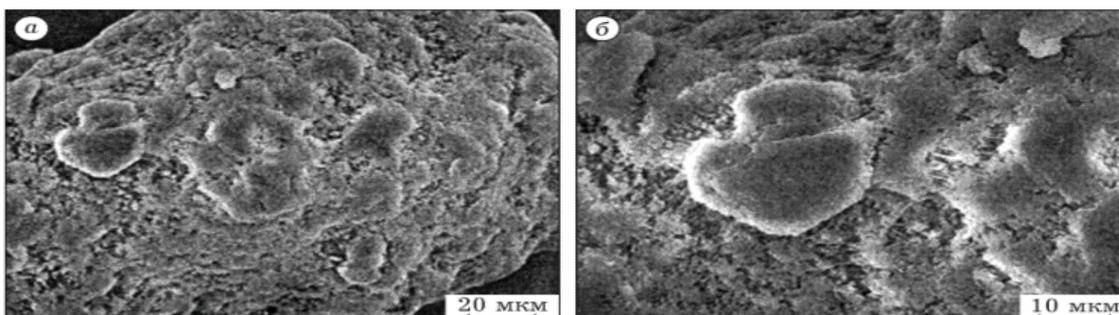
Анализ поверхности глобул СВМПЭ (рис. 3, 4) показывает наличие связи между частицами в виде «мостиков», т. е. частицы имеют пространственную структуру, причём наиболее выражено наличие пространственных связей для СВМПЭ ММ 3 000 000 а. е. м.



**Рисунок 2 – Микрофотографии частиц СВМПЭ с ММ 610000 а.е.м.  
а-общий вид; б-отдельные частицы**



**Рисунок 3 – Поверхность частиц СВМПЭ с ММ 3 000 000 а.е.м.  
при ув.1500 (а) и 10000 (б)**



**Рисунок 4 – Микрофотографии поверхности  
одиночных частиц СВМПЭ с ММ 610000 при ув.750 (а) и 1500(б)**

Сравнительный анализ полученных данных показал, что СВМПЭ с ММ 3 000 000 а.е.м. имеет частицы больших размеров, в которых глобулы связаны между собой химическими связями в большей степени чем СВМПЭ с ММ 610 000 а.е.м. Это объясняет увеличение ММ, отсутствие перехода в вязко-текучее состояние и необходимость разработки специальной технологии формования изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева И.Н., Веселовская Е.В., Наливайко Е.И. и др. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. – Л.: Химия, 1982. – 80 с.

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

В настоящее время получение энергетически выгодных полимерных материалов с нужными свойствами является актуальной задачей современной промышленности. Наибольший интерес исследователей вызывает направленное изменение свойств полимеров с помощью химической модификации. Так, модифицированные материалы обладают наиболее высокими показателями термомеханических характеристик, таких как ударная прочность при низких температурах и повышенная эластичность [2, 3].

Использование сополимера пропилена с этиленом является выгодными с экономической и энергетической точки зрения, поскольку данный сополимер удовлетворяет необходимыми для потребителей требований [1].

Цель данной работы заключалась в установлении оптимальных условий проведения сополимеризации пропилена с этиленом с помощью лабораторного моделирования.

Синтезопытных образцов проводили в лабораторном реакторе объемом 2,5 л в среде 1 л растворителя (гептана). На первой стадии было получено 150 - 350 г полипропилена (температура 70°C, давление в реакторе 4 атм.). Остаточное давление пропилена в реакторе досополимеризации составило 1,1 атм. Для роста толики эластомера и получения болееоднородного по составу сополимера, досополимеризации в реактор добавляли расчетное количество этилена. Стадию сополимеризации проводили в изотермическом режиме в отсутствие водорода.

Для установления стационарной концентрации этилена в ходесополимеризациипроводилихроматографическийанализ газовой фазы вторичного реактора. Полученные данные позволяют рассчитывать скорости сополимеризации по каждому мономеру.

Содержание этиленовых звеньев в сополимере пропилена с этиленом оценивали ИК-спектроскопическим методом (Фурьеспектрометре «Avatar 370»), молекулярно-массовые свойства образцов устанавливали при помощи гель-проникающей хроматографии «Waters-150C».

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии «NETZCH DSC 200 F3» были определены температура и энтальпия плавления (кристаллизации).

В ходе эксперимента установлено, что с уменьшением мольного соотношения Si/Ti наблюдается повышение сополимеризующей возмож-

ности катализатора (растет содержание этиленовых звеньев в сополимере и количестворастворимой фракции в гептане).

При понижении длительности стадии гомополимеризации с трех часов до двухкаталитическая активность увеличивается, о чем свидетельствует повышение массовой доли стат-сополимера пропилена и этилена (СПЭ) в составе блок-сополимера до 6,8 мас. % и большее содержание этиленовых звеньев в сополимере. При этом увеличивается и количество растворимой в нефрасе фракции блок-сополимера.

В результате эксперимента наблюдается зависимость каталитической активности от температуры. С увеличением температуры на стадии сополимеризации пропилена с этиленом прослеживается повышение сополимеризующей возможности титанмагниевого катализатора, что в последующем приводит к завышенному экстрагированию бесформенной фракции сополимера в нефрас. При этом растет экстракция этиленосодержащей составляющей сополимера – СПЭ гептановой фракцией. По данным ИК-спектроскопии содержание этиленовых звеньев в растворимой фракции сополимера возрастает с ростом температуры на стадии сополимеризации от 60 до 70 °С с 29,0 до 37,8 мас. %.

Температура плавления образцов близка к температуре плавления ПП (165 °С), в то же время значения степени кристалличности ниже по сопоставлению с гомополимером, для которого она составляет приблизительно 50.52 %.

Анализ массива экспериментальных данных позволил подобрать рациональные условия стадии гомо- и сополимеризации пропилена и этилена. Установлено, что для обеспечения требуемых черт блок-сополимера при использовании технологии с дозой консистенции мономеров достаточно 15% эластомерного компонента в сополимере (~6 масс. % этиленовых звеньев). При этом, оптимальная длительность стадии сополимеризации равна 1 ч.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юртаев О.Н. ОАО «Томский нефтехимический завод» /О.Н. Юртаев, В.В. Коврига Пластические массы. – 2002. – № 4. – С. 2–12.
2. Ледвис А., Шеррингтон Д. Реакционная способность мономеров и механизм реакции в катионной полимеризации. В кн. Реакционная способность, механизм реакции и структура в химии полимеров. /Редакторы А. Дженкинс и А. Ледвис. М.: Мир, 1977. – с. 276–349.
3. Сутягин В.М., Лопатинский В.П., Ротарь О.В., Лыкова Е.Т. //Высокомолекул. соед. – 1981. – т. 23 Б. – № I. – с. 16–19.

О.В. Стоянов, зав. кафедрой, проф.;  
Л.Р. Сафина магистрант; И.И. Бойко асп.;  
В.Ф. Шкодич доц.; Н.Е. Темникова доц.  
(ФГБОУ ВО КНИТУ, г. Казань)

## **СТРУКТУРИРОВАНИЕ РЕЗОЛЬНЫХ ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЕТОНАЦИОННЫМИ НАНОАЛМАЗАМИ**

В полимерной химии интенсивно ведутся работы, направленные на создание наноструктурированных полимерных композиций с углеродными наноматериалами в качестве структурирующих, «активных» объемных модификаторов для полимерных матриц [1]. Наиболее широкое распространение получили углеродные нанотрубки [2], детонационные наноалмазы, алмазная шихта [3] и фуллерены. Полимеры, содержащие наноалмазы (НА), зарекомендовали себя как обладающие высокими механическими, триботехническими и адсорбционными характеристиками [3]. Большинство работ посвящено именно структурированию углеродными наночастицами эпоксидных и уретановых олигомеров, тогда как феноло-формальдегидный олигомер (ФФО) может быть не менее интересен ввиду того, что он легко и эффективно поддается различного рода модификациям.

В данной работе наноалмазы подвергались непродолжительной высокоэнергетической механической обработке (ВЭМО) в планетарной шаровой мельнице АГО-2 с водяным охлаждением в среде аргона (центростремительное ускорение шаров 90g) с целью самопроизвольного диспергирования НА в феноло-формальдегидных олигомерах резольного типа и создания композитов с направленно сформированной топологической структурой и повышенными эксплуатационными характеристиками.

Равномерное распределение НА в полимерной матрице одна из наиболее важных задач для получения материалов с улучшенными характеристиками, поэтому были получены кривые полидисперсности по установлению седиментационно-устойчивого состояния в режиме реального времени без перемешивания. С увеличением времени ВЭМО размер частиц наноалмазов в спиртовом растворе связующего (концентрация ФФО 5% мас.) наблюдается узкое распределение частиц по размерам, а процесс распределения протекает более длительно (необработанные НА – 51 минута, обработанные НА в течение 5 минут – 117 минут, обработанные НА в течение 10 минут – 170 минут). Агрегативная устойчивость таких систем, содержащих обработанные

НА, увеличивается до 6 месяцев.

Для изучения структурирующей способности обработанных и необработанных НА использовали УФ-спектры поглощения растворов ФФО в спирте при концентрации 0,09 мг/мл, содержащие обработанные в течение 10 минут НА. Наблюдаемые изменения в спектрах поглощения свидетельствуют о слабых взаимодействиях в бензольном кольце т.к. длина максимума полосы смещается незначительно в длинноволновую область спектра. Наблюдаемое незначительное уменьшение электронной плотности в  $\pi$  электронной системе замещенного ароматического кольца возможно объяснить физической адсорбцией гидроксильных групп ФФО на поверхность наноалмазов. Также наблюдается неаддитивный характер изменения интенсивности оптической плотности максимума поглощения, соответствующего его  $\pi \rightarrow \pi^*$  взаимодействию в сопряженной системе замещенного бензольного кольца, а форма спектра и положение меняется незначительно.

Качественный анализ ИК-спектров позволяет сделать вывод об образовании Н-связей с участием  $\pi$ -электронов бензольного кольца. Введение обработанных НА оказывает незначительное смещение частот  $\equiv\text{C}-\text{OH}$  группы ( $\Delta\nu_s=9.96 \text{ см}^{-1}$ ). Полоса деформационного внеплоскостного колебания  $-\text{OH}$  группы смещается в область высоких частот. В области валентных колебаний  $=\text{C}=\text{C}=\text{C}$  в ароматическом кольце при  $1459 \text{ см}^{-1}$  происходит расщепление полосы в дублет.

На основании проведенных исследований можно предположить перспективность эффективного применения наноалмазов для создания полимерных наноструктурированных композиционных материалов. Подобные полимеры могут применяться как самостоятельные материалы или для пропитки в сэндвич-панелях, а также для изготовления материалов конструкционного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Dolmatov, VYu. *Russ. Chem. Rev.* 2007, 76(4), 339–360.
2. Sung Thae Kim, Hyoung Jin Choi, Soon Man Hong *Colloid. Polym. Sci.* 2007, 285, 593-598.
3. Ozerin A.N., Kurkin T.S., Alkhanishvili G.G., Kechekyan A.S., Gritsenko O.T., Perov N.S., Ozerina L.A., Beshenko M.A., Dolmatov V.Y. *Nanotechnologies in Russia.* 2009, 4(7-8), 480-488.

## **ПЕНООБРАЗУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПЕНОГАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ**

Эксплуатация рабочей жидкости в гидросистеме механизированной крепи часто сопровождается пенообразованием [1]. Это серьезная проблема, вызываемая наличием в растворе концентрата гидравлической жидкости поверхностно-активных веществ (ПАВ) [2] различного происхождения. Водные растворы ПАВ с легкостью образуют пену. Поэтому очень важно, при разработке химического состава концентрата, подобрать эффективное пеногасящее вещество [3], которое предотвращает образование нежелательной пены и гасит ее в случае возникновения.

В настоящее время существует огромный выбор пеногасителей [4]. Но наиболее популярными являются кремнийорганические (силиконовые) высокомолекулярные пеногасители [5], которые обладают необходимой устойчивостью и эффективностью при разных температурных режимах, инертностью, имеют низкое поверхностное натяжение, а также биоразлагаемы. Поэтому целесообразным является провести лабораторные испытания этих реагентов, обратить внимание на поведение этих веществ в растворе, а также способность гасить пену и препятствовать ее дальнейшему образованию.

В лабораторных условиях были испытаны два образца пеногасителей. Это полидиметилсилоксановая жидкость и жидкость на основе смеси органомодифицированного полидиметилсилоксана. Определение пенообразующих характеристик проводили согласно ГОСТ ИСО 6247–2013.

В ходе испытаний было установлено, два образца подавили пену довольно быстро. Но при повторной подачи воздуха, через некоторое время, пена снова появлялась только в образце раствором полидиметилсилоксана. Так происходит потому, что в состав органомодифицированного полидиметилсилоксана входят гидрофильные органические радикалы, которые улучшают их свойства. Органомодифицированные молекулы легко распространяются в водной среде пенообразователя, предотвращая образование обильной пены. При проникновении в раствор, они адсорбируются на межфазной границе ПАВ – вода, понижая межфазное натяжение.

В связи с тем, что гидравлическая жидкость в гидросистеме

применяется при повышенной температуре, соответственно пеногасители были испытаны и при высокой температуре. По мере увеличения температуры заметно уменьшается уровень столба пены и уменьшается время гашения пены. Так происходит из-за того, что при повышении температуры внутри выделяющихся пузырьков воздуха растет капиллярное давление, увеличивается вращение и движение макромолекул и, как следствие, растет растворимость ПАВ и уменьшается поверхностное натяжение, ослабляется прочность поверхностного слоя, образованного ПАВ.

В ходе проведенных испытаний, установлено, что органомодифицированные пеногасители наиболее эффективно гасят пену в смеси за более короткий срок, за счет свободного распространения в среде пенообразователя, растекания по поверхности пенообразователя и образования стабильного раствора. Увеличение температуры способствует уменьшению объема пены этой смеси и времени ее гашения, за счет растворимости ПАВ и уменьшения поверхностного натяжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Ч. I. – С.Пб.: АНО НПО «Мир и семья», АНО НПО «Профессионал», 2002. – 988 с.
2. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / под науч. ред. Л.П. Зайченко. – СПб.: Профессия, 2007. – 240 с.
3. Плетнев М.Ю. Поверхностно-активные вещества и композиции / М.Ю. Плетнев. – М.: ООО «Фирма Кламель», 2002. – 768 с.
4. Mortier R.M. Chemistry and Technology of Lubricants / Mortier R.M., Fox M.F., Orszulik S.T. (eds.). – 3rd ed. Springer. 2010. – p. 576.
5. Rudnick L.R. Lubricant Additives: Chemistry and Applications. – Second Edit. Chemical Industries. 2009. – p. 796.

М.М. Шамова, доц., канд. техн. наук  
(Томский сельскохозяйственный институт,  
филиал ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Россия, г. Томск)

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ПОЛИПРЕНОЛОВ ИЗ ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ.**

Создание продуктов питания и биологически активных добавок с использованием натуральных биологически активных веществ из местного растительного сырья, является одной из главных задач в современном питании. Особое внимание, в последнее время, отводится сырью из пород хвойных деревьев - полипренолам.

Полипренолы получают из древесной зелени хвойных деревьев ботанического семейства сосновых (сосна, ель, пихта и др.) путём СО<sub>2</sub>-экстракции свежего высушенного и измельченного сырья с последующей очисткой. Содержатся в хвое деревьев, как и других растениях, в виде ацетатов – природных смесей изопренолов. Содержание полипренолов в хвое составляет 0,5–1,5% от сухой массы.

В хвойных деревьях и организме человека ациклические терпеновые спирты содержат 10–20 изопреновых звеньев.

Попадая в организм через пищеварительный тракт растительные полипренолы метаболизируются в печени в долихолы, которые также относятся к группе полиизопренов и имеют структурное сходство с полипренолами.

Долихолы участвуют в долихолфосфатном цикле, который играет важную роль в синтезе гликопротеинов. Все белки из секретов, мембран и внутриклеточных гликопротеинов формируют основу для построения мембранных рецепторов, которые используются в производстве инсулина, адреналина, эстрогена, тестостерона и других гормонов и ферментов. Долихолы играют важную роль в поддержании правильного липидного состава мембран.

Отмечено, что возникновение многих патологических процессов связано с нарушением функции долихолфосфатного цикла и развитием дефицита долихоллов, что определяет актуальность разработки новых высокоэффективных форм специализированных продуктов с использованием полипренолов имеет научное и практическое значение.

Разработана технология биологически активных добавок в виде мягкой желатиновой капсулы.

Технологический процесс включает следующие основные ста-

дии: подготовка сырья, дозирование, измельчение – приготовление смеси для капсулирования – приготовление раствора желатина – капсулирование и досушивание – оценка внешнего вида полуфабрикатов – инспекционный контроль, фасовка и упаковка- хранение.

Проведены органолептические, физико-химические, санитарно-гигиенические и санитарно-токсикологические исследования в процессе производства и хранения, что позволило определить регламентируемые показатели качества, сроки и режимы реализации. Содержание в 1 капсуле полипренолов не менее 5 мг.

Разработана и утверждена техническая документация, получены СГР на продукцию продукт производится на предприятиях НПО «Артлайф», сертифицированных в рамках требований международных стандартов серии ISO 9000, 22000 и правил GMP, что гарантирует стабильность качества и безопасности производимой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Австриевских, А.Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А.Н. Австриевских, А.А. Вековцев, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 416с.

2. Технический регламент ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического, лечебного и диетического профилактического питания»: утв. решением Совета Евразийской экономической комиссии от 5 июня 2012г. №34. – 26 с.

3. Шамова М.М., Австриевских А.Н., Вековцев А.А. Регулируемые технологические параметры производства – как фактор формирования качества специализированной формы БАД // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса. 69 Международная научно-практическая конференция. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования. Рязанский государственный агротехнический университет им. П.А. Костычева. - Рязань, 2018. – С. 116

4. Walinska K. Comprasion of the influence of the polyprenol structure on model membranes Desalination, 163. – 2004. – pp. 239–245

А. А. Никифоров, доц., канд. техн. наук;  
А. С. Дойников, магистрант; З. М. Бадретдинов, магистрант;  
С. И. Вольфсон, проф., д-р техн. наук (КНИТУ, г. Казань)

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ  
НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА 1010, НАПОЛНЕННОГО  
ВОЛОКНАМИ ЗАРУБЕЖНОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Тенденция замещения конструкционными полимерными термопластичными материалами привычных конструкционных материалов наблюдается последние несколько десятилетий, и с каждым годом ассортимент таких материалов расширяется. Это затрагивает такие ответственные отрасли промышленности как: автомобилестроение, судостроение, строительство и самолётостроение. Как и в случае с классическими конструкционными материалами – чтобы отвечать всем необходимым требованиям, композиции термопластов должны обладать высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств.

Вместе с тем наблюдается рост внимания к охране окружающей среды со стороны общества. В соответствии с чем всё большее предпочтение отдаётся использованию возобновляемых ресурсов при получении исходного сырья для синтеза полимеров.

Полиамид 1010, являясь конструкционным материалом с высокими эксплуатационными характеристиками, также относится к биобазированным полимерам и синтезируется из мономеров, полностью полученных на основе растительного сырья. Несмотря на высокие физико-механические показатели ПА 1010, чтобы соответствовать жестким требованиям, предъявляемым промышленностью к используемым материалам, приходится прибегать к различного рода модификациям композиций на его основе. В связи с чем, в данной работе было оценено влияние армирующих наполнителей, таких как углеродные и стеклянные волокна российского и зарубежного производства на физико-механические показатели ПА 1010.

Смешение полиамида с наполнителями проводилось при температуре 190–230 °С в двушнековом экструдере с однонаправленным вращением шнеков ZE25A×60D UTXi (фирмы Krauss Maffei Berstorff). Для удаления адсорбированной полиамидом влаги гранулы перед экструзией и перед литьём под давлением просушивались в течение четырех часов при 80 °С осушенным воздухом на сушилке фирмы Koch

доуровня остаточной влажности менее 0.1 % мас. Лопатки для испытаний отливались на литевой машине Arburg All Drive 370 при 220 – 250 °С.

Получили композиции полиамида 1010 с содержанием углеродных и стеклянных волокон от 5 до 40 % мас. Сравнимые волокна были подобраны с одинаковым диаметром. А также проведённый анализ по распределению длин волокон показал, что в полученных композициях длина армирующих волокон сопоставима. У полученных композиций определяли модуль упругости при растяжении, предел прочности, а также относительное удлинение при разрыве, и ударную вязкость образцов с надрезом и без надреза в зависимости от содержания волокна в композиции.

По результатам испытаний на растяжение можно сделать вывод, что упруго-прочностные характеристики композиций, содержащих углеволокно российского производства, выше по сравнению со свойствами композиций с импортным углеволокном. Так, модуль упругости при растяжении практически при всех дозировках волокна выше на 19-20 %, а предел прочности выше на 22-28 %. Ударная вязкость по Шарпи значительно выше у композиций с углеволокном российского производства, например, для образцов с надрезом ударная вязкость выше на 37-40%, а у образцов без надреза выше на 50 % и более для композиции с углеволокном производства ООО «Алабуга-волокно» по сравнению с волокном фирмы «SGL group».

Результаты испытаний при растяжении композиций со стекловолокном, показали практически одинаковый уровень модуля упругости и предела прочности для композиций полиамида 1010 со стекловолокном двух разных производителей при всех дозировках. Испытания на ударную вязкость по Шарпи образцов с надрезом и без надреза показали также примерно одинаковый уровень свойств, с учетом погрешности измерений порядка 5 %, композиций как со стекловолокном производства фирмы «Lanxess GmbH», так и фирмы ООО «П-Д Татнефть-Алабуга Стекловолокно».

Показана возможность замены импортных углеродных и стеклянных волокнистых наполнителей на волокна отечественного производства без потери физико-механических свойств в случае стеклянных волокон и с увеличением упруго-прочностных свойств в среднем на 20 % для углеродных волокон.

З.М. Бадретдинов, магистрант;  
И.З. Файзуллин, доц., канд. техн. наук;  
А.З. Файзуллин, асп.; Т.В. Щербакова, магистрант;  
А.С. Дойников, магистрант (КНИТУ, г. Казань)

## **ВЛИЯНИЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА**

В настоящее время одной из актуальных проблем экологии мира является загрязнение окружающей среды бытовыми и промышленными отходами. Только в России ежегодно образуется около 7 млрд тонн мусора, некоторые из которых обладают такими нежелательными свойствами, как токсичность, мутагенность, канцерогенность, реакционная способность и пожароопасность. Более 15 % всех отходов имеют полимерную природу [1].

Проблема полимерных отходов, а в частности термопластов, в том, что утилизация их традиционными (сжигание, захоронение и т.д.) способами нецелесообразно как с экологической, так и с экономической точки зрения. Следовательно, наиболее перспективным решением данной проблемы является их вторичная переработка.

Создание композиционных материалов на основе экологически чистых продуктов, где в качестве связующего используются термопласты, является одним из перспективных и востребованных направлений химической технологии.

В связи с этим целью исследования явилось разработка древесно-полимерного композита (ДПК) на основе вторичного полипропилена и оценка его физико-механических и эксплуатационных свойств. В качестве полимерных связующих в композициях были выбраны промышленный термопласт полипропилен (ПП) марки Бален 01030 (ОАО «Уфаоргсинтез») и отходы производства товаров народного потребления ОЭЗ «Алабуга» из полипропилена. Основным наполнителем была древесная мука марки 180 с размером частиц 170 микрон и степенью наполнения 50 % мас. Также для улучшения процесса смешения и формования использовались: антиоксидант марки Ирганокс 1010 (BASF), малеинизированный полипропилен марки Fusabond P353 PP-g-MAH (DuPont) в качестве совмещающего агента, смазка марки TPW 113 (Structol). Концентрации совместителя и смазки были фиксированными и составляли 2 % и 3 % соответственно [2].

