

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»
Минское областное отделение РГОО
«Белорусское общество «ЗНАНИЕ»
Международное общество ученых технического образования

Университет 3.0



ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**Материалы докладов 84-й научно-технической конференции,
посвященной 90-летнему юбилею БГТУ
и Дню белорусской науки
(с международным участием)**

3-14 февраля 2020 года

Минск 2020

УДК 661.(06)(07.034.44)
ББК 35.50/78ф
Т 38

Технология органических веществ : материалы 84-ой науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 3–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2020. – 361 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;
Радченко Ю.С., канд. техн. наук,
декан факультета ТОВ

Главный редактор

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

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Логвинова А.В., Болтовский В.С.</i> Консервирование зеленой массы трав злаковых культур.....	14
<i>Азовская Н.О., Перетрухин В.В., Чернушевич Г.А.</i> Состояние и перспективы использования древесных отходов в малой энергетике Беларуси (по опыту ОАО «Ивацевичдрев» и ОАО «Борисовдрев»).....	15
<i>Залуцкая А.М., Шишаков Е.П., Коваль В.В.</i> Получение и применение катионированных полимеров в технологии бумаги. 18	18
<i>Залуцкая А.М., Адамцевич Н.Ю., Болтовский В.С.</i> Влияние параметров процесса гидролиза целлюлозы и соломы на получение МКЦ.....	21
<i>Ермак И.Т., Гармаза А.К., Киселев С.В., Радченко Ю.С.</i> Древесные топливные гранулы и условия труда при их производстве на предприятии ГЛХУ «Столбцовский лесхоз».....	24
<i>Сергеенко Л.А.</i> Осахаривание крахмал- и целлюлозосодержащего сырья комплексом термостабильных ферментных препаратов.....	26
<i>Сосновская А.А., Флейшер В.Л.</i> Исследование структуры кристаллического продукта реакции жидкофазного окисления альфа-пинена кислородом воздуха в присутствии стеарата кобальта (II) методами рентгеноструктурного анализа, ИК- и ЯМР-спектроскопии.....	30
<i>Шпак С.И., Герман Н.А., Дубоделова Е.В., Соловьева Т.В.</i> Оптимизация компонентного состава термомеханической массы.....	33
<i>Гармаза А.К., Ермак И.Т., Радченко Ю.С.</i> Анализ изменений в Законе «Об охране труда».....	34
<i>Боркина Я.В., Флейшер В.Л.</i> Исследование процессов малеинизации канифоли и взаимодействия малеинизированной канифоли с диэтилентриамином.....	36
<i>Андрюхова М.В., Феськова Е.В., Мигель М.Ю.</i> Перспективы использования масла амаранта в косметической и пищевой промышленности.....	39
<i>Андрюхова М.В., Горст Е.В., Андреюк Г.В., Синевич Я.С.</i> Растительные экстракты как источники флавоноидов для косметических продуктов.....	42
<i>Карпова С.В., Мисюров О.А., Черная Н.В., Дашкевич С.А.</i> Изучение влияния процесса размола целлюлозы сульфатной беленой на средневзвешенную длину волокон и пористость полученных образцов бумаги.....	45

<i>Мисюров О.А., Карпова С.В., Черная Н.В., Чернышева Т.В., Дашкевич С.А.</i> Анализ состава и свойств полиграфического картона отечественного и импортного производства.....	48
<i>Карпова С.В., Мисюров О.А., Черная Н.В., Дашкевич С.А.</i> Влияние вида красителя на степень окрашиваемости пигментов и связующих в меловальных пастах.....	51
<i>Мисюров О.А., Карпова С.В., Черная Н.В., Чернышева Т.В., Дашкевич С.А.</i> Изучение бумагообразующих свойств целлюлозы сульфатной беленой в зависимости от концентрации суспензии и продолжительности процесса размола.....	54
<i>Сергеенк Л.А.о, Залуцкая А.М., Кардаш Ю.Н., Болтовский В.С.</i> Сорбционные свойства углеродных сорбентов на основе гидролизного лигнина из отвалов ОАО «Бобруйский завод биотехнологий».....	57
<i>Ахадова М.А., Ортиков А.А., Муминжонов Б.Р., Хабибуллаев Р.А., Махмудов Ж.И.</i> Изучение режимов сушки древесных композиционных материалов.....	59
<i>Джуманова З.К., Алламбергенова Ф., Жугинисов Б.Б.</i> Сульфометилирование лигноцеллюлозных материалов рисовой лузги.....	62
<i>Хабибуллаев Р.А., Алиев С.С., Мусакаева Д.Р.</i> Влияние фотодеструкции древесной муки на свойства древесно полимерных композитов.....	65
<i>Хабибуллаев Р.А., Илхамов Г.У.</i> Совместное использование связующих при изготовлении МДП.....	68
<i>Босак В.Н., Сачивко Т.В., Домненкова А.В.</i> Радиационный мониторинг в лесном фонде.....	71
<i>Сачивко Т.В., Босак В.Н., Домненкова А.В.</i> Применение радиопротекторов для защиты от облучения.....	73
<i>Пенкин А.А., Кашин А.Н., Герман Н.А., Соловьева Т.В.</i> Интенсифицированный размол целлюлозы в технологии бумаги для печати.....	75
<i>Дернович А.В.</i> Перспективы переработки отходов сельхозпредприятий, лесозаготовки, деревопереработки для производства фурфурола, биоэтанола и продуктов биосинтеза методом гидролиза. Современный подход.....	76

<i>Любимов А.Г., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Ленартович Л.А., Авраменко Н.А., Горохов Г.В.</i> Материалы для 3D печати и их электромагнитные свойства в СВЧ диапазоне.....	79
<i>Любимов А.Г., Прокопчук Н. Р., Можейко Ю.М., Крауклис А.В.</i> Моноволокна ПЭТФ, модифицированные многостенными углеродными нанотрубками.....	82
<i>Любимов А.Г., Кубрак П.Б., Горохов Г.В.</i> Электромагнитные свойства металлизированных изделий полученных методом 3D-печати в СВЧ диапазоне.....	85
<i>Потапчик А.Н., Егорова А.Л.</i> Изучение влияния типа отвердителя на антикоррозионные свойства эпоксидных покрытий электрохимическими методами.....	88
<i>Крутько Э.Т., Воробьёва Т.Н.</i> Синтез и исследование Си-содержащей плёнкообразующей полимер-олигомерной полиимидной композиции.....	91
<i>Кухта Т.Н., Прокопчук Н.Р.</i> Устойчивость к энергетическим воздействиям плёнкообразователей порошковых красок.....	94
<i>Орёл А.С., Безбородов В.С., Кузьменок Н.М., Михалёнок С.Г.</i> Получение бис(бензофуранил)азобензола.....	97
<i>Левиев Л.В., Прокопчук Н.Р.</i> Плёнкообразователь и отвердитель для антикоррозионного покрытия повышенной эффективности.....	100
<i>Левданский А.А., Минеева И.В.</i> Использование алифатических альдегидов в синтезе новых гетероциклических альдегидов.....	103
<i>Кузьменок Н.М., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С.</i> Использование спектрального анализа для идентификации продуктов реакции Кулинковича.....	106
<i>Михалёнок С.Г., Безбородов В.С., Кузьменок Н.М.</i> Синтетические подходы к дейтерообмену альдегидного водорода в ароматических альдегидах и их производных.....	109
<i>Савельев А.И., Михалёнок С.Г., Безбородов В.С.</i> Синтез бензоаннелированных карбазолов.....	112
<i>Антоневич И.П.</i> Синтез ряда 4-алкоксипроизводных 3-гептил-4,5,6,6а-тетрагидро-3аН-циклопента[<i>d</i>]изоксазол-4-ола как модельных аза-, окса-аналогов простациклина.....	114
<i>Каток Я.М.</i> Синтез производных бензимидазола на основе <i>o</i> -фенилендиамина и ароматических альдегидов.....	116

<i>Валько Н.Г., Ван дер Вел Д.Д., Касперович А.В., Шевчик А.В., Боброва В.В.</i> Исследование влияния рентгеновского излучения на прочностные характеристики эластомеров специального назначения.....	119
<i>Яблонская Е.И., Прокопчук Н.Р.</i> Применение заменителя растительных масел для синтеза алкидно-стирольных пленкообразователей.....	121
<i>Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Крутько Э.Т., Ленартович Л.А., Пономарева Е.С.</i> Полимерные смеси с использованием термоэластопластов.....	124
<i>Прокопчук Н.Р., Прищепенко Д.В.</i> Электроформование нановолокон хитозана и модификация их солями металлов.....	127
<i>Леишкевич А.В., Шашок Ж.С., Усс Е.П.</i> Полифункциональные добавки на основе вторичного нефтехимического сырья в составе эластомерных композиций....	130
<i>Перфильева С.А., Шашок Ж.С., Усс Е.П., Юсевич А.И.</i> Упруго-гистерезисные свойства резин с нефтеполимерными смолами.....	132
<i>Степанович Ю.А., Шрубок А.О.</i> Комбинированные полимерные модификаторы для битумных вяжущих.....	135
<i>Шрубок А.О., Хаппи Вако Б.Ж.</i> Оценка совместимости синтетических полимеров и нефтяных битумов.....	137
<i>Глоба А.И., Прокопчук Н.Р., Лаптик И.О., Духович Д.В., Санкович Н.Л.</i> Исследование влияния углеродных наноматериалов на свойства двухкомпонентных грунт-эмалей и грунтовок.....	140
<i>Юсевич А.И., Трусов К.И., Осипенок Е.М., Куземкин Д.В.</i> Изучение реакционной способности компонентов тяжёлой пиролизной смолы в процессе синтеза нефтеполимерной смолы.....	143
<i>Ixtiyarova G.A., Hazratova D., Mengliev A.S., Muiyinoва N.</i> Potential raw sources of chitosan and approaches to its production....	146
<i>Касперович А.В., Кротова О.А., Радченко Ю.С.</i> Исследование влияния стеклосферного наполнителя на свойства вулканизатов.....	149
<i>Тарасов В.Ю.</i> Исследование склонности каменных углей к самовозгоранию.....	150
<i>Пашаева З.Н.</i> Исследование радикальной полимеризации и сополимеризации в среде «зелёных» растворителей.....	152

<i>Байрамова С.Т.</i> Синтез реакционноспособных феноформалитов с различным содержанием фенола.....	154
<i>Исмаилов Р.И., Хайдаров И.Н.</i> Исследование состава вермикулита для использования в качестве огнезащитных композиций для текстильных материалов.....	155
<i>Исмаилов А.И., Хасанов О.Х., Исмаилов Р.И.</i> Изучение свойств высокомолекулярных азот- и галогенсодержащих соединений на основе четвертичных аммониевых солей.....	158
<i>Кротова Е.Д., Шевчук М.О., Нестерова С.В., Зильберглейт М.А.</i> Свойства и синтез наночастиц меди.....	162
<i>Петров А.Д.</i> Визначення адсорбційних властивостей матеріалів та їх вплив на визначення тротилу у змивах.....	165
<i>Касперович А.В., Крутько Э.Т., Волчков А.А., Yi Zhang, Junqi Zhao</i> Синтез имидосодержащих модификаторов для эластомерных композиций.....	168
<i>Крутько Э.Т., Запольская Е.С.</i> Синтез модифицированного насыщенного полиэфира на основе глицерина и бициклической дикарбоновой кислоты.....	171
<i>Крутько Э.Т., Ягодкина М.В., Запольская Е.С.</i> Структурированный композиционный материал для функциональных покрытий на основе алифатического полиамида.....	174
<i>Крутько Э.Т., Коваленко Н.А., Супиченко Г.Н.</i> Определение степени завершённости процесса циклодегидратации форполимера высокотемпературного синтеза полиимида методом ГЖХ.....	177
<i>Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р.</i> Влияние мягчителя на свойства изоляционных материалов.....	179
<i>Долинская Р.М., Прокопчук Н.Р., Полоз А.Ю., Эбич Ю.Р.</i> Влияние степени дисперсности силиций карбида на дисперсную структуру и свойства эпоксидных композиций.....	182
<i>Прокопчук Н.Р., Ключев А.Ю., Макаревич О.О.</i> Регулирование свойств лаковых покрытий по меди варьированием эпоксидных смол, отвердителей и пластификаторов.....	184
<i>Шашок Ж.С., Усс Е.П., Лешкевич А.В.</i> Влияние режимов термомеханической обработки бутилового регенерата на технологические свойства композиций на его основе.....	187

<i>Шашок Ж.С., Прокопчук Н.Р., Усс Е.П.</i> Упруго-прочностные свойства резин с углеродными наноструктурными материалами.....	189
<i>Усс Е.П., Шашок Ж.С., Кротова О.А., Шадыро О.И., Ксендзова Г.А.</i> Влияние стабилизирующих добавок на деформационно-прочностные свойства модельных эластомерных композиций.....	191
<i>Зильберглейт М.А., Темрук В.И., Лобан Т.А., Маевская О.И., Шевчук М.О., Нестерова С.В., Чубис П.А., Климош Ю.А., Камлюк Т.В., Марзан В.Г.</i> Способы определения размера пор бумажных материалов.....	193
<i>Долинская Р.М., Гугович С.А., Герцик П.Н.</i> Изучение процесса вулканизации модифицированного бутадиен-нитрильного каучука.....	195
<i>Ленартович Л.А., Прокопчук Н.Р., Касперович О.М., Петрушеня А.Ф., Любимов А.Г.</i> Изучение совместного влияния функциональных добавок на устойчивость к тепловому старению ПА-6.....	197
<i>Глоба А.И., Казаков П.П.</i> Установление влияния химического строения пленкообразователей и отвердителей на физико-механические свойства клеевого шва.....	198
<i>Карпович О.И., Наркевич А.Л., Калинин А.Н.</i> Технология переработки смешанных полимерсодержащих отходов для получения изделий.....	200
<i>Грушова Е.И., Станько М.В., Горошко М.А.</i> Влияние состава сырья окисления на качество битумного вяжущего.....	202
<i>Вишневский К.В., Прокопчук Н.Р., Крутько Э.Т.</i> Вулканизация силоксановых каучуков с применением каталитических систем.....	205
<i>Валько Н.Г., Глоба А.И., Касперович А.В., Духович Д.В.</i> Модификация морфологии поверхности водно- дисперсионных лакокрасочных материалов УФ-излучением.....	207
<i>Абдураимов Б.М., Азаматов У.Р., Машаев Э.Э.</i> Синтез и исследование свойств «терпенсульфида» золота.....	209
<i>Ваккасов С.С., Кадиров Х.Э.</i> Флотационное обогащения хлорида калия из природного сильвинита в присутствии жидких парафинов полученный из местного сырья.....	212

<i>Черкасова Т.Г., Субботин С.П., Васильева Е.В., Неведров А.В., Папин А.В., Солодов В.С., Ветошкина И.С.</i> Анализ возможности получения мезофазного пека методом термического растворения углей.....	215
<i>Исоков Ю.Х., Ёдгоров Нормамат</i> Способ получения активированного угля.....	218
<i>Каипбергенова Г.Р., Захидов Ж.Х., Кадиров Х.И.</i> Ингибиторы коррозии на основе серосодержащих органических продуктов.....	221
<i>Хакимуллин Ю.Н., Курбангалеева А.Р., Табельчук Е.А., Зими́на А.С., Хакимова А.И., Зиннатуллина Э.А.</i> Исследование влияния наполнителей на свойства герметиков на основе силоксанового олигомера.....	224
<i>Хакимуллин Ю.Н., Курбангалеева А.Р., Табельчук Е.А., Зими́на А.С.</i> Исследование влияния дисперсности гидроксида алюминия на свойства силоксановых резин.....	226
<i>Лати́пова И.И., Каипбергенова Г.Р., Кадиров Х.И.</i> Исследование сорбционных свойств продуктов сульфирования угля Шоргинского района Сурхандаринского вилоята.....	227
<i>Липин К.В., Софронов Д.В., Кузьмин С.В.</i> Разработка технологии синтеза 2-(1,3-дитиолан-2-илиден)малонитрила.....	230
<i>Маманазаров М.М., Саидаббозов С.Ш.</i> Влияние температуры получения образцов оксида алюминия на их текстурные характеристики.....	232
<i>Маткаримова Н.С.</i> Синтез и изучение процесса эпоксидирования олеиновой кислоты.....	235
<i>Назаров Н.И., Бекназаров Х.С.</i> Изучение фотостабилизации ПВХ новыми фотостабилизаторами.....	238
<i>Нигматова К.Х., Кадиров Х.И.</i> Деэмульгирующие свойства реагента полученного на основе пиролизного дистиллята.....	241
<i>Мирзатиллаев Г.А., Назаров К.К., Кудратов А.М.</i> Нетрадиционное углеводородное сырье, полученное технологией обогащения местного угля.....	244
<i>Сохина С.И., Селютин Ю.В.</i> Синтез структурноокрашенных полимерных материалов на основе стирола.....	247
<i>Таджиева Ш.А., Максумова О.С., Таджиева Г.А.</i> Синтез и свойства диаллильных солей.....	250

<i>Тогаев Э.М., Бекназаров Х.С.</i> Стабилизация поливинилхлорида солями фталаминовой кислоты.....	253
<i>Тураев Ф.Т., Бекназаров Х.С.</i> Исследование ИК-спектроскопическим методом модифицированного дорожного битума элементной серой.....	256
<i>Хайитова Ж.М., Аманова Н.Д., Бекназаров Х.С.</i> Изучение свойств нового негорючего модифицированного серобетона.....	259
<i>Вольфсон С.И., Файзуллин И.З., Щербакова Т.В., Бадретдинов З.М.</i> Исследование стеклонеполненных эластомерных износостойчивых композиций на основе карбоцепных каучуков.....	262
<i>Болотов В.М., Саввин П.Н., Комарова Е.В.</i> Технология получения и цветометрические характеристики сахарных колеров в присутствии сульфитных и аммонийных солей.....	264
<i>Завьялов М.П., Карманова О.В., Щербакова М.С.</i> Высоконаполненные полимерные композиты для спортинга....	267
<i>Комарова Е.В., Болотов В.М., Грезев С.В.</i> Биологически активные соединения как антиоксиданты полимерных материалов.....	268
<i>Карманова О.В., Шажок Ж.С., Тихомиров С.Г.</i> Исследование структуры и свойств вулканизатов бутилкаучука при комплексном воздействии ионизирующих излучений и термомеханообработки.....	269
<i>Карманова О.В., Лынова А.С., Фатнева А.Ю.</i> Исследование свойств протекторных резин при введении нового активатора вулканизации.....	271
<i>Карманова О.В., Москалев А.С., Шутилин Ю.Ф.</i> Вулканизирующие системы для водонабухающих эластомерных композиций.....	272
<i>Седых В.А., Королева Е.В.</i> Разработка термо-, агрессивостойких резиновых деталей для оборудования перерабатывающей промышленности.....	273
<i>Щербакова М.С.</i> Исследование свойств полилактида.....	274
<i>Тухташева М.Н., Гулямов Г., Абед Н.С., Негматов С.С.</i> Антифрикционные композиционные материалы на основе полиолефинов и технология их получения.....	276

<i>Вольфсон С.И., Файзуллин И.З., Бадретдинов З.М., Хафизова Д.Р., Куражева О.С.</i> Разработка композиционного материала на основе полипропилена модифицированного цеолитами.....	279
<i>Джумадилов Т.К., Имангазы А.М., Кондауров Р.Г., Химерсен Х.</i> Разработка технологии селективной сорбции ионов металлов полимерами с «молекулярными отпечатками».....	282
<i>Страх Я.Л., Игнатовец О.С., Кручонок А.В., Красневска Н.</i> Изучение активности пероксидаз в листьях разных популяций морошки приземистой.....	284
<i>Сергиевич Д.С., Белясова Н.А., Шимкевич А.М.</i> Способ скрининга почвенных бактерий, деградирующих полилактид.....	287
<i>Гребенчикова И.А., Маркевич Р.М., Нестер О.В., Давыденко Д.С.</i> Анализ эффективности биологических процессов на очистных сооружениях птицефабрики.....	289
<i>Галиновский Д.В., Мокшина Н.В., Хотылева Л.В., Кильчевский А.В., Горшкова Т.А.</i> Разработка генетических инструментов для контроля качества льноволокна.....	290
<i>Адамцевич Н.Ю., Болтовский В.С., Титок В.В.</i> Определение параметров процесса экстракции флавоноидов из воробейника лекарственного (<i>Lithospermum officinale</i> L.).....	293
<i>Лазовская О.И., Леонтьев В.Н.</i> Тушение триптофановой флуоресценции сывороточного альбумина человека под действием абиратерона ацетата.....	294
<i>Ветохин С.С., Подорожная И.В.</i> Некоторые особенности динамики физико-химических показателей кисломолочных продуктов.....	297
<i>Курченко В.П., Сушинская Н.В.</i> Физико-химические свойства меланиновых пигментов ряда дереворазрушающих грибов и их антиоксидантная активность.....	300
<i>Игнатенко А.В.</i> Физико-химические свойства и использование желчи для биотестирования токсичности осадков сточных вод.....	303
<i>Чернявская Е.Ф., Белясова Н.А. Т.И. Ахрамович</i> Изучение синергического эффекта совместного применения халконов и биоцидных препаратов на микроорганизмы в составе биопленок.....	304

Чернявская Е.Ф., Граник А.М. Создание комплексных биодобрений для выращивания пасленовых культур.....	307
Рымовская М.В., Маркевич Р.М, Гребенчикова И.А., Ю.И. Ахмадиева, И.И. Сазанова. Прогнозирование и расчет доз коагулянтов для применения в технологии водоподготовки.....	309
Страх Я.Л., Игнатовец О.С., Шимкевич А.М., В.Н. Леонтьев Изучение активности дегалогеназ бактерий-деструкторов 2,4-Д (2-этилгексилэфира).....	310
Никитенко А.Н., Ламоткин С.А. Определение сроков хранения купажей растительных масел.....	313
Сергиевич Д.С. Биоцидные свойства полигексаметиленгуанидин гидрохлорида, в составе полилактидных пленок.....	314
Сергиевич Д.С., Игнатовец О.С., Минаковский А.Ф. Влияние на жизнедеятельность фосфатмобилизующих бактерий рода <i>Vacillus</i> сапротрофов месторождений Дитва и озера Дикое.....	317
Кулонов А.И., Мирзарахметова Д.Т. Галофильные бактерии гиперсоленых водоемов Узбекистана и их потенциал образования экзополисахаридов.....	319
Тоштемирова М.Ж., Мирзарахметова Д.Т. Оценка действия азотфиксирующих микроорганизмов в виде предпосевной обработки семян при возделывании российского сорта масличной сои в условиях Ташкентской области Узбекистана.....	321
Исмаилов А.Э., Мирзарахметова Д.Т. Культивирование <i>Dunaliella Salina</i>	323
Абдулина Д.Р., Бондаренко А.И. Методы оценки биостойкости технических материалов.....	326
Лыч И.В., Солошенко К.И., Волошина И.М. Переработка козьего молока и молозива для получения лекарственных препаратов.....	329
Назаров К.К., Абдуллаева Г.Т., Рузметова С.Т., Мирзакулова Н.М. Ферментативная гидролизуемость и механическая прочность целлюлозных волокон.....	332
Назаров К.К., Рахимов М.М., Расулова Н.А., Соатов М.А. Разработка технологии оголения семян хлопчатника ферментативным способом.....	335

Назаров К.К., Сагдиев Т.Х., Кудратхужаева М.А., Отабекова М.С. Особенности ферментативного гидролиза волокон генетически разных линий хлопчатника.....	337
Эшмуродова Н.Ш., Тоштемурова М.Ж., Кушербаев Н.С., Шомуродов Н.Б. Ферментативная гидролизуемость целлюлозных волокон пораженных вирусами мозаики хлопчатника.....	340
Эшмуродова Н.Ш., Тоштемурова М.Ж., Фахриддинова З.Ф. Таксономический анализ альгофлоры реки Ахангаран.....	343
Эшмуродова Н.Ш., Фахриддинова З.Ф. Альгофлора верхней, средней и нижней течений реки Ахангаран.....	346
Саттаров М.Э., Фазлиддинов Ш.Ж., Зиявитдинов Ж.Ф.. Поиск продуцента специфической липазы.....	348
Саттаров М.Э., Жалилова С.И. Ростстимулирующая активность грибов <i>Aspergillus terreus</i> и <i>Pleurotus ostreatus</i>	352
Саттаров М.Э., Умарова Ш.А., Нурмухамедова Г.К. Влияние ферментных препаратов грибов <i>Aspergillus terreus</i> и <i>Pleurotus ostreatus</i> на всхожесть семян хлопчатника.....	355
Назаров К.К., Рахимов М.М., Шукурхонова М.Ф., Алавиддинова Н.М. Применение композиционного ферментного препарата для оголения семян хлопчатника.....	358

УДК 631.35:636.085.51

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

КОНСЕРВИРОВАНИЕ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ ТРАВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Растительный корм служит основным источником растительного белка и обменной энергии в рационе жвачных животных. Доля силоса из многолетних и однолетних трав в структуре полевых кормовых культур занимает свыше 60%.

Перспективным способом консервирования зеленой массы является силосование биологическими консервантами, которые позволяют направить биохимические превращения таким образом, чтобы получить доброкачественный корм с повышенной доступностью питательных веществ. Однако трудносилосуемые и несилосуемые культуры не содержат в достаточном количестве свободных сахаров для биосинтеза молочной кислоты. Данную задачу решает применение ферментных препаратов, которые целенаправленно воздействуют на трудногидролизуемые полисахариды в усвояемое животными состояние.

С целью сохранения качества и питательности смеси злаковых трав, а именно мятлика, овсяницы и райграса, была проведена закладка опытных образцов с предварительно измельченной и пропаренной соломой овса в количестве 5-15% от массы растительного сырья с ферментной композицией и бактериальными заквасками отечественного производства.

Анализ качества полученных образцов силоса проводился по органолептическим (внешний вид, консистенция, цвет, запах) и физико-химическим (рН, сырой протеин, содержание легко- и трудногидролизуемых полисахаридов) показателям.

Все образцы зеленой массы, обработанные ферментным препаратом в сочетании с бактериальными заквасками, обладали приятным ароматом. Физико-химический анализ показал, что при повышении концентрации ферментов увеличивается не только глубина гидролиза клетчатки до 20%, но и содержание молочной кислоты на 80%.

Таким образом, совместное применение ферментной композиции и бактериальной закваски способствует повышению степени конверсии и энергетической питательности трав злаковых культур.

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

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ БЕЛАРУСИ (по опыту ОАО «Ивацевичдрев» и ОАО «Борисовдрев»)

В настоящее время общая площадь лесного фонда в Республике Беларусь составляет 9,8 млн. га, из них в зонах радиоактивного загрязнения находится около 1,5 млн. га (16,6%) [1]. Ежегодно в хозяйственный оборот вовлекается большой объем древесных ресурсов, так в 2018 году площадь рубок леса составила 499,1 тыс. га и было заготовлено 28,6 млн. кубометров ликвидной древесины [2].

В соответствии с Программой энергосбережения Беларуси стратегической целью является увеличение до 30% доли местных видов топлива. В потенциал топливных ресурсов включены дрова, отходы лесозаготовок и деревообработки. Ежегодно лесхозы республики для нужд тепловой энергетики заготавливают 4,5 млн. т древесного топлива.

При использовании древесного топлива возникает ряд проблем связанных с радиационной безопасностью:

- для устойчивой работы промышленных котельных и мини-ТЭЦ необходимо создавать запасы топлива, а их складирование приводит к повышению радиационного фона;
- при сгорании топливной древесины может образовываться зола с повышенным содержанием радионуклидов;
- загрязнение окружающей среды газообразными и мелкодисперсными продуктами сгорания древесного топлива.

При технологической переработке древесины образуются отходы, так в лесопильном производстве почти половина сырья переходит в отходы, а на мебельных предприятиях еще половина пиломатериалов превращаются в отходы. Все технологические отходы лесозаготовки и деревообработки должны найти применение в энергетике предприятий.

В целях увеличения эффективности энергетического использования древесной биомассы и снижения зависимости от импорта энергоносителей за период 2011–2015 годы была реализована Республиканская программа энергосбережения, в ходе которой построен 161 объект малой энергетики, работающих на местных видах топлива, в т. ч. 29 мини-ТЭЦ. В последние годы энергетическое использование древесных отходов рассматривается как альтернатива традиционным видам топлива. Годовой объем потребления топливной древесины од-

ной мини-ТЭЦ Беларуси в зависимости от мощности колеблется от 40 до 60 тыс. куб. м³.

В рамках реализуемых в республике программ и планов мероприятий решаются задачи по использованию древесного топлива для производства тепловой и электрической энергии, повышению энергоэффективности экономики страны и снижению доли импортируемых энергоресурсов. Характерным для развитых стран является, высокая степень использования на топливо древесных отходов. В общем объеме используемой на топливо древесины, древесные отходы составляют в США – 70 % , в Канаде – 65%, во Франции – 28%, в Швеции – 51%, в Финляндии – 53%. Это связано с тем, что рост цен на традиционные виды топлива (мазут, уголь и дизельное топливо), а также ужесточение контроля над утилизацией отходов и стремление перерабатывающих производств снизить свои затраты, стали основными факторами заметного увеличения в последнее время интереса к средним и малым автономным источникам электрической энергии. Кроме этого дополнительный интерес обуславливается тем фактом, что в качестве топлива данные автономные источники электроэнергии применяют отходы биомассы, и в частности, так называемые возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

Использование в качестве источников энергии ВИЭ обеспечивает значительное сокращение количества выбросов в атмосферу парниковых газов, и тем самым создает необходимые предпосылки для осуществления торговли квотами на выбросы в атмосферу вредных веществ в рамках механизма реализации Киотского протокола.

Затраты труда на заготовку и вывозку древесины выше затрат труда на добычу ископаемых видов топлива, а транспортабельность древесного топлива существенно ниже транспортабельности каменных углей и жидкого топлива. Это способствовало снижению значимости использования древесного топлива в экономике страны. В связи с незначительным удельным весом древесины в энергетическом балансе промышленно развитых стран казалось, что интерес к энергетическому использованию древесного топлива утрачен навсегда. Однако энергетический кризис, развившийся в 2008 г., заставил изменить точку зрения на перспективы энергетического использования древесины.

Древесина – это единственный вид топлива, естественно возобновляющийся в больших объемах, в то время как запасы горючих ископаемых ограничены. Затраты труда на добычу ископаемых видов топлива с течением времени увеличиваются, в то время как трудоемкость заготовки древесины уменьшается. Важное значение имеет и экологический аспект проблемы – древесное топливо практически не содержит серы и имеет низкую реакционную способность дымовых газов, при сжигании древесины не содержится сернистого и серного газа, а содержание окиси угле-

рода в современных энергоустановках ТЭС минимально.

Благодаря реализации инвестиционных проектов на ОАО «Ивацевичдрев» и ОАО «Борисовдрев» были созданы энергетические установки мощностью 30,7 МВт которые позволили утилизировать все образующиеся отходы деревообработки. Для обеспечения радиационной безопасности персонала предприятий все поступающее сырье и древесное топливо подвергаются радиационному контролю [4].

Радиационный контроль древесного топлива, используемого в энергоустановках, проводят с целью обеспечения норм радиационной безопасности по содержанию цезия-137 допустимым уровням. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в древесине разработаны на основе, установленной в республике допустимой среднегодовой дозы общего облучения для населения в 1 мЗв.

Необходимость снижения активности древесного сырья, используемого как местное топливо на крупных энергоустановках, обусловлено вероятностью загрязнения окружающей среды зольными остатками с высокими концентрациями радионуклидов. В 2010 г. НАН Беларуси были разработаны и предложены для практического применения допустимые уровни содержания цезия-137 до 200 Бк/кг в древесном топливе используемом в промышленных котельных и мини-ТЭЦ. Это позволило обеспечить безопасное обращение с зольными отходами, активность которых не превышает 10 кБк/кг.

Энергетическое использование древесных отходов, непригодных для технологического применения, способствует выполнению задачи по обеспечению энерготехнической безопасности РБ и эффективному использованию лесосырьевых ресурсов и древесных отходов на топливо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь 2018. Минск: Национальный статистический комитет РБ, 2018. 490 с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. Минск: Национальный статистический комитет РБ, 2019. 200 с.
3. СТБ 1867-2017 «Отходы древесные. Общие технические условия». – Введ. 01.10.2017. – Минск: БелГИСС, 2017. – 12 с.
4. Перетрухин В. В., Чернушевич Г. А. Дозиметрическое и радиометрическое обеспечение радиационной безопасности на ОАО «Ивацевичдрев» // Труды БГТУ: Лесная и деревообраб. пром-сть. 2014. № 2. С. 137–139.

А. М. Залуцкая, асп.;
Е. П. Шишаков, вед. науч. сотр., канд. техн. наук;
В. В. Коваль, ассист.
(БГТУ, г. Минск)

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ КАТИОНИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ В ТЕХНОЛОГИИ БУМАГИ

Крахмал является природным полисахаридом с уникальные свойства и особенностями, к числу которых относятся возобновляемость и неиссякаемость сырьевых ресурсов (картофель, кукуруза, рожь, пшеница, маниока, горох и др; возможность легко изменяется и придавать новые практически ценных свойств путем химического, физического, бактериологического или комбинированного воздействия; на основе крахмала или в сочетании с синтетическими полимерами возможно создание новых биоразлагаемых материалов; крахмал нетоксичен и с ним удобно работать как с полимером [1].

Эти уникальные свойства крахмала как крупнотоннажного природного полимера, позволяют производить самые разнообразные продуктов на его основе.

Крахмал и крахмалопродукты имеют большое значение для современного хозяйственного комплекса. Лидерство в области инновационных технологий крахмалов принадлежит США, Германии, Франции, Голландии, Швеции, Китаю, Таиланду, Вьетнаму.

Наибольшую актуальность среди крахмалов с целенаправленно измененными свойствами имеют, прежде всего, химически модифицированные замещенные крахмалы, в частности катионные крахмалы.

Важными коммерческими продуктами являются производные крахмала, содержащие эфирные катионные группы (амино-, аммониевые, сульфониевые, фосфониевые и др.). Они широко используются в качестве эффективных добавок в целлюлозно-бумажной, текстильной, косметической и других отраслях промышленности. Наибольшее применение нашли катионные крахмалы с третичными амино- и четвертичными аммониевыми эфирными группами, которые эффективно используются в последние годы в производстве бумаги и картона для повышения ретенции волокна и наполнителя, понижения процесса пыления, увеличения прочности поверхности и разрывной прочности бумаги, а также сопротивления излому [2].

В Республике Беларусь в настоящее время наиболее востребованным типом химически модифицированных крахмалов являются катионные крахмалы. С 2014 года организовано производство катионированного крахмала на ООО «Ютанол» (г. Могилев).

Получение катионного крахмала возможно различными способами («сухим», «мокрым», экструзионным) путем введения в макромолекулу крахмала функциональных групп, несущих положительный заряд [3–5]. Наиболее часто для этого используется 3-хлоро-2-гидроксипропилтриметиламмоний хлорид (ХГПТМАХ) или 2,3-эпоксипропилтриметиламмоний хлорид (ЭПТМАХ).

В зависимости от степени замещения крахмала катионными группами и его природной основы они удерживаются по-разному. При степени замещения от 0,03 до 0,04 моль/моль картофельный крахмал удерживается более чем на 95%, кукурузный – 60%, нативный – 50%. Катионный крахмал удерживает и закрепляет на волокне частицы клея, но только при степени замещения выше 0,025 моль/моль. Нативный крахмал не влияет на удержание нейтрального клея. В виду большой адсорбции катионного крахмала на волокне увеличивается прирост механических показателей.

Катионные эфиры крахмала получают реакцией нативного крахмала с катионные реагенты (ХГПТМАХ или ЭПТМАХ) при различных условиях. Общая схема катионирования крахмала представлена на рисунке.

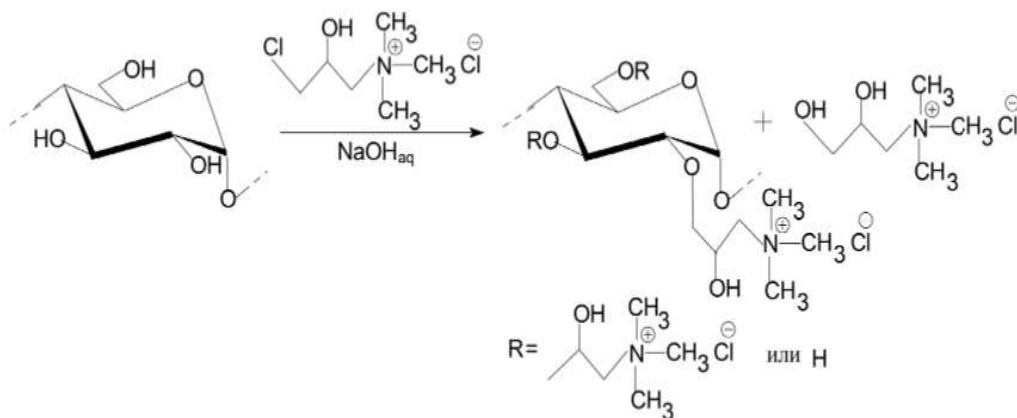


Рисунок 1 – Обобщённая схема катионирования крахмала

«Мокрый» метод катионизации включает гетерогенные реакции гранул крахмала в суспензии и гомогенные реакции желатинизированного крахмала в пасте [3]. Продукты этих процессов могут быть отмыты: и высушены до использования.

При «сухом методе» происходит смешиванием исходного крахмала с реагентами при ограниченном содержании воды [4].

Экструзионный метод представляет собой влаготермомеханическую обработку крахмала с реагентами на вальцовой сушилке, экструзионной установке, развариванием в специальных аппаратах [5].

Катионированный крахмал широко применяется при производстве бумаги и картона. Он повышает механическую прочность, снижает неравномерность свойств бумаги по сторонам листа. бумажной промышленности. Для поверхностной и внутримассовой проклейки возможно использовать кукурузный, картофельный, тапиоковый, пшеничный и рисовых крахмал.

Катионированный крахмал без добавок или с различными добавками применяют для подкрахмаливания ткани, что обеспечивает ее жесткость и гладкость. Он хорошо проявляет себя как компонент моющих средств, шпихты для стекловолокна, краски для печати акриловых нитей. С его использованием повышается устойчивость ткани к сминаемости, ее разрывная прочность, ткань становится более мягкой.

Довольно перспективным при производстве высококачественных видов бумаги из макулатурного сырья является использование в качестве упрочняющих добавок таких катионированных полимеров как поливиниловый спирт (ПВС) и сополимеры акриламида и акрилата натрия (САА и АН).

ЛИТЕРАТУРА

1. Княжев В.Н., Романов В.В., Широков В.А. Последние достижения химии и технологии производных крахмала // Химия растительного сырья. – 2010. – №7. – С. 5–12.
2. Литвяк В.В. Научные основы технологии получения катионных крахмалов // Вести Национальной академии наук Беларуси – 2019. – Т. 57. – №1. – С. 110–121.
3. Коптелова Е.К., Ахаева С.М., Лукин Н.Д. Сухой способ катионирования крахмала // Хранение и переработка сельскохозсырья. – 2015. – № 12. – С. 23–26.
4. Бутрин С.М. Катионирование картофельного крахмала полусухим методом // Вести Национальной академии наук Беларуси – 2013. – №2. – С. 71–76.
5. Starch modification using reactive extrusion / F.Xie [at al.] // Starch/Stärke. – 2006. – Vol. 58, N 3. – P. 131–139.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГИДРОЛИЗА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И СОЛОМЫ НА ПОЛУЧЕНИЕ МКЦ

В последние десятилетия значительное внимание уделяется получению, изучению свойств и возможностей применения микрокристаллической целлюлозы (МКЦ), т.е. порошковой целлюлозы «предельной» степени полимеризации.

МКЦ широко применяется в качестве компонента при изготовлении лекарственных средств, добавки при изготовлении различных видов пищевой продукции, для стабилизации водно-латесных красок и эмульсий и т.д.

МКЦ обладает большой твёрдостью спрессованного материала, высокой гелеобразующей способностью, повышенной степенью кристалличности, увеличенной удельной поверхностью, высокой реакционной способностью гидроксильных групп, стабильностью глюкозидной связи [1].

Использование МКЦ, обладающей более высокой, чем у обычной целлюлозы, реакционной способностью в реакциях карбоксиметилирования, ацетилирования, нитрирования, окисления, позволяет легко и быстро получать высокозамещенные производные целлюлозы.

Для получения МКЦ используются различные виды природной целлюлозы: наиболее химически «чистую» хлопковую целлюлозу, а также льняную и древесные целлюлозы, выделенные из хвойных (сосна, ель, кедр) и лиственных (береза, осина, тополь) пород древесины сульфатной или сульфитной варкой; целлюлозу, выделенную из багассы, тростника, соломы и др. В последние годы заметно возрос интерес к выделению целлюлозы и получению МКЦ из волокон сельскохозяйственных растений – стеблей злаковых культур и риса [2]. В основном МКЦ получают из целлюлозы кислотным способом, который заключается в воздействии на исходную целлюлозу неорганическими кислотами различной концентрации (соляной, серной, азотной, кислотами Льюиса). После гидролиза проводят механическое разрушение гидролизованной целлюлозы, в результате чего образуется фракция частиц с размерами от 10 до 300 мкм, обладающая высокой степенью кристалличности и содержанием α -целлюлозы.

Качество и выход МКЦ зависят от состава исходного волокна и условий его гидролиза, а размер получаемых кристаллов МКЦ определяется продолжительностью гидролиза, температурой и концентрацией кислот.

В настоящее время разработаны способы получения МКЦ из различных видов сырья, однако многие из них недостаточно эффективны, многостадийны и длительны. Актуальным является исследование закономерностей и условий получения МКЦ из различных видов отечественной целлюлозы и целлюлозосодержащих отходов (в том числе соломы сельскохозяйственных культур), позволяющих интенсифицировать и повысить эффективность процесса.

Одним из перспективных методов повышения эффективности процессов получения микрокристаллической целлюлозы является применение СВЧ-энергии [3].

Для получения МКЦ в данной работе применяли образцы бленой сульфатной целлюлозы и бленой химико-термомеханической массы (БХТММ) с высоким содержанием α -целлюлозы и значением степени кристалличности, которые подвергали кислотному гидролизу с использованием в качестве катализатора 0,5 и 5%-ного растворов серной кислоты под действием конвективного и СВЧ-нагрева. В таблице приведены результаты получения МКЦ при различных параметрах гидролиза.

Таблица – Влияние параметров процесса получения МКЦ на содержание и выход α -целлюлозы при различных параметрах гидролиза бленой сульфатной целлюлозы и БХТММ

Метод нагрева при гидролизе	Сырьё	Концентрация кислоты (H ₂ SO ₄), %	Мощность СВЧ-генератора, Вт	Продолжительность, мин	Температура, °С	Содержание α -целлюлозы, %	Выход α -целлюлозы, %
СВЧ	БХТММ	0,5	600	0,5	80	83,94	67
			450	0,5	81	81,78	67
			100	2,13	85	84,03	66
		5		81	83,72	69	
		5,0	4	69	83,65	70	
Конвективный		0,5	—	90	120	81,96	69
		5,0	—			83,12	70
СВЧ	Сульфатная бленая целлюлоза	0,5	100	5	87	98,06	79
		5,0		4	78	98,23	86
Конвективный		0,5	—	90	120	98,01	80
		5,0				97,93	87

Содержание α -целлюлозы в исходных БХТММ и в беленой сульфатной целлюлозе составило 71,59 и 82,06% соответственно. Наиболее высокое содержание α -целлюлозы в МКЦ (максимально 98,23%) и выход α -целлюлозы достигаются при гидролизе беленой сульфатной целлюлозы с использованием в качестве катализатора 5%-ного раствора серной кислоты.

Применение СВЧ-энергии позволяет значительно интенсифицировать процесс (4–5 мин) по сравнению с конвективным нагревом (90 мин).

Перспективным способом получения целлюлозы и технической МКЦ из лигноцеллюлозного растительного сырья, в том числе отходов сельскохозяйственного производства (например, соломы) является метод автогидролиза-взрыва.

Для обработки соломы тритикале использовали метод автогидролиза-взрыва, обеспечивающий растворение и гидролиз гемицеллюлоз и перевод части лигнина в водорастворимое состояние. Для повышения деструкции лигнина часть образцов подвергали «паровому взрыву» в присутствии 4%-ного раствора гидроксида натрия, часть – после автогидролиза-взрыва.

Нами определены параметры процесса автогидролиза-взрыва соломы тритикале в атмосфере азота, диоксида углерода и водяного пара, позволяющие обеспечить гидролиз гемицеллюлоз, получить растворимую фракцию лигнина, удаляемую из целлюлозы 4%-ным раствором гидроксида натрия, и получить порошкообразную целлюлозу с высоким содержанием α -целлюлозы (73,20–76,30%) и низким – лигнина (4,01–5,76%) при двухстадийной обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения (обзор) /С.А. Аутлов [и др.] // Хим. раст. сырья. – 2013. – № 3. – С. 33–41.
2. Кочева Л.С. Новые способы получения микрокристаллической целлюлозы / Л.С. Кочева // Хим. и техн. раст. веществ. – 2002. – № 4. – С. 16–19.
3. Method for producing microcrystalline cellulose [Electronic resource]: pat. US 5769934/ J. Manfred, J. Bergfeld. – Publ. date 23.06.1998. – Mode of access: <https://patents.google.com/patent/US5769934A/en?q=5769934>. – Date of access: 03.03.2019.

И. Т. Ермак, доц., канд. биол. наук;
А. К. Гармаза, доц., канд. техн. наук;
С. В. Киселев, ст. преп., канд. техн. наук;
Ю. С. Радченко, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ДРЕВЕСНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ И УСЛОВИЯ ТРУДА ПРИ ИХ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ ГЛХУ «СТОЛБЦОВСКИЙ ЛЕСХОЗ»

Мировая и отечественная практика показывают, что организация безотходного производства позволяет не только защитить природу от вредных выбросов, но и получать от этого немалую прибыль.

Переработка отходов деревообработки и лесопиления – это не просто необходимость, а один из путей к увеличению рентабельности предприятия.

Есть три реальных направления, где востребована низкокачественная древесина – производство ДСП, топливной щепы и топливных гранул, так называемых пеллет.

Пеллеты, или древесные топливные гранулы, – твердое насыпное топливо, которое изготавливается из высушенных измельченных отходов без минеральных примесей и посторонних включений. Пеллеты обладают многими преимуществами по сравнению с другими видами топлива.

ГЛХУ «Столбцовский лесхоз» осуществляет лесохозяйственную деятельность, занимается заготовкой древесины, ее переработкой, реализацией на внутренний рынок и на экспорт.

Основным продуктом производства являются широкая номенклатура деревянных строительных деталей и элементов конструкций, а так же топливные гранулы. Построенный в 2008 году завод по производству топливных гранул, позволил предприятию эффективно утилизировать отходы и более рационально использовать заготавливаемую древесину. Ежегодно Столбцовский лесхоз производит 2900 тонн топливных гранул. Годовой доход 305 тыс. евро или 688 тыс. белорусских рублей, рентабельность 23 %.

Топливные древесные гранулы в Республике Беларусь производят по СТБ 2027-2010 «Гранулы древесные топливные. Общие технические условия» [1].

Согласно указанному документу изготовление гранул следует проводить в производственных помещениях, отвечающих требованиям техники безопасности, производственной санитарии и гигиены

труда, правил пожарной безопасности. Нами проведены исследования соответствия условий труда при производстве топливных гранул санитарно-гигиеническим требованиям. Анализировались факторы производственной среды, тяжесть и напряженность трудового процесса. На основании полученных данных устанавливался класс условий труда [2]. Более тщательно исследовалась шумовая нагрузка на работников в условиях работы производственного оборудования.

Таблица 1 – Результаты оценки факторов производственной среды

Факторы и показатели производственной среды	Гигиенические нормативы	Фактические величины	Класс (степень) условий труда	Время воздействия фактора	Класс (степень) условий труда с учетом времени воздействия фактора
1. Пыль древесная, мг/м ³ (среднесменная концентр.)	6,0	3,4	2	100 %	2
2. Шум, дБА	80	89	3.2	100 %	3.2
3. Вибрация общая, дБ	50/50/50	47/49/50	2	100 %	2
4. Микроклимат: у открытой топки:					
– температура воздуха, С ⁰	17-22	25,3-25,4	3.1	12,5%	2
– относительная влажность, %	15-70	48,3	2	12,5%	2
– скорость движения воздуха, м/с	0,3	0,2	2	12,5%	2
– тепловое излучение, Вт/м ²	140	1400	3.2	12,5%	3.1
Итоговая оценка фактора					3.2

Одним из вредных производственных факторов на участке по производству древесных топливных гранул является повышенный уровень шума, исследованию которого нами уделено особое внимание [3]. Измерения проводились с использованием прибора «Шумомер интегрирующий-вибромметр ШИ-01В», позволяющего измерять вибрацию, уровень звука и производить спектральный анализ.

Таблица 2 - Результаты исследования уровней шума на рабочем месте оператора по производству древесных топливных гранул

Уровень звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные по энергии уровни звука непостоянного шума, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Фактическое значение									
92,9	95,7	91,6	91,2	88,4	88,2	80,3	73,8	69,1	89,2
Нормативное значение по СанПиН									
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Превышение норматива									
–	0,7	4,6	9,2	10,4	13,2	7,3	2,8	0,1	9,2

Данные таблицы показывают, что превышение допустимого уровня звукового давления наблюдается на средних частотах до 10-13 децибел. Что вызывает необходимость использовать наушники.

За работу в таких условиях по действующему законодательству предусмотрены: дополнительный отпуск 7 календарных дней, доплата за работу с вредными условиями труда 0,14 % тарифной ставки 1-го разряда за каждый час работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранулы древесные топливные. Общие технические условия. СТБ 2027-2010. – Введ. 01.07.2010. – Минск: Госкомитет по стандартизации: БелГИСС, 2010. – 13 с.

2. Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда и предоставлении компенсаций по ее результатам: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, 22 февраля 2008 г., № 35 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. – № 66 – 8/18326.

3. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: СанПиН от 16.11.2011 № 115 – Введ. 01.01.12. – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2011. – 22 с.

УДК 661.727.83.094.941

Л. А. Сергеенко, асп. (БГТУ, г. Минск)

ОСАХАРИВАНИЕ КРАХМАЛ- И ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ КОМПЛЕКСОМ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ

В связи с прогрессирующим сокращением ископаемых запасов органического сырья актуальной задачей является использование постоянно возобновляемой растительной биомассы, особенно в виде промышленных отходов ее переработки. Также актуальной задачей для стран, не имеющих собственных значительных запасов источников энергии, является получение этилового спирта из растительного сырья путем биотехнологической переработки с целью применения, например, в качестве топлива для автотранспорта.

Для получения этилового спирта в большинстве стран преимущественно используется крахмал- и сахаросодержащее сырье, что может в известной степени представлять угрозу для продовольственной безопас-

ности. В связи с этим все большее внимание уделяется применению в качестве сырья для химической и биотехнологической переработки лигноцеллюлозной биомассы (древесины и растительных отходов сельскохозяйственного производства, в т.ч. соломы).

Существенной проблемой при микробиологической переработке лигноцеллюлозных растительных материалов является невысокая реакционная способность целлюлозы, что снижает эффективность ее ферментативного гидролиза. В связи с этим актуальна проблема разработки технологий, обеспечивающих глубокое «осахаривание» лигноцеллюлозного сырья.

Для повышения эффективности ферментативного гидролиза необходимо проводить предварительную обработку сырья. В настоящее время известно множество различных методов предобработки: физические, химические, биологические и комбинированные. Для практической же реализации при микробиологической переработке соломы в этанол наиболее целесообразно применение гидротермической предварительной обработки соломы пропариванием, которая может быть проведена аналогично стадии разваривания зернового сырья перед «осахариванием».

Объектами для проведения экспериментов были выбраны зерно тритикале в качестве крахмалсодержащего компонента сырьевой смеси и солома тритикале в качестве целлюлозосодержащего компонента, что обусловлено их химическим составом и размером посевных площадей. Соотношение зерна и соломы составило 85 и 15% соответственно. Результаты гидротермической обработки соломы тритикале представлены в таблице.

Таблица – Содержание РВ, ЛГПС, ТГПС в соломе тритикале до и после предварительной обработки пропариванием

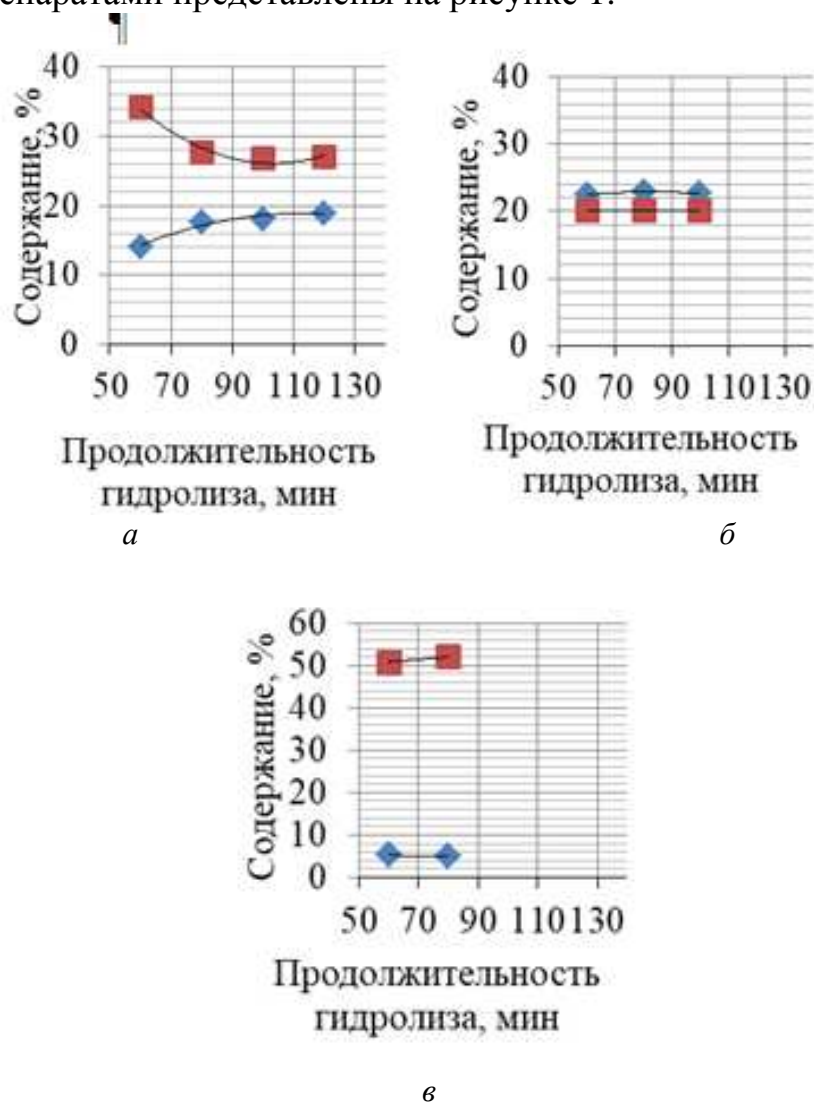
Показатель, % масс.	Продолжительность обработки, ч			
	0	4	6	8
РВ в паровом конденсате	0	0,1	3,3	5,6
РВ в сухом остатке	0,1	7,2	7,8	8,5
ЛГПС	17	15,6	14,7	13,8
ТГПС	37	31,1	28,3	27,5

При обработке соломы пропариванием в уже течение 4 ч произошло уменьшение содержания ЛГПС на 10% (с повышением количества моносахаридов) и ТГПС – на 20% по сравнению с исходной. Дальнейшая обработка незначительно увеличивает количество свободных РВ в сухом остатке, уменьшает количество ЛГПС и ТГПС.

Ферментативный гидролиз проводили следующими ферментными препаратами:

- «Ликвафло» (при температуре 83°C и pH 5,5);
- «Вискоферм» (при температуре 73°C и pH 5,2);
- «Сахзайм плюс 2Х» (при температуре 78°C и pH 4,8).

Результаты ферментативного гидролиза различными ферментными препаратами представлены на рисунке 1.



■ – RV; ◆ – непрогидролизованые полисахариды
Рисунок 1 - Результаты гидролиза ферментными препаратами:
 а) «Ликвафло», б) «Вискоферм», в) «Сахзайм плюс 2Х»

Как видно из рисунка 1, наибольший выход RV получен с применением ферментного препарата «Вискоферм», обладающего комплексной активностью (амило-, ксило- и целлюлолитической). Препарат «Ликвафло», обладающий амилолитической активностью также дает высокий выход RV. Препарат «Сахзайм плюс 2Х», обладающий только глюколитической активностью не показывает значимых результатов.

При проведении дальнейших точечных экспериментов выявлено

синергическое взаимодействие данных ферментных препаратов. Статистическая обработка результатов позволила выявить следующие оптимальные параметры проведения ферментативного гидролиза: соотношение ферментных препаратов «Вискоферм» : «Ликвафло» : «Сахзайм плюс 2Х» равно 2 : 1 : 3; температура действия мультиэнзимной композиции 78°C; pH 5,0; минимальная необходимая продолжительность 100 мин.

Был предложен способ непрерывного «осахаривания», принципиальная схема которого представлена на рисунке 2.



Рисунок. 2 – Принципиальная схема проведения «осахаривания» непрерывным способом

В результате проведения смоделированного в лабораторных условиях процесса (тройной возврат сухого остатка для обеспечения модели непрерывного процесса) был получен выход моносахаридов 88,1% от теоретически возможного.

А.А. Сосновская, асп.;
В.Л. Флейшер, зав. кафедрой ХПД, канд. тех. наук, доц.
(БГТУ, Минск)

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО
ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ
АЛЬФА-ПИНЕНА КИСЛОРОДОМ ВОЗДУХА В
ПРИСУТСТВИИ СТЕАРАТА КОБАЛЬТА (II) МЕТОДАМИ
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА,
ИК- И ЯМР-СПЕКТРОСКОПИИ**

Одно из возможных направлений механизма жидкофазного окисления кислородом воздуха терпеновых углеводородов, в частности α -пинена, приводит к эпоксиду α -пинена. Данное соединение является промежуточным в синтезе таких соединений, как транс-соберерол, камфоленовый альдегид, транс-пинокарвеол, транс-карвеол, транс-3-пинен-2-ол. Особо ценным из них является транс-соберерол, который находит применение в фармацевтической промышленности и входит в состав лекарственных средств, обладающих муколитическим действием.

Цель настоящей работы – идентификация кристаллического продукта, выделенного из мономеров оксидата, полученного жидкофазным окислением α -пинена кислородом воздуха в присутствии стеарата кобальта (II).