Получение полимерных композитов осуществлялось в смеси-

тельной камере «MeasuringMixer 350E» с винтообразными роторами смесительного оборудования фирмы Brabender «Plasti – Corder®Lab – Station» (Германия). Смешивание проводилось в течение 6 минут при скорости вращения роторов 90 об/мин и при температуре 180 °С [3].

Образцы для физико-механических испытаний получили методом литья на инжекционно-литьевой машине КМ 50/180 СХ фирмы KraussMaffei (Германия), в которую материал загружали в виде гранул. Объем впрыска: 40 см<sup>3</sup>; давление впрыска: 1300 бар; температура по зон 180-190-195-200 °С; скорость впрыска: 20 см<sup>3</sup>/сек.

Для композиций были определены плотность (ГОСТ 15139-69), твердость (ГОСТ24621-2015), показатель текучести расплава (ГОСТ 11645-73), показатель ударной вязкости (ГОСТ 4647-2015) и прочность при растяжении (ГОСТ11262-80) и изгибе (ГОСТ 4648-2014).

Установлено, что в ДПК с вторичным полипропиленом в качестве полимерного связующего прочностные характеристики снижаются примерно на 30 %, ударная вязкость на 32 %, твердость на 11 %, а плотность увеличивается на 6 %. Вероятнее всего, это связано с деградацией и термоокислением полимерных цепей. Для улучшения эксплуатационных характеристик композитов дальнейших исследованиях необходимо использовать комбинацию первичного и вторичного ПП, либо добавлять в рецептуру модифицирующие добавки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Папьянов, Е. К. Экологически перспективные процессы термической переработки отходов полимерной природы // М.: Дальневосточный государственный университет. – 2009. – 27 с.
2. Файзуллин, И.З. Влияние наполнителей и технологических добавок на реологические свойства древесно-полимерных композитов. / И. З. Файзуллин, И. В. Имамутдинов, В. Я. Хамидов, И. Н. Мусин, С. И. Вольфсон // Вестник Казан. технол. ун-та – 2013. – №. 10, – С. 148–150.
3. Файзуллин, И.З. Влияние нанонаполнителей на структуру древесно-полимерных композитов. / И. З. Файзуллин, С. И. Вольфсон, И. Н. Мусин, А. С. Гордеев // Вестник Казан. технол. ун-та – 2015. – №. 11, – С. 79–81.

**MATERIAL INPUT FOR TIRE SIMULATION**

Computational modeling of tires by Finite Element Method allows solving of various ways of loading. It is possible deal with static tire models if only static load should be applied (a car stands, the target is to determine deformation conditions of inflated tires loaded by the vertical force) or dynamic tire models, which will represent real states of tires during car such as tire impact on the specific barrier at a certain car speed.

It is important to experimentally determine material parameters used for the description of each individual part of tire-casings for computational modeling of tires [1]. E.g. material parameters as the modulus of elasticity and Poisson ratio describe the textile fiber [2]. For the description of elastomer parts of tire-casings there are used several material models of the viscoelastic behavior of the material – constitutive models, the Mooney-Rivlin (MR) model is the most commonly used. To determine of MR parameters, it is necessary to carry out the tensile test for elastomer samples by standard ISO 37 [3].

Next way, MR parameters can be determined on the basis of the Shore A hardness. The procedure is such that the Shore A hardness (it is expressed as  $A$  in equations) is converted to the elastic modulus  $E$  [MPa] or shear modulus  $G$  [MPa] and then MR parameters are determined from the modulus. Following equations can be used conversion of the mentioned hardness:

- Gent equation [4]:

$$E = \frac{0.0981 \cdot (56 + 7.62336 \cdot A)}{0.137505 \cdot (254 - 2.54 \cdot A)}; \quad (1)$$

- equation [5]:

$$E = \exp(0.0235 \cdot A - 0.6403); \quad (2)$$

- equation [6], but the elastic modulus is expressed in [psi]:

$$E = 11.427 \cdot A - 0.4445 \cdot A^2 + 0.0071 \cdot A^3; \quad (3)$$

- Batterman/Köhler equation [7] is based on expression dependence between shear modulus and Shore A hardness:

$$\mu \quad (4)$$

These equations can lead to different results of moduli for the same Shore A hardness.

Mooney-Rivlin parameters, such as  $C_{10}$  and  $C_{01}$  [MPa] are calculated

according to:

$$G = 2 \cdot (C_{10} + C_{01}), \quad (5)$$

where  $C_{01} = (\text{from } 0.2 \text{ to } 0.25) \cdot C_{10}$ .

The parameter of incompressibility ( $d$ ) [ $\text{MPa}^{-1}$ ] can be calculated as:

$$d = \frac{2 \cdot (1 - 2\nu)}{C_{10} \cdot (5\nu - 2) + C_{01} \cdot (11\nu - 5)}, \quad (6)$$

where  $\nu$  [-] is Poisson's ratio, which has values close to 0.5 for incompressible elastomers and it is commonly considered to be 0.4995 for better convergence of calculations.

The moduli of elasticity of composite structures of tire-casings such as steel-cord belt [8] are needed as material input to tire computation models too. The moduli are determined on the basis of the statical tensile and bend tests [1] and they can be used for verification analyses between tests and computational modeling of structure parts of tire-casings. Also specific low-cyclic tensile tests of tire textile carcass [9] are also important for obtaining material parameters too.

## LITERATURE

[1] Krmela, J., (2017): *Tire Casings and Their Material Characteristics for Computational Modeling*. Czestochowa: Oficyna Wydawnicza Stowarzyszenia Menadżerów Jakości i Produkcji (Printing House The Managers of Quality and Production Association). ISBN 978-83-63978-62-4.

[2] Krmela, J., Krmelová, V., (2018): The Material Parameters for Computational Modeling of Long-fibre Composites with Textile. *MATEC Web of Conferences* 157, 01011. DOI: 10.1051/mateconf/201815701011.

[3] ISO 37: Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of tensile stress-strain properties.

[4] *Hyperelastic coefficient conversion*, (2011). Available at: <https://polymerfem.com/forum/polymerfem-downloads/general-hyperelastic-models/1237-linear-elastic-hyperelastic-coefficient-conversion>

[5] Reuss, B., (2011): *Convert Durometer to Young's Modulus*. Available at: <https://www.cati.com/blog/2011/07/convert-durometer-to-youngs-modulus/>

[6] *Mooney Rivlin Constants*, (2005). Available at: <http://xansys.org/forum/viewtopic.php?p=51617&sid=609a8612c34eb2eec373756fd062aea2>

[7] *Constitutive Models for Rubber*, (1999). Dorfmann, A., Muhr, A. (ed.). Rotterdam: A.A.Balkema. ISBN 90-5809-113-9.

[8] Krmela, J., Krmelová, V., (2017): Tire Casings and Their Material Characteristics for Computational Modeling of Tires. In: *Engineering for Rural Development : 16<sup>th</sup> International Scientific Conference*. 230-235. DOI: 10.22616/ERDev2017.16.N043.

[9] Krmela, J., Krmelová, V., (2017): Dynamic Experiment of Parts of Car Tyres. *Procedia Engineering* 187, 763-768. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.435.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИОВОЛАКВИНИЛЭФИРНОЙ СМОЛЫ И СТЕКЛЯННЫХ ЧЕШУЕК**

Современные высокоэффективные антикоррозионные покрытия создаются нанесением на металлические поверхности многокомпонентных систем. Важнейшими компонентами таких композиционных материалов являются: химически стойкое связующее и наполнитель пластинчатой формы, создающий барьер для проникновения агрессивной среды через защитную пленку к металлу. Ранее нами обоснован выбор [1, 2] эпоксиноволаквинилэфирной смолы и стеклянных чешуек для получения агрессивостойких покрытий. В настоящем сообщении приводятся результаты исследования влияния стеклянных чешуек на реологию и отверждение композиций на основе эпоксиноволаквинилэфирной смолы. Установлено, что с уменьшением размера чешуек с 5,5 – 9,0 мкм до 0,08 – 0,12 мкм наблюдается более резкий рост динамической вязкости композиций при увеличении содержания стеклянных чешуек, особенно свыше 20% мас. Такое повышение тиксотропных свойств можно объяснить снижением молекулярной подвижности из-за усиления взаимодействия между функциональными центрами макромолекул смолы и стеклянных чешуек. Показано, что увеличение дисперсности частиц чешуек и их содержания в композициях повышает скорость отверждения покрытий. Минимальная температура формирования покрытия +5°С, для полного его отверждения требуется температура свыше +15°С. Жизнеспособность композиций до 40°С не ниже 35 – 40 минут, что позволяет получать покрытия с помощью кисти, валика, безвоздушным распылением.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Прокопчук Н.Р., Левиев Л.В. Антикоррозионные полимерные химстойкие покрытия на основе оксидных олигомеров (Обзор)// Материалы, технологии, инструменты. 2015. Т.20 №1. С.43-49.
2. Левиев Л.В., Прокопчук Н.Р. Антикоррозионные покрытия повышенной химстойкости// Труды БГТУ. 2015. №4. С.134-138.

Э.Т. Крутько, проф., д-р техн. наук;  
Л.Ю. Осмоловская, инж.; Н.А. Коваленко, доц., канд. техн. наук;  
Д.Н.Черепко, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **ОБРАЩЕННАЯ ГАЗОВАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ**

Для изучения процессов, происходящих при термообработке модифицированных имидосодержащих карбамидоформальдегидных композиций (КФК), получаемых путем использования в качестве модифицирующего реагента соединения, способного взаимодействовать с реакционно-способными гидроксиметилольными группами КФК, образуя связующий материал более плотно сшитой структуры с улучшенной адгезией в системе связующее – наполнитель, использовали метод обращенной газовой хроматографии (ОГХ) в его упрощенном варианте. Метод ОГХ позволяет фиксировать температурные переходы в олигомерном связующем по изменению сорбции молекул сорбата (растворителя) неподвижной фазой, отражающейся на температурной зависимости приведенного времени удерживания. Анализ проводили на хроматографе ЛХМ-8МД с детектором по теплопроводности. Насадку колонок хроматографа готовили пропиткой раствором олигомера твердого носителя – поролита (0,1-0,2 мм) из расчета 12 мас.% от массы носителя. После удаления растворителя в вакууме носитель, пропитанный смолой, подвергали термообработке при программированном прогреве от 50 до 100 °С и заполняли им колонки хроматографа, которые стабилизировали в течение 8 часов в токе гелия. Затем температуру термостата колонок изменяли до 250 °С через каждые 5 °С. Строились графики зависимости логарифма приведенного времени удерживания сорбата от температуры. В интервале температур 100–120 °С изломов на линейных графиках зависимости не наблюдалось. При увеличении температуры выше 120 °С изломы фиксировались. Причем с увеличением содержания модифицирующего реагента излом проявлялся более четкий.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при нагревании КФК в системе олигомерного связующего образуются полимерные сетки, ограничивающие подвижность макромолекул и изменяющие диффузию молекул сорбатов, причем более сильно проявляющиеся в модифицированных образцах.

Э.Т. Крутько, проф., д-р техн. наук;  
Г.Н.Супиченко, ст. преп., канд. хим. наук;  
Н.А. Коваленко, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЦИКЛОДЕГИДРАТАЦИИ ПАК**

В наиболее полной мере требованиям новых технологий отвечают полиимиды (ПИ), обладающие уникальным комплексом свойств, которые во многом определяются глубиной завершения процесса превращения форполимера в полиимид. В этой связи специфические особенности протекания процесса циклодегидратации форполимера – полиамидокислоты (ПАК) должны учитываться в технологии изготовления материалов на основе ПИ.

В данной работе для количественного определения степени имидизации полиимидных пленок и выбора оптимальных условий проведения процесса термообработки ПАК использовали метод газожидкостной хроматографии, который осуществляли в изотермическом режиме на хроматографе с детектором по теплопроводности (колонки термостатировали при 127° С, температура катарометра 206°С). Навеску пленки ПАК толщиной 1-2 мкм в кварцевой лодочке помещали в специально сконструированный реактор, представляющий собой кварцевую трубку диаметром 10 мм и длиной 200 мм с двумя температурными зонами. В первой необогреваемой зоне образец находился во время удаления воздуха из системы и выхода прибора на заданный режим. Во второй реакционной зоне, равномерно обогреваемой по всей длине, проводили процесс циклизации при температурах от 130 до 350°С в течение заданного времени. После окончания опыта лодочку с образцом удаляли из зоны реакции. Выделившиеся продукты реакции уносились непрерывным потоком газа-носителя (тщательно очищенного и осушенного азота) из зоны реакции и конденсировались в ловушке, охлаждаемой жидким азотом. Затем ловушку нагревали до температуры 200° С в течение 30 сек. Сконденсировавшиеся в ней продукты реакции с потоком газа-носителя поступали на разделительную колонку длиной 1 м и внутренним диаметром 4 мм, заполненную сорбентом с нанесенной на его поверхности жидкой фазой полиэтиленгликоля. По количеству выделившейся воды при термообработке образца, строили кинетические кривые и определяли кинетические параметры процесса. В оптимизированных условиях получены пленочные материалы с повышенными термо- и механическими характеристиками.

УДК 678.048

Э.Т. Крутько, проф., д-р техн.наук (БГТУ, г. Минск);

В.И. Грачек, вед. науч. сотр, канд. хим. наук (ИФОХНАН Беларуси)

## **НОВОЕ БОРСОДЕРЖАЩЕЕ СОЕДИНЕНИЕ - ЭФФЕКТИВНЫЙ КАТАЛИЗАТОР ХИМИЧЕСКОЙ ИМИДИЗАЦИИ**

Борсодержащие соединения используются для получения окрашенных полиимидов, обладающих повышенной термической стабильностью, для придания полимерам устойчивости к возгоранию. Синтез нового синтезированного борсодержащего соединения позволяет не только увеличить ресурс работы полиимидов при высоких температурах их эксплуатации, но и катализировать процесс химической циклодегидратации форполимеров. Особенно это важно в технологии получения растворимых полиимидов, синтез которых проводится в среде высококипящих растворителей, таких как м-крезол, для предотвращения термо- и термоокислительной деструкции прекурсора в процессе высокотемпературного одностадийного синтеза или при химической имидизации полиамидокислот в растворах имидизирующих смесей, содержащих уксусный ангидрид и хлористый ацетил.

Синтез проводили путем взаимодействия 2-нитрозо-1-нафтола, пирокатехина и борной кислоты или ангидрида борной кислоты в среде бензола в течение 4-7 часов. Выход образующегося 2-нитро-1-нафтил-о-фениленбората составлял 68-69 %, температура плавления его 251-252°C, брутто-формула  $C_{16}H_{10}BNO_7$ .

В данной работе для количественного определения степени имидизации снимали ИК-спектры пленок полиамидокислот, прогретых при определенной температуре в м-крезоле или выдержанных в растворах имидизирующих сред в течение заданного времени с использованием ИК Фурье спектрометра Nicolet 7101 (США) в диапазоне 4000–300  $cm^{-1}$  с разрешением 1  $cm^{-1}$ . Полиамидокислотные пленки толщиной  $3,0 \pm 0,5$  мкм формировали методом полива из разбавленных растворов на стеклянных пластинах, с последующим удалением растворителя, м-крезола или имидизирующей смеси.

Сравнение кинетических параметров имидизации показало высокую каталитическую активность синтезированного соединения.

В.В. Боброва, магистрант;  
А.В. Касперович, зав. кафедрой, канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)  
Н.Г. Валько, доц., канд. физ.-мат. наук (ГрГУ, г. Гродно)

### **ВЛИЯНИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

В том случае, когда резиновые смеси или вулканизованные термическим способом резины облучают, чтобы изменить их свойства, такое воздействие принято называть радиационным модифицированием. Это направление создает возможность улучшать технологию изготовления и свойства резиновых изделий, не прибегая к расширению ассортимента каучуков и ингредиентов и проведению трудоемких работ.

Использование ионизирующих излучений как метода модификации структуры полимеров открывает новые возможности создания полимерных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Кроме того, в ряде отраслей промышленности полимерные материалы и изделия из них используются в условиях воздействия на них ионизирующих излучений. В обоих случаях процессы, обусловленные воздействием излучений, возникают и развиваются не в чистом полимере, а в композиции его с технологическими добавками. Тип и количество подобных добавок варьируется в зависимости от методов переработки и назначения материалов [1].

В работе описан способ улучшения эксплуатационных свойств и повышение работоспособности изделий, вулканизованных по полному режиму термической вулканизации. Путем облучения до поглощенной дозы  $(5-10) \cdot 10^4$  Гр образцов резины на основе натурального каучука достигалось увеличение равновесного модуля и сопротивление истиранию, как следствие, – увеличение срока работоспособности изделий в напряженном состоянии в условиях эксплуатации.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Jiri G.D., Radiation Technology for Polymers // Polymer-Plastics Tecnology and Engineering. – 2010. – P. 6–8.

Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук;  
Файзуллин А.З., асп.; Бадретдинов З.М., магистрант;  
Щербакова Т.В., магистрант; Голубчикова К.Е., магистрант,  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО- ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА**

В настоящее время одной из актуальных экологических проблем мира является загрязнение окружающей среды бытовыми и промышленными отходами. Только в России ежегодно образуется около 7 млрд. тонн мусора, некоторые из которых обладают такими нежелательными свойствами, как токсичность, мутагенность, канцерогенность, реакционная способность и пожароопасность. Более 15 % всех отходов имеют полимерную природу [1].

Проблема полимерных отходов, а в частности термопластов, в том, что утилизация их традиционными (сжигание, захоронение и т.д.) способами нецелесообразно как с экологической, так и с экономической точки зрения. Следовательно, наиболее перспективным решением данной проблемы является их вторичная переработка.

Создание композиционных материалов на основе экологически чистых продуктов, где в качестве связующего используются термопласты, является одним из перспективных и востребованных направлений химической технологии [2,3].

В связи с этим, целью данного исследования явилось разработка древесно-полимерного композита (ДПК) на основе вторичного полипропилена и оценка его физико-механических и эксплуатационных свойств. В качестве полимерных связующих в композициях были выбраны промышленный термопласт полипропилен (ПП) марки Бален 01030 (ОАО «Уфаоргсинтез») и отходы производства товаров народного потребления ОЭЗ «Алабуга» из полипропилена. Основным наполнителем была древесная мука марки 180 с размером частиц 170 мкм и степенью наполнения 50 % мас. Также для улучшения процесса смешения и формования использовались: антиоксидант марки Ирганокс 1010 (BASF), малеинизированный полипропилен марки Fusabond P353 PP-g-МАН (DuPont) в качестве совмещающего агента, смазка марки TPW 113 (Structol). Концентрации совместителя и смазки были фиксированными и составляли 2 % и 3 % соответственно.

Получение полимерных композитов осуществлялось в смесительной камере «MeasuringMixer 350E» с винтообразными роторами

смесительного оборудования фирмы Brabender «Plasti – Corder®Lab – Station» (Германия). Смешивание проводилось в течение 6 минут при скорости вращения роторов 90 об/мин и при температуре 180 °С.

Образцы для физико-механических испытаний получили методом литья на инжекционно-литьевой машине КМ 50/180 СХ фирмы KraussMaffei (Германия), в которую материал загружали в виде гранул. Объем впрыска: 40 см<sup>3</sup>; давление впрыска: 1300 бар; температура по зон 180-190-195-200 °С; скорость впрыска: 20 см<sup>3</sup>/сек.

Для композиций были определены плотность (ГОСТ 15139-69), твердость (ГОСТ 24621-2015), показатель текучести расплава (ГОСТ 11645-73), показатель ударной вязкости (ГОСТ 4647-2015) и прочность при растяжении (ГОСТ 11262-80) и изгибе (ГОСТ 4648-2014).

Установлено, что в композициях с вторичным ПП, в качестве полимерного связующего, прочностные характеристики снижаются примерно на 30 %, ударная вязкость на 32 %, твердость на 11 %, а плотность увеличивается на 6 %. Вероятнее всего, это связано с деструкцией и термоокислением полимерных цепей. Для улучшения эксплуатационных характеристик композитов в дальнейших исследованиях необходимо использовать комбинацию первичного и вторичного ПП, либо добавлять в рецептуру модифицирующие добавки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Папьянов Е. К. Экологически перспективные процессы термической переработки отходов полимерной природы // М.: Дальневосточный государственный университет. – 2009. – 27 с.

2. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., Fayzullin A.Z., Grachev A.N., Pushkin S.A. The physicomechanical and rheological characteristics of wood–polymer composites based on thermally and mechanically modified filler. *International Polymer Science and Technology*, 2017, Vol. 44, No. 2, P. 39-43.

3. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., Fayzullin A.Z., Nikiforov A.A. Influence of the type of wood flour and nano-additives on structure and mechanical properties of wood polymer composites based on polypropylene. *Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2016) AIP Conf. Proc.* 1785, 040098-1–040098-6; doi: 10.1063/1.4967155 Published by AIP Publishing.

Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук;  
Файзуллин А.З., асп.; Болонина А.М., Капитонов Е.С.,  
Шалдымова Н.П., Голубчикова К.Е., магистранты;  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДОЗИРОВКИ СТЕКЛОСФЕР НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНА**

Улучшение свойств композиционных материалов на основе полиолефинов является важной и актуальной задачей [1, 2]. Распространенным способом улучшения свойств таких материалов является модификация полимерной фазы дисперсными наполнителями. В данной работе в качестве модификатора выступали стеклосферы.

Стеглосферы нашли применение в различных сферах науки и промышленности. Они используются в нефтегазодобывающей и химической отраслях, в современных строительных материалах, в аэрокосмической, судостроительной, автомобильной и медицинской промышленности, в изготовлении абразивных материалов.

Применение стеклосфер в полимерных композиционных материалах представляет интерес, так как их введение в рецептуру может способствовать уменьшению веса, снижению теплопроводности, повышению стойкости к горению, отражению радиоволн, света и др. [3]. В этой связи было проведено исследование влияния полых стеклосфер и их дозировки на свойства полипропилена (ПП).

В работе использовался ПП экструзионной марки «Бален 01030», полые стеклосферы из натрий-известкового боросиликатного стекла марки iM16K и антиоксидант марки Ирганокс 1010.

Материалы получали в роторном смесительном оборудовании фирмы Brabender «Plasti-Corder®Lab-Station». Пластины для испытаний готовились на экструзионной приставке пластикордера «Extruder Type 19/25 D».

Для оценки влияния сферического наполнителя на физико-механические и эксплуатационные свойства полипропилена стеклосферы вводились в дозировке от 5 % до 20 %. В ходе проведения испытаний были определены показатели прочности при растяжении, ударной вязкости, плотности, твердости и предела текучести расплава композиций.

Согласно анализу экспериментальных данных, введение в рецептуру полых стеклосфер и увеличение их дозировки способствует уменьшению плотности материала и, соответственно, веса конечного

изделия. При этом повышается твердость материала. Несмотря на это, монтаж изделий из данного материала будет легче за счет разрушения арочной структуры стеклосфер при сильной точечной нагрузке, например, сверлении [4]. Также с увеличением доли наполнителя было обнаружено незначительное снижение прочностных свойств.

Исходя из полученных результатов, оптимальной дозировкой можно считать содержание в рецептуре стеклосфер 10–15 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., Fayzullin A.Z., Grachev A.N., Pushkin S.A. The physicomechanical and rheological characteristics of wood-polymer composites based on thermally and mechanically modified filler. *International Polymer Science and Technology*, 2017, Vol. 44, No. 2, P. 39-43.

2. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., Fayzullin A.Z., Nikiforov A.A. Influence of the type of wood flour and nano-additives on structure and mechanical properties of wood polymer composites based on polypropylene. *Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2016) AIP Conf. Proc.* 1785, 040098-1–040098-6; doi: 10.1063/1.4967155 Published by AIP Publishing.

3. Мийченко, И.П. Наполнители для полимерных материалов / И.П. Мийченко // агентство по образованию, “МАТИ”- Российский гос. технол. ун-т. – Москва, 2010

4. E. Amos, *Processing Behavior, Morphology and Benefits of Using Low Density Hollow Glass Microspheres in Polymer Wood Composites* – USDA Forest Service, Forest Products Laboratory

УДК678.742

Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук; Файзуллин А.З., асп.;  
Капитонов Е.С., Шалдымова Н.П.,  
Болонина А.М., Голубчикова К.Е., магистранты;  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА И ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ**

В последние годы активно развиваются новые технологии в области строительных материалов, в частности древесины, которая обладает множеством положительных свойств. Однако относительно недолгий срок эксплуатации снижают ее конкурентоспособность по сравнению с металлами и синтетическими материалами.

Для изменения свойств древесины самым распространенным является метод ее химической обработки, но, в связи с ужесточением экологических требований, рынок использования такой древесины постепенно сужается.

Одним из передовых направлений в технологии переработки древесины является метод термической обработки, поскольку он позволяет улучшить ее характеристики и сохранить материал экологически чистым.

В данной работе было исследовано влияние термомодификации древесной муки, в составе древесно-полимерного композиционного материала (ДПК) на основе полиэтилена, на физико-механические и эксплуатационные свойства. Исследуемые композиционные материалы получали в смесительной камере «Measuring Mixer 350 E».

По результатам исследований было установлено, что термическая модификация способствует удалению влаги при процессе торрефикации наполнителя и повышению плотности композиций, что ведет к существенному уменьшению проникновения воды в материал, делая его более долговечным. Так же установлено, что у композиций с модифицированным наполнителем повышается прочность при растяжении на 15-20 % за счет уменьшения степени полярности древесной муки. Положительный эффект проявляется и на вязкостных свойствах, а именно в повышении показателя текучести расплава композиций. Способность материала к быстрому поглощению энергии с модифицированным наполнителем не уступает композициям с базовой древесной мукой и остается практически одинаковой.

УДК 674.81-419.046

Файзуллин А.З., асп.; Вольфсон С.И., проф., д-р техн. наук;  
Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук; Голубчикова К.Е., магистрант;  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО МОНТМОРИЛЛОНИТА- НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Древесно-полимерные композиты (ДПК) - это класс современных экологичных композиционных материалов с содержанием древесного наполнителя до 80 мас.%. Для повышения физико-механических свойств высоконаполненных ДПК проводят модифицирование поверхности древесного наполнителя [1-2]. Поиск эффективных модификаторов для древесной муки, способствующих увеличению степени наполнения и улучшению физико-механических и технологических характеристик ДПК, является актуальной задачей.

Одним из решений данной задачи является модификация древесного наполнителя нанодобавками, позволяющая создавать композиты нового поколения с улучшенными физико-механическими характеристиками. Из литературы известно, что композиции с применением нанодобавок обладают существенно улучшенными свойствами [3-5].

В ходе данной работы были проведены исследования влияния дозировки, типа и способа ввода наноглины на физико-механические и эксплуатационные свойства композиций ДПК.

В качестве наноглины использовали органо-модифицированный монтмориллонит марки Cloisite 15A в дозировке от 2 до 10 мас. %. В лабораторных условиях были изготовлены образцы исходных смесей композиций. В качестве связующего полимера был выбран полипропилен марки 4215M (ОАО «Нижекамснефтехим»), в качестве наполнителя использовали древесную муку марки 180. В качестве добавки улучшающей совместимость был выбран продукт компании DuPont (США) – Fusabond P353. В качестве смазки использовалась добавка марки TPW 113 производства компании Structol.

Образцы для проведения физико-механических испытаний были получены на литьевой машине марки CX – MC 5 фирмы KraussMaffei (Германия). Для оценки эффективности введения наноглины были проведены физико-механические испытания композиций. Механические испытания на одноосное растяжение выполнялись на

образцах согласно ГОСТ 11262-80. Для определения модуля упругости (ГОСТ 9550-81) и предела текучести при растяжении (ГОСТ 11262-80) испытания проводили при температуре 23±2 °С на универсальной 2-х колонной испытательной машине GotechTestingMachineUA1 - 7000M (Тайвань). Испытания по определению показателя ударной вязкости, плотности, показателя текучести расплава образцов ДПК проводили согласно ГОСТ 4647-80, ГОСТ 15139-69, ГОСТ 11645-73 соответственно.

По результатам испытаний выявлено, что введение органофицированного монмориллонита позволяет повысить физико-механические свойства ДПК. Так же установлено, что наиболее оптимальной дозировкой органоглины Cloisite 15Ав матрице композита является 5% мас., в случае которого наблюдаются максимальные показатели упруго-прочностных свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., etc. The physico-mechanical and rheological characteristics of wood-polymer composites based on thermally and mechanically modified filler. *International Polymer Science and Technology*, 2017, Vol. 44, No. 2, P. 39-43.

2. Вольфсон, С.И., Модифицированные древесно-полимерные композиты / С.И. Вольфсон, И.Н. Мусин, И.З. Файзуллин, Т.З. Лыгина, Ф.А. Трофимова // *Журнал Пластические массы*. – 2014. – №1-2. – С. 41-44.

3. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N. etc. Influence of the type of wood flour and nano-additives on structure and mechanical properties of wood polymer composites based on polypropylene. *Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2016) AIP Conf. Proc.* 1785, doi: 10.1063/1.4967155 Published by AIP Publishing.

4. Gonsalves, K.E. *Inorganic nanostructured materials* / K.E. Gonsalves, X. Chen // *Nanostructured materials*. – 1996. – V.5. – P. 3256-3262.

5. Герасин, В.А. Структура полимер / Na<sup>+</sup>-монтмориллонит нанокompозитов, полученных смешением в расплаве / В.А. Герасин, Т.А. Зубова, Ф.Н. Бахов и др. // *Российские нанотехнологии*. – Т. 2. – № 1-2. – 2007. – С. 90–105.

Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук;  
Вольфсон С.И., проф., д-р техн. наук;  
Файзуллин А.З., асп.; Голубчикова К.Е., магистрант,  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **СВЕТОРАССЕИВАЮЩИЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИСТИРОЛА И ПОЛИЭТИЛЕНА**

Развитие светодиодной промышленности и выход на рынок высокоэффективных светодиодов открывают необходимость модернизации технических компонентов, составляющих световые приборы, создание светотехнических материалов с улучшенными характеристиками.

Актуальной проблемой использования светодиодов является их ослепляющая яркость, что ограничивает их применение. Проблему решают установкой светорассеивающих элементов.

Полимерные материалы, в частности полиэтилен, полистирол и его сополимеры находят применение в светотехнике. Рассеяние света происходит в оптически неоднородной среде, показатель преломления которой нерегулярно изменяется от точки к точке. В качестве светорассеивающих добавок на сегодняшний день распространено использование минеральных наполнителей, сферических полимерных добавок на основе сшитых акрилатов и силиконов. Однако известные светорассеивающие добавки не всегда могут обеспечить высокое светорассеивание одновременно с высокой степенью светопропускания, тем самым происходят потери КПД светового элемента. Для получения материалов с улучшенными свойствами используют смеси полимеров. Полистирол совместим с полиэтиленом, и за счет частичной кристаллизации последнего, возможно получение материала со светорассеивающими свойствами. Однако использование таких композиций в светотехнике изучено недостаточно.

В этой связи целью данной работы явилась разработка светорассеивающей композиции на основе полистирола и полиэтилена с оптимальным соотношением показателей светорассеивания и светопропускания.

Получали композиции на основе полистирола с введением полиэтилена высокого давления (ПВД) на двухшнековом экструдере с производительностью 100 кг/час и  $L/D=44$ . Влияние полиэтилена исследовалось в диапазоне дозирования 5÷10 % мас. Далее получали образцы толщиной 1÷2÷3 мм методом литья под давлением.

Для изучения морфологии композиций образцы были исследо-

ваны на цифровом микроскопе KEYENCEVHX-1000 при увеличении 500х в проникающем свете тонкого среза композиции. Плотность измеряли методом гидростатического взвешивания в соответствии с ГОСТ 15139-69. Светопропускание измеряли на спектрофотометре SPECORD 40 (Analytik Jena, Германия) согласно ГОСТ 26302-93, метод А, при длине волны равной 698 нм. Светорассеивание определяли органолептически, оценивая рассеивание света при воздействии светодиода на просвет.

Микроскопия показала, что введение в состав ПВД способствует изменению морфологии композиции путем образования надмолекулярных структур в виде сферолитов. Распределение ПВД равномерное по всему объему полистирола. Введение ПВД в состав полистирола способствует снижению плотности композиции и коэффициента светопропускания (КСП). Светорассеивание возрастает значительно при введении ПВД в состав полистирола.

ПВД, как кристаллизующийся полимер способствует образованию сферолитов, число которых, по данным микроскопии, возрастает с увеличением содержания ПВД в составе. Введение ПВД 10 % мас. в полистирол существенно повышает светорассеивание, диод не просматривается на образцах всех исследуемых толщин, при этом значение КСП составляет 16÷21÷31% для толщин 3÷2÷1 мм соответственно. Кроме того, снижается плотность композиции на 2 %, что может позволить снизить логистические, сырьевые и топливные затраты.

Получены светорассеивающие композиции на основе полистирола с различным содержанием ПВД. Наиболее оптимальным явилось введение ПВД 10 % мас. в полистирол, композиции обладают пониженной плотностью, наполнитель равномерно распределен в объеме полимера. Свойства полученных композиций предпочтительны для светотехнических материалов, так как могут способствовать высокому значению КПД светового элемента одновременно с комфортным восприятием рассеянного света.

УДК 678.742.3.046

Файзуллин И.З., доц., канд. техн. наук; Файзуллин А.З., асп.;  
Шалдымова Н.П., Капитонов Е.С.,  
Болонина А.М., Голубчикова К.Е., магистранты,  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА**

Составление и совершенствование рецептур является одним из наиболее актуальных направлений в производстве композиционных материалов [1,2]. При этом важно учитывать свойства композиций для достижения максимальной производительности, снижения энергозатрат и себестоимости продукции. Для решения данных задач технологи используют специальные приемы – подбор наполнителя, выявление его оптимальной дозировки, использование специальных добавок.

Целью настоящей работы стала разработка композиционных материалов и оценка влияния вида целлюлозного наполнителя на их физико-механические и эксплуатационные свойства. В качестве полимерного связующего в композициях использовался полипропилен марки Бален 01030 (ОАО Уфаоргсинтез). В качестве наполнителей были выбраны 4 вида целлюлозы: древесная, конопляная, льняная и целлюлоза из люцерны. Также применялся совмещающий агент малеинизированный полипропилен марки Fusabond P353 (DuPont), антиоксидант марки Ирганокс 1010 и технологическая добавка – смазка марки TPW 113 (Structol). Концентрации совмещителя и смазки были фиксированными и составляли 2 % и 3 % соответственно.

Исследуемые композиционные материалы получали в смесительной камере с винтообразными роторами смесительного оборудования фирмы Brabender «Plasti-Corder®Lab-Station» (Германия). Для оценки влияния вида целлюлозного наполнителя на свойства композиций проводились испытания на определение прочности при растяжении (ГОСТ 11262-80), ударной вязкости (ГОСТ 4647-2015), показателя текучести (ГОСТ 11645-73), твердости (ГОСТ 24621 - 2015), и водопоглощения ISO 62 (ASTM D570).

Одним из первостепенных критериев для композиций на основе термопластов является показатель прочности. В ходе испытаний композиций на прочность при растяжении было установлено, что наибольшими прочностными показателями обладают композиции с древесным и льняным целлюлозным наполнителем. Важной характеристи-

кой композиций, влияющей на эксплуатационные свойства, является их твердость. Согласно исследованию было установлено, что при использовании различных видов наполнителей композиции имеют практически одинаковые значения показателей твердости, изменяющиеся в интервале 2-3 %. При исследовании ударной вязкости композиций было выявлено, что образцы с древесным и льняным целлюлозным наполнителем превосходят по показателям ударной вязкости образцы с наполнителем из люцерны и конопли. Проанализировав вязкостные свойства композиций, было установлено, что наибольшие значения показателей текучести имеют также образцы, изготовленные на основе древесного и льняного целлюлозного наполнителя. Так как водопоглощение является одним из основных критериев долговечности композиций, представляла интерес оценка влияния вида и концентрации целлюлозного наполнителя на данный показатель. Было установлено, что композиции с целлюлозным наполнителем из люцерны обладают наибольшим показателем водопоглощения.

Согласно полученным экспериментальным данным можно сделать вывод, что лучшие физико-механические и эксплуатационные свойства имеют композиции с древесным и льняным целлюлозным наполнителем, они обладают наибольшими показателями прочности при растяжении, ударной вязкости, имеют высокие значения показателей текучести и минимальные показатели водопоглощения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N. etc. The physico-mechanical and rheological characteristics of wood-polymer composites based on thermally and mechanically modified filler. *International Polymer Science and Technology*, 2017, Vol. 44, N<sup>o</sup>. 2, P. 39–43.

2. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., etc. Influence of the type of wood flour and nano-additives on structure and mechanical properties of wood polymer composites based on polypropylene. *Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2016) AIP Conf. Proc.* 1785, doi: 10.1063/1.4967155.

И.З. Файзуллин, доц., канд. техн. наук;  
С.И. Вольфсон, проф., д-р техн. наук; А.З. Файзуллин, асп.;  
Щербакова Т.В., Бадретдинов З.М., Голубчикова К.Е., магистранты;  
Хафизова Д.Р., бакалавр (КНИТУ, г. Казань)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛЫХ СТЕКЛОСФЕР НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ВУЛКАНИЗАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ**

Применение в современной технике полимерных композиционных материалов в качестве конструкционных и функциональных, появление новых типов таких материалов вызывает необходимость создания новых методов определения и прогнозирования физико-механических свойств, оценки работоспособности и надежности конструкций, изготовленных из таких материалов [1,2]. Для придания композиционным материалам требуемых физико-механических и эксплуатационных показателей широко используются специальные добавки – наполнители. Одним из перспективных наполнителей являются полые стеклосферы. Они обладают уникальными свойствами, такими как – малая насыпная плотность, хорошая текучесть, водонепроницаемость, огнестойкость, низкая тепло- и звукопроводимость, высокая прочность и прозрачность [3,4]. Благодаря таким свойствам композиционные материалы на основе полых стеклосфер широко применяются во многих отраслях промышленности: от авиа- и автомобилестроения до спортивного инвентаря и бытовой техники.

В этой связи целью данной работы явилось разработка более совершенных, прочных и устойчивых к различным воздействиям эластомерных материалов.

В качестве объектов исследования были выбраны карбоцепные каучуки: изопреновый каучук СКИ–3, бутадиен-метилстирольный каучук СКМС–30 АРКМ–15 и бутадиен-нитрильный каучук БНКС–40 АМН, в которые вводили полые стеклосферы марки 3М<sup>TM</sup> Glass Bubbles iM16K с размером частиц 20 мкм. Дозировка стеклосфер менялась в широком диапазоне.

Резиновые смеси получали на смесительном оборудовании фирмы Brabender «Plasti-Corder®Lab-Station» при температуре 70 °С и скорости вращения роторов 60 об/мин.

Были проведены испытания по определению плотности (ГОСТ 15139-69), твердости (ГОСТ 263-75), прочности при разрыве (ГОСТ 270-75), эластичности по отскоку (ГОСТ 27110-86) и сопротивления резин истиранию (ГОСТ 426-77).

В результате проведенной работы установлено, что введение стеклосфер в рецептуру резиновых композиций приводит к снижению прочностных показателей, но при этом увеличивается износостойкость на 10% и снижается плотность на 23%. Следовательно, это приводит к возрастанию срока службы деталей и, благодаря малой плотности стекла и вакуумной полости внутри сфер, к уменьшению веса материала.

По всей видимости, для улучшения совместимости стеклосфер с матрицей каучука и улучшения прочностных показателей, дальнейшие исследования следует направить на внедрение в резиновые смеси стеклосфер, модифицированных различными составами[5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Будов В.В. Полые стеклянные микросферы. Применение, свойства, технология // Стекло и керамика. 1994, №7–8. С. 7–11.
2. Fayzullin I.Z., Volfson S.I., Musin I.N., Fayzullin A.Z., Grachev A.N., Pushkin S.A. The physicomechanical and rheological characteristics of wood–polymer composites based on thermally and mechanically modified filler. *International Polymer Science and Technology*, 2017, Vol. 44, No. 2, P. 39–43.
3. Heung L.K., Wicks G.G. and Schumacher R.F., "Encapsulation of Palladium in Porous Wall Hollow Glass Microspheres," *Ceramic Transactions*, vol. 202, 2009 P. 143–148.
4. Mohtadi R., Matsunaga T., Schumacher R.F. and. Wicks G, "Hollow Glass Microspheres as Micro Media for Complex Hydrogen Storage Compounds," *Journal of the Academy of Sciences SC*.
5. Гришин, Б.С. Материалы резиновой промышленности: монография. Ч. 1 / Б.С. Гришин //Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т. – Казань : КГТУ, 2010. – С. 353–361.

УДК 678.762.2

Н.С. Никулина, канд. техн. наук (ВИ ГПС МЧС России, г. Воронеж);  
М.А. Провоторова, асп.; С.С. Никулин, проф., д-р техн. наук  
(ВГУИТ, г. Воронеж)

## **ВЫДЕЛЕНИЕ КАУЧУКОВ ИЗ ЛАТЕКСОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ КОАГУЛИРУЮЩИХ АГЕНТОВ**

Промышленность синтетического каучука во всем мире активно развивается. Внедрение новых технологий, аппаратного оформления процессов, каталитических и иницирующих систем позволяет увеличить производительность, повысить качество получаемой продукции и др. Однако, несмотря на совершенствование технологий исключить все недостатки не представляется возможным.

В производстве эмульсионных каучуков проблематичной стадией является выделение его из латекса. Применение для выделения каучуков из латексов низко- и высокомолекулярных четвертичных солей аммония позволяет исключить использование минеральных солей, уменьшить сбросы водносолевых потоков из цехов выделения на очистные сооружения и снизить загрязнение окружающей среды [1]. При этом необходимо отметить, что не во всех существующих технологиях могут быть использованы полимерные четвертичные соли аммония для выделения каучуков из латексов. Поэтому и до настоящего времени хлорид натрия, как коагулирующий агент, продолжает находить свое применение.

Целью данной работы является изучение возможности применения комбинированного коагулянта на основе хлорида натрия и мелассы – побочного продукта свеклосахарного производства, для выделения каучука из латекса СКС-30 АРК.

Получаемый на предприятиях водный раствор мелассы имеет сухой остаток ~ 80 %. Работать с такой концентрацией в лабораторных и промышленных условиях сложно, поэтому исходный раствор мелассы разбавляли водой до концентрации 20 %. Хлорид натрия использовали с концентрацией ~ 20 %. Выделение каучука из латекса проводили при 20 °С. Сухой остаток латекса – 21,2 %. Для подкисления использовали 2,0 % раствор серной кислоты.

Коагуляцию проводили по методике, описанной в работе [2].

Полное выделение каучука из латекса при использовании в качестве коагулирующего агента хлорида натрия достигается при его расходе 150-160 кг/т каучука и расходе серной кислоты 15 кг/т каучука.

Величина рН коагулируемой смеси не зависит от расхода хло-

рида натрия и составляет ~ 3,0. Такое значение рН коагулируемой смеси обеспечивает требуемую технологией достаточно полную конверсию мыл карбоновых кислот в карбоновые кислоты.

При использовании в качестве коагулянта мелассы как классической, так и обедненной найдено, что с увеличением её расхода возрастает и расход серной кислоты, необходимой для поддержания требуемой среды коагуляции (рН ~ 3,0).

Полноту выделения каучука из латекса достигали при расходе мелассы 140 кг/т каучука, что близко к расходу хлорида натрия, а расход серной кислоты возрастал до 25-30 кг/т каучука. Повышенный расход серной кислоты связан с её частичным расходом на нейтрализацию щелочных компонентов присутствующими в мелассе (рН исходного реагента ~ 10) и в частности – с бетаинами, которые определяют ее коагулирующую активность.

Применение мелассы как экологически и экономически привлекательного коагулянта ставит вопрос о снижении расхода подкисляющего агента. Как показали дальнейшие исследования, этот вопрос может быть решен путем применения комбинированного коагулянта, содержащего в своем составе и мелассу, и хлорид натрия.

При использовании в технологии выделения каучука из латекса комбинированного коагулянта полнота выделения каучука из латекса достигалась при следующем расходе компонентов, кг/т каучука: хлорида натрия – 20-50, мелассы – 60-20 и серной кислоты – 15.

Таким образом, в данном случае отмечается синергизм коагулирующего действия компонентов при их совместном применении. В этих условиях необходимая кислотность среды (рН ~3) достигается без применения избыточных количеств подкисляющего агента. Данная технология выделения каучука из латекса имеет преимущества перед реально действующими технологиями и может быть перспективной для промышленного применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вережников, В.Н., Никулин, С.С. Применение азотсодержащих соединений для выделения синтетических каучуков из латексов / Химическая промышленность сегодня. 2004. № 11. С. 26–37.
2. Практикум по коллоидной химии латексов / Т.Н. Пояркова и др. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2011.

О.В. Карманова, проф. д-р техн. наук; А.Ю. Фатнева, асп.;  
Л.В. Попова, доц. канд. техн. наук (ВГУИТ, г. Воронеж)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ КАУЧУКОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ АКТИВАТОРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ**

Проблема создания активирующих систем из комбинаций многоцелевых ингредиентов полифункционального действия является актуальной, так как позволяет оптимизировать технологию получения эластомеров и является важнейшей резинотехнической задачей в области химической технологии резины.

Исследованы кинетические особенности сшивания бутадиенстирольного каучука (БСК) в присутствии композиционных активаторов вулканизации (КАВ), которые получали в виде сплавов оксида цинка с жирными кислотами и их производными. В качестве жирных кислот применяли смесь жирных кислот. В состав активаторов входили тонкодисперсные наполнители (бентонит, шунгит, микроцеллюлоза). В стандартной рецептуре БСК заменяли (эквивалентно по мас.ч.) оксид цинка и стеариновую кислоту на КАВ. На виброреометре MDR200 при температурах 145, 155, 165 °С получены реометрические кривые резиновых смесей, значения характерных точек реограмм определены по стандартной методике.

Для получения массива данных, необходимых для расчета кинетических параметров вулканизации, произведена операция оцифровки реограмм. Для решения прямой и обратной задач кинетики изотермической вулканизации использовали компьютерную программу в интегрированной среде Borland C++ Builder 6.0. Разработанное программное средство позволяет исследовать влияния различных вулканизирующих агентов, активаторов, ускорителей вулканизации, а также наполнителей, пластификаторов, противостарителей на формирование свойств конечного продукта вулканизации. Согласно формальной кинетической схемы вулканизации определены значения констант  $k_1 - k_7$  и стехиометрических коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ , энергия активации отдельных стадий процесса, а также – концентрация вулканизационных узлов относительно максимальной плотности поперечного сшивания как функции времени. Сопоставительный анализ кинетических параметров позволил обосновать оптимальный состав КАВ.