Процесс жидкофазного окисления проводили при следующих параметрах: температура – 70–80°C, расход воздуха – 600–800 мл/мин, продолжительность – 5–15 ч, количество катализатора – 0,2–0,5 мас. %. Полученный оксидат нейтрализовали 10%-ым водным раствором NaOH. Для отделения мономеров от образовавшихся полимерных соединений полученный оксидат подвергали паровой дистилляции. Качественный и количественный состав определяли с помощью ГЖХ (α -пинен – 22,02 мас. %, эпоксид α -пинена – 29,54 мас. %, вербенон – 13,29 мас. %, вербенон – 18,36 мас. %, неидентифицированные соединения – 16,79 мас. %) на газовом хроматографе «Цвет-800» с пламенно-ионизационным детектором. Условия хроматографического анализа: колонка капиллярная кварцевая, длина – 25 м, внутренний диаметр – 0,25 мм; неподвижная фаза – VB-5 – 0,25 мкм; температура термостата колонки – 90–220°C, (90°C – 15 мин; подъем температуры – 2°C /мин, до 120°C; 120°C – 20 мин), температура испарителя – 220°C и детектора – 220°C, скорость газа-носителя (азот) – 50 мл/мин, водорода – 22,2 мл/мин, воздуха – 220 мл/мин. Избыточное давление азота на входе в колонку равно 0,045 МПа.

С течением времени в оксидате образуется кристаллический продукт, который был изъят из раствора мономеров для идентификации структуры. С помощью микроскопа фирмы ОРТИКА Microscopy В-380 (Италия) получены фотографии кристаллических соединений (рисеујr 1).

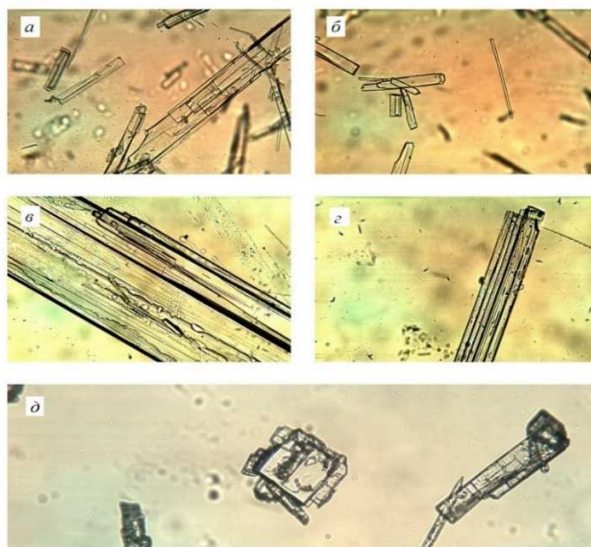


Рисунок 1 – Фотографии структуры поверхности кристаллов, полученные на микроскопе ОРТИКА Microscopy В-380 (Италия): а – (x200), б – (x200), в – (x400), г – (x200) – исходный кристаллический продукт; д – (x400) – стандартный образец (транс-соберол)

Идентификацию выделенных кристаллов осуществляли с использованием рентгеноструктурного анализа на приборе D8 Advance фирмы Bruker (Германия). Как видно из рисунка 2 рентгенограммы стандартного образца и кристаллического продукта, выделенного из мономеров оксидата, имеют сходства со структурой транс-соберола.

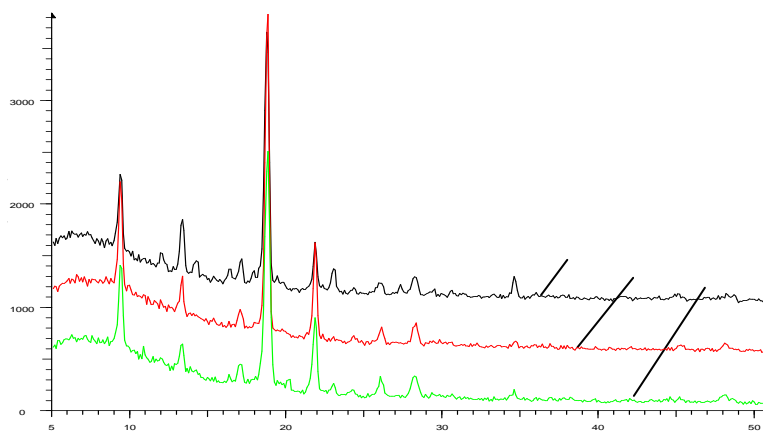


Рисунок 2 - Рентгенограмма образцов кристаллов: 1 – стандартный образец (транс-соберол); 2, 3 – исходные образцы

Анализ ИК-спектров образцов показал, что данное соединение в своей структуре имеет внутримолекулярные водородные связи характерные для многоатомных спиртов, что подтверждается наличием спектра с волновым числом 3322 см^{-1} .

На основании данных ЯМР-спектроскопии установлено, что полученный кристаллический продукт является индивидуальным транс-изомером и имеет конформацию «полукресло». Спектры ЯМР ^1H регистрировали на спектрометре AVANCE-500 фирмы Bruker-Biospin (Германия) (рабочая частота 500,13 МГц для ядер ^1H).

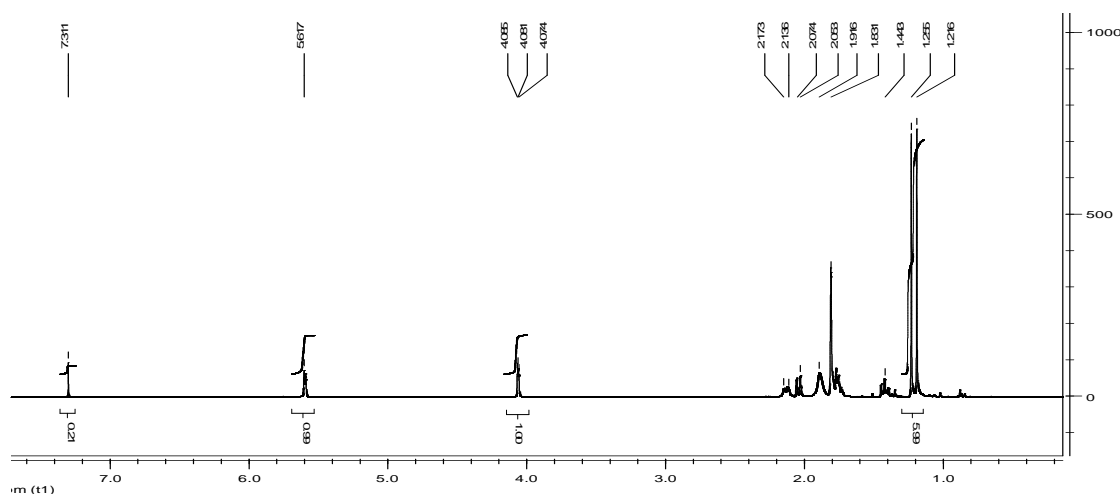


Рисунок 3 - ЯМР ^1H -спектр кристаллического продукта

В спектре, представленный на рис. 3, идентифицирован слабopольный сигнал протона при двойной связи $\text{C}^6\text{-H}$ ($\delta=4,08$ м. д.), а также сигнал протона при атоме C^2 , связанного с гидроксильной группой ($\delta=5,61$ м. д.). Для определения конфигурации заместителей необходимо рассмотреть константу спин-спинового взаимодействия (КССВ) при $\text{C}^6\text{-H}$. В транс-изомере собрерола должны наблюдаться две небольшие КССВ. В данном случае наблюдается сигнал при 3,95 м. д. ($J=2,2+2,8$ Гц) с учетом химического сдвига $-4,08$ м. д., что свидетельствует о транс-конфигурации собрерола.

Таким образом комплексное применение методов рентгеноструктурного анализа, ИК- и ЯМР ^1H -спектроскопии позволило однозначно идентифицировать структуру кристаллического продукта – производного эпоксида α -пинена. Такой комплексный метод подхода для изучения структуры терпеновых кислородсодержащих соединений является весьма перспективным и информативным. Полученные результаты анализа подтверждают теорию о принадлежности данного продукта к многоатомному терпеновому спирту транс-собреролу.

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

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ

Термомеханическая масса (ТММ) – массово производимый в мире волокнистый полуфабрикат, вырабатываемый, как правило, из древесины ели (*P. abies Karst*). Его использование позволяет предприятиям выпускать востребованные на рынке виды бумаги, среди которых следует отметить газетную бумагу, т.к. мировые объемы ее производства составляют более 70%. Особенности воспроизводства ели и ее широкое использование в деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности Республики Беларусь привели к возникновению дефицита этого древесного сырья и, следовательно, повышению его стоимости.

Альтернативой древесине ели может быть древесина осины (*Populus tremula*) и березы (*Bétula péndula*). Термомеханическая масса на их основе отличается повышенными оптическими свойствами. В то же время древесина хвойных и лиственных пород существенно отличается по анатомическому строению и содержанию основных компонентов, что затрудняет их совместную переработку в ТММ. Это определило необходимость проведения исследований по изучению влияния свойств ТММ и получаемой из нее газетной бумаги от компонентного состава по названным выше древесным породам с установлением их оптимального сочетания с применением симплекс-решетчатых планов Шеффе.

Анализ полученных поверхностей отклика в виде диаграмм «состав-свойство» и расчет глобального критерия оптимизации ($W=0,6$) позволили определить оптимальный состав композиции ТММ: древесина ели – 75%, древесина осины – 15%, древесина березы – 10%.

Свойства и ТММ, и газетной бумаги, полученные из оптимальной композиции трех древесных пород, соответствуют требованиям ГОСТ 10014 и ГОСТ 6445 соответственно. При этом для ТММ степень помола снизилась на 8%, а содержание крупноволокнистой фракции увеличилось в 1,9 раз – все это обеспечивает повышение бумагообразующих свойств ТММ в процессе формирования бумажного полотна. Подтверждением этого также является повышение разрывной длины газетной бумаги в 1,47 раза. Полученные с помощью планов Шеффе результаты исследований подтверждают эффективность использования лиственной древесины в композиции ТММ и газетной бумаги с улучшением их свойств.

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

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ В ЗАКОНЕ «ОБ ОХРАНЕ ТРУДА»

Основным нормативным документом в области охраны труда является Закон Республики Беларусь «Об охране труда», который был принят в 2008 г., а в 2013 г. изложен в новой редакции. 18 декабря 2019 г. принят Закон Республики Беларусь № 274-З «Об изменении Закона Республики Беларусь «Об охране труда», который вступает в силу с 28 июня 2020 г [1]. Нормы Закона приведены в соответствие с принятыми в республике законодательными актами, прежде всего с Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2017 г. № 376 «О мерах по совершенствованию контрольной (надзорной) деятельности», Законом Республики Беларусь «О нормативных правовых актах». И так, какие же изменения и дополнения внесены в Закон «Об охране труда?»

В статье 1 добавлены новые термины: «наряд-допуск на выполнение работ с повышенной опасностью», «правила по охране труда», «работы с повышенной опасностью», «система управления охраной труда». Это важно, потому, что к работам с повышенной опасностью предъявляются дополнительные требования, а формулировки самого термина не было.

Статья 2 Закона «Правовое регулирование отношений в области охраны труда» излагается в новой редакции, согласно которой отношения в области охраны труда регулируются законодательством об охране труда, а также международными договорами Республики Беларусь и международно-правовыми актами, составляющими право Евразийского экономического союза, включая технические регламенты Таможенного союза и Евразийского экономического союза, содержащие требования по охране труда. При этом определяется, что если международным договором Республики Беларусь установлены иные правила, чем те, которые содержатся в Законе «Об охране труда», то применяются правила международного договора. В тексте закона еще есть несколько изменений обязывающие исполнять технические регламенты Таможенного союза и Евразийского экономического союза.

Внедрение систем управления охраной труда стало одним из основных направлений государственной политики в области охраны труда.

Для работающих Закон предусматривает: закрепление права ра-

ботающих по гражданско-правовому договору на отказ от исполнения данного договора полностью или частично в случае, если работодателем ненадлежащим образом созданы безопасные условия труда для выполнения работ (оказания услуг), возможность досудебного рассмотрения разногласий по вопросам расследования несчастных случаев на производстве.

В связи с изменениями в Трудовом кодексе Закон дополняется статьями 16¹ «Охрана труда работников-надомников» и 16² «Охрана труда домашних работников», которыми определены права и обязанности нанимателей и работников-надомников и домашних работников по вопросам охраны труда.

В обязанности нанимателей по обеспечению охраны труда добавлено:

- назначение должностных лиц, ответственных за организацию охраны труда и осуществление контроля за соблюдением работниками требований по охране труда в организации и структурных подразделениях, а также при выполнении отдельных видов работ;
- предоставление по запросу контролирующих (надзорных) органов информации и (или) документов, ведение которых предусмотрено законодательством об охране труда, или сообщать об их отсутствии;
- компенсация затрат за проведение предварительного обязательного медицинского осмотра поступающих на работу.

Из обязанностей работодателей по обеспечению охраны труда убрали проведение паспортизации санитарно-технического состояния условий и охраны труда.

Служба охраны труда обзавелась новой функцией: «контроль за соблюдением работающими требований по охране труда» вместо контроля «за соблюдением законодательства об охране труда».

Местные исполнительные и распорядительные органы теперь будут создавать службу охраны труда или вводить в штат должность специалиста по охране труда в пределах установленной численности работников.

Профсоюзы получили право осуществлять различные виды проверок, в том числе и мониторинги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об изменении Закона Республики Беларусь «Об охране труда». Закон Республики Беларусь, 18 декабря 2019 г. № 274-З / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 27.12.2019, 2/2712.

Я. В. Боркина, асп.;
В. Л. Флейшер, доц., канд. техн. наук;
зав. кафедрой химической переработки древесины
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МАЛЕИНИЗАЦИИ КАНИФОЛИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАЛЕИНИЗИРОВАННОЙ КАНИФОЛИ С ДИЭТИЛЕНТРИАМИНОМ

В настоящее время при производстве бумаги и картона используется большое количество вспомогательных веществ, обладающих различным действием на бумагу и картон (гидрофобизирующим, упрочняющим, флокулирующим, коагулирующим и др.). В связи с этим актуальной является задача разработки новых видов продуктов, оказывающих одновременно на бумагу и картон несколько действий, например, гидрофобизирующее и упрочняющее. Для решения поставленной задачи предложена методика получения канифольной композиции, проявляющей гидрофобизирующее и упрочняющее действие на бумагу, включающая следующие стадии:

- 1) получение малеинизированной канифоли;
- 2) поликонденсация адипиновой кислоты с диэтилентриамином;
- 3) взаимодействие полиамида адипиновой кислоты и диэтилентриамина с малеинизированной канифолью;
- 4) взаимодействие полученного продукта с 5%-ным раствором щелочи.

В данной работе исследованы процессы малеинизации канифоли и взаимодействия малеинизированной канифоли с диэтилентриамином, протекающие при получении канифольной композиции.

Малеинизацию канифоли проводили взаимодействием живичной канифоли с малеиновым ангидридом, взятым в количестве 5,0; 10,0; 20,0 и 40,0 мол.%, при температуре $180 \pm 2^\circ\text{C}$ [1]. Протекание процесса контролировали по изменению кислотного числа (рисунок 1), отбор проб осуществляли каждый час. Процесс малеинизации канифоли считали законченным, когда кислотное число полученного продукта с течением времени оставалось постоянным. Исходное кислотное число живичной канифоли составляло 170 мг КОН/г. Полученный продукт представлял собой сплав малеопимаровой кислоты и смоляных кислот, не реагирующих с малеиновым ангидридом (дегидроабиетиновая, дигидроабиетиновая, пимаровая, изопимаровая, сандракопимаровая).

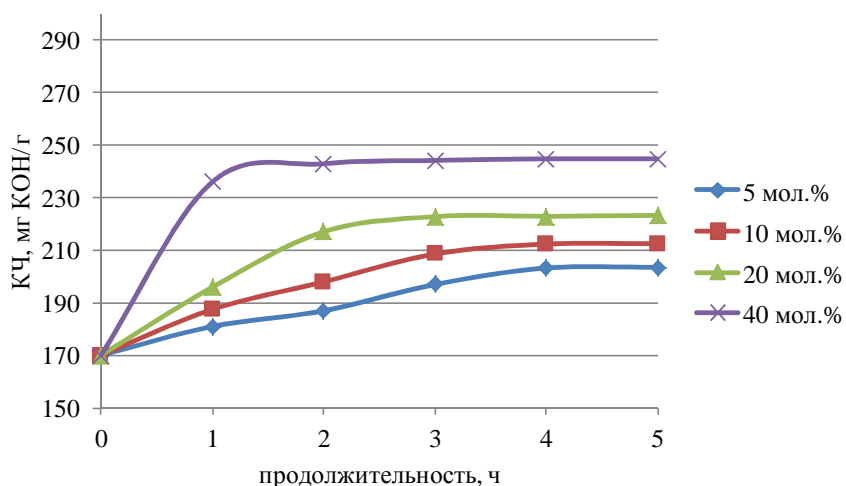


Рисунок 1 – Зависимость изменения кислотного в процессе взаимодействия канифоли с различным количеством малеинового ангидрида (10, 20, 40 мол.%)

Проанализировав данную зависимость, можно сделать вывод, что продолжительность процесса (ч) взаимодействия живичной канифоли с различным количеством (мол.%) малеинового ангидрида составляет: 5,0 – 4 ч; 10,0 – 3,1 ч; 20,0 – 3 ч; 40,0 – 2 ч (при температуре $180 \pm 2^\circ\text{C}$).

Одним из побочных процессов при получении канифольной композиции, проявляющей одновременно гидрофобизирующее, и упрочняющее действие на бумагу, может быть взаимодействие малеинизированной канифоли с непрореагировавшим диэтилен триамином. В процессе взаимодействия малеинизированной канифоли с диэтилен триамином возможно образование побочных продуктов (амидов, имидов).

Для исследования данного процесса использовали малеинизированную канифоль, полученную в результате взаимодействия живичной канифоли с 40 мол.% малеинового ангидрида. Мольное соотношение малеопимаровая кислота, входящая в состав малеинизированной канифоли : диэтилен триамин составляло 1 : 1. В трехгорлую колбу, снабженную холодильником, насадкой Дина-Старка, термометром и механической мешалкой, помещали малеинизированную канифоль и при постоянном перемешивании порциями загружали диэтиленамин. Процесс проводили при температуре $160-170^\circ\text{C}$ в течение 3 ч. Полученный продукт представлял собой твердое вещество светло-коричневого цвета, нерастворимое в воде.

Для выявления функциональных групп в полученном продукте проводили его анализ методом ИК-спектроскопии. ИК-спектр полу-

ченного образца регистрировали на ИК-микроскопе Nicolet iN 10 (Thermo Scientific, США) с приставкой НПВО с кристаллом Ge с разрешением 8 см^{-1} при 64-кратном сканировании в диапазоне частот $675\text{-}4000\text{ см}^{-1}$. Полученный спектр представлен на рисунке 2.

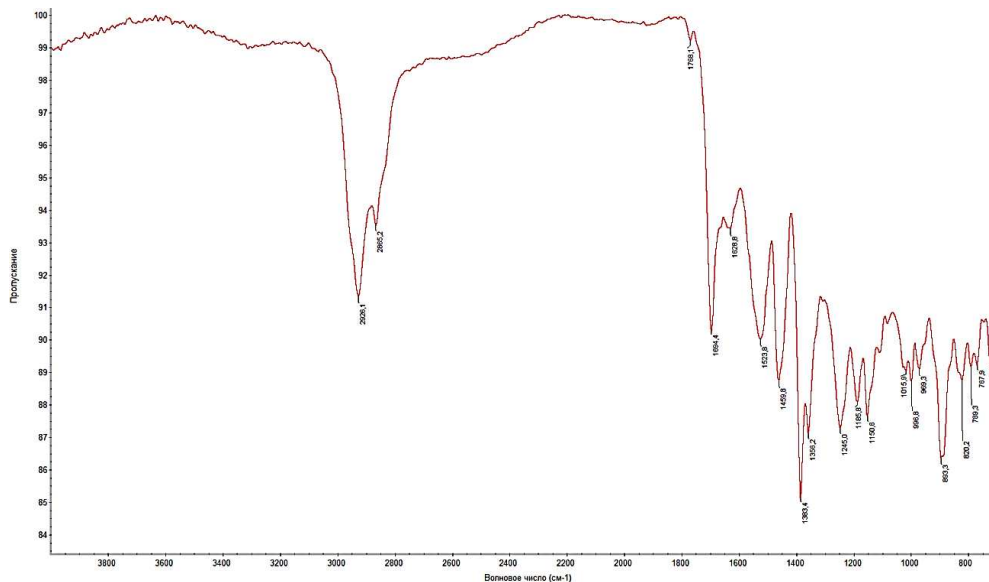


Рисунок 2 - ИК-спектр продукта взаимодействия маленизированной канифоли с диэтилтриэтиламином

Присутствующие в ИК-спектрах синтезированного продукта характерные полосы пропускания при длинах волн 1768 и 1694 см^{-1} могут свидетельствовать о наличии групп $(\text{C}=\text{O})\text{N}$ имидов или $\square\text{C}=\text{O}$ в амидах [2]. Отсутствие полос пропускания при длинах волн 3400 и 3500 см^{-1} , характерных для групп NH_2 и $\text{C}-\text{OH}$ в составе карбоксильной группы, свидетельствует о том, что вышеуказанные группы вступили в реакцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Получение, свойства и применение терпеноидномалеиновых аддуктов / А. Ю. Ключев [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. 2016. № 4. С. 110-120.
2. Бей М. П., Ювченко А. П. Синтез новых амидов и имидов малеопимаровой кислоты // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. 2010. № 1. С. 74-78.

М. В. Андрюхова, ассист.;
Е. В. Феськова, ст. науч. сотр., канд. техн. наук;
М. Ю. Мигель, студ. (БГТУ, г. Минск)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАСЛА АМАРАНТА В КОСМЕТИЧЕСКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Амарант, или щирица (лат. *Amaránthus*) – широко распространенный род преимущественно однолетних травянистых растений с мелкими цветками, собранными в густые колосовидно-метельчатые соцветия, на одном растении формируется до 100–200 тыс. семян. Может использоваться в качестве зерновой, овощной, кормовой, технической и декоративной культуры. Семена амаранта содержат до 14–17% легкоусвояемого белка, 5–8% масла и 4–16% клетчатки, что выше, чем у большинства зерновых культур. Кроме того, семена амаранта богаты мелкозернистым крахмалом (более 60%), который представляет интерес для пищевой и косметической промышленности.

Особое место среди продуктов комплексной переработки семян амаранта занимает амарантовое масло, которое по жирнокислотному составу наиболее близко к оливковому, кукурузному и облепиховому маслам, относится к маслам линолевой группы и обладает высокими органолептическими показателями [1, 2].

Содержание липидов в семенах амаранта составляет 6,7–7,9%, из них на триглицеролы приходится 77–83%, на фосфолипиды – 2,7–4,3%, на эфиры стеролов – 3,1–6,0%, на неомыляемые стеролы – 8,9–9,8%. Триглицеролы семян амаранта содержат свободные насыщенные (25%) и ненасыщенные (67%) жирные кислоты. В неомыляемых липидах содержание стеролов (в процентах к общим липидам) составляет 3,0–3,4%, 4-метилстеролов – 0,3–0,6%, терпеновых спиртов – 0,1–0,2%. Наибольшую биологическую ценность представляют фитостеролы, участвующие в синтезе холестерина, и 4-метилстеролы, ингибирующие окислительную полимеризацию жиров.

Уникальность химического состава масла амаранта заключается в содержании в нем важнейших биологически активных компонентов – токоферолов (113–192 мг %), сквалена (2,4–8,0%) и каротиноидов (0,45–1,12 мг %) [2].

Главной особенностью амарантового масла, отличающей его от всех известных масел, является высокое содержание в нем таких физиологически активных компонентов, как фитостеролы и сквален. Содержание сквалена в амарантовом масле доходит до 8% (оливковое масло содержит 0,7% сквалена, масло из рисовых отрубей – 0,3%,

масло из пшеничных зародышей и кукурузное – 0,1%). Сквален – природный ациклический тритерпен с шестью двойными связями. В настоящее время сквален в чистом виде получают из печени глубоководных акул [3]. Однако данный способ утрачивает свою актуальность в связи с рядом экологических причин, поэтому амарант может служить альтернативным возобновляемым источником сквалена.

Сквален выполняет в организме роль регулятора липидного и стероидного обмена, являясь предшественником целого ряда стероидных гормонов, холестерина и витамина Д. Сквален – обязательный компонент сальных желез подкожной клетчатки человека, при повреждении которой его концентрация резко возрастает, что свидетельствует о его защитной роли. Стоит отметить его антиоксидантные и онкопротекторные свойства [3].

Наличие всех вышеперечисленных биологически активных веществ делает амарантовое масло ценным ингредиентом косметических средств (косметических эмульсий различного назначения) и пищевых продуктов (масложировых эмульсий функционального назначения, купажированных растительных масел). Однако, несмотря на все достоинства, в Республике Беларусь амарантовое масло широко не применяется, поэтому изучение состава и направлений его использования представляет научный и практический интерес.

Исследован жирнокислотный состав масла семян амаранта вида *Amaranthus paniculatus*, выращенного в Столбцовском районе Минской области (табл. 1).


Таблица 1 – Жирнокислотный состав семян амаранта, подсолнечника и рапса

Жирная кислота	Содержание жирной кислоты, % от суммы липидов в семенах					
	амаранта				подсолнечника	рапса
	бело-семянных	розово-семянных	черно-семянных	исследуемых (черные)		
	литературные данные					
Пальмитиновая	19,2	20,0	21,2	19,19	6,5	4–7
Стеариновая	3,6	4,1	3,2	2,86	4,4	1–2
Олеиновая	24,7	25,4	25,4	25,82	26,5	55–70
Линолевая	50,5	48,6	48,4	45,64	62,1	18–24
Линоленовая	1,2	1,0	0,8	0,52	Следы	7–12

Характерной особенностью масла амаранта является более высокое содержание насыщенных жирных кислот.

Экстракцией амарантовой мезги рафинированным оливковым маслом [3] были получены 2 образца масляных экстракта амаранта: первый – из исследуемых темных семян амаранта, второй – из светлых семян амаранта фирмы «РадоГрад» (г. Новосибирск), которые использовали в составе косметических эмульсий в количестве 3% соответственно (табл. 2, образцы № 1 и 2). Амарантовый жмых в количестве 7% использовали в составе косметической эмульсии как отшелушивающий компонент (табл. 2, образец № 3).

Таблица 2 - Состав и внешний вид образцов косметических эмульсий

Компонент	Содержание, %	Внешний вид образца		
		№ 1	№ 2	№ 3
Вода дистиллированная	До 100			
Глицерин	4,0			
Липодерм 4/1	9,0			
Консервант	0,3			
Изопропилмирикат	3,0			
Масляный экстракт темных семян (образец № 1) / светлых семян амаранта (образец № 2) / амарантовый жмых (образец № 3)	3,0/3,0/7,0			

Все полученные образцы косметических продуктов соответствовали требованиям ГОСТ 31460-2012 «Кремы косметические. Общие технические условия», что подтверждает возможность комплексного использования продуктов переработки семян амаранта в косметическом производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Росляков Ю. Ф., Шмалько Н. А., Бочкова Л. К. Перспективы использования амаранта в пищевой индустрии // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2004. № 4. С 92–95.
2. Льняное и амарантовое масла – источники биологически активных веществ для новых БАД / Т. И. Тимофеев [и др.] // Изв. вузов. Пищевая технология. 2012. № 1. С. 10–12.
3. Михеева Л. А., Брынских Г. Т., Якубова А. Р. Экстракция амарантового масла и изучение его физико-химических свойств // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 3. С. 127–132.

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ЭКСТРАКТЫ КАК ИСТОЧНИКИ ФЛАВОНОИДОВ ДЛЯ КОСМЕТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

В настоящее время основной тенденцией развития косметического производства является разработка составов косметических средств функционального назначения с применением натуральных и гипоаллергенных ингредиентов, что связано с необходимостью решения проблем кожи головы, лица и тела, вызванных рядом экзогенных и эндогенных факторов.

В качестве источника биоактивных компонентов косметических продуктов широко применяются растительные экстракты, содержащие флавоноиды.

Флавоноиды – наиболее многочисленный класс природных фенольных соединений, для которых характерно структурное многообразие, высокая полифункциональная активность и малая токсичность. К ним относятся катехины, халконы, дигидрохалконы, флавоны, флавонолы, флаваноны, флаванололы, антоцианы, лейкоантоцианы. Они способны защищать кожу от преждевременного старения, солнечных ожогов, угревой сыпи и воспаления, способствуют поддержанию тонуса кожи. Кроме того, флавоноиды усиливают свойства витаминов, проявляющих антиоксидантную активность [1].

Косметическая промышленность заинтересована в использовании антоцианов не только как красителей, но и основных компонентов «антивозрастной» косметики. Они увлажняют, питают, тонизируют кожу, нормализуют работу сальных желез, улучшают цвет лица. Антоцианы способствуют восстановлению разрушенных волокон коллагена, стимулируют его синтез, укрепляют сосуды, предотвращают купероз, обладают противовоспалительными, тонизирующими и антиоксидантными свойствами [2].

В Республике Беларусь перспективными возобновляемыми источниками получения биофлавоноидов для косметических продуктов являются плоды черноплодной рябины (*Aronia melanocarpa*), ежевики (*Rubus*) и бузины черной (*Sambucus nigra*). Их биологическая активность преимущественно связана с содержанием в них веществ, обладающих Р-витаминной активностью, которые представлены группой таких флавоноидов, как катехины, антоцианы и флавонолы. Содержание флавоноидов в черноплодной рябине составляет 4045,6 мг %, в

бузине черной – 2851,7 мг % [1].

В зависимости от используемого экстрагента промышленный ассортимент растительных экстрактов представлен гидрофильными (пропиленгликолевыми, глицериновыми, водными и спиртовыми) и липофильными (масляными, CO₂-экстрактами), а также двухфазными и сухими экстрактами. Выбор экстрагента обусловлен спецификой использования растительных экстрактов в составе косметических средств, а именно действием его на кожу, видом косметического продукта и его назначением, селективностью в отношении определенных групп биологически активных веществ растений, микробиологической чистотой.

В настоящее время для косметического производства считается целесообразным использование жидких растительных экстрактов на основе растворителей, которые являются ингредиентами косметических средств, таких как глицерин, пропиленгликоль, бутиленгликоль, каприл/капрат глицериды, силиконы, растительные масла [3].

Ранее нами было изучено влияние температуры экстракции на содержание сухих веществ в водных экстрактах плодов черноплодной рябины [4]. Установлено, что экстракцию измельченных сушеных плодов черноплодной рябины целесообразно проводить при температуре 60 °С при соотношении сырье : экстрагент, равном 1 : 15, в течение 2 ч. По данной методике был получен водный экстракт бузины черной. Водные экстракты плодов рябины и бузины могут найти применение в качестве биологически активных компонентов (антиоксидантов) в косметических эмульсиях, содержащих растительное масло, и пеномоющих средствах функционального назначения.

Однако водные растительные экстракты характеризуются микробиологической нестабильностью. Поэтому для получения экстракта ежевики смешивали измельченное сырье с экстрагентом, в качестве которого использовали смесь воды и глицерина, взятых в массовом соотношении 1 : 1, и нагревали смесь при 90–98 °С в течение 1 ч при перемешивании. Смешивание сырья с экстрагентом осуществляли из расчета 5 см³ на 1 г сырья. Данный способ получения глицеринового экстракта из ягод ежевики позволяет увеличить эффективность выделения необходимых компонентов, а также красных пигментов, повысить их устойчивость к нагреванию, упростить и интенсифицировать способ его получения [5].

Было исследовано влияние полученного экстракта ежевики на свойства водного раствора анионного поверхностно-активного вещества (ПАВ) – лауретсульфата натрия (таблица).

Таблица – Свойства растворов ПАВ, содержащих экстракт ежевики

Показатель	Содержание экстракта ежевики, %						
	0	1	2,5	5	10	15	20
Пеннообразующая способность, мм	71	58	48	35	62	47	36
Устойчивость пены, %	96	92	85	79,2	93	85,3	84,2
pH	4,09	4,22	4,28	4,3	4,39	4,45	4,58

Установлено (таблица), что наилучшие пенообразующая способность и устойчивость пены характерны для образца, содержащего 10% экстракта ежевики. На основании полученных данных был разработан состав шампуня, показатели качества которого соответствуют требованиям СТБ 1675-2006 «Изделия косметические гигиенические моющие».

ЛИТЕРАТУРА

1. Растительные флавоноиды как функциональные добавки в косметических и пищевых продуктах / М. В. Кривченкова [и др.] // Вестник Российской Академии естественных наук. Биотехнологии. 2012. № 3. С. 47–51.

2. Функции и свойства антоцианов растительного сырья / А. М. Макаревич [и др.] // Труды БГУ. 2010. Том 4, выпуск 2. С. 1–11.

3. Б. Б. Сысуев, С. Б. Евсеева Экстракты растительного сырья как компоненты косметических и наружных лекарственных средств: ассортимент продукции, особенности получения (обзор) // Фармация и фармакология. 2016. № 3. С. 4–37.

4. Е. В. Горст, М. В. Андрюхова Влияние температуры экстракции плодов черноплодной рябины на физико-химические свойства экстрактов // XIII студ. науч.-практ. конф. факультета технологии органических веществ. Минск: БГТУ, факультет ТОВ, 2019. – С. 113.

5. Способ получения антоцианового красителя из выжимок темных сортов ягод: пат. 2315086 РФ, МПК С 09 В 61/00 / И. В. Перверткина, Н. Н. Титова; заявитель ФГБОУ ВПО «ВГУИТ» – № 2009130942/10; заявл. 2012.10.22; опубл. 2014.05.10.

УДК 676.064.2:655.1

С. В. Карпова, ассист.; О. А. Мисюров, соискатель;
Н. В. Черная, проф. д-р техн. наук; С. А. Дашкевич, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СУЛЬФАТНОЙ БЕЛЕННОЙ НА СРЕДНЕВЗВЕШЕННУЮ ДЛИНУ ВОЛОКОН И ПОРИСТОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ ОБРАЗЦОВ БУМАГИ

Известно [1], что средневзвешенная длина волокон зависит от свойств волокнистого полуфабриката. Она существенно зависит от характера процесса размола, благодаря которому происходит фибриллирование волокон и формируются бумагообразующие свойства волокнистых суспензий. Полученные из них разнообразные виды бумаги (картона) отличаются пористостью, что отражается на основных показателях полученных из них листовых материалов. К наиболее значимым факторам процесса размола относятся концентрация размалываемой волокнистой суспензии и продолжительность механического воздействия на нее размалывающей гарнитуры.

Однако в научной и технической литературе отсутствует информация о влиянии процесса размола целлюлозы сульфатной беленой, выпускаемой на новом производстве в условиях единственного в Республике Беларусь предприятия (ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат»), на средневзвешенную длину волокон и пористость полученных из них листовых материалов (например, бумаги). Этот факт сдерживает возможности расширения ассортимента бумажной и картонной продукции на отечественных предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, подведомственных концерну «Беллесбумпром», с рациональным использованием отечественной целлюлозы сульфатной беленой. Поэтому исследования в данном направлении представляют не только научный интерес, но и практический.

Цель исследования – установить зависимость влияния продолжительности процесса размола и концентрации размалываемой целлюлозной суспензии на средневзвешенную длину волокон и пористость полученных образцов бумаги.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ на лабораторном размалывающем ролле получали целлюлозные суспензии, отличающиеся степенью помола, которую характеризовали показателем «градус Шоппер-Риглера» (°ШР). Получено, что при увеличении продолжительности процесса размола от 0,5

до 30 мин этот показатель изменялся от 12–18°ШР, характерный для исходной суспензии, до 70–75°ШР для размолотой суспензии. При этом концентрация суспензии составляла 1,0 и 1,7%.

В результате процесса размола на зависимости «продолжительность процесса размола – степень помола волокнистой суспензии» при фиксированной концентрации волокнистой суспензии получены три области.

В первой области, когда при увеличении продолжительности процесса размола степень помола практически не изменяется, происходит набухание волокон.

Во второй области (при дальнейшем повышении продолжительности процесса размола) наблюдается увеличение степени помола волокнистой суспензии, что свидетельствует о протекающем процессе размола (фибриллировании) волокон, сопровождающемся повышением степени помола волокнистой суспензии от исходных значений 12–18°ШР до максимальных 70–75°ШР.

В третьей области происходит укорочение (рубка) волокон. При этом степень помола волокнистой суспензии практически не изменяется. Однако средневзвешенная длина волокон существенно уменьшается из-за присутствующих в волокнистой суспензии мелких волокон, называемых «мельтштоффом».

Установлено, что характер процесса размола целлюлозы сульфатной бленой (ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат») и проявившиеся три области (набухание, фибриллирование (размол) и укорочение (рубка) волокон) не противоречит существующим теоретическим представлениям о процессе размола, когда широко применяют разнообразные волокнистые полуфабрикаты – первичные (целлюлозу небеленую и беленую – сульфитную, моносльфитную и бисульфитную, натронную и сульфатную, полученную из хвойных и лиственных пород древесины) и вторичные (макулатуру сборную марок МС-1, МС-2, ..., МС-13).

Получено, что исследуемая целлюлоза достаточно легко размалывается. Этот положительный факт свидетельствует о том она может перерабатываться на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности без трудностей.

Результаты изучения влияние степени помола целлюлозы сульфатной бленой, выпускаемой в условиях ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат», на средневзвешенную длину волокон и пористость образцов бумаги представлены в таблице.

Таблица – Влияние процесса размола целлюлозы сульфатной бленой на средневзвешенную длину волокон и пористость образцов бумаги

Концентрация суспензии, %	Степень помола, °ШР	Средневзвешенная длина волокон, Дг	Длина волокон, мм	Пористость образцов бумаги, м ² /г
1,0	30	6,510	1,438	9
	50	9,563	1,981	10
	70	18,143	2,533	11
1,7	30	10,929	2,166	7
	50	15,714	2,464	8
	70	17,064	2,513	10

Из таблицы следует, что концентрация целлюлозной суспензии при ее размоле влияет на размеры волокон, которые характеризовали средневзвешенной длиной (дг) и длиной (мм).

Установлено, что размеры волокон влияют на пористость образцов бумаги. Это влияние представлено в таблице.

Таким образом, впервые исследована способность целлюлозы сульфатной бленой, выпускаемой на новом производстве в условиях ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат». При изменении концентрации целлюлозной суспензии от 1,0 до 1,7% и увеличении ее степени помола от 30 до 70°ШР размеры волокон максимально сохраняются и только незначительно отличаются от размеров волокон, присутствующих в исходной целлюлозе до ее размола. Этот положительный факт свидетельствует о том, что в достаточно широком диапазоне степени помола (30–70°ШР) действительно происходит фибриллирование волокон, а не их укорочение (рубка). Данные по изменению пористости образцов бумаги, изготовленных из исследуемой целлюлозной массы (30–70°ШР), подтверждают обнаруженный нами положительный факт о способности целлюлозы к размолу. Широкий «рабочий» диапазон степени помола 30–70°ШР позволяет рекомендовать использование отечественной целлюлозы сульфатной бленой при производстве широкого ассортимента бумаги и картона не только в Республике Беларусь, но и за рубежом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черная, Н.В. Технология производства бумаги и картона: учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Химическая технология переработки древесины» / Н.В. Черная, В.Л. Колесников, Н.В. Жолнерович. – Минск БГТУ, 2013. – 435 с.

УДК 676.064.2:655.1

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

АНАЛИЗ СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Современная тенденция развития бумажного и картонного производства характеризуется необходимостью улучшения качества выпускаемой продукции при одновременном снижении ее себестоимости. Это направление относится к производству полиграфического картона, включая крупнотоннажные виды продукции марок FBB и SBB, получение которых основано на одно- и двухстороннем меловании трехслойного картона. Каждый слой немелованного картона изготавливают из конкретного вида волокнистых полуфабрикатов.

Немелованный полиграфический картон получают, как правило, из целлюлозы беленой (покровный и основной слои) и беленой термомеханической массы БХТММ (средний слой). Эта технология является традиционной. По ней работают ведущие зарубежные производители. Полиграфический картон марки FBB изготавливают из целлюлозы беленой (покровный и основной слои) и БХТММ (средний слой), а марки SBB – все три слоя получают из беленой целлюлозы.

Однако использование целлюлозы беленой одновременно в покровном и основном слоях или дополнительно в среднем слое приводит к удорожанию готовой продукции, поскольку она относится к первичным волокнистым полуфабрикатам и в отличие от другого сырья (первичного – БХТММ; вторичного – макулатуры) относится к дорогостоящим видам сырья. В то же время использование БХТММ вместо целлюлозы беленой в покровном и основном слоях является нецелесообразным из-за ее специфических свойств. Это обусловлено невысокой способностью БХТММ к проклейке и ограниченной прочностью сформированных из нее элементарных слоев картона.

Поэтому альтернативной заменой целлюлозы беленой может быть, по нашему мнению, макулатура белая. Макулатурная масса, полученная из этого вторичного волокнистого полуфабриката, проклеивается по технологии, аналогичной целлюлозной массе, а прочность сформированного из него элементарного слоя картона может быть сопоставимой прочности целлюлозосодержащего слоя при дополнительном введении в макулатурную массу небольшого количества упрочняющей добавки. Такая технология может использоваться, на наш взгляд, в условиях филиа-

ла «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои», на котором новое производство ориентировано на выпуск БХТММ для использования ее в среднем слое картона и переработку целлюлозы беленой, произведенной в условиях ОАО «Светлогорский ЦКК», для применения ее в покровном и/или основном слоях картона. Это отечественное предприятие является единственным в Республике Беларусь, где планируется организация выпуска полиграфического картона и его использование вместо импортируемого картона.

Цель исследования – сравнить состав и свойства немелованных образцов полиграфического картона, изготовленных по зарубежной (используется целлюлоза беленая и БХТММ) и отечественной (применяется макулатура белая и БХТММ) технологиям.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ проведены исследования по возможности использования макулатуры белой вместо целлюлозы беленой в покровном и основном слоях. При этом для получения немелованных образцов полиграфического картона требуемой плотности принято решение о сохранении в среднем слое БХТММ. Массоёмкость элементарных слоев картона была постоянной и составляла 70 г/м^2 . Для проклейки целлюлозной и макулатурной масс в нейтральной среде (рН 6,8–7,5) использовали клеевую эмульсию АКД, представляющую собой димеры алкилкетенов; ее расход был постоянным и составлял 0,65% от абсолютно сухого волокна. При использовании макулатурной массы в нее дополнительно добавляли упрочняющую добавку Hi-Cat (расход 0,03% от абсолютно сухого волокна). Образцы элементарных слоев картона (целлюлозных и макулатурных) изготавливали на листоотливном аппарате Rapid-Ketten (Германия) в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией. Перед испытанием полученных образцов их термообрабатывали с каждой стороны при температуре 130°C в течение 1 мин для того, чтобы обеспечить образование гидрофобных бета-кетозэфиров за счет взаимодействия димеров алкилкетенов с активными отрицательно заряженными центрами (гидроксильными группами) волокон.

Испытание образцов полиграфического картона, полученных по существующей (зарубежной) и исследуемой (отечественной) технологиям, осуществляли на современных приборах по стандартным методикам. Для анализируемых образцов картона определяли белизну по ISO 2470-1999, впитываемость воды при одностороннем смачивании (Кобб_{60}) по ISO 1974-1990 и гладкость поверхностного слоя по ISO 8791-4-1992. Эти показатели являются регламентируемыми и должны составлять: белизна – не менее 80%, впитываемость воды при одностороннем смачивании (Кобб_{60}) – не более 30 г/м^2 и гладкость – не менее 80 с.

Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица – Состав и свойства немелованных образцов полиграфического картона, полученных по разработанной (отечественной) и зарубежной технологиям

Марка картона	Состав полиграфического картона			Качество образцов картона		
	Покровный слой	Средний слой	Основной слой	Белизна, %	Впитываемость воды при одностороннем смачивании, г/м ²	Гладкость поверхностного слоя, с
<i>Картон отечественного производства</i>						
FBB	Макулатура, АКД, Hi-Cat	БХТММ	Макулатура	81	24	88
SBB	Макулатура, АКД, Hi-Cat	Целлюлоза	Макулатура, АКД, Hi-Cat	82	21	89
<i>Картон импортного производства</i>						
FBB	Целлюлоза, АКД	БХТММ	Целлюлоза	82	25	86
SBB	Целлюлоза, АКД	Целлюлоза	Целлюлоза, АКД	84	22	87

Получено, что качество образцов картона отечественного производства не уступает качеству картона импортного производства. В обоих случаях качество образцов картона лабораторного изготовления по всем показателям соответствуют регламентируемым значениям, что подтверждает достоверность результатов исследования, проведенного с использованием моделирующего и испытательного оборудования, имеющегося на кафедре химической переработки древесины БГТУ. Установлено, что замена дефицитного и дорогостоящего первичного волокнистого полуфабриката (целлюлозы беленой) на доступный и более дешевый вторичный (макулатуру белую) позволяет получать немелованный полиграфический картон требуемого качества.

Таким образом, изменение состава полиграфического картона по волокну за счет замены целлюлозы беленой (зарубежная технология) на макулатуру белую (отечественная технология) при дополнительном использовании небольшого количества упрочняющей добавки Hi-Cat (расход 0,03% от абсолютно сухого волокна) позволяет обеспечить ему требуемый комплекс показателей качества, удовлетворяющий регламентируемым значениям (белизна – не менее 80%, впитываемость воды при одностороннем смачивании (Кобб₆₀) – не более 30 г/м² и гладкость – не менее 80 с).

С. В. Карпова, ассист.;
О. А. Мисюров, соискатель;
Н. В. Черная, проф. д-р техн. наук;
С. А. Дашкевич, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ВИДА КРАСИТЕЛЯ НА СТЕПЕНЬ ОКРАШИВАЕМОСТИ ПИГМЕНТОВ И СВЯЗУЮЩИХ В МЕЛОВАЛЬНЫХ ПАСТАХ

Меловальные пасты наносят на поверхность бумаги и картона. Они отличаются рецептурой, поскольку в их составе присутствуют разнообразные пигменты, связующие вещества, диспергаторы и вспомогательные вещества (оптические отбеливатели, антисептики, пеногасители, регуляторы рН и текучести и другие соединения). Имеющиеся научные публикации [1] посвящены преимущественно изменению свойств мелованных видов бумаги и картона в зависимости от рецептуры меловальных паст. Однако опубликованная информация не позволяет оценить характер взаимодействия индивидуальных компонентов, присутствующих в меловальной пасте, во-первых, между собой, когда происходит когезионное взаимодействие, и, во-вторых, с поверхностью бумаги-основы и картона-основы, когда происходит адгезионное взаимодействие. Поэтому нерешенной научной проблемой в технологии мелования бумаги и картона остается проблема, связанная с объяснением протекающих когезионных и адгезионных взаимодействий.

В настоящей работе впервые предпринята попытка придания основным компонентам меловальной пасты (исследуемым пигментам и связующим) характерной (индивидуальной) степени окрашиваемости за счет использования различных (8 видов) красителей. Выбор этих исследуемых компонентов обусловлен тем, что они присутствуют в рецептуре меловальной пасты в максимальном количестве, в частности, пигмент – 100 мас. ч. и связующее – 30 мас. ч. На долю остальных компонентов (диспергатор, оптические отбеливатели, антисептики, пеногасители, регуляторы рН и текучести и др.) приходится не более 5 мас. ч. Важное значение имеют дисперсность компонентов меловальной пасты и степень их окрашиваемости в присутствии различных красителей. Отсутствие в литературе этих важных данных обуславливает актуальность настоящей работы с научной и практической точек зрения.

Цель исследования – оценка характера когезионного и адгезионного взаимодействия пигментов и связующих, отличающихся дис-

персностью и степенью окрашиваемости, в зависимости от рецептуры мелованной пасты.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины БГТУ проведен микроскопический анализ окрашенных индивидуальных пигментных дисперсий и связующих, а также их смесей, когда соотношение пигмент : связующее было постоянным и составляло 100 : 30 мас. ч. Образцы 8 видов красителей отобраны на предприятии (в частности, ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои»); их используют на печатных машинах при получении обоев с различными цветовыми характеристиками. В качестве пигментов использовали традиционные соединения: каолин $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ (ГОСТ 19607-74), карбонат кальция $CaCO_3$ (ГОСТ 4530-76) и барий сернокислый $BaSO_4$ (ГОСТ 3158-75). В качестве связующих применяли крахмал окисленный (ГОСТ 54647-2011), натрийкарбоксиметилцеллюлозу NaКМЦ (ГОСТ 25130-82), казеиновый клей (ГОСТ 3056-90) и карбамидоформальдегидный олигомер КФО [2], впервые синтезированный на кафедре химической переработки древесины БГТУ. Конкретное связующее добавляли в индивидуальные пигментные дисперсии после диспергирования пигментов. Диспергатор, расход которого был постоянным и составлял 0,3 мас. ч., способствовал предотвращению агрегированию частиц пигментов, что обеспечивало стабильность свойств образцов меловальных паст. В качестве диспергатора использовали гексаметафосфат натрия (ГОСТ 20291-80). Исследования проводили с использованием микроскопа биологического с осветлителем (Великобритания), оснащенного микрофотонасадкой. Получено, что исследуемые пигменты имели кристаллическое строение, но различную форму. Каолин состоял из гексагональных пластинок с соотношением толщина : длина = 1 : 10. Карбонат кальция состоял из кристаллов игольчатой формы. Частицы исследуемых пигментов отличались размером D_{cp} . Их средний диаметр составлял, мкм: $D_{cp} \leq 2$ для каолина, $D_{cp} \leq 1,8$ для карбоната кальция и $D_{cp} \leq 0,5$ для бария сернокислого. Установлено, что частицы каолина и карбоната кальция не обладали одинаковыми «покровными» свойствами и не давали одинаковые результаты при меловании образцов бумаги и картона. Исследования показали, что каолин по сравнению с другими пигментами (карбонатом кальция и барием сернокислым) легче диспергируется благодаря высокой удельной поверхности и почти полному отсутствию растворимых солей.

Исследуемые пигменты отличаются способностью к диспергированию. Установлено, что они располагаются в следующей упорядоченной убывающей последовательности: каолин > барий сернокислый

> карбонат кальция. Присутствие в рецептуре меловальных паст бария сернокислого (или карбоната кальция) снижает вязкость меловальной пасты, а также придает мелованным образцам бумаги и картона не только улучшенную белизну и непрозрачность, но и хорошую впитывающую способность по отношению к печатным краскам.

Микроскопические исследования показали, что связующие вещества выполняют одновременно две функции: 1) «связывают» частицы пигментов между собой; 2) «связывают» пигменты с поверхностью бумаги-основы и картона-основы. Поэтому при приготовлении меловальных паст нужно точно знать необходимое количество связующего, поскольку оно определяет качество печатных свойств мелованных видов бумаги и картона. Связующее в мелованном покрытии распределяется следующим образом. Если представить схематически срез мелованной бумаги (картона), то можно заметить, что одна часть связующего непосредственно примыкает к основе, другая – окружает частицы пигментов, третья – занимает промежутки между частицами. Такое представление о распределении связующего является, по нашему мнению, правильным. Однако следует иметь в виду, что связующее не полностью занимает промежутки между частицами.

Таким образом, соединение, участвующее в когезионном и адгезионном взаимодействиях и выполняющее роль связующего, способствует улучшению свойств меловальной пасты, что способствует получению высококачественных мелованных видов бумаги и картона. Качественную меловальную пасту невозможно приготовить без надлежащего механического диспергирования и без применения диспергаторов, способных предотвратить процессы агрегирования и флокуляции пигментных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черная Н.В. Влияние рецептуры меловальной пасты на свойства полиграфического картона / Н.В. Черная, В.Л. Флейшер, Т.В. Чернышева, С.В. Карпова, О.А. Мисюров // Технология органических веществ : материалы 83-ей научно-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4–15 февраля 2019 г. – Минск: БГТУ. – 2019. – С. 39–41.

2. Карпова, С. В., Черная Н. В. Изучение свойств мелованной бумаги при замене природного связующего на новое синтетическое / С.В. Карпова, Н.В. Черная // Химия и химическая технология переработки растительного сырья : материалы докладов Междунар. научно-техн. конф., Минск, 10–12 октября 2018 г. – Минск: БГТУ. – 2018. – С. 187–191.

УДК 676.064.2:655.1

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

ИЗУЧЕНИЕ БУМАГООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ СУЛЬФАТНОЙ БЕЛЕННОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СУСПЕНЗИИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗМОЛА

Целлюлозу сульфатную беленую начали производить в Республике Беларусь на единственном предприятии ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат». На протяжении нескольких десятилетий, когда в нашей стране отсутствовало собственное производство такой целлюлозы, ее поставляли из стран ближнего и дальнего зарубежья. Целлюлоза сульфатная беленая (далее – целлюлоза) относится к первичным волокнистым полуфабрикатам. В отличие от вторичных волокнистых полуфабрикатов, включающих разнообразные марки макулатуры, целлюлоза обладает высокими бумагообразующими свойствами. Об этом свидетельствуют такие показатели регламентируемые ее показатели качества, как белизна (норма 79–90%), разрывная длина (норма 6800–9000 м) и сопротивление излому (норма 1000–1300 ч. д. п.). Потребность в целлюлозе предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, подведомственных концерну «Беллесбумпром», является очень высокой, поскольку ее использование позволяет значительно увеличить качество выпускаемой продукции и повысить ее экспортоориентированность.

Следует отметить, что одним из основных показателей для целлюлозы, подвергаемой размолу, является разрывная длина. Этот показатель характеризует бумагообразующие свойства целлюлозы, поскольку для испытываемых образцов бумаги и картона на разрывной машине определяют комплекс показателей, к числу которых относятся разрушающее усилие в сухом и во влажном состояниях, удлинение в сухом и во влажном состояниях. Полученные данные позволяют рассчитать разрывную длину, характерную для бумаги и картона, а также оценить их влагопрочность. Дополнительно для целлюлозы рекомендуется определять впитываемость при одностороннем смачивании.

Важную роль в технологии бумаги и картона играет процесс размола [1]. Благодаря ему происходит управление степенью фибриллирования волокон и их размерами (длиной и толщиной). На каждом отечественном предприятии имеется размалывающее оборудование. Оно отличается техническими характеристиками и, следовательно, производительностью. Общим для такого типа оборудования являются принцип

его действия и практическая возможность управления технологическими режимами размола. К наиболее значимым факторам процесса размола относятся его продолжительность и концентрация волокнистой суспензии.

Цель работы – исследование влияния продолжительности процесса размола и концентрации волокнистой суспензии на бумагообразующие свойства целлюлозы отечественного производства.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины на моделирующем оборудовании размалывали целлюлозу при различной концентрации волокнистой суспензии (С), которая составляла 1,0 и 1,7%. При этом увеличивали продолжительность процесса размола (τ) от 0,5 до 30,0 мин. Исследования проводили в два этапа. На первом этапе получали различные размолотые целлюлозные суспензии, отличающиеся степенью помола и концентрацией. На втором этапе из этих суспензий изготавливали образцы бумаги и элементарных слоев картона с постоянной массоемкостью, равной 80 г/м². Для каждого из них определяли комплекс показателей качества, характеризующих бумагообразующие свойства целлюлозы, включая разрушающее усилие в сухом и во влажном состояниях, удлинение в сухом и во влажном состояниях, разрывную длину и влагопрочность, а также впитываемость при одностороннем смачивании.

Первый этап. Процесс размола контролировали на аппарате СР-2 по показателю «степень помола», который выражали в градусах Шоппер-Риглера (°ШР). Сначала по полученным данным получали зависимости $^{\circ}\text{ШР} = f(\tau)$ для волокнистых суспензий, имеющих С = 1,0% и С = 1,7%. После этого находили области, соответствующие протеканию трех основных процессов: а) набухание волокон; б) размол волокон; в) укорочение (рубка) волокон. Такой методологический прием позволил определить диапазон изменения τ , обеспечивающий протекание процесса размола и не допускающий укорочение (рубку) волокон. Поскольку в технологии бумаги и картона используют только водно-волокнистые суспензии, то целлюлозная суспензия представляла собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являлись волокна, а дисперсионной средой – вода.

Установлено, что нахождение волокнистой суспензии в размалывающем ролле в течение времени $7 \leq \tau \leq 25$ мин происходит желаемый процесс размола. Превышение времени нахождения ее в ролле сопровождалось нежелательным укорочением (рубкой) целлюлозных волокон. Эти данные позволили установить, размолотая целлюлозная масса имеет высокую степень фибрилляции при степени помола 30–70°ШР, что свидетельствует о «раскрытии» гидроксильных групп волокон в результате механического воздействия на волокна размалывающей гарнитуры

барабана, которым оснащен ролл.

В процессе размола целлюлозные волокна становятся «тоньше», пластичнее и эластичнее благодаря постепенному удалению первичного слоя S_1 и вторичного слоя $S_{2,i}$, состоящего из трех подслоев, когда $i = 1$, $i = 2$ и $i = 3$, в виде $S_{2,1}$, $S_{2,2}$ и $S_{2,3}$ соответственно. Постепенное удаление этих слоев сопровождалось «раскрытием» у волокон гидроксильных групп, от количества которых, как известно [1], напрямую зависят межволоконные связи, в образовании которых участвуют присутствующие диполи воды и присутствующие в структуре бумаги и картона. Получено, что в области размола целлюлозные волокна максимально сохраняют свою первоначальную длину, что должно положительно сказаться на их бумагообразующих свойствах. Этому способствует постепенное изменение толщины волокон в целом и слоев S_1 и $S_{2,i}$ и увеличение содержания на поверхности волокон гидроксильных групп.

Второй этап. Из полученных размолотых целлюлозных суспензий, имеющих степень помола 30, 50 и 70°ШР и отличающихся концентрацией ($C = 1,0\%$ и $C = 1,7\%$), изготавливали образцы бумаги и элементарных слоев картона, имеющих массовую массу 80 г/м^2 . Получено, что качество анализируемых образцов бумаги и элементарных слоев картона удовлетворяет регламентируемым значениям по такому основному показателю, как разрывная длина. Это показатель находился в пределах 6800–9000 м. Остальные показатели изменялись в следующих диапазонах: разрушающее усилие в сухом состоянии от 72 до 111 Н; разрушающее усилие во влажном состоянии от 0,5 до 2,0 Н; удлинение в сухом состоянии от 2,8 до 4,7%; удлинение во влажном состоянии 2,2 до 4,0%; влагопрочность от 0,7 до 1,8%; впитываемость при одностороннем смачивании от 90 до 120 г/м^2 .

Установлено, что повышение степени помола целлюлозной массы от 30 до 70°ШР сопровождается улучшением ее бумагообразующих свойств в среднем на 25–35%. Таким образом, при проведении процесса размола целлюлозы сульфатной беленой, волокнистая суспензия которой имеет концентрацию 1,0–1,7%, в течение 7–25 мин бумагообразующие свойства соответствуют регламентируемым значениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников, С.Ю. Межволоконные электростатические связи в бумаге / С.Ю. Кожевников, И.Н. Ковернинский // Химия растительного сырья. – 2012. – № 3. – С. 197–202.