Ю.Ф. Шутилин, проф. д-р техн. наук;  
О.В. Карманова, проф. д-р техн. наук;  
С.Г. Тихомиров, проф. д-р техн. наук (ВГУИТ, г. Воронеж)

**ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ АНАЛИЗА  
ТЕРМОМЕХАНООБРАБОТКИ РАДИАЦИОННОГО  
БУТИЛРЕГЕНЕРАТА С УЧЕТОМ  
ТЕРМОФЛУКТУЦИОННОЙ ТЕОРИИ**

В проблеме утилизации резин особое место занимает переработка достаточно больших объемов изделий на основе бутилкаучука, что связано с повышенной устойчивостью его вулканизатов к деструкции. В предложенном способе сочетаются два последовательных метода деградации резин: вначале применяется облучение на источнике ускоренных электронов (дозы 100-200 Гр); в завершение – радиационно-деструктированные образцы подвергают термомеханообработке при температурах 100, 120 и 140 °С.

Процесс термомеханообработки радиационного бутилрегенерата осуществляли в закрытой камере вискозиметра Муни, прогревая облученные образцы в течение 5 мин с последующим механическим воздействием вращающегося ротора.

Из анализа результатов эксперимента и расчетов установлено следующее: с увеличением дозы облучения и температуры испытания вязкость образцов снижалась как в начальный момент процесса, так и при выходе её значений на асимптотическое «равновесие». Однако энергия активации термомеханического течения увеличивалась с увеличением дозы облучения резин. Это является аномальным, но объясняется с позиции термофлуктуационного описания химических реакций в полимерах, а именно: первичное облучение разрушало слабые межмономерные связи типа «голова к голове», а с увеличением дозы облучения их становилось всё меньше и, при общем снижении, приближалось к преобладанию связей «голова-хвост». На их разрушение требовался всё больший расход энергии, что проявлялось в увеличении энергии активации термомеханического течения с элементами деструкции именно этих «сильных связей».

Таким образом, при облучении происходит деструкция слабых межмономерных связей, а при механообработке на фоне снижения обычной физической вязкости, наблюдается увеличение энергии активации термомеханического течения.

С.Г. Тихомиров, проф. д-р техн. наук;  
С.Л. Подвальный, проф. д-р техн. наук (ВГУИТ, г. Воронеж)  
А.В. Карманов, асп. (ВГТУ, г. Воронеж)

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕРМОМЕХАНОРАДИАЦИОННОГО БУТИЛРЕГЕНЕРАТА

Радиационный бутилрегенерат (РБ) получен обработкой вулканизатов бутилкаучука на источнике ускоренных электронов дозами 20-100 кГр. Для построения математической модели термомеханодеструкции РБ использовали результаты исследования вязкости образцов в ходе их обработки в камере вискозиметра Муни при температурах 100, 120 и 140 °С. Предложена схема реакций, описывающих процессы деструкции. Получено математическое описание вязкости по Муни эластомера с учетом изменения концентрации радикалов. Вязкость по Муни полимерной композиции связана с концентрацией радикалов следующими выражениями:

$$M_v(\theta) = M_v(0) \cdot e^{-\frac{1}{\beta+1} \int_0^\theta \frac{dR(\gamma)}{P_0}}$$

$$M_h(\theta) = M_h(0) \cdot e^{-\frac{a}{\beta+1} \int_0^\theta \frac{dR(\gamma)}{P_0}},$$

где  $\beta$  – константа Марка-Куна-Хаувинка,  $a$  – константа,  $M_v(\theta), M_h(\theta)$  – средневязкостная молекулярная масса и вязкость по Муни полимера при дозе облучения  $\theta$ , соответственно,  $P_0$  – начальная концентрация полимера,  $R$  – концентрация радикалов.

Полученные зависимости представляют собой математическую модель динамики изменения вязкости по Муни в процессе термомеханодеструкции. Для её использования необходимо оценить константы скорости деструкции полимерной матрицы. В среде Mathcad произведен расчет констант скоростей деструкции. Для их оценки использовали экспериментальные данные, описывающие изменение вязкости по Муни в зависимости от продолжительности, температуры обработки и дозы ионизирующего облучения. В качестве критерия оптимизации для оценки параметров использовался критерий

$$I = \sum_{i=1}^N (M_{h_i}^{\text{расч}} - M_{h_i}^{\text{эксп}})^2 \rightarrow \min,$$

где  $N$  – число измерений.

Погрешность вычислений  $\Delta_{\text{отн}}$  не превышает 7 %. Полученная модель прошла проверку на адекватность с использованием критерия Фишера и R2-критерия.

О.В. Карманова, проф. д-р техн. наук;  
С.Г. Тихомиров, проф. д-р техн. наук; А.М. Скачков, асп.  
(ВГУИТ, г. Воронеж)

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

При изготовлении полимерных композиций их технологические свойства изменяются в зависимости от типа и содержания применяемых ингредиентов. Так, использование каучуков с неоднородной структурой или компонентов, резко повышающих вязкость композиции, приводит к ухудшению их технологических свойств.

Исследовано изменение свойств каучуков в процессе их технологической обработки и разработана математическая модель процесса. Изготавливали модельные образцы полимерных композиций на основе каучука СКС-30АРК, в который вводили высоковязкий полимер (ВВП) при различных соотношениях «каучук/ВВП» от 90/5 до 50/50. В качестве компонентов, улучшающих однородность композиций, были выбраны индустриальное масло И-12А, масло ПН-6, низкомолекулярный полибутадиен ПБН индивидуально и в комбинации. Для определения составов модельных образцов использовали план эксперимента ПФЭ 3<sup>3</sup>.

Зависимости технологических свойств композиций с учетом взаимодействия компонентов определяется выражением:

$$Y = Y_0 + \sum_{i=1}^{N+1} a_i x_i + \sum_{i=1}^{N+1} \sum_{j=1}^N a_{i,j} x_i x_j + H,$$

где  $Y_0$  – исследуемые свойства каучука (без дополнительных компонентов);  $a_i$ ,  $a_{i,j}$  – параметры модели без учета и с учетом взаимодействия компонентов, соответственно;  $x_i$  – массовая доля  $i$ -го ингредиента композиции;  $H$  – помеха, обусловленная ненадежностью условий приготовления полимерной композиции и ошибкой эксперимента;  $N$  – число дополнительных ингредиентов.

Реализован алгоритм идентификации параметров модели. Подтверждена адекватность модели с использованием F-критерия Фишера. С использованием разработанной модели осуществлена оптимизация процесса изготовления полимерных композиций, заключающаяся в выборе состава, и обеспечивающие требуемые технологические свойства.

## **ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОНАБУХАЮЩИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время в строительстве широкое распространение получили гидроизоляционные материалы на основе эластомеров с различными водонабухающими добавками. Полиакриламид (ПА) является наиболее перспективным в качестве добавки, обеспечивающих необходимое набухание в воде эластомерных гидроизоляционных материалов.

Водонабухающие эластомерные композиции (ВЭК) изготавливают на основе каучуков различной химической природы, среди которых чаще других используются этиленпропиленовый, бутадиенстирольный и бутилкаучук. Их выбор основывается на преимуществах свойств каучуков при использовании в составе герметизирующих материалов строительного назначения, эксплуатируемых в условиях действия кислорода, атмосферных факторов, агрессивных сред. Необходимо также учитывать, что в основе технологии получения уплотнителей лежит экструзия и последующая вулканизация без давления. Поэтому при изготовлении неформовых уплотнителей каучуки и смеси на их основе должны обладать хорошими технологическими свойствами, а выбранные режимы вулканизации должны обеспечивать эксплуатационные требования.

Разработаны составы, технологические режимы изготовления и получены образцы ВЭК на основе бутадиенстирольного каучука и ПА. Предложены технические решения по введению ПА в эластомерную матрицу, исключающие расслоение композиции и выкристаллизацию ПА на поверхность. Исследована кинетика набухания сшитых образцов в воде. Проведен анализ зависимостей степени набухания образцов от содержания полиакриламида и условий вулканизации. Проведен анализ технологических свойств водонабухающих эластомерных композиций.

Установлено, что скорость и максимальная степень набухания образцов возрастает с увеличением дозировки полиакриламида. Для обеспечения степени набухания эластомерных материалов более 200 % в композицию следует вводить не менее 60 мас.ч. ПА, при этом время вулканизации при температуре 130 °С должно составлять 40 мин. Разработанные рецептурно-технологические решения позволяют получить образцы уплотнителей различного срока эксплуатации с максимальной степенью набухания более 400 %.

УДК 678.074

А.Н. Гайдадин, доц., канд. техн. наук (ВолгГТУ, г. Волгоград);  
И.П. Петрюк, доц., канд. техн. наук (КГСХА, г. Кострома)

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СШИТЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Расширение сфер применения эластомерных материалов приводит порой к ситуации, в которой изделие эксплуатируется при воздействии высоких температур, соответствующих или даже превосходящих температуру пиролиза полимерной матрицы. Анализ реальных ситуаций показывает, что при высокотемпературном тепловом воздействии выход резинотехнических деталей из строя связан, как правило, со значительным снижением эксплуатационных характеристик вулканизата.

Удобным методом исследования состояний эластомерных материалов при силовом и тепловом воздействии является термомеханический анализ, который охватывает всю температурную область существования полимера и, как следствие, позволяет отразить все изменения физического состояния исследуемого эластомера и многие физико-химические превращения, которым он подвержен.

На рисунке представлена термомеханическая кривая (ТМК) типичная для большинства резин на основе каучуков общего и специального назначения, которую можно считать полной ТМК сшитого эластомера.

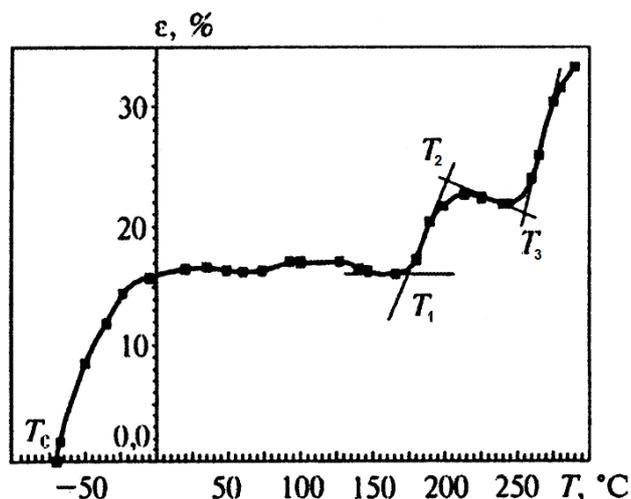


Рисунок – Термомеханическая кривая наполненного вулканизата на основе каучука СКИ-3

На данной кривой четко видны температуры различных физических состояний и физико-химических процессов, происходящих в ма-

териале при нагревании. Резкий рост деформируемости образца при температуре  $T_c$  связан с его расстеклованием; почти параллельный оси абсцисс участок кривой в интервале температур от  $-5$  до  $T_1$  относится к области высокоэластического состояния.

Новый скачок деформации при температуре выше  $T_1$  вызван изменениями в макроструктуре материала – началом порообразования. Данный скачок деформируемости может быть назван структурным течением, а температура начала порообразования  $T_1$  – температурой структурного течения.

Ранее было показано, что эластомерным материалам при высокотемпературном воздействии характерно явление порообразования, при котором композиция сохраняет допустимый уровень эластичных и механических показателей [1-3]. При этом, у газонаполненной структуры сохраняются высокоэластические свойства, но существенно снижается модуль упругости, что приводит к более высоким деформациям в ходе термомеханического анализа.

Замедление роста деформируемости и его прекращение в области температур  $T_2 - T_3$  обусловлено достижением предельного вспенивания эластомера. При температурах выше  $T_3$  начинается деструкция полимерной матрицы материала, что проявляется в новом скачке деформации. Начало деструкции резин при температуре  $T_3$  подтверждают и данные термогравиметрического анализа.

Таким образом, для пространственно-сшитых эластомеров в области высоких температур характерен структурный переход, обусловленный процессом порообразования, который можно установить с помощью термомеханического анализа и охарактеризовать температурой начала порообразования – температурой структурного течения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гайдадин А.Н., Петрюк И.П., Каблов В.Ф. Порообразование в пространственно сшитых эластомерах, подвергающихся высокотемпературному воздействию // Каучук и резина. 2008. № 1. С. 7-10.
2. Гайдадин А.Н., Петрюк И.П., Каблов В.Ф. Особенности теплового расширения резин при высокотемпературном нагреве // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 23. С. 159-163.
3. Гайдадин А.Н., Каблов В.Ф., Петрюк И.П. Влияние порообразования на теплофизические характеристики резин, предназначенных для защиты от воздействия пламени // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18, № 3. С. 141-143.

С.А. Сафронов, ст. преп., канд. техн. наук;  
О.И. Сушкова, магистрант (ВолгГТУ, Волгоград)

## **РАЗРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ПО ТЕХНОЛОГИИ FDM НА ОСНОВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ**

Аддитивные технологии являются эффективным методом получения мелкосерийных изделий полимеров. Широкое распространение получил метод 3D-печати по технологии послойного наплавления (FDM), так как его аппаратное оформление достаточно простое и недорогостоящее. В качестве расходных материалов для печати по технологии послойного наплавления используются филамент (нить) диаметром, как правило, 1,75 или 2,85 мм из термопластичного полимера. В настоящее время в качестве расходных материалов широкое распространение получили АБС-пластик, полилактид (ПЛА) и ударопрочный полистирол. К сожалению, использование данных материалов не позволяет создавать изделия, способные применяться в промышленности. Сегодня существует огромная потребность в мелкосерийных изделиях, особенно в таких отраслях, как робототехника, беспилотные летательные аппараты, медицине и машиностроении. Можно предположить, что практически из любого термопластичного полимера, можно получить филамент для 3D-печати. Однако технологические характеристики термопластов не позволяют создать филамент методом экструзии или не обеспечивается печать на 3D-принтере. Из широкого ассортимента инженерных пластиков, сегодня для 3D-печати применяют только полиамиды ПА-11 и ПА-12. Их применение обусловлено приемлемыми технологическими характеристиками позволяющими получить филамент и произвести печать. Использование ПА-11 и ПА-12 не решает проблему, так как из всего ассортимента полиамида им характерны наименьшие механические характеристики и теплостойкость. Решением проблемы может быть получение композиций на основе полиамидов ПА-6, ПА-6,6 или ПА-610 с требуемым комплексом технологических характеристик обеспечивающих возможность получения филамента для 3D-печати и саму печать.

Таким образом, целью работы явилась разработка материалов для 3D-печати по технологии послойного наплавления на основе полиамида ПА-6.

Достижение поставленной цели заключается в композиционировании полиамида с высокомолекулярными добавками и дисперсным на-

полнителем в условиях реакционного смешения. Так, введение в полиамидную матрицу в условиях реакционного смешения гидроксида магния и тройного сополимера этилена, винилацетата и малеинового ангидрида позволяет получить композицию с ПТР 5 г/10 мин (при температуре 230 °С, нагрузка 2,16 кг). Полученная композиция способна к переработке в филамент методом экструзии. Полученная композиция способна к 3D-печати по технологии послойного наплавления. В таблице представлены физико-механические характеристики полученной композиции. Свойства определялись на образцах полученных 3D-печатью. В качестве объекта сравнения был выбран полиамид марки ПА-6 Волгамид 34, из которого были получены образцы методом литья под давлением.

**Таблица – Физико-механические свойства композиции для 3D-печати и полиамида**

Наименование показателя	Значение показателя	
	композиция для 3D-печати	полиамид ПА-6 Волгамид 34
Предел прочности при растяжении, МПа	53,2	59,1
Предел прочности при разрыве, МПа	49,8	57,9
Относительное удлинение при разрыве, %	221	239
Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза, кДж/м <sup>2</sup>	Образец не разрушался	Образец не разрушался
Ударная вязкость по Шарпи на образцах с надрезом, кДж/м <sup>2</sup>	83,7	97,5
Теплостойкость по Вика, °С	195	195

Таким образом, в результате проведенной работы получены композиции на основе полиамида для 3D-печати по технологии послойного наплавления. Созданные композиции позволяют получать методом 3D-печати изделия с характеристиками не уступающим изделиям из полимеров полученным традиционными методами (литье под давлением).

Е.А. Питиримова, магистрант 2 курса;  
Н.Н. Вершинина, бакалавр 4 курса;  
А.А. Бурков, доц., канд. хим. наук  
(ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет, г. Киров, Россия)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ УДОБРЕНИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ**

С развитием сельского хозяйства возникает проблема повышения плодородия почв, увеличения урожайности и повышения качества сельскохозяйственной продукции. Для решения этих проблем используют традиционные удобрения, однако при их растворении резко увеличивается концентрация питательных веществ, что может привести к перенасыщению почвы минеральными веществами. Со временем количество питательных веществ уменьшается, что приводит к необходимости повторного внесения таких удобрений. Использование удобрений пролонгированного действия позволяет поддерживать уровень необходимых питательных веществ в течение всего срока роста и развития растения [1].

Основной принцип создания удобрений пролонгированного действия в виде капсул – покрытие обычных удобрений пленкой на основе различных веществ (серы, парафинов, полимеров)[2,3].

Цель данной работы – исследование возможности использования в производстве удобрений длительного действия биоразрушаемых полимеров.

В работе использовали широко применяемое удобрение NPKS 21:10:10:2 – комплексное, твердое, сложное гранулированное удобрение. В качестве биоразрушаемого полимера использовали полилактид (ПЛА) марки «Ingeo Biopolymer 4043D» с плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> производства компании «NatureWorks» (США). ПЛА растворяли, полученными растворами (3%, 5%, 7% по массе) обрабатывали гранулы удобрения, затем просушивали на вибросите до полного удаления растворителя. После покрытия его полимерной пленкой поверхность капсулы становилась глянцевой и блестящей.

Экспериментальным путем были подобраны оптимальные параметры процесса: тип растворителя, концентрация полимера, требуемое количество слоев полимера на грануле удобрения. В результате были получены гранулы с необходимым эффектом капсулы: полимер полностью покрывает минерал, не оставляя дефектов (пустот, пор) на поверхности.

Капсулированные таким способом удобрения не растворяются в

воде, в отличие от исходных минералов. При внесении в почву за счет постепенного разрушения оболочки из ПЛА происходит высвобождение минеральных веществ и диффузия их в почву.

Таким образом, исследована возможность применения ПЛА в качестве полимерного покрытия для создания удобрений пролонгированного действия. При этом, варьируя количество слоев полимера (толщину полимерного покрытия) и скорость удаления растворителя (структуру покрытия), можно регулировать скорость высвобождения удобрения из капсулы, обеспечив равномерное поступление элементов питания для лучшего роста и развития сельскохозяйственной культуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Gabrys, T., Fryczkowska, B. Preparing and using cellulose granules as biodegradable and long-lasting carriers for artificial fertilizers // *Journal of Ecological Engineering*, Volume 19, Issue 4, 2018, Pages 111–122.

2 Boyandin, A.N., Kazantseva, E.A., Varygina, D.E., Volova, T.G. Constructing slow-release formulations of ammonium nitrate fertilizer based on degradable poly(3-hydroxybutyrate) // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volume 65, Issue 32, 16 August 2017, Pages 6745–6752.

3 Chen, L., Xie, Z., Zhuang, X., Chen, X., Jing, X. Controlled release of urea encapsulated by starch-g-poly(l-lactide) // *Carbohydrate Polymers*, Volume 72, Issue 2, 5 May 2008, Pages 342–348.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, АКТИВИРОВАННЫХ КОРОННЫМ РАЗРЯДОМ**

Обычно полимерные пленки имеют химически инертную поверхность с низким поверхностным натяжением. Это вызывает определенные трудности при нанесении печатных красок. Для модификации поверхностей пленок и повышения адгезии к краскам и клеям наиболее часто прибегают к обработке пленок коронным разрядом, которая приводит к изменению структуры и поверхностных свойств: окислению с образованием полярных групп, сшиванию, деструкции и т. п.

Целью данного исследования являлось изучение изменений происходящих в пленочном материале в процессе обработки коронным разрядом и определение длительности сохранения эффекта коронной обработки.

В качестве объектов исследования были использованы образцы полиэтиленовой пленки, обработанные коронным разрядом в стандартных условиях работы линии по выпуску рукавной пленки и образцы полиэтиленовой пленки, подвергнутые избыточной обработке («перекоронированные»).

Изменение характеристик поверхности оценивали по величине краевого угла смачивания. В качестве тестовой жидкости применяли дистиллированную воду. Измерения краевых углов смачивания проводили при нормальных условиях. Краевой угол измеряли в течение нескольких суток. Угол смачивания для активированной стороны стал равен углу смачивания для неактивированной стороны примерно через двое суток. Данный факт может свидетельствовать об утрате эффекта, достигнутого в результате обработки пленки коронным разрядом.

Исследование химического состава поверхности образца полиэтиленовой пленки, обработанного в стандартных условиях, проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра Инфралюм ФТ-801, оснащенным приставкой многократного нарушенного полного внутреннего отражения (МНПВО). В результате обработки на поверхности образуются кислородсодержащие группы. Об этом свидетельствует пик в области  $1720-1760\text{ см}^{-1}$ , характерный для полос поглощения валентных и деформационных колебаний карбоксильной группы ( $\text{C}=\text{O}$ ).

С течением времени было обнаружено появление и рост интенсивности пика в районе  $1650\text{ см}^{-1}$ , характерного для полос поглощения группы  $-\text{CONH}_2$ . Известно, что исследуемая пленка содержала в качестве скользящей добавки эрукамид, который плохо совместим с полиэтиленом и с течением времени мигрирует на поверхность. Сравнивая относительные площади пиков, соответствующих колебаниям группы  $-\text{CONH}_2$  для активированной и неактивированной сторон, установлено, что процесс миграции добавки происходит с одинаковой интенсивностью к обеим поверхностям и занимает продолжительное время. Однако, согласно литературным данным процесс миграции подобных добавок на поверхность полимерных пленок завершается в более короткие сроки. Поэтому полученные результаты требуют повторной проверки.

Для образца пленки, подвергнутой избыточной обработке, были проведены аналогичные испытания. На основании полученных ИК-спектров установлено, что в случае пленки, подвергнутой избыточной обработке, интенсивнее миграция добавки (эрукамида) происходит в сторону обработанной поверхности. Для пленки, подвергнутой избыточной обработке, угол смачивания с активированной стороны имеет меньшие значения, чем для пленки, обработанной в стандартных условиях, что позволяет предположить лучшую смачиваемость пленки краской. Однако, кроме легкости нанесения печати, важным фактором является способность пленки свариваться. Из литературных данных известно, что для пленок, подвергнутых избыточной обработке коронным разрядом, характерна плохая свариваемость. Данное явление может быть объяснено повышением концентрации полярных групп в поверхностных слоях и, следовательно, повышением гидрофильности поверхности и увеличением концентрации влаги в поверхностных слоях пленки в результате адсорбции, что приводит к ухудшению свариваемости.

Таким образом, в ходе работы установлено, что для образцов полиэтиленовой пленки, обработанной коронным разрядом в стандартных условиях работы линии, эффект обработки исчезает в течение двух суток. В дальнейшем это может привести к необходимости повторной обработки. Также установлено, что с течением времени на поверхность обработанных пленок выпотеваает скользящая добавка, миграция усиливается с увеличением степени обработки коронным разрядом.