Л. А. Сергеенко, асп.;
А. М. Залуцкая, асп.;
Ю. Н. Кардаш, ст. преп., канд. техн. наук;
В. С. Болтовский, проф., д-р техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА ИЗ ОТВАЛОВ ОАО «БОБРУЙСКИЙ ЗАВОД БИОТЕХНОЛОГИЙ»

Одним из наиболее перспективных направлений использования гидролизного лигнина является получение на его основе углеродных сорбентов. Известно, что гидролизный лигнин обладает хорошими сорбционными свойствами. В настоящее время он не производится и находится только в отвалах ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» и ныне не действующего завода ОАО «Речицкий опытно-промышленный гидролизный завод». Его сорбционные свойства не в достаточной степени удовлетворяют требованиям потребителей к сорбентам.

Для улучшения сорбционных свойств гидролизный лигнин был подвергнут действию СВЧ-энергии, а также химической обработке различными реагентами с последующим определением его сорбционных характеристик и оценкой возможности его использования в качестве углеродного сорбента.

Результаты СВЧ-обработки гидролизного лигнина представлены на рисунке 1.

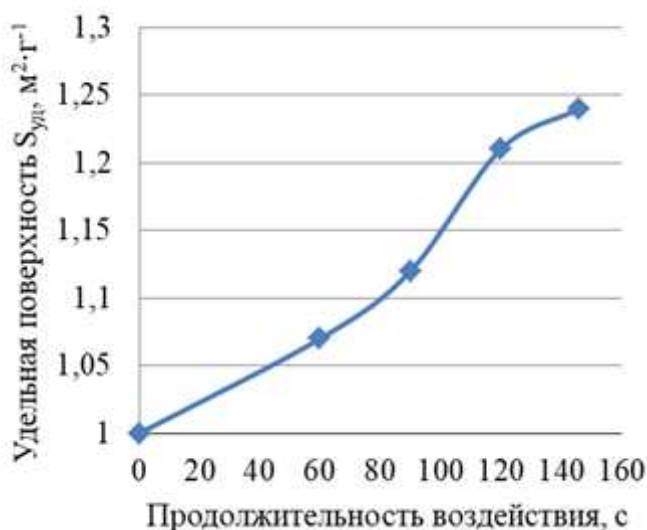


Рисунок 1 – Зависимость удельной поверхности адсорбента от времени модификации лигнина в поле СВЧ-энергии

Из графика видно, что удельная поверхность сорбента, полученного путем обработки в поле СВЧ, изменилась незначительно по сравнению с удельной поверхностью исходного лигнина, поэтому была проведена химическая модификация лигнина различными химическими реагентами:

- реагент 1: 50% KCl и 50% Na₂CO₃;
- реагент 2: 10% KCl и 90% Na₂CO₃;
- реагент 3: 90% KCl и 10% Na₂CO₃;
- реагент 4: 50% KI и 50% Na₂CO₃.

Эксперимент проводился при соотношении (лигнин: 50 %-ный раствор модификатора) равном (1 : 1), температуре 100°C и продолжительности обработки 2 ч. Эффективность полученных образцов сорбентов проверяли на модельных растворах формалина, что обусловлено функционированием в г. Бобруйске предприятия по производству древесных плит ОАО «ФандОК», где образуется формальдегид в виде выбросов и сбросов.

Данные об эффективности проведенной химической модификации представлены на рисунке 2.

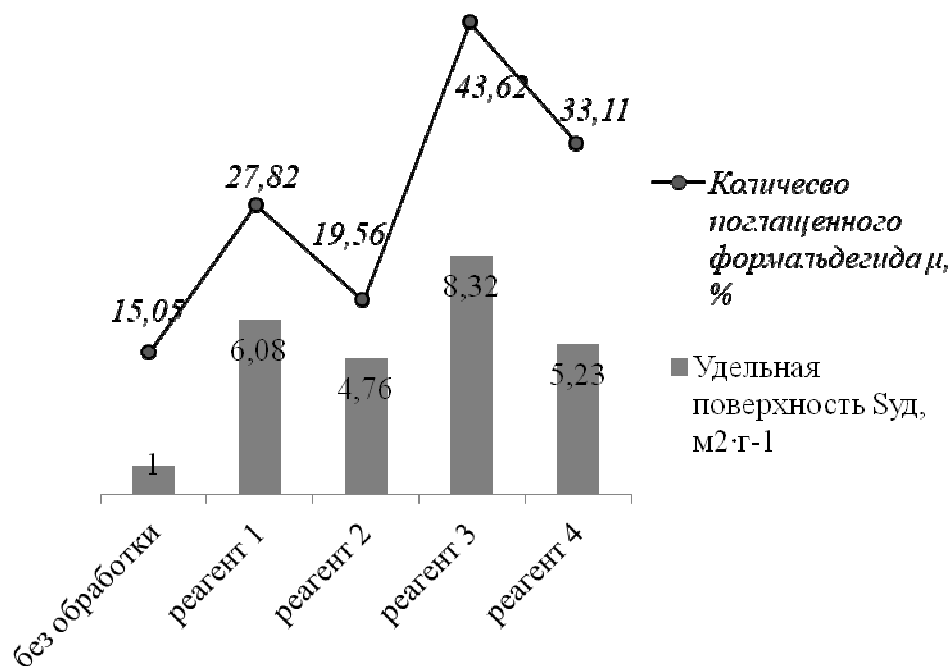


Рисунок 2 – Результаты химической модификации лигнина

Из полученных данных видно, что наибольшей эффективностью обладает образец сорбента, полученный с помощью реагента 3 (90% KCl и 10% Na₂CO₃).

УДК 674.817

М. А. Ахадова¹, магистрант; А. А. Ортиков¹, магистрант;
Б. Р. Муминжонов¹, магистрант; Р. А. Хабибуллаев¹, доц.;
Ж. И. Махмудов², магистрант
(¹ТХТИ, г. Ташкент, Республика Узбекистан; ²БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ СУШКИ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В настоящее время существенно изменилась тенденция роста объема производства древесных плит и других клееных материалов в Республике Узбекистан. С расширением номенклатуры и ростом объема также повышаются требования к качеству клееной и прессованной продукции.

Практика использования отходов производства для изготовления эффективных конструкционных материалов набирает обороты, ведь это способ не только экономить на сырье, но и сокращать количество мусора на свалках. Древесные отходы, образующиеся на деревообрабатывающих предприятиях, а также стебли сельскохозяйственных однолетних растений (гузапая, пшеничная солома и др.), могут использоваться при изготовлении древесных композиционных материалов. Это не только решает вопрос с ее утилизацией, но и придает строительным материалам направленные физико-механические свойства [1].

При изготовлении древесно-волоконистых плит средней плотности (МДФ плит) древесные волокна смешиваются с терморезактивным связующим и различными добавками для придания им особых технологических свойств и динамично сушатся. Такой сухой способ осуществляются и при изготовлении древесных пресс-масс. Путём её высушивания и дальнейшего формирования в пресс-формах получают прессованные детали, широко применяемые в мебели, строительстве и машиностроении [2].

При изготовлении древесных композиционных материалов жидкие терморезактивные связующие (смолы), требуют соблюдения определенной нормы расхода. Если древесные частицы мелкие (крупные), поверхность их смачивания будут больше (меньше), соответственно расход смолы тоже будет больше (меньше) для обеспечения склеивания древесных частиц. В таких случаях для равномерного распределения связующему добавляют дополнительную порцию растворителя, в результате чего снижается ее вязкость. А также при этом она впитывается в поры древесины, что приводит к излишнему расходу связующего. А когда вязкость смолы больше, чем требуется, образуется толстый слой клея, что приводит к повышению хрупкости прессованного материала

и неравномерному распределению связующего.

Другим явлением, которому следует обращать внимание при изготовлении древесно-клеевой композиции является, образование дополнительной влаги при поликонденсации термореактивного связующего, тем самым увеличению паро-газового давления и следовательно, появлению вздутий и трещин на поверхности прессованных изделий.

При сушке древесно-клеевой композиции с одной стороны происходит снижение влажности (растворителя) композиции, и параллельно с ним поликонденсация термореактивного связующего, т.е. отверждение клея с образованием влаги.

Процессу сушки влияют температура среды и скорость циркулируемого воздуха, в меньшем количестве оказывает влияние и относительная влажность воздуха среды.

При сушке древесно-клеевой композиции основное внимание нужно уделять переходу термореактивной смолы от резольного состояния к состоянию резитол (при сушке) и далее к переходу в состояние резит (при горячем прессовании).

Таким образом, при сушке древесно-клеевой композиции параллельно со снижением влажности композиции происходит и потеря «живого» клея, т.е. переход смолы в сшитое состояние (резит). Поэтому, здесь необходимо определить оптимальный режим сушки, при котором, обеспечивается минимальная влажность композиции и максимальное содержание резольной смолы. В проведенных нами исследованиях, определены, что при влажности композиции больше чем 6%, на поверхности прессованного материала образуются вздутия и трещины. Однако, при уменьшении влажности от 6%, происходит предварительное отверждение клея, что приводит к ухудшению адгезионной прочности.

При производстве МДФ плит на предприятии ООО «MDF Formation» в г. Ташкент выдерживаются регламентированный режим сушки – оно происходит в течение трех минут, в результате чего перед бункером, в некоторых случаях влажность массы переходить за пределы 25%. Пробное прессование такой массы в лабораторных условиях привело к образованию дефектов на поверхности образцов. А также, даже если на поверхности не видны дефекты, то после обработки этих плит на станках Rower, во внутренних фрезерованных поверхностях наблюдались трещины.

Для предотвращения таких явлений нами были исследованы оптимальный режим сушки пресс-масс. В качестве связующего были использованы смола марки КФМТ при содержании сухого остатка 20% и содержание наполнителя наполнитель (орех и тополь) 80%. Сушили

готовую древесно-клеевую композицию до постоянной массы в течение 4 часа при температуре 100°C. Степень отверждение связующего в древесно-клеевой композиции определяли методом экстракции ее в аппарате Сокслет. Предварительно были определены, что в составе наполнителей содержание экстрактивных веществ (в воде) не превышает 0,01%. Степень отверждения связующего определили по разности масс до и после экстракции.

Как показали результаты экспериментов, температура 70°C является оптимальной, при котором получают более качественные образцы. Пресс-массы сушили в шкафу СНОЛ-3,5, через нижний патрубок которого подали горячий воздух через шкаф СЭШ-3М при скорости 0,5 м/сек.

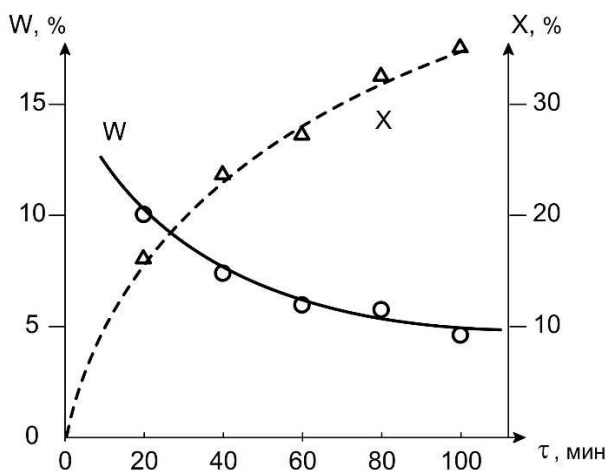


Рисунок 1 - Значение влажности древесно-клеевой композиции (W, %) и степени отверждения связующего (X, %) при сушке 20-100 минут

Как видно из графика оптимальная продолжительность сушки является – 20 минут, при котором влажность не превышает 9%, а степень отверждения не больше 20%. В таких образцах дефекты не наблюдались.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хабибуллаев, Р.А., Магрупов, Ф.А. Прессовочные массы на основе местных отходов и эффективность способов их изготовления. Научные труды международного симпозиума по механохимии. – Ташкент, 1995. – С.99-100.

2. Доронин, Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Шулепов И.А. Древесные пресс-массы (технология производства, применение). – М.: Лесн. пром-сть, 1980 – 112 с.

З. К. Джуманова, доц., канд. хим. наук;
Ф. Алламбергенова, ассист.;
Б. Б. Жугинисов, студ. (КГУ, г. Нукус)

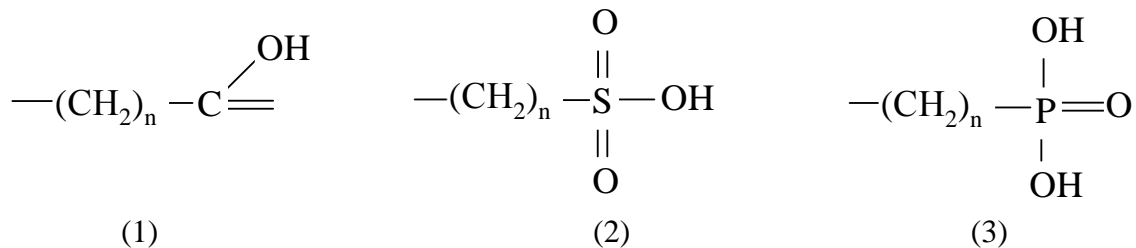
СУЛЬФОМЕТИЛИРОВАНИЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ РИСОВОЙ ЛУЗГИ

Древесина представляет собой постоянно возобновляемый источник сырья, значение которого в комплексной химической переработке непрерывно возрастает. В настоящее время лигноцеллюлозные материалы успешно используются во многих областях народного хозяйства.

Известно, что лигноцеллюлозные материалы могут служить универсальной матрицей при получении сорбционных материалов с хорошей проницаемостью, механической устойчивостью, удовлетворительными гидродинамическими характеристиками при эксплуатации. Благодаря наличию в макромолекулах лигноцеллюлозных полимеров активных функциональных групп (алифатических и фенольных гидроксильных групп, карбоксильных групп) они могут вступать во взаимодействие с различными реагентами. С помощью различных модификаций из такой матрицы можно получать сорбенты для различных видов адсорбционной хроматографии [1].

Одним из методов повышения реакционной способности природных полимеров является активация их растворами кислот, щелочной или смесью органических растворителей. Такая обработка позволяет очистить как поверхностные периферийные, так и внутренние поры от выстилающего слоя растворимых экстрактивных веществ (смолы, зола и др.) удаление их увеличивает доступность активных центров для химических превращений. Однако при этом процесс может сопровождаться частичной или полной деструкцией природного материала за счет разрыва химических связей и формирования новых функциональных групп [2].

Одним из малоизученных направлений химической модификации технических лигнинов и лигноцеллюлозных материалов является введение в их макромолекулу и состав функциональных групп, придающих им растворимость. Сульфоалкильные группировки (2), наряду с такими ионогенными группами как карбоксиметильные (1) и фосфометильные группы (3) придают лигнинам способность к растворению в воде или водно-щелочных средах [3]:



Известно, что сульфометилирование органических соединений, в частности фенолов, легко осуществляется бисульфитными производными формальдегида. При этом фенолы сульфометилируются в ядро, что характерно для немногих гидроксилсодержащих органических соединений.

Ранее с целью увеличения растворимости нами было проведено сульфометилирование препаратов диоксанлигнина стеблей хлопчатника и гидролизного лигнина [4]. Было предположено, что замещение на натрийсульфометильный катион проходит по 5-положению фенолпропановых структурных единиц лигнина [3].

Рис посевной (*Oryza sativa L.*) – однолетнее травянистое растение семейства злаковые – культивируется в Каракалпакстане, как пищевая культура. При переработке зерна риса, как и других злаковых культур, образуются многотоннажные отходы в виде лузги и соломы, которые являются потенциальным сырьем для получения многих веществ.

С целью увеличения растворимости нами было проведено в лабораторных условиях бисульфитом натрия и 40%- раствором формалина, при 90⁰С. В результате проведенных модификации в сульфометилированные лигноцеллюлозные материалы удалось внедрить 2,0% серы (таблица).

Таблица – Сульфометилирование лигноцеллюлозных материалов, %

№	Образец ЛЦМ	Выход СЛЦМ	S	Лигнин Комарова
2.	Рисовая лузга	116	2,0	17,3

Примечание: ЛЦМ – лигноцеллюлозный материал, СЛЦМ – сульфометилированный лигноцеллюлозный материал

Данные таблицы показывает, что снижение содержания лигнина Комарова может свидетельствовать о растворении определенной части лигнина в процессе сульфометилирования.

В ИК-спектрах сульфометилированных образцов лигноцеллюлозных материалов имеются полосы поглощения характерные для гидроксильных групп, бензольного кольца с заместителями, меток-

сильных групп и связи углерод-сера.

Таким образом, предложен новый способ химической переработки лигноцеллюлозных материалов в сульфометилированные производные. При этом, возможно, происходят одновременно процессы разрушения структуры лигнина в растении, и сульфоалкилирования по свободным и освобождающимся, по мере протекания процесса, гидроксильным группам лигнина. Показана возможность использования в качестве сульфоалкилирующего реагента смеси формальдегида и сульфита натрия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Броварова О.В., Кочева Л.С., Карманов А.П., Шуктомова И.И., Рачкова Н.Г. Исследование физико-химических свойств сорбентов на основе растительного сырья // Изв. вузов. Лесной журнал. – Архангельск. – 2004. – №4. – С.113-121.

2. Черкасов А.Н., Пасечник В.А. Мембраны и сорбенты в биотехнологии / Л.: Химия. – 1991. – 240С.

3. Сухановский С.И., Чудаков М.И. Щелочная активация гидролизного лигнина // Журн. Прикл. Хим. 1956. Т. 29. №3. С.410-415.

4. Галочкин А.И., Ананьина И.В., Ильина Н.В. Сульфоалкилированные лигноуглеводные материалы. 1. Сульфометилирование древесины березы // Химия растит. сырья. – Барнаул. – 2001. – №1. – С.59-68.

5. Маджидова В.Е., Далимова Г.Н., Абдуазимов Х.А. Сульфометилирование лигнинов // Химия природ. соедин. – Ташкент. – 1998. – №2. – С.222-225.

Р. А. Хабибуллаев, доц., канд. тех. наук;
С. С. Алиев, ассист. (ТХТИ, г. Ташкент);
Д. Р. Мусакаева, офис-менеджер
(ООО “Premium Village” при TashkentCity, г. Ташкент)

ВЛИЯНИЕ ФОТОДЕСТРУКЦИИ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

В последнее время особое внимание уделяется разработке строительных материалов на основе дешёвых отходов древесного происхождения и экологически безвредных связующих веществ. Одним из таких материалов являются древесно-полимерные композиты (ДПК) изготавливаемые методом экструзии из древесных отходов и термопластичных полимерных связующих. Одной из преимуществ изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерами и древесными наполнителями является возможность их повторной переработки.

Содержание полимерных связующих в большом количестве в составе изделий из ДПК придает им лучший водостойкость по сравнению с аналогичными изделиями из цельной древесины. Однако, водопоглощение ДПК может привести к некоторым негативным явлениям, таким как разбухание, вспучивание, снижение модуля изгиба и т.п. Недостаточной высокой водостойкости ДПК при длительной выдержки в воде способствуют такие параметры как, неоднородность распределения в композите полимерной матрицы, плохая совместимость с древесным наполнителем, невысокая адгезия между матрицей и наполнителем и др.

При выборе режимов изготовления ДПК, необходимо определить тип полимерного связующего, вид и размеры частиц древесного наполнителя, введение специальных добавок для улучшения эксплуатационных характеристик ДПК. Получение эффективных материалов из древесно-полимерной композиций требует всестороннего изучения влияния данных факторов на свойства ДПК.

Каждый вид полимерного связующего обладает ряд преимуществами и недостатками, которые в конечном итоге придаются изделиям из ДПК. Например, ДПК на основе полипропилена (ПП) хотя имеют хрупкость при пониженных температурах, но они обладает высокой прочностью, что в свое очередь делает их приемлемыми в различных областях техники. И наоборот ДПК на основе полиэтилена (ПЭ) хотя обладают меньшей прочностью, их можно применять в широком диапазоне температур. А также, ДПК на основе поливинилхлорида (ПВХ) хотя имеют определенную токсичность, однако они обладают

высокой жесткостью и прочностью, их токсичность можно снизить введением в их состав специальных добавок. С экологической точки зрения, самыми безопасными для окружающей среды являются ПП и ПЭ. Несмотря на невысокие механические свойства ПЭ по сравнению с ПП и ПВХ, он является самым распространенным полимером, используемым в производстве ДПК. Однако, достаточно удовлетворительные показатели имеют образцы ДПК на основе связующего ПВХ.

Что касается к древесному наполнителю, то наиболее оптимальный комплекс свойств имеет изделия из ДПК с мелкой дисперсной древесной муки (ДМ). Вне зависимости от размера и формы частиц, введение наполнителя в полимерную матрицу приводит к возникновению в системе фазовой гетерогенности. При увеличении содержания наполнителя увеличивается вероятность контакта частиц наполнителя друг с другом, а в частном случае - агломерация частиц наполнителя, что очевидно сопровождается резким снижением реологических характеристик системы.

Важным фактором, оказывающим существенное влияние на переработку ДПК, является влажность. Влага, находящаяся в композите, является естественным пластификатором и улучшает литевые свойства материала. При переработке влажного материала значительно падает нагрузка на шнеке литевой машины, давление впрыска. При незначительной влажности никаких дефектов литья при этом не происходит. Недостатки влажного ДПК при переработке аналогичны всем гигроскопичным полимерным материалам. Остаточная влага в материале способствует образованию воздушных пор, дефектов поверхности изделия, облоя, гидролиза в процессе расплава. При содержании влажности менее 5% вероятность такого эффекта снижается.

Солнечные лучи интенсивно действуют на полимеры, с одной стороны происходит фотодеструкция, с другой - термодеструкция. Образование радикалов в полимерах в результате солнечной радиации и их положительное влияние на свойства ДПК тщательно изучены в работе [1]. Однако, нас интересовало, происходит ли подобные явления и в древесном наполнителе. Об этом упоминается в работе, где отмечается, что технический лигнин при определенных условиях термоокислительного воздействия проявляет высокую реакционную активность и вступает в химическое взаимодействие с полиолефинами.

Нами была поставлена цель - получить и исследовать свойства древесно-полимерных композитов, с поливинилхлоридной матрицей, и хорошими физико-механическими свойствами. Для достижения цели необходимо было изучить свойства используемых полимерных матриц и древесную муку, в соотношении 50:50.

В качестве полимерной матрицы использовалась поливинилхлорид марки SG5 - твердое белое вещество, представляющие из себя сыпучий, капиллярный, пористый, хорошо перерабатывающийся порошок (частицы размером 100-200 мкм) [2].

В проведенных нами исследованиях, древесная мука породы сосна подвергалась ИК излучению в течение 12 часов под ИК-лампой, в результате она приобрела слегка буроватый вид, что свидетельствует о происхождении в массе явления фото деструкции. Далее поливинилхлорид и ДМ перемешивалась в соотношении 1:1 по массе. Из них методом горячего прессования в температуре 160°C, давлении 1,5 МПа, при выдержке под прессом в течение 10 минут получили образцы размером 200x200 мм и толщиной 8 мм. Далее из этих образцов были получены образцы для испытания на статический изгиб и на разбухание по толщине под водой.

Таблица

Показатели ДПК	ДПК на базе неизлученной ДМ	ДПК на базе излученной ДМ
Предел прочности на статический изгиб, МПа	26,7	24,5
Разбухание по толщине, %	36	27
Плотность, кг/м ³	1115	1240

Анализ экспериментальных данных показывает, что при фотодеструкции древесной муки в течение 12 часов, предел прочности образцов ДПК на статический изгиб уменьшается на 8,4%, водостойкость образцов - увеличивается на 33%, а плотность увеличивается на - 11,2%.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что полученный нами «древесно-полимерный материал» можно использовать взамен других ДПК для улучшения их водостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Магруппов Ф.А., Алимов И.М., Турабджанов С.М. ЭПР спектроскопическое исследование изменений в структуре полиолефинов и древесины. Высоконаполненные полиолефиновые композиции. Сообщение 1. Пластические массы 9-10, 2016. с. 42-47.

2. Мусакаева Д.Р., Хабибуллаев Р.А., Алимов И.М. Изучение влияния фотодеструкции древесных опилок на свойства плиточных материалов. «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук» Республиканский межвузовский сборник научных трудов. Часть 1. ТХТИ, Ташкент-2017 г., с. 160-161.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МДП

Древесные прессовочные массы (МДП) обладают рядом ценными физико-механическими свойствами, которые обуславливают их превосходство над другими конструкционными материалами применяемых в машиностроении, в строительстве, в мебельной и деревообрабатывающей промышленности. В их числе можно отметить высокую водостойкость, механическую прочность и низкую себестоимость изготовленных деталей из МДП. Эти показатели достигаются направленным варьированием технологических параметров изготовления МДП. В проведенных нами исследованиях по получению древесных пресс-масс и их переработки на готовые изделия, основное внимание уделено на оптимизацию состава пресс-масс и режимов сушки.

В исследованиях установлены, что улучшению водостойкости и механической прочности в основном способствует образование плёнки на контактной поверхности древесных частиц, а связующее пропитанное вглубь древесных частиц не оказывает на них значительного влияния. Учитывая эти обстоятельства, сделаны попытки заменить часть фенолформальдегидного связующего (СБС-1), более дешевой и широко распространенной карбамидоформальдегидной (КФМТ) смолой [1].

Такое совместное применение связующих потребовало заблаговременного определения условий смешивания и сушки пресс-масс, для того чтобы предотвратить появления вздутий и трещин на поверхности прессованных образцов [2].

С этой целью, изготовление МДП осуществлялось в следующем порядке. Частицы шпона ясеня толщиной 0,8 мм, шириной до 5 мм и длиной до 25 мм были смешаны карбамидоформальдегидным связующим, в количестве 10, 15 и 20% при пересчете на сухой остаток. Подготовленную массу сушили в шкафу СНОЛ-3,5 с встроенной к нему вентиляционной установкой шкафа СЭШ-3М. Сушка осуществлялась при температуре 40-100°C в течение 2-8 часов. При этом содержание летучих веществ в пресс-массе снизился до 6%. Высушенная масса охлаждалась в эксикаторе и подвергалась к повторному смешиванию с фенолформальдегидным связующим в количестве 10% (по сухому остатку смолы). Качество смешивания со смолой определяли визуально и оно продолжалось до равномерного покрытия по-

верхностей всех древесных частиц. Смесь сушили в тех же условиях, что и при сушке смеси с карбамидоформальдегидным связующим.

Проведенные эксперименты показали, что высокие температуры сушки (80-100°C) способствуют к интенсивному протеканию поликонденсации связующего, особенно карбамидоформальдегидного. Это приводит к преждевременному отверждению связующего, снижению механической прочности и появлению трещин на образцах наблюдаемых невооруженным глазом. А низкая температура не эффективна с точки зрения производительности для фенолформальдегидного связующего так как, требует больше 8 часов сушки для достижения содержания летучих веществ до 6%.

Таблица – Оптимальные режимы сушки древесных пресс-масс в зависимости от состава связующего

Связующее вещества	Температура сушки, °С	Продолжительность сушки, минут
КФМТ - 10%, СБС-1 - 10%	60-70	180
КФМТ - 20%, СБС-1 - 10%	50-60	300
КФМТ - 30%, СБС-1 - 10%	40-50	480

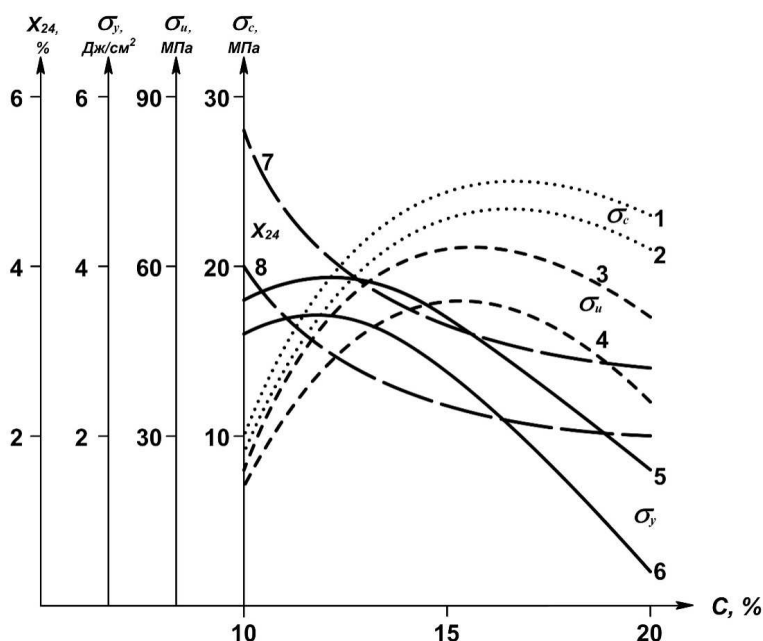


Рисунок 1 – Свойства пресс-масс на основе карбамидоформальдегидного фенолформальдегидным (1,3,5,7) и только карбамидо-формальдегидного связующего (2,4,6,8): 1,2 – предел прочности при сжатии (σ_с), МПа; 3,4 – предел прочности при статическом изгибе (σ_и), МПа; 5,6 – ударная вязкость (σ_y), кДж/см²; 7,8 – водопоглощение за 24 часа (X₂₄), %.

Из высушенной пресс-массы методом горячего прессования получали образцы размером 120x15x10 мм. Прессование осуществлялось при температуре 150-170°C, давлении 20 МПа, в течение

10 минут (продолжительность прессования 1 минута/мм). Прессованные образцы охлаждались в эксикаторе до комнатной температуры. Качество поверхности прессованных образцов оценивали визуально. Оптимальным считали те режимы, в которых не образовались вздутия и трещины на поверхности образцов.

Результаты проведенных экспериментов показали, что замена смолы СБС-1 смолой КФМТ при пропитке древесных частиц, приводит к снижению себестоимости пресс-масс, так как, для получения фенолформальдегидной пленки на контактной поверхности заранее пропитанных и высушенных древесных частиц, оказалось, достаточным 10% СБС-1, вместо традиционного 25-30%. Поэтому опыты проведены в пресс-массах содержащих 10, 15 и 20% карбаминоформальдегидного и 10% фенолформальдегидного связующего.

Из рисунка 1 видно, что при этом по сравнению с пресс-массами на основе карбаминоформальдегидных связующих (2, 4, 6, 8) свойства пресс-масс на основе карбаминоформальдегидных совместно фенолформальдегидных связующими (1, 3, 5, 7) улучшаются на 13-15%. Это свидетельствует об эффективности исследования и получения пресс-масс с применением совместного использования связующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хабибуллаев Р.А., Магруппов Ф.А. Особенности смешения бинарных наполнителей со связующим при производстве пресс-масс. «Доклады Академии наук Республики Узбекистан», 1998 г., № 4, С. 29-32.

2. Хабибуллаев Р.А., Магруппов Ф.А. Изучение процесса смешивания бикомпонентов и определение оптимальных режимов при производстве древесных пресс-масс. Сборник научных трудов "Вопросы строительства и архитектуры Республики Узбекистан". ТАСИ, Ташкент, 1997. с. 73-75.

В. Н. Босак¹, д-р с.-х. наук, проф.;
Т. В. Сачивко¹, канд. с.-х. наук; доц.;
А. В. Домненкова², канд. с.-х. наук; доц.
(¹БГСХА, г. Горки; ²БГТУ, г. Минск)

РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ

Важной составной частью обеспечения радиационной безопасности в Республике Беларусь, в т.ч. в лесном фонде, является проведение радиационного мониторинга [1–6].

Радиационный мониторинг – это система длительных регулярных наблюдений с целью оценки состояния радиационной обстановки, а также прогноза изменения ее в будущем.

Радиационный мониторинг является составной частью Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь. В систему радиационного мониторинга входит широкая сеть пунктов наблюдений и аккредитованных лабораторий.

На территориях лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения радиационный мониторинг осуществляется в соответствии с Правилами ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (постановление Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 27 декабря 2016 г. № 86), техническими кодексами установившейся практики ТКП 498-2013 «Радиационный мониторинг лесного фонда. Закладка постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения» и ТКП 499-2013 «Радиационный мониторинг лесного фонда. Обследование постоянного пункта наблюдения. Порядок проведения», утвержденными постановлением Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 3 октября 2013 г. № 12.

Согласно ТКП 498-2013, радиационный мониторинг лесного фонда представляет собой систему длительных регулярных наблюдений, оценки и прогноза радиационной обстановки на территории лесного фонда, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Радиационный мониторинг лесного фонда осуществляется на постоянных пунктах наблюдения (ППН).

Постоянный пункт наблюдения представляет собой прямоугольную пробную площадку размером 50 × 50 м. Каждый ППН имеет порядковый номер, координаты (ширина, долгота), местоположение (орган лесного хозяйства, лесной квартал, выдел), привязку к ближайшему населенному пункту.

ППН закладывают в лесном квартале, отнесенном к зоне радио-

активного загрязнения, согласно ведомости результатов контроля радиоактивного загрязнения земель лесного фонда в соответствии с ТКП 240-2010 «Радиационный контроль. Порядок проведения».

ППН закладывают в лесном квартале со средневозрастными древесными насаждениями в типах леса, типах лесорастительных условий, преобладающих на территории лесного фонда государственного лесохозяйственного учреждения (лесхоза), отнесенной к зонам радиоактивного загрязнения.

Закладку ППН осуществляют специалисты отделов (лабораторий, постов) радиационного контроля, аккредитованных в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь. Организации, в состав которых входят аккредитованные отделы (лаборатории, посты) радиационного контроля, должны иметь специальное разрешение (лицензию) Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь на проведение деятельности, связанной с осуществлением контроля радиоактивного загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В.Н. Обеспечение радиационной безопасности в лесном хозяйстве Республики Беларусь / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко, А.В. Домненкова // Дальневосточная весна – 2018. – Комсомольск-на-Амуре, 2018. – С. 221–224.
2. Босак, В.Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве / В.Н. Босак, Л.А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.
3. Домненкова, А.В. Радиационная обстановка на объектах и рабочих местах лесного хозяйства / А.В. Домненкова, Л.Н. Карбанович, В.Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 44.
4. Домненкова, А.В. Радиационный контроль продукции заготавливаемой в лесах Республики Беларусь / А.В. Домненкова, Л.Н. Карбанович, В.Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 200.
5. Заготовка и использование дровяной древесины в зонах радиоактивного загрязнения / В.Н. Босак, А.В. Домненкова, Е.В. Сермакшева, Л.Н. Карбанович // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – № 2. – С. 310–315.
6. Сермакшева, Е.В. Радиационная обстановка на объектах и рабочих местах лесного хозяйства / Е.В. Сермакшева, В.Н. Босак, А.В. Домненкова // Проблемы лесоведения и лесоводства. – 2017. – Вып. 77. – С. 388–395.

УДК 539.16 (476)

Т. В. Сачивко, канд. с.-х. наук, доц.;
В. Н. Босак, д-р с.-х. наук, проф. (БГСХА, г. Горки);
А. В. Домненкова, канд. с.-х. наук, доц. (БГТУ, г. Минск)

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОПРОТЕКТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЛУЧЕНИЯ

Под воздействием ионизирующих излучений происходит внешнее и внутренне облучение человека.

В случае внутреннего облучения применяются препараты, сорбирующие либо позволяющие заместить радионуклид стабильным изотопом, а также способствующие ускоренному выведению их из организма [1–7].

При внешнем облучении наиболее эффективно применение *радиопротекторов* – веществ природного или искусственного происхождения, обладающих радиозащитным эффектом и стимулирующих процессы восстановления клеток и молекул ДНК.

Механизмы действия радиопротекторов связаны не только с инактивацией окислительных радикалов и других агрессивных агентов, возникающих в клетках и тканях при воздействии ионизирующих излучений, но, в большей степени, – с активацией биологических процессов, обеспечивающих повышение радиоустойчивости клеток, тканей и организма в целом. В случае их применения снижается степень проявления всех типов первичного радиационного поражения клеток, интенсифицируется клеточное деление.

К радиопротекторам относятся отдельные лекарственные препараты (серосодержащие соединения – цистеин, цистеамин), амины (серотин, мегафен, аминазин, мексамин), антибиотики, фенольные соединения (меланин – содержатся в кофе, какао, красном вине, винограде, грибах).

Радиопротекторными свойствами обладают также некоторые пищевые продукты:

– продукты, содержащие клетчатку (грубая и практически неперевариваемая нашим организмом часть растения) и пектины (растворимая клетчатка): овощи (кабачки, тыква, свекла, морковь, огурцы, томаты, шпинат, капуста, спаржа, брокколи, зеленый горошек, салат, петрушка, укроп, горох, фасоль, чечевица), фрукты (яблоки, груши, чернослив, сливы, апельсины, грейпфруты, лимоны, бананы, абрикосы), ягоды (малина, клубника), цельнозерновой хлеб, отруби, пророщенные зерна;

– продукты, содержащие полиненасыщенные жирные кислоты: растительные масла (кукурузное, подсолнечное, соевое, льняное), орехи (особенно грецкие), семечки подсолнуха и семена тыквы, рыба (скумбрия, сельдь, сардины, тунец, форель, лосось, анчоусы, палтус, карп), кальмары;

– продукты, содержащие витамины E, C, A, бета-каротин (провитамин A), биофлавоноиды, кальций, калий, магний, селен;

– экстракты элеутерококка, женьшеня, китайского лимонника, натуральные соки, продукт пчелиного яда меллигин-полипептид.

Применение радиопротекторов наиболее эффективно при внешнем облучении. В случае внутреннего облучения применяются препараты, сорбирующие либо позволяющие заместить радионуклид стабильным изотопом, а также способствующие ускоренному выведению их из организма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В.Н. Босак, А.С. Алексеенко, Н.А. Невестенко и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.

2. Босак, В.Н. Безопасность жизнедеятельности человека. Практикум / В.Н. Босак, А.В. Домненкова. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 192 с.

3. Босак, В.Н. Обеспечение продовольственной безопасности регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС / В.Н. Босак, Т.В. Сачивко // Развитие агропромышленного производства и сельских территорий. – Новосибирск, 2016. – С. 70–74.

4. Босак, В.Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве / В.Н. Босак, Л.А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.

5. Сачивко, Т.В. Правовое обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т.В. Сачивко, В.Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 142–145.

6. Сачивко, Т.В. Проведение йодной профилактики при техногенных авариях на АЭС / Т.В. Сачивко, В.Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 134–137.

7. Система защитных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в лесном комплексе Беларуси / В.В. Перетрухин, Г.А. Чернушевич, В.Н. Босак и др. // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – № 2. – С. 316–321.

А. А. Пенкин*, зам. декана факультета ТОВ;

А. Н. Кашин**, начальник отдела;

Н. А. Герман*, ассист., канд. техн. наук;

Т. В. Соловьева*, проф., д-р техн. наук

* (БГТУ г. Минск), ** (УП «Бумажная фабрика» Гознака г. Борисов)

ИНТЕНСИФИЦИРОВАННЫЙ РАЗМОЛ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ В ТЕХНОЛОГИИ БУМАГИ ДЛЯ ПЕЧАТИ

В настоящее время для управления параметрами бумажной массы в процессе размолла существуют различные технологические решения, которые предусматривают отдельный размол каждого из волокнистых полуфабрикатов, использование различной гарнитуры, а также включение в перечень оперативных факторов частоты вращения привода мельницы. Раздельный размол бумажной массы – очень дорогое решение для технологии размолла и используется только на потоках с большой единичной мощностью.

Предложена и обоснована технология ступенчатого размолла бумажной массы с применением на каждой ступени различной частоты вращения ротора размалывающего оборудования, зависящей от композиции бумаги, вида и размера водяных знаков. Технология позволяет при совместном размолле беленой сульфатной хвойной и лиственной целлюлозы с различным соотношением компонентов получать бумажную массу со степенью помола и фракционным составом, обеспечивающими повышенные значения показателей прочности бумаги, контрастности водяных знаков, удержания защитных волокон и стойкость поверхности к выщипыванию.

Установлены параметры процесса размолла с изменяемой интенсивностью: I ступень – частота 1200 об/мин, время 15 мин; II ступень – частота 1800 об/мин, время 10 мин. При таком размолле композиции целлюлозы увеличивается показатель средневзвешенной длины волокна на 2 дг за счет изменения фракционного состава массы (доля средневолокнистой фракции 2 увеличивается на 5% за счет снижения доли мелковолокнистой фракции 5 и средневолокнистой фракции 3). При этом степень помола массы увеличивается с 55 до 60°ШР. В тоже время происходит снижение удельного расхода энергии, затраченной на размол целлюлозы с 108 до 103 кВт*ч/100г. При этом размол композиции целлюлозы по новому режиму приводит к повышению разрывной длины на 360 м. Следует отметить, что при совместном размолле хвойной и лиственной целлюлозы управление фракционным составом и степенью помола бумажной массы производится преимущественно избирательным воздействием на ее длиноволокнистую (хвойную) составляющую путем изменения частоты вращения роторов размалывающих мельниц

УДК 661.722.2

А. В. Дернович, зам. директора РНПЦ НХТ и П (БГТУ, г. Минск)

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ, ЛЕСОЗАГОТОВКИ,
ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУРФУРОЛА,
БИОЭТАНОЛА И ПРОДУКТОВ БИОСИНТЕЗА МЕТОДОМ
ГИДРОЛИЗА. СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД**

В стране существует большой резерв по переработке отходов сельхозпредприятий, лесозаготовки и деревопереработки. Целью данного исследования было показать возможность использования различных отходов в гидролизном производстве.

Наиболее ликвидными продуктами гидролиза являются: фурфурол, биоэтанол, метанол, кормовые дрожжи.

Фурфурол получают только методом гидролиза из растительного сырья, другого промышленного метода получения нет. На гидролизных заводах реализованы две схемы получения фурфурола. Первая - путем сгонки фурфуролсодержащего пара, т.н. парофазный гидролиз. Вторая - путем получения из паров самоиспарения гидролизатов. Получают товарный продукт в виде фурфурола-сырца или фурфурола технического первого или высшего сорта.

Фурфурол используют при синтезе соединений, применяемых в медицине, сельском хозяйстве и других областях. Наиболее востребованные производные получают путем гидрирования и декарбонирования фурфурола. Это производные фуранового ряда: сальван, фуран, тетрагидрофуран, фурфуриловый и тетрагидрофурфуриловый спирты.

В качестве сырья для получения фурфурола в РБ использовали щепу, стружку, опилки и одубину. На гидролизных заводах РБ не использовались сельскохозяйственные отходы и древесина лиственных пород. Содержание пентазанов в лиственной древесине составляет 20 - 25 %, для сравнения, в одубине - 19 % к массе а.с.с. Выход фурфурола из древесины лиственных пород – 3,5-4,5 % из 1 т а.с.с., или 35-45 кг [1]. Древесина лиственных пород не использовалась из-за отсутствия на гидролизных заводах участков получения щепы из древесины. Не были вовлечены в производственный оборот отходы древесно-кустарниковой растительности; отходы лесозаготовки (ветки, вершины, сучья), древесная зелень (при обрезке зеленых насаждений в городах) из-за отсутствия средств малой механизации для получения щепы. Сегодня такая техника имеется у лесозаготовителей и коммунальщиков.

Развитию гидролизного производства в РБ мешало отсутствие новых технологий и высокая стоимость энергоресурсов (энергозатратное производство), большие накопления отхода гидролизного производства (лигнина), создающие экологические проблемы. Проблема полигонов лигнина не решалась многие десятилетия. Сегодня разработаны и внедрены современные технологии, переработки лигнина в востребованную продукцию: топливные брикеты, активированные угли, сорбенты, удобрения, и др. Сегодня объемы накопленного лигнина снижаются.

В настоящее время изменилось ситуация по традиционному сырью. Щепа, стружка и опилки нашли применение в производстве топливных брикетов и как топливо котельных, на местах их образования. В тоже время в РБ появился отход сельскохозяйственного производства – кукурузная кочерыжка (СПК), объемы образования которой колоссальные. Объемы образования СПК на Мозырском и Ивацевичском кукурузокалибровочных заводах (ККЗ) в 2020 году составят от 10,5 до 13,6 тыс. т в год. СПК содержит пентозаны и уроновые кислоты до 41% в 1 т а.с.с. [2]. Из 1 т. а. с. СПК можно получить до 100 кг фурфурола и 200 кг редуцирующих веществ (РВ). Из полученных на ККЗ СПК можно получать методом гидролиза до 1300 т фурфурола в год.

Гидролиз СПК проходит в две стадии. Первая, проводится сгонка фурфуролсодержащего пара. Вторая стадия, твердый остаток целлолигнин, представленный трудногидролизуемыми полисахаридами (ТГПС до 34%), подвергается гидролизу при давлении 0,9-1,2 МПа и температуре 180-195⁰С с получением гидролизатов, из которых получают сусло для производства биоэтанола, кормовых дрожжей и др. продуктов. Выход РВ при гидролизе ТГПС СПК – до 18 %, при гидролизе лиственной древесины – до 30%.) [3]. Выход биоэтанола со 100 кг РВ сусла составляет до 61 литра. [4].

Биоэтанол является альтернативой нефти для производства моторных топлив. В ряде стран уже реализуется концепция о глобальном производстве этанола для полной или частичной замены горючего. За последние десять лет в США потребление биоэтанола только в качестве компонента моторного топлива увеличилось с 92.961 тыс. баррелей до 341.419 тыс. баррелей [5]. Биоэтанол и фурфурол используются в химической промышленности для получения массы ценных продуктов в различных синтезах.

Использование возобновляемого сырья: СПК, костры льна, соломки злаковых и лиственной древесины в процессе двухфазного кислотного гидролиза обеспечит экономическую выгоду, несравнимую с

эффектом, получаемым при сжигании этих материалов. Еще большая выгода будет обеспечена применением новых технологических решений на современном технологическом оборудовании. Есть данные, что при переработке СПК фирмой «Агрифуран» (Франция) выход фурфурола до 15%, или 150 кг из 1 т а.с.с. [6].

На экономическую эффективность гидролизного производства влияет наличие дешевых ТЭР, которые составляют до 70% в себестоимости фурфурола.

Данные мониторинга работы ОАО «Светлогорский ЦКК» показывают, что на предприятии имеется достаточно большой избыток ТЭР (за счет сжигания отходов производства: кора, лигнин, избыточный активный ил), который может быть использован на гидролизном производстве. У завода отработанная логистика поставки древесины, имеется оборудование для получения щепы из лиственной древесины; хорошая инженерная инфраструктура.

ЛИТЕРАТУРА

1 Морозов Е.Ф. Теоретические и технологические аспекты совершенствования процессов получения фурфурола// Гидролизная и лесохимическая промышленность. 1986.№5. С.11-12.

2. <https://news.tut.by/society/97097.html>

3. Морозов Е.Ф. Производство фурфурола М: Лесная промышленность,1988.

4 Шарков В.И., Сапотницкий С. А, Туманов И.Ф. Технология гидролизных производств М: Лесная промышленность 1973.

5 Латвийские ученые получили биоэтанол и фурфурол из соломы [https://www. Baltic-com/rus/good_for_business/](https://www.Baltic-com/rus/good_for_business/).

6. Клещевников Л.И., Логинов И.В., Харина М.В., Емельянов В.М. методы получения фурфурола и его применение, Вестник технологического университета, Т.18. – №19. – С. 95- 101.

А. Г. Любимов, доц., канд. техн. наук;
О. М. Касперович, доц., канд. техн. наук;
А. Ф. Петрушеня, ст. преп., канд. техн. наук;
Л. А. Ленартович, ассистент, канд. техн. наук;
Авраменко Н. А., студ. (БГТУ г. Минск);
Г. В. Горохов, мл. науч. сотр. (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, технический углерод и др. хорошо зарекомендовали себя в качестве наполнителей при изготовлении полимерных композиционных материалов.

При использовании технического углерода, проводимость материала напрямую зависит от качества смешения наполнителя с матрицей полимера. Ключевую роль здесь играет высокий процент наполнения термопласта благодаря чему проводимость может осуществляться как через перколяционный слой, так и через туннельный эффект [1]. Применение таких материалов в области 3D-печати открывает новые возможности для создания прототипов, производство персонализированных деталей и узлов любой конфигурации. Ранее проведенные исследования [2] показали, что углеродные микроволокна можно ввести не более 10 мас.%, с дальнейшим повышением содержания волокна начинает идти нестабильно процесс экструзии: обрыв прутка, пульсации расплава.

Целью данной работы было исследование поглощения СВЧ излучения экранирующими элементами в виде решетки Эшби. Материалы: PLA 20A-30-МК (ПТР 14 г/10 мин), технический углерод марки №121 (ОмскКарбонГрупп). Филаменты получали методом смешения в расплаве на двухшнековом экструдере в несколько стадий: получение компаунда, получение филамента из компаунда. Рекомендуется вести процесс при давлении выше 6 бар, поскольку в этом случае гарантированно отсутствуют пульсации расплава. Были получены филаменты с содержанием 10 и 25 мас.%. На рисунке 1 представлены изображения филамента с содержанием 10 мас.% техуглерода.

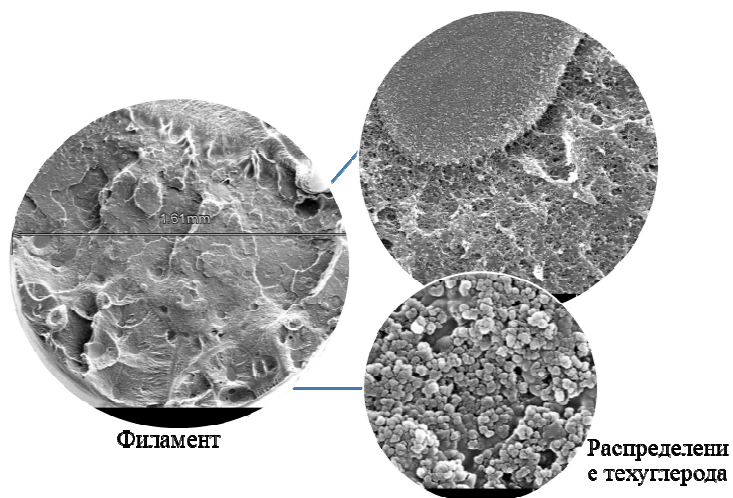


Рисунок 1 - Структура полученного филамента

В работе [3] описываются различные структуры и способность их поглощать электромагнитное излучение в СВЧ диапазоне, авторы приходят к выводу что монолитные структуры неэффективны поскольку имеют большую массу и меньшее поглощение. Использование гофрированных композитов позволяет увеличить коэффициент поглощения, а также снизить массу композита (на 28% в рассматриваемом композите), что, например, особенно важно в авиастроении. Структуры в виде решеток Эшби еще легче, и более подходят для СВЧ диапазона. В структуру описанную в работе [4] были внесены изменения: для придания устойчивости модели при печати часть стенок была сделана монолитной. Это связано с ограничениями технологии FDM. Структура экранирующих элементов представлена на рисунке

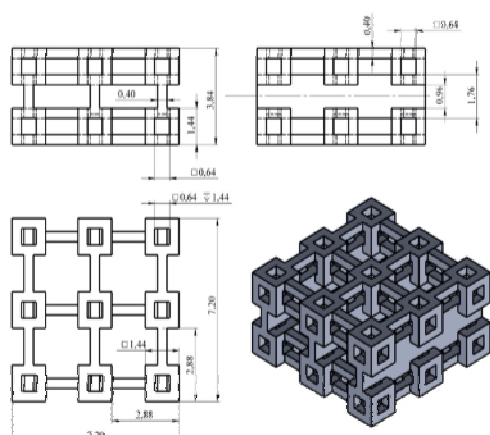


Рисунок 2 – Структура экранирующего элемента

2. Параметры печати: диаметр сопла 0,4 мм; высота слоя 0,1 мм; ширина слоя – 0,35 мм; скорость печати 10 мм/с; откат материала отключен; печать без подложки; скорость экструзии PLA – 110%; температура экструдера – 215°C; температура стола PLA – 40°C; температура камеры PLA – 30°C. Филамент PLA 20A-30-МК+25 % технического углерода оказалось невозможно использовать поскольку он

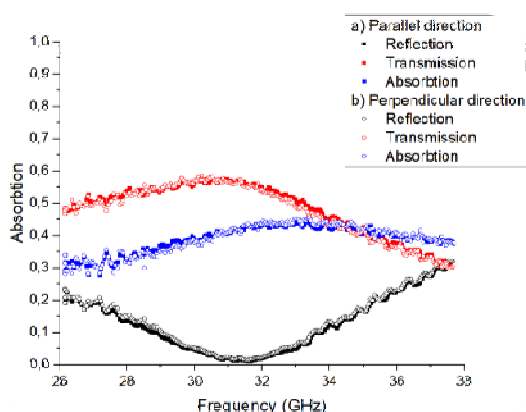


Рисунок 3 – Результаты измерений экранирующего элемента в СВЧ диапазоне

Таким образом разработана технология получения композитов на основе полилактида с наноструктурированными углеродными включениями, обеспечивающая равномерное распределение наночастиц в полимере, что подтверждается результатами электронной микроскопии, и результатами измерения электромагнитного отклика в СВЧ диапазоне.

ЛИТЕРАТУРА

1. D S. J. Leigh, R. J. Bradley, C. P. Purssell, D. R. Billson, and D. A. Hutchins, “A Simple, Low-Cost Conductive Composite Material for 3D Printing of Electronic Sensors,” *PLoS One*, vol. 7, №. 11, pp. 1–6, 2012.
2. Материалы для 3D печати и их электромагнитные свойства в СВЧ диапазоне / А. Г. Любимов [и др.] // Технология органических веществ : материалы докладов 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-15 февраля 2019 г. - Минск : БГТУ, 2019. – С. 47-48.
3. Быченко Д.С. и др. Поглотители СВЧ излучения на основе гофрированных композитов с углеродными волокнами // Журнал Технической Физики. - 2016. -Vol. 86, № 12. – Р. 124.
4. Ashby M.F. The properties of foams and lattices // *Philos. Trans. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci.* 2006. Vol. 364, № 1838. P. 15–30.

УДК 691.17

А. Г. Любимов, доц., канд. техн. наук,
Н. Р. Прокопчук, проф., д-р техн. наук
(БГТУ г. Минск);

Ю. М. Можейко, зав. лаб. (ОАО «МогилевХимволокно»);
А. В. Крауклис (ООО «Перспективные технологии»)

МОНОВОЛОКНА ПЭТФ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МНОГОСТЕННЫМИ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

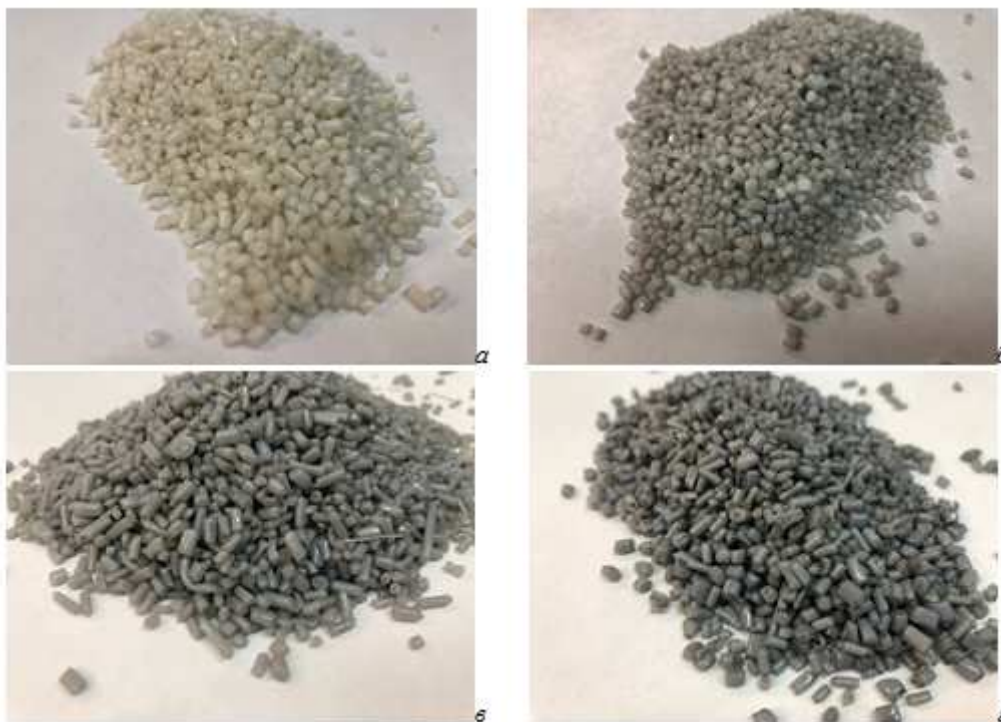
Технические полиэфирные нити, используемые для формирования композиционных материалов на основе термопластичных и эластомерных матриц должны обладать высокими физико-механическими свойствами: модулем упругости и прочностью на разрыв при небольшой усадке. Целью работы являлась разработка методики введения углеродных многостенных нанотрубок в ПЭТФ. Анализ механических свойств мононитей на основе ПЭТФ и многостенных углеродных нанотрубок.

Процесс синтеза полиэфира проводится в две стадии: первая стадия – реакция переэтерификации, вторая – поликонденсации. Диметилтерефталат (ДМТ) и этиленгликоль (ЭГ) при температуре (150-230) °С и атмосферном давлении в присутствии катализаторов при перемешивании реакционной массы вступают в реакцию переэтерификации, в результате которой образуется дигликольтерефталат (ДГТ) и выделяется метанол.

Образовавшийся мономер (ДГТ) при температуре (250-290) °С, абсолютном давлении (0,2-10,0) мм рт.ст. и перемешивании реакционной массы в присутствии катализатора подвергают реакции поликонденсации, в результате которой образуется полиэтилентерефталат (ПЭТ) и выделяется этиленгликоль.

Для сдвига реакции вправо необходимо полно и быстро удалить выделяющийся этиленгликоль, что достигается созданием глубокого вакуума. Катализатор переэтерификации – ацетат марганца $Mn(OAc)_2$ (дозировка 0,033% от массы ДМТ); Катализатор поликонденсации – трёхокись сурьмы Sb_2O_3 (дозировка 0,04 % от массы ДМТ); Термостабилизатор – ортофосфорная кислота H_3PO_4 (85 % р-р) (дозировка \approx 0,03%). на стадии синтеза ПЭТФ указанные углеродные нанотрубки были введены при дозировках: 0,001%, 0,005% и 0,01% масс. Суспензия УНТ в этиленгликоле вводилась лабораторный реактор после ста-

дии переэтерификации. На рисунке 1 два представлены фотографии полученных нанокomпозитов.



а – чистый ПЭТФ; б – ПЭТФ + 0,001% нанотрубок; в – ПЭТФ + 0,005%; г – 0,01%
Рисунок 1 - Фотографии полученных нанокomпозитов после кристаллизации в вакуумном шкафу после сушки в течении 4ч при 150°C

Необходимо было смоделировать процесс производства ПЭТФ нити (рисунок 2). Требовалось обеспечить вертикальное движение расплава и контроль ориентации. Поэтому использовали прибор ИИРТ по измерению показателя текучести расплава, груз 325 г, температуру 275°C, под прибором установили обогреваемые каландр с намоточным устройством. Таким образом, был обеспечен контроль всех важнейших параметров процесса: скорость экструзии, скорость вытяжки, температуру вытяжки. В результате были получены нити с коэффициентов вытяжки 4,8. Используя данную методику, были получены экспериментальные образцы моноплетей с различным содержанием многостенных углеродных нанотрубок.

Испытания на растяжение проводились на тензомере 2020 Alpha Тесп. датчик 500 Н, зажимы типа улитка, база 80 мм, скорость растяжения 5 мм/мин, результаты испытаний представлены на рисунке 3.

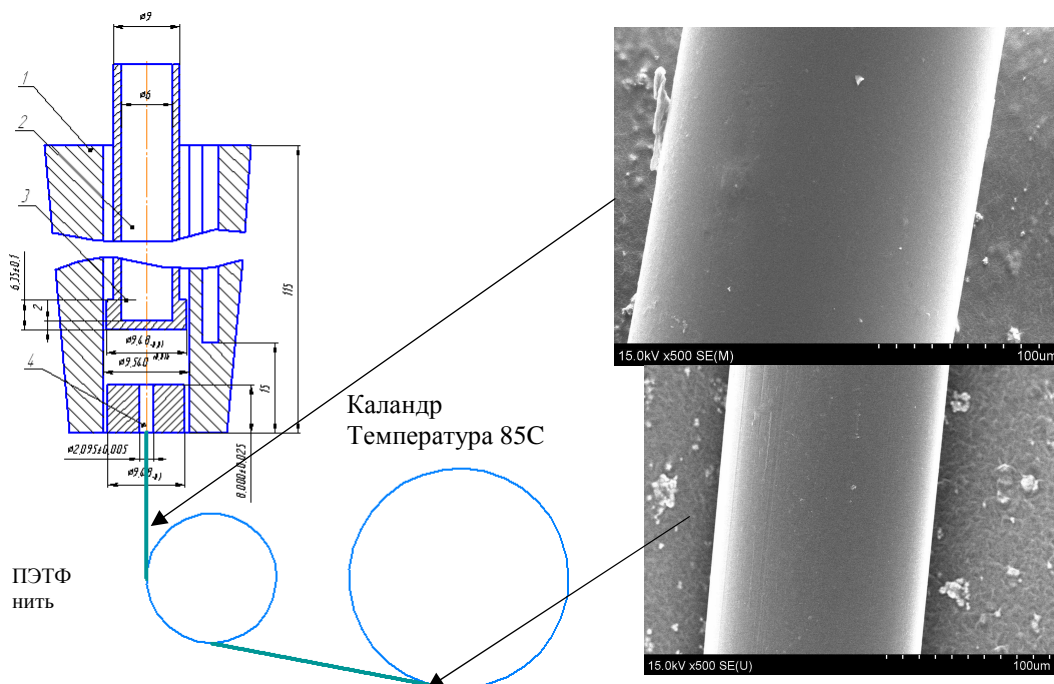


Рисунок 2 – Лабораторная технология получения мононити ПЭТФ

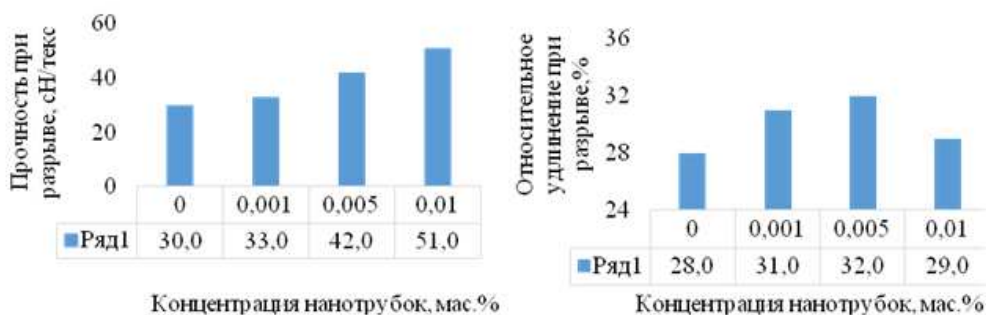


Рисунок 3 – Механические характеристики полученных мононитей

В результате проведенной НИР была отработана методика получения мононитей на основе ПЭТФ приближенная к условиям получения нитей на ОАО «МогилевХимволокно». В условиях ЦЗЛ «МогилевХимволокно» отработана методика синтеза ПЭТФ совместно с углеродными нанотрубками. Получены нити со степенью вытяжки 4,8 раз. Наблюдается сильная корреляция между содержанием углеродных нанотрубок и прочностью полученных мононитей при одинаковой степени вытяжки (рост прочности в 1,7 раза). В связи с чем целесообразно продолжить исследования направленные на отработку технологии ориентации нити, что позволит увеличить степень вытяжки, а также на получение новых нанокомпозитов с большим содержанием углеродных нанотрубок.

А. Г. Любимов, доц., канд. техн. наук;
 О. Б. Кубрак, доц., канд. хим. наук (БГТУ г. Минск);
 Г. В. Горохов, мл. науч. сотр. (НИИ Ядерных проблем БГУ)

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ

Получение дешевых и легких изделий является весьма актуальной задачей для применений в компонентах микроволновой оптики, мобильных приложений, изделий для аэрокосмической отрасли.

Для решения данной задачи представляется целесообразным получение электропроводящих поверхностей путём нанесения металлических покрытий на поверхность пластмассовых изделий. При серийном производстве полимерных изделий с гальваническим покрытием может быть достигнута экономическая выгода по сравнению с производством их металлических аналогов.

Целью данной работы было исследование возможности создания электропроводящего покрытия на изделиях, полученных с помощью различных технологий 3D-печати и исследование этих покрытий в СВЧ-диапазоне.

В таблице представлены полученные образцы. Образцы представляли собой пластины толщиной 1 мм. Для нанесения покрытий и их дальнейшего исследования использовались лицевые поверхности образцов, поскольку поверхность обратной стороны дефектна ввиду присутствия на ней поддержек, необходимых для 3D-печати. Поскольку технология FDM дает наиболее грубую поверхность, один из образцов дополнительно обрабатывался ацетоном, что позволило снизить шероховатость поверхности. Для других образцов дополнительная обработка не производилась.

Таблица – Параметры образцов

Технология	Принтер	Материал	Толщина слоя, <u>мкм</u>
FDM	<u>Stratasys Fortus 450MC</u>	ASA	256
DLP	<u>Flashforge - Hunter</u>	<u>ClearResin</u>	25
<u>PolyJet</u>	<u>Stratasys J735</u>	<u>VeroClear</u>	14

Исследуемые образцы подвергались химическому обезжириванию в водном растворе, содержащем тринатрийфосфат – 25 г/дм³, карбонат натрия – 25 г/дм³, ОС-20 – 5 г/дм³. Далее проводили декапирование в 5 % растворе H₂SO₄; палладиевую активацию в растворе

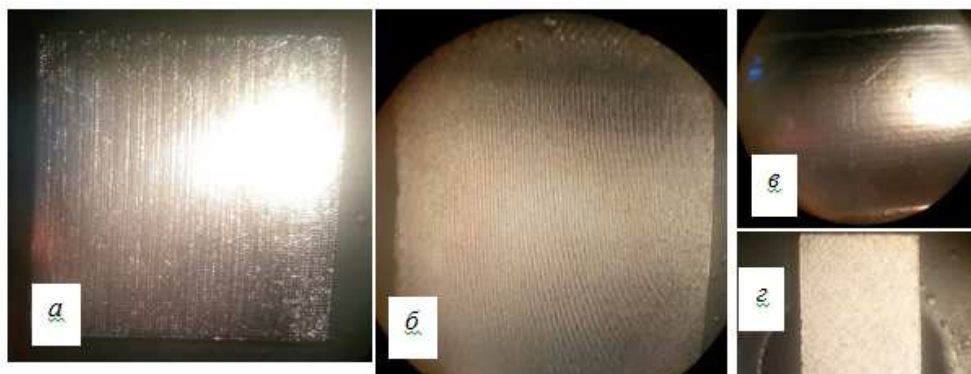
SnCl_2 – 25–30 г/дм³, PdCl_2 – 0,3 г/дм³, HCl – 150 г/дм³ и акселерацию в растворе NaOH – 25 г/дм³. Нанесение тонкого слоя химической меди проводили из раствора – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 15 г/дм³, Трилон Б – 25 г/дм³, NaOH – 8–10 г/дм³, формалин – 3–4 г/дм³. Далее следовала гальванозатяжка в стандартном сульфатном растворе электрохимического меднения до необходимой толщины медного подслоя. Завершающей стадией являлось электрохимическое никелирование в электролите Уоттса с органическими добавками. Между всеми операциями осуществлялась промывка образцов в дистиллированной воде.

Необходимое время осаждения гальванического покрытия (τ) рассчитывалось с использованием уравнения Фольмера по формуле:

$$\tau = \rho \cdot \delta / (q \cdot i \cdot \text{Вт}),$$

где ρ – плотность металла покрытия, г/дм²; δ – толщина покрытия, дм; q – электрохимический эквивалент металла покрытия, г/А·ч; i – плотность тока, А/дм²; Вт – выход по току металла.

Для приготовления рабочих использовались компоненты марки хч. Гальванические операции проводились с использованием двух-электродной электрохимической ячейки, подключенной к источнику постоянного тока Б5-78/6. На рисунке 1 представлены изображения полученных поверхностей.



а – PolyJet; б – FDM; в – FDM поверхность обработана ацетоном; г – DLP

Рисунок 1 – Оптическая микроскопия полученных покрытий

Коэффициенты отражения металлизированных образцов, были измерены с помощью векторного анализатора Микран Р4М, укомплектованного прямоугольным волноводом сечением 16 x 8 мм в диапазоне 12 – 18 ГГц. Металлизированный образец фиксировался на торце волноводного отрезка, предварительно откалиброванном с помощью эталонной меры отражения.

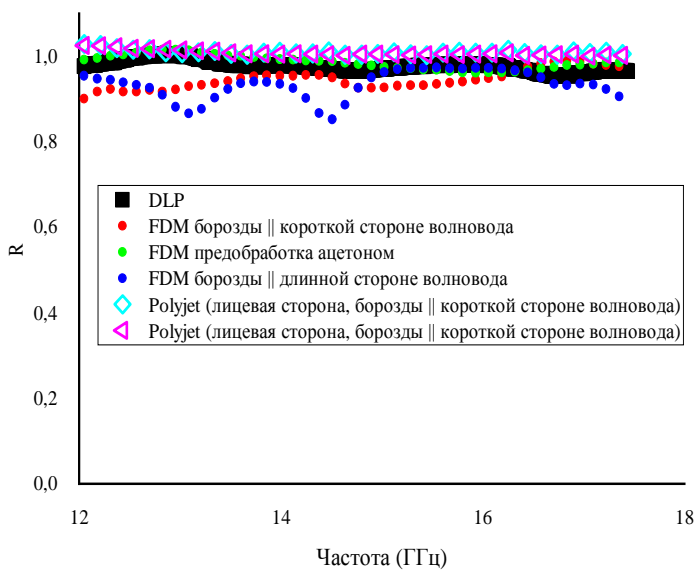


Рисунок 2 - Коэффициенты отражения, металлизированных образцов

в волноводе (ось поляризации направлена параллельно короткой стороне волновода) такие образцы измерялись в двух взаимно перпендикулярных ориентациях.

Образцы, изготовленные методом FDM без дополнительной обработки, продемонстрировали заметное различие коэффициента отражения в зависимости от ориентации рельефа поверхности, что существенно ограничивает применение таких отражателей. Также отражательная способность данных образцов является наихудшей среди всех исследованных, что указывает на необходимость получения существенно менее неоднородных поверхностей для последующей металлизации.

Образцы, полученные с помощью технологий DLP и Polyjet, а также FDM после обработки ацетоном, характеризуются существенно более близким к единице коэффициентом отражения. Химическая обработка поверхности деталей, изготовленных методом FDM, существенно затрудняет соблюдение геометрии компонентов волноводного тракта, что делает данный метод менее предпочтительным для решения данной задачи по сравнению с технологиями DLP и Polyjet.

Полученные данные в дальнейшем будут использованы для производства элементов волноводного тракта сложной конфигурации.

Измеренные значения коэффициента отражения исследованных образцов показаны на рисунке 2. Поверхности образцов, полученных методом FDM и, в существенно меньшей степени, Polyjet, покрыты параллельными бороздами, связанными с технологическими особенностями метода. Ввиду наличия поляризации излучения

УДК 667.613.3

А. Н. Потапчик, асп.; А. Л. Егорова, доц., канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПА ОТВЕРДИТЕЛЯ НА АНТИКОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Эпоксидные смолы широко используются при производстве антикоррозионных лакокрасочных материалов, так как сочетание сильной адгезии и низкой проницаемости обуславливает высокую защитную способность таких покрытий [1].

Процесс пленкообразования происходит в результате взаимодействия двух основных компонентов эпоксидного лакокрасочного материала: эпоксидной смолы и отвердителя. Распространенными отвердителями эпоксидных смол, способствующими формированию покрытий при комнатной температуре, являются алифатические ди- и полиамины, а также их производные [1].

На физико-механические и защитные свойства эпоксидных покрытий значительное влияние оказывает тип применяемого отвердителя. Целью данной работы является исследование антикоррозионных свойств непигментированных эпоксидных покрытий, отвержденных различными отвердителями.

Покрытия изготавливали на основе эпоксидной смолы СНS Ероху 210 (75% раствор в ксилоле, содержание эпоксидных групп 1,77 ммоль/г). Для отверждения выбранного пленкообразователя использовали следующие отвердители: тетраэтиленпентамин (ТЕПА, содержание аминных групп 22,33 ммоль/г), полиэтиленполиамин (ПЭПА, содержание аминных групп 18,87 ммоль/г), Э-45 (70% раствор полиамидной смолы в ксилоле, содержание аминных групп 3,06 ммоль/г). Отвердители вводили в стехиометрическом количестве. Покрытия наносили на механически очищенные с помощью абразивной шкурки и обезжиренные металлические пластины из стали марки 08 кп с размерами 70×150×0,8 мм и 11×50×0,8 мм с помощью аппликатора с толщиной мокрого слоя 200 мкм. Испытания проводили через 7 суток после нанесения.

В работе определяли емкость (С, Ф) и сопротивление (R, Ом) окрашенной пластины при различных частотах переменного тока, потенциал разомкнутой цепи и снимали поляризационные кривые. Емкость и сопротивление определяли по I-V методу [2] в частотном диапазоне $1 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^6$ Гц на окрашенных пластинах размерами 70×150×0,8 мм с рабочей поверхностью 8,6 см². Потенциал разомкну-

той цепи окрашенных электродов определяли относительно хлоридсеребряного электрода сравнения, при этом рабочая поверхность электродов составляла $7,7 \text{ см}^2$. При записи поляризационных кривых дополнительно использовали электрод из платины. Во всех случаях измерения проводили в 3% растворе хлорида натрия.

На рисунке 1 приведены частотные зависимости емкости и сопротивления окрашенных пластин после 24 часов воздействия 3% раствора хлорида натрия.

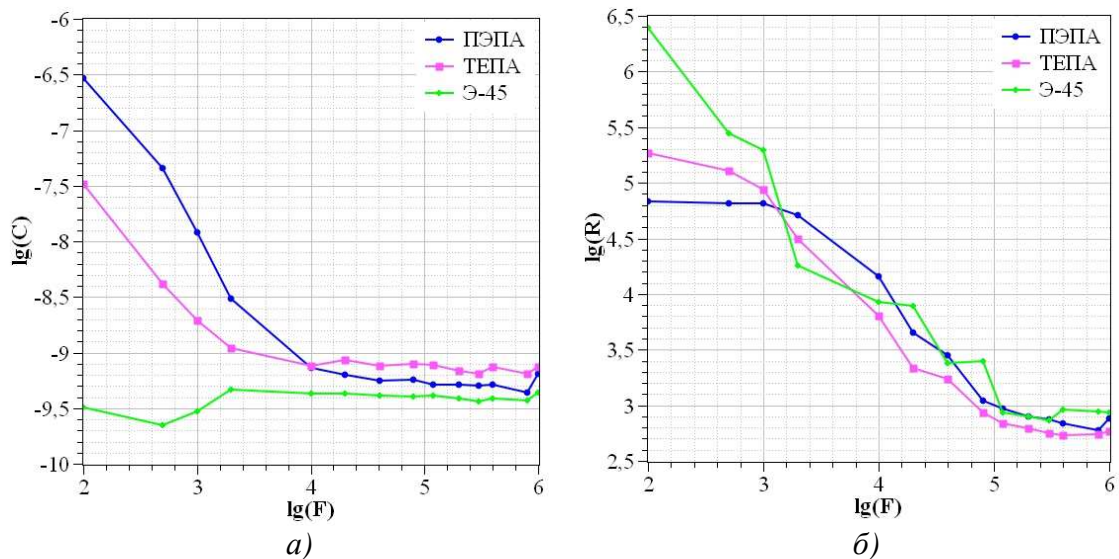


Рисунок 1 – Частотные зависимости емкости а) и сопротивления б) эпоксидных покрытий, отвержденных различными отвердителями

По характеру частотных зависимостей емкости и сопротивления можно сделать вывод о защитных свойствах покрытий: неизменность значения емкости и выраженная зависимость сопротивления от частоты тока свидетельствуют о сплошности и малом набухании покрытия в исследуемой среде [3]. Из рисунка 1 видно, что этим критериям в наибольшей степени удовлетворяет покрытие с отвердителем Э-45.

Потенциал разомкнутой цепи для покрытия, отвержденного ПЭПА равен -515 мВ, ТЕПА – -485 мВ, Э-45 – -405 мВ, в то время как потенциал неокрашенного электрода равен -530 мВ. Смещение потенциала в более положительную область свидетельствует о большей термодинамической устойчивости окрашенного электрода в исследуемой среде по сравнению с неокрашенным электродом. По данному показателю наибольшей защитной способностью характеризуется покрытие, отвержденное полиамидным отвердителем Э-45.

На рисунке 2 приведены поляризационные кривые исследуемых окрашенных и неокрашенного электродов в 3% растворе хлорида натрия.

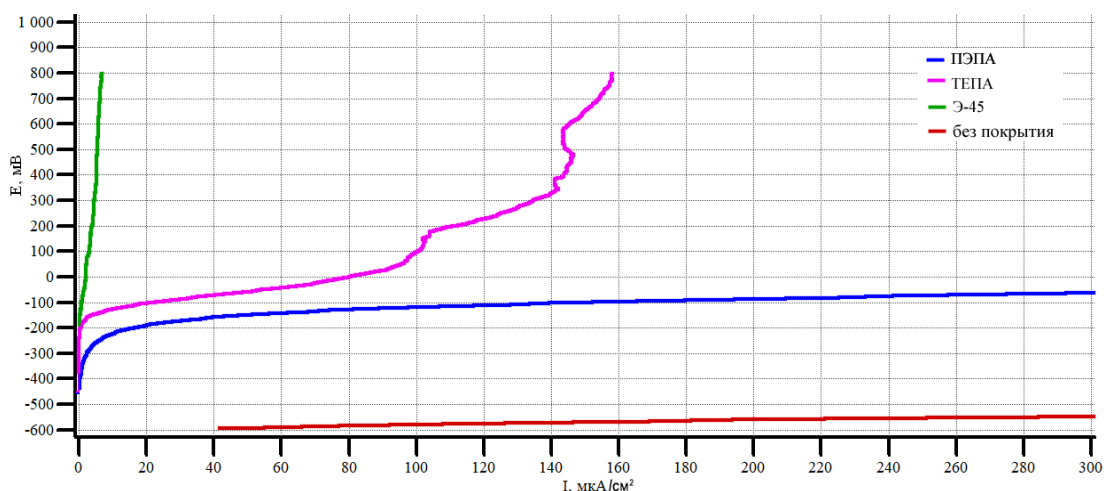


Рисунок 2 – Поляризационные кривые электродов с исследуемыми покрытиями и неокрашенного электрода

Степень поляризации электродов, имеющих на своей поверхности полимерную пленку, характеризует защитные свойства покрытий. Чем больше поляризация, тем лучше защитные свойства покрытий, т.е. тем более затруднено протекание процесса электрохимической коррозии [4]. Из рисунка 2 видно, что наибольшая поляризация (наименьшая плотность тока) наблюдается для электрода с эпоксидным покрытием, отвержденным отвердителем Э-45.

Таким образом, тремя независимыми методами изучены антикоррозионные свойства эпоксидных покрытий. Результаты полученные по данным методам согласуются между собой и дополняют друг друга. Установлено, что наилучшими антикоррозионными свойствами обладает эпоксидное покрытие, отвержденное отвердителем Э-45 (70% раствор полиамидной смолы в ксилоле, содержание аминных групп 3,06 ммоль/г).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли, Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам. / Х. Ли, К. Невилл. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
2. J. Ross Macdonald. Impedance Spectroscopy. Theory, Experiment, and Applications. / J. Ross Macdonald. – Canada: John Wiley & Sons. – 2005. – 595 с.
3. Карякина, М. И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий. / М. И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
4. Розенфельд, И.Л. Антикоррозионные грунтовки и ингибированные лакокрасочные покрытия / И.Л. Розенфельд, Ф.И. Рубинштейн. – М.: Химия, 1980. – 200 с.

УДК 667.633.

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

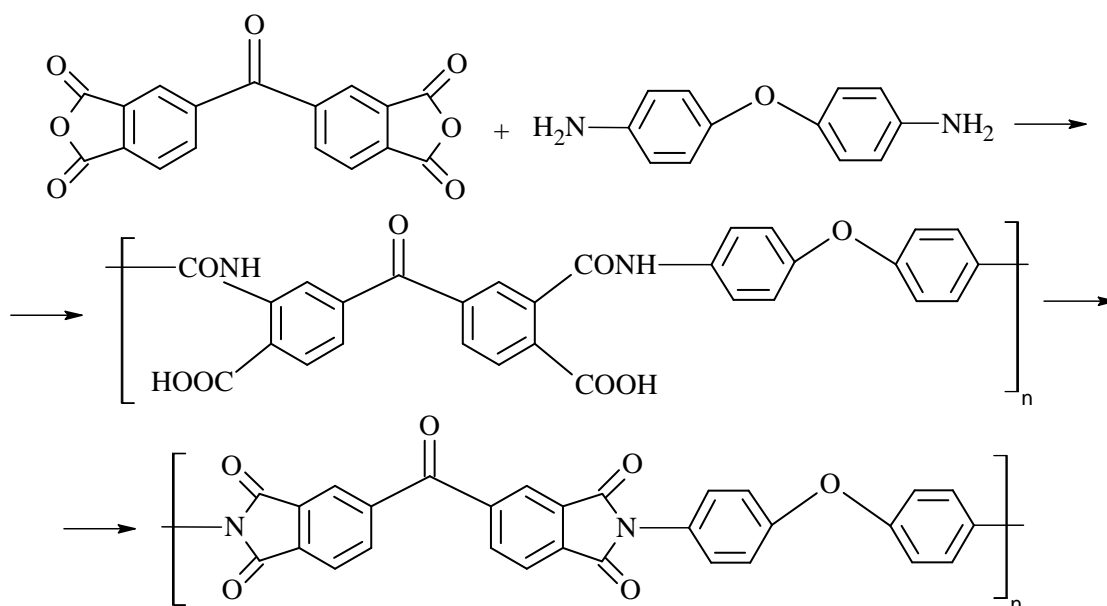
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ Cu-СОДЕРЖАЩЕЙ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛИМЕР – ОЛИГОМЕРНОЙ ПОЛИИМИДНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Цель данной работы – синтез и изучение свойств полиимидных пленкообразующих композиций на основе полиимидокислоты (ПАК), синтезируемой низкотемпературной поликонденсацией диангидрида 3,3',4,4'-бензофенонтетракарбоновой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида, с добавлением комплексного модификатора - эпоксидной смолы, содержащей ацетилацетонат меди при их совместном присутствии для использования в качестве защитных покрытий функциональных медных рисунков, сформированных на полипиромеллитимидной пленке.

Синтез ПАК проводили поликонденсацией эквимольных количеств исходных мономеров в диметилформамиде при температуре реакционной смеси 10°C. Диаминодифенилоксид очищали перекристаллизацией из изопропилового спирта с последующей сушкой при комнатной температуре. Диангидрид 3,3',4,4'-бензофенонтетракарбоновой кислоты ($T_{пл.} = 221-222^{\circ}\text{C}$) очищали кипячением в уксусном ангидриде с последующей возгонкой в вакууме. ДМФА квалификации ч. сушили над CaH_2 , и перегоняли под вакуумом, отбирая фракцию с $T_{кип} = 86^{\circ}\text{C}/5,5 \text{ кПа}$.

В качестве модифицирующих агентов использовали эпоксидную смолу ЭД-41Р и ацетилацетонат меди.

Получение композиций форполимера проводили путем введения в раствор ПАК расчетных количеств модифицирующих компонентов – эпоксидного олигомера, содержащего ацетилацетонат меди, перемешивали композицию в течение заданного времени до получения однородной смеси и полученные растворы наносили на полиимидную пленку с сформированным на ней медным рисунком. Растворитель удаляли в вакууме при повышенной температуре. Затем образцы подвергали высокотемпературной твердофазной имидизации путем прогрева в вакууме или инертной среде при ступенчатом повышении температуры от 20 до 300–350°C.



Контроль процесса термической циклодегидратации пленок, формируемых из полученной композиции осуществляли методом ИК-спектроскопии с использованием Фурье-ИК-спектрометра Nicolet 7101 в диапазоне частот $4000\text{--}300\text{ см}^{-1}$ и с помощью ГЖХ.

Термостойкость полученных образцов защищенных металлических рисунков на полиимидной пленке проводили с помощью термоаналитической системы TGA/DSCI “Mettler Tobdo” (Швейцария), в температурном интервале $20\text{--}800^\circ\text{C}$ со скоростью нагрева $5^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Эластичность покрытия медного рисунка, предварительно сформованного на полиимидной пленке полиимида, полученного на основе диангида пиромелитовой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида, оценивали по числу перегибов на 180° при радиусе стержня 1 мм, которое выдерживало без растрескивания и отслаивания от защитного полиимидного слоя.

Адгезию защитного покрытия к медному рисунку на полиимидной пленке и к полиимидной подложке определяли методом нормального отрыва участков поверхности покрытия.

Коррозионную стойкость медных проводников оценивали косвенно по падению их удельной электропроводности, которую определяли после выдерживания образцов в камере влажности (температура 40°C , относительная влажность 98%, 10 суток) и выражали в % по отношению к удельной электропроводности проводников перед загрузкой в камеру влажности.

Получены пленкообразующие композиции полиамидокислоты на основе 3,3',4,4'-бензофенонтетракарбоновой кислоты и 4,4'-диаминодифенилоксида, содержащие 2–5 мас. ч. эпоксидной смолы и

0,01-0,1 мас.ч ацетилацетоната меди.

Установлено, что температуры деструкции полиимидных пленок, полученных из синтезированных полиамидокислотных композиций выше по сравнению с немодифицированным полиимидом сохраняясь для всех полученных образцов. Концентрации модифицирующих компонентов, при которых достигается оптимальный комплекс термических адгезионных, электрофизических свойств полиимидных композиций составляет 2–5 мас.ч. эпоксидной смолы и 0,04–0,08 мас.ч. ацетилацетоната меди. Более эластичны защитные полиимидные покрытия, формируемые на металлических проводниках получены при содержании эпоксидной смолы 2 мас.ч., а ацетилацетоната меди– 0,05 мас.ч. Наиболее устойчива к комплексному воздействию температурных полей пленкообразующая композиция, состава: 4–5 мас.ч. эпоксидной смолы, 0,03–0,04 мас.ч. ацетилацетоната меди.

Сравнительные исследования процесса термической твердофазной циклодегидратации полученных защитных композиций (ИК-спектроскопические и с помощью ГЖХ) показали, что в модифицированных полиамидокислотных пленках взаимодействуют эпокси- и ОН-группы эпоксидной смолы с карбоксильными группами ПАК, формируя сетчатую структуру в полимер – олигомерной структуре, а в немодифицированных образцах взаимодействие происходит только по концевым функциональным группам (аминным и карбоксильным) полиамидокислоты. Это предположение основывается на том, что при термической циклодегидратации модифицированных композиций снижения их степени имидизации по сравнению с немодифицированными образцами не наблюдается. Вероятно такое взаимодействие равнозначно повышению длины цепи макромолекул полиамидокислот, обуславливающего улучшение эластичности образцов термообработанных пленок. Экспериментальные данные показали, что адгезионные свойства пленкообразующих композиций полиимидов на основе 3,3',4,4'-бензофенонтетракарбоновой кислоты, 4,4'-диаминодифенилоксида, модифицированных только эпоксидной смолой недостаточно высоки. Присутствие же в эпоксидном олигомере ацетилацетоната меди оказывает каталитическое действие металлодержателя соединения на процесс взаимодействия активных функциональных групп в полимерно-олигомерной системе пленкообразователя. Это позволяет еще в большей степени усилить межмолекулярное взаимодействие в системе полимер-олигомерной композиции, приводя к увеличению адгезии защитного покрытия.

УДК 678.6

Т. Н. Кухта, нач. испыт. центра, зав. научн.-исслед. отделом полим. материалов (РУП «Институт БелНИИС», г. Минск);
Н. Р. Прокопчук, член-корр. НАН Беларуси, д-р хим. наук, проф.
(БГТУ, г. Минск)

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК

В настоящее время наибольшее распространение получили порошковые краски на основе следующих пленкообразователей: эпоксидных смол; эпоксидно-полиэфирных олигомеров (гибридных пленкообразователей); ненасыщенных полиэфирных смол.

При выборе порошковых красок одним из наиболее важных свойств является их стойкость к тепловой энергии и энергии УФ-излучения. Воздействие внешней среды приводит к разогреву защитного покрытия, поглощению энергии в ультрафиолетовом диапазоне электромагнитного спектра. Данная энергия оказывает отрицательное воздействие как на полимер, который формирует пленку, так и на пигмент, приводя к потере блеска и изменению цвета.

Цель данной работы - оценить климатическую стойкость полимерных покрытий из порошковых красок на основе различных пленкообразователей к комплексному воздействию искусственных атмосферных факторов (УФ-облучению, влаги, температуры).

Для определения влияния вышеуказанных факторов на свойства полимерного покрытия были проведены ускоренные климатические испытания по ГОСТ 9.401-91 (метод 3), моделирующие условия эксплуатации в умеренно-холодном климате. Испытания проводились в климатической камере «Feutron» тип 3826/16 (Германия) в течение 100 циклов.

В качестве параметра, определяющего устойчивость к тепловой энергии и энергии УФ-излучения, исходных порошковых красок и степень деструкции макромолекул пленкообразователей в процессах ускоренного старения пленок использовали энергию активации термоокислительной деструкции E_d .

Потенциальный барьер разрыва химических связей (E_d) в основной цепи полимеров – универсальный параметр, учитывающий комплексное воздействие на прочность разрушаемой химической связи многих факторов: конфигурации цепи (природы атомов и их расположение в макромолекуле); молекулярной массы и молекулярно-массового распределения (длины цепей и их неоднородности); конформации макромолекул (их геометрической формы); межмолекуляр-

ных взаимодействий; густоты и регулярности химической пространственной сетки у сшитых полимеров; функциональных добавок, вводимых в полимерные композиции (стабилизаторов, наполнителей, пластификаторов и др.) [1–3].

Термоокислительная деструкция покрытий из порошковых красок в виде измельченной пленки, снятой со стальных подложек, исследовалась на термоаналитической установке TA-4000 Mettler Toledo (Швейцария). Параметр E_d рассчитывали методом Брайдо по данным динамической термогравиметрии (рисунки 1, 2).

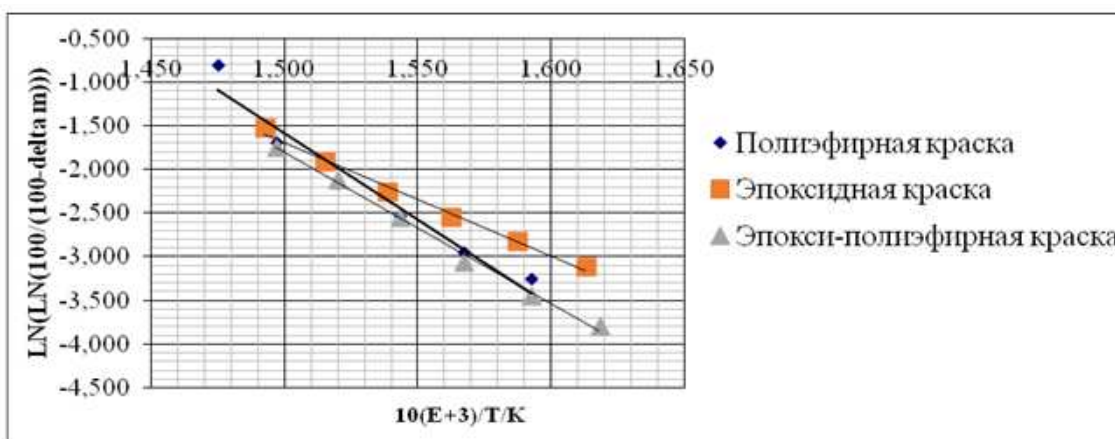


Рисунок 1 – Определение E_d образцов до климатических испытаний

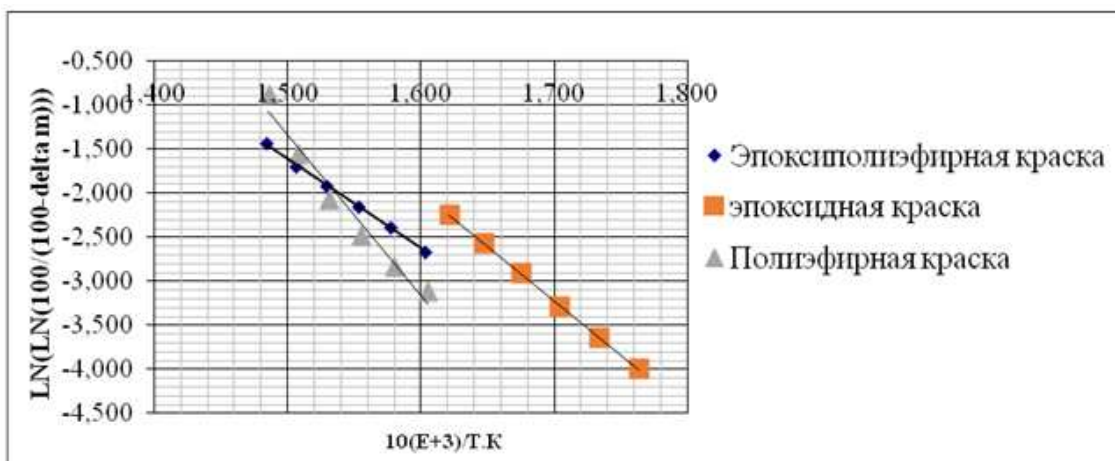


Рисунок 2 – Определение E_d образцов после экспозиции в климатической камере

Показано, что значение параметра E_d для порошковых красок, относящихся к различным классам пленкообразователей существенно различаются (таблица 1). Это объясняется особенностями молекулярной структуры пленкообразователей, предопределяющей формирование пространственной полимерной сетки, а, следовательно, и устойчивость их при воздействии на пленки разрушающих факторов.

Анализ результатов показывает, что пленки из эпоксидных и полиэфирных порошковых красок после 100 циклов испытаний в климатической камере не значительно подверглись деструкции, изменение значений энергии активации E_d составило соответственно 6% и 7%, для пленок из эпоксидно-полиэфирных красок данный показатель снизился на 42%.

Таблица – Результаты климатических испытаний покрытий

Наименование порошковой краски	Значение энергии активации, E_d , кДж/моль	
	Исходные образцы	образцы после 100 циклов испытаний
Эпоксидная	108	102
Эпоксидно-полиэфирная	144	84
Полиэфирная	165	153

Таким образом, полученные результаты подтверждают имеющуюся тенденцию на практике не применения в условиях воздействия климатических факторов покрытий из эпоксидных красок вследствие склонности их к мелению (образованию пигмента в поверхностном слое), а эпоксидно-полиэфирных (гибридных) из-за низкой устойчивости к энергетическим воздействиям.

Выполненные исследования показали, что из порошковых красок наиболее перспективными являются составы на основе полиэфирного пленкообразователя. Эти краски, по сравнению с другими, образуют пленки более прочные, медленнее разрушающиеся под влиянием климатических факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокопчук, Н.Р. Полимерные материалы с повышенной устойчивостью к энергетическим и химическим воздействиям // Первый съезд ученых Республики Беларусь (Минск, 1-2 ноября, 2007 г.): сб. материалов. Минск, 2007. с 349-359.
2. Прокопчук, Н.Р. Оценка долговечности полимерных изделий // Стандартизация. 2008, №1. – С .41-45.
3. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов. Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ1333.0-2002.

УДК 547.728

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

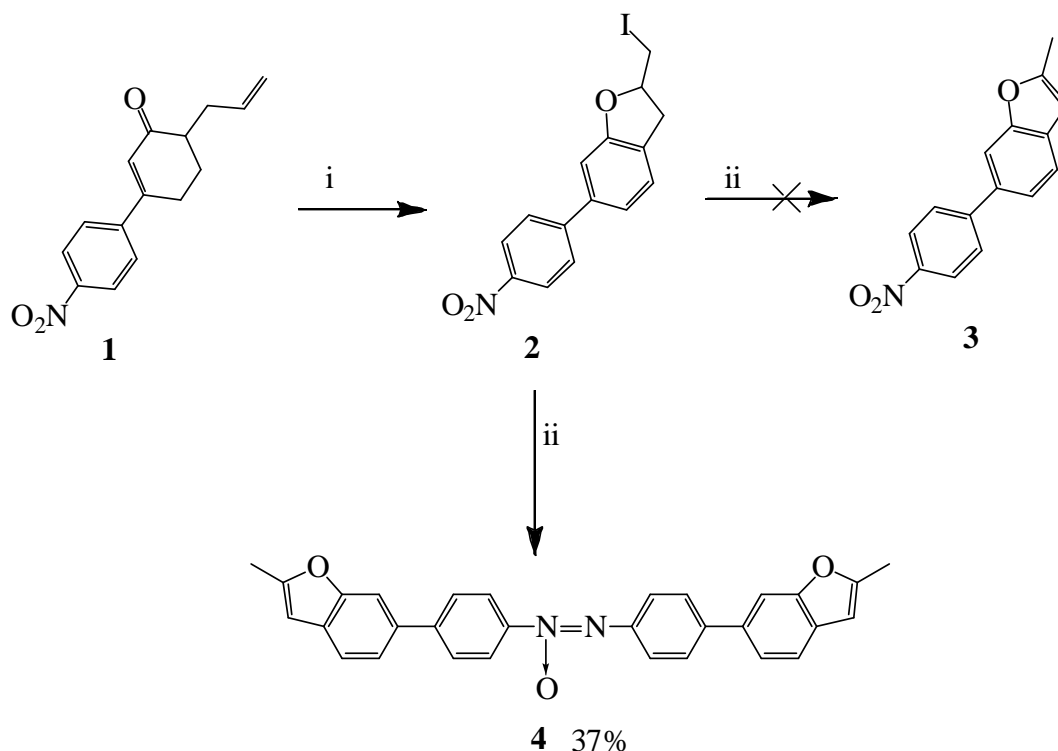
ПОЛУЧЕНИЕ БИС(БЕНЗОФУРАНИЛ)АЗОКСИБЕНЗОЛА

Химия гетероциклических соединений является активно развивающимся разделом органической химии, поскольку гетероциклы являются ключевыми структурными фрагментами многих природных соединений, фармацевтических и агрохимических препаратов [1, 2]. Бензофураны и их функционализированные производные являются важными продуктами современного органического синтеза. В настоящее время на рынке фармацевтической продукции можно обнаружить множество лекарственных средств, таких как амиодарон, дронедарон, бензбромарон, эфароксан, действующей основой которых являются производные бензофурана.

В рамках систематических исследований в области химии бензоконденсированных гетероциклов, проводимых на кафедре органической химии БГТУ, ранее нами был разработан эффективный метод получения бензофуранов на основе аллилзамещённых циклогексенонов [3]. С целью дальнейшего изучения возможностей данного метода и получения новых производных бензофурана было решено синтезировать 6-аллил-3-(4-нитрофенил)циклогекс-2-енон **1**, содержащий нитрогруппу, и изучить его трансформации с получением гетероциклов.

Исходный 6-аллил-3-(4-нитрофенил)-циклогекс-2-енон **1** был получен с удовлетворительным выходом (48%) из соли Манниха и аллилацетоуксусного эфира по описанной ранее методике [3]. Далее он был подвергнут циклизации под действием иода с получением иодпроизводного **2** с выходом 90%. Соединение **2** может быть модифицировано посредством реакций нуклеофильного замещения, однако нас интересовало проведение ароматизации с получением бензофурана **3**.

Воздействие на соединение **2** щёлочи привело не к ожидаемому бензофурану **2**, а к продукту его восстановительной димеризации **4**, о чём свидетельствуют данные ИК- и ЯМР-спектроскопии. Получение азоксисоединений из ароматических нитросоединений известно ещё со времён Зинина [4]. В одной из недавних публикаций [5], посвящённых именно этому вопросу можно найти информацию о получении азо- и азоксипроизводных.



i: I_2 , *i*-PrOH; ii: 3,5 экв. KOH, диоксан

Авторы указанной работы продемонстрировали, что использование разнообразных спиртов и щелочей приводит к получению различных продуктов восстановления ароматических нитросоединений, однако использование диоксана или тетрагидрофурана совершенно неэффективно.

Для объяснения образования продукта **4** нами было выдвинуто несколько предположений: возможно для проведения реакции использовался диоксан, содержащий значительное количество спиртов, которые и могли быть восстановителями; также возможно предположить, что восстановителем являлся иодистый калий, который образуется в ходе дегидроиодирования; наконец – в качестве восстановителя могла выступать сама молекула исходного иодпроизводного **2**. Для выяснения причин образования продукта **4** нами были проведены два дополнительных эксперимента, где в качестве модельного соединения использовался нитробензол, а в качестве растворителя – диоксан, применяемый в вышеупомянутых опытах. В одном из экспериментов в качестве восстановителя в реакционную смесь было добавлено эквимолярное (по отношению к нитробензолу) количество иодистого калия. Анализ реакционных смесей (ПМР) через 1 и 6 часов кипячения в диоксане как с иодистым калием так и без него показал наличие лишь следовых количеств *para*-нитрофенола. Очевидно, что диоксан,

который использовался для проведения реакций, не содержал примесей спиртов, также очевидно, что иодистый калий не проявляет восстановительных свойств в данной реакции. Единственным объяснением может быть окислительно-восстановительное превращение с участием иодпроизводного **2** в качестве восстановителя. В дальнейшем исследования в этом направлении будут продолжены и, как мы надеемся, истинные причины образования азоксипроизводного будут установлены. Как нам видится выяснение данных причин позволит разработать препаративную методику получения азоксипроизводных, которые являются ценными синтетическими продуктами, и могут быть использованы как компоненты различных материалов. Также возможно достаточно легко превратить азоксипроизводные в соответствующие азосоединения, которые находят широкое применение в качестве красителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cossy, J. Chapter five – natural products containing oxygen heterocycles – synthetic advances between 1990 and 2015 / J. Cossy, A. Guiriot // *Adv. Heterocycl. Chem.* / ed. E. F. V. Scriven, C. A. Ramsden. – Elsevier, 2016. – Vol. 119. – P. 107–142.
2. An overview of the key routes to the best selling 5-membered ring heterocyclic pharmaceuticals / M. Baumann [et al.] // *Beilstein J. Org. Chem.* – 2011. – Vol. 7. – P. 442–495.
3. The efficient synthesis of substituted 2-methylbenzofurans / S.G. Mikhalyonok, A.S. Arol, D.A. Litvinau, N.M. Kuz'menok, V.S. Bezborodov // *ХГС.* – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 205–211.
4. Zinin, N. Ueber das azobenzid und die nitrobenzinsdure / N. Zinin // *J. Prakt. Chem.* – 1845. – Vol. 36, № 1. – P. 93–107.
5. Gund, S.H. An efficient catalyst-free and chemoselective synthesis of azobenzenes from nitrobenzenes / S.H. Gund, R.S. Shelkar, J.M. Nagarkar // *RSC Adv.* – 2014. – Vol. 4, №81. – P. 42947–42951.

ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЬ И ОТВЕРДИТЕЛЬ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Решающий вклад в защитные свойства покрытий по металлу вносить плотность и бездефектность пространственной сетчатой структуры полимера-пленкообразователя и его химическая стойкость. Поэтому для разработки защитных покрытий, устойчивых к комплексному воздействию кислот, щелочей, окислителей и растворителей в широком диапазоне концентраций и температур нами произведен обоснованный выбор пленкообразователя и отвердителя к нему. Сравнивались наиболее химстойкие пленкообразователи: полиэфирная смола общего назначения ПН-1, полиэфирная смола для химстойких покрытий НПС-9119 и эпоксинолакивинилэфирная смола (ЭНВЭС) в виде ненаполненных, непигментированных двухкомпонентных композиций. Компонент А для трех пленкообразователей состоял из смолы 99,76 мас.%, сиккатива 0,12 мас.% (12%-ный раствор октоата кобальта в стироле), инициатора 0,12 мас.% (N,N'-диметиланилин). Компонент Б (отвердитель) – гидропероксид кумола. Содержание компонентов в композициях: компонент А – 98 мас.%, компонент Б – 2 мас.%.

Свободные (неадгезированные), отвержденные пленки сравнивались по ряду физико-химических показателей: паропроницаемость, коэффициент сшивания олигомерных молекул, содержание гелефракции, коэффициент диффузии, коэффициент сорбции, коэффициент проницаемости, коэффициент сохранения свойств пленок после выдержки в агрессивных средах. Результаты исследования представлены на рисунке 1 и таблице 1, 2.

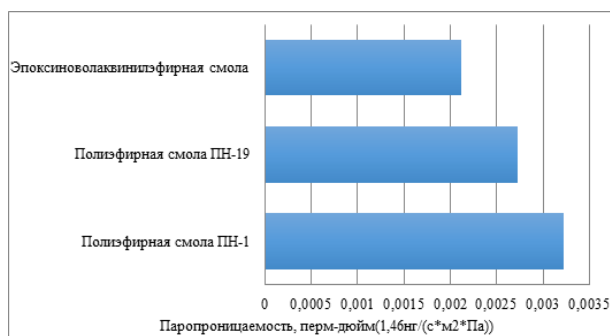


Рисунок 1 – Паропроницаемость полимерных пленок на основе различных смол

**Таблица 1 – Коэффициенты сшивания, диффузии и сорбции
(анализы проводились после 7 суток отверждения)**

Показатель	Материал на основе		
	ПН-1	НПС-9119	ЭНВЭС
Содержание гель фракции, %	88	90	94
Содержание золь фракции, %	12	10	6
Коэффициент сшивания	1,05	2,40	3,28
Коэффициент диффузии*10 ⁷ , см ² /с	4,18	3,94	3,7
Коэффициент сорбции, г/см ³	0,926	0,820	0,773
Коэффициент проницаемости*10 ⁸ , г*см/(см ² *с)	3,87	3,23	2,86

**Таблица 2 – Коэффициенты сохранения свойств пленок
после их выдержки в агрессивных средах**

Свойство	Отвержденный материал на основе смолы		
	ПН-1	НПС-9119	ЭНВЭС
Коэффициент старения в 10 %-ном р-ре гидроксиде натрия при 25 °С (3 сут.):			
– по прочности при сжатии	0,31	0,35	0,38
– по твердости по Барколу	0,42	0,45	0,47
– по удлинению при разрыве	0,37	0,41	0,43
Коэффициент старения в 10 %-ном р-ре серной кислоте при 25 °С (100 сут.):			
– по прочности при сжатии	0,67	0,73	0,79
– по твердости по Барколу	0,78	0,84	0,89
– по удлинению при разрыве	0,65	0,71	0,74
Коэффициент старения в 10%-ном р-ре хлористоводородной кислоты при 25 °С (100 сут.):			
– по прочности при сжатии	0,39	0,43	0,48
– по твердости по Барколу	0,48	0,49	0,53
– по удлинению при разрыве	0,42	0,47	0,52
Коэффициент старения в конц. хлориде натрия при 25 °С (100 сут.):			
– по прочности при сжатии	0,57	0,64	0,76
– по твердости по Барколу	0,67	0,73	0,84
– по удлинению при разрыве	0,63	0,63	0,74

Анализ представленных данных свидетельствует о том, что наименьшими значениями паропроницаемости, коэффициентов диффузии, сорбции и проницаемости обладают пленки из эпоксиноволаквилиэфирной смолы, т.к. они имеют существенно больший коэффициент сшивания: 3,28 против 1,05 (ПН-1) и 2,40 (НПС 9119). Коэффициент сшивания γ – это число сшитых звеньев, приходящихся на одну макромолекулу, рассчитан по формуле:

$$\gamma = 1/(S + \sqrt{S}),$$

где S – содержание золь фракции.

Пленки из ЭНВЭС обеспечивают наименьшую проницаемость агрессивной среды к металлу, а, следовательно, потенциально наиболее высокую коррозионную стойкость стальных поверхностей под лакокрасочным покрытием. Из данных таблицы 2 следует, что коэффициенты сохранения прочности при сжатии, твердости по Барколу, удлинения при разрыве пленок на основе ЭНВЭС выше, чем пленок из ПН-1 и НПС 9119.

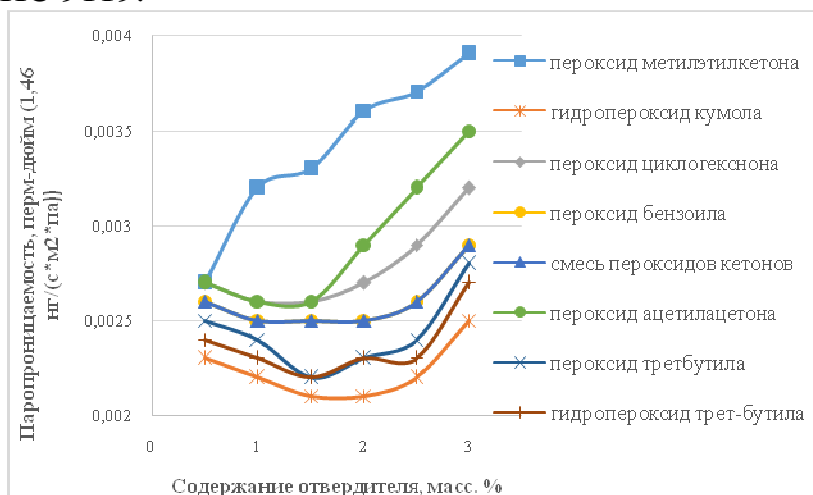


Рисунок 2 – Зависимость паропроницаемости пленок от химического строения отвердителей

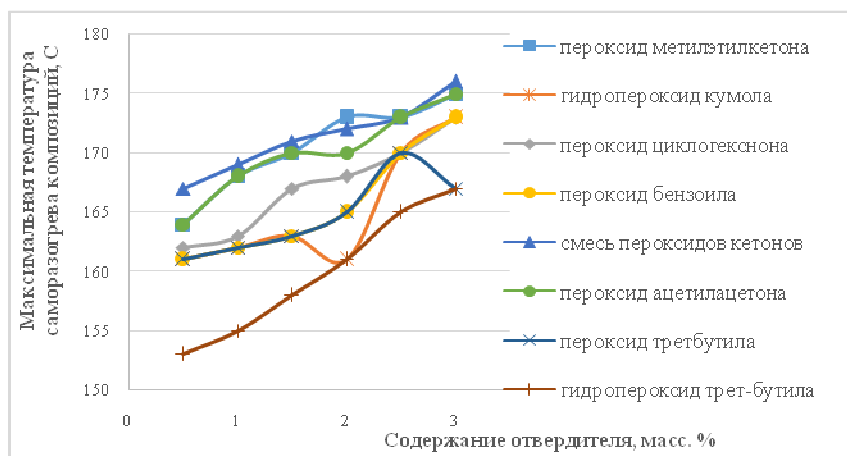


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента сшивания пленок на основе ЭНВЭС от химической природы и содержания отвердителя

Из данных этих рисунков следует, что наилучшую надмолекулярную структуру защитных пленок создает гидропероксид кумола в количестве 2,0 мас. %.

А. А. Левданский, магистрант;
И. В. Минеева, доц., канд. хим. наук
(Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛИФАТИЧЕСКИХ АЛЬДЕГИДОВ В СИНТЕЗЕ НОВЫХ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Методы мультикомпонентных реакций [МКР] позволяют получать сложные циклические многофункциональные структуры, содержащие хиральные центры, из простых и часто легкодоступных реагентов [1].

К МКР реакциям относятся реакции Ганча и Биджинелли. Вовлекая различные альдегиды, 1,3-дикарбонильные соединения, аммиак или производные мочевины в данные виды превращений, можно получать соединения, содержащие дигидропиридиновый цикл (1,4-ДГП) или 3,4-дигидропиримидин-2-(1H)-оновый (ДГПМ) соответственно. Преимущества МКР и наличие зачастую биологической активности у продуктов реакций Ганча и Биджинелли заставляет химиков искать новые реагенты, растворители и условия для синтезов этих соединений.

В представленной работе были исследованы возможности использования алифатических альдегидов в реакциях Ганча и Биджинелли. Данная тема является актуальной, поскольку в литературе по данной проблематике можно найти примеры использования самых разнообразных ароматических и гетероароматических альдегидов, в то время как вовлечение алифатических альдегидов представлено весьма ограниченно [2].

Целью наших экспериментов была попытка синтезировать новые производные Ганча и Биджинелли путем вовлечения в соответствующие реакции алифатических альдегидов **1-3** (Рисунок 1), содержащих защищенные циклопропанольные кольца. Предполагалось, что вещества, полученные в ходе данных превращений, могут обладать биологической активностью вследствие наличия в своих структурах одновременно двух фармакофорных групп: циклопропанольного кольца и 1,4-ДГП или ДГПМ циклов [3].

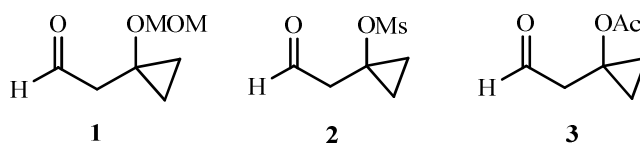


Рисунок 1 - Алифатические альдегиды 1-3, содержащие защищенные циклопропанольные кольца

Лабильность альдегидов **1-3** потребовала поиск мягких условий для получения целевых продуктов в ходе реакций Ганча и Биджинелли. Альдегиды **1-3** не являются коммерчески доступными, поэтому подбор условий происходил с использованием гексаналя в качестве алифатического альдегида (схема 1). В ходе экспериментов было обнаружено, что кипячение субстратов в этаноле в присутствии хлоридов переходных металлов приводит к желаемым продуктам с хорошими выходами. Было также установлено, что хлорид европия, ранее не нашедший применения в данных МКР, является эффективным катализатором позволяющим вовлекать в целевые превращения алифатические альдегиды со средними и высокими выходами.

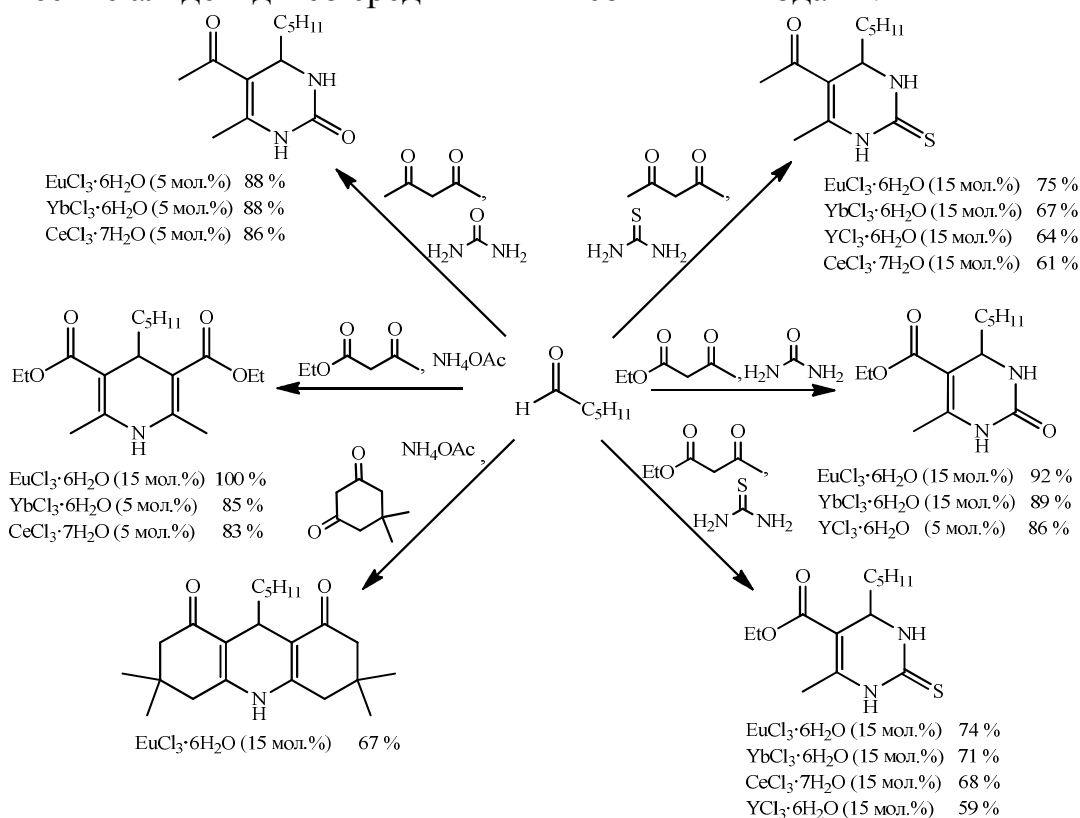


Схема 1 – Подбор условий в реакциях Ганча и Биджинелли при участии гексаналя

Затем были проведены аналогичные превращения с альдегидами **1-3**, в подобранных ранее условиях для гексаналя (Схемы 2-4).