А. Г. Мозырев, зав. кафедрой, канд. техн. наук;  
О. О. Майорова, асп. (ТИУ, г. Тюмень)

## **УТИЛИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН И ПОКРЫШЕК ПИРОЛИЗОМ**

Проблема утилизации автомобильных шин и покрышек занимает большое значение. Это обуславливается тем, что свалки сильно загромождены, а также резина после эксплуатации является опасным видом производственных отходов. В природе резиновые изделия разлагаются очень долго, достигая более 100 лет, выделяя в атмосферу вредные канцерогены. В связи с этим необходимо вести их утилизацию.

Существуют следующие методы утилизации резины: механическая обработка, сжигание шин, обработка при низких температурах, утилизация взрывом и пиролиз.

В первом случае механическая обработка служит для получения регенерата или крошки, которая в свою очередь используется для получения промышленных товаров.

Сжигание шин приводит к загрязнению окружающей среды т.к. многие вредные вещества не распадаются, а попадают в атмосферу [1,2].

Обработка при низких температурах проводится жидким азотом при температуре от  $-600$  до  $-900^{\circ}\text{C}$ . При таких температурах резина подвергается дроблению.

Утилизация взрывом проходит с помощью термического охлаждения с последующим взрывом.

В результате продуктом перечисленных процессов является гранулированная крошка, которая в дальнейшем может служить для строительства детских площадок.

Утилизация пиролизом проходит при термическом разложении органических соединений резины при отсутствии кислорода. Метод пиролиза является более щадящим в отличие от остальных методов, так как сырье не только перерабатывается, но из него получается новое сырье [2]. В связи с этим была поставлена цель работы получить компонент с высоким содержанием октана для получения высокооктанового бензина.

В качестве продукта для изучения использовалось сырье, полученное пиролизом автомобильных шин и покрышек. В ходе работы были изучены и выполнены основные физико-химические характери-

стики продукта. В результате полученный продукт подвергся разделению на узкие фракции: н.к. - 85°C, 85-180°C, 180 - к.к. Разделение проводилось на установке по разгонке сырой нефти по методу ASTM2892. В дальнейшем были изучены следующие характеристики: плотность, вязкость, температура застывания, температура вспышки в закрытом тигле, хроматографический анализ. Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Физико – химические показатели полученного топлива пиролизом шин и покрышек**

Физико-химические показатели								Хроматографический анализ	
Фракционный состав, °С		ρ, кг/см <sup>3</sup>		ν, мм <sup>2</sup> /с		t <sub>в.з.</sub> , °С	t <sub>з.</sub> , °С	Октановое число (ОЧ)	
t <sub>н.к.</sub>	t <sub>к.к.</sub>	при 20°C	при 50°C	при 20°C	при 50°C			ОЧИМ	ОЧММ
49	332	915	895	0,0043	0,0024	-7	-50	103	99

Примечание: t<sub>н.к.</sub> – температура начала кипения продукта, t<sub>к.к.</sub> – температура конца кипения продукта, ρ – плотность при 20°C, ν - кинематическая вязкость при 20°C, t<sub>в.з.</sub> – температура вспышки в закрытом тигле; t<sub>з.</sub> – температура застывания

В результате можно сделать вывод, что бензиновая фракция до 85°C как компонент для получения высокооктанового бензина не подходит так как фракция имеет октановое число 74, а вот фракция 85-180°C может использоваться как компонент с высоким содержанием октана (ОЧ 103). Фракция 180 - к.к может послужить для получения нефтяного кокса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шулдякова, К. А., Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и здоровье человека // Молодой ученый, 2016.
2. Вольфсон, С.И., Фафурина, Е.А., Фафурин, А.В., Методы утилизации шин и резинотехнических изделий / С.И. Вольфсон, Е.А. Фафурина, А.В. Фафурин Казань: Вестник Казанского технологического университета, 2011.

Е.В. Комарова, доц., канд. техн. наук;  
В.М. Болотов, проф., д-р техн. наук;  
С.В. Грезев, магистрант (ВГУИТ, г. Воронеж)

## **РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ АНТОЦИАНОВЫХ И ФЛАВОНОИДНЫХ ПИГМЕНТОВ**

Известно, что натуральные колоранты содержат в своем составе, кроме красящих пигментов, другие биологически активные компоненты, которые полезны для человека – витамины, углеводы, органические кислоты и др. Поэтому использование естественных пигментов для окрашивания продуктов питания позволяет не только улучшить внешний вид, но и повысить пищевую ценность продуктов.

В последнее время возрос интерес к пигментам флавоноидной и антоциановой природы, содержащиеся в различных плодах и ягодах.

Предмет изучения составляло получение антоциановых и флавоноидных красителей из различных ягод, произрастающих в средней полосе России.

В качестве исходного растительного сырья использовались ягоды боярышника, ежевики, калины, клубники, клюквы и малины. Колоранты окрашивают во все оттенки красного - от розового (боярышник, калина) до фиолетового (клюква, ежевика).

Экстракцию красящих веществ проводили спиртовыми (этанол, глицерин) и водно-спиртовыми растворами в различных соотношениях, в том числе и подкисленными соляной кислотой.

Характеристику окрашенных растворов давали на основании определения цветности методом RGB. Цветность полученных растворов красителей анализировали методом компьютерной цветометрии (сканерометрическим методом), основанном на использовании цифровых изображений, получаемых с помощью планшетного сканера со слайд-адаптером и специальной насадкой. Изменение цвета образцов контролировали в течение 14 суток, используя кювету с толщиной оптического слоя 10 мм.

Для анализа цветности создан пакет программ в среде MathCAD 11. Графический файл данных, содержащий изображения всех образцов, формировали в программе Adobe Photoshop полуавтоматически с использованием встроенной функции формирования листа уменьшенных копий из меню Файл—Автоматизация—Contact Sheet II. Этот прием позволяет анализировать за один раз всю серию изображений образцов, что существенно ускоряет процесс получения калибровочной зависимости и обработки большого количества анализируемых проб.

Программа автоматически рассчитывала средние значения кодов цветности в выбранной области анализируемых участков изображения. Полученные значения цветности вносили в таблицу, по данным которой автоматически по трём цветовым компонентам (R, G, B) строили три калибровочные кривые. Анализ всех трёх составляющих цвета даёт дополнительную информацию: если наблюдаются отклонения соответствующих точек и по нескольким цветовым компонентам, можно с большой долей вероятности предположить ошибку определения цветности.

Исследования проводились также на установлении максимумов поглощения при исследовании зависимости оптической плотности от длины волны с помощью спектрофотометрического метода анализа.

Было установлено, что доля красного цвета по методу RGB составляет от 230 до 250 условных единиц из 255 возможных для разных ягод, а пик максимума поглощения – от 490 до 540 нм, что соответствует цвету от оранжевого до пурпурного.

С целью определения чистоты красителей проводились исследования пигментов методом тонкослойной хроматографии.

Результаты исследования показали, что часть экстрактов природных биологически активных колорантов (например, из клюквы, клубники) является однокомпонентными системами, а часть (например, из боярышника, калины) – многокомпонентными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов, В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение /В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова – СПб.:ГИОРД, 2008.
2. Комарова, Е.В. Цветометрические характеристики композиционных каротиноидно-антоциановых экстрактов растительного сырья / Е.В. Комарова, В.М. Болотов, Е.С. Филатова, В.В. Хрипушин // Химия растительного сырья, 2016. № 1. С. 127-134.

К.В. Вишнеvский, доц., канд. техн. наук;  
Н.Р.Прокопчук, член.-корр. НАН Беларуси, проф., д-р хим. наук;  
(БГТУ, г. Минск)

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ РЕЗИНА-КОРД ВВЕДЕНИЕМ ДОБАВОК ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СОСНОВОЙ ЖИВИЧНОЙ КАНИФОЛИ С ЦИТРАКОНОВЫМ АНГИДРИДОМ**

В существенной степени качество многослойных резинотекстильных определяется прочностью связи на границе резина-армирующий материал. Для повышения прочности связи с текстильной основой применяются различные добавки на основе смол, зачастую они являются пластификаторами, повышающими также клейкость резиновых смесей. Для этого используются как продукты нефтехимических и угольных производств, так и природного происхождения. Последние, в частности, канифоль имеет ряд недостатков: низкая температура размягчения, высокое кислотное число, склонность к кристаллизации, хрупкость, способность легко окисляться кислородом воздуха, недостаточная влагоустойчивость и др.

Задачей данной работы было определение прочности связи в системе резина-корд при нормальных условиях, повышенных температурах, после воздействия различных агрессивных сред. Добавка представляет собой продукт взаимодействия сосновой живичной канифоли с цитраконовым ангидридом, а также продукты их взаимодействия с этаноламином, анилином и октиламином. Исследуемые добавки вводились в наполненные эластомерные композиции на основе комбинации синтетических каучуков в дозировке 2,5 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Испытания проводились с использованием Н-метода.

В результате исследований установлено, что при нормальных условиях значения прочности связи резины с единичной нитью корда находились на уровне образцов, содержащих промышленно применяемую смолу СИС, аналогичная зависимость прослеживалась и при испытаниях в условиях повышенной до 100 °С температуры. Однако, при испытаниях образцов после старения в солевой, паро-воздушной и воздушной средах было установлено, что резины с азотсодержащими производными аддуктами канифоли характеризуются более высокими показателями прочности связи.

Таким образом, добавки на основе продуктов взаимодействия сосновой живичной канифоли с цитраконовым ангидридом могут применяться в качестве технологических добавок, улучшающих переработку и повышающих адгезионные свойства.

## **ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ МИКРОСФЕР НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВУЛКАНИЗАТОВ**

Полимерные материалы, обладающие высоким сопротивлением к износу, маслостойкостью широко применяются в производстве. Для этих целей обычно используют вулканизаты на основе бутадиен-нитрильного каучука (БНК). Недостатком таких вулканизатов является повышенный абразивный износ.

Для устранения этого недостатка изучено введение в резиновую смесь полых корундовых микросфер «сухим» смешением[1].

Цель работы заключалась в оценке влияния модификации поверхности микросфер, добавляемых в количестве 5 % масс. на каучук «сухим смешением» в БНК на стадии приготовления резиновой смеси, на упруго-прочностные показатели и сопротивление износу вулканизатов.

Объектом исследования являлся вулканизат на основе бутадиен-нитрильного каучука в присутствии добавок полых корундовых микросфер НСМ-S фирмы ООО «Кит-Строй СПб» с модифицированной поверхностью. При проведении испытаний использованы поверхностно-модифицированные полые корундовые микросферы (Сфера 1, Сфера 2, Сфера 3) и контрольный образец (Сфера 0) без модификации поверхности[2].

Исследовалось влияние присутствия поверхностно-модифицированных микросфер на твердость и эластичность вулканизатов по отскоку. Установлено, что добавки микросфер приводят к незначительному росту твердости. Присутствие «Сфера 2» обеспечивает наибольший прирост твердости вулканизатов.

Присутствие микросфер в вулканизатах влияет на твердость и эластичность по отскоку. Снижение эластичности обнаружено в присутствии «Сфера 0, 2 и 3». Введение поверхностно-модифицированных «Сфера 1» повысила эластичность вулканизатов по отскоку.

Установлено, что присутствие микросфер приводит к незначительному росту твердости. Присутствие «Сфера 2» обеспечивает наибольший прирост твердости вулканизатов.

Наименьшие прочность и относительное удлинение при разрыве вулканизатов выявлены в присутствии «Сфера 0» – 13,4 МПа и 390% соответственно. В присутствии «Сфера 3» выявлено наименьшее

падение прочности при разрыве и наибольший модуль при 200 и 300% удлинении при снижении относительном удлинении при разрыве. Установлено, что наибольшее сопротивление раздиру оказывает вулканизат в присутствии «Сфера 1».

Присутствие микросфер в вулканизатах приводит к существенному снижению истираемости.

Модификация поверхности микросфер практически не влияла на показатель истираемости. Наименьший показатель истираемости выявлен у вулканизатов в присутствии «Сфера 3».

Показатели истираемости вулканизатов в присутствии (5 % масс. на каучук) модифицированных микросфер приведены в таблице 1.

**Таблица 1. – Влияние добавок микросфер на разброс истираемости вулканизатов**

Наименование добавки	Истираемость, м <sup>3</sup> /ТДж:		
	Сред.	Макс.	Мин.
Без сфер	122	126	117
Сфера 0	90	91	89
Сфера 1	89	92	85
Сфера 2	87	88	86
Сфера 3	80	91	69

Таким образом, введение микросфер в количестве 5% масс. на каучук в резиновые смеси на основе БНК «сухим» смешением привело к росту сопротивления износу на 25-30%, модуля при 200, 300% удлинении, твердости при снижении прочности, относительного удлинения при разрыве и эластичности.

Модификация поверхности микросфер агентами сочетания позволило снизить падение упруго-прочностных показателей, а в отдельных случаях – поднять сопротивление раздиру.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ушмарин, Н.Ф. Влияние полых корундовых микросфер на свойства подошвенной обувной резины / Н.Ф. Ушмарин и др. – Москва: XXII Международная научно-практическая конференция, 2017. – 122 с.
2. Королева Е.В. Получение наполненных композитов на основе латексных связующих / Е.В. Королева, В.А. Седых, Е.А. Полякова, Н.В. Белякова // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: сб. статей. – Москва, 2017. –С.157.

УДК 542.61:547.9:663.543

О. В. Стасевич, доц., канд. хим. наук; В. А. Лось, студ. (БГТУ, г. Минск).

## **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ В ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ ЭКСТРАКТАХ ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА**

Экстракция водным этанолом является наиболее доступным и безопасным способом извлечения биологически активных веществ из растительного сырья. Феруловая кислота (ФК) является биологически активным соединением, содержащимся в отходах переработки сахарной свеклы в концентрации 0,2% масс., и хорошо растворимым в 50% водном этаноле.

Цель работы – провести сравнительную оценку содержания феруловой кислоты в водно-этанольных экстрактах, полученных различными методами.

Общий процесс выделения феруловой кислоты включал в себя стадии высушивания, измельчения свекловичного жома, его щелочного и последующего кислотного гидролиза, нейтрализации, экстракции, концентрирования на роторном испарителе. Выделение ФК из отходов переработки сахарной свеклы различными методами экстракции осуществлялось с применением 50% водного этанола в качестве экстрагента. Для проведения экстракции феруловой кислоты к объему полученной после гидролиза водной суспензии добавляли равный объем этанола, что и привело к получению экстрагирующей смеси нужного состава – вода : этанол (1:1). Далее пробы были подвергнуты пяти разным способам экстракции: методом мацерации, экстрагированием при нагревании на водяной бане, под действием ультразвука, а также выделением при помощи микроволновой энергии 100 и 300 Вт. Количественную оценку ФК в образцах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии осуществляли на хроматомасс-спектрометре, оснащенный диодно-матричным и масс-детектором.

Было выявлено, что экстракция при воздействии микроволновой энергии мощностью 100 Вт позволяет получать экстракт с наибольшим содержанием в нем ФК в пересчете на сухой жом (0,21%). Наименьшее содержание ФК достигалось при использовании ультразвуковой бани и микроволновой энергии мощностью 300 Вт, что возможно связано с ее разрушением под действием этих условий (0,01 и 0,02% соответственно). Способы экстракции мацерацией и на водяной бане дают также удовлетворительные результаты (0,19%) и могут быть также использованы при разработке технологии выделения феруловой кислоты из свекловичного жома.

УДК577.214: 004.9

Д.В. Галиновский, канд. биол. наук (ИГиЦ, г. Минск);  
Н.В. Мокшина, канд. биол. наук; О.В. Сауткина, асп.; (КИББ, г. Казань);  
Л.В. Хотылева, академик; А.В. Кильчевский, академик (ИГиЦ, г. Минск);  
Т.А. Горшкова, проф., д-р биол. наук (КИББ, г. Казань)

## **РОЛЬ ПЕКТИНОВ В ДЕТЕРМИНАЦИИ КАЧЕСТВА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА**

Лен является важной сельскохозяйственной культурой, которая выращивается для получения волокна и масла. Методами классической селекции созданы культуры льна-долгунца, волокно которых значительно превосходит по качеству волокно своих диких сородичей, а также волокно масличного льна. Разрывная нагрузка чесанного волокна льна-долгунца почти в 3 раза выше таковой диких видов льна и более чем в 4 раза выше чем у волокна льна масличного. В работе ставили цель изучить генетический базис такого улучшения показателей качества льняного волокна.

Мы проанализировали функционирование генов, предположительно вовлеченных в биогенез клеточной стенки флоэмных клеток, которые образуют льняное волокно. Наиболее существенные различия обнаружены в транскрипции генов, которые потенциально связаны с биогенезом пектиновых веществ. Экспрессия генов гликозилтрансфераз (*LusGt92-2*, *LusGt47-1*), которые, вероятно, связаны с синтезом высокомолекулярного рамногалактуронана I (RG-I), была в 5 и более раз выше в волокнах льна-долгунца по сравнению с льном масличным. Гены, продукты которых модифицируют боковые цепи и остов RG-I (*LusRGL6*, *LusBGAL*), также более активно (в 3 более раз) экспрессировались в волокнах льна-долгунца по сравнению с льном масличным.

Биохимические исследования высокомолекулярной водорастворимой фракции пектинов показали, что выход RG-I из волокон льна-долгунца в среднем в 2,8 раза выше, чем из волокон льна масличного.

Таким образом, улучшение качества льняного волокна связано с усилением экспрессии генов метаболизма RG-I.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФ  
(проект № 17-76-20049).*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ФАЛЬСИФИЦИРОВАННОГО РЫБЬЕГО ЖИРА МЕТОДАМИ ЯМР и ГЖХ**

Одним из важнейших компонентов рыбы и морепродуктов является жир. Рыбий жир – кладезь полезных веществ для поддержания иммунитета и развития организма. Он содержит необходимые для человека витамины А и D, а также омега-3 жирные кислоты.

Современный рынок предлагает потребителю широкий выбор биологически активных добавок на основе рыбьего жира, который выпускается в виде капсул, масла и раствора. Не секрет, что значительное расширение ассортимента данного продукта на потребительском рынке не обходится без стремления выпускать продукцию заведомо заниженного качества.

Цель данной работы – исследование жирнокислотного состава биологически активных добавок на основе рыбьего жира разных производителей и выявление фальсифицированной продукции.

Для этого использовался метод спектроскопии ЯМР и газожидкостной хроматографии.

Наиболее характерными для рыбьего жира являются олеиновая, эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты. В жире морских рыб практически отсутствует олеиновая и линолевая кислота, в то время как в подсолнечном масле соотношение олеиновой и линолевой кислот составляет около 1:1,5.

В качестве образцов были выбраны биологически активные добавки на основе рыбьего жира следующих производителей:

1. «Möller's», место нахождения: Норвегия;
2. УП «Минскинтеркапс», место нахождения: Минск, Беларусь;
3. СП ООО «Фармлэнд», место нахождения: Несвиж, Беларусь;
4. «Мирролла», место нахождения: Санкт-Петербург, Россия;
5. «PolarPharm», место нахождения: Мурманск, Россия;
6. «Doppel herz», место нахождения: Германия;
7. «Supherb», место нахождения: Израиль.

Изучив состав жирных кислот представленных образцов, было установлено, что образцы рыбьего жира разных производителей не идентичны друг другу по составу; ряд образцов («PolarPharm», «Мирролла» и «Фармлэнд») кроме рыбьего жира содержат растительное масло в количестве до 70%.

## **ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНОГО МАСЛА ЕЛИ КАНАДСКОЙ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА**

Ель белая или ель канадская (*P. glauca* (Moench) Voss.) – вечно-зелёное древесное растение, вид рода Ель (*Picea*) семейства Сосновые (*Pinaceae*). В дендрариях, ботанических садах республики, а также для озеленения территорий города представлено около 13 видов елей, в том числе и ель канадская.

Качество эфирного масла и получаемой продукции определяется химическим составом его компонентов. При этом существенное влияние на состав масла оказывает значительное количество факторов (сезонность, климатические условия, режимы питания и т.д.) и в том числе экологическая обстановка в местах произрастания.

В связи с этим целью настоящей работы был анализ изменения состава эфирного масла ели канадской (*P. glauca*) под влиянием био-ценотических факторов.

В качестве объекта исследования были выбраны деревья ели канадской, произрастающие на территории городского парка г. Минска. Хвою отбирали с различных, рядом растущих 17 деревьев.

Хроматографический анализ выполняли на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой 100%-ым диметилсилоксаном.

Запись спектров ЯМР проводили на спектрометре AVANCE-500 (Германия) с рабочими частотами для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  – 500 МГц и 125 МГц, соответственно.

Выделенное еловое масло представляло собой жидкость светло-жёлтого цвета с древесно-хвойным запахом и жгучим вкусом, плотностью 0,859-0,864.

Методами ГЖХ и ЯМР спектроскопии, проведен анализ динамики накопления камфоры (20,2–28,0 %), борнилацетата (21,1–31,3 %), лимонена (1,3–6,3 %), камфена (4,2–6,7 %),  $\alpha$ -пинена (2,2–3,9 %) и 1,8-цинеола (2,1–9,4 %) в эфирном масле ели канадской в течение календарного года. Установлена взаимосвязь в процессе биосинтеза основных компонентов между собой. Показано, что высокое содержание камфоры и борнилацетата в эфирном масле в течение всего года позволяет использовать его в качестве сырья для получения биологически активных веществ.

## ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ТЕРПЕНОИДОВ ЭФИРНОГО МАСЛА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В ТЕЧЕНИЕ ГОДА

Качество эфирных масел имеет жизненно важное значение. Этот показатель напрямую зависит от компонентного состава масла. Поэтому целью настоящей работы был анализ изменения состава эфирного масла пихты сибирской (*Abies sibirica Ledeb.*) в течение календарного года, произрастающих в одинаковых условиях.

Объектами исследования - деревья пихты сибирской, произрастающие на территории на территории Центрального детского парка им. М. Горького г. Минска. Исходное сырье – лапку пихты сибирской – согласно отбирали с различных, рядом растущих 15 деревьев. Эфирное масло выделяли методом гидродистилляции.

Оценили интегральные показатели качества (выход масла, показатель преломления и плотность). Качественный и количественный анализ состава масел осуществляли методами газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) и спектроскопии ЯМР. Хроматографический анализ выполняли на хроматографе Кристалл 5000.1. Запись спектров ЯМР проводили на спектрометре AVANCE-500 (Германия). Минерализацию образцов хвои выполняли на приборе микроволновой подготовки МС-6.

Самый высокий выход эфирного масла (% а.с.д.) в течение года наблюдался в октябре, самый низкий – в июле месяце. Плотность масла пихты сибирской в течении года изменялась незначительно – от 0,9075 до 0,9085 (г/см<sup>3</sup>). Максимальная величина показателя преломления масла наблюдалась в летний период (1,4725-1,4727), минимальная – в зимний период (1,4715-1,4716).

На основании анализа спектральных и хроматографических данных выявлено, что во всех выделенных маслах доминируют монотерпеновая и кислородсодержащая фракции и минимально содержание сесквитерпеновых соединений. Содержание кислородсодержащих терпенов возрастает в летний период. Содержание борнеола резко возрастает противоположно убыванию содержания камфена. Кроме того, ближе к осени увеличивается содержание борнилацетата как конечного продукта расщепления борнеола.

С.А. Ламоткин, доц., канд.хим.наук;  
А.Н.Никитенко, доц., канд. техн. наук;  
Ю.С. Война, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **ИЗУЧЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ СПЕКТРАЛЬНЫМИ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

В настоящее время производство жиров во всем мире исчисляется десятками миллионов тонн в год. Для масложировой и молочной отраслей промышленности являются актуальными вопросы повышения качества продукции и совершенствования методов его контроля.

Одним из важных показателей качества жиров и растительных масел, который может служить для их идентификации, является жирнокислотный состав. Анализ жирнокислотного состава обеспечивает быстрое получение точных знаний относительно содержания жирных кислот в жиросодержащей продукции. Эта информация очень важна для разработки продуктов, технологического контроля и маркетинга, поскольку вид, количественное соотношение жирных кислот и их положение на глицеридном радикале влияют на физико-химические и органолептические показатели качества жиров и масел.

Целью работы было идентифицировать и определить содержание основных жирных кислот в растительных маслах методами хроматографии и ЯМР спектроскопии.

Запись спектров проводилась в количественном режиме на спектрометре AVANCE-500 с рабочей частотой 500 МГц для ядер  $^1\text{H}$  и 125 МГц для ядер  $^{13}\text{C}$ . Для идентификации сигналов компонентов растительных масел были записаны спектры ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  следующих жирных кислот: линолевой, олеиновой, линоленовой, пальмитиновой и стеариновой.

Хроматографический анализ проводили на газовом хроматографе «Хроматэк Кристалл 5000.1» с ПИД детектором, капиллярной кварцевой колонкой длиной 100 м, диаметром – 0,25 мм, нанесенной фазой – цианопропилфенилполисилоксан. Для идентификации использовали эталонную смесь жирных кислот Restek 35077 и Restek 35079.

В результате исследований были записаны и расшифрованы спектры ЯМР и хроматограммы рапсового, кукурузного, подсолнечного, льняного и рыжикового масел. В маслах идентифицировано наличие пальмитиновой, олеиновой, линолевой и линоленовой кислот.

Р.М. Маркевич, канд. хим. наук., доц.;  
И.Н. Кузнецов, канд. техн. наук;  
И.А. Гребенчикова, канд. техн. наук,  
О.В. Нестер, инж. (БГТУ, г. Минск)

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СТАДИЯМ С РАЗРАБОТКОЙ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ**

Цель работы заключалась в оценке эффективности функционирования каждой технологической стадии очистных сооружений ОАО «Поставский молочный завод» и разработке мероприятий по реконструкции. Объектами исследования служили сточные воды (или иловая смесь), отобранные после усреднения, флотации, из аэротенка, вторичных отстойников и биопрудов. Предметом исследования являлись физико-химические показатели сточных вод на разных стадиях очистки (ХПК, БПК<sub>5</sub>, содержание взвешенных веществ, рН, содержание аммонийного и общего азота, фосфатного и общего фосфора), уровень развития и деструкционный потенциал активного ила (концентрация активного ила по объему и массе, величина илового индекса, количественный и качественный состав организмов иловой смеси). Работа выполнялась в январе–феврале 2018 г.

Установлено, что биоценоз активного ила подвержен колебаниям численности организмов различных видов и изменению соотношения основных индикаторных групп. Активный ил подвержен нитратному вспуханию. Биоценоз активного ила относится к типам биоценозов со средним и низким деструкционным потенциалом.

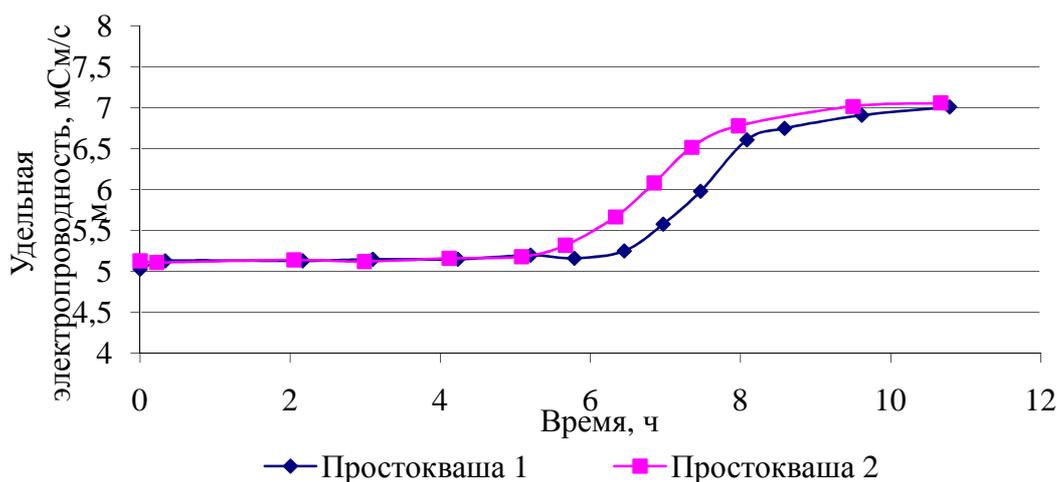
На основании анализа эффективности функционирования каждой технологической стадии очистных сооружений предложены мероприятия по реконструкции: доукомплектование технологической линии еще одной флотационной установкой мощностью 30–35 м<sup>3</sup>/сут; оснащение аэротенка мембранным модулем, производительностью не менее 600–800 м<sup>3</sup>/сут, предусмотрев в схеме трубной обвязки возможность перераспределения потока очищенных сточных вод между мембранным модулем и вторичным отстойником; установку буферной емкости объемом 1000 м<sup>3</sup> для возможности регулирования подачи сточных вод на очистные сооружения и предотвращения негативного влияния залповых сбросов по жидкостному потоку и загрязнениям на режим функционирования всех стадий очистки сточных вод, и, прежде всего, наиболее чувствительной, биологической.

И. В. Подорожня, инж., маг. техн. наук  
(Центр испытаний и сертификации ТООТ, г. Минск);  
С. С. Ветохин, зав. кафедрой, канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)

## ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПРОСТОКВАШИ

Целью настоящих исследований является изучение некоторых физико-химических показателей в процессе ферментации отечественного питьевого коровьего молока ультрапастеризованного 2,5 % жирности объемом 1 л с использованием отечественной сухой закваски молочнокислых микроорганизмов (*Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*) с дозой внесения 0,7 г (не менее  $10^9$  КОЕ/г) при температуре культивирования 37 °С.

Проводилось параллельное приготовление простокваши из двух пакетиков сухой закваски одной партии в лабораторных условиях.



**Рисунок – Изменение удельной электропроводности молока ультрапастеризованного при культивировании закваски**

Образование сгустка началось после 8 часов культивирования.

Установлено, что температура замерзания понизилась на более чем 0,16 °С и активная кислотность менее чем на 2,4 ед. рН, а титруемая кислотность возросла на 70 °Т и удельная электропроводность – менее чем на 2,0 мСм/см по сравнению с исходными значениями данных показателей ультрапастеризованного молока.

На конечные значения изучаемых показателей не повлияли различия в их начальных значениях исходного ультрапастеризованного молока, количестве внесенных заквасочных микроорганизмов, времени начала ферментации.

УДК 543.544.5.068.7

Н.Ю. Адамцевич, асп.; В.С. Болтовский, проф., д-р. техн. наук;  
Д.В. Севко, студ. (БГТУ, г. Минск);  
В.В. Титок, директор, д-р биол. наук (ГНУ «ЦБС НАН Беларуси»)

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЭЖХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИСЕТИНА**

В последнее время большое внимание уделяется использованию натуральных веществ растительного происхождения в качестве химио-профилактических и химиотерапевтических средств.

Флавоноиды – вторичные продукты метаболизма растений, проявляют значительный спектр биологических активностей (антиоксидантная, антиканцерогенная, противовоспалительная, антибактериальная, иммуностимулирующая и противовирусная).

Фисетин (3,7,3',4'-тетрагидроксифлавоноид) – флавоноид группы флавонолов, содержится в овощах и фруктах, таких как клубника, яблоко, хурма, виноград, лук и огурец в концентрациях от 2 до 160 мкг/г. Фисетинсодержащие растения привлекают внимание исследователей, так как фисетин обладает нейротрофическим, антиканцерогенным, противовоспалительным и другими полезными для здоровья эффектами [1].

Цель работы – разработка методики ВЭЖХ определения фисетина. Для качественного определения фисетина применяли стандартный раствор коммерческого препарата фисетина (Thermo Fisher).

Для определения содержания фисетина в растительном сырье использованы цветки душицы обыкновенной (*Origanum vulgare*) из коллекции ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», а также плоды хурмы, яблок, ягоды клубники, лук репчатый, зеленый чай и цветки календулы. Полученные водно-спиртовые экстракты анализировали по разработанной методике ВЭЖХ определения фисетина: изократический режим; колонка BDS HYPERSIL C<sub>18</sub> 250×4,6 мм, 5мкм; в качестве подвижной фазы использовали ацетонитрил:вода с 1% муравьиной кислоты в соотношении 20:80; скорость элюирования – 1 мл/мин; продолжительность анализа – 60 мин.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Khan, N. Fisetin: A Dietary Antioxidant for Health Promotion. / N. Khan, N. Deeba, N. Syed, N. Ahmad, H. Mukhtar //Antioxid Redox Signal. – 2013. № 19. – P. 151–162.

А.Н. Никитенко, канд. техн. наук, доц. (БГТУ, г. Минск);  
О.В. Кальчицкая, начальник Таможенной лаборатории;  
Е.В. Савицкая, главный эксперт Таможенной лаборатории  
(УО «ГИПКиПК таможенных органов РБ»)

## **ИЗУЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КРАХМАЛОВ**

Увеличение числа контрафактной продукции на территории Евразийского экономического союза вынуждает обращать особое внимание на качество реализуемых товаров. К числу продуктов, подлежащих контролю, относятся картофельные и кукурузные крахмалы.

В перечень показателей качества, обуславливающих свойства крахмалов относится вязкость приготовленных клейстеров. Поэтому, целью работы было исследовать вязкость клейстеров на основе различных крахмалов.

Объектами исследования являлись образцы картофельных (экстра, высшего сорта, кислотно-гидролизированный) и кукурузных (экстра, высшего сорта, кислотно-гидролизированный, катионные марок МК-1 и КАТ-2) крахмалов разных производителей. Каждый исследуемый образец микроскопировали на поляризационном микроскопе ВК-РОL при увеличении в 400 раз. Также были испытаны крахмальные клейстеры 2–8%, после достижения температуры клейстеризации. Вязкость крахмальных клейсеров измеряли при помощи вискозиметров ВЗ-246 и ротационного прибора – Viscotech VR3000V1.

При проведении исследований были подобраны параметры измерения на ротационном вискозиметре Viscotech VR3000V1. Для проведения сравнительных исследований вязкости наиболее приемлемым было изготовление крахмальных клейстеров концентрации 2–5 %.

В результате проведенных испытаний по микроскопированию исследуемых образцов можно сделать вывод о том, что структура, форма и величина крахмальных зерен зависит от ботанического происхождения и модификации крахмала.

Наряду с микроскопированием, вязкость крахмальных клейстеров может свидетельствовать о соответствии заявленному наименованию продукции.

А.Н. Никитенко, канд. техн. наук, доц.;  
С.А. Ламоткин, доц., канд. хим. наук, доц.;  
А.В. Стрибуть, студ. (БГТУ, г. Минск)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХРАНЕНИЯ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ПОСЛЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ**

Создание жировых продуктов с оптимизированным составом жирных кислот является одним из направлений развития масложировой промышленности. Создание продуктов на основе растительных масел требует наличия результатов исследований, протекающих процессов окисления, при хранении.

Поэтому, целью работы было изучить хранение купажей растительных масел со сбалансированным составом жирных кислот, подвергшихся термическому окислению в различных средах.

Объектами исследования были, после окисления при температуре 100 °С в течении 6 часов, при активном аэрировании азота и кислорода. Купажы растительных масел были оставлены на ответственное хранение в течение 10 месяцев. В течение данного периода образцы оценивали, измеряя кислотное (по ГОСТ 5476) и перекисное (по СТБ ГОСТ Р 51487) числа. В конце хранения купажи растительных масел испытаны на содержание полиненасыщенных жирных кислот методом ГЖХ на приборе «Хроматэк Кристалл 5000», оснащенный ПИД детектором, кварцевой капиллярной колонкой длиной 100 м, диаметром 0,25 мм, с нанесенной фазой – цианопропилфенилполисилоксан, газ-носитель – азот, объем вводимой пробы – 1 мкл.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что хранение подвергнутых активному аэрированию кукурузно-льняного, кукурузно-рыжикового, подсолнечно-рыжикового купажей растительных масел в отсутствии источников естественного освещения практически не влияет на протекание процессов окисления. Максимальное увеличение перекисного (для подсолнечно-рыжикового купажа) и кислотного (для кукурузно-льняного купажа) чисел не превысило 12 %. Изменения содержания жирных кислот купажей в течение 10 месяцев хранения не произошло.

А. В. Боборикина, магистрант;  
Н. В. Бушкевич, магистр биол. наук, асп.;  
Е. А. Флюрик, доц., канд. биол. наук (БГТУ, г. Минск)

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МАРКЕТИНГОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ «ФИТОЧАЙ НА ОСНОВЕ ЛИСТЬЕВ ГОЛУБИКИ»**

Фиточай – напиток, получаемый при заваривании кипятком плодов, цветков, стеблей или корней растений, не содержащих кофеина. Фиточай помогает восстановить силы, повышает иммунитет и жизненный тонус, широко применяется в фитотерапии при лечении многих заболеваний. Кроме лечебных свойств, фиточаи обладают тонким и изысканным ароматом, приятным вкусом. Поэтому данный вид продукции все больше завоёвывает популярность среди населения не только Республики Беларусь, но и всего мира.

В Республике Беларусь основными производителями данного вида продукции являются: ООО «НПК Биотест»; ООО «Калина»; ООО «Белтея»; ЗАО «БелАсептика»; КУП «Минская овощная фабрика». Однако, как известно, фиточаи не являются лекарственным средством, поэтому в Реестр лекарственных средств Республики Беларусь [1] они не внесены.

В состав фиточаёв входит различное лекарственное растительное сырьё. Наиболее часто используются: плоды шиповника, листья мяты перечной, трава мелиссы, цветки ромашки и листья малины. Однако имеется ряд растений, которые до сих пор не применяются в данном виде продукции, хотя и обладают целым комплексом биологически активных веществ (БАВ). Например, голубика практически не встречается в составах как фиточаёв, так и чайных напитков.

В настоящее время на кафедре биотехнологии проводятся исследования БАВ листьев и плодов различных сортов голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) и голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium*). На основании полученных экспериментальных данных по качественному и количественному составу БАВ голубики, разработана технология получения нового для Республики Беларусь фиточая на основе листьев голубики.

В ходе разработки принципиальной технологической схемы получения фиточая встал вопрос об упаковке товара. Поэтому с целью определения перспектив внедрения фиточайной продукции на основе голубики в Республике Беларусь, а также для выявления предпочтений потенциальных потребителей продукции предъявляемых к упаковке и ценовому сегменту, встала необходимость в сборе дополнительной информации. Получение объективной и достоверной информации о рын-

ке фиточайной продукции должно базироваться на анализе специально проведённых маркетинговых исследований. Одним из современных маркетинговых методов является метод социологического опроса. Опрос – это метод сбора первичной информации на основе взаимодействия исследователя и опрашиваемого (респондента) [2].

Для решения выше указанной цели были сформулированы следующие задачи.

1. Установить степень заинтересованности потенциальных потребителей в появлении данного фиточайного продукта.
2. Выяснить предпочтения потенциальных потребителей к упаковке продукции.
3. Выяснить вкусовые предпочтения потенциальных потребителей.
4. Выработать рекомендации по производству фиточайной продукции на основе листьев голубики.
5. Описать социальные характеристики потенциальных потребителей, с целью выработки маркетинговой стратегии.

Полученные в ходе опроса данные позволили установить, например, что основная масса респондентов предпочитает многокомпонентные сборы лекарственных растений и отдаёт предпочтение жестяным коробкам. Таким образом, были внесены коррективы в рецептуру фиточая на основе голубики (добавлены дополнительные растительные компоненты). Кроме того, удалось выявить низкую информированность опрашиваемых о полезных свойствах листьев голубики, что, несомненно, негативно повлияет на уровень продаж нового фиточая на основе листьев голубики. Поэтому необходимо предварительно провести хорошую маркетинговую работу по рекламе и последующему продвижению нового фиточая на рынке республики. Однако одним из положительных моментов, который, на наш взгляд, поможет помочь успешному внедрению и продвижению данного фиточая на отечественном рынке, это то, что данный продукт разработан на основе местного растительного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лекарственное растительное сырье и сборы из него [Электронный ресурс] / Реестры УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении». Минск, 1998. – Режим доступа: [http://www.rceth.by/Refbank/reestr\\_lekarstvennih\\_sredstv/results](http://www.rceth.by/Refbank/reestr_lekarstvennih_sredstv/results). – Дата доступа: 22.01.2019.
2. Лужнова, Н. В. Опрос как метод маркетинговых исследований / Н. В. Лужнова, М. И. Дергунова, А. В. Мельникова // Молодой учёный. – 2015. – № 23. – С. 588–591.

Е.Ф. Чернявская, ассист.;  
Н.А. Беясова, доц., канд. биол. наук (БГТУ, г. Минск);  
Добыш В.А., зав. лабораторией, канд. хим. наук (ГНУ «ИХНМ», г. Минск)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ХАЛКОНОВ В КАЧЕСТВЕ УСИЛИТЕЛЕЙ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ БИОЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

Для увеличения эффективности известных биоцидных препаратов в случае использования их против формирующих биопленки и приобретающих повышенную устойчивость к биоцидам микроорганизмов, все чаще используют вещества, способные снизить или нивелировать устойчивость клеток к антимикробным препаратам. Существуют различные механизмы устойчивости микроорганизмов к биоцидам, однако наиболее общим из них является снижение интенсивности транспорта антимикробного агента в клетку. Для уменьшения эффекта описанного явления используют усилители антимикробных препаратов, неспецифично повышающие проницаемость мембран. В качестве таких усилителей могут применяться халконы. Целью работы стало изучение перспектив применения халконов в качестве усилителей антимикробных свойств биоцидных препаратов.

Объектами исследования являлись новые образцы халконов, синтезированные в ГНУ «ИХНМ» (D-24, D-28, D-29), образцы модифицированного полигексаметиленгуанидина (ПГМГ) и антибиотики (ампициллин, хлорамфеникол, цефалексин, тетрациклин). Тест-организмами служили санитарно-показательные бактерии (*E. coli* ATCC 8739, *S. aureus* ATCC 6538), мицелиальные грибы (*Aspergillus niger*, *Penicillium* sp.) и дрожжи (*Candida tropicalis*). Исследование проводили с использованием стандартных микробиологических методов: суспензионного и диффузионного.

Оценка антимикробных свойств анализируемых препаратов диффузионным методом позволила определить концентрации, которые оказывают минимальное ингибирующее действие на тест-культуры. В дальнейших исследованиях эффективность халконов, как усилителей антимикробных свойств, определяли совместным инкубированием тест-культур с образцами халконов и антимикробных веществ в концентрациях, выявленных ранее.

Наиболее выраженные результаты получены для комплексов «цефалексин – D-28», «ПГМГ2 – D-28» (тест-культуры *E. coli* ATCC 8739, *S. aureus* ATCC 6538) и «ПГМГ 4 – D-28» (тест-культуры *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., *Candida tropicalis*). Среди тест-

организмов наиболее чувствительным к совместному воздействию биоцид-халкон оказались *A. niger*, *E. coli* ATCC 8739, *S. aureus* ATCC 6538.

Для большей убедительности выявленный эффект усиления антимикробных свойств антимикробных препаратов оценивали суспензионным способом. Результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Биоцидные свойства препаратов (тест-культура *S. aureus* ATCC 6538)**

Биоцид	Концентрация жизнеспособных клеток <i>S. aureus</i> ATCC 6538, КОЕ/мл	Фактор редукции $FR = \log C_{\text{конт}} / C_{\text{обр}}$
ПГМГ2 (0,0005%)	$3,3 \times 10^5$	1,9
D – 24 (0,005%)	$2,4 \times 10^4$	3,0
D – 28 (0,005%)	$8,4 \times 10^3$	3,5
D – 29 (0,005%)	$1,7 \times 10^5$	2,2
D – 24 (0,005%) + ПГМГ2 (0,0005%)	$5,0 \times 10^3$	3,7
D – 28 (0,005%) + ПГМГ2 (0,0005%)	$4,5 \times 10^2$	4,7
D – 29 (0,005%) + ПГМГ2 (0,0005%)	$2,6 \times 10^4$	2,9

Примечание: концентрация жизнеспособных клеток *S. aureus* ATCC 6538 в контрольной суспензии (без биоцидов) достигла  $2,6 \times 10^7$  КОЕ/мл

Результаты, полученные с помощью суспензионного метода, подтвердили наличие эффекта усиления антимикробных свойств модифицированного ПГМГ2 при совместном культивировании с образцами халконов. Наилучшие результаты получены при культивировании тест-культуры в присутствии ПГМГ 2 и D-28 (повышение фактора редукции с 3,5 до 4,7).

На основании проведенного исследования установлено, что новые образцы халконов, синтезированные в ГНУ «ИХНМ», могут использоваться в качестве усилителей биоцидных агентов. Это позволит применять антимикробные препараты (в комплексе с халконами) в меньших концентрациях, достигая при этом биоцидный эффект по отношению к микроорганизмам разных групп.

## **БИОДЕГРАДАЦИЯ ПЛЕНОЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Благодаря уникальным физико-химическим и потребительским свойствам полимерные материалы на основе различных пластиков и эластомеров находят широкое применение в различных областях народного хозяйства и медицине. Полимерные материалы, как правило, являются многокомпонентными системами, состоящими из разных полимеров и их наполнителей. С ростом использования пластиков увеличилась и их доля в общем объеме образующихся отходов.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в нашей стране ежегодно образуются более 2 м<sup>3</sup> твердых бытовых отходов на душу населения, доля пластика достигает 8% и постоянно увеличивается [1]. При этом большая часть полимерных отходов приходится на упаковочные материалы, обладающие коротким сроком эксплуатации.

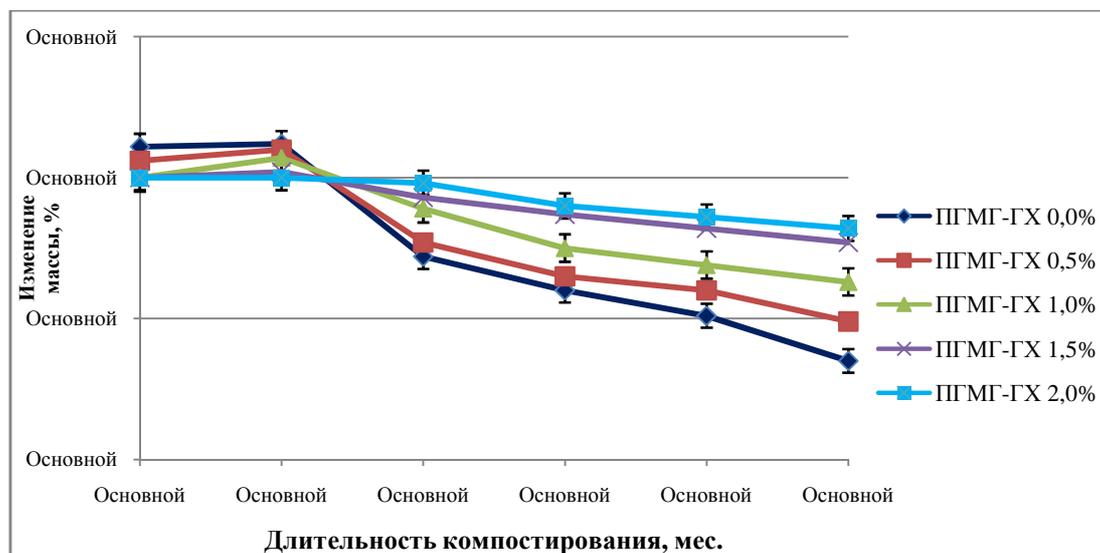
На современном этапе все большую популярность получает производство упаковочных материалов из биополимеров, имеющих управляемый эксплуатационный период. Однако распространение таких материалов не способно решить все экологические проблемы, связанные с использованием полимеров.