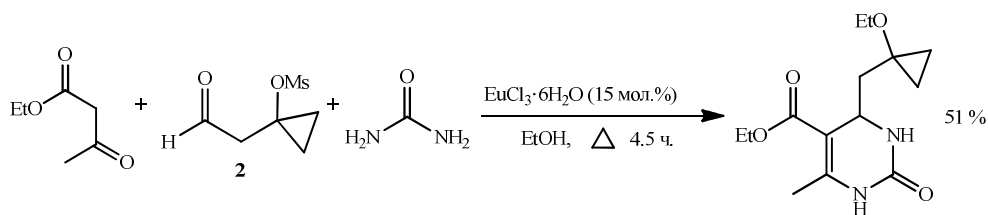


Схема 2 – Альдегид 2 в МКР Биджинелли

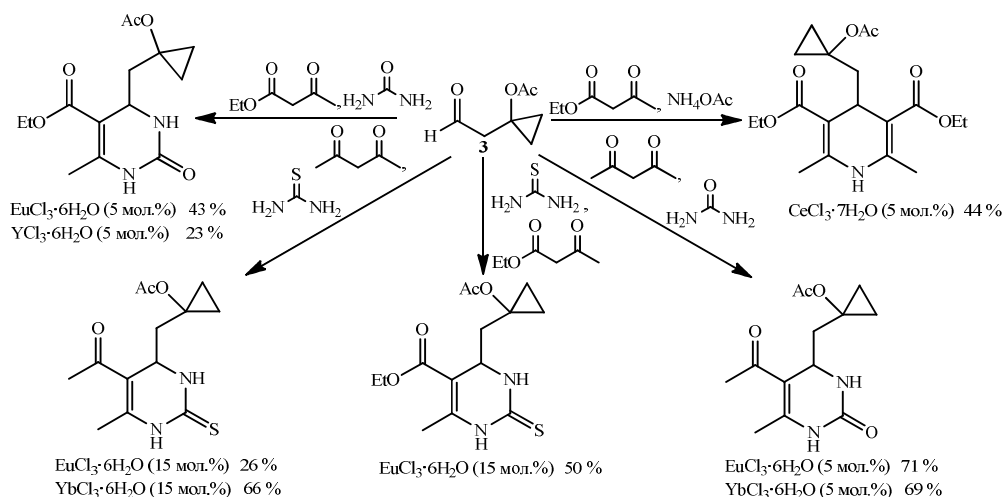


Схема 3 – Результаты опытов при использовании альдегида 3 в МКР Ганча и Биджинелли

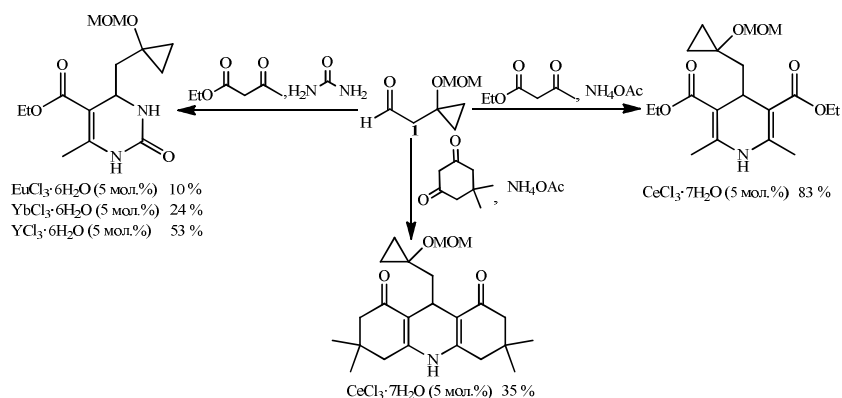


Схема 4 - Результаты опытов при использовании альдегида 1 в МКР Ганча и Биджинелли

В ходе выполнения работы было синтезировано 10 новых, ранее не описанных в литературе соединений. Структура полученных веществ доказана с помощью ЯМР, ИК, хроматомасс спектрометрии, элементного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Simon C., Constantieux T., Rodriguez J. Utilisation of 1, 3-dicarbonyl derivatives in multicomponent reactions // *European Journal of Organic Chemistry*. – 2004. – Т. 2004. – №. 24. – С. 4957–4980.

2. Chebanov V. A., Gorobets N. Y., Sedash Y. V. Reactions involving a carbonyl compound as electrophilic component. Third component 1, 3 dicarbonyl compound (with ureas: Biginelli reaction) // *Science of Synthesis, Multicomponent Reactions*; Mueller, TJJ, Ed.; Thieme: Stuttgart, Germany. – 2014. – Т. 1. – С. 29-66.

3. Salaiin J., Bairtr M. Biologically active cyclopropanes and cyclopropenes // *Curr. Med. Chem.* – 1995. – Т. 2. – С. 511-542.

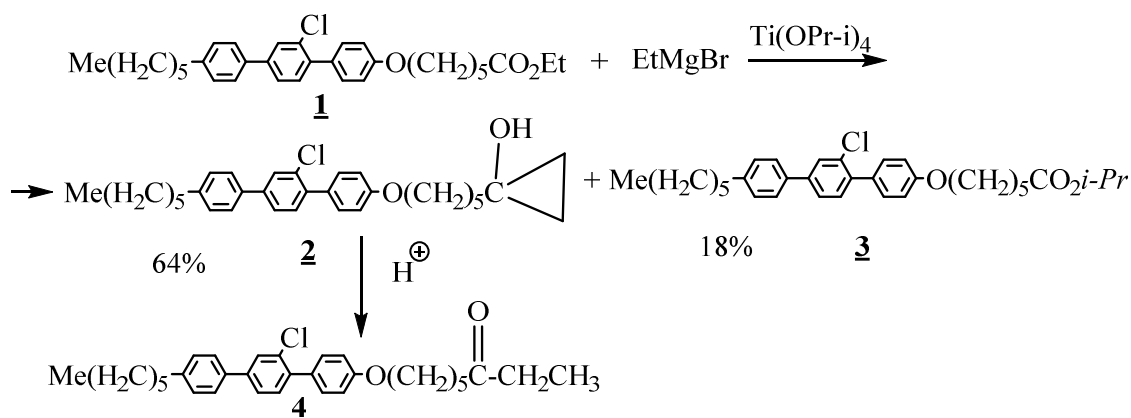
Н. М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук;
 С. Г. Михалёнок, доц., зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;
 В. С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;
 (БГТУ, г. Минск)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ КУЛИНКОВИЧА

Целью настоящей работы является проведение спектрального анализа продуктов реакции Кулинковича [1] на примере взаимодействия этил-6-((2'-хлор-4"-гексил-[1,1':4',1"-терфенил]-4-ил)окси)-гексаноата **1** с этилмагнийбромидом в присутствии тетраизопропилортотитаната. Этот анализ может быть положен в основу идентификации новых органических соединений, содержащих аналогичные структурные фрагменты.

Целевым продуктом названной реакции является 1-(5-((2'-хлор-4"-гексил-[1,1':4',1"-терфенил]-4-ил)окси)пентил)циклопропан-1-ол **2**, который образуется с выходом 64%. Минорный побочный эфир **3** в этой реакции выделяется в результате переэтерификации спиртовой части исходного эфира **1** на изопропильную группу.

Показано, что в условиях кислотного катализа циклопропанол **2** количественно изомеризуется в соответствующий кетон **4**.



Произведено отнесение основных полос поглощения в ИК-спектрах исходного эфира **1**, целевого циклопропанола **2** и продукта его изомеризации – кетона **4**, записанных в таблечках КВr (таблица). Исчезновение полосы валентных колебаний связи С=О сложноэфирной группы при 1739 см⁻¹ исходного субстрата **1** в ИК спектрах циклопропанола **2** однозначно свидетельствует об участии этой группы в реакции с магниорганическим соединением. Появление интенсивно-

го поглощения в виде размытой полосы в области 3352 см^{-1} указывает на наличие группы ОН, включенной в полиассоциаты. Подтверждением формирования циклопропанового кольца является также присутствие характеристической полосы валентных колебаний С-Н связи метиленовых групп трехчленного цикла при 3081 см^{-1} , тогда как валентные колебания связей $\text{C}_{\text{ap}}\text{-H}$ расположены при более низких частотах в области $3003\text{--}3059\text{ см}^{-1}$, как следует из ИК-спектров соединений **1**, **2**, **4**. Основной областью в ИК спектрах изученных соединений, позволяющей фиксировать трансформацию циклопропанола **2** в кетон **4**, также является область валентных колебаний связи С=О при $1600\text{--}1740\text{ см}^{-1}$. Появление интенсивной полосы при 1709 см^{-1} в ИК спектре соединения **4**, отвечающей этим колебаниям, однозначно свидетельствует о протекании внутримолекулярной перегруппировки циклопропанола **2** в кетон **4**.

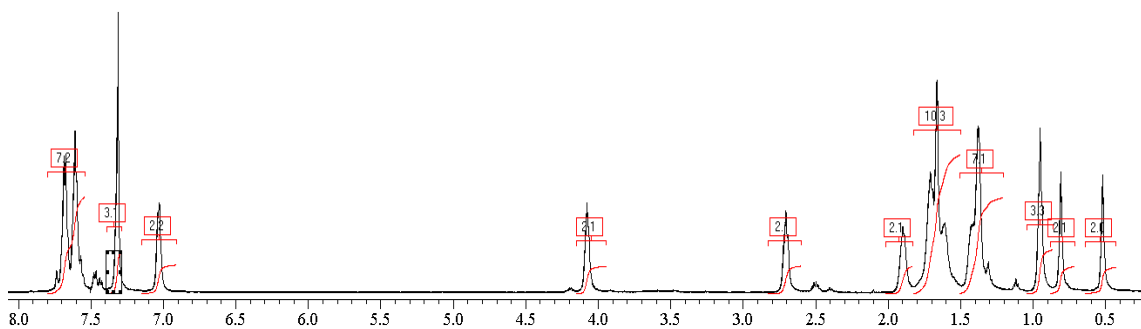
Таблица – Основные частоты поглощения в ИК спектрах соединений **1, **2**, **4****

Сведения о полосе	Частота, см^{-1}		
	соединение 1	соединение 2	соединение 4
ν О-Н	-	3352(ср.)	-
$\nu \text{C}_{\text{SP}^3}\text{-H}$	2928 (с)	2925(ср.), 2853(ср.)	2853 (сл.), 2924 (ср.)
$\delta \text{C}_{\text{SP}^3}\text{-H}$	1474 (с)	1474 (ср.), 1429 (сл.)	1474 (ср.)
	1379 (с)	1381(сл.), 1178 (ср.)	1468 (сл.)
	1350	723 (сл.)	1180 (сл.)
$\nu \text{C}_{\text{ap}}\text{-H}$	3059 (ср)	3004 (ср.), 3030 (сл.)	3030 (сл.)
	3032 (ср)	3081 (ср.)	
$\delta \text{C}_{\text{ap}}\text{-H}$		882(сл.)	825 (ср), 810 (сл)
		816 (ср.)	878 (ср)
$\nu \text{C}_{\text{ap}}\text{-C}_{\text{ap}}$	1608 (с)	1610 (ср.)	1607 (сл.), 1573 (сл.)
	1574 (ср.)	1575 (сл.)	1523 (с.)
	1524 (с.)	1525 (ср.)	1511 (сл.)
	1474 (с.)	15147(сл.)	1468 (сл.)
$\nu \text{C-Cl}$	735 (ср)	723 (сл.), 683 (сл.)	724 (сл.), 684 (сл.)
$\nu \text{C-O-C}$	1275 (ш. с.)	1178(ср.), 1112(сл.)	1178 (ср.), 1112 (сл.)
	1050 (с.)	1075 (ср.)	1075 (ср.)
		1042 (ср.)	1042 (ср.)
$\nu \text{C=O}$	1739 (с.)	-	1709 (ср.)

Очевидно, что наиболее информативной областью в ИК-спектрах при анализе продуктов реакции Кулинковича является область при $1600\text{--}1750\text{ см}^{-1}$, по характеру поглощения в которой можно судить о глубине протекания реакции и трансформации целевых продуктов.

Структуры исходного эфира **1** и синтезированных соединений **2**, **4** однозначно согласуются со спектрами ^1H ЯМР. На рисунке 1 пред-

ставлен спектр ^1H ЯМР циклопропанола **2**.



**Рисунок 1 – Спектр ^1H ЯМР
1-(5-((2'-хлор-4''-гексил-[1,1':4',1''-терфенил]-4-ил)окси)пентил)-
циклопропан-1-ола **2****

Основные различия в спектрах ЯМР исходного эфира **1** в сравнении с циклопропанолом **2** обусловлены изменениями структуры у реакционного центра. Так, в спектре ^1H ЯМР эфира **1** присутствуют характерные сигналы протонов этильной группы в виде связанных триплета и квартета с КССВ 7,00 Гц при 1,26 и 4,14 м.д., которые исчезают в спектре циклопропанола **2**. Присутствие в ^1H ЯМР спектре циклопропанола **2** сигналов протонов метиленовых групп трехчленного цикла при 0,52 и 0,82 м.д. указывает на трансформацию сложноэфирной группы в этилиденкарбинольный фрагмент [2]. При перегруппировке циклопропанола **2** в кетон **4** в ^1H ЯМР спектре исчезают сигналы метиленовых протонов в сильном поле, но появляются сигналы протонов этильной группы несимметричного кетона в виде характерных триплета и квартета при 1,08 и 2,42 м.д. с КССВ 7,4 Гц. Сигналы протонов алкильных и арильных фрагментов молекул, не претерпевших изменения в ходе реакций, во всех трех спектрах подтверждают структуру соединений и существенно не изменяются.

Таким образом, спектральный анализ исходных эфиров, полученных на их основе циклопропанолов и продуктов их изомеризации, однозначно указывает на существование протекающих химических трансформаций и подтверждает структуру полученных соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kulinkovich, O.G. The Chemistry of Cyclopropanols / Chem. Rev. 2003. – Vol 103, № 7. – P. 2597–2632.

2. Перч, Э. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Перч, Ф. Бюльманн, К. Аффольтер. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.

УДК 547.571

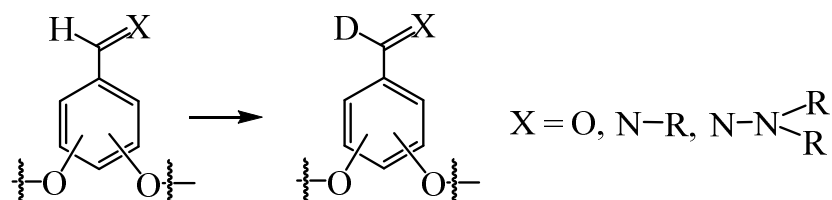
С. Г. Михалёнок, зав. кафедрой орг. химии, канд. хим. наук;
В. С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;
Н. М. Кузьменок, доц., канд. хим. наук;
(БГТУ, г. Минск)

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ДЕЙТЕРООБМЕНУ АЛЬДЕГИДНОГО ВОДОРОДА В АРОМАТИЧЕСКИХ АЛЬДЕГИДАХ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Известно, что для получения дейтерированных органических соединений используют два подхода, заключающихся либо в использовании дейтерированных соединений при направленной реализации схем синтеза с привлечением классических методов, либо в применении реакций изотопного обмена. Преимущество первого метода заключается в его универсальности, поскольку открывает путь к разнообразным дейтерированным соединениям с фиксированным расположением дейтерия. Существует мнение, что второй подход более прост в реализации, так как дейтерообменом удастся получить многие дейтерированные вещества из обычных органических соединений при помощи одних и тех же доступных дейтерирующих реагентов. Кроме того, путем дейтерообмена зачастую получают более чистые вещества чем специальным многостадийным химическим синтезом. Однако дейтерообмен легко осуществим только в соединениях, содержащих активные атомы водорода. Так, при контакте с тяжелой водой органических соединений равновесному замещению на дейтерий, как правило, подвергаются только те атомы водорода, которые непосредственно связаны с входящими в молекулы атомами кислорода или азота. Напротив, связанные с углеродными атомами водороды в обменную реакцию с D_2O обычно не вступают. К примеру, дейтерообмену под действием тяжелой воды в муравьиной кислоте подвергается только протон карбоксильной группы, в то время как формильный водород остается неизменным. В сильнощелочной среде возможна замена атомов водорода в α -положении к карбонильным группам, протекающая через соответствующие енольные формы. Очевидно, что исходя из особенностей реакционной способности водородных атомов в органических соединениях, варьируя условия осуществления обменных реакций, удастся заменять на дейтерий только некоторые из них и вводить дейтерий только в определенные положения.

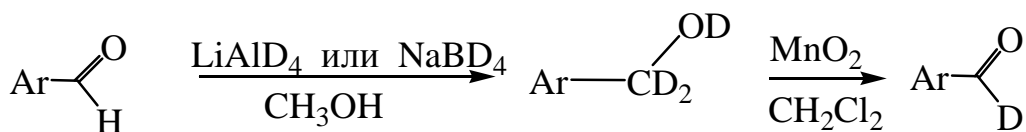
Цель настоящей работы заключалась в анализе и разработке подходов к осуществлению дейтерообмена альдегидного протона в

ароматическом альдегиде и его N-замещенных производных типа иминов или гидразонов. Как следует из вышесказанного, этот водород относится к числу малоподвижных, так как находится у sp^2 -гибридного с атома углерода, и не может легко вступить и обменную реакцию с доступными реагентами типа D_2O или метанол- D_4 .



Известно несколько методов для получения 1-дейтероальдегидов и их иминов прямым дейтерообменом, однако они характеризуются неудовлетворительной скоростью обмена, низкими выходами или чрезвычайной труднодоступностью и дороговизной реагентов. К числу таких процессов можно отнести реакцию ароматических альдегидов и их иминов с метанолом- D_4 , 4-(дифенилфосфино)-1,3-бис(2,6-диизопропилфенил)-1H-1,2,3-триазолий гексафторфосфатом в присутствии *трет*-бутилата калия в инертной атмосфере азота при 90 °C [1]. Провести дейтерообмен в аналогичных исходных субстратах можно также, по сообщению [2], в тяжелой воде в толуоле в присутствии карбонилхлорогидридо(трис)трифенилфосфин)рутения(II) в атмосфере аргона при нагревании до 100 °C в течение получаса. С высоким выходом удалось осуществить замещение формильного водорода в галогенозамещенных ароматических альдегидах (до 95%) в двухфазной системе диэтиловый эфир-тяжелая вода при добавлении цианида калия и выдерживании реакционной смеси в течение трех суток при комнатной температуре [3]. Чистота выделенного дейтерированного альдегида достигала 90%.

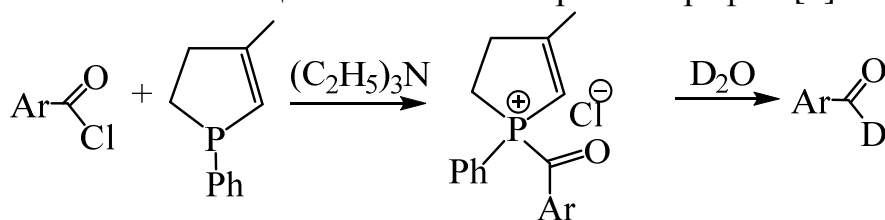
Для осуществления дейтерообмена в труднодоступных лабильных исходных субстратах иногда вместо альдегида предлагают использовать двухстадийные схемы, предполагающие восстановительно-окислительные трансформации или наоборот. Так, в работе [4] предлагается осуществить восстановление альдегидной группы дейтеридами металлов типа $LiAlD_4$ или $NaBD_4$ до соответствующих спиртов с последующим их окислением мягкими окислителями.



Сообщается, что в выделенном альдегиде дейтерообмен дости-

гает 95%. Очевидно, что подобный подход можно применить к соединениям, содержащим лишь функциональные группы индифферентные к столь активным восстановителям.

Осуществить переход к 1-D-альдегиду иногда оказывается менее трудоемко при использовании в качестве исходного продукта не 1-H-альдегида, а более доступного галогенангидрида соответствующей кислоты. К примеру показано, что обработка арилкарбонилгалогенидов 3-метил-1-фенилфосфоленом в присутствии триэтиламина протекает через образование солеобразного фосфониевого интермедиата, разложение которого тяжелой водой позволяет выделить с выходом до 80% целевой 1-D-альдегид, которому необходима дополнительная очистка с помощью колоночной хроматографии [5].



Таким образом, разработанные методики прямого дейтериеобмена формильного водорода на примере ряда ароматических альдегидов и их иминов предполагают использование достаточно экзотических, зачастую труднодоступных дорогостоящих реагентов, способных атаковать лабильные структурные фрагменты полифункциональных производных ароматических альдегидов, что не дает оснований рекомендовать их без практического апробирования в качестве достоверного инструментария при решении проблемы направленного дейтериеобмена в полифункциональном субстрате.

ЛИТЕРАТУРА

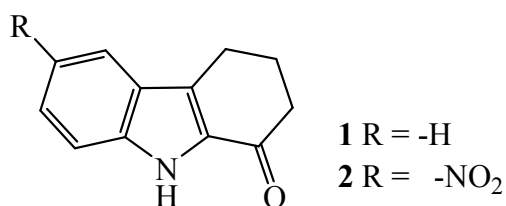
1. Mesoionic Carbene (MIC)-Catalyzed H/D Exchange at Formyl Groups / W. Liu [et al.] // *Chem.* – 2019 – Vol. 5, № 9. – P. 2484–2494.
2. Catalytic deuteration of aldehydes with D₂O / E. S. Isbrandt [et al.] // *Synlett.* – 2017. – Vol. 28, № 20. – P. 2851–2854.
3. Jagdale, A. R. AuI-Catalyzed Intramolecular Cyclization of 2-Alkenylphenyl Carbonyl Compounds: Exploring the Oxophilic Lewis Acidity of AuI Species / A. R. Jagdale, S. W. Youn *Eur. J. Org. Chem.* – 2011. – Vol. 2011, № 20-21. – P. 3904–3910.
4. Dihydrobiphenylenes through Ruthenium-Catalyzed [2+2+2] Cycloadditions of ortho-Alkenylarylacetylenes with Alkynes / S. García-Rubín [et al.] // *Angew. Chem., Int. Ed.* – 2014 – Vol. 53, № 7. – P. 1841–1844.
5. Preparation of Aromatic 1-Deuterio-aldehydes/ A. Carol [et al.] // *Synth. Commun.* – 1976. – Vol. 6, № 2. – P. 135–139.

А. И. Савельев, асп.;
С. Г. Михалёнок, доц., канд. хим. наук;
В. С. Безбородов, проф., д-р хим. наук;
(БГТУ, г. Минск)

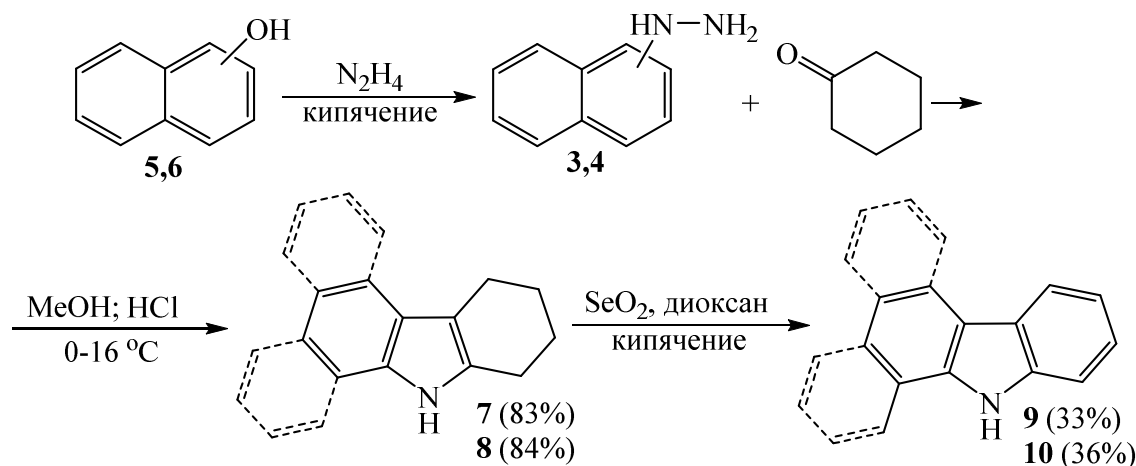
СИНТЕЗ БЕНЗОАННЕЛИРОВАННЫХ КАРБАЗОЛОВ

Оксигенированные производные тетрагидрокарбазола обладают широким спектром биологической активности, а также могут являться предшественниками при синтезе различных алкалоидов карбазола [1]. Для селективного введения кислорода в положение 1 ядра тетрагидрокарбазола описано применение в качестве окислителей гипервалентных кислородных соединений иода [2, 3].

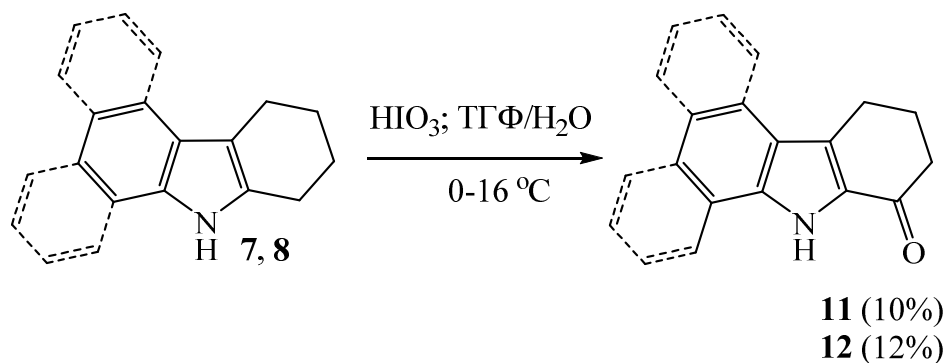
Ранее нами были опробованы различные окислители для введения кислорода в положение 1, в результате в качестве оксигенирующего агента был выбран диоксид селена. Используя в качестве окислителя SeO_2 , были получены 2,3,4,9-тетрагидро-1*H*-карбазол-1-он **1** и его 6-нитрозамещённый аналог **2** [4].



Этот подход был применён нами для синтеза бензоконденсированных тетрагидрокарбазолонов. Предварительно были получены необходимые 1- и 2-фенилгидразины **3,4** из нафтолов **5,6** (с выходами 50% и 67%, соответственно) по реакции Бухерера, но в отсутствие гидросульфита натрия в качестве катализатора. Далее 1- и 2-нафтилгидразины **3, 4** подвергали циклизации по Борше-Дрекселю с получением 8,9,10,11-тетрагидро-7*H*-бензо[*a*]карбазола **7** и 8,9,10,11-тетрагидро-7*H*-бензо[*c*]карбазола **8**. Стоит отметить, что при циклизации 2-нафтилгидразина из двух теоретически возможных продуктов, реакция идёт исключительно в направлении образования карбазола **7**. Далее **7** и **8** подвергли окислению диоксидом селена в кипящем диоксане в условиях аналогичных получению 2,3,4,9-тетрагидро-1*H*-карбазол-1-онов **1** и **2**. В данном случае продукты оксигенирования получены не были, вместо этого произошло полное дегидрирование 8,9,10,11-тетрагидро-7*H*-бензокарбазолов **7, 8** до 11*H*-бензо[*a*]карбазола **9** и 7*H*-бензо[*c*]карбазола **10**, соответственно.



Окислением соединений **7** и **8** иодноватой кислотой в смеси ТГФ/Н₂О удалось получить 7,8,9,11-тетрагидро-10H-бензо[а]карбазол-10-он **11** и 7,9,10,11-тетрагидро-8H-бензо[с]карбазол-8-он **12**.



Индивидуальность полученных соединений была подтверждена методом тонкослойной хроматографии, а структуры доказаны данными ЯМР- и ИК-спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

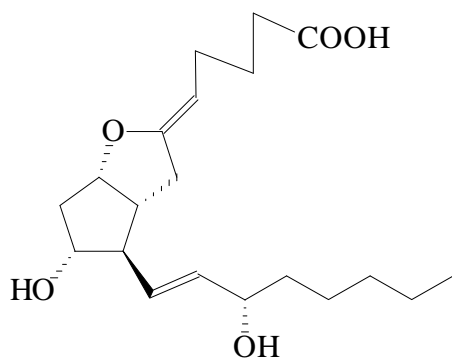
1. The alkaloids. Chemistry and Biology / ed.: G.A. Cordell. – Evanston: Elsevier, 2008. – Vol. 65. – 430 p.
2. Kotha, S. Synthesis of tricyclic units of indole alkaloids: application of Fischer indolization and olefin metathesis / S. Kotha, V. R. Aswar, G. Singhal // Tetrahedron. – 2017. – Vol. 73, № 45. – P. 6436–6442.
3. Yoshida, K. Oxidation of Cycloalkan[b]indoles with Iodine Pentoxide (I₂O₅) / K. Yoshida, J. Goto, Y. Ban // Chem. Pharm. Bull. – 1987. – Vol. 35, № 12. – P. 4700–4704.
4. Калейник, А.С. Регионаправленность реакций аллильного окисления диоксидом селена / А.С. Калейник, А.И. Савельев // Тезисы докладов XIII НПК студентов, магистрантов и аспирантов факультета ТОВ «Наука – шаг в будущее». 4–5 декабря 2019. – Минск: БГТУ, факультет ТОВ. – 2019. – С. 26.

УДК 547.514 : 547.786

И. П. Антоневиц, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

**СИНТЕЗ РЯДА 4-АЛКОКСИ ПРОИЗВОДНЫХ
3-ГЕПТИЛ-4,5,6,6а-ТЕТРАГИДРО-3aH-
ЦИКЛОПЕНТА[d]ИЗОКСАЗОЛ-4-ОЛА
КАК МОДЕЛЬНЫХ АЗА-, ОКСА-АНАЛОГОВ
ПРОСТАЦИКЛИНА**

Вследствие важности влияния каскада арахидоновой кислоты на широкий круг биологической активности большое внимание уделяется синтезу простаноидов и, особенно, их аналогов, обладающих химической и метаболической стабильностью и более направленным действием по сравнению с природными соединениями [1, 2], что обеспечивает возможности применения данных веществ в качестве перспективных лекарственных средств. Особенно актуальным в этой связи является синтез аналогов простаглицина (PGI₂), поскольку обусловленная наличием фрагмента енольного эфира неустойчивость последнего в физиологических условиях так высока ($t_{1/2} = 5-10$ мин), что исключает его клиническое использование в качестве вазодилатора или ингибитора агрегации тромбоцитов [2].



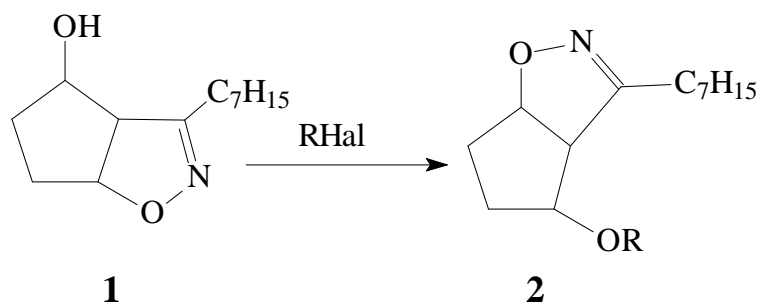
PGI₂

Данная работа является частью систематических исследований в области синтеза аналогов биологически активных сложных природных соединений с применением нитрилоксидного метода [3-5].

В настоящей работе приведены результаты по синтезу производных 4-алкокси-3-гептил-4,5,6,6а-тетрагидро-3aH-цикло-

пента[d]изоксазол-4-ола в качестве модельных аза-, окса-аналогов простаглицина.

Исходные гидроксисоединения **1** доступны посредством реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения 2-циклопентенона и нитрилоксидов, получаемых *in situ* из первичных нитросоединений с последующим восстановлением циклической кето-группы под действием борогидрида натрия [3].



Алкилирование гидроксильной группы соединений **1** проводилось с использованием соответствующих алкилгалогенидов. Первоначально эта реакция была изучена на примере взаимодействия иодметана с изоксазолином **1** (KOH, ДМСО, $\sim 20^\circ\text{C}$). В результате с выходом 74% был выделен соответствующий эфир **2a** (R = CH₃). Аналогично при взаимодействии спирта **1** с октилбромидом (NaH, ДМСО, $\sim 20^\circ\text{C}$) с выходом 73% был получен эфир **2b** (R = -(CH₂)₇CH₃). Структура полученных продуктов была доказана с применением современных физико-химических методов исследования.

В ходе выполнения данной работы были продемонстрированы новые возможности применения нитриоксидной технологии в синтезе разнообразных аналогов природных соединений, что позволяет использовать простые, дешевые и доступные исходные вещества и методы в синтезе сложных органических молекул.

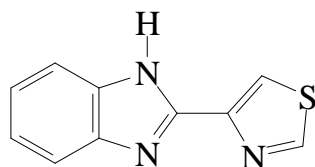
ЛИТЕРАТУРА

1. Племенков В. В. Введение в химию природных соединений. Казань: Казань, 2001. 376 с.
2. Be'gue' J.-P., Bonnet-Delpon D. Recent advances (1995–2005) in fluorinated pharmaceuticals based on natural products // *Journal of Fluorine Chemistry*. 2006. Vol. 127. P. 992–1012.
3. Лахвич Ф.А., Хрипач В.А., Антоневиц И.П., Янкова Т.В., Королева Е.В., Ахрем А.А. Изоксазолиновый подход к синтезу 7-кетопростаноидов.// *ХГС*, 1988, № 7. – С. 966-971.
4. Формирование простаноидной боковой цепи в 1-ацилциклопентенах изоксазольным методом / И.П. Антоневиц [и др.] // Докл. НАН Беларуси. 2013. Т. 57, № 3. С. 70–75.
- Antonevich I. P. The catalytic hydrogenation of 3-(2-fluorophenyl)- and 3-(4-fluorophenyl)-4,4-ethylenedioxcyclopenta[*d*]-isoxazolines / I. P. Antonevich, Ya. M. Katok, S. V. Nesterova // *Trudy BGTU*. 2016. No. 4: *Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*. [Proceedings of BSTU. 2016. No. 4: Chemistry, Technology of Organic Substances and Biotechnology]. P. 82 – 88.

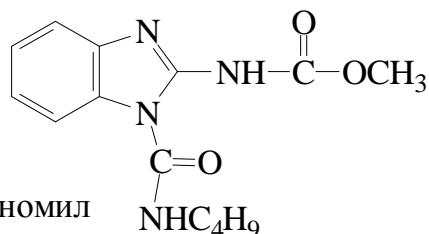
СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛА НА ОСНОВЕ О-ФЕНИЛЕНДИАМИНА И АРОМАТИЧЕСКИХ АЛЬДЕГИДОВ

Бензимидазол и его производные по литературным данным обладают различными видами фармакологической активности: противовирусная, противоопухолевая, противомикробная, а также известны соединения, которые проявляют антиВИЧ-действие [1, 2].

Впервые исследованием производных бензимидазола заинтересовались в 1960 году, и на его основе было изготовлено фунгицидное средство под названием «Тиабендазол», через 8 лет американская фирма «Дюпон» разработала препарат «Беномил» – фунгицид широкого спектра действия, для борьбы с различными грибковыми инфекциями.

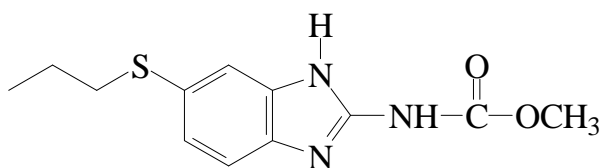


Тиабендазол

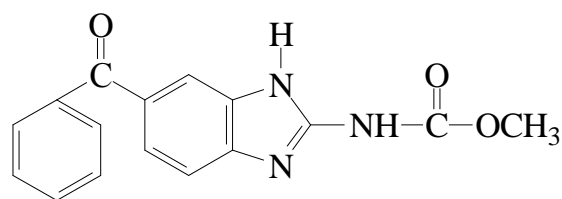


Беномил

Дальнейшие исследования подтвердили, что бензимидазолы имеют выраженный противогельминтный эффект: препараты на основе альбендазола (Вормил, Зентел, Немозол) и на основе мебендазола (Вермакар, Вермокс, Вормин).



Альбендазол



Мебендазол

Действие бензимидазолов основано на том, что они нарушают процесс утилизации питательных веществ в теле паразита или грибка. Вследствие этого с течением времени микроорганизм погибает.

Целью данной работы было осуществить синтез производных бензимидазола, содержащих различные заместители, связанные с имидазольным циклом и изучить реакционную способность субстратов, содержащих электронодонорные, электроноакцепторные заместители и ароматический конденсированный цикл.

Взаимодействие *o*-фенилендиамина и ряда ароматических альдегидов: салициловый альдегид (схема 1), ванилин (схема 2), 3-нитробензальдегид (схема 3) и 2-гидроксинафтоый альдегид (схема 4) проводили при нагревании в диметилформамиде и в присутствии каталитического количества метабисульфита натрия в течении 8 часов [3]. В результате реакции были получены соединения 1-4. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что на выход целевых продуктов влияет как электронный фактор (соединение 3), так и пространственный (соединение 4).

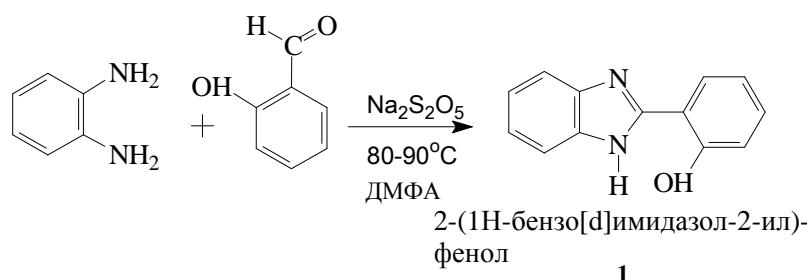


Схема 1

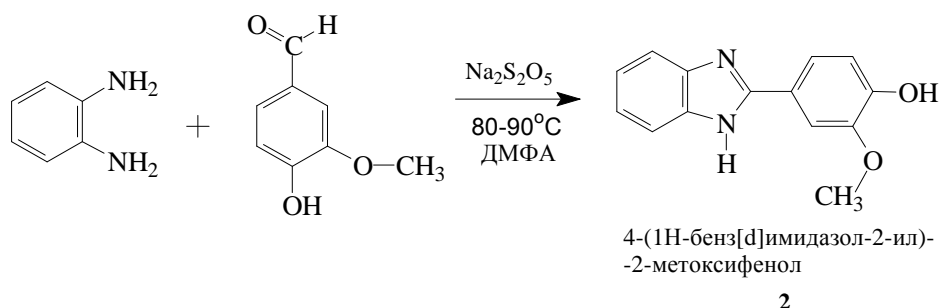


Схема 2

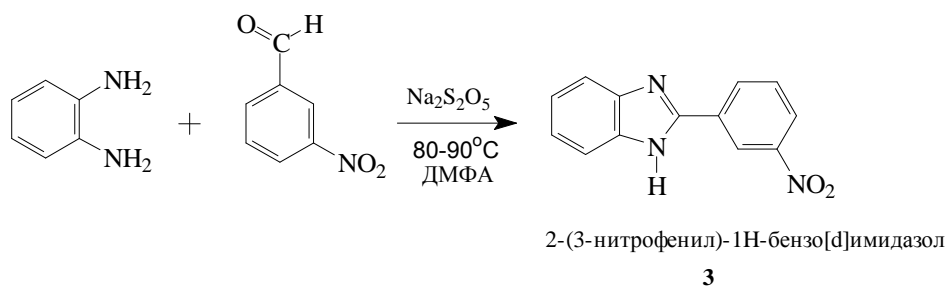


Схема 3

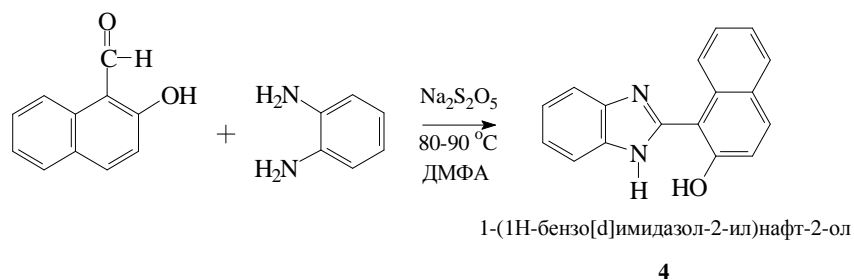


Схема 4

Структура синтезированных соединений доказана современными физико-химическими методами анализа: ИК и ЯМР спектрами. Выходы и температуры плавления представлены в таблице.

Таблица

Субстраты	Название продуктов реакции	Выход, %	T _{пл} , °C
Салициловый альдегид	2-(1H-бензо[d]имидазол-2-ил)фенол (1)	70	240-242,0
Ванилин	4-(1H-бензо[d]имидазол-2-ил)2-метоксифенол (2)	90	213,0-215,2
3-Нитробензальдегид	2-(3-нитрофенил)-1H-бензо[d]имидазол	50	137-138
2-Гидрокси-нафталальдегид	1-(1H-бензо[d]имидазол-2-ил)нафт-2-ол (3)	50	145,0-147,0

Полученные производные бензимидазола 1-4 представляют интерес как возможные потенциальные биологические вещества и с другой стороны могут быть модифицированы с целью получения новых соединений на их основе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чупахин, О. Н.; Чарушин, В. Н.; Русинов, В. Л.; Уломский, Е. Н.; Котовская, С. К.; Киселев, О. И.; Деева, Э. Г.; Саватеев, К. В.; Борисов, С. С. Патент РФ 2529487, 2014.
2. Rohini R., Shanker K., Reddy P.M., Ravinder V. Synthesis and Antimicrobial Activities of a New Class of 6-Arylbenzimidazo[1,2-c]quinazolines // J. Braz. Chem. Soc. 2010. V. 21. P. 49-57.
3. Han X., Ma H., Wang Y. Простой и эффективный метод синтеза 2-арилзамещенных бензимидазолов // ЖОрХ. 2008. Т. 44. Вып. 6. С. 872-874.

УДК УДК 621.3.084.89:678.074

Н. Г. Валько., доц., канд. физ. мат. наук;
Д. Д. Ван дер Вел, магистрант (ГрГУ им. Я.Купалы, Гродно);
А. В. Касперович, доц., канд. техн. наук;
А. В. Шевчик, мл. науч. сотр., маг. техн. наук;
В. В. Боброва, мл. науч. сотр., маг. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛАСТОМЕРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Проведены исследования влияния рентгеновского излучения с мощностью экспозиционной дозы 100 кР/ч на прочностные характеристики вулканизатов на основе каучуков специального назначения, вулканизованных с различной степенью вулканизации t_{70} , t_{80} и t_{90} [1].

На основании результатов экспериментального исследования влияния рентгеновского излучения на прочностные свойства эластомерных композитов методом полного факторного эксперимента разработана математическая модель, учитывающая влияние вариаций мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения и времени вулканизации на прочностные характеристики эластомерных композитов. Ядром плана был выбран двухуровневый полный факторный эксперимент. Влияющими факторами на прочностные характеристики являлись следующие величины: время вулканизации (t) и мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения ($P_{\text{экс}}$). Откликами являлись: условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и твердость. При планировании были реализованы все возможные комбинации факторов и согласно составленным матрицам планирования экспериментов получены образцы при соответствующих режимах вулканизации и облучения. Число параллельных опытов равнялось 10. Проверка однородности дисперсий определялась по критерию Кохрена. Оценка значимости коэффициентов регрессии производилась расчетом t -критерия Стьюдента. Адекватность уравнения проверялась по критерию Фишера [2].

Значения коэффициентов регрессии в естественных координатах, влияющих на условную прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве и твердость, представлены в таблице, в которой коэффициенты b_1 и b_2 показывают, как влияют по отдельности на прочностные характеристики время вулканизации и облучение рентгеновским излучением, соответственно, а b_{12} – как зависят прочностные характеристики от совокупного воздействия рентгеновского излучения и времени вулканизации.

Таблица - Коэффициенты регрессии

Коэффициент	Функция отклика		
	условная прочность при растяжении, МПа	относительное удлинение при разрыве, %	Твердость, усл.ед. Шор А
b_0	23,625	405,75	55,25
b_1	1,175	9,25	2,75
b_2	1,225	-10,75	0,75
b_{12}	0,075	0,75	0,25

Таким образом, рассчитанные коэффициенты позволяют адекватно определить оптимальные режимы облучения эластомерных композитов с целью получения изделий с повышенными прочностными свойствами. Так, в частности, относительно условной прочности при растяжении можно заключить, что максимального ее увеличения можно добиться посредством увеличения мощности экспозиционной дозы облучения рентгеновского излучения, либо посредством увеличения времени вулканизации. При этом, последний фактор оказывает меньшее влияние на условную прочность эластомеров нежели облучение ионизирующим излучением. Стоит отметить, что совокупное влияние двух ключевых факторов (времени вулканизации и мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения) значительно меньше, чем в отдельности.

Результаты, полученные в работе, могут быть применены для разработки новых технологических основ радиационного модифицирования эластомерных композиций с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касперович, А.В. Модификация теплофизических и эксплуатационных свойств эластомерных композиций / А.В. Касперович, В.В. Боброва и др. // Современные инновации в области науки, технологий и интеграции знаний: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Рудненского индустриального института.- Рудный: РИИ, 2019. - с. 115-122.

2. Закгейм, А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия (1982) 288 с.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАМЕНИТЕЛЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ СИНТЕЗА АЛКИДНО-СТИРОЛЬНЫХ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Несмотря на непрерывное расширение ассортимента синтетических пленкообразователей, маслосодержащие лакокрасочные материалы, особенно алкидные смолы, по-прежнему достаточно широко используются. Среди сырья органического происхождения растительные масла занимают по масштабам потребления ведущее место в лакокрасочной промышленности. К числу важнейших растительных масел, которые используются для изготовления алкидных олигомеров, относятся льняное, тунговое, подсолнечное и соевое. Необходимость экономии растительных масел, а особенно пищевых, выдвигает задачу более широкого использования дешевых и недефицитных заменителей высыхающих масел.

Получение гомогенных продуктов сополимеризации алкидных олигомеров со стиролом (без содержания полистирола) сопряжено с рядом трудностей. Эти сополимеры получаются гомогенными, если в состав рецептур алкидных пленкообразователей входит достаточное количество жирнокислотных радикалов, обладающих сопряженными двойными связями. Поэтому большой интерес в качестве заменителей растительных масел представляют жирные кислоты таллового масла (ЖКТМ). Повышенная ненасыщенность ЖКТМ по сравнению с полувысыхающими маслами дает возможность получать на их основе высококачественные быстровысыхающие на воздухе алкидно-стирольные смолы.

Для получения быстросохнущего алкидно-стирольного лака выбрано соотношение алкидная смола : стирол = 60 : 40. Однако в ходе исследований выяснилось, что при добавлении стирола в данном соотношении к алкидной смоле с жирностью 40% и 50% опыт не получается, т.к. реакционная масса по консистенции напоминает «желе» – продукт с высокой вязкостью, что вызвано либо увеличением разветвленности макромолекул и/либо их молекулярной массы. Это можно объяснить следующим: стирол в начале синтеза присоединяется по месту двойных связей, а в тот момент, когда двойные связи исчерпываются, происходит наращивание полистирольной цепи, длинные боковые ответвления переплетаются друг с другом, снижается возмож-

ность перемещения олигомерных макромолекул друг относительно друга, т.е. происходит резкое увеличение вязкости, что приводит к гелеобразованию. Поэтому определено, что сополимеризация алкидного олигомера со стиролом с соотношением 60:40 успешно протекает в случае, если алкидная смола имеет йодное число не менее 55 г J₂ / 100 г по ГОСТ 2070-82, метод А (спиртовым раствором J₂).

Также проведенные синтезы показали, что введение в рецептуру алкидных олигомеров, модифицированных ЖКТМ, небольшой добавки малеинового ангидрида способствует осуществлению успешной сополимеризации со стиролом. Установлено, что при введение малеинового ангидрида разрушается система сопряженных связей, что дает возможность получать более светлые пленкообразователи.

Синтезированы алкидно-стирольные пленкообразователи на основе глифталевых и пентафталевых алкидных олигомеров с жирностью 60 и 70 % и небольшой добавкой малеинового ангидрида: ПФ-ЖКТМ-70-МА-С, ПФ-ЖКТМ-60-МА-С, ГФ-ЖКТМ-70-МА-С, ГФ-ЖКТМ-60-МА-С. Получены лаки на их основе и исследованы эксплуатационные свойства лаковых покрытий. Составы наносили на предварительно подготовленные подложки с помощью аппликатора с толщиной мокрого слоя 100мкм (толщина после формирования покрытия составляла 18–20 мкм). Формирование покрытия происходило при комнатной температуре при хорошем доступе кислорода. Кинетику отверждения синтезированных алкидно-стирольных лаков оценивали по изменению величины гель-фракции и твердости покрытий. Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.

Таблица – Свойства покрытий на основе синтезированных алкидно-стирольных лаков с использованием ЖКТМ

Наименование показателя	ГФ-ЖКТМ-60-МА-С	ГФ-ЖКТМ-70-МА-С	ПФ-ЖКТМ-60-МА-С	ПФ-ЖКТМ-70-МА-С
Время высыхания при температуре (20±2)°С до степени 3, ч, не более	4,0	3,6	3,5	3,2
Твердость покрытий по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед., не менее	0,29	0,23	0,36	0,21
Прочность пленки при ударе, см, не менее	20	30	15	40

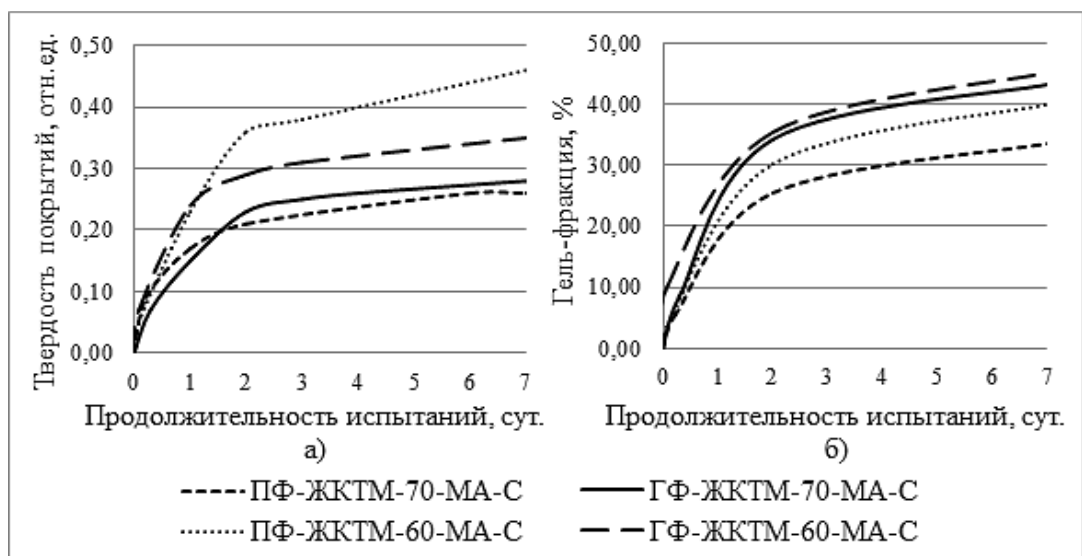


Рисунок 1 – Изменение во времени а) твердости покрытий на основе алкидно-стирольных лаков; б) содержания гель-фракции покрытий на основе алкидно-стирольных лаков

Из рисунка и данных таблицы видно, что с увеличением жирности алкидного компонента в алкидно-стирольном пленкообразователе значения твердости покрытий на его основе уменьшаются, при этом значения прочности пленки при ударе увеличиваются, что говорит о пластифицирующем действии маслосодержащего компонента на свойства алкидно-стирольных лаков.

Также установлено, что значения гель-фракции алкидно-стирольных лаков на основе пентафталевых алкидов ниже, чем на основе глифталевых, что объясняется высокой скоростью образования твердой поверхностной пленки (степень 3), которая создает препятствия для диффузии кислорода вглубь пленки и задерживает ее отверждение.

Таким образом, анализируя представленные данные, определено, что наилучшим комплексом свойств обладает лак на основе алкидно-стирольного пленкообразователя ПФ-ЖКТМ-70-МА-С. Синтезированный лак может использоваться для получения энергосберегающих композиционных лакокрасочных материалов.

В ходе проведенных исследований доказана возможность применения ЖКТМ в качестве заменителя растительных масел для синтеза алкидно-стирольного пленкообразователя, что позволит вовлечь в производство побочный продукт производства целлюлозы сульфатным способом, и соответственно решит проблему, связанную с необходимостью уменьшения потребления растительных масел на технические нужды, кроме того, использование вторичного сырья носит технико-экономический, экологический и социальный характер.

О. М. Касперович, канд. техн. наук, доц.;
А. Ф. Петрушеня, канд. техн. наук, ст. преп.;
Э. Т. Крутько, д-р техн. наук, проф.;
Л. А. Ленартович, канд. техн. наук, ассист.;
Е. С. Пономарева, студ. (БГТУ, г. Минск)

ПОЛИМЕРНЫЕ СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ

Вторичная переработка полимеров крайне важна, так как утилизация пластиковых отходов является актуальной проблемой. Причем, в настоящее время проблема переработки отходов полимерных материалов обретает актуальное значение не только с позиций охраны окружающей среды, но и связана с тем, что в условиях дефицита полимерного сырья пластмассовые отходы становятся мощным сырьевым и энергетическим ресурсом [1].

Упаковочная отрасль так же является интенсивно развивающимся направлением перерабатывающей отрасли, причем большой объем занимают комбинированные многослойные пленки. Развитие упаковочной отрасли основано на продлении сроков хранения продуктов при сохранении их качества, за счет повышения барьерных свойств упаковки, при уменьшении толщины упаковочных материалов. Соединение пластмасс нередко с диаметрально противоположными свойствами продолжает иметь существенное значение в современных упаковочных технологиях, несмотря на трудности утилизации и повторной переработки таких материалов. Но упаковка имеет очень короткий срок эксплуатации, после чего отправляется на полигоны твердых коммунальных отходов.

В состав слоев многослойных пленок могут входить самые разные полимеры, такие как полиэтилен, полипропилен, полиэтилентерефталат, поливинилиденхлорид, полиамид, этиленвинилацетат и др. в различных сочетаниях. В силу большого разнообразия возможных комбинаций исследовать их подробно невозможно. Соответственно, разделить пленки между собой по типу – тоже практически невыполнимая задача. Кроме того, опыт переработки отходов комбинированных пленок из разнородных полимерных материалов показывает, что полученный регранулят сложно использовать для производства новых изделий. Это связано в первую очередь с тем, что из указанного вида пленочных отходов образуется многокомпонентная система, компоненты которой обладают слабым межфазным взаимодействием, поскольку являются несовместимыми полимерами, вследствие своего

химического строения, молекулярной массы, вязкости, температур переработки и т.д. Вследствие несовместимости компонентов смеси свойства получаемых рециклингом материалов значительно ниже исходных. К тому же не следует забывать о термоокислительных процессах, происходящих в полимерах при их переработке и эксплуатации. Следовательно, для рециклинга этих материалов есть необходимость эту смесь разделить, переработать в изделия с более низкими требованиями к качеству, или модифицировать с целью добиться технологической совместимости и, как следствие, улучшения свойств композиции.

Поскольку ухудшение свойств смесевых полимерных систем связано именно с плохим межмолекулярным взаимодействием между компонентами смеси, то весьма перспективным способом переработки сложных пленок является решение вопроса совмещения различных полимеров, используемых в слоях комбинированных пленок, за счет повышения их совместимости при помощи компатибилизаторов. Универсальных компатибилизаторов для полимерных систем не существует и они всегда подбираются для конкретных полимерных пар. Компатибилизаторами могут являться реакционноспособные связующие агенты. Для полиолефинов компатибилизирующим действием обладает прививка к его цепи малеинового ангидрида методом реакционной экструзии. Известны так же способы повышения совместимости в смесях ПЭ/ПА путем введения иономеров в виде сополимеров этилена и метакриловой кислоты или этилен-акрилатов акриловой кислоты [2]. Не следует так же забывать о термоокислительном старении, протекающем в полимерах в процессе их переработки и эксплуатации. Именно поэтому добавления только компатибилизаторов недостаточно. Известно, что при вторичной переработке соэкструдированных пленок ПЭ/ПА полная потеря всех физико-механических свойств происходит очень быстро. Получающаяся смесь более восприимчива и чувствительна к деструкции, чем исходные соединения [2]. В то же время известны работы по термостабилизирующему влиянию термоэластопластов в композициях на основе полиолефинов и полиамида [3, 4].

Поэтому целью данной работы было проследить есть ли у термоэластопластов помимо термостабилизирующего так же и компатибилизирующее действие в смесях полиэтилен-полиамид.

Предметом исследования была композиция, содержащая полиэтилен высокого давления ПВД 15803-020 ГОСТ 16337-77, полиамид ПА-6 Волгамид 27 ТУ 2224-038-00205311-08. В качестве добавок были использованы олефиновый термоэластопласт (ТЭП) Polyolefin Elastomer 8810, этиленвинилацетат (ЭВА) марки Evathene UE 638-04.

В ходе исследований были получены следующие результаты. Введение ПВД в количествах до 10 мас.% увеличивало твердость, предел текучести и модуль упругости композиции, следовательно способствовало повышению ее жесткости, что могло бы приводить к снижению эластичности пленок, получаемых из смесевой композиции, повышению их «хрупкости» и снижению формуемости.

Введение ТЭП при всех концентрациях ПВД (кроме 10 мас.%) по сравнению с ЭВА приводило к эластификации композиции, увеличивалась деформация при разрыве и модуль упругости композиций, при концентрации ТЭП до 5 мас.%. При этом по данным дифференциально-сканирующей микрокалориметрии уменьшается доля кристаллической фазы при введении ТЭП. Повышение модуля упругости и деформируемости композиций может способствовать расширению диапазона методов переработки получаемых пленок, поскольку повышение пластичности при уменьшении ползучести при введении ТЭП, будет способствовать увеличению степени вытяжки, например, при термоформовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение физико-механических свойств вторичных смесевых систем / О. М. Касперович [и др.] // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2014. – № 4 (168). – С. 64–66.
2. Цвайфель, Х., Маер, Р. Д., Шиллер М. Добавки к полимерам. Справочник / Пер с англ. 6-го изд. под ред. В. Б. Узденского, А. О. Григорова. – СПб.: Профессия, 2011. –1144 с.
3. Исследование влияния содержания термоэластопластов на технологические и эксплуатационные свойства полиолефинов / Касперович О. М., Ленартович Л. А., Петрушеня А. Ф., Любимов А. Г. – Москва: ФГУП «Научно-технический центр оборонного комплекса «Компас», 2019 «Конструкции из композиционных материалов», Вып. 2(154) – С. 55–58.
4. Изучение возможности использования термоэластопластов в качестве стабилизаторов в композициях полиамида Л.А. Ленартович, Н. Р. Прокопчук, О. М. Касперович, А. Ф. Петрушеня, А. Г. Любимов, Тезисы докладов 83-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 4-15 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО «БГТУ». - Минск: БГТУ, 2019 – С.77.

УДК 677.473

Н. Р. Прокопчук Н.Р., проф.; Д. В. Прищепенко Д.В., ассист.
(БГТУ, г. Минск)

ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ НАНОВОЛОКОН ХИТОЗАНА И МОДИФИКАЦИЯ ИХ СОЛЯМИ МЕТАЛЛОВ

Одним из перспективных направлений в области бионанотехнологий является электроформование нановолокон из растворов полимеров позволяющее получать материалы со сверхразвитой структурой и пористостью. Благодаря этим свойствам они показывают высокую эффективность в фильтрационных, сорбционных процессах; используются для обеспечения антимикробных и противовирусных барьерных свойств; регулирования водопроницаемости и паропроницаемости; их применяют для создания перевязочных средств при лечении обширных ожоговых поверхностей, незаживающих ран и трофических язв различного происхождения.