Целью исследования являлось изучение влияния биоцидных добавок на темпы биodeградации композиционных материалов, под действием почвенных микроорганизмов.

Исследование композиционных материалов, проводили в ходе лабораторного компостирования продолжительностью 6 месяцев. Для этого образцы пленок помещали в предварительно подготовленные контейнеры и выдерживали в почвенно-компостной смеси в лаборатории. Каждый месяц из контейнеров извлекали образцы пленок, промывали их дистиллированной водой с добавкой ПАВ и анализировали состояние поверхности и изменение массы.

Результаты лабораторного компостирования пленок из полилактида, модифицированных полигексаметиленгуанидина гидрохлоридом (ПГМГ-ГХ), представлены на рисунке 1. Как видно из данных представленных на рисунке 1, на первых этапах лабораторного компостирования происходит увеличение массы образцов за счет их

обильного биообрастания, степень которого существенно снижается при введении ПГМГ-ГХ в количестве превышающем 1,5%.



**Рисунок 1 – Изменение массы образцов полилактидных пленок, модифицированных ПГМГ-ГХ, при компостировании в лабораторных условиях**

Кроме того, характер кривых показывает, что повышение содержания ПГМГ-ГХ в составе исследуемых полилактидных пленок приводит к существенному замедлению темпов биодеградации. Так снижение массы образцов полилактидных пленок, содержащих 2,0 % ПГМГ-ГХ, на протяжении 6 месяцев эксперимента составило менее 2,0% по сравнению с контрольным образцом (без ПГМГ-ГХ), потерявшим более 6,5%.

Таким образом, увеличение содержания биоцидных веществ в составе композиций на основе полилактида приводит к сокращению темпов потери массы образцами полилактидов, что свидетельствует о снижении эффективности процессов биодеградации PLA-композиций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. сб. – Минск: Нац. стат. комитет, 2018 – С. 228

Д.С. Сергиевич, асп.; О.С. Игнатовец, доц. канд. биол. наук;  
А.Ф. Минаковский, доц. канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ПРОДУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ПОЧВЕННЫМИ ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИМИ БАКТЕРИЯМИ**

Одним из важнейших элементов в питании растений является фосфор, который входит в состав многих макромолекул, таких как ДНК, РНК и некоторых кофакторов. Недостаток фосфора приводит к торможению синтеза белков и углеводов, задержке роста растений и заметному снижению урожая. К сожалению, большая часть почвенного фосфата представлена труднодоступными органическими и минеральными соединениями [1].

Повышение доступности труднорастворимых фосфатов для растений может обеспечить биологическая мобилизация за счет почвенной микрофлоры, а также при использовании бактериальных удобрений на основе фосфатмобилизующих бактерий.

Большинство исследователей отмечает, что главенствующая роль в процессе мобилизации фосфора принадлежит микроорганизмам, образующим кислые продукты метаболизма, такие как: минеральные и органические моно-, ди-, и трикарбоновые кислоты [2].

Установление продуцируемых органических кислот, выделенными ранее нами фосфатмобилизующими бактериями, проводили с использованием хроматографических методов анализа.

В результате исследования с помощью метода тонкослойной хроматографии установлено, что в культуральной жидкости бактерий штамма *НВП.2.XVII* присутствует только глутаровая кислота, которая, скорее всего, и обусловила высокую фосфатмобилизующую активность.

Используя тот же метод анализа органических кислот в культуральной жидкости бактериального штамма *ВП* идентифицировать кислоты не удалось.

Подтверждения присутствия органических кислот в культуральной жидкости провели с помощью газохроматографического анализа образцов. В качестве стандартов использовали индивидуальные органические кислоты (яблочная, малоновая, фумаровая, лимонная кислоты), переведенные в метиловые эфиры. Полученная хроматограмма представлена на рисунке 1.



Д.С. Сергиевич, асп.;  
Н.А. Белясова, доц., канд. биол. наук  
(БГТУ, г. Минск)

## **ВЫДЕЛЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ – ДЕСТРУКТОРОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В настоящее время во всем мире отмечается стремительный рост потребления полимерных материалов. Однако их широкое применение сопряжено с ростом полимерных отходов, что вызывает серьезные экологические проблемы, связанные с их накоплением в окружающей среде.

Пластмассы используются для упаковки различных товаров, таких как продукты питания, фармацевтические препараты, косметика и т. д. Для этих целей наиболее часто используют такие материалы, как: полиэтилен (LDPE, MDPE, HDPE, LLDPE), полипропилен (ПП), полистирол (ПС), поливинилхлорид (ПВХ).

Использование синтетических полимеров с каждым годом только растет, что создает серьезные угрозы для окружающей среды как во время производства, так и после их утилизации.

С недавних пор стало известно, что благодаря метаболическим особенностям некоторые почвенные микроорганизмы могут разлагать полимерные материалы, что может быть использовано человеком в борьбе с полимерными отходами.

Целью исследования являлось выделение и характеристика почвенных бактерий, способных к деградации наиболее распространенных полимерных материалов.

Выделение из окружающей среды микроорганизмов, способных к деградации полимерных материалов, проводили с использованием 3-х подходов, в основу которых положены следующие предположения: (1) способные к деградации полимеров микроорганизмы образуют биопленку на поверхности субстрата; (2) основным элективным фактором для выделения деградирующих пластики микроорганизмов является применение синтетических сред, в которых полимеры являются единственным источником углерода и энергии; (3) поскольку, основные ферменты участвующие в разложении полимеров относятся к классу гидролаз, необходимо в питательную среду вводить индукторы этих ферментов.

В соответствии с названными принципами, были разработаны следующие методы выделения из окружающей среды деградирующих полимеры микроорганизмов.

1. Метод биообрастаний поверхности полимерных пленок, при их компостировании в почве в лабораторных условиях.

2. Метод биообрастаний поверхности полимерных пленок при компостировании в естественных условиях окружающей среды.

3. Приливно-отливной метод, имитирующий проточное культивирование в инокулированной пробами почвы синтетической среде, содержащей полимеры, в качестве единственного источника углерода и энергии.

В ходе реализации перечисленных методов из окружающей среды выделено 37 штаммов бактерий-деструкторов, различающихся морфотипом, из них: 22 штамма, способных к деградации полилактида (PLA) и 15 штаммов, способных к деградации полиэтилена (LDPE).

Абсолютное большинство выделенных бактерий (22 изолята) представлено грамотрицательными палочками, еще 11 изолятов также имеют палочковидную форму клеток, однако окрашиваются по методу Грама положительно и формируют эндоспоры – признаки характерные для представителей рода *Bacillus*. Остальные выделенные бактерии относятся к актиномицетам. Все выделенные бактерии обладают комплексом литических ферментов, таких как: протеиназы и липазы, с различной степенью активности.

Таким образом, в результате исследования подобраны условия, с помощью которых выделено в виде чистых культур в общей сложности 37 штаммов бактерий-деструкторов полимерных материалов.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ $\alpha$ -L-РАМНОЗИДАЗЫ *CRYPTOCOCCUSALBIDUS* В БИОТЕХНОЛОГИИ

Гликозидазы микроорганизмов представляют обширную группу энзимов, которые все чаще находят свое применение в различных биотехнологических процессах.  $\alpha$ -L-Рамнозидаза (КФ 3.2.1.40) является на сегодняшний день наиболее перспективным и востребованным энзимом в производстве соков и вин [1]. Природными субстратами для энзима могут служить такие производные флавоноидов как рутин, неогесперидин, нарингин, кверцитрин, гесперидин, а также гинзенозиды и азиатикозиды. Такие свойства позволяют использовать  $\alpha$ -L-рамнозидазы в самых разных отраслях. Гидролизую терпеновые гликозиды – рутинозиды, энзим способствует высвобождению ароматических соединений, усиливающих аромат соков и вин. Расщепление биофлавоноида нарингина позволяет избавиться от горечи цитрусовых соков, особенно грейпфрутовых. Широко используется  $\alpha$ -L-рамнозидаза в химической промышленности для получения рамнозы и натуральных гликозидов [3]. Во всех этих процессах очень важно, чтобы использовались энзимы, стабильные при высоких температурах.

Дрожжи с технологической точки зрения являются наилучшими продуцентами, поскольку характеризуются высокой скоростью роста, устойчивостью к посторонней микрофлоре, способны усваивать широкий круг источников питания и, в отличие от грибов, не загрязняют воздух спорами. Ранее [3] в результате скрининга дрожжевых музейных культур отдела физиологии промышленных микроорганизмов ИМВ НАН Украины, был отобран перспективный штамм *Cryptococcusalbicus* 1001, продуцент внеклеточной  $\alpha$ -L-рамнозидазы. Из супернатанта культуральной жидкости *C. albicus* был получен очищенный энзимный препарат [4].

Целью нашей работы было провести сравнительное изучение термостабильности препаратов  $\alpha$ -L-рамнозидазы *C. albicus*, полученных в результате выращивания на различных источниках углерода и установить некоторые закономерности процесса их термоинактивации.

В работе были использованы 2 препарата  $\alpha$ -L-рамнозидаз, полученные из культуральной жидкости продуцента *C. albicus*. В качестве источника углерода были использованы рамноза (5 г/л) или нарингин

(5 г/л). Препараты  $\alpha$ -L-рамнозидаз *C. albidus*:  $\alpha$ -L-RhamR (полученная на среде с рамнозой в качестве единственного источника углерода) и  $\alpha$ -L-RhamN (полученная на среде с нарингином в качестве единственного источника углерода).

Сравнительное изучение свойств и процесса термоинактивации этих  $\alpha$ -L-рамнозидаз показало, что индуктор синтеза не влияет на эффективность гидролиза нарингина энзимом, однако вносит изменения в термостабильность протеиновой молекулы. Гидрофобные взаимодействия и остатки цистеина участвуют в поддержании активной конформации молекулы  $\alpha$ -L-рамнозидазы. Также стабилизируют дрожжевую  $\alpha$ -L-рамнозидазу 0,5 % бычий сывороточный альбумин и 0,25 % глутаровый альдегид.

В результате исследований было установлено, что термостабильность  $\alpha$ -L-рамнозидаз *C. albidus* находится в прямой зависимости как от степени очистки энзима, так и от индуктора синтеза. Хотя в целом следует отметить больший потенциал  $\alpha$ -L-RhamN. Значительный вклад в стабилизацию структуры обеих форм энзима вносят гидрофобные взаимодействия и остатки цистеина. Показано, что  $\alpha$ -L-рамнозидаза *C. albidus* эффективно гидролизует нарингин в достаточно высоких концентрациях и при повышенных температурах. Присутствие нейтрального белка 0,5 % и глутарового альдегида 0,25 % стабилизирует дрожжевую  $\alpha$ -L-рамнозидазу независимо от способа получения. Полученные результаты позволяют рекомендовать данный энзим для биотехнологических процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Puri M. Updates on naringinase: structural and biotechnological aspects. *Appl. Microb. and Biotechnol.* 2012. – 93, N 1. – P. 49–60.
2. Yadav V., Yadav P. K., Yadav S., Yadav K. D. S.  $\alpha$ -L-Rhamnosidase: A review. *Process Biochemistry.* 2010. – 45, N 8. – P. 1226–1235.
3. Рзаєва О.М., Варбанець Л.Д., Нагорна С.С. Скринінг продуцентів  $\alpha$ -L-рамнозидази серед дріжджів // *Мікробіол. журнал.* 2010. – 72, N 6. – С.11-17.
4. Гудзенко Е.В., Варбанець Л.Д. Очистка и физико-химические свойства  $\alpha$ -L-рамнозидазы *Cryptococcus albidus* 1001 // *Мікробіол. журнал.* 2012. – 74, N6. – С.16-23.

Abeuova O.A., Murzalieva G.T.,  
Kaldybaeva A.K., Temireeva K.S.,  
Tukubaeva G.N., Isina J.A., Khashtai K.S.  
Academy «Bolashak», Karaganda, Kazakhstan

### **THE METABOLIC STATUS OF THE ORGANISM**

It is known that at early stages of development of intoxication, caused by a technogenic factor, adaptation processes in general, help an organism to cope with chemical loading, however, in a consequence there can be the various conditions testifying to their inefficiency [1, 2]. Thus processes of a detoxication and biotransformation can be not always expedient, be accompanied short circuit of "vicious circles" in various metabolic links and lead to pathological manifestations.

The purpose of our researches was carrying out experimental toxic-hygienic modeling on laboratory animals, impacts of priority risk factors on development of metabolic violations at posterity.

One of preconditions of need of carrying out researches of influence on reproductive function of chemicals is their ability to have impact on the 2nd generation. For pairing used males and the females receiving a dust in a dose of 0,05 mg/m<sup>3</sup> (at the level of maximum concentration limit). For pairing of females and males carried out concerning 2:1 at night. Existence of spermatozoa next day in vaginal dab considered in the first afternoon of pregnancy. During research determined the mass of a body of pregnant females.

Development of fruits: mass of fruits, average mass of a placenta. Decrease in average weight of a placenta is an indirect indicator of decrease in its barrier function, providing the reason of increase of embryonic mortality at skilled females. Cytochemical researches at posterity of 2 generations revealed in macrophages oppression to  $0,48 \pm 0,12$  units. In comparison with control group  $0,85 \pm 0,25$  units activity is reduced by 57%. The similar orientation for these indicators is characteristic also red marrow. Whereas the RNA level increases to  $1,27 \pm 0,13$  in red marrow in comparison with control  $1,13 \pm 0,16$ .

The received results testify to tension mechanisms at 2 generations. Especially visually it was shown on activity of enzymes and synthesis the RNA defining immune reactivity at cellular level. It is possible to assume that sharp decrease in activity in marrow 2,3 times testifies to direct toxic action of MSP on enzyme since intracellular synthesis of enzyme doesn't happen. Decrease in activity will lead to accumulation in a cage of products that will affect its functional activity.

The most toxic radical increases twice, the maintenance of CD increases for 41%. The by-product the FLOOR HMM increases for 65%. The similar orientation is characteristic and for a catalase which activity increases to  $0,92 \pm 0,02$   $\frac{1}{4}$  that is 1,3 times higher than control sizes. High activity of a catalase testifies to a high overdressing in POL/AOZ system. This phenomenon leads to increase of speed of oxidation of substrata, and it in turn - to strengthening of oxidability of lipids and other connections. High activity of a catalase constrains this process and it is possible to regard, as compensatory reaction. Intensity of metabolic processes reflects extent of violations in the struck sites in particular alveolar macrophages and neutrophils [3].

Results of research of a liver showed that activation the FLOOR goes at the expense of primary products of a recreation center and Cd. The greatest accumulation is observed from CD to  $1,91 \pm 0,09$  that is 59% higher than control sizes. The maintenance of a recreation center increases for 29%. It is observed high activation of a catalase that is 63% higher than physiological sizes. At the same time, in serum of blood activation primary and by-products the FLOOR is observed. So, the HMM level increases twice that made  $2,71 \pm 0,31$ ; catalase activation by 3,5 times is observed. The carried-out correlation analysis showed high dependence between HMM in the BALL and serum of blood (-0,73). Thus, at the rats who were born against chemical loading, changes at metabolic level with damage of a cellular link of protection that testifies to formation of "biochemical and structurally functional freight" that allowed to develop for the first time informative metabolic are noted and structural functional tests for a hygienic assessment.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Rusakov N.V., Mukhanbetov L.Kh. Pirtakhiya N.V., Koganova Z.I. Assessment of danger of the industrial wastes containing heavy metals // Hygiene an isanitariya. – 1998 . – № 4. – Page 27–28.
2. Namazbayeva Z.I. The hygienic importance of changes of the metabolic status of an organism at influence of a dust factor of environment: Avtoref. Дисс. Докк.medical sciences: Karaganda, 1999. – 45 с.
3. Ivanov L.A., Gorizontova M. I., Zakharova T.R., Prosvetova N.V., Gorlova N. K. Laboratory researches in clinic of occupational diseases // Medicine, work, and pry. ecology. -2003 . -№ 6, C. 3–8.

Р.Р. Кенжетаев<sup>1</sup>, доц., канд. биол. наук;  
 С.Б. Ахметова<sup>2</sup>, зав. каф., доц., канд. биол. наук;  
 В.В. Бритыко<sup>2</sup>, доц., канд. биол. наук;  
 Р.Ж. Рақымғали<sup>2</sup>, магистр  
 С.О.Кенжетаева<sup>3</sup>, проф., канд. хим. наук  
 (<sup>1</sup>КГИУ, г. Темиртау; <sup>2</sup>КГМУ, г. Караганда; <sup>3</sup>Кар ГУ, г. Караганда)

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТАКТНОГО РАСТЕНИЯ И РАСТЕНИЯ РЕГЕНЕРАНТА С ПОМОЩЬЮ ЛАМПЫ ВУДА

Наряду с классическими методами микробиологического анализа существует экспресс-метод определения жизнеспособных микроорганизмов по свечению в ультрафиолете (УФ). В медицине при выявлении микозов, вызванных, например, грибом р. *Microsporum*, используют осветитель ОЛДД-01 (лампа Вуда) с длиной волны ультрафиолетового излучения 365 нм и мощностью 4 Ватт. Прибор вызывает свечение пораженных участков [1].

Определение зараженности состоит в осмотре и обнаружении светящихся пятен через линзу включенной лампы. Наличие развитого мицелия и спор грибов устанавливаются по размеру и цвету светящихся пятен. Возможные варианты указаны в таблице 1.

**Таблица 1 – Определение наличия микроорганизмов в ультрафиолете**

Вид свечения	Цвет свечения	Объект
Точки	Ярко-фиолетовый	Частицы пыли
Пятна	Ярко-зеленый	Микроколония, представленная вегетативным мицелием с незначительным спорношением*
	Светло-зеленый	
	Салатный	
	Желтый	
	Оранжевый	
	Розовый	
	Сиреневый	Частицы пыли со спорами, микроорганизмами
Нити	Ярко-зеленый	Молодой жизнеспособный мицелий*
	Светло-зеленый	
	Салатный	
	Фиолетовый	Некоторые виды грибов

\*Обильно спорноносящие колонии, заметные невооруженным глазом, не светятся в ультрафиолете

Для определения антимикробной и противогрибковой активности образцов каллусов календулы лекарственной были использованы комплексы стандартных методов доклинического изучения анти-

микробной и противогрибковой активности.

Определение спектра антибактериального действия и антибиотико-чувствительности проводят методом двукратных серийных разведений на жидкой или плотной питательной средах. Условия определения (питательная среда, число и характеристика штаммов, особенности культивирования, сроки учета результатов и др.) зависят от вида возбудителя. Результаты оценивают визуально, определяя наличие или отсутствие роста в среде, содержащей различные концентрации испытуемого соединения. После оптимального для каждого-го микробного вида срока инкубации посевов отмечают наименьшую концентрацию вещества, высев из которой не дал роста [2].

**Таблица 2 - Определение наличия свечения грибов с помощью лампы Вуда в ультрафиолете**

Вид свечения	Цвет свечения	Объект	
		Интактное растение	Растение регенерант
Точки	Светло-зеленый	Частицы пыли с молодым жизнеспособным мицелием	Свечения нет
Пятна	Салатный	Микроколония с незначительным спороношением	Свечения нет
Нити	Светло-зеленый	Точки частиц	Свечения нет

В ходе обследования интактного растения были выявлены свечения в виде точек светло-зеленого окраса, пятна салатного цвета, и светло-зеленые нити, что свидетельствует о наличии заражения интактного растения частицами пыли с молодым жизнеспособным мицелием, а также микроколониями с незначительным спороношением. Данная обследуемая поверхность является умеренно-зараженной, свечение поверхности составляет 30%. При обследовании растения регенеранта, при посадке которого семена были стерилизованы светящихся элементов выявлено не было.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поткаев Н. Н. Микроспория. Русский медицинский журнал. 2000. Т. 8, вып.4. С. 189–196.
2. Mahmoud A. Al-Qudaha, Noor K. Otooma, Hala I. Al-Jaberh, Hasan I. Tashtousha, Abdulrauof S. Mayyasc, Ibrahim N. Trawenhd, Jamil N. Lahhameand Sultan T. Abu Orabif. Chemical composition of Essential Oil of Jordanian Scabiosa prolifera at Different Flowering Stages, Jordan Journal of Chemistry, 2016, vol.11, № 2, p. 99-107.

З.Ш. Мингалеева, проф., д-р техн. наук;  
Р.Т. Валеева, доц., канд. техн. наук;  
Р.Р. Левашов, асп.; М.А. Ходжамухамедов, магистр;  
А.В. Данилова, ассист.; О.А. Решетник, проф., д-р техн. наук  
(КНИТУ, г. Казань)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКИ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ**

Основной задачей пищевой промышленности является увеличение объемов производства и улучшение качества пищевых продуктов. В хлебопекарной промышленности прессованные дрожжи являются тем сырьем, от которого зависят как вкусовые характеристики готовых продуктов, так и технологические процессы.

При этом хлебопекарные дрожжи не всегда обладают необходимым качеством, что, в конечном счете, сказывается на качестве готовых хлебобулочных изделий, а также увеличивает технологические затраты. Поэтому исследования, направленные на интенсификацию процессов роста и бродильной активности дрожжей, являются актуальными.

Известно, что активность готовых хлебопекарных прессованных дрожжей во многом зависит от условий культивирования в процессе их производства. Особое значение уделяется химическому составу питательной среды, а именно наличию в ней необходимых факторов роста, таких как витамины, макро- и микроэлементы, аминокислоты, органические кислоты, а также от наличия веществ, проявляющих антиоксидантную активность [1-4].

Были проведены лабораторные исследования по культивированию хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* с использованием комплексной добавки (состав: полбяная мука, овсяная мука, пшеничная обойная мука, порошок ягод калины, экстракт зелени пихты сибирской) в концентрациях 5 и 10 г/л. Культивирование проводили на среде с мелассой в качалочных колбах объемом 750 мл и с рабочим объемом 100 мл на шейкере Climo-Shaker ISF1-X со скоростью встряхивания 100 об/мин, в течение 18 часов при температуре 30°C.

Как следует из таблицы 1 положительное влияние комплексной добавки обнаружено в экспоненциальной и вначале стационарной фазы роста культур дрожжей. Выявлено, что внесение комплексной добавки в питательную среду способствовало достижению стационарной фазы роста опытными образцами (5 и 10 г/л) на два часа раньше

контрольного образца, что говорит о более высокой скорости роста клеток дрожжей в опытных образцах.

**Таблица 1 – Влияние комплексной добавки на рост дрожжей *S. cerevisiae***

Время процесса, час	Концентрация комплексной добавки, г/л		
	0 (контроль)	5	10
	Количество клеток, млн/мл		
0	7,2±0,4	7,1±0,3	7,2±0,4
10	52±0,6	84,8±0,8	86,0±1,2
12	85,5±1,0	94,5±1,1	92,0±0,6
14	91,2±1,0	88,5±0,9	87,2±0,6
16	87,6±1,2	84,7±1,0	87,0±1,0
18	83,2±0,7	82,7±0,8	86,9±0,9

При культивировании опытных образцов с концентрациями комплексной добавки 5 и 10 г/л прирост клеток дрожжей на 10-й час по отношению к контролю составил в среднем 64 %.