Технология электроформования заключается в вытягивании раствора (расплава) полимера в тонкие струи под действием электрического напряжения от единиц до ста киловольт. Высокое напряжение индуцирует в растворе полимера одноименные электрические заряды, которые приводят к образованию конусов Тейлора и дальнейшему электростатическому вытягиванию полимерного раствора и возможных расщеплений на более тонкие струи. Полученные струи отверждаются в волокна, и под действием электростатических сил дрейфуют к противоположно заряженной подложке или электроду [1].

Хитозан – широко используемый полимер, который бывает животного либо грибного происхождения. Представляет собой деацетилированное производное хитина. В отличие от практически нерастворимого хитина, хитозан растворим в растворах кислот, что делает возможным использование для получения нановолокон методом электроформования. Хитозан проявляет гемостатические, бактериостатические, фунгистатические свойства, имеет иммуномодулирующий эффект. Доказаны отсутствие иммунореактивности, полный вывод из организма и биостимуляция регенерационных процессов [2]. Плёнки из хитозана угнетают рост микрофлоры (стафилококка, протей, синегнойной палочки) и ускоряют заживление ожоговых ран [3]. Универсальный механизм селективного связывания хитозана с рецепторами сахаров на клеточной мембране обеспечивает бактериостатический эффект для развития инфекционного процесса в отношении основных значимых микроорганизмов [4]. Однако, данные

эффекты недостаточны для применения раневых покрытий из хитозана без дополнительных антибактериальных средств – хитозан по себе не вызывает гибель бактерий, лишь замедляя рост некоторых их разновидностей. Для гарантированного предотвращения и подавления развития патогенных микроорганизмов необходимо введение в состав нановолокон хитозана веществ, обладающих антибактериальными свойствами.

В качестве антибактериального средства возможно использование нитрата церия (III). Нитрат церия (III) используется для лечения ожогов с середины 70-х годов. Известно, что церий обладает бактериостатическим против широкого спектра бактерий (*Escherichia*, *Salmonella*, *S. aureus* и др.), но эффект был зависим от pH, с наибольшим эффектом при незначительно кислых значениях pH [5]. Также широко известно, что сильным антибактериальным эффектом обладает нитрат серебра.

Для приготовления формовочного раствора использовался хитозан производства «KitoZyme» с молекулярной массой 30-50 кДа. Концентрация хитозана в формовочном растворе составляла 7% масс., в качестве растворителя использовали 70% уксусную кислоту. В качестве технологической добавки был применен полиэтиленоксид с молекулярной массой 400 кДа в количестве 0,3% масс. Нитрат церия (III) и нитрат серебра вводили непосредственно в формовочный раствор на стадии его приготовления. Концентрация солей в формовочном растворе составляла 2% масс. Концентрация была подобрана так, чтобы церий не выпадал в осадок в виде ацетата. Формование проводили в день приготовления раствора. В качестве подкладочного материала использовали нетканый материал Спанлейс. Формование осуществляли на установке NS LAB 500S при следующих параметрах [1]: напряжение – 70 кВ, скорость вращения волокнообразующего электрода – 10 об/мин, межэлектродное расстояние – 150 мм. Полученный материал исследовали на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-5610 LV. Установлено, что нановолоконные покрытия имеют многочисленные включения размером до 10 мкм, которые по данным энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии имеют высокое содержание серебра или церия в зависимости от образца. Полученные образцы нановолоконного покрытия исследовали методом диффузии вещества в плотной питательной среде и количественным суспензионным методом [6].

В ходе исследований разработаны составы формирующих растворов, подобраны параметры процесса электроформования, произведён выпуск опытно-промышленной партии раневых покрытий, ко-

торая прошла клинические испытания. С целью придания антимикробных свойств получены методом электроформования, раневые покрытия на основе нановолокон хитозана, модифицированные нитратами церия (III) и серебра путём ввода данных солей в формовочный раствор. В ходе оценки антимикробной активности образцов выяснили, что обственные антибактериальные свойства хитозана проявлялись в отношении *P. aeruginosa* и *S. aureus*, однако в отношении последнего микроорганизма эффект оказался нестойким. Комплекс хитозана с церием высокоэффективен в отношении *S. aureus* и умеренно эффективен в отношении *P. aeruginosa*, однако его фунгицидные свойства не выражены. На основании полученных данных была подана заявка и получен патент «Раневое покрытие».

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроформование нановолокон из растворов хитозана (обзор) / Н.Р. Прокопчук [и др.] // Полимерные материалы и технологии. 2015. Т. 1, № 2. С. 36–56.

2. Боброва Л. В., Большаков И. Н., Михальков Р. В. Энтеросорбция хитозаном у детей при воспалительных заболеваниях нервной системы (энцефаломиелитах, полирадикулоневритах) // Сибирское медицинское обозрение. 2001. №1. С. 21–25.

3. Хунафин С. Н., Байков Д. А., Муниров Р. Р. Опыт применения пленчатых раневых покрытий на основе ПВС и хитозина в лечении пострадавших с ожоговой травмой: материалы Респ. науч.-практ. конф. «Новые медицинские технологии в хирургической и терапевтической практике в Республике Башкортостан». Уфа, 16–17 ноября 2000 г. Уфа: Здравсохранение Башкортостана, 2000. С. 51.

4. Получение низкомолекулярного хитозана и изучение его антимикробных свойств / Е. В. Крыжановская [и др.] // Достиж. науки и техн. АПК. 2008. № 11. С. 45–46.

5. Garner J.P., Heppell P.S.J. Cerium nitrate in the management of burns // Burns 31 (2005) P. 539–547.

6. Прокопчук Н. Р., Кондратенко Г. Г., Прищепенко Д. В., Машель В. В. Модификация нановолокон хитозана солями металлов и изучение их антибактериальных свойств // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнология, геоэкология. № 2 (217) – 2019. – С. 86–89.

УДК 678.049

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

ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ В СОСТАВЕ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время в резинотехнической отрасли ужесточились экологические требования к продуктам производства и износа шин и РТИ. Повышение экологической безопасности при изготовлении и эксплуатации таких изделий достигается путем исключения или сокращения материалов, выделяющих вредные вещества. В связи с этим прорабатывается новая тенденция – создание альтернативных продуктов для эластомеров на основе вторичного сырья. Актуальность такого рационального использования вторичных продуктов в технологии эластомеров определяется не только экологическими, но и технико-экономическими факторами, так как себестоимость РТИ во многом определяется стоимостью сырья [1].

Цель работы – исследование влияния продукта переработки отработанного масла с различным содержанием (0,5; 1,0; 2,5; 5,0 и 10,0 мас. %) модифицирующей присадки (МП) в сравнении с промышленными пластификаторами ПН-6 и И-20 на технологические свойства резиновых смесей на основе каучука специального назначения СКЭПТ-50. Исследуемые добавки вводились в эластомерные композиции в дозировках 2,5; 5,0; 7,5 и 10,0 масс. ч.

Результаты исследований вязкости по Муни ненаполненных эластомерных композиций на основе СКЭПТ-50 выявили целесообразность применения в качестве пластифицирующей добавки масла ДВЧ (ДВЧ; ДВЧ + 0,5% МП; ДВЧ + 1,0% МП и ДВЧ + 2,5% МП), так как полученные смеси характеризуются меньшими (на 4,2–20,5%) по сравнению с маслом ПН-6 и практически аналогичными (различия составляют менее 3,0%) показателями в сравнении с И-20. Понижение вязкости резиновых смесей приводит к уменьшению энергозатрат при их формировании, улучшению качества получаемых заготовок и снижению температур на всех стадиях переработки. В результате уменьшается опасность преждевременного начала вулканизации и появляется возможность увеличения содержания наполнителей в резиновой смеси, что положительно сказывается на стоимости резин.

Установлено, что введение исследуемых пластифицирующих компонентов в эластомерные композиции на основе каучука СКЭПТ-50

оказывает влияние на протекание релаксационных процессов в резиновой смеси после снятия нагрузки. В данном случае для смеси, не содержащей пластификатора, коэффициент релаксации (K_p) равен 48,0%, в то время, как для композиций с исследуемыми пластифицирующими компонентами значение K_p находится в пределах 51,7–60,8%. Использование в составе резиновых смесей пластифицирующих компонентов типа ДВЧ позволяет несколько увеличить скорость релаксации напряжений, по сравнению с композициями, содержащими промышленными масла ПН-6 и И-20. Так, для смесей с ПН-6 и И-20 в дозировке 2,5 масс. ч. коэффициент релаксации равен 53,1 и 51,7%, а значение $\text{tg}\alpha'$ составляет -0,618 и -0,651 соответственно. Для смесей с пластифицирующими компонентами ДВЧ наиболее значительное изменение релаксационных процессов выявлено при введении 2,5 масс. ч. ДВЧ +1,0% МП ($\text{tg}\alpha'$ и K_p соответственно -0,663 и 58,4%).

При определении кинетики вулканизации резиновых смесей было выявлено, что при введении промышленных масел ПН-6 и И-20, время достижения оптимальной степени вулканизации по сравнению с резиновой смесью, не содержащей добавок, изменяется незначительно. В это же время установлено, что наименьшим временем достижения оптимальной степени вулканизации характеризуются резиновые смеси, содержащие в своем составе исследуемый компонент типа ДВЧ, модифицированный 0,5 и 1,0 мас. % (оптимум вулканизации сокращается до 30%). Необходимо отметить, что при увеличении дозировки всех исследуемых компонентов в смеси установлено нивелирование действия пластификаторов на кинетику вулканизации резиновых смесей, что может быть связано с уменьшением взаимодействия ингредиентов вулканизирующей системы за счет разбавления полимерной матрицы.

Таким образом, результаты исследования технологических свойств эластомерных композиций на основе СКЭПТ-50 с пластифицирующими компонентами типа ДВЧ показали, что их использование в составе резиновых смесей не оказывает значительного влияния на вязкость по Муни смесей, приводит к облегчению релаксационных процессов, протекающих в объеме эластомерной матрицы и сокращению оптимума вулканизации по сравнению с композициями, содержащими широко применяемые в промышленности пластификаторы – масла ПН-6 и И-20.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисов О. Р. Экологическая безопасность и эколого-правовые проблемы в области загрязнения окружающей среды. М.: Юнити-Дана, 2012. – 232 с.

УДК 678.049

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)

УПРУГО-ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ

Нефтеполимерные смолы (НПС), обладающие уникальными физико-химическими свойствами, находят широкое применение в качестве мягчителей эластомерных композиций. Они повышают клейкость и снижают вязкость резиновых смесей, улучшают их шприцуемость, динамические свойства резин, сопротивление разрастанию трещин и т. д. [1]. Известно [2, 3], что введение пластификаторов и мягчителей может уменьшать число узлов флуктуационной сетки в эластомерных композициях, что способствует облегчению релаксационных процессов и достижению равновесного состояния, а, следовательно, приводит к снижению теплообразования резин.

При качении шины по дорожной поверхности, она испытывает деформацию с частотой до 106 Гц. Современное испытательное оборудование не в силах создать такие условия тестирования. Существует закон для определения частотно-температурной эквивалентности, который называется соотношением WLF. В первом приближении можно считать, что возрастание частоты в 10 раз действует на резину так же как уменьшение температуры на величину 7–8°C. Прибор DRPA-3000 позволяет задавать изменение температуры в процессе испытания. При таком режиме испытания получают физико-механические свойства, которые резины будут иметь в реальной шине. Частотные пределы эффекта дорожных неровностей соответствуют диапазону частот 102–106 Гц, а частота 10–20 Гц соответствует сопротивлению качению шины [4]. В связи с этим исследования влияния нефтеполимерных смол на изменение тангенса угла механических потерь образцов эластомерных композиций проводились на приборе DRPA-3000 согласно ASTM D6601–02 (2008) при разных частотах деформации, соответствующих реальным условиям эксплуатации шины.

В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции основе каучуков общего назначения, применяемые в шинной промышленности. В исследуемые композиции вводились НПС с различными физико-химическими характеристиками. Исследуемые нефтеполимерные смолы были получены из тяжелой пиролизной смо-

лы методом термической радикальной полимеризации. Химический состав и физико-химические характеристики смол НПС зависели от условий получения и выделения целевого продукта [5]. В качестве образца сравнения использовалась применяемая в промышленности стирольно-инденная смола (СИС). Замена промышленного мягчителя на исследуемые смолы проводилась в равных дозировках.

Анализ результатов испытаний камерных резин показал, что наибольшие гистерезисные потери для резин, содержащих исследуемые нефтеполимерные смолы, определены при частоте деформации в 3 Гц, а для образца, содержащего стирольно-инденную смолу, – при 10 Гц. Образцы, содержащие смолы НПС-5 и НПС-7, при всех частотах испытаний имеют меньшие значения $\text{tg}\delta$ по сравнению с образцом с промышленным мягчителем. При минимальной частоте испытания (1 Гц) наибольшим теплообразованием обладает образец, содержащий нефтеполимерную смолу НПС-6, для него $\text{tg}\delta$ составляет 0,109, в то время как для образца сравнения данный показатель равен 0,102. Однако, при достижении максимальной частоты (20 Гц) тангенс угла механических потерь для резины с НПС-6 уменьшается до 0,081, что значительно ниже, чем для образцов со смолой СИС. Такой характер изменения упруго-гистерезисных характеристик образцов резин с нефтеполимерными смолами, вероятно, связан с их влиянием на процесс формирования пространственной сетки резин и природу образующихся поперечных связей. Кроме того, исследуемые мягчители могут оказывать влияние на подвижность макромолекул каучука и облегчать перемещение молекулярных цепей вследствие менее густой вулканизационной сетки, что может оказывать влияние на изменение зависимости $\text{tg}\delta$ от частоты деформации, а именно происходит смещение пика потерь образцов с нефтеполимерными смолами в сторону более низких частот по сравнению с образцами с СИС [1, 3].

Результаты исследования каркасных резин показали, что с увеличением частоты деформации гистерезисные потери всех исследуемых образцов уменьшаются. Минимальные значения $\text{tg}\delta$ выявлены в случае использования в качестве пластификатора нефтеполимерной смолы НПС-6. В зависимости от частоты деформации, прикладываемой к испытываемому образцу, значения тангенса угла механических потерь резины с НПС-6 ниже аналогичных значений показателей резины с СИС на 6,3–25,4%. Замена стирольно-инденной смолы на нефтеполимерные смолы НПС-5 и НПС-7 в рецептуре каркасных резин существенно не влияет на гистерезисные потери, исключение составляет только резина с НПС-7 при 10 Гц (0,075) и с НПС-5 при 20 Гц (0,057), в этих условиях гистерезисные потери ниже на 5,1% и 14,9% соответ-

ственно относительно образцов сравнения.

Установлено, что гистерезисные потери резин, предназначенных для обрезаживания металлокордного брекера, при увеличении частоты деформации испытательного образца снижаются. Определено, что при минимальных частотах деформации образцов (1–3 Гц) резины с нефтеполимерными смолами НПС-5 и НПС-6 имеют показатели $\text{tg}\delta$ на уровне образца сравнения: при частоте деформации 1 Гц значения тангенса угла механических потерь образцов с НПС-5, НПС-6 и СИС равны 0,100, при частоте деформации 3 Гц – 0,96, 0,97 и 0,96 соответственно. Увеличение частоты до 10 Гц приводит к снижению на 3,8% гистерезисных потерь образца с НПС-5 (0,077) относительно образца с СИС (0,080). При максимальной частоте деформации (20 Гц) гистерезисные потери резины с НПС-6 (0,061) выше, чем для образца с СИС (0,054) на 13,0%. Замена промышленного мягчителя на исследуемую смолу НПС-7 приводит к снижению гистерезисных потерь в зависимости от частоты деформации на 4,2–29,6% относительно резины, содержащей в рецептуре промышленный мягчитель. Снижение тангенса угла механических потерь вулканизата при использовании в рецептуре резиновой смеси для обрезаживания металлокордного брекера нефтеполимерной смолы НПС-7, вероятно, объясняется уменьшением плотности поперечного сшивания резины, в результате чего повышается подвижность макромолекул каучука и облегчается перемещение молекулярных цепей, что приводит к увеличению скорости релаксации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пичугин, А.М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин: науч. издание. – М.: Машиностроение, 2008. – 383 с.
2. Дик, Дж.С. Технология резины: рецептуростроение и испытания / под редакцией Дж.С. Дика; перевод с англ. под редакцией В.А. Шершнева. – Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2010. – 620 с.
3. Жовнер, Н.А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров / Н.А. Жовнер, Н.В. Чиркова, Г.А. Хлебов. – Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. – 276 с.
4. Основные направления рецептуростроения резин для легковых шин / Б.С. Гришин [и др.]; под ред. Б.С. Гришина, Г.Я. Власова. – Москва: ЦНИИТЭнефтехим, 1996. – 173 с.
5. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях (обзор) / Ж.С. Шашок [и др.] // Труды БГТУ. 2019, № 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – С. 53–69.

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

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

В настоящее время для получения битумных вяжущих с улучшенными эксплуатационными характеристиками широко применяют различные модификаторы на основе полимерных материалов.

Для использования в производстве полимерно-битумных вяжущих полимеры должны обладать хорошей совместимостью с битумом, способностью не разрушаться при температуре приготовления вяжущего, способностью образовывать структурную сетку в битуме при минимальных концентрациях, химической и физической стабильностью в условиях хранения и эксплуатации [1].

Модификация битумов полимерными добавками обеспечивает увеличение пластичности, эластичности и интервала работоспособности битумного вяжущего, однако основным недостатком применение полимерных модификаторов является значительное увеличение себестоимости готового вяжущего в 2–3 раза по сравнению с нефтяными битумами. Одним из способов решения этой проблемы представляется использование комбинированных полимерных модификаторов на основе полимеров и полимерсодержащих отходов, позволяющих значительно сократить расход дорогостоящего компонента и улучшить качественные показатели полимерно-битумного вяжущего за счет синергетического эффекта [2].

Целью данной работы являлось установление совместимости различных промышленных полимерных модификаторов битума и отхода производства полиэтилена высокого давления – низкомолекулярного полиэтилена. В качестве промышленных модификаторов были изучены следующие марки полимеров: Kraton 1101-As (блок-сополимер на основе стирола и бутадиена), Эватен 4e654-04 (сополимер этилена и винилацетата), Titan 7686 (низкомолекулярный окисленный полиэтилен).

Анализ научно-технической литературы показал, что для оценки совместимости полимерсодержащих компонентов наиболее информативными являются термические методы исследования. Дифференциальная сканирующая колориметрия (ДСК) и термогравиметрический анализ (ТГА) промышленных модификаторов и низкомолекулярного полиэтилена позволили установить рабочие интервалы температур, при которых полимеры эффективно смешиваются между собой и мо-

гут вводиться в нефтяной битум без деструкции.

Как известно, при производстве и транспортировке полимерно-битумного вяжущего его температура может достигать 160–180°C. Анализ ТГА исследуемых полимерных модификаторов показал, что для всех изученных образцов не происходит изменение массы в интервале до 200°C, что свидетельствует о возможности их применения для модификации битумов. На основании данных ДСК установлены температуры кристаллизации для модификаторов Kraton 1101-As и Titan 7686 равные соответственно 187°C и 133°C и температуры стеклования для Эватена 4e654-04 и низкомолекулярного полиэтилена равные соответственно 53°C и 95°C.

Анализ кривых ТГА и ДСК позволил определить возможность получения комбинированных полимерных модификаторов на основе низкомолекулярного полиэтилена и сополимеров этилена и винилацетата, окисленного полиэтилена. Разработаны составы комбинированных модификаторов для битумных вяжущих на основе промышленных полимеров Эватен 4e654-04 и Titan 7686 и низкомолекулярного полиэтилена, изучены эксплуатационные характеристики битумов, модифицированных комбинированными полимерными композициями. Установлено, что полимерно-битумные вяжущие с использованием комбинированного модификатора позволяют получать дорожные материалы повышенной термоокислительной стабильности и улучшенными эксплуатационными свойствами по сравнению с однокомпонентными модификаторами.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта № Т19М-049 «Разработка принципов создания битумно-полимерных композиционных материалов повышенной стабильности».

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности структуры и свойств битумов, модифицированных полимерами / Худякова Т.С. [и др.] // Дорожная техника. – 2003. – №7. – С. 174–181.
2. Шрубок, А. О. Полимерно-битумные материалы повышенной стабильности / А. О. Шрубок, Б. Д. Хаппи Вако, Ю. А. Степанович // Нефтехимия – 2019: материалы II Междунар. науч.-техн. и инвестиц. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 16–18 октября 2019 г. – Минск : БГТУ, 2019. – С. 140-142.

ОЦЕНКА СОВМЕСТИМОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ И НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ

Известно, что долговечность и надежность работы дорожного полотна обусловлена используемыми вяжущими материалами, которые обеспечивают прочность и эластичность при высоких и низких температурах, сопротивление дорожного полотна нагрузкам на сжатие, удар и разрыв. Рост транспортного потока и интенсивности его движения на дорогах приводят к увеличению нагрузки на дорожное полотно и асфальтобетонные материалы на основе нефтяных битумов уже не справляются с возросшими нагрузками, не обеспечивают требуемых физико-механических свойств и долговечности дорожного полотна.

Основным способом увеличения интервала работоспособности вяжущего материала является модификация нефтяного битума синтетическими полимерами. Плохая совместимость нефтяного битума и полимеров обуславливает низкую стабильность получаемых полимерно-битумных материалов и макроскопическое разделение фаз вяжущего во время его хранения при высокой температуре или во время транспортировки.

Необходимым условием получения качественного битумно-полимерного материала является совместимость обоих компонентов, т.е. способность полимера набухать или растворяться в дисперсионной среде битума и сохранять коллоидную стабильность в различных условиях. Если между компонентами имеется термодинамическое сродство, то при непосредственном контакте друг с другом без всякой внешней энергии они начинают самопроизвольно диспергироваться друг в друге, что приводит к постепенному увеличению степени дисперсности, которая при прочих равных условиях определяется соотношением вязкости компонентов, а также их взаимной растворимостью. При этом свойства битумно-полимерных композиций в зависимости от количества добавляемого полимера должны меняться монотонно. Однако анализ научно-технической информации показывает, что термодинамическая совместимость полимеров с нефтяными битумами практически не встречается. В случае термодинамической несовместимости компонентов предельный размер частиц в полимерно-битумной смеси зависит только от соотношения вязкостей компонентов и условий их перемешивания. При приложении нагрузки происхо-

дид деформация капель полимера в объеме битума, их разрушение, дробление и вытягивание в нити. При повышении содержания полимера размер капель в массе битума возрастает, растет вероятность их коалесценции, что приводит к разделению фаз в системе.

При оценке совместимости полимера с нефтяным битумом важным фактором является параметр растворимости. Параметр растворимости мальтеновой фазы нефтяного битума изменяется в определенном диапазоне и для хорошей совместимости компонентов, параметр растворимости полимера также должен находиться внутри этого диапазона. Среднее значение параметра растворимости полимеров, имеющих основаниями стирол и бутадиен или этиленвинилацетат, очень близко к среднему значению этого параметра для мальтеновой фазы битума, что свидетельствует о хорошей совместимости этих полимеров с большинством марок битумов. Поскольку взаимодействие между молекулами нефтяного битума и полимера во многом зависит от их полярности и взаимного сродства, то совместимость компонентов полимерно-битумного вяжущего также будет зависеть от факторов, влияющих на их взаимную растворимость: структуры полимера, способов смешения, структурно-группового состава нефтяного битума и т.д.

Проведен анализ научно-технической информации, в результате которого установлено, что методы оценки совместимости синтетических полимеров и нефтяных битумов преимущественно основаны на изучении структуры и строения получаемых полимерно-битумных вяжущих. Наибольшее распространение получили такие методы, как электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, дифференциальный термический анализ и реологические исследования. Однако поскольку совместимость компонентов полимерно-битумного вяжущего изменяется под воздействием внешних факторов в процессе хранения и приготовления асфальтобетонной смеси (температура, давление, воздействие кислорода воздуха), то применение указанных методов не всегда достоверно свидетельствует о стабильности получаемых композиций в реальных условиях их эксплуатации. В связи с этим, в работах некоторых исследователей внимание уделяется не оценке термодинамической совместимости компонентов битумно-полимерного вяжущего, а так называемой эксплуатационной совместимости, т.е. изменению комплекса свойств в процессе эксплуатации вяжущего.

Наиболее перспективными методами для оценки совместимости полимера и нефтяного битума являются использование микроскопии и дифференциального термического анализа, но данные методы ана-

лиза не позволяет достоверно определить равномерность распределения полимера в объеме битума и не позволяют прогнозировать стабильность при длительном хранении и транспортировке.

В работе была разработана методика оценки совместимости по изменению эксплуатационных свойств и структуры битумно-полимерного вяжущего в различных точках материала. Показано, что при оценке совместимости полимера и нефтяного битума необходимо учитывать следующие факторы: структурно-групповой состав битума; строение и структуру полимерного компонента; условия процесса модификации нефтяного битума полимером, хранения и транспортировки битумно-полимерного вяжущего; эксплуатационные характеристики получаемых полимерно-битумных вяжущих.

Были получены полимерно-битумные материалы на основе нефтяного битума марки 70/100 и сополимеров этилена и винилацетата при температуре 160°C, времени перемешивания 30–120 мин. Установлено, что на распределение полимерной добавки в нефтяном битуме значительное влияние оказывает способ перемешивания. Так, при использовании перемешивания с помощью лопастной мешалки после охлаждения смеси наблюдалось ее расслоение на полимерный и битумный слои, а при использовании диспергатора – нет. В связи с этим, приготовление полимерно-битумных вяжущих осуществляли на диспергаторе ИКА T18 Ultra Turrax, что обеспечивало получение однородных вяжущих.

Для оценки совместимости синтетических полимеров и нефтяных битумов были получены однородные полимерно-битумные композиции, которые выдерживали в течение 7–10 дней и исследовали на совместимость по разработанной методике. Отклонение качественных показателей в объеме битума для полимерно-битумных вяжущих составило 0,3–0,6%, что свидетельствует о хорошей коллоидной стабильности полученных полимерно-битумных композиций на основе нефтяного битума и сополимеров этилена и винилацетата.

Таким образом, предложенная методика может быть использована для оценки совместимости синтетических полимеров и нефтяного битума и позволяет количественно охарактеризовать изменение качественных показателей полимерно-битумного вяжущего в процессе его хранения, транспортировки и эксплуатации.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ в рамках научного проекта № T19M-049 «Разработка принципов создания битумно-полимерных композиционных материалов повышенной стабильности».

А. И. Глоба, доц., канд. хим. наук;
Н. Р. Прокопчук, д.х.н., член-корр. НАН Беларуси, проф.;
И. О. Лаптик, стажер мл. научн. сотр.;
Д. В. Духович студ. (БГТУ, г. Минск)
Н. Л. Санкович, начальник ЦЗЛ
(ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА СВОЙСТВА ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ ГРУНТ-ЭМАЛЕЙ И ГРУНТОВОК

В настоящее время создание наноматериалов и нанотехнологий является одним из наиболее перспективных направлений современной науки. Наноконпозиты на основе полимеров отличаются от обычных полимерных композиционных материалов большей износостойкостью, ударопрочностью, улучшенными огнезащитными, теплофизическими свойствами, а также хорошим сопротивлением химическим воздействиям.

К важнейшим типам полимер-углеродных наноматериалов относятся наноконпозиты, получаемые при использовании разнообразных аллотропных форм углерода: углеродных нанотрубок, графита, графена, терморасширенного графита, ультрадисперсных алмазов, фуллеренов, а также отдельные модификации технического углерода.

В последние годы наметился интерес к использованию вместо нанографита его производных – оксида графена, имеющего на поверхности большое количество функциональных групп, и графена, представляющего собой двумерную гексагональную решетку, образованную атомами углерода. Преимущество графена, состоит в наличии на его поверхности большого количества нескомпенсированных углеродных связей, которые легко присоединяются к полимерному материалу, образуя монолитный композит. Окисленный графен имеет на поверхности функциональные группы, обеспечивающие химическое взаимодействие между нанодобавкой и полимером.

Для создания композитов с высокими термическими и прочностными характеристиками необходима поверхностная модификация наноматериалов для обеспечения эффективного взаимодействия наноматериала с полимером или ультразвуковое диспергирование нанодобавок в присутствии поверхностно активных веществ [1–2].

Цель данной работы заключалась в изучении возможности обеспечения высокой твердости покрытий при одновременном сохранении эластичности, прочности при ударе и стойкости к агрессивным

средам с помощью модификации лакокрасочных материалов углеродными наноматериалами.

В качестве объектов исследования были выбраны промышленно производимые двухкомпонентных акриловые (грунт-эмаль «Индосингл ПУ20» и грунтовка 4+1 ТУ 2313-113-25546303) и полиуретановые (грунт-эмаль «MONOLIT GR-EM-55» и грунтовка «MONOLIT GR-02») лакокрасочные материалы. Для их модификации использовали углеродные наноматериалы: шихта алмазсодержащая марки АШ-А, алмаз синтетический ультрадисперсный (УДА) (производитель НПЗАО «Синта», Минск); нанографит (НГ) (производитель ООО «АкКоЛаб» (Москва)).

Для равномерного распределения наночастиц в объеме полимерной матрицы и предотвращения их агрегации и последующей агломерации готовили дисперсии наноматериалов путем диспергирования их в дисперсионной среде в ячейке ультразвуковой ванны Bandeline Sonorex в течение определенного времени. В качестве дисперсионной среды использовались разбавитель Monolit и разбавитель для акриловых ЛКМ, хорошо совместимые с модифицируемыми двухкомпонентными лакокрасочными материалами. Для смачивания наночастиц и облегчения процесса диспергирования, а также для стабилизации дисперсии в дисперсионную среду вносился диспергатор Disprex Ultra 4480 на основе монофункционального блок-сополимера олеоалкиленоксида.

Модифицированные лакокрасочные материалы содержали от 0,005 до 0,1 мас. % углеродных наноматериалов. Из немодифицированных и полученных модифицированных лакокрасочных составов были сформированы однослойные и комплексные многослойные покрытия на различных подложках – стеклопластик, дициклопентадиен, АБС-пластик, сталь в соответствии с технологиями, применяемыми на ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов».

При анализе времени отверждения однослойных покрытий до третьей степени в зависимости от типа и содержания углеродного наноматериала установлено, что практически для всех составов наблюдается существенное снижение этого показателя.

Кроме того, проведенные исследования показали, что для всех модифицированных составов наблюдается увеличение стойкости многослойных покрытий в различных средах по сравнению с немодифицированными лакокрасочными покрытиями. При этом наименьшая стойкость практически для всех исследованных покрытий на пластиковых подложках проявляется в бензине, а наибольшая в воде и 3% растворе NaCl. Для стальных подложек характерна другая закономерность: максимальная стойкость покрытия достигается в среде дизель-

ного топлива, а минимальная – воде и 3% растворе NaCl.

При окрашивании АБС-пластика и подложек из дициклопентадиена наибольшая стойкость покрытия характерна для системы, состоящей из грунта GR-02 + отвердителя Monolit + УДА толуол – 0,005%; грунт-эмали GR-EM-55 + отвердителя Monolit + УДА толуол – 0,005%. При этом наблюдается существенное увеличение твердости многослойного модифицированного покрытия с 0,16 до 0,42 и с 0,15 до 0,33 отн. ед. соответственно, при снижении прочности при ударе с 70 до 40 см. При окрашивании стальных подложек, наибольшая стойкость покрытия во всех средах достигается при использовании лакокрасочной системы, состоящей из грунта 4+1 + отвердителя HS + УДА толуол – 0,005%; грунт-эмали Индосингл ПУ-20 + отвердителя HS + УДА толуол – 0,005%. При окрашивании стеклопластика стойкость всех трех модифицированных лакокрасочных систем высокая. При этом прочность покрытий при ударе существенно увеличивается – с 30 до 90 см.

Таким образом, с учетом того, что качество покрытий увеличивается – возрастает стойкость покрытий в различных средах, прочность при ударе, а также уменьшается время отверждения до третьей степени при сохранении имеющейся на ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов» технологии формирования покрытий, можно сделать вывод, что предложенная модификация промышленно производимых акриловых и полиуретановых лакокрасочных материалов углеродными нанодобавками является целесообразной и экономически обоснованной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Polymer Nanocomposites. Processing, Characterization, and Applications. Joseph H. Koo, Ed. – 2006. McGraw-Hill Companies, Inc.
2. Ma, P. C., Siddiqui, N. A., Marom, G., & Kim, J. K.. Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: a review. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2010, 41 (10), 1345-1367.

А. И. Юсевич, зав. каф. НПП и НХ, канд. хим. наук;
 К. И. Трусков, асп.;
 Е. М. Осипенко, магистрант;
 Д. В. Куземкин, доц., канд. техн. наук
 (БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ТЯЖЕЛОЙ ПИРОЛИЗНОЙ СМОЛЫ В ПРОЦЕССЕ СИНТЕЗА НЕФТЕПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ

Тяжелая смола, побочно образующаяся при высокотемпературном пиролизе нефтяных фракций на этилен-пропиленовых установках, является крупнотоннажным сырьевым ресурсом для производства нефтеполимерных смол, пеков, технического углерода, кокса, а также нафталина и его производных [1]. Выход и качество продуктов, получаемых из тяжелой пиролизной смолы (ТПС), зависят от ее химического состава, который может варьироваться в достаточно широких пределах в зависимости от состава нефтяного сырья, технологического режима и аппаратного оформления процесса пиролиза.

В представляемой работе изучали закономерности изменения состава ТПС завода «Полимир» ОАО «Нафтан» при ее термической обработке с целью получения нефтеполимерной смолы.

Характеристика ТПС представлена в таблице 1. Свойства смолы определяли стандартными методами.

**Таблица 1 – Свойства тяжелой пиролизной смолы
 завода «Полимир» ОАО «Нафтан»**

Наименование показателя	Значение
Плотность при 20 °С, г/см ³	1,045
Вязкость кинематическая при 50 °С, мм ² /с	15,6
Температура перегонки 3 % объема, °С	195
Доля отгона при 340 °С, мас. %	56,5
Массовая доля воды, %	0,12
Массовая доля механических примесей, %	0,0089
Содержание серы, мас. %	0,037
Йодное число, г I ₂ /100 г	58,8

В процессе синтеза нефтеполимерной смолы ТПС выдерживали в реакторе с мешалкой при 260°С в течение 7 ч. С целью изучения реакционной способности отдельных классов углеводородов проводили идентификацию веществ в дистиллятной фракции ≤ 340°С ТПС до и после термообработки с применением метода хромато-масс-спектрометрии на приборе Agilent 7890A/5975С, оснащенный капил-

лярной колонкой HP-5MS (30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм), в режиме ионизации электронным ударом 70 eV. Поиск химических соединений осуществляли по базе NIST'11. Найденные вещества были сгруппированы по химической природе (таблица 2).

Таблица 2 – Групповой углеводородный состав фракции ≤ 340°C ТПС завода «Полимир» ОАО «Нафтан» до и после термической обработки

Группы углеводородов	Относительные площади хроматографических пиков, %	
	до термообработки	после термообработки
1. Алкилбензолы	3,14	10,26
2. Алкенилбензолы	11,17	10,16
3. (Би)циклоалк(ди)ены	3,31	0,16
4. Индан	1,40	2,39
5. Инден	3,91	1,19
6. Алкилинданы	1,55	3,05
7. Алкилиндены	10,19	5,66
8. Тетралин, алкилтетралины	0,00	2,38
9. Дигидронафталины	1,89	1,14
10. Нафталин	6,35	10,73
11. Алкилдигидронафталины	3,22	1,82
12. Алкилнафталины	13,51	21,49
13. Бифенил	2,34	3,94
14. Алкенилнафталины	0,98	0,00
15. Алкилбифенилы	4,17	8,38
16. Аценафтен	1,62	1,76
17. Флуорен	3,44	1,70
18. Алкилфлуорены	4,29	2,24
19. Фенантрен, антрацен	1,33	1,20
20. Алкилфенантрены (алкилантрацены)	0,67	0,54
21. Пирен, флуорантен	0,07	0,00
Всего	78,55	90,19

Из всех групп углеводородов, обнаруженных в дистилляте тяжелой пиролизной смолы завода «Полимир», наибольшую реакционную способность в условиях синтеза НПС должны проявлять моноциклические и бициклические алкены и диены, инден и его производные, незамещенные и замещенные дигидронафталины, алкенилбензолы и алкенилнафталины. Поэтому уменьшение их содержания в дистилляте реакционной смеси по сравнению с дистиллятом исходной ТПС ожидаемо и может быть объяснено участием этих соединений в реакциях полимеризации. Однако следует отметить, что алкенилбензолы, представленные гомологами и производными стирола, несмотря на высокую концентрацию в сырье, относительно слабо расходуются, и содержание их в продуктовой фракции остается высоким.

Из таблицы 2 следует, что в дистилляте ТПС в результате ее термической обработки наиболее сильно увеличивается содержание алкилбензолов, нафталина, бифенила и их алкильных производных (преимущественно, метил- и диметилзамещенных), возрастает также концентрация индана и его метильных производных. Очевидно, эти соединения не претерпевают химических превращений в условиях синтеза НПС и увеличение их содержания обусловлено переходом реакционноспособных мономеров в высокомолекулярную фракцию в результате полимеризации.

Интересно отметить появление в термообработанном дистилляте тетралина и алкилтетралинов на фоне снижения концентрации незамещенных и замещенных дигидронафталинов. По-видимому, при нагреве ТПС до 260°C происходит диспропорционирование дигидронафталинов с образованием более стабильных нафталиновых и тетрагидронафталиновых структур. Кроме того, высокое содержание дигидронафталинов в продуктах пиролиза делает возможным протекание реакции изомеризации с образованием циклических полиеновых структур, активных в реакциях полимеризации.

Следует также обратить внимание на снижение содержания в дистилляте три- и тетрациклических аренов: флуорена, фенантрена, антрацена, пирена и их производных. Очевидно, при термообработке ТПС полициклические ароматические углеводороды вступают в реакции конденсации и переходят во фракцию тяжелокипящих смолистых продуктов. Это обстоятельство, по-видимому, будет способствовать повышению санитарной и экологической безопасности продуктов пиролиза при их дальнейшем использовании.

Полученные новые данные о реакционной способности углеводородов различного строения, входящих в состав тяжелой пиролизной смолы, позволят усовершенствовать методы и способы ее переработки и послужат теоретической основой для разрабатываемой технологии комплексной переработки ТПС завода «Полимир» ОАО «Нафтан» в ценные нефтехимические продукты: нефтеполимерные смолы для композиционных материалов, а также нафталин для производства ПАВ и другой химической продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переработка жидких продуктов пиролиза / А. Д. Беренц, А. Б. Воль-Эпштейн, Т. Н. Мухина, Г. Л. Аврех. – М.: Химия, 1985. – 216 с.

G. A. Ixtiyarova, Doctor of Sc, prof.;

* D. Xazratova, senior lecturer;

A. S. Mengliev, Doctor of Ph, dots.;

* N. Muyinova, magistr.

(Tashkent state technical university, c.Tashkent,

*Bukhara state university, c.Tashkent.

POTENTIAL RAW SOURCES OF CHITOSAN AND APPROACHES TO ITS PRODUCTION

In the conditions of acute shortage of natural resources and exacerbation of environmental problems the special value is acquired by research, allow mastering and introducing new technologies for obtaining biopolymers from renewable natural sources of raw materials. A special place among biopolymers is occupied by chitin and its very common modification, chitosan. Biopolymer chitin generates a linear aminopolysaccharide consisting of N-acetyl-2-amino-2-deoxy-O-glycopyranose units.

According to the chemical structure, it is close to cellulose and only inferior to its prevalence in nature [1]. The structure of chitin is a crystal lattice, and therefore the degrees of solubility and swelling of chitin in various media are rather low.

Chitosan is a product of chitin deacetylation and is the most studied of its water-soluble derivative (fig.1). In prevalence, it is second only to cellulose and is reproduced in nature from completely renewable natural raw materials [1].

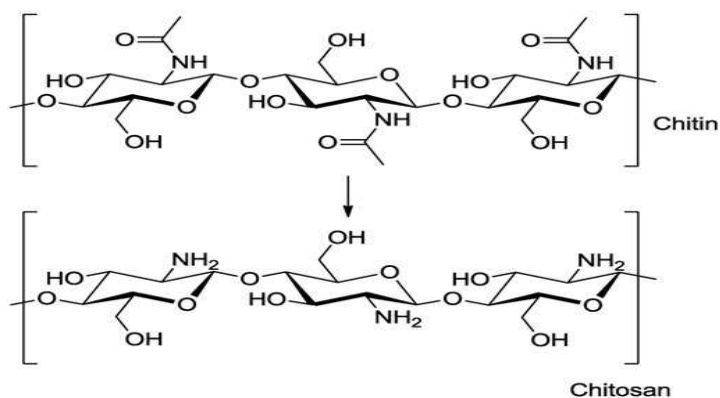


Figure 1 - Structure of chitin and chitosan

Increasing interest in chitosan is due to the expansion of its practical application as a specific sorbent, biologically active compound, etc. Chitosan is able to enter into reactions of both intermolecular interaction with polyelectrolytes, forming interpolymer complexes as well the complexation with metal ions [2].

A special kind of chitosan is “Apis mellifera bee”, more potent biologically active substance than crustaceans chitosan. A significant reserve of raw materials for the production of chitosan is the sub-population of bees Apis Mellifera.



Figure 2 – Apis Mellifera Honey bees (bringing honey)

In this connection, it is quite reasonable to obtain reproducible biopolymers of chitin and chitosan from beeswax Apis mellifera. (Apis mellifera) Honeybees, mainly failed during the wintering period and falling to the bottom of the shelter. In summer, the death of bees is much more significant than in winter, but less noticeable, as they usually die outside the shelter. Apisan is obtained from beeswax, or as it is called scientifically low-molecular chitosan-melanin complex [3].

In the summer during the active harvest and in the spring after wintering, the bee family is renewed by almost 60-80%. The strength of the bee family (the mass of worker bees in the bee family, measured in kg) is, on average, 7.5-8 kg. This makes it possible to treat bee shavers as a new promising source of chitin and chitosan along with traditional types of raw materials [4].

We used dry bee-picking, collected during the spring renovation of the bee family and containing a significant amount of chitin. Raw material is a black-brown mass with a specific smell. On a detailed examination, whole undeveloped bees and various parts of bees (head, chest, legs, abdomen, wings, etc.) are seen. Beespine contains the minimum amount of mineral substances, since the cuticle of insects is practically not mineralized. The mass of the undercoat was dried at a temperature of about 35°C, with a thin layer. The dried raw material mass of 30 g was crushed and demineralized (DM), followed by deproteinization (DP) according to the following scheme [5].

Demineralization (DM) was carried out according to the Hackman method by treating bees with 2M hydrochloric acid for 5 hours at room temperature. Deproteinization was carried out by treating the ground raw material with 1N sodium hydroxide solution for 1 hour at 80°C.

The mass was filtered and dried at room temperature. Each process was followed by washing the raw material to neutral reaction of the wash water (pH = 7).



Figure 3 - Outline scheme for the production of chitin and chitosan

Thus, biopolymers of chitin and chitosan were obtained and characterized on the basis of a new advancing source - dry *Apis mellifera* honeybee. Taking into account the natural origin of *Apis mellifera* Honeybees and its degree of renewability, it can be concluded that this raw material is of great importance as a raw material for the production of polyelectrolytes with a set of unique properties.

REFERENCES

1. Chandy T. Sharma C. Chitosan as- a biomaterial. *Biomater. Artif Cells Artif.Organs.* 1990.18:1-24.
2. Kumar M.N., Muzarelli R.A. Chitosan chemistry and pharmaceutical perspectives/ *Chem Rev.*2004, 104: 60176084.
3. Domard A., Domard M. Chitosan: Structure-properties relationship and biomedical application, *Polymeric biomaterials* edited by New York 2003.
4. Ikhtiyarova G.A. Extraction of chitin and chitosan from died honey bee. *Materials of international scientific conference. Kazakhstan.* 2018y. P.135-140.
5. Haydarova X., Ikhtiyarova G. Method of obtaining a chitosan aminopolisaccharide from behbat *Apis Mellifera* *Journal. of chemistry Kazakhstan.* 2019.№2.P.69-74.

А. В. Касперович, доц., канд. техн. наук;
О. А. Кротова, ассист., канд. техн. наук;
Ю. С. Радченко, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕКЛОСФЕРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ВУЛКАНИЗАТОВ

Стеглосферы используются в авиастроении и автопромышленности как наполнитель для лёгких композитных материалов, заливочных пен на эпоксидной основе. Они применяются в производстве лёгких цементов, строительных материалов облицовки; являются наполняющими многих типов мастики, шпатлёвки, герметиков, синтетических пен, предназначенных для особых условий эксплуатации. Введение стеклосфер в состав полимерных композиций позволяет достичь: экономии расхода материала, повышения текучести смесей, химической и коррозионной инертности, износостойкости, снижения плотности изделия, улучшения звуко- и теплоизолирующих свойств, увеличения светоотражающего эффекта, снижения до 30% массы изделия.

Целью работы являлось исследование влияние стеклосферного наполнителя на свойства резин. Объект исследования – наполненная эластомерная композиция на основе бутадиен-нитрильного каучука, предназначенная для изготовления резинотехнических изделий.

Стеглосферы представляют собой белые, инертные, сферические кварцевые частицы, наполненные воздухом, на основе натрий борсиликатного стекла, отличающиеся высокой твердостью и разработанные специально для снижения себестоимости продукции, а также увеличения объема и снижения веса готового изделия. Исследуемый стеклосферный наполнитель имеет следующий химический состав, мас. %: Na_2O – 1,41; MgO – 0,95; Al_2O_3 – 7,28; SiO_2 – 79,01; K_2O – 1,92; TiO_2 – 1,65; Fe_2O_3 – 7,78. Стеглосферы вводили в резиновые смеси в дозировках 10,0, 20,0, 30,0 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

На основании проведенных исследований установлено, что введение в резиновые смеси микросфер приводит к некоторому уменьшению условной прочности при растяжении вулканизатов, в то же время повышается их стойкость к воздействию повышенных температур. Выявлено, что резины, содержащие стеклосферы, обладают повышенным (до 16,5–25%) сопротивлением истиранию, по сравнению с образцами без минерального модификатора. При этом установлено, что для изготовления изделий, обладающих улучшенными эксплуатационными свойствами, наиболее целесообразно применять в эластомерных композициях стеклосферы в дозировках 10,0 и 20,0 мас. ч.

ИССЛЕДОВАНИЕ СКЛОННОСТИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ К САМОВОЗГОРАНИЮ

Энергетической стратегией Украины до 2030 года определены основные задачи и направления, реализация которых позволит создать условия для постоянного и качественного удовлетворения спроса на энергетические ресурсы, безопасного, надежного и устойчивого функционирования энергетики и ее максимально эффективного развития. Одно из стратегических направлений - повышение доли отечественного угля в топливно-энергетическом комплексе и химической промышленности.

На сегодня все шахтопласты Донбасса (кроме антрацитов), согласно нормативному документу [1] признаны склонными к самовозгоранию. Во многом этому способствовала методика определения самовозгораемости, основанная на использовании ограниченного количества параметров, характеризующих степень метаморфизма углей.

При всем многообразии элементного состава углей и их свойств в ряду метаморфизма показатели классифицированы по степени эндогенной пожароопасности всего на три группы. Четкие границы между группами по эндогенной пожароопасности на основании генетических признаков не установлены, так как отсутствует нормативная база их определения. Данное состояние промышленности не позволяет стимулировать максимальное вовлечение в отработку запасов на месторождениях со сложными горно-геологическими условиями.

Уголь представляет собой неоднородный пористый твердый материал со сложной физико-химической структурой. Содержание основного компонента углерода колеблется от 60% до 95%, в зависимости от степени метаморфизма углей. Таким образом, существует большое количество структур угля, и до настоящего времени было предложено более 130 вариантов молекул.

Бурый уголь представляется как органический материал с низкой степенью углефикации, т.е. как находящийся на начальном этапе необратимых процессов изменения химического состава, физических свойств и внутреннего строения под воздействием, главным образом, температуры и давления.

Исследователями [2] предложена модель бурого угля (рис. 1),

включающая ароматические кольца, связанные и сшитые алифатическими боковыми цепями, которая подходит для исследования адсорбции газа и поведения диффузии в буром угле, в частности помогающая определить условия самовозгорания.

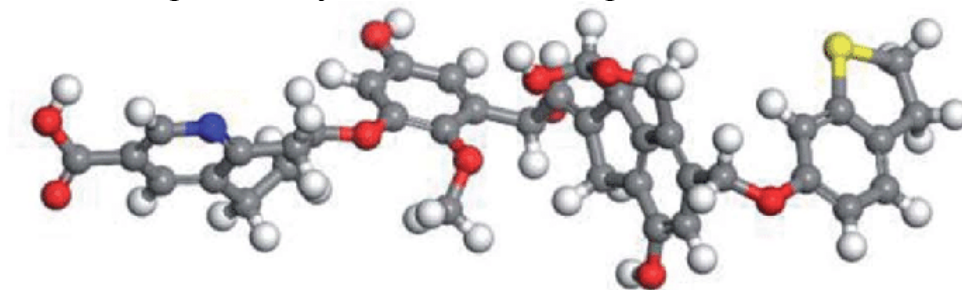


Рисунок 1 - Структура бурого угля ($C_{39}H_{37}O_{10}NS$)
Элементы: С - серый; Н - белый; О - красный; N - синий; S - желтый

Базовые классификационные показатели, характеризующие безопасность при ведении горных работ в шахтах, основываются на значениях количества летучих продуктов термического разложения углей. Учитывая модель угля (рис.) и общий вес (или объём) этих газов, невозможно однозначно судить о химическом составе исходного материала углей и их свойствах, так как доля каждого из образующихся компонентов непостоянна. Для углей Донецкого бассейна доля водорода составляет 45–86 %, метана - 1,5–32,5 %, оксидов углерода (II) и (IV) - соответственно 2,0–19,5 % и 0,5–9,0 %.

Таким образом, учитывая разные физические и химические свойства указанных газов и непостоянство их соотношений, параметры V^{daf} и $V_{об}^{daf}$ не могут в полной мере характеризовать свойства совокупности газов, образующихся при термическом разложении углей, и тем более исходного материала (углей).

ЛИТЕРАТУРА

1. КД 12.01.401-96 Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное / П.С. Пашковский, В.К. Костенко, В.П. Заславский, А.Т. Хорольский, А.Г. Заболотный [и др.]. – Донецк: НИИГД, 1997. – 68 с
2. Zhou W. et al. Molecular simulation of CO₂/CH₄/H₂O competitive adsorption and diffusion in brown coal //RSC advances. – 2019. – Т. 9. – №. 6. – С. 3004-3011.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИКАЛЬНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И СОПОЛИМЕРИЗАЦИИ В СРЕДЕ «ЗЕЛЁНЫХ» РАСТВОРИТЕЛЕЙ

При разработке и усовершенствовании промышленных процессов основного и тонкого органического синтеза, так же как и в нефтехимии, необходимы новые подходы к решению существующих экономических и экологических проблем, связанных с большими энергетическими затратами и загрязнением окружающей среды. Достижения последних лет в химии расплавов солей, как правило, называемые ионными жидкостями или низкотемпературными расплавами солей, могут частично решить упомянутые выше проблемы. По крайней мере, с появлением этого нового класса растворителей у ученых появилась надежда, что использование ионных жидкостей (ИЖ) поможет улучшить ряд технологических процессов и создать новые процессы «зеленой» химии [1].

Систематические исследования по изучению природы ИЖ в качестве реакционной среды на различные параметры разнообразных полимеризационных процессов, указывает их влияние на молекулярный вес и молекулярно-массовое распределение образующихся полимеров, что будет способствовать получению новых интересных результатов в плане формирования полимеров с заданным комплексом свойств [2].

В представленном материале приведены результаты исследований синтеза, а также областей применения полимеров и сополимеров ряда эфиров метакриловой кислоты в среде ИЖ на основе муравьиной и уксусной кислот, с использованием в качестве аминного компонента морфолина, N-метилпирролидона, ди-, триэтиламинов.

Проведенными детальными исследованиями, было выявлено, что применение ИЖ в качестве реакционной среды, способствует к получению полимерного продукта высоким выходом (71-95% масс) и значительно высокой молекулярной массой (300000-2000000), по сравнению с осуществлением процесса в среде органического растворителя.

Как было отмечено выше, ионная среда влияет не только на процесс полимеризации, но и свойства полученных полимерных продуктов, что было установлено результатами исследований прочностных свойств покрытий на основе полиметил- и полибутилметакрила-

тов, синтезированных в ионно-жидкостных средах с использованием их в составе пленкообразующих материалов в качестве связующего компонента. Так, покрытия на основе полибутил- и метилметакрилата характеризовались высокой скоростью высыхания от пыли (5-7 мин), до степени – 3 (30-40 мин), прочностью при изгибе(1;3 мм), твердостью (0,8-0,62), прочностью на удар (40-45см), а также показателем адгезии (1; 2 балл).

Исследованием прозрачности образцов полиметакрилата, установлено, что светопропускания синтезированных образцов меняется в зависимости от природы применяемой ИЖ, и значение светопропускание менялось в пределах от 88 до 100%, в то время как полиметакрилат синтезированный в обычных условиях характеризовался светопропусканием 95-96%.

Сополимеризацией бутилового эфира метакриловой кислоты со стиролом в среде ИЖ - на основе N-метилпирролидона и уксусной кислоты исследована, также показана эффективность осуществления процесса в ионно-жидкостной среде. В частности, выявлено перспективность применения синтезированных сополимеров в качестве антимикробных присадок к синтетическому сложноэфирному маслу – бутиловому эфиру алкенилянтарной кислоты, а также в качестве вязкостных присадок к синтетическому маслу - пентаэритриту.

Таким образом, исследованием радикальной полимеризации и сополимеризации эфиров метакриловой кислоты в среде ионных жидкостей различного состава было выявлено, что наличие ионного растворителя наряду с тем, что существенно влияет на процесс, в результате чего обеспечивается высокая конверсия мономеров, относительно высокие значения молекулярных мас. полученных полимеров, ионные жидкости также имеют положительное влияние на свойства полученных полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ganeshpure P.A. Ionic Liquids. Environment-Friendly Solvents and Catalysts for the Future. // Asian J. Exp. Sci. 2008, v. 22, №2, – p. 113-115
2. Ибрагимова М. Д., Азизов А. Г., Пашаева З.Н. и др. Применение ионных жидкостей в процессах синтеза полимеров в качестве растворителя и катализатора // Химия в интересах устойчивого развития, Т.23, №2, 2015, –с.225-233.

СИНТЕЗ РЕАКЦИОННОСПОСОБНЫХ ФЕНОФОРМАЛИТОВ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФЕНОЛА

В настоящее время, в связи с наличием реальных сырьевых ресурсов, отсутствие технологических сложностей, а также из-за реакционноспособности феноформальдегидных смол, интерес изучения в области разработки новых методов их модификации являются интересным объектом для исследований.

В данной работе представлены результаты исследований по синтезу феноформалитов с различным содержанием реакционноспособных фенольных фрагментов. Синтезированные смолы отличаются содержанием фенола, концентрация которого менялась в интервале 50-20%. Синтез этих реакционноспособных смол осуществлен поликонденсацией фенола с формальдегидом при вовлечении в процесс ароматических углеводородов – производных бензола, нафталина, антрацена и фенонтрена, содержащихся в газойлевой фракции.

Процесс осуществлен с использованием в качестве катализатора соляной кислоты и различных ионно-жидкостных составов. Первичные исследования показали, что синтезированные феноформальдегидные смолы отличались термостабильностью, а также реакционной способностью.

Термогравиметрический анализ синтезированных смол проводили на дериватографе “Jupiter449” немецкой Фирмы NETZCH при скорости нагрева 10 град/мин в инертной среде (азот), в диапазоне 24/20 (К/мин) 650⁰С. Было выявлено, что с увеличением концентрации ароматических углеводородов в составе смолы термостабильность полимеров неуклонно растет и практически полная потеря веса наблюдается в интервале температуры 250-500⁰С.

С увеличением концентрации фенольных фрагментов наблюдается увеличение реакционноспособности феноформальдегидных смол. При отверждении смол, синтезированных при молярном соотношении фенола к ароматическим углеводородам газойлевой фракции, со сшивающимися компонентами уротропин и полиэтиленполиамин, наблюдается полное отверждение.

Покртия, полученные модификацией синтезированных феноформолитных смол эпоксидной смолой отличаются легкостью нанесения, глянцевою поверхностью, а также способностью отверждаться при комнатной температуре с участием отвердителя – полиэтиленполиамин.

Р. И. Исмаилов, проф., д-р хим. наук;
И. Н. Хайдаров, докторант
(ТашГТУ, Ташкент)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ВЕРМИКУЛИТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Получение огнезащитных текстильных материалов для промышленности Узбекистана является актуальной проблемой. Пожары наносят значительный материальный ущерб промышленности Республики Узбекистан. Наибольшие убытки от пожаров приносят ущерб не только пожары но и газы выделяющиеся на основе этих пожаров. Поэтому необходимо принимать меры для уменьшения количества пожаров. Для этого необходимо повысить требования проектных организаций к противопожарным нормам в процессе проектирования зданий и сооружений, а в научно-исследовательских институтах вести разработку новых видов огнезащитных составов и материалов на основе местного сырья. Пожарную опасность текстильных материалов определяют следующие пожарно-технические характеристики: горючесть, воспламеняемость, распространение пламени по поверхности, дымообразующая способность, токсичность.

Республика Узбекистан испытывает острый дефицит в огнезащитных и теплоизоляционных материалах, все потребности покрываются в основном за счет импорта, на что расходуются большие денежные средства. В тоже время, обладая большой потенциальной сырьевой базой, вполне реальна возможность создания производства этих изделий по качеству не уступающие импортным аналогам.

Для создания производства современных огнестойких текстильных материалов в Республике Узбекистан, для увеличения их объема производства и для повышения качества выпускаемых изделий, повышения их конкурентоспособности, необходимо выполнить следующие задачи исследования:

- изучать высокосортные виды новых сырьевых материалов, разработать технологические режимы производства с учетом физико-химических особенностей сырья, внедрение современных энерго- и ресурсосберегающих технологических решений и т.д.;
- проводить исследования по получению новых антипиренов для придания материалам огне- и термостойкости;
- проводить физические и химические модификации, пропитку, облагораживание текстильных материалов антипиренами на основе

местного сырья для придания им огне- и теплостойких свойств.

Решение проблем, связанных с развитием производства огнезащитных и теплоизоляционных материалов в Республике Узбекистан и созданием конкурентоспособной продукции, можно осуществить на основе внедрения инновационных технологий и обеспечения производства легкодоступными, не дорогостоящими местными высококачественными сырьевыми материалами, что требует проведение многочисленных научно-исследовательских работ по изучению сырьевых материалов и разработки составов масс на их основе. Вермикулитовые породы на основе местного сырья представлены, в основном, рыхлыми мелкозернистыми породами, иногда сцементированными в конгломераты размером до 10-15 см. Зачастую встречаются сростки вермикулитовой слюды с твердыми каменными породами – пироксенитами. Основную фракцию самой вермикулитовой слюды представляют частицы размером менее 10 мм (в поперечнике), их общая доля составляет 70-80 %. Остальная часть вермикулитовых частиц достигает размеров 30-40 мм (в виде отдельных участков в гнездах гидробиотитовой разновидности образованного вермикулита). По внешнему виду слюдистые минералы вермикулитовой руды на различных участках можно разделить на два вида: часть их представлена в виде крупных сростков слюдистых частиц черного цвета с характерным слюдяным блеском (гидробиотитовая разновидность), другая часть представлена мелкими листочками, имеющими коричневатый оттенок.

Средняя насыпная плотность вермикулитовой руды при влажности не более 2 % составляет 2200-2300 кг/м³.

Средний химический состав вермикулитовой породы приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1.

№	Средний гранулометрический состав, масс.	%
1	фракция менее 1,0 мм	24,6 - 34,8
2	фракция менее 5,0 мм	54,8 - 68,8
3	фракция от 5,0 до 10,0 мм	4,4 - 6,1
4	фракция свыше 10,0 мм	4,3 - 2,2

Таблица 2.

№	Средний минералогический состав руды, масс.	%
1	слюдистые минералы вермикулита	7,5 - 15,6
2	пироксен	50 - 80
3	перидотит	до 10
4	кальцит	до 7
5	титаномагнетит	до 8

Для исследований применяли вермикулитовый концентрат, выделенный из вермикулитовой породы методами мокрой отсадки на лабораторном концентрационном столе. Вермикулитовый концентрат представлен чешуйками черного, темносерого и коричневого цвета, фракцией 5-10мм, насыпная плотность равна 2045-2020 кг/м³. Внешний вид крупного сростка, не вспученного вермикулита, приведен на рисунке а.

Вспученный вермикулит, полученный обжигом в лабораторных условиях в муфельной печи при температуре 950⁰С вермикулитового концентрата, золотистого цвета, приведен на рисунке б. Плотность вспученного вермикулита зависит его фракции:

- фракция более 10 мм имеет насыпную плотность 60-100 кг/м³;
- фракция 5-10 мм имеет насыпную плотность 80-120 кг/м³;
- фракция 1,0-5,0 мм – 120-180 кг/м³;
- фракция менее 1,0 мм – 200-270 кг/м³;



а



б

**Рисунок 1 - Вермикулитовая порода на основе местного сырья:
а) вермикулитовый концентрат; б) вспученный вермикулит.**

Для изучения вещественного состава слюдястых минералов вермикулитовой породы на основе местного сырья были отобраны технологические пробы, с различных участков в количестве 20 кг.

Таблица 3 – Химический состав проб минералов вермикулитовой породы на основе местного сырья, выделенных в лабораторных условиях

Минерал	Содержание оксидов масс. %						сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	
Вермикулит	34,83	0,09	13,52	8,96	16,71	сл	100,01
	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	H ₂ O (общ.)	
	8,43	2,52	0,6	0,02	сл	14,33	

Вермикулитовый концентрат содержит чешуйки монокристаллов слюдястых минералов разного цвета от черного до темно-

коричневого. Визуально пробы разделили по цвету. Получили три разновидности слюдистых минералов – черного, темно-серого с черным оттенком и темно-коричневого цветов.

Вермикулит по внешнему виду представлен чешуйками темно-коричневого цвета, с характерным блеском:

- насыпная плотность (фракция 2,5-5мм) – 1870 кг/м³;
- истинная плотность - 2700 кг/м³;
- твердость по шкале Мооса – 1,5;
- температура плавления – 1210⁰С.

Из полевых проб породы взятых на основе местного сырья, выделена средняя проба рядовой вермикулитовой руды для проведения технологических исследований. Путем обогащения методом мокрого-гравитационной отсадки на лабораторном концентрационном столе получен вермикулитовый концентрат в количестве 20кг. Установлены его химический, минералогический и гранулометрический составы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайдаров Н.И., Кайпназаров Т.Н., Исмаилов Р.И. Разработка эффективных технологий получения антипиреновых композиции для модификации текстильных материалов на основе природных и химических волокон // Журнал Пожарная безопасность, Ташкент, 2018, №5, с. 28-30.

УДК 541.64

А. И. Исмаилов, ст. науч. сотр., канд. хим. наук;
О. Х. Хасанов, докторант; Р. И. Исмаилов, проф., д-р хим. наук
(ТашГТУ, Ташкент)

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АЗОТ- И ГАЛОГЕНСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ

Уникальные свойства высокомолекулярных поверхностно-активных веществ (ПАВ) представляет возрастающий интерес к полимерным ПАВ, которые определяются свойствами, т.е. они обладают большим сродством к межфазным границам, что приводит к их аккумулярованию на межфазных границах, независимо от физико-химических факторов. Данное свойство отличает полимерные ПАВ от обычных низкомолекулярных поверхностно-активных веществ. Это означает: продукты эффективно действуют при низких концентрациях; они нечувствительны к действию солей, изменениям температуры и др.; они могут состоять из очень длинных цепей и все еще обладать сильным сродством к межфазным границам (известно, что низкомо-

лекулярные ПАВ с длинными гидрофильными цепями склонны к десорбции с границы раздела фаз и переходу в водный раствор). Таким образом, высокомолекулярные ПАВ являются чрезвычайно эффективными стабилизаторами дисперсных систем.

В работе указан синтез мономерных ПАВ на основе азотсодержащих соединений с галогенсодержащими соединениями которые открывает широкие возможности для получения на их основе катионных высокомолекулярных ПАВ с требуемым составом, строением, значением молекулярных масс, а также заранее заданными свойствами.

Исследованы реакции полимеризации мономерных низкомолекулярных ПАВ (β -метакрилоилэтил-N,N-диметилаллиламмоний бромид, β -метакрилоилэтил-N,N-диметилметиленкарбоксаммоний иодид) методом донорно-акцепторного иницирования в присутствии персульфата калия и динитрилазобисизомасляной кислоты при 293-303 К в среде воды и органических растворителей. При донорно-акцепторном методы иницирования процесса комплексно-радикальная полимеризация производных аминоалкилакрилатов, содержащих одновременно метакрилатные и аллильные группы протекает с некоторыми особенностями, связанными с их структурой.

Исследованы некоторые коллоидно-химические и физико-химические свойства растворов полученных высокомолекулярных ПАВ, в частности поверхностное натяжение, адгезия, энергии когезии и адгезии, вязкость, электропроводность и другие. Изменение поверхностного натяжения раствора ПАВ, зависимость от концентрации и видов используемого препарата приведены в таблице 1.

Из полученных данных видно, что из исследованных ПАВ ОП не существенно меняет поверхностное натяжение, тогда как при использовании для препаратов ПМЭДААБ и ПМЭДМАИ происходит заметные изменения, т. к. эти препараты содержат большее число функционально-активных групп, влияющих на реологические свойства раствора и оболочки, и способствующих изменению условий взаимодействия воды функциональными группами поверхностно-активных веществ. Приближение к границе фазового перехода при мицеллообразовании, обусловленном ассоциацией молекул, вызывает и изменение вязкости раствора. Следовательно, относительная вязкость растворов ПМЭДААБ и ПМЭДМАИ повышается с ростом его концентрации, причём наиболее резкое повышение характерно, для препарата ПМЭДААБ, вызванное образованием пространственной сетки раствора вследствие гидрофобных взаимодействий. Согласно результатов экспериментов для дефектных волокон имеет смысл использовать 0,05-0,2%-ные растворы ПАВ, а для волокон наиболее высокий эффект смачиваемости достигается в 0,5%-ном растворе.

Таблица 1 - Изменение поверхностного натяжения ПАВ от концентрации

Название ПАВ	Концентрация, %				
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,5
ПМЭДААБ	56,61	43,37	39,37	38,72	35,24
ПМЭДМАИ	71,02	65,56	54,79	48,75	41,50
ОП	71,21	71,00	70,91	70,21	69,53

На основании экспериментальных значений поверхностного натяжения растворов используемых препаратов, измеренных при различных концентрациях ПАВ, была рассчитана энергия когезии. Расчетные значения энергии когезии (W_k) и адгезии (W_a) приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Зависимость значений энергии когезии и адгезии растворов использованных ПАВ от их концентрации

Концентрация ПАВ, %	ПМЭДААБ		ЦПХ		ДП		ОП	
	W_k	W_a	W_k	W_a	W_k	W_a	W_k	W_a
0	145,2	23,1	-	-	-	-	-	-
0,01	140,6	26,0	120,8	25,0	111,8	31,4	111,1	30,7
0,025	140,0	31,8	94,8	26,6	101,8	31,8	87,1	38,3
0,05	138,0	43,2	79,4	27,4	89,8	37,9	80,7	42,1
0,10	129,0	50,0	69,6	31,8	82,2	43,9	79,4	44,6
0,50	114,6	55,3	66,8	35,7	74,2	43,5	74,6	43,9

По приведенным данным четко прослеживается закономерность, что ЦПХ обладает незначительной поверхностной активностью и мало влияет на когезионное межмолекулярное взаимодействие жидкости, вследствие чего, добавление препарата в раствор незначительно снижает энергию когезии. Наиболее сильно влияют на энергию когезии препараты ПМЭДААБ и ПМЭДМАИ, обладающие наибольшей поверхностной активностью. Из этого следует, что при наличии на дефектных участках у них энергия адгезии значительно выше соответствующей характеристики для воды и всех препаратов при различных концентрациях ПАВ.

Как было отмечено выше, одним из свойств водорастворимых полиэлектролитов является изменение приведенной вязкости их водных растворов. Исследование зависимости этого показателя от концентрации (рис.) выявило, что синтезированный нами продукт является типичным полиэлектролитом и приведенная вязкость резко повышается в разбавленных растворах с уменьшением концентрации. Так зависимость описывается вогнутой кривой (1), характерной для полиэлектролитов. Это явление связано с тем, что при низких концентрациях (1 г/дл) молекулы полимерных электролитов получают форму статического клубка, по мере разбавления раствора эти молекулы,

между ионогенными группами которых действуют на силы отталкивания, приобретают большие линейные размеры и проявляется в значительном увеличении приведенной вязкости водных растворов от концентрации описывается эмпирическим уравнением Фуосса и носит прямолинейный характер (кривая 2).

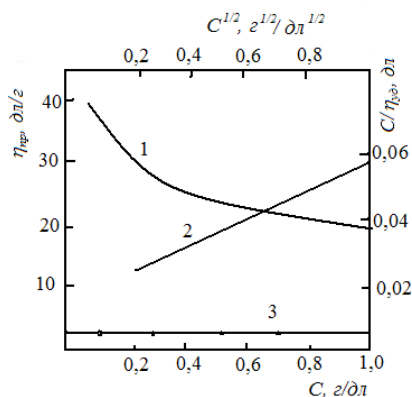


Рисунок 1 - Зависимости вязкости η полимерной соли МЭДААБ от концентрации в водном растворе: 1- $\eta_{пр}$ от C; 2- $\eta_{уд}$ от $C^{1/2}$; 3- $\eta_{пр}$ от C и 0,4 н KCl

При изменении вязкости раствора полиэлектролита в 0,4 н растворе хлористого калия, т.е. в присутствии низкомолекулярного сильного электролита, была получена обычная прямолинейная зависимость приведенной вязкости от концентрации раствора (кривая 3). Добавление KCl увеличивает концентрацию противоиона и вносит в систему сопутствующие ионы. Введение в раствор 4 н KCl полимерного электролита приводит к получению обычной, т.е. линейной зависимости приведенной вязкости от концентрации.

Результаты потенциометрического титрования водорастворимых полиэлектролитов характеризуют их как полиэлектролиты основного характера, содержа-

щие одностепенные ионогенные группы, т.е. являющиеся монофункциональными.

При добавлении в раствор соли электролитов соляной кислоты освобождаемые гидроксильные ионы соединяются к ионами водорода добавляемой кислоты, образуя воду. По мере уменьшения гидроксильной группы в полиэлектролите значения pH водной фазы постепенно падают, и когда практически все добавляемые ионы водорода нейтрализуются свободными ионами гидроксила, т.е. когда полиэлектролит полностью отдает гидроксильные ионы, при дальнейшем добавлении соляной кислоты pH резко понижается.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.I. Synthesis and Mechanism of the Preparation of Polymeric Cationic Surface-Active Substances // International journal of chemical and physical sciences, India, 2015, Volume 4, Number 2, P.93-98.

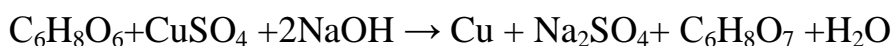
Е. Д. Кротова, магистрант; М. О. Шевчук, доц.;
С. В. Нестерова, доц.; М. А. Зильберглейт, доц. (БГТУ, г. Минск)

СВОЙСТВА И СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ

Интерес к разработке методов синтеза и изучению свойств наночастиц меди обусловлен ее специфическими физическими и химическими свойствами, находящими применение в катализе, оптических, сенсорных и электронных устройствах, медицине, сельском хозяйстве. Главным преимуществом наночастиц меди, в отличие от наночастиц серебра, является их небольшая цена и быстрая деградация в условиях окружающей среды, что снижает нагрузку на экосистему.

В данной работе синтезированы концентрированные дисперсии, содержащие наночастицы меди, путем восстановления сульфата меди (II) в водной среде аскорбиновой кислотой с применением стабилизатора желатозы. Исследовано влияние различных факторов (концентрации используемых растворов, их соотношения, pH и др.) на процесс восстановления меди с целью определения оптимальных условий их получения.

Чистая сухая кристаллическая аскорбиновая кислота устойчива по отношению к кислороду воздуха, но в водном растворе вступает в реакции окисления (электродный потенциал при pH = 4 и 35 °C +0,166 В, а в щелочной среде и в присутствии кислорода воздуха +0,08 В, причем состав продуктов её окисления зависит от условий осуществления процесса. без подщелачивания образуются фурфурол и кислород, а в щелочной среде - 2,3-дикетоL-гулоновая кислота (с последующим распадом до щавелевой и L-треоновой кислот):



Процесс окисления способны ускорить ионы тяжёлых металлов, в наибольшей степени меди и железа. Т. е. протекание процесса восстановления в значительной степени зависит от реакционных условий, вероятно, не учёт этого фактора и является причиной разночтений в литературе. Для эффективного получения наночастиц меди важно определить характер и степень влияния каждого реакционного параметра, определить необходимое соотношение реагентов и выяснить остальные оптимальные условия процесса, чтобы не допустить побочных взаимодействий в системе, приводящих к разрушению образующегося продукта.

В ходе эксперимента использовались: водный раствор сульфата меди (II) (C=0,5-2 М); раствор желатозы (C=20-50 г/л); раствор аскор-

биновой кислоты ($C=1 \text{ M}$); гидроксид натрия (0,35-0,5 г. на 10 мл. раствора аскорбиновой кислоты).

Оптические спектры гидрозолей, содержащих металлические наночастицы, характеризуются наличием, так называемых максимумов поверхностного плазмонного резонанса (ППР), появляющихся при совпадении частоты падающей электромагнитной волны и собственных колебаний электронов в наночастице. Вид, интенсивность и положение ППР определяются размером, формой и степенью окисленности наночастиц. Для сферических наночастиц меди (размером 2-10 нм) положение ППР соответствует 570 нм. Так же в ходе эксперимента была использована программа OriginPro 8, с помощью которой удалось выяснить, что в некоторых образцах один пик можно разложить на два пика. Количество образующихся наночастиц растет с увеличением рН до 11, что согласуется со снижением величины электродного потенциала аскорбиновой кислоты в щелочной среде. Однако при дальнейшем увеличении щелочности среды происходит некоторое снижение степени восстановления меди, что может быть связано со снижением активности ионов меди (II) вследствие образования гидроксида.

Количество образующихся наночастиц закономерно растет с увеличением концентрации стабилизатора до 30 г/л, а затем выходит «на плато». Эта концентрация стабилизатора и была выбрана в дальнейшем в качестве оптимальной.

Исследована окислительная и седиментационная устойчивость дисперсий наночастиц меди, полученных в подобранных оптимальных условиях. При контакте с кислородом воздуха в течение 6 суток наблюдается уменьшение интенсивности максимума ППР, что, вероятно, связано с уменьшением количества наночастиц вследствие растворения более мелких при их окислении. Т. е. желатоза не может полностью предотвратить окисление наночастиц, но защищает золи от седиментации.

В ходе исследований было установлено, что образование НЧ существенно зависит от рН восстановительной среды, концентраций реагентов и их молярного соотношения.

На рисунке 1 показаны спектрофотометрические данные в области длин волн от 450 до 800. В ходе эксперимента использовались: водный раствор сульфата меди (II) ($C=1 \text{ M}$); раствор желатозы ($C=20 \text{ г/л}$); раствор аскорбиновой кислоты ($C=1 \text{ M}$); гидроксид натрия (0,5 г. на 10 мл. раствора аскорбиновой кислоты), а также водный раствор сульфата меди (II) ($C=1 \text{ M}$); раствор желатозы ($C=20 \text{ г/л}$); раствор аскорбиновой кислоты ($C=1 \text{ M}$); гидроксид натрия (0,45 г. на 10 мл. раствора аскорбиновой кислоты), соответственно.

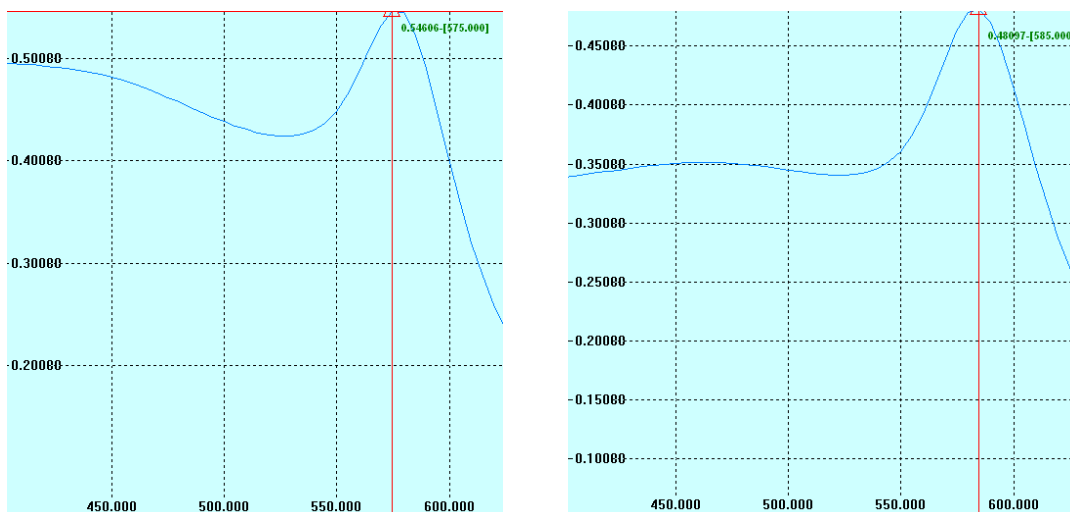


Рисунок 1 - Оптический спектр поглощения в первые сутки

На рисунке 2 показано уменьшение интенсивности максимума поверхностного плазменного резонанса спустя 144 часа, что, вероятно, связано с уменьшением количества наночастиц вследствие растворения более мелких при их окислении.

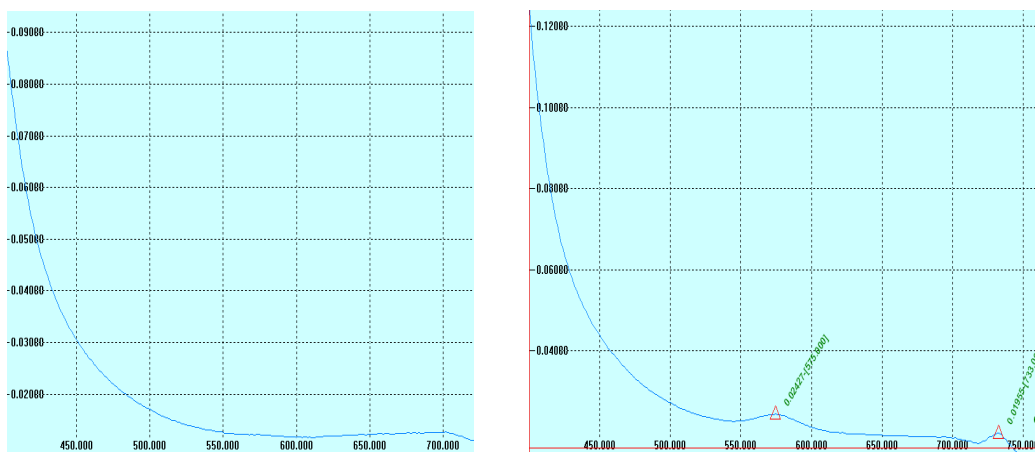


Рисунок 2 - Оптический спектр поглощения спустя 144 часа

По результатам эксперимента была построена модель по влиянию переменных факторов процесса: концентрации CuSO_4 , концентрации желатина, рН раствора.

А. Д. Петров,
судовий експерт сектору фізико-хімічних досліджень
відділу дослідження матеріалів речовин і виробів
(Луганський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС
України)

ВИЗНАЧЕННЯ АДСОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ВИЗНАЧЕННЯ ТРОТИЛУ У ЗМИВАХ

Науково-дослідницька робота була спрямована на визначення адсорбційних властивостей матеріалів на видалення тротилу з рук людини, що використовуються при вилученні зразків, та можуть бути ефективними. Пошук зручних та якісних методів вилучення зразків для дослідження вибухових речовин які можуть ефективно використовуватись слідчими та експертами криміналістами в умовах обшуку місця події без додаткової підготовки для використання. В якості досліджуваних об'єктів були запропоновані матеріали широкого розповсюдження та які можуть ефективно використовуватись без додаткової підготовки, це насамперед марлеві тампони просочені етиловим спиртом 96%, які використовуються в більшості випадків, стерильні вологі серветки з нетканого матеріалу які містять в якості дезінфікуючого засобу розчин ізопропілового або етилового спирту та інші допоміжні та дезінфікуючі домішки.

Основною проблемою при проведенні експертизи вибухових речовин є вилучення з матеріалу носія достатньої кількості вибухової речовини яку можливо визначити методами тонкошарової та газорідної хроматографії які використовуються в повсякденній роботі експертних центрів. Визначення здатності матеріалу, що використовується у якості засобу для вилучення тротилу з долонь людини, на кількість тротилу який можливо визначити в лабораторних умовах, користуючись методиками дослідження вибухових речовин. Одним з вагомих факторів, які впливають на адсорбційні властивості, є структура матеріалу, на який здійснюється відбір зразків з долонь людини.

Досліджувані матеріал до використання: дві марки серветок з нетканого матеріалу «Гранум» та «PARAMED» просочених спиртовим розчином для ін'єкцій (просочена 70% розчином ізопропілового спирту на нетканій основі розміром 6х3 см, склад матеріалу - віскоза 70 % та волокна поліпропілену 30 %). В якості матеріалу використовують різноманітні неткані матеріали, серед яких: термобонд, спанбонд, кеміклбонд, спанлейс, айрлейд. У найбільш дешевих

серветках використовуються тонкі термоскріплені полотна (термобонд і спанбонд), а також поряд з ними і хімічно скріплені полотна (кеміклбонд). У серветках високої цінової категорії застосовуються вже особливо м'які і більш щільні полотна - спанлейс і айрлейд.

Таблиця - Характеристика досліджуваних матеріалів

Матеріал	Характеристика
Термобонд (Thermobond)	віскоза та поліпропілен, склеєні волокна, щільність 20-23 г / м ²
Спанлейс (Spanlace)	віскози, поліефіру, поліпропілену целюлози, бавовни, переплетенні волокна
Айрлейд (Airlaid)	віскози, поліпропілену склеєні волокна, щільність 50-55 г / м ²
Бинт марлевий стерильний	бавовна, переплетенні волокна щільність 30-32,0 г / м ²

Структура поверхонь матеріалів дуже різноманітна, від більш пористої як в марлевих серветках, до менш пористої в нетканому матеріалі. Також серветки з нетканого матеріалу та марлевий тампон відрізняються щільністю та матеріалами виготовлення від синтетичних, та напівсинтетичних до натуральної бавовни. Слід зазначити, що візуально нетканий матеріал різного складу волокон нічим не відрізняється, а здатність вбирати вологу дорівнює приблизно (до 800%). Саме різниця в наданих матеріалах може впливати на кінцевий результат.

Одним з факторів, що впливає на ефективність вилучення тротилу саме з матеріалів носіїв після нанесення на нього мікро кількості тротилу є структура самого матеріалу, без розчинника, яка впливає на здатність віддавати (вимивати) тротил з своїх волокон, та менше утримувати його.

Досліди проводились з нанесенням розчину тротилу в ацетоні на матеріали носії з подальшою їх екстракцією ацетоном, та проведенням дослідження для визначення ефективності абсорбційних властивостей матеріалів за допомогою тонкошарової та газорідної хроматографії. Для визначення кількості тротилу було побудовано калібрувальний графік, та отримано лінійну залежність площі піку від концентрації тротилу. Отримані дані обробляли за допомогою калібровки.

Данні дослідження чітко показують, що різні структури матеріалів не однаково впливають на адсорбцію тротилу з матеріалу носія. Більш пориста та вільна структура марлевих тампонів легше вивільнює тротил з своїх волокон ніж нетканий матеріал. Але все одно більша частина тротилу втрачається під впливом сорбційних властивостей матеріалу та інших втратах, що складає приблизно 75-80%.

Велика кількість слідів вибухових речовин втрачається за час

між вилученням та отриманням результатів дослідження. Причиною тому є ряд факторів. Насамперед, це кількість самої вибухової речовини, структура матеріалу для відбору проб, вид розчинника, що використовувався в якості засобу для відбору проб, та інше.

Порівнювали матеріали які широко розповсюджені та мають різну структуру. Нетканый матеріал показав гірші результати при вилученні з нього вибухової речовини в порівнянні з марлевими тампоном. Використання марлевого тампону є більш бажаним, але його використання може бути не завжди зручним, бо потребує готового для використання чистого матеріалу.

Таким чином, вибір матеріалу залежить від кожного випадку окремо. Отримані результати досліджень дають змогу зробити висновок, що від вибору матеріалу, що використовується в якості носія, залежить кінцевий результат експертного висновку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Титова Л.А., Чайкина Н.Н. Добрынина Е.А., Нестерова Е.В.. Новые технологии для оптимизации работы среднего медицинского персонала. (2015). Ijournal [Online], с. 1-6. DOI: 10.18411/Ij2016-1-19. Взято з http://Ijournal.ru/wp-content/uploads/2016/02/tit-chai-dobrnest_01_25.12.2015.pdf.
2. Нетканые материалы. Взято з <http://www.zetel.ru/services/materialy>.
3. Тряпки и салфетки из нетканых материалов. Взято з <http://www.ruhim.ru/article/tryapki-i-salfetki-iz-netkanogo-materiala.htm>
4. Лобачева Г. К., Кайргалиев Д. В. Экспресс-обнаружение взрывчатых веществ в воздухе. (2015). Вестник ВолГУ. Серия 10: Инновационная деятельность. №4. Взято з cyberleninka.ru/article/n/ekspress-obnaruzhenie-vzryvchatyh-veschestv-v-vozduhe.

УДК 678.517:667.612.6(075.8)

А. В. Касперович, зав. каф. ПКМ, канд. техн. наук;
Э. Т. Крутько, проф., д-р техн. наук (БГТУ, г. Минск);
А. А. Волчков, инж. (Завод “Полимир” ОАО “Нафтан”, г. Новополоцк)
Yi Zhang, студ.; Junqi Zhao, студ.
(Beijing Institute of Technology, Beijing, China)

СИНТЕЗ ИМИДОСОДЕРЖАЩИХ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Каучуки, благодаря специфичности своих свойств, находят широкое применение в самых различных материалах. Наиболее крупным потребителем каучуков является резиновая промышленность, кроме которой их используют в промышленном производстве пластических масс (для получения ударопрочных пластиков, пенопластов и др.), в кабельной промышленности, для производства различных строительных материалов и др. В этой связи исследования возможности улучшения их эксплуатационных свойств весьма актуальны. В последние годы особое внимание в качестве модифицирующих реагентов промышленно производимых полимер-олигомерных систем привлекают реакционноспособные полифункциональные имидосодержащие соединения (ИС), позволяющие целенаправленно регулировать их структуру и свойства, расширяя ассортимент новых перспективных полимерных материалов, в том числе и эластомерных.

Синтез имидосодержащих модификаторов (бис-малеинимидов) проводили двухстадийным способом. Первую стадию процесса – получение бис-амидокислот – (БАК) осуществляли при 15-20 °С прибавлением к раствору тщательно очищенного многократной перекристаллизацией из изопропилового спирта или сублимированного в вакууме соответствующего ароматического диамина (N,N'-дифенилметан-, N,N'-дифенилоксид-, N,N'-м-фенилендиамин) в осушенном над гидридом кальция и свежеперегнанном в вакууме полярном апротонном растворителе – диметилформамиде, диметилацетамиде, диметилсульфоксиде или в их смесях стехиометрического количества малеинового ангидрида (марка ч.д.а). Реакцию проводили при непрерывном перемешивании в течение 2,0-3,0 часов. Вторую стадию – химическую циклодегидратацию синтезированных БАК – осуществляли нагреванием при 70 – 90 °С соответствующей бис-амидокислоты с имидизирующей смесью, состоящей из уксусного ангидрида и ацетата натрия в соотношении 2,5 : 0,5 моль на моль бис-амидокислоты или в присутствии каталитических количеств нового синтезированного соединения - эфира борной кислоты (бензимида-

зол-2-ил-тио)-о-фениленбората, использование которого в процессе циклодегидратации БАК, позволило увеличить выход целевого продукта БМИ с 60% до 75-80% при сокращении времени имидизации с 2,0-х часов до 60 минут. По окончании процесса бис-малеинимиды (БМИ) выделяли и перекристаллизовывали из смеси этилового и н-пропилового спиртов при их объемном соотношении 1 : 1. Температуры плавления синтезированных БМИ соответствовали литературным данным.

Определение строения полученных имидосодержащих модификаторов проводили с использованием метода инфракрасной спектроскопии (ИКС). Для получения ИК спектров образцов синтезированных модификаторов их запрессовывали в таблетки с бромидом калия. Исследования осуществляли с использованием ИК Фурье спектрометра Nicolet 7101 (США) в диапазоне $4000 - 300 \text{ см}^{-1}$, разрешение 1 см^{-1} .

В качестве объектов исследования использовали как ненаполненные эластомерные композиции, так и промышленные смеси, предназначенные для обрешивания текстильного корда, на основе синтетического изопренового (СКИ-3) и натурального (НК) каучуков с различным содержанием имидосодержащего модификатора. Приготовление ненаполненных смесей осуществляли на лабораторных вальцах в соответствии с ГОСТ 14925-79 .

В состав наполненных рецептур входил не только эластомер и вулканизирующая группа, но и наполнители, пластификаторы, противостарители и достаточно большое количество ингредиентов специального назначения. Введение наполнителя влияет на уровень пластоэластических и физико-механических свойств вулканизатов.

Исследование изменений свойств наполненных эластомерных композиций при введении полученных модификаторов проводили с использованием промышленной резиновой смеси, предназначенной для обкладки кордного брекера, на основе натурального каучука (НК). Важно подчеркнуть, что резины должны быть высоко выносливы к многократным деформациям и обладать низкими гистерезисными потерями, сохраняя физико-механические свойства при высоких температурах, обладать достаточной прочностью связи с текстильным кордом, иметь высокую адгезию между слоями, должны обладать хорошей теплопроводностью, для отвода тепла, которое выделяется, например, в каркасе и в основании протектора, а также достаточной адгезией с другими деталями изделия и обеспечивать высокий адгезионный контакт между дублируемыми элементами в процессе изготовления полуфабрикатов, например, при сборке покрышек и в процессе эксплуатации шин. Для формирования адгезионного контакта требу-

ется высокая пластичность и клейкость смесей, продолжительное пребывание смесей в вязко-текучем состоянии в начальный период вулканизации. Обкладочные резиновые смеси должны хорошо обрабатываться на каландрах, обладать достаточной клейкостью, когезионной прочностью. Предъявляемым требованиям в полной мере удовлетворяют резины на основе СКИ-3 и НК, содержащие и модифицирующую имидосодержащую добавку.

Для вулканизации непередельного НК применяется сера в количестве 1,5–5,0 масс.ч. в зависимости от состава вулканизирующей группы и типа шинной детали. Увеличение содержания серы в резинах приводит к повышению концентрации межфазных связей каучук – сера – корд, а следовательно и к повышению прочности связи резины с кордом. В качестве ускорителя вулканизации применяется сульфенамидный ускоритель, обладающий индукционным периодом, благодаря которому резиновая смесь в начальный период вулканизации остается в вязкотекучем состоянии, исключая подвулканизацию и обеспечивая проникновение смеси в структуру кордных нитей. Для повышения прочности связи резины с текстильным кордом традиционно используют модификатор РУ, МФБМ и др.

Определение прочности связи резина – корд проводили по Н-методу, заключающемуся в выдергивании на разрывной машине нити полиэфирного текстильного корда марки 18ПДУ-П из резинового образца. Испытания проводили в соответствии с ГОСТ 14863-69.

Анализ полученных данных показал, что введение синтезированных имидосодержащих соединений в резиновые смеси приводит к увеличению прочности связи резина-корд не только при нормальных условиях, но и при повышенных температурах, а также после старения образцов в паровоздушной среде. Это обусловлено, по-видимому, формированием в структуре полимерной матрицы более плотной пространственной сетки в присутствии реакционно-способных имидосодержащих модифицирующих реагентов, предопределяя улучшение качества и возможность пролонгирования срока службы резинотекстильных и резинокордных изделий, в том числе и при воздействии температурно-силовых полей.

УДК 678.55(075.8)

Э. Т. Крутько, проф., д-р. техн. наук (БГТУ, г. Минск);
Е. С. Запольская, инж. (ОАО «БЕЛОМО», г. Минск)

СИНТЕЗ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАСЫЩЕННОГО ПОЛИЭФИРА НА ОСНОВЕ ГЛИЦЕРИНА И БИЦИКЛИЧЕСКОЙ ДИКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Немодифицированные насыщенные полиэфиры получают взаимодействием двух или многоатомных спиртов с двух- или многоосновными кислотами (или их ангидридами). Насыщенные полиэфиры можно также получать поликонденсацией оксикислот и полимеризацией лактонов. В качестве спиртовых компонентов применяют чаще всего этиленгликоль, ди- и триэтиленгликоль, пропиленгликоль, глицерин, в качестве кислотных – янтарную, адипиновую, себациновую кислоты и фталевый ангидрид. Олигоэфиры характеризуются бесцветностью и повышенной светостойкостью, однако в немодифицированном виде они недостаточно водо- и щелочестойки. Широкое распространение получили модифицированные маслами насыщенные полиэфиры – алкидные олигомеры. Основной особенностью алкидных олигомеров является многообразие функциональных групп в их составе, что позволяет производить модификацию этих пленкообразователей физическими и химическими методами. Один из путей физической модификации алкидов – использование их в смеси с аминосолами.

Для улучшения физико-механических свойств покрытий на основе алкидных олигомеров широко используется метод их химической модификации, осуществляемый различными путями. Одним из них является варьирование химического строения кислотной составляющей сложноэфирной молекулы олигомера, что достигается частичной или полной заменой используемого для синтеза алкидной смолы фталевого ангидрида на другие аналоги.

В данной работе представлены результаты исследований по синтезу модифицированной маслами алкидной смолы с использованием в качестве кислотного реагента в процессе поликонденсации ангидрида бицикло [2,2,1]-гептен-2,3-дикарбонической кислоты (АБГК), получению лаковых покрытий, и изучению их эксплуатационных характеристик. Получение АБГК осуществляли по реакции Дильса-Альдера: конденсацией циклопентадиена с малеиновым ангидридом.

В реактор, снабженный мешалкой, обратным холодильником, капельной воронкой, вводили 61,2 г. малеинового ангидрида, растворенного в 300 мл свежеперегнанного бензола. Затем медленно, по ка-

плям прибавляли из капельной воронки циклопентадиен. Температуру реакционной среды поддерживали при 40 ± 1 °С. После окончания синтеза раствор охлаждали, образовавшиеся кристаллы АБГК отфильтровывали, перекристаллизовывали из смеси бензол: петролейный эфир (1:1).

Для синтеза алкидной смолы в качестве спиртовой компоненты использовали глицерин, а в качестве модифицирующих масел - льняное и подсолнечное. Важно отметить, что алкидную смолу, получаемую с использованием в качестве спиртового компонента АБГК можно применять для получения модифицированной меламиноалкидной смолы. При модификации меламино-формальдегидных олигомеров (МФО) алкидными смолами путем их смешения образуются хорошо совмещаемые композиции, в которых при формировании покрытий горячего отверждения протекает совокупность химических реакций, таких как гомоконденсация меламиноформальдегидных олигомеров, их гетероконденсация с алкидными смолами (АС) по концевым аминогруппам МФО с карбоксильными группами (АС), гидроксильных и карбоксильных концевых групп сложного полиэфира, концевых гидроксиметилольных и гидроксильных групп МФО и АС. Условия синтеза алкидной смолы варьировались по температуре стадий процесса, их продолжительности, присутствию или отсутствию катализаторов и контролировались по стадии переэтерификации по растворимости в этиловом спирте, а по стадии конденсации по кислотному числу, обеспечивающему растворимость синтезируемого олигомера (линейная структура).

Лаковые покрытия на субстраты наносили аппликатором из растворов. Отверждение проводили в термошкафу. После отверждения толщина покрытий составляла 20-30 мкм. Твердость покрытий определяли по маятниковому прибору ТМЛ в соответствии с ГОСТ 5233, эластичность при изгибе – по ГОСТ 6806, адгезию – по ГОСТ 15140, прочность при ударе – по ГОСТ 4765.

Установлено, что химическая модификация алкидной смолы (ГФ) заменой фталевого ангидрида на циклоалифатический АБГК позволяет увеличить твердость, прочность, адгезию покрытий, формируемых на стальных субстратах.. Для обеспечения заданных свойств формируемых покрытий необходимо строго соблюдать технологические параметры процесса глицеридного синтеза алкидного олигомера на основе АБГК как на стадии переэтерификации, с фиксированием выдержки переэтерификата от момента исчезновения разделения фаз масло и глицерин не менее 8-10 мин, так и на стадии поликонденсации, не допуская перехода линейного олигомера в трехмерный сши-

тый продукт. В данной работе также исследована возможность модификации синтезированного алкидного олигомера нефтеполимерной смолой. Для этого использовали смолу нефтеполимерную лакокрасочную марки Б (ТУ 38,10918-79) с температурой размягчения 91°C и массовой долей нелетучих веществ 99,86%. Бинарные смеси НПС и алкидного олигомера (АБГК – глицерин, жирность 30%, модификатор – льняное масло) готовили при различных соотношениях растворов исходных олигомеров с интервалом 10%, используя при этом раствор НПС в сольвенте с массовой долей нелетучих веществ 50%.

Все получаемые растворы пленкообразующих олигомеров были практически прозрачными. В процессе прогрева образцов изначально прозрачные пленки мутнели. Степень мутности возрастала с увеличением времени прогрева по мере испарения растворителя. Вероятно, это обусловлено изменением фазового состава смеси. При массовой доле олигомеров 50% система гомогенна и прозрачна. В ходе отверждения концентрация смеси олигомеров возрастает и система переходит в гетерогенную область. Это позволяет предположить, что исходная бинарная смесь олигомеров ограниченно совместима и с изменением их соотношения происходит фазовое расслоение системы.

Проведенные исследования свойств смеси пленкообразующих позволили установить, что в пределах совместимости НПС и синтезированного олигомера свойства покрытий на основе композиций бинарных систем улучшаются по сравнению с немодифицированными образцами алкидных смол.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных результатов по синтезу алкидных смол с использованием ангидрида бицикло (2,2,1)-гептен -2,3 дикарбоновой кислоты или НПС можно утверждать, что полная или частичная замена фталевого ангидрида на АБГК при получении алкидных смол различной степени жирности и строения спиртового компонента вполне возможна, тем более, что производство АБГК в Беларуси можно легко осуществить в рамках программы малотоннажной химии.

Э. Т. Крутько, проф., д-р техн. наук;
М. В. Ягодкина, мл. научн. сотр. (БГТУ, г. Минск);
Е. С. Запольская, инж. (ОАО «БЕЛОМО», г. Минск)

СТРУКТУРИРОВАННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ АЛИФАТИЧЕСКОГО ПОЛИАМИДА.

Известны различные полимерные материалы на основе полиамидных смол, полученных путем их химической модификации различными реакционноспособными полифункциональными реагентами. Получение композитов позволяет значительно расширить круг материалов и разнообразие их эксплуатационных свойств на основе промышленно производимого полиамида-6 на ОАО «ГродноАзот» (г. Гродно, Республика Беларусь).

Так, известна композиция полиамида-6, содержащая следующие компоненты, мас. %:

– поли-ε-капроамид (полиамид -6)	90,0-97,0
– терефталевая кислота	1,0 - 5,0
– метафениленбисмалеинимид	1,0 - 2,0
– модифицированная канифоль	1,0 - 3,0

Данная композиция используется для получения клея-расплава с повышенными адгезионными свойствами, за счет использования в качестве модифицирующего ингредиента метафениленбисмалеинимида, обладающего реакционноспособными двойными связями и пятичленными имидными циклами, обеспечивающими формирование в системе полимерной композиции при нагревании более густосшитой трехмерной сетки. Эффективное структурирование в сочетании с наличием термостойких имидных фрагментов в получаемом полимерном композиционном материале определяют не только активизацию его взаимодействия с субстратом, но и повышение устойчивости формируемой полимерной системы к воздействию температурно-силовых полей. В совокупности это важно при использовании полиамида-6 не только при создании высокотемпературных клеев-расплавов, но и при разработке полимерных покрытий безрастворного типа (порошковых лакокрасочных материалов).

В данной работе в качестве модифицирующего компонента, также способного структурировать полимерную матрицу, предложено имидосодержащее полифункциональное производное тетраамина: N,N,N',N' - 3,3',4,4' - дифенилоксид тетраамалеинимид (ТМИ), синтез которого осуществляли двухстадийным способом. Первую стадию реак-

ции – получение тетраамалеамидокислоты (ТМК) – проводили при 20°С путем постепенного прибавления к раствору тетраамина в диметилформамиде стехиометрического количества малеинового ангидрида. Реакцию проводили при интенсивном перемешивании в течение 2,0 – 3,0 часов. Вторую стадию – циклодегидратацию ТМК – осуществляли нагреванием при 70 – 90°С тет-раамидокислоты с имидизирующей смесью, состоящей из уксусного ангидрида и ацетата натрия в соотношении 2,5 : 0,5 моль на моль бис-амидокислоты в присутствии борорганического соединения в качестве катализатора процесса.

Полимерную композицию готовили следующим образом: в реактор при температуре 260-270° С в токе инертного газа (азота) вводят последовательно поли-ε-капроамид (полиамид б), терефталевую кислоту, перемешивают 10-15 минут, затем вводят N,N,N',N'-3,3',4,4'-дифенилоксид тетраамалеинимид (ТМИ) и температуру в зоне реакции снижают до 210-220 ° С, затем загружают модифицированную канифоль и содержимое реактора гомогенизируют при перемешивании компонентов среды. Общее время синтеза составляет 25-30 минут.

В качестве модифицированной канифоли используют талловую канифоль, модифицированную 3-5% фумаровой кислоты.

Поли-ε-капроамид (полиамид б) содержит минимальное количество (1-2%) низкомолекулярных веществ (ОСТ 6-06-С9-83).

Ток азота необходим для исключения контакта расплавленной смеси компонентов с кислородом воздуха и влагой, содержащейся в воздухе, для предотвращения термоокислительной деструкции компонентов и исключения гидролитической деструкции полиамида б.

За счет особенностей структуры ТМИ по-видимому, возможно более эффективное структурирование полимерной системы на основе полиамида-б в процессе формирования клеевого шва, или полимерного покрытия на металлических поверхностях из низкосортной стали, что обеспечивает увеличение его адгезионной прочности к субстратам путем образования дополнительных химических связей по сравнению с прототипом.

Адгезионную прочность клеевого шва оценивали путем испытания склеек на расслаивание и сдвиг по известным методикам. Для приготовления клеевых соединений использовали кожу для верха обуви (ГОСТ 939-88). Испытания проводили на разрывной машине З-05. Температуру размягчения определяли методом кольца и шара по ГОСТ 11506-73. Полученные экспериментальные данные показали, что предел прочности при расслаивании и предел прочности при сдвиге клеевого шва у предлагаемой композиции клея –расплава для всех сравниваемых примеров выше, чем у композиции-прототипа при

несколько более низких температурах размягчения.

Получение композиций полиамида-6 для триботехнических покрытий получали введением ТМИ в заданных количествах в алифатический полиамид, который находился в порошкообразном или гранулированном виде.

Образцы для исследований получали по двум технологиям – литья под давлением на термопластавтомате при режимах, соответствующих режимам переработки базового полиамида (лопатки, бруски, столбики, кольца), и псевдооживленного слоя, осаждая смесь порошкообразных компонентов на металлическую подложку с последующим оплавлением (монолитизацией) покрытия.

Параметры деформационно-прочностных характеристик определяли на стандартных образцах по общепринятым методикам. Адгезионную прочность покрытий, сформированных на подложке из стали 45, определяли методом решетчатых надрезов по стандартной методике.

Триботехнические характеристики композиционных материалов для триботехнических покрытий оценивали на машине трения типа СМЦ по схеме «вал-частичный вкладыш» при скорости скольжения 0,5 м/с, нагрузке 2,5 МПа без применения смазочного материала. Образцы для исследований представляли собой сегменты с площадью контакта 2 см², выполненные из композиционного материала или стали 45 с нанесенным на рабочую поверхность покрытием толщиной 150–200 мкм.

Исследования эксплуатационных характеристик триботехнических покрытий, формируемых на металлических поверхностях карданных валов, свидетельствуют об их улучшении по сравнению с известными композиционными составами на основе полиамида-6, что позволяет рекомендовать их к промышленному применению в качестве антифрикционных покрытий на металлических поверхностях изделий и конструкций, применяемых в машиностроительной индустрии.

УДК 667.633.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАВЕРШЕННОСТИ ПРОЦЕССА ЦИКЛОДЕГИДРАТАЦИИ ФОРПОЛИМЕРА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ПОЛИИМИДА МЕТОДОМ ГЖХ

К числу важнейших полимеров, используемых в микроэлектронике, авиа-, космической и электротехнической промышленности, относятся полипиромеллитимиды (ПИ). Благодаря уникальному комплексу эксплуатационных свойств (высокие диэлектрические, механические характеристики, радиационная стойкость в широком температурном диапазоне, химическая, термо- и термоокислительная стабильность) их применяют в качестве диэлектрических слоев, герметизирующих, планаризирующих и защитных покрытий, неадгезированных пленочных материалов, термостойких волокон и др. Однако ПИ обладают и рядом недостатков, основными из которых являются неплавкость и нерастворимость, ограничивающих их практическое использование. В этой связи весьма перспективным направлением в области создания новых термостойких полиимидных материалов является синтез растворимых полиимидов путем использования мономеров (диаминов и диангидридов) пространственного (непланарного) строения, неароматической структуры, варьированием условий синтеза форполимеров, использованием для их превращения в полиимиды каталитической термической и химической имидизации. При этом важным является контроль степени завершенности процесса циклодегидратации, определяющей эксплуатационные свойства образующегося полимера. Варьируя диаминную и диангидридную составляющие макромолекулы, можно получать ПИ материалы с разнообразными эксплуатационными характеристиками.

Нами для получения растворимых полиимидов в качестве исходного диангирида тетракарбоновой кислоты использован диангидрид бициклической структуры, синтезированный путем конденсации малеинового ангидрида с α -пироном по реакции Дильса-Альдера, а в качестве диаминного фрагмента - 4,4' - диаминодифенилоксид. Одностадийный высокотемпературный синтез осуществляли в среде тщательно очищенного и свежеперегнанного в вакууме м-крезола при постепенном подъеме температуры от комнатной до 165-170° С в течение 5-6 часов. Контроль за ходом превращения форполимера в

полиимид осуществляли с помощью метода газо-жидкостной хроматографии, фиксируя количество выделяющейся воды из образцов форполимера, отбираемых в ходе процесса превращения его в полиимид. Изучение процесса термической циклизации полиамидокислот осуществляли в изотермическом режиме на хроматографе с детектором по теплопроводности (колонки термостатировали при 127° С, температура катарометра 206°С). Навеску пленки полиамидокислоты 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 300° 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. На поверхность сорбента наносили жидкую фазу.

Благодаря бициклической циклоалифатической структуре, синтезированные нами циклоалифатические полиимиды в отличие от ПИ ароматического строения обладают хорошей растворимостью в полярных апротонных растворителях (диметилформамиде, диметилацетамиде, N-метилпирролидоне), причем температура стеклования их лежит в интервале 215 – 245 С, в зависимости от величины молекулярной массы, а десятипроцентная потеря массы в атмосфере азота происходит в температурном интервале 325 – 410 °С. Важно отметить, что пленки из них, в отличие от желто-окрашенных ароматических систем, прозрачны и бесцветны.

Показано, что в процессе одностадийного высокотемпературного синтеза растворимых циклоалифатических полиимидов макромолекулы не происходит структурирование материала.

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

ВЛИЯНИЕ МЯГЧИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

С развитием строительства нефтегазопроводов и других подземных коммуникаций возрастает потребность в изоляционном материале для защиты их от коррозии.

Наибольшее распространение в качестве изоляционного материала получили нефтяные битумы, имеющие высокие эксплуатационные свойства и низкую стоимость. В мире битумными покрытиями изолируется около 97% подземных трубопроводов. Основным достоинством битумных покрытий является их эластичность, водостойкость, высокое электрическое сопротивление и хорошая адгезия к металлу.

Долголетняя практика изоляции металлических трубопроводов от групповой коррозии показала, что применявшиеся для этого ранее изоляционные покрытия, основанные на использовании битумных мастик, без добавки и с добавкой минеральных наполнителей, в сочетании их с гидроизолом и крафт-бумагой являются недостаточно качественными. Многослойность этих покрытий, малая вязкость битумных мастик при нанесении их методом облива, затрудняющая наращивание слоя нужной толщины, хрупкость материалов при отрицательных температурах затрудняют механизацию изолированных работ, сужают сроки сезонности, повышают стоимость этих работ и ведут к перерасходу материалов. Получаемые покрытия нетермоустойчивы, механически непрочны, способны к влагонасыщению и поэтому недолговечны.

Более совершенными изоляционными покрытиями являются битумно-резиновые материалы,

Существует две модификации резино-битумных материалов:

- рулонный материал бризол;
- битумно-резиновая мастика.

Основные физико-механические свойства гидроизоляционного рулонного материала бризол зависят от основного компонента бризольной массы – битума.

Качество мягчителя (битума) зависит от способа его получения, типа окислительной установки. Кроме того, одним из возможных вариантов изменения свойств мягчителей является модификация.

В качестве модификаторов могут быть использованы высококомо-

лекулярные вещества (полимерные отходы сепарации и полимеризованный пек) и активные наполнители (технический углерод и уголь).

В последнее время указанные компоненты все больше и больше начинают использоваться в полимерных материалах. В настоящее время выпускаются и разрабатываются вновь гидроизоляционные материалы на основе силиконовых, полиуретановых, этиленпропиленовых бутилкаучуков, термоэластопластов и г. д. Общим недостатком этих материалов является высокая стоимость и сырья, что препятствует их широкому использованию. Поэтому все еще очень остро стоит вопрос создания новых герметизирующих и гидроизоляционных материалов, дешевых, дефицитных, удовлетворяющих требованиям строительства.

По-видимому, невозможно создать универсальный гидроизоляционный материал, удовлетворительно работающий в любых климатических условиях и в любых конструкциях.

Одним из методов получения изоляционного материала с заданными свойствами является пластификация, т.е. введение в битум веществ, химически не взаимодействующих, но образующих гомогенную систему битумов. Основное значение пластификаторов – повысить пластичность изоляционных материалов для нанесения их при температуре до -25°C . Пластификаторы считаются эффективными, если при введении их в битум наряду с приданием мастики упруго-пластичных свойств наблюдается наименьшее снижение вязкости и температуры размягчения.

Гидроизоляционный материал бризол представляет собой рулонный материал, изготавливаемый методом вальцевания и последующего каландрирования смеси. Композиционный состав гидроизоляционного материала – бризол следующий, % масс: битум – 53, резиновая крошка – 35, асбест – 12.

Как видно, битум оставляет большую часть компонентов, входящих в состав бризола, поэтому его физико-химические свойства в большей степени влияют на качество гидроизоляционного материала.

В данном исследовании ставилась задача выработать требования, которые предъявляются к мягчителям, разработать технологические условия их получения, изучить влияние модификации мягчителей на физико-механические свойства гидроизоляционных материалов.

Сырьём в процессе получения мягчителя служит прямогонный гудрон. В качестве модифицирующих добавок использовали полимерные отходы 1 – ой и 2 – ой ступеней сепарации установок по производству полиэтилена высокого давления, полимеризованный талло-

вый пек и мелкодисперсный уголь. Исследования по окислению высокомолекулярных соединений велись на лабораторной установке.

Сырьём для создания изоляционных материалов служил битум и модифицирующая добавка. Модифицированный мягчитель расплавлялся при температуре 150 – 160°C и в него вводили резиновую крошку при постоянном перемешивании. Время набухания крошки 30 минут. В полученную массу добавляли определённое количество асбеста и смесь перемешивали ещё 30 минут. Затем бризольную массу вальцевали в течение 6-8 минут при температуре валков 30-40°C.

Таким образом, в работе определены основные параметры процесса окисления гудрона с температурой размягчения 36°C с целью получения мягчителей.

Разработаны основные технологические условия на мягчители для получения гидроизоляционных материалов.

Исследовано влияние модификаторов мягчителя на физико-химические свойства битумов.

Проведенные исследования показали, что использование в качестве модификатора полимерных отходов позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 1,0 – 1,5 МПа и морозостойкостью – 5°C и – 15°C.

Использование в качестве модификатора технического углерода позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 1,1 – 1,82 МПа и морозостойкостью – 15°C

Использование в качестве модификатора мелкодисперсного угля позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 0,8 – 1,0 МПа и морозостойкостью – 5°C.

Использование в качестве модификатора поляризованного таллого пека позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 0,8 – 0,94 Мпа и морозостойкостью – 5°C.

Использование в качестве модификаторов поляризованного таллового пека и полимерных отходов II ступени сепарации позволило получить гидроизоляционный материал с пределом прочности 0,84-0,92 Мпа и морозостойкостью – 15°C.

Показано влияние качества резиновой крошки на технологичность бризольной массы. Произведено испытание рецептов гидроизоляционного материала в производственных условиях.

УДК 678.5.046:539

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

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДИСПЕРСНОСТИ СИЛИЦИЙ КАРБИДА НА ДИСПЕРСНУЮ СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Высоконаполненные эпоксидные композиты применяются при производстве и ремонте деталей и изделий, эксплуатируемых в условиях абразивного износа. В состав таких композитов вводят 300-900 мас.ч. наполнителей с высокой твердостью по шкале Мооса: силицийкарбиды и нитриды, электрокорунд, алюмосиликаты и др. Эти композиты являются гетерофазными, свойства которых зависят не только от характеристик исходных компонентов, а также от параметров дисперсной структуры.

В качестве параметров дисперсной структуры наполненных композитов используются: размер и форма частиц, их распределение по размерам, удельная поверхность, характер упаковки частиц и др. Одним из важных параметров наполнителей является величина паккинг-фактора ϕ_m , который определяет границу наполнения систем и позволяет учитывать основные перечисленные параметры наполнителей. В качестве обобщающих параметров структуры дисперсных эпоксидных систем использовали также «свободный объем наполнителя» ϕ_f , «удельный свободный объем наполнителя» ϕ'_f ; ϕ_f характеризует объем, заполняемый полимером, и в результате которого дисперсные частицы «раздвигаются» на определенное расстояние, этот параметр характеризует дисперсную систему в целом. Параметр ϕ'_f характеризует единичный объем материала вокруг дисперсной частицы наполнителя и его можно отнести к структурному элементу дисперсного композиционного материала.

Степень дисперсности силиций карбида характеризовали величиной удельной поверхности (m^2/g) с учетом расчетных значений (среднего размера частиц наполнителя), а также экспериментально определенных по методу BET на анализаторе площади поверхности и размера пор SA 3100 фирмы «BECKMAN COULTER» (США). Погрешность метода в данном случае составляет 5-10 относительных процентов.

Олигомерной матрицей эпоксидных композиций служила эпок-

сидная диановая смола ЭД-20 по ГОСТ 10587-84 ($M_n = 390$, содержание эпоксидных групп 21,2% мас.). В эпоксидную матрицу вводили дисперсные наполнители (до 600 мас.ч. на 100 мас.ч. смолы): силиций карбиды (ТУ У 24.1-00222226-059:2006) с различными размерами частиц (от 5 до 2200 мкм). Композиции готовили механическим смешением эпоксидной смолы, активного разбавителя - диглицидилового эфира диэтиленгликоля (10 мас.ч. на 100 мас.ч. смолы), наполнителей в необходимом соотношении и отвердитель - полиэтиленполиамин (10 мас.ч. на 100 мас.ч. смолы).

Определение величины пакинг-фактора ϕ_m наполнителей осуществляли методом вибрационного уплотнения с частотой вибрации 50 Гц.

Установлено, что экспериментально определенные значения удельной поверхности частиц силиций карбида размерами 5-2200 мкм составляют $0,985 \pm 0,086 \text{ м}^2/\text{г}$ соответственно и отличаются от расчетных ($0,357 \pm 0,001 \text{ м}^2/\text{г}$) вследствие различной формы и определенной пористости частиц, которая увеличивается с ростом их размера.

Выяснено, что величины ϕ_m значительно близки для силиций карбида с достаточно различными размерами частиц, что свидетельствует о высокой способности этих наполнителей к формированию упорядоченной структуры. ϕ_m для силиций карбида полидисперсного состава увеличивается вследствие того, что средние частицы занимают пространство между крупными, а мелкие - между ними. При этом мелкие частицы образуют «оболочку» вокруг частиц крупнодисперсного наполнителя за счет поверхностных сил.

Установлено, что наибольшее влияние на реологические характеристики высоконаполненных эпоксидных композиций имеют силиций карбиды с повышенным размером частиц (более 400 мкм).

Показано влияние «свободного объема наполнителей» ϕ_f на смену дисперсности систем и предложено при изготовлении высоконаполненных эпоксидных композиций сначала вводить мелкодисперсный наполнитель, для которого изменение ϕ_f практически не влияет на среднестатистическое расстояние между частицами наполнителя, а затем крупнодисперсные наполнители.