Таким образом, исследования показали, что данная комплексная добавка стимулировала рост дрожжей *S. cerevisiae* при периодическом культивировании.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пономарева, О.И. Влияние условий культивирования на выход и качество хлебопекарных дрожжей / О.И. Пономарева, В.Г. Черныш, И.П. Прохорчик // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2011. – №1. – С. 173-183.
2. Мингалеева З. Влияние антиоксидантов на рост и биотехнологические свойства хлебопекарных дрожжей/ З. Мингалеева, О. Старовойтова, С. Борисова, О. Решетник // Хлебопродукты. – 2008. – №6. – С. 46-47.
3. Пащенко М.П. Повышение биотехнологической активности хлебопекарных дрожжей/ М.П. Пащенко, И.А. Никитин// Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2005. – №6. – С. 11.
4. Карпова Р.В. Антимутагенный эффект жидкого экстракта мультифитоадаптогена на модели дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*/ Р.В. Карпова, Е.В. Бочаров, О.А. Бочарова, В.Г. Кучеряну, И.В. Казеев, М.В. Уткина, Е.С. Иноземцева // Российский биотерапевтический журнал. – 2018. – №S(17). – С. 34.

УДК676.22.017

А.В. Моцар; К. И. Солошенко; И.В. Лыч, канд. биол. наук, доц.;  
(Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина)

## **БИОАКТИВНЫЕ ПЕПТИДЫ МОЛОЗИВА – АЛЬТЕРНАТИВА АНТИБИОТЕКОТЕРАПИИ**

**Актуальность.** Открытие антибиотиков спасло и продолжает спасать жизнь множества людей. Вместе с тем, исследования последнего десятилетия фокусируется на поиске новых альтернативных антибиотикам препаратов, которыми могут быть антимикробные пептиды молозива коров, которые являются не токсичными, не вызывают аллергических реакций и к ним нет резистентности.

Молозиво представляет собой многокомпонентную, полифункциональную субстанцию, в состав которой входит множество уникальных биоактивных пептидов, таких как лактоферрин, лактопероксидаза, казоцидин, лактоферрицин, которые обладают аддитивной антибактериальной, АПФ-ингибирующей, иммуностимулирующей, опиоидной активностями [1].

Диклофенак - один из наиболее широко используемых нестероидных противовоспалительных лекарственных средств. Преимущества диклофенака обусловлены оптимальными физико-химическими характеристиками, способностью проникать и накапливаться в очагах воспаления, совместимостью с лекарственными средствами других классов. Уникальной особенностью диклофенака является его сбалансированное влияние на оба изофермента ЦОГ, что обеспечивает высокую обезболивающую и противовоспалительную эффективность в сочетании с хорошей переносимостью [2].

**Целью** данной работы является изучение и анализ влияния диклофенака натрия в смеси с биоактивными пептидами молозива коров различных концентраций на бактериальные штаммы.

**Материалом исследования** служила очищенная смесь биологически активных пептидов молозива коров первых суток после отела, концентрацией 10 мг/мл и 100 мг/мл. Образцы отбирались каждое утро в течение 3-х дней после отела коровы.

**Методы.** В своей работе мы изучали антимикробные свойства смеси белков молозива коров различной концентрации на клетки микроорганизмов по показателю минимальной ингибирующей концентрации (МИК), используя метод серийных двукратных разведений в жидкой среде МПБ, для роста бактериальных культур (*Escherichia coli* ИЭМ-1, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Acinetobacter calcoaceticus* К-4, *Enterobacter cloacae*).

**Результаты и обсуждения.** При исследовании антимикробных свойств, установлено, что МИК белковых препаратов, выделенных из молозива концентрацией 100 мг/мл демонстрируют более высокую антибактериальную активность. В отношении *E. coli* ИЭМ-1 МИК составляла 78 мкг/мл, *Enterobacter cloacae* – 160 мкг/мл, *Acinetobacter sp.* ИМВ В-7005– 78 мкг/мл, *St. aureus* БМС-1-78 мкг/мл. В тоже время МИК препарата на основе белков молозива концентрацией 10 мг/мл в отношении *E. coli* - 160 мкг/мл, *Enterobacter cloacae* – 310 мкг/мл, *Acinetobacter sp.* ИМВ В-7005– 310 мкг/мл, *St. aureus* БМС-1-160 мкг/мл.

Такая же закономерность наблюдается и при введении биологически активных пептидов молозива 100 мг/мл в смеси с диклофенаком натрия на клетки *E. coli* ИЭМ-1, для которой МИК составляла 270 мкг/мл, *Enterobacter cloacae* – 270 мкг/мл, *Acinetobacter sp.* ИМВ В-7005– 136 мкг/мл, *St. aureus* БМС-1-136 мкг/мл), чем влияние смеси молозива концентрацией 10 мг/мл с диклофенаком натрия (*E. coli* - 540 мкг/мл, *Enterobacter cloacae* – 540 мкг/мл, *Acinetobacter sp.* ИМВ В-7005– 540 мкг/мл, *St. aureus* БМС-1-270 мкг/мл).

**Выводы.** Полученные результаты свидетельствуют о непосредственном ингибирующем влиянии смеси биоактивных пептидов, выделенных из молозива коров на бактериальные клетки. Чем выше концентрация пептидов молозива в препарате, тем эффективнее проявляется антибактериальное действие.

Кроме этого исследование подтверждает более эффективное действие биологически активных пептидов молозива концентрацией 100 мг/мл в смеси с диклофенаком натрия на бактериальные клетки и дает возможность комбинировать лекарственные средства с пептидами молозива, уменьшая при этом негативное влияние препарата на организм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mohanty D.P., Mohapatra S., Misra S., Sahu P.S. Milk derived bioactive peptides and their impact on human health // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2016. – № 5. – P.577-583.

2. Григорович Р.И. [и др.] Нестероидные противовоспалительные средства: анестезиологическая эффективность и основы безопасного применения (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. - 2010. - №2. - С. 175-179.

Л.В. Спатлова, доц., канд. хим. наук;  
Р.З. Гильманов, проф., д-р хим. наук; З.Н. Бикмухаметова, асп.;  
А.Р. Хасанова, студ. (КНИТУ, г. Казань)

### **СИНТЕЗА НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ АМИНОПРОИЗВОДНЫХ 5,7-ДИХЛОРО-4,6-ДИНИТРОБЕНЗОФУРОКСАНА**

Особый интерес для синтеза новых биологически активных соединений может представить активный субстрат - 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофурок-сан. Известно, что производные 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана с ароматическими, гетероциклическими аминами обладают различной биологической активностью и низкой токсичностью. Различные производные алифатических аминов применяют как противоопухолевые препараты. Один из них хлорэтиламин, обладает высокой токсичностью, побочными явлениями. В связи с этим поиск новых биологически активных соединений в ряду производных 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана с алифатическими аминами является актуальным.

Синтез 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана осуществляется исходя из 2, 4, 6-трихлоронитробензола в три стадии:

- азидирование 2,4,6-трихлоронитробензола
- нитрование дихлоронитрофенилазида
- циклизация дихлоротринитрофенилазида

Изучение стадии азидирования 2,4,6-трихлоронитробензола показало, что наряду с целевым продуктом дихлоронитрофенилазида всегда остается исходный продукт 2,4,6-трихлоронитробензол, который сильно влияет на чистоту конечного продукта 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксана. Поэтому требовалось детальное изучение стадии азидирования.

Были проведены поиски условий реакции азидирования 2,4,6-трихлоронитробензола. Изучено влияние количества катализатора на выход и чистоту конечных продуктов. В качестве катализатора использовали силикагель и  $Al_2O_3$ . Строение и чистоту продуктов контролировали ТСХ, элементным анализом и ИК-спектроскопией.

Полученный 5,7-дихлоро-4,6-динитробензофуроксан был изучен в реакциях нуклеофильного замещения с аминами алифатического ряда.

В. Черепанский; К. Покойовец;  
Н. Грегирчак, доц., канд. тех. наук (НУПТ, г. Киев)

## ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Введение.** В наше время проблема качества продукции на предприятиях хлебопекарной отрасли остается актуальной, поскольку именно качество является одним из важнейших факторов успешной деятельности предприятий, залогом достижения и поддержания их эффективности. Именно поэтому существует необходимость разработки более эффективных методов обеспечения и управления качеством. Одним из способов достижения этого – внедрение системы НАССР, что помогает производителям сконцентрироваться на опасностях, которые влияют на безопасность продуктов питания, а также устанавливать и контролировать предельные значения показателей в критических контрольных точках в ходе производства.

Качество хлебопекарной продукции связано не только с техническим состоянием оборудования предприятия, но и с санитарным состоянием его помещений. Микробиологическая порча хлеба и хлебобулочных изделий связана с жизнедеятельностью микробиоты, которая может попасть на разных этапах производства (непосредственное изготовление, охлаждение, упаковка, транспортировка и др.) и привести к ухудшению их качества. Поэтому для обеспечения качественной и конкурентной продукции необходимо соблюдение чистоты производственных помещений и оборудования [1, 2].

**Материалы и методы исследования.** Микробиологическую оценку поверхностей оборудования и одежды персонала, проверяли методом смыва. Анализ воздуха производственного помещения проводили седиментационным методом.

**Результаты и обсуждение.** Поверхность хлеба после выхода из печи практически стерильная. В процессе охлаждения, транспортировки, хранения возможного повторное обсеменение микроорганизмами. Хлеб заражается при непосредственном контакте с загрязненными предметами (транспортные и упаковочные средства, руки, одежда персонала) или через воздух. Наибольшей проблемой с точки зрения обсеменения изделий является процесс охлаждения хлеба.

При анализе поверхностей наибольшее количество микроорганизмов обнаружили на поверхности лотка из дерева ( $> 75$  КОЕ/см<sup>2</sup>) и лотка из пластика ( $> 30$  КОЕ/см<sup>2</sup>) используемых для охлаждения и транспортировки хлеба. Причем на поверхности деревянного лотка

преобладают плесневые грибы, а на поверхности пластикового – бактерии, что объясняется различными адгезивными свойствами клеток. При исследовании поверхности одежды персонала и их рук не обнаружено *БГКП*. На ножах хлебобрезательной машины КМАФам составило  $1,4 \cdot 10^3$  КОЕ/см<sup>2</sup>, что свидетельствует о недостаточной обработке поверхностей.

Анализ воздуха контактируемого с готовым продуктом, позволяет определять зоны, которые могут повлиять на развитие неблагоприятной микрофлоры. Результаты анализа представлены в таблице.

**Таблица – Результаты исследования воздуха производственного помещения**

Место исследования воздуха	Общее количество клеток (КОЕ/м <sup>3</sup> )	Количество спор плесневых грибов (КОЕ/м <sup>3</sup> )
Конец упаковки	$7,6 \cdot 10^2$	70
Охлаждение	$8,8 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^2$
Нарезка	$3,8 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^2$
Выход из печи(1)	$1,8 \cdot 10^3$	$6,6 \cdot 10^2$
Выход из печи(2)	$1,1 \cdot 10^3$	$6,5 \cdot 10^2$

Анализ данных таблицы показал, что количество микроорганизмов в воздухе исследуемых зон предприятия превышает норму ( $500$  КОЕ/м<sup>3</sup>). Это свидетельствует о плохой вентиляции и циркуляции воздуха в помещении и высоком риске вторичного обсеменения [2].

**Выводы.** Для изготовления конкурентоспособной продукции необходимо обеспечить на предприятии не только техническое оснащение, но и соответствующее санитарное состояние. Особое внимание нужно обращать на воздухоподготовку, чистоту тары и упаковочные материалы как источники вторичной контаминации хлеба.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пугаченко О.Б. Особливості хлібопекарного виробництва та їх вплив на склад і облік запасів // Економічні науки. – 2009. – В.15. – ст. 310-319.
2. Покойовець К.Ю., Росик О.О., Грегірчак Н.М. Покриття з пробіотичною закваскою для виробів хлібопекарської промисловості // Біологічні дослідження – 2018. – С. 329-330.

**СИНЕРГИЗМ АНТИМИКРОБНОГО ДЕЙСТВИЯ СМЕСИ  
ЭФИРНОГО МАСЛА ЧАЙНОГО ДЕРЕВА И МИКРОБНЫХ  
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Эфирные масла – сложные смеси летучих органических веществ полученные из ароматических растений, часто характеризуется сильным ароматом и могут содержать до 100 компонентов, главным образом терпенов и фенилпропаноидов. Из литературы известно [1, 2], что за высокого содержания альдегидов, спиртов и фенолов эфирные масла могут быть использованы в качестве, альтернативных синтетическим соединениям, антимикробных, противогрибковых средств в косметической, пищевой и фармацевтической промышленности. Однако их концентрация при этом должна быть минимальной. Это связано со способностью эфирных масел при попадании в организм вызывать тяжелые поражения центральной нервной системы и аспирационную пневмонию [3]. Это обусловило поиск методов уменьшения концентрации эфирных масел при сохранении их свойств, в частности их использования в смеси с другими антимикробными препаратами, которыми могут быть микробные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Ранее на кафедре биотехнологии и микробиологии было установлено возможность синтеза ПАВ в процессе культивирования *Nocardia vaccinii* ИМВ В-7405 на различных углеродных субстратах, в том числе и промышленных отходах. Исследования показали, что ПАВ штамма ИМВ В-7405 являются эффективными антимикробными агентами в отношении широкого спектра микроорганизмов .

В связи с изложенным выше цель работы – исследовать антимикробную активность поверхностно-активных веществ *N. vaccinii* ИМВ В-7405, эфирного масла чайного дерева и их смеси по отношению к некоторым бактериям.

*N. vaccinii* ИМВ В-7405 культивировали в жидкой минеральной среде, содержащей 2% (по объему) очищенного и технического глицерина. ПАВ экстрагировали смесью Фолча (хлороформ и метанол, 2:1) из супернатанта культуральной жидкости. Эфирно масло чайного дерева с концентрацией 5 мг/мл растворяли в 5%-ном этиловом спирте.

Антимикробные свойства эфирного масла, поверхностно-активных веществ и их смеси анализировали по показателю минимальной ингибирующей концентрации (МИК). Для исследований синергического эффекта использовали препараты ПАВ и раствор эфирного масла с концентрацией в 2 раза меньше, чем значение МИК каждого из препара-

тов. Соотношение препаратов в смеси составляло 1:1, при этом концентрация ПАВ оставалась неизменной, а концентрацию масла уменьшали в каждой из пробирок в два раза. В качестве тест-культур использовали бактерии *Pseudomonas* sp. МИ-2, *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Escherichia coli* ИЕМ-1, *Bacillus subtilis* БТ-2 из коллекции микроорганизмов кафедры биотехнологии и микробиологии Национального университета пищевых технологий.

Установлено, что поверхностно-активные вещества *N. vaccinii* ИМВ В-7405 проявляли синергический эффект в комплексе с эфирным маслом чайного дерева. Эксперименты показали, что МИК смеси ПАВ штамма ИМВ В-7405 и эфирного масла по отношению ко всем исследуемым тест-культурам была ниже, чем каждого антимикробного соединения отдельно и зависела от природы источника углерода в среде культивирования штамма. Так, минимальная ингибирующая концентрация ПАВ синтезированных на техническом глицерине по отношению к *Pseudomonas* sp. МИ-2, *S. aureus* БМС-1, *E. coli* ИЕМ-1, *B. subtilis* БТ-2 находилась в пределах 11-177 мкг/мл, эфирного масла – 156-625, а их смеси - 0,6-78 мкг/мл, что в 4-260 раз ниже, чем эфирного масла и поверхностно-активных веществ соответственно. В случае использования ПАВ, полученных на очищенном глицерине, МИК смеси ПАВ и эфирного масла чайного дерева по отношению ко всем тест-культурам оказалась в 2-128 раз ниже МИК этих препаратов по отдельности.

Установленный синергизм антимикробной активности эфирного масла чайного дерева и поверхностно-активных веществ *N. vaccinii* ИМВ В-7405 свидетельствует о возможности использования такой смеси в качестве альтернативы антибактериальным препаратам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Al-Abd N.M., Mohamed Nor Z., Mansor M., Azhar F., Hasan M.S., Kassim M. Antioxidant, antibacterial nactivity, and phytochemical characterization of Melaleuca cajuputi extract // BMC Complement Altern Med. – 2015. – doi: 10.1186/s12906-015-0914-y.
2. Li Y., Shao X., Xu J., Wei Y., Xu F., Wang H. Effects and possible mechanism of tea tree oil against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* in vitro and in vivo test // Can. J. Microbiol. – doi: 10.1139/cjm-2016-0553.
3. Richards D.B., Wang G.S., Buchanan J.A. Pediatric tea tree oil aspiration treated with surfactant in the emergency department // Pediatr Emerg Care. – 2015. – Vol 31, N 4. – P. 279-80. – doi: 10.1097/PEC.000000000000234.

Н. А. Коваленко, доц., канд. хим. наук;  
Г. Н. Супиченко, ст. преп., канд. хим. наук;  
В. Н. Леонтьев; доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНАНТИОМЕРОВ МОНОТЕРПЕНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ЭФИРНЫХ МАСЛАХ МНОГОКОЛОСНИКОВ

В последние десятилетия неуклонно растет спрос на лекарственные препараты и биологически активные пищевые добавки (БАД) на основе растительного сырья. Лекарственные средства, созданные на основе лекарственных растений, являются достаточно эффективными и проявляют менее выраженные побочные эффекты. В связи с возможной фальсификацией фитопрепаратов и БАД актуальной задачей является разработка надежных методик идентификации определенных видов растительного сырья.

Эффективными методами стандартизации лекарственного растительного сырья и препаратов на его основе являются хроматографические методы анализа, обладающие высокой селективностью, чувствительностью и экспрессностью. В последние годы при реализации хроматографических методик контроля качества и выявления фальсификации растительного сырья и фитопрепаратов используют маркеры – соединения, присутствие которых характерно для конкретного семейства и вида растений. Важным фактором при выборе маркера является его обязательный переход в продукты переработки растений, в том числе – в готовые фитопрепараты.

Ценными эфиромасличными, лекарственными и пряно-ароматическими растениями являются растения рода *Agastache* (*Lamiaceae*), обладающие широким спектром биологической активности.

Цель настоящей работы – на основании исследования компонентного состава и характера распределения энантиомеров основных компонентов выявить соединения-маркеры, позволяющие идентифицировать различные виды рода *Agastache*.

С применением хиральной газо-жидкостной хроматографии изучен компонентный состав эфирных масел 5 видов *Agastache* (*A. aurantiaca*, *A. foeniculum*, *A. rugosa*, *A. mexicana*, *A. pallidiflora*) показано, что для идентификации эфирных масел многоколосников различных видов в качестве маркеров могут быть использованы энантиомеры лимонена и ментона.

А.В. Домненкова<sup>1</sup>, доц.;  
 Л.Н. Карбанович<sup>2</sup>, ведущий специалист;  
 В.Н. Босак<sup>3</sup>, проф., д-р с.-х. наук  
 (<sup>1</sup>БГТУ, г. Минск;  
<sup>2</sup>ГУ по защите и мониторингу леса «Беллесозащита», г. Минск;  
<sup>3</sup>БГСХА, г. Горки)

## РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОДУКЦИИ ЗАГОТАВЛИВАЕМОЙ В ЛЕСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Территория радиоактивного загрязнения лесного фонда Министерства лесного хозяйства составляет 1315,5 тыс. га или 15,6 % от общей площади. В 44 лесхозах (214 лесничествах) территории лесного фонда отнесены к зонам радиоактивного загрязнения.

В настоящее время основным фактором, ограничивающим лесопользование, является превышение республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов в лесной продукции (РДУ/ЛХ-2001, РДУ-99). Ежегодно в лесхозах проводится радиационный контроль заготавливаемой и реализуемой лесной продукции, в первую очередь древесины и изделий из нее, а также пищевой продукции леса – березового сока, грибов, ягод, меда. В таблице представлен удельный вес лесной продукции с превышением допустимых уровней содержания цезия-137 за 2012-2018 гг.

**Таблица – Удельный вес лесной продукции с превышением допустимых уровней содержания цезия-137 за 2012-2018 гг.**

Наименование лесной продукции, продукции охоты	Удельный вес лесной продукции с превышением допустимых уровней содержания цезия-137, %						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Деловая древесина	0,7	1,3	1,4	2,0	1,0	1,0	0,6
Дрова	2,3	3,2	3,6	5,9	4,5	4,9	3,5
<i>Второстепенные лесные ресурсы</i>							
Новогодние деревья	2	2	1	0,9	0,5	0	0
<i>Продукция побочного лесопользования</i>							
Клюква	18	29	22	22,5	28	41,5	16,9
Черника	26	29	28	39,8	30,6	30,7	30,0
Грибы	46	47	46	41,9	36,3	45,9	43,8
Лектехсырье	23	31	19	7,2	20	9,3	14,3
<i>Продукция охоты</i>							
Мясо охотничьих животных	19	28	33	6,9	4,7	3,4	5,4

Значительный процент проб (до 40%) с превышением РДУ-99 в дикорастущих ягодах и грибах остается практически неизменным на протяжении многих лет, что связано со стабильно высоким удельным весом цезия-137 в лесной подстилке и верхних минеральных слоях почвы (до 70 % от общего запаса цезия-137 в лесной почве).

УДК 678.742.3

А.Д. Насертдинова, асп.; С.И. Вольфсон, проф., д-р техн. наук;  
А.Д. Хусаинов, доц., канд. техн. наук;  
А.М. Мустафин, магистрант; И.Д. Насертдинов, студ.  
(КНИТУ, г. Казань)

## **МАСЛОБЕНЗОСТОЙКИЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ВУЛКАНИЗАТЫ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛЯРНОГО КАУЧУКА И АБС-ПЛАСТИКА**

В настоящее время в резиновой промышленности одним из перспективных направлений является изготовление резиновых технических изделий из термоэластопластов, сочетающих свойства сшитых каучуков в условиях эксплуатации изделий со свойствами термопластов при температуре переработки ТПВ [1]. Значительное влияние на свойства ТПВ оказывает тип и концентрация вулканизирующей системы. Основным вулканизирующим агентом является сера, которая обычно используется в виде вулканизирующей системы совместно с ускорителями и их активаторами [2]. В связи с тем, что серная вулканизация обладает не достаточно высокой стойкостью к повышенным температурам и подвергается процессу подвулканизации, в данной работе представляло интерес исследовать вулканизацию алкилфенолформальдегидными смолами.

В качестве объектов исследования использовались композиции на основе бутадиен-нитрильного каучука и АБС-пластика при соотношении 70/30, соответственно. Вулканизацию проводили с использованием смоляной вулканизирующей системы. Проведенное исследование показало, что ТПВ вулканизованные с использованием смоляной вулканизирующей системы имеет высокие упруго-прочностные характеристики. Так же, было выявлено, что увеличение содержания соляной вулканизирующей системы более 8 мас.ч. приводит к ухудшению технологических свойств при переработки на экструзионной установки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Вольфсон, С.И. Динамически вулканизованные термоэластопласты: получение, переработка, свойства. М.: Наука, – 2004. – 170 с.
2. Холден Д. Термоэластопласты / Холден Д., Крихельдорф, Х.Р., Куирк Р.П. / Пер. с англ. 3-го издания под ред. Б.Л. Смирнова – СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 720 С.

Научное издание

# **ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

**Материалы докладов 83-й научно-технической конференции  
профессорско-преподавательского состава,  
научных сотрудников и аспирантов  
(с международным участием)  
Электронный ресурс**

В авторской редакции

Компьютерная верстка:  
*А.В. Домненкова, Е.О. Черник*

Усл. печ. л. 11,74. Уч.-изд. л. 12,12.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
УО «Белорусский государственный технологический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распро-  
странителя печатных изданий  
№1/227 от 20.03.2014  
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.