Изменение дисперсной структуры рассмотренных систем существенно влияет на эксплуатационные характеристики композитов: увеличение упорядоченности дисперсной системы при применении комбинации силиций карбидов с различными размерами частиц приводит к увеличению физико-механических свойств и износостойкости при интенсивном газоабразивном износе.

Н. Р. Прокопчук², проф. ;
А. Ю. Ключев¹, вед. науч. сотр., д-р техн. наук;
О. О. Макаревич¹, ст. науч. сотр. (¹ИФОХ НАН Беларуси, ²БГТУ, г. Минск)

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПО МЕДИ ВАРЬИРОВАНИЕМ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ, ОТВЕРДИТЕЛЕЙ И ПЛАСТИФИКАТОРОВ

В Республике Беларусь электроизоляционные лаки не производятся, но активно применяются. Поэтому актуальным является исследование, посвященное разработке новых термоотверждаемых лаков с улучшенными эксплуатационными свойствами. В качестве пленкообразователя нами выбраны эпоксидные смолы (ЭС) с различной молекулярной массой олигомерных молекул: Э-40, KER 828 (аналог ЭД-20), Этал 245. Эпоксидные смолы, по сравнению с другими смолами, отличаются более высокой прочностью при изгибе покрытия на их основе, при отверждении не образуют пор и вздутий. Наличие в молекулах ЭС двух типов функциональных групп (эпоксидных и гидроксильных) позволяет использовать широкий круг отвердителей. Нами использованы два перспективных отвердителя ЭС: канифолетерпеномалеиновый аддукт (КТМА) и терпеноидномалеиновый аддукт (ТДМА) [1,2]. Пластификаторами служили стандартные дибутиловый эфир фталевой кислоты (ДФФ) продукт конденсации эпихлоргидрина с диэтиленгликолем (ДЭГ-1). Для определения оптимального соотношения ЭС: отвердитель готовили лаковые композиции составов 3:1, 3:2, 3:3. Для определения механических свойств покрытий вначале готовились 20-% раствора ЭС в этилацетате. Затем вводились пластификаторы в количествах: ДБФ 2%, 3%, 4% и 5% мас. и ДЭГ-1 3%, 5%, 7% и 10% мас. После добавления расчетных количеств отвердителей лаковые композиции наносились аппликатором на медные подложки с толщиной мокрого слоя 100 мкм. После отверждения покрытия за счет удаления растворителя из них и толщина колебалась в пределах 16-24 мкм. Выбор оптимальной температурного режима отверждения покрытий после их предварительной сушки, производился путем сопоставления времени отверждения при температурах 120°C, 140°C, 160°C (рисунок 1). Использовались композиции эпоксидных смол Э-40 и KER 828 и отвердитель ТДМА. Из рисунка 1 следует, что время отвердителя уменьшается как с увеличением температуры, так и количество отвердителя. Наиболее приемлемой температурой отверждения является 160°C, лаковые покрытия полученные при этой температуре гладкие, ровные, без кратеров на поверхности. Наличие кратеров на поверхности покрытий, отвержденных при 120°C и 140°C, свидетельствует о том, что летучие вещества, в частности раство-

ритель, не успевают испариться до начала процесса формирования трехмерной сетчатой структуры.

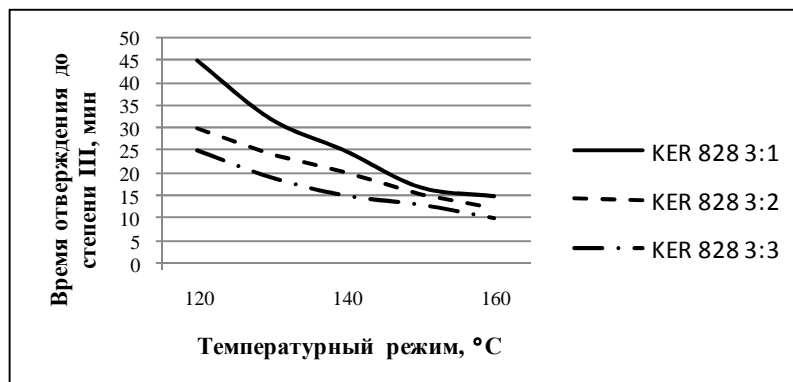


Рисунок 1 - График зависимости времени отверждения от температурного режима отверждения

На рисунке 2 представлена зависимость твердости покрытий на основе смолы KER 828, отвержденных при 160°C с разным количеством ТДМА.

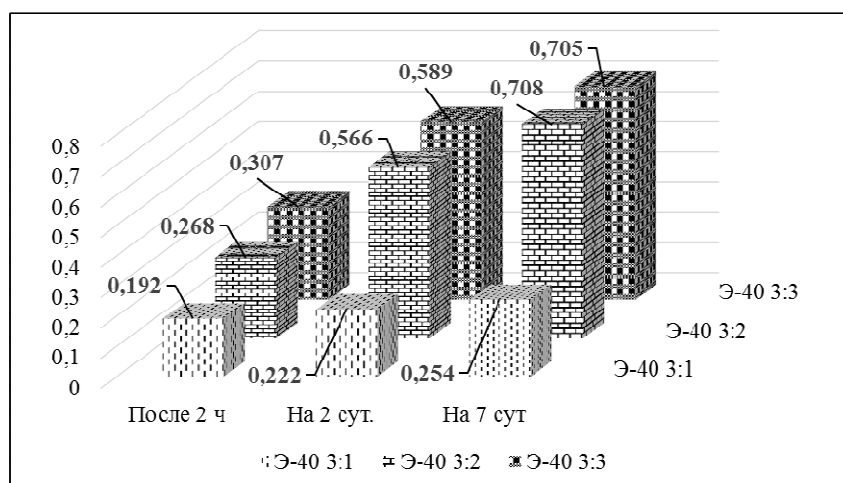


Рисунок 2 - Диаграмма зависимости твердости покрытия от соотношения смолы Э-40 и отвердителя ТДМА

Видно, что твердость покрытий возрастает с ростом количества отвердителя, вначале резко, затем с замедлением. С увеличением времени выдержки отвержденных покрытий до начала их твердость также существенно возрастает, достигая максимального значения через 7 суток после отверждения, когда пространственная химическая сетка полностью сформирована. Аналогичная зависимость получена для покрытий на основе смолы Э-40. При этом прочность при ударе всех образцов имеет очень низкие значения (менее 10 см), что свидетельствует о высоких внутренних напряжениях в сетчатой структуре покрытия. Высокая хрупкость полученных покрытий не позволяет их использовать в производстве электропроводов, часто подвергаются деформации на из-

гиб. После определения оптимального соотношения смола:отвердитель для Э-40, KER 828, Этал 245, ТДМА и КТМА и режима отверждения (160°C, до 20 минут) получены покрытия по меди с хорошей твердостью, но низкой прочностью при ударе. Для повышения эластичности покрытия, а, следовательно, и прочности при ударе, в композиции дополнительно введены пластификаторы:

Таблица - Физико-механические свойства термоотверждаемых ЭС

	Твердость, отн. ед	Адгезия, балл	Прочность при ударе, см
<i>ЭД 20 + КТМА</i>			
ДБФ 2%	0,716	3	>10
ДБФ 3%	0,850	3	10
ДБФ 4%	0,892	3	20
ДБФ 5%	0,892	3	10
<i>ЭД 20 + КТМА</i>			
ДЭГ 3%	0,750	2	20
ДЭГ 5%	0,743	1	40
ДЭГ 7%	0,795	1	30
ДЭГ 10%	0,711	1	30
<i>ЭД 20 + ЭТАЛ 45М</i>			
–	0,597	1	60

Анализ данных таблицы показывает, что пластификатор ДЭГ-1 более эффективен, чем ДБФ: он улучшает адгезию покрытий с 3 баллов до 1 балла; повышает прочность при ударе с 10 см до 40 см, то есть в 2 раза больше, чем ДБФ. При этом оба пластификатора практически не влияют на твердость покрытий. Кроме того, покрытия на основе смолы ЭД-20 и отвердителя аминного типа Этал 45 М, содержащего пластификатор, характеризуются наибольшей прочностью при ударе (60 см) при высокой адгезии в 1 балл, но пониженной на 20 % твердостью.

Лучший по механическим свойствам является покрытие на основе ЭД -20, КТМА и 5% ДЭГ-1. Оно обладает хорошей адгезией (1 балл), достаточной твердостью (0,74 отн. ед.), сравнительно высокой прочностью при ударе (40 см).

ЛИТЕРАТУРА

1. Получение терпеноидномалеиновых аддуктов, свойства и применение / А.Ю. Ключев, Н.Г. Козлов, Н.Р. Прокопчук, Е.Д. Скаковский, И.А. Латышевич // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. №1 – С. 109-128.
2. Свойства лаковых покрытий, полученных с использованием модифицированных терпеномалеиновых смол / И. А. Латышевич, Н.Р. Прокопчук, А.Ю. Ключев, Н.Г. Козлов // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. №3. – С. 110-114.

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

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БУТИЛОВОГО РЕГЕНЕРАТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

При проведении процесса вулканизации шин с целью придания монолитности готовому изделию необходимо создавать давление. Воздействие на внешнюю сторону покрышки оказывает матрица пресс-формы, а для обеспечения давления на внутреннюю сторону необходимо использовать гибкий элемент для обеспечения возможности снятия готового изделия, и таким элементом является вулканизационная диафрагма. Для обеспечения требуемых условий часто используются диафрагмы, изготовленные из резиновых смесей на основе бутилкаучука, получаемые с применением в качестве агентов вулканизации алкилфенолформальдегидные смолы [1]. Несмотря на все преимущества бутилкаучука имеется его отрицательное влияние на окружающую среду, в связи с длительным периодом разложения отработанных диафрагм. Для снижения экономической нагрузки, оказываемой изначальной стоимостью полимера, и уменьшения уровня его негативного влияния на экологию окружающей среды, применяются различные методы регенерации диафрагм. Из них меньшее влияние на окружающую среду, совместно с приданием достаточных физико-механических свойств вулканизату обладает радиационный метод, в связи с отсутствием каких-либо отходов [2].

Целью данной работы являлось исследование влияния степени термомеханического воздействия, оказываемого на радиационный регенерат путем многократного пропускания его через экструдер, на технологические свойства резиновых смесей и на физико-механические свойства резин, полученных на их основе. В качестве объектов исследования были использованы образцы бутилового регенерата, полученные радиационным методом из вулканизационных диафрагм путем радиационного воздействия с дозами облучения 30 кГр и 50 кГр.

Согласно литературным данным [3] проведение термомеханической обработки регенерата позволяет добиться лучших физико-механических показателей для резин на его основе. Кроме того, при проведении пластикации происходит уменьшение вязкости полимера, что позволяет снизить затраты на приготовление резиновой смеси за счет меньшего энергопотребления резиносмесителем. С целью улуч-

шения качества получаемого бутилового регенерата была проведена термомеханическая обработка, включающая изменения параметров шприцевания (скорость вращения шнека и температура головки экструдера), а также однократный, двукратный и трехкратный пропуск исходного бутилового регенерата через экструдер.

На основании полученных данных выявлено, что наибольшее влияние на изменение вязкости по Муни резиновых смесей оказывает доза облучения с которой был получен исходный регенерат на основе бутилового каучука. В большей степени к уменьшению вязкости склонны образцы на основе регенерата бутилового каучука, получаемого с дозой облучения 30 кГр. В тоже время сравнительный анализ значений вязкости по Муни резиновых смесей, изготовленных на основе регенерата с дозой 30 кГр и регенерата с дозой 50 кГр показал, что более резиновые смеси на основе регенерата с дозой 50 кГр характеризуются более высокими пластическими свойствами.

Установлено, что резиновые смеси, изготовленные на основе регенерата, полученного при 30 кГр обладают более низким значением индукционного периода, в сравнении со смесями на основе регенерата 50 кГр. Для смесей на основе регенерата с 30 кГр индукционный период равен 2,2–2,6 мин, а для смесей на основе регенерата с 50 кГр данный показатель равен 2,4–3,1 мин. Выявлено, что оптимум вулканизации резиновых смесей, изготовленных на основе регенерата, пластицируемого при температуре в головке экструдера 70 °С, на 38,8–43,3% меньше для регенерата с дозой 30 кГр по сравнению со смесями на основе регенерата с дозой 50 кГр; для смесей на основе пластикаторов, получаемых при температуре 80 °С различия значений оптимального времени вулканизации составляет 60,0–71,6%. Выявлено, что скорость вращения шнека при пластикации регенерата не оказывает значительного влияния на оптимальное время вулканизации, в то время как температура в головке экструдера существенно влияет на указанный показатель для смесей на основе регенерата, полученного дозой облучения 30 кГр.

ЛИТЕРАТУРА

1 Осошник И. А., Карманова О. В., Шутилин Ю. Ф. Технология пневматических шин. Воронеж: ВГТА, 2004. 508 с.

2 Мирясова Ф. К. Применения радиационно-химических и ионизирующих модулей для переработки полимеров в изделия с высокими физико-химическими свойствами. Казань: КНИТУ, 2005. 67 с.

3 Хакимуллин Ю. Н. Структура свойства и применении радиационных регенератов резин на основе бутил каучука. Казань: КГТУ, 2011. 187 с.

Ж. С. Шашок, доц., канд. техн. наук;
Н. Р. Прокопчук, член-корр. НАН Б., профессор, доктор хим. наук;
Е. П. Усс, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С УГЛЕРОДНЫМИ НАНОСТРУКТУРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Структура резин, как и многих других материалов, неоднородна. Местная концентрация напряжений может быть следствием наличия в резине материальных дефектов (микротрещин, полостей, включений, нарушений химической структуры) и структурной неоднородности материалов (неодинаковая длина участков молекулярных цепей, заключенных между узлами вулканизационной сетки, наличие несвязанных в сетку концов макромолекул, зависящее от молекулярной массы каучука, неравномерное распределение связей по объему вулканизата, наличие упорядоченных областей, кристаллических включений в аморфной фазе каучука, присутствие твердой и мягкой фазы в наполненных резинах, наличие поверхности раздела фаз и др.). Такие микродефекты и микронеоднородности являются очагами, дающими начало разрушению в материале, находящимся под нагрузкой. Согласно статистической теории С. Н. Журкова и А. П. Александрова прочность материалов определяется наиболее опасным дефектом, а распределение дефектов в материале носит статистический характер, поэтому маловероятно в разных образцах одной и той же резины встретить дефекты одинаковой степени опасности. Следовательно, различные образцы одной и той же резины могут иметь разную прочность [1, 2].

На прочность резины большое влияние оказывают химический состав и конфигурация макромолекул каучука, тип вулканизирующей системы и характер образующихся при вулканизации структур, концентрация и морфологические характеристики наполнителей, пластификаторов, модификаторов и некоторые другие факторы [1].

Цель работы – определение влияния наноструктурных углеродных добавок на основные упруго-прочностные свойства вулканизатов на основе натурального каучука (НК).

В работе использовался углеродный наноматериал (УНМ), полученный на предприятии «Перспективные исследования и технологии» (ТУ ВУ690654933.001-2011). Было опробовано три типа наноматериала. Первый (УНМ1) – материал, полученный непосредственно с установки, представляющий собой широкодисперсную смесь углеродных нанотрубок и нановолокон с примесями аморфного уг-

лерода, металлов и их окислов. Второй и третий материалы прошли специальную обработку (функционализацию) для прививки кислородсодержащих групп (УНМ2) и аминогрупп (УНМ3) с целью увеличения эффективности взаимодействия частиц добавки с эластомерной матрицей. Углеродные наноматериалы вводились в эластомерные композиции в дозировках от 0,1 до 0,5 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука. Резиновые смеси, содержали в качестве наполнителя высокоактивный технический углерод марки N134 и малоактивный технический углерод марки N772.

В композициях на основе НК с малоактивным техническим углеродом марки N772 выявлено, что изменение упруго-прочностных свойств при введении углеродных наноматериалов существенно зависит от степени наполнения техуглеродом эластомерной матрицы, так при дозировке 25,0 мас. ч. наполнителя показатель условной прочности уменьшается на 4,5–15,4%, а показатель относительного удлинения на 10,5–15,8%, в то время как при дозировке 50,0 мас. ч. техуглерода изменение прочности составляет всего 3,5–4,4%, но ухудшение эластических свойств для резин с наноматериалами составляет 12,5–23,4%. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии углеродных наноматериалов на процесс формирования поперечных связей структуры резины при вулканизации, которые обуславливают изменение основных упруго-прочностных свойств эластомерного материала. В композициях с высокоактивным техническим углеродом N134 установлено, что введение наноматериалов позволяет повысить на 3,2–11,7% условную прочность при растяжении резин, при этом изменение показателя относительного удлинения при разрыве резин зависит от дозировки основного наполнителя и природы наноуглеродной добавки. Определено, что резины с УНМ1 и УНМ3 характеризуются повышенной стойкостью к тепловому старению, при чем дозировка указанных наноматериалов не оказывает существенного влияния на процесс протекания термоокислительной деструкции. Повышение стойкости резин к воздействию повышенной температуры и кислорода воздуха позволит увеличить работоспособность и долговечность резинотехнических изделий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Жовнер Н. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров : учеб. пособие. Омск: Филиал Рос-ЗИТЛП, 2003. 276 с.
- 2 Шутилин Ю. Ф. Физикохимия полимеров. Воронеж: Воронеж. обл. тип., 2012. 972 с.

Е. П. Усс¹, ст. преп., канд. техн. наук;
Ж. С. Шашок¹, доц., канд. техн. наук;
О. А. Кротова¹, ассист., канд. техн. наук;
О. И. Шадыро², зав. лаб., проф., д-р хим. наук;
Г. А. Ксендзова², вед. науч. сотр., канд. хим. наук
(¹БГТУ, г. Минск; ²НИИ ФХП БГУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Старение эластомерных материалов при эксплуатации и хранении приводит к ухудшению их механических свойств, снижению эластичности, возрастанию жесткости и хрупкости и др. В связи с чем проблема повышения долговечности резиновых изделий остается актуальной и по сегодняшний день. Эффективным способом защиты эластомеров от старения является введение в небольших количествах стабилизирующих добавок [1, 2].

Целью данной работы являлось исследование влияния природы и дозировки стабилизирующих добавок на основе пространственно-затрудненных дифенолов и аминокфенолов на деформационно-прочностные показатели резин.

Объектами исследования являлись модельные ненаполненные эластомерные композиции на основе синтетического полиизопренового каучука СКИ-3, в которые вводились разные типы и дозировки стабилизирующих добавок полифункционального действия. В качестве стабилизирующих добавок использовали производные пространственно-затрудненных аминокфенолов (добавки 1–2) и дифенолов (добавки 3–6). Данные добавки вводились в дозировках 0,5 и 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука. Образцом сравнения служили эластомерная композиция, не содержащая добавок, а также композиции с промышленными химическими стабилизаторами 2,6-ди-*трет*-бутил-4-метилфенолом (ионол, ВНТ) и N-(1,3-диметилбутил)-N'-фенил-*n*-фенилендиамином (дусантокс БРРД) в равноценных с исследуемыми добавками дозировках.

Установлено, что увеличение содержания в составе резиновых смесей на основе каучука СКИ-3 определенных типов стабилизирующих добавок приводит к некоторому снижению условной прочности при растяжении резин. Наибольшее изменение прочностных свойств резин наблюдается при введении в состав резиновых смесей добавки *мета*-дифенола 3. В данном случае с увеличением содержания данно-

го стабилизатора прочность снижается от 25,3 до 16,1 МПа. При этом для образца без стабилизаторов показатель условной прочности при растяжении составляет 28,4 МПа. При этом эластические свойства резин с указанной добавкой 3 не уступают образцам сравнения. Для резин с *орто*-дифенолом 4 показатель прочности с увеличением его дозировки в эластомерной композиции находится в пределах 26,9–24,5 МПа. Аналогичная зависимость выявлена и для показателя относительного удлинения при разрыве для данных резин, который находится в пределах 715–650%. Использование в резиновых смесях опытного стабилизатора 6 в дозировках 0,5 и 1,5 мас. ч. обеспечивает упруго-прочностные свойства резин на уровне образцов сравнения. Причем при увеличении дозировки данного компонента наблюдается повышение условной прочности при растяжении до 31,9 МПа, что на 12,3% больше чем у образца без стабилизаторов. Для образца со стабилизатором 5 выявлен схожий характер изменения упруго-прочностных характеристик в зависимости от дозировки. Для резин с аминифенолами (стабилизаторы 1 и 2) установлено увеличение прочностных свойств до 15,6% с увеличением их содержания в резиновых смесях.

Таким образом, введение полифункциональных стабилизирующих добавок на основе *орто*-дифенолов в ненаполненные эластомерные композиции на основе синтетического полиизопренового каучука практически не оказывает влияния на основные физико-механические показатели резин. В тоже время для некоторых типов аминифенолов и *мета*-дифенола выявлено некоторое снижение прочностных свойств резин, тем не менее они находятся на достаточно высоком уровне свойств образцов сравнения, за исключением резины со стабилизатором 3, введенным в дозировке 1,5 мас. ч. Такой характер изменения свойств резин на основе СКИ-3 при введении стабилизирующих добавок, вероятно, обусловлен особенностями строения и количественным содержанием исследуемых добавок фенольного и аминифенольного типов, их совместимостью с эластомерной матрицей и влиянием на процесс формирования пространственной структуры резин, а также природу образующихся поперечных связей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов: учеб. для вузов. М.: Истек, 2009. 502 с.
2. Экологические аспекты модификации ингредиентов и технологии производства шин: учеб. / А. А. Мухутдинов [и др.]. Казань: Фэн, 1999. 400 с.

М. А. Зильберглейт, проф., д-р хим. наук;
В. И. Темрук, зав. лаб. канд. техн. наук;
Т. А. Лобан, мл. науч. сотр.; О. И. Маевская, науч. сотр.
(ИОНХ НАН Беларуси);
М. О. Шевчук, доц., канд. техн. наук;
С. В. Нестерова, доц. кафедры орг. химии, канд. хим. наук;
П. А. Чубис, ст. преп., канд. техн. наук;
Ю. А. Климош, доц., канд. техн. наук;
Т. В. Камлюк, науч. сотр. Центра ФХМИ БГТУ;
В. Г. Марзан, мл. науч. сотр.
(БГТУ, г. Минск)

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРА ПОР БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вследствие экологичности бумажных материалов, исследование их свойств представляет собой важную, актуальную на сегодняшний день задачу [1].

Размер пор – это один из основных показателей, характеризующих барьерные свойства бумаги. При этом, измерение указанного показателя в бумажных материалах затруднено спецификой свойств целлюлозы, а также особенностями производства бумаги.

1) Основной способ определения размеров пор в бумаге – электронная сканирующая микроскопия. Однако, из-за анизотропного строения при измерении в трех перпендикулярных направлениях свойства бумажного листа, а следовательно, и размер пор принципиально различаются. Таким образом, для достоверного определения размера пор бумажного материала необходима большая статистическая выборка, так как электронный микроскоп сканирует лишь незначительную часть поверхности объекта.

2) Световая микроскопия. Современные оптические микроскопы позволяют добиться 1000-кратного увеличения, что позволяет оценить размеры плоских пор, начиная примерно с 1–2 микрон. Ограничениями данного метода являются нижняя граница определения площади, а также особенности алгоритмов обработки.

3) Способ ртутной порометрии может применяться для тел с жестким скелетом – катализаторов, горных пород, активированных углей. Бумага представляет собой легко сжимаемый материал. Достаточно сложно доказать, насколько необратимые изменения происходят при ее анализе указанным методом. Единственным приемом для такой проверки является удаление в вакууме ртути из

образца и определение сорбции азота или аргона со сравнением сорбции такого же образца до момента применения измерений при помощи ртути. Однако удалению ртути из образца после испытаний сопряжено со значительными сложностями, а также небезопасно по отношению к окружающей среде.

4) Фильтрация свежеприготовленных осадков неорганических соединений. При применении указанного способа диаметр пор косвенно оценивают по фильтрующей способности 10 мл воды, выраженной в секундах. Метод фильтрации воды несложен и хорошо воспроизводится, однако бумага при соприкосновении с водой набухает, что, в свою очередь, приводит к увеличению размера пор.

5) Метод выдавливания пузырька, в основе которого лежит определение давления, при котором образуется первый устойчивый поток пузырьков. Анализ экспериментальных данных показывает, что для достоверности полученных результатов необходимо учитывать скорость подъема давления, а также то, что замена пропиточной жидкости приводит к несоответствующим результатам.

6) Метод фильтрации воздуха, основанный на предположении о цилиндрической форме пор, достаточно прост и основан на преобразовании уравнения Пуазейля и Дарси [2]. Достоверное определение размера пор этим способом осложняется тем, что реальные каналы имеют различную форму, и перепад давления зависит от угла расположения поры в образце.

Таким образом, анализ различных методов определения размеров пор бумажных материалов приводит к следующим выводам: к наиболее достоверным способам можно отнести определение пор при пропускании через бумагу воздуха, а также фильтрацию осадков нерастворимых неорганических солей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nair S. S. High performance green barriers based on nanocellulose / S.S. Nair, J.Y. Zhu, Y. Deng, A.J. Ragauskas // *Sustain Chem. Process.* – 2014. – Vol. 2, n. 23. doi:10.1186/s40508-014-0023-0.

2. Гайнанова Г. А. Влияние поверхностной обработки мешочной бумаги полилактидным покрытием и коронным разрядом на ее барьерные свойства / Г.А. Гайнанова [и др.] // *Вестник Технологического университета*, 2016. Том 19. № 14. С. 119–122.

3. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсионные системы. М.: Химия, 1988. 464 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВУЛКАНИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОГО БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

Настоящая работа посвящена исследованию возможности применения метода ДСК для изучения процесса вулканизации каучуков на примере бутадиен-нитрильного каучука.

В качестве объектов исследования были выбраны резиновые смеси на основе модифицированного бутадиен-нитрильного каучука. В данной работе для вулканизации резин на основе БНК были использованы серные вулканизирующие системы.

При выборе состава серной сшивающей системы были рассмотрены обычная, полуэффективная и эффективная системы.

Изготовление резиновых смесей осуществляли на лабораторных вальцах ЛВ 320 160/160 при температуре валков $40\div 60^{\circ}\text{C}$ по стандартной методике, вулканизацию резиновых смесей осуществляли в гидравлическом прессе при температурах 140 ± 3 , 160 ± 3 и $180\pm 5^{\circ}\text{C}$ и давлении 20 МПа.

Для изучения процесса вулканизации использовали дифференциальный сканирующий микрокалориметр ДСМ-3А.

Применение метода ДСК для количественных измерений основано на том, что теплота, выделяемая при нагревании образца в калориметре, при условии неизменности его массы в ходе опыта, является прямым отражением хода реакции [1].

Для калибровки температуры и теплового потока использовали стандартные образцы индия ($T_{пл.}=156,6^{\circ}\text{C}$, $\Delta H_{уд.}=28,4419$ Дж/г). Масса исследуемого образца составляла около 20 мг. Образцы нагревали в неизотермических условиях со скоростью 2 град/мин. Температурные зависимости получены в интервале температур $40\div 300^{\circ}\text{C}$. Потери массы образцов в процессе исследования были незначительны – не более 0,5% от исходной массы образца. Количество выделяемой энергии определяли по площади пика на кривой ДСК. Точность определения температур сшивания составляла $\pm 1^{\circ}\text{C}$, теплоты сшивания – $\pm 5\%$.

Степень поперечного сшивания вулканизатов определяли по методу равновесного набухания в бензоле. Проведенные исследования показали, что серная вулканизация протекает в одну стадию. При этом

следует отметить, что количество энергии, выделяемой при вулканизации резиновых смесей с использованием обычных серных вулканизирующих систем, практически соответствует количеству энергии, выделяемой при вулканизации с использованием полуэффективных серных систем. При использовании для вулканизации эффективных систем величина выделяемой энергии минимальна. Следовательно, можно предположить, что вулканизаты, полученные с применением эффективных вулканизирующих систем будут иметь более низкую плотность поперечного сшивания по сравнению с вулканизатами, полученными при использовании обычной и полуэффективной систем.

При использовании для вулканизации резин обычной и полуэффективной серных вулканизирующих систем степень поперечного сшивания вулканизатов практически одинаковая. Однако использование для вулканизации резин эффективных серных вулканизирующих систем приводит к уменьшению степени сшивания. Это, вероятно, объясняется тем, что при небольшой концентрации свободной серы в системе в условиях малой неопределенности (~ 4%) самого модифицированного бутадиен-нитрильного каучука резко снижается вероятность образования поперечных связей между двумя макромолекулами каучука.

Таким образом, с помощью метода ДСК можно изучать процессы, протекающие при вулканизации каучуков. Показано, что тепловые эффекты, возникающие при вулканизации, характеризуют интенсивность процессов, протекающих в эластомерной матрице при образовании поперечных связей.

При исследовании вулканизации серными системами различной эффективности было установлено, что применение эффективной серной вулканизирующей системы с минимальным количеством свободной серы не обеспечивает образование достаточно плотной сетки поперечных связей при вулканизации модифицированного БНК с остаточной неопределенностью ~ 4%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Остроухова О.А. Метод дифференциальной сканирующей калориметрии в исследовании вулканизации изопренового каучука / О.А. Остроухова, Н.Н. Колесникова, В.Д. Юловская, А.А. Попов, В.А. Шершнева // Каучук и резина. – 2005. – № 3. – С. 28.

УДК 678.073/.074 (047.31)

Л. А. Ленартович, ст. преп., канд. техн. наук;
Н. Р. Прокопчук, член-корр. НАН Беларуси, проф., д-р хим. 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 СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТЕПЛОВОМУ СТАРЕНИЮ ПА-6

Целью данной работы является изучение совместного влияния стабилизаторов и различных функциональных добавок на свойства композиций ПА-6, а также устойчивость композиций к термоокислительной деструкции в зависимости от температуры старения. В качестве полимерной матрицы использовали ПА-6 марки Волгамид 27 (ПАО «КуйбышевАзот», РФ). Для защиты композиций от термоокислительной деструкции применяли фенольный антиоксидант Hostanox O3 фирмы Clariant в концентрации 0,3% масс. Также в работе были использованы следующие функциональные добавки: суперконцентрат мелонаполненный EFPP 1001 E-Filler, суперконцентрат гранулированный тальконаполненный ADDITIVE 13169, скользящая добавка ADDITIVE AX 5540, антистатическая добавка Cromex AE 50025, скользящая добавка ADDITIVE DL 5644, антиблокирующая добавка AB 50035, концентрат пигмента Реалпакс 10030. Образцы, полученные методом литья под давлением, испытывали до и после старения на растяжение, определяли водопоглощение, плотность и твердость по Шору D, а также определяли энергию активации термоокислительной деструкции. Образцы подвергали ускоренному старению в воздушной среде при температурах 80, 100 и 135 °С.

Установлено, что для нестабилизированной композиции ПА-6+ Реалпакс коэффициент термостабильности (K_T) после старения при 100 °С в течение 24 ч составляет всего лишь 0,13, что свидетельствует об интенсивном протекании деструктивных процессов. Использование стабилизатора Hostanox в концентрации 0,3% масс. приводит к повышению устойчивости к тепловому старению, значение K_T составляет 0,18. Для композиций ПА-6+ Hostanox 0,3% масс. + Реалпакс коэффициент термостабильности составляет 0,33, что свидетельствует о выраженном стабилизирующем синергетическом эффекте. Такая зависимость наблюдается для исследуемых композиций и при увеличении температуры старения до 135 °С.

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПЛЕНКООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ОТВЕРДИТЕЛЕЙ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЛЕЕВОГО ШВА

В последние годы в связи с ограниченностью древесного сырья крупных диаметров все большую популярность приобретает идея составных деревянных материалов, применяемых для изготовления несущих деревянных конструкций в которых крупномерные элементы изготавливаются из нескольких деталей меньшего размера. При этом прочность клеевого соединения не должна быть ниже средней прочности древесины на скалывание, а также должна иметь высокую водостойкость (класс эксплуатации D4) и стойкость к старению в условиях переменных температурно-влажностных воздействий.

Наиболее эффективным способом достижения адгезионными полимерными материалами свойств, необходимых для их использования при изготовлении клееного бруса, применяемого в деревянном домостроении (т.е. характеризующегося высокими прочностными свойствами и высокой водостойкостью), является химическая модификация путем введения в водные полимерные дисперсии реакционно способных модифицирующих добавок различной химической природы с последующим отверждением полученных составов.

В связи с этим представляются актуальными исследования по регулированию структуры и свойств адгезионных составов на основе водных полимерных дисперсий с использованием добавок различной химической природы для получения импортозамещающих клеевых композиций повышенной прочностью и водостойкостью.

На рынке адгезионных материалов существует целый класс двухкомпонентных EPI-клеёв (Emulsion Polymer Isocyanate). Первый компонент – основа, второй компонент – отвердитель, который вводится в определенном количестве в основу непосредственно перед использованием.

Для исследования были выбраны наиболее распространенные в Республике Беларусь клеевые составы импортного производства, среди которых адгезив Kleiberit 304.0 и отвердитель Kleiberit 808.0 (производство Германия); адгезив Umacoll 552 и отвердитель Umacoll 024

(производство ООО «Ника Полимер», Российская Федерация); адгезив Casco 1974 и отвердитель Casco 1993 (производство Akzo Nobel, Швеция).

Задача заключалась в изучении состава и свойств промышленно выпускаемых зарубежных адгезивов. Для определения химического строения связующих и отвердителей были сняты ИК-спектры, а также определены такие свойства как сухой остаток основы, количество зола в сухом остатке адгезива при 1000°С и вязкость по Брукфильду при различных скоростях сдвига. В таблице представлены основные свойства изученных адгезионных составов.

Таблица - Свойства двухкомпонентных клеевых композиций

Свойства	Состав		
	Casco 1974	Kleiberit 304.4	Umacoll 552
Сухой остаток, %	57,3	55,6	46,9
Зола, % от сухого остатка при 1000°С	30,1	28,0	32,4
Вязкость по Брукфильду при различных скоростях сдвига, Па·с:			
1 об/мин	5,0	46,0	7,0
10 об/мин	5,0	10,1	6,8
20 об/мин	4,7	6,7	6,8

Для клеевого состава марки Kleiberit 304.4 с добавлением отвердителя Kleiberit 808.0 была изучена зависимость изменения вязкости во времени при различных скоростях сдвига (1, 10 и 20 об/мин). Установлено, что при скорости сдвига 10 об/мин динамическая вязкость за 30 мин увеличивается с 10,6 до 40,0 мПа·с.

Испытания на прочность клеевого шва осуществляли в условиях, соответствующих производственным по изготовлению клееного бруса, т.е. после 30 минут прессования. Установлено, что для композиции Kleiberit 304.4 с добавлением отвердителя Kleiberit 808.0 прочность клеевого шва после 30 минут прессования составила 4,47 МПа.

Полученные результаты послужат основой для создания импортозамещающего адгезионного материала с высокой водостойкостью и прочностью.

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

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ СМЕШАННЫХ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

По данным министерства жилищно-коммунального хозяйства в Республике Беларусь ежегодно образуется порядка 200 тыс. тонн полимерных отходов. Извлекается вторичных материальных ресурсов (ВМР) из этого количества всего около 20–25 %, остальное – захоранивается на полигонах. Как правило на захоронение идут трудно идентифицируемые, смешанные, загрязненные полимерные отходы. Использование таких отходов в качестве вторичных материальных ресурсов ограничивают такие факторы как существенная неоднородность сырьевого состава, термодинамическая несовместимость компонентов, неоднородность структуры и свойств материалов, загрязнения и т.д. Введение в гражданский оборот таких отходов позволит снизить потребность в первичных природных ресурсах, обеспечить импортозамещение (первичные сырьевые материалы импортируются; часть ввозимых товаров также изготовлена из вторичных материалов), снизить нагрузку на полигоны захоронения отходов.

На большинстве муниципальных предприятиях по обращению с твердыми коммунальными отходами (ТКО) не осуществляется переработка в товарную продукцию в виде подготовленных ВМР и изделия, но есть ресурсы для подготовки ТКО: грубая сортировка, идентификация с отделением смешанных и трудноидентифицируемых отходов, мойка, сушка, дробление, агломерирование. То есть такие предприятия могут служить хорошей базой для размещения линий по переработке полимерных отходов в изделия.

В рамках выполнения задания 2.2.3 подпрограммы II ГНТП «Природопользование и экологические риски» в БГТУ разработана технологическая линия по переработке смешанных полимерсодержащих отходов в изделия. Линия обеспечивает подготовку компонентов (предварительное удаление влаги, термическую сушку, дробление и подачу компонентов), формование изделия методом прессования предварительно пластицированной заготовки (дозирование компонентов, пластикация, получение пластицированной заготовки, прессование изделия), завершающие процессы (механическая обработка, сборка и контроль качества изделия). Линия позволяет перерабатывать от-

ходы потребления и производства термопластичных полимерных материалов и изделий на основе полипропилена, полиэтилена, полиамида, поливинилхлорида, АБС-пластика, полибутелентерефталата и др. и их смесей. В качестве наполнителей можно использовать отходы в виде частиц, волокон, тканей и нетканых материалов: минеральные (стеклянные, базальтовые и др.); растительные (льняная костра, древесные опилки и др.); синтетического происхождения (сшитый сверхвысокомолекулярный полиэтилен, полиэфирные и др.). Наполнители могут выполнять армирующую роль или быть инертными в зависимости от вида наполнителя и характера взаимодействия с основным полимером.

Максимальная производительность линии - до 300 кг/ч (400 т в год при односменной работе), удельное энергопотребление - до 1,5 кВт·ч/кг.

Технологическая линия позволяет получать формованные изделия с габаритами до 1500x1250x390 мм и толщиной стенки – до 25 мм. Изделия могут иметь ребра жесткости, утолщения (бобышки), закладные элементы, отверстия (перфорацию). Сфера применения изделий может весьма различная: они могут быть предназначены для складских, подсобных или производственных помещений, обустройства территории, теплоизоляции труб и т.п. К таким изделиям относятся: плитки покрытия полов и пешеходных дорожек, малые архитектурные формы; панели опалубки для стен подвалов и инженерных коммуникаций; контейнеры для коммунальных и промышленных отходов, песка, гравия и соли на улицах города и дорогах, автомобильных парковках, заправочных станциях; тара для промышленных изделий, строительных материалов и сельхозпродукции; элементы водоотвода, канализации, вентиляции, теплоизоляции и др.

В составе линии используется в основном типовое оборудования для переработки пластмасс, имеющееся на многих предприятиях Республики. За счет этого могут быть снижены затраты на освоение производства и сроки освоения, повышена экономическая эффективность инвестиций.

Широкое внедрение технологии позволит ввести в гражданский оборот не утилизируемые на данный момент в Республике Беларусь смешанные полимерные отходы и некоторые другие виды ТКО. Формованные изделия могут обеспечивать импортозамещение некоторых видов продукции.

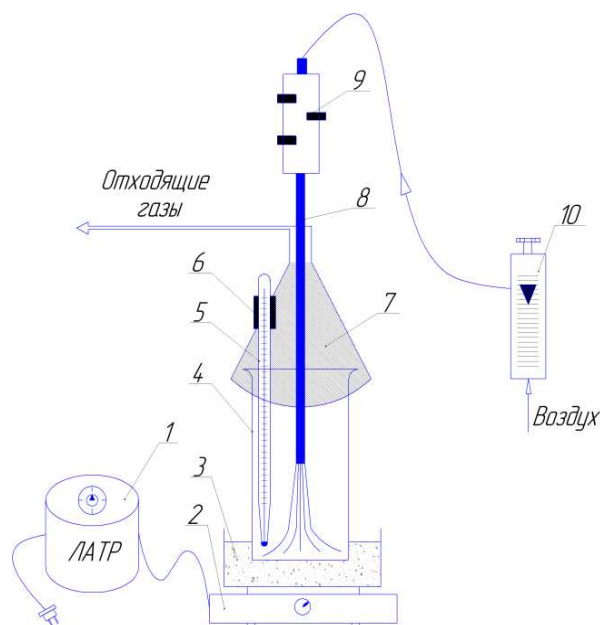
Е. И. Грушова, проф., д-р техн. наук;
 М. В. Станько, студ.; М. А. Горошко, студ.
 (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЫРЬЯ ОКИСЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

Окисление прямогонных гудронов является основным способом получения битумного вяжущего на отечественных нефтебитумных производствах. Однако сложность химического состава гудронов, а также разная реакционная способность различных групп углеводородов, входящих в их состав, к превращениям в условиях окисления при повышенных температурах оказывают значительное влияние на качество конечного продукта. Поэтому исследование влияния состава сырья окисления, условий процесса окисления на качество конечного продукта представляется весьма важным при определении направлений использования битумного вяжущего.

В данной работе было исследовано влияние структурно-группового состава исходного сырья окисления – прямогонных гудронов различной вязкости на качество битумного вяжущего.

Исследования проводили в лабораторном реакторе периодического действия, устройство которого представлено на рисунке 1.



1 – ЛАТР, 2 – электроплитка, 3 – песчаная баня, 4 – керамический стакан (реактор), 5 – термометр, 6 – малая лапка, 7 – каплеотбойник, 8 – барботёр, 9 – большая лапка, 10 – ротаметр поплавковый.

Рисунок 1 - Схема лабораторной установки

Свойства окисляемых прямогонных гудронов и условия процесса представлены в таблице.

Таблица - Свойства окисляемых прямогонных гудронов и условия процесса

Показатель	Гудрон		
	образец 1	образец 2	
Температура размягчения по КиШ, °С	19,4	33	
Глубина проникания иглы (пенетрация) при 25 °С, 0,1 мм	>500	333	
Групповой углеводородный состав, мас. %:			
нейтральные масла	83,2	75,0	
смолы (бензолные)	6,04	9,5	
смолы (спирто - бензолные)	4,53	4,8	
асфальтены	6,23	10,7	
Структурно-групповой состав:			
условное содержание ароматических структур	$A = \frac{D_{1600}}{D_{1460}}$	0,135	0,147
условное содержание парафиновых структур	$\Pi = \frac{D_{720}}{D_{1460}}$	0,151	0,155
степень окисленности	$O = \frac{D_{1700}}{D_{1460}}$	0,023	0,027
степень осерненности	$S = \frac{D_{1030}}{D_{1460}}$	0,062	0,055
условный коэффициент разветвленности парафиновых структур	$P = \frac{D_{1380}}{D_{1460}}$	0,528	0,526
Температура окисления, °С	200	200	
Время окисления, ч	6	6	

При окислении периодически осуществляли отбор проб (каждые полтора часа) для контроля качества окисленного продукта по температуре размягчения, которая для битумов марки 40/60 равняется 51 °С, а для битумов марки 60/90 составляет 47 °С. Анализ исходных гудронов и получаемых веществ осуществляли с использованием стандартных методов испытаний, по данным ИК – спектрометрии [1].

Как известно [2], различные группы углеводородов по-разному подвергаются окислению, уплотнению, деструкции. Более склонны к окислению ароматические углеводороды и менее интенсивно происходит окисление парафино-нафтеновых компонентов.

Исследование кинетики окисления обоих образцов гудронов, представленное на рисунке 2, показало, что при окислении гудрона, содержащего большее количество ароматических структур (образец 2), быстрее достигается необходимое для битумов

марки 40/60, т. е. для товарного продукта, значение температуры размягчения.

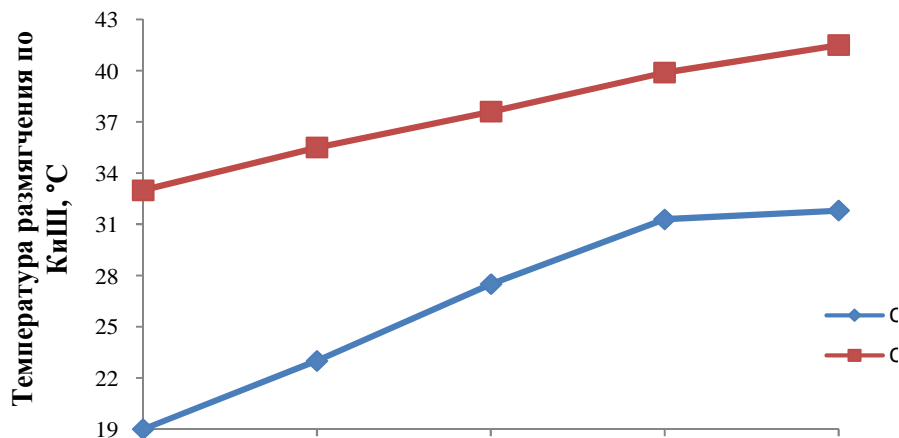


Рисунок 2 - Кинетика окисления прямоугольных гудронов при температуре 200 °С

По-видимому, чтобы ускорить окисление другого образца гудрона (образец 1) необходимо использовать или инициирующую процесс окисления добавку-модификатор, или добавку-модификатор, обеспечивающую структурирование окисляемой нефтяной дисперсной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гун, Р.Б. Нефтяные битумы / Р.Б. Гун – М.: Химия, 1973.– 432с.
2. Исследование состава и свойств высоковязких нефтей при воздействии на них нефтевытесняющих композиций в лабораторных условиях / Л. Д. Стахина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323, №3. – С. 4 – 9.

К. В. Вишнеvский, доц., канд. техн. наук;
Н. Р. Прокопчук, член.-корр. НАН Б, проф., д-р. хим. наук;
Э. Т. Крутько, проф., д-р. техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

ВУЛКАНИЗАЦИЯ СИЛОКСАНОВЫХ КАУЧУКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Силоксановые каучуки являются полимерными кремнийорганическими соединениями. Их структура аналогична неорганическим силикатам, что создает плавный переход от органических к неорганическим веществам как по химическому составу, так и по свойствам. Наиболее важными общими свойствами силиконов являются высокая термостойкость, исключительные электрические свойства, стойкость к воде и химическим реагентам. Кроме того, силоксановые каучуки обладают еще одним ценным свойством – малой зависимостью свойств от температуры, сохраняя работоспособность изделий в широком диапазоне температур.

Основа свойств сшитых полимерных систем закладывается в процессе ее создания, поэтому вулканизирующая система подбирается в зависимости от структуры каучуков и их химического состава.

Для силиконового каучука известны в основном следующие типы реакций вулканизации:

- 1) радикальная вулканизация, при которой боковые винильные или метильные группы силоксановой цепи вступают в радикальные реакции с химическими или физическими источниками радикалов;
- 2) конденсационная вулканизация, основанная на реакции гидроксильных групп, находящихся на концах силоксановых цепей, с многофункциональными сшивающими агентами;
- 3) серная вулканизация полисилоксанов, содержащих большее количество (2–5%) боковых винильных групп, которые реагируют с серой в присутствии ускорителей.

При радикальной вулканизации силиконового каучука применяются различные источники свободных радикалов. Из химических соединений это, главным образом, органические пероксиды, образующие свободные радикалы при повышенных температурах, а из физических источников – излучения высоких энергий.

При конденсационной вулканизации применяются достаточно сложные по составу многокомпонентные вулканизационные системы, включающие в себя катализаторы на основе металлов платиновой группы. При этом кроме процесса образования поперечных связей

происходит конденсация с участием макромолекул каучука, что приводит к увеличению длины основной цепи.

Наибольшее применение для вулканизации силиконового каучука нашли органические пероксиды, используемые при повышенных температурах. Если тип и количество применяемого пероксида влияет на свойства вулканизатов, то повышенная температура вулканизации определяет технологию и конструкцию необходимого для этого оборудования. Однако, в настоящее время, наблюдается тенденция постоянного ужесточения требований, а радикальная сшивка и перекисные системы исчерпали имеющийся потенциал. Перспективным направлением по повышению технических свойств композиций на основе силоксанового каучука является использование конденсационной вулканизации, недостатком которой является высокая стоимость ингредиентов.

Целью данной работы было изучить зависимость параметров кинетики вулканизации, а в дальнейшем, и зависимость технических свойств композиций на основе силоксановых каучуков от дозировки ингредиентов вулканизирующей системы для оптимизации рецептуры и снижения стоимости материала и конечных изделий.

В качестве эластомерной основы использовался наполненный полиметилсилоксан, рецептура которого по рекомендации производителя на 100 мас. ч. каучука должна была содержать 5 мас. ч. суперконцентрата вулканизирующего агента (органического пероксида), 2,5 мас. ч. ингибитора и 0,9 мас. ч. катализатора. Все компоненты поставляются в виде суперконцентратов в полиметилсилоксане. Композиция с рекомендованной рецептурой использовалась в качестве образца сравнения (в исследуемых смесях дозировки указанных ингредиентов варьировались от 0 до 100 % от указанного производителем).

Проведенные исследования показали, что, как и ожидалось, наибольшее влияние на время достижения оптимума вулканизации и максимальный крутящий момент (по величине которого можно косвенно судить о плотности образовавшейся пространственной сетки) оказывает содержание пасты катализатора. Так, снижение его содержания на 25 % приводит к увеличению времени достижения оптимума и снижению максимального крутящего момента на 20 %, в тоже время при одновременном снижении содержания пасты ингибитора можно нивелировать эффект увеличения времени процесса сшивания.

Таким образом, подбор количества ингредиентов и корректировка рецептуры на основе силоксанового каучука под конкретные применения позволит снизить затраты на наиболее дорогостоящие компоненты.

УДК 667.6

Н. Г. Валько., доц., канд. физ. мат. наук (ГрГУ им. Я.Купалы, Гродно);
А. И. Глоба доц., канд. хим. наук;
А. В. Касперович, доц., канд. техн. наук;
Д. В. Духович студ. (БГТУ, г. Минск)

МОДИФИКАЦИЯ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ УФ-ИЗЛУЧЕНИЕМ

Условия современного рынка диктуют повышенные требования к производительности технологических процессов во всех отраслях промышленности, в том числе, связанных с получением и переработкой полимеров, стимулируя развитие новых подходов к оптимизации данных процессов. В настоящее время активно развиваются радиационно-химические технологии, основанные на действии ионизирующего излучения [1].

В работе представлены результаты исследования морфологии поверхности водно-дисперсионного лакокрасочного материала (ВД ЛКМ), модифицированного корундовыми микросферами, после облучения УФ-излучением. Покрытия облучали УФ-излучением с длиной волны 207 нм, генерируемым эксимерной лампой на основе газовой смеси брома.

Введение полых корундовых микросфер в водно-дисперсионную краску осуществляли в количестве 1, 3, 5, 7 мас.% с последующим интенсивным перемешиванием составов до полного распределения наполнителя по всему объему. Перемешивание осуществляли с помощью якорной мешалки с верхнеприводным двигателем Eurostar 20 digital при скорости вращения до 500 об/мин и температуре 20 °С в течение 30 мин. Так как полые стеклянные микросферы разбиваются фрезерными мешалками при диспергировании в диссольвере, а водная дисперсия может скоагулировать при интенсивном перемешивании, то очень важным является соблюдение скоростного режима работы и временных интервалов.

Для проведения испытаний полученные композиции лакокрасочных материалов наносили аппликатором на зачищенные пластины из стали марки 08 кп размером 70×150×(0,8–1,0) мм, отверждали и определяли физико-механические и защитные свойства лакокрасочных покрытий по стандартным методикам.

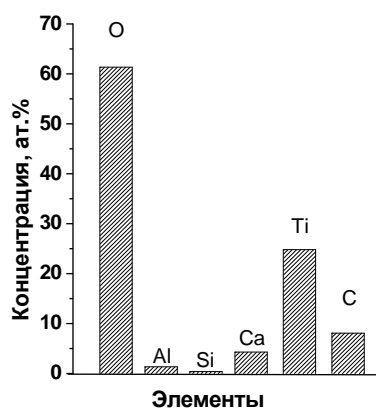
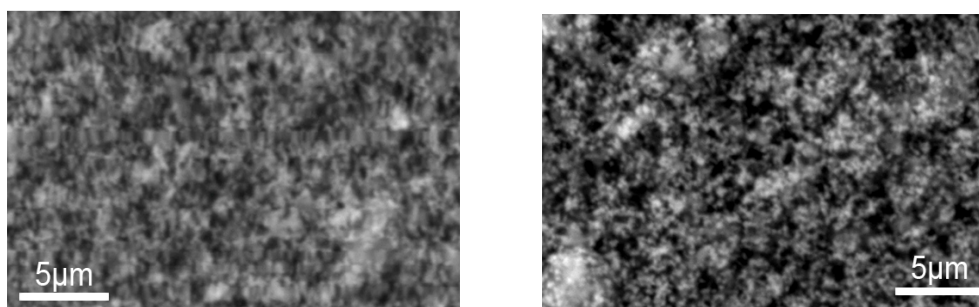


Рисунок 1 - Элементный состав лакокрасочных ВД покрытий, содержащих 1 мас.% модификатора

Анализ результатов исследования морфологии поверхности контрольных ЛКП и облученных УФ-излучением методом растровой электронной микроскопии, представленный на рисунке 2, позволяет заключить, что действие излучения на поверхность покрытия приводит к сглаживанию их геометрии поверхности.



1 – облученный УФ-излучением; 2 – необлученный
Рисунок 2 - Морфология поверхности ВД покрытий, содержащих 1 мас.% модификатора

Изменение геометрии поверхности под действием УФ-излучения связано с радиационной модификацией пленкообразователя, а именно с деструкцией, приводящей к разрыву связей в главных цепях и образованию молекул меньшей молекулярной массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Valko, N. Modification of the structure of paint coatings by UV-radiation/ N. Hloba, N. Valko, A. Kasperovich // XIth International Conference "New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation" NEET 2019, June 25 – 30 2019, Zakopane (Poland), – 2019. –р. 13.

Б. М. Абдураимов, доц., канд. техн. наук;
У. Р. Азаматов; Э. Э. Машаев
(ТХТИ, г.Ташкент)

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ «ТЕРПЕНСУЛЬФИДА» ЗОЛОТА

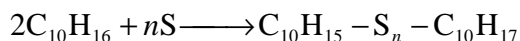
Препарат жидкого золота широко применяется для декорирования фарфоровых, фаянсовых и стеклянных изделий. Этот препарат был изобретен в XIX веке в Германии. Заводы Узбекистана выпускающие фарфоровые, фаянсовые и стеклянные изделия этот препарат покупают за рубежом. Его основным компонентом является «терпенсульфид» золота, единственное соединение этого металла растворимое в различных органических растворителях.

«Терпенсульфид» золота исследован недостаточно и его природа до настоящего времени окончательно не выяснена. Известно, что в его состав входит тесно связанные между собой остаток терпенов $C_{10}H_{16}$, сера, золото и иногда кислород [1].

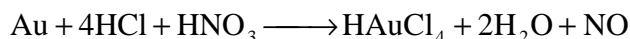
В результате исследований выяснилось, что терпенсульфид золота можно получить из различных скипидаров, а не только из α -пипена или живичного скипидара, состоящего на 70-80% из пипена [2].

Нами исследован процесс получения «терпенсульфида» золота из живичного скипидара. Для этого в стеклянную колбу с круглым дном емкостью 2 л наливаем 1 л свежеперегнанного при 155-170°C скипидара и туда же всыпаем 100 г молотой серы. Колбу кипятим в течение 5 часов с обратным холодильником. Дистилляцию осуществляли при постоянной температуре и заканчивали, когда в сборнике собирался 30 вес % отгона. Выход сернистого бальзама составил \approx 75%. В полученном растворе полисульфидов терпенов содержится 9,9% серы [3].

При этом вероятно протекает следующая реакция:



Навеску 5 г порошкообразного очищенного в гидразине золота растворили при нагревании на водяной бане в смеси 15 мл соляной ($d=1,9$) и 5 мл азотной ($d=1,34$) кислот. Остаток азотной кислоты удалили с добавлением 2 раза по 2 мл соляной кислоты. Избыток соляной кислоты удалили с добавлением дистиллированной воды.



Нами исследован процесс взаимодействия сульфурованного живичного скипидара с хлорауратом, а также свойства получаемых «терпенсульфидов» золота. Для этого полученную смесь хлораурата быстро охлаждаем и при помешивании добавляем малыми порциями сернистый бальзам (из расчета 3,5 г бальзама на 1 г золота в течение 1,5 часа) до образования густой тягучей массы. Для завершения процесса смесь 2 часа выдерживали на водяной бане при температуре 60-70°C. При воздействии гидросульфита натрия на отделившуюся жидкость она должна окрашиваться в желтый цвет. Окраска в чёрный цвет свидетельствует о незаконченном процессе. После снятия с водяной бани, смесь отстаиваем и промываем этиловым спиртом путем декантации до тех пор, пока осадок не перейдет в порошкообразное состояние. Обработанный осадок фильтруем и сушим при температуре, не превышающей 35-40°C.

Установлено, что взаимодействие между сульфидами терпенов и хлорауратом представляет собой экзотермический процесс (тепловой эффект около 70000 кал, на 1 г атом золота), «Терпенсульфиды» золота, дающие при обжиге блестящего плёнку металла, можно получить как из α -пипена, так и не содержащие пипена. Для выявления допустимой температуры сушки «терпенсульфида» золота по 5 г свежеполученного промытого влажного продукта нагревали при температурах от 20 до 100°C (с интервалом 10°C) до постоянного веса, после чего определяли содержание золота в «терпенсульфиде» и его стабильность в препаратах. Полученные данные качества «терпенсульфида» почти не меняются и температура его сушки может быть повышена от 35°C до 60-80°C.

Таблица 1 - Влияние температуры сушки на стабильность «терпенсульфида» и содержание золота

Температура сушки, (°C)	Содержание золота в терпенсульфиде, (%)	Количество металлического золота при длительном хранении препарата (%)
20	58,6	2,03
40	59,5	2,31
50	59,8	1,99
60	60,1	2,01
70	60,3	2,05
80	60,8	2,15
90	62,7	2,50
100	64,3	3,02

Результаты процесса получения «терпенсульфида» золота существенно зависят от условий его проведения. В разбавленных растворах реакция между хлорауратом и сульфурованным скипидаром проте-

кала не активно, что вело к ухудшению растворимости «терпенсульфида» в хлороформе и нитробензоле по сравнению с обычным продуктом с концентрацией золота 16 % (таблице 2).

Таблица 2 - Влияние концентрации золота в исходном растворе на содержание золота в «терпенсульфиде» и растворимость его в хлороформе

Концентрация золота в растворе (%)	Содержание золота в терпенсульфиде (%)	Содержание «терпенсульфида» растворимого золота (%)
10	57,1	74,6
10	57,0	74,7
16	60,0	81,0
16	59,8	81,5
22	52,5	69,0
22	52,1	70,1

Большое значение для протекания реакции имеют температура и время. Увеличение продолжительности реакции с 1 до 4 часов повышало растворимость продукта в хлороформе на 10%. Однако без подогрева реакционной смеси твёрдого «терпенсульфида» золота получить не удалось даже при продолжительном взаимодействии реагентов (в течении 24 часов при 25–30°C). Продукт содержит 38-40% золота и не пригоден для приготовления препаратов.

С понижением содержания серы в отработанном скипидаре качество препаратов улучшалось. «Терпенсульфиды», обогащённые серой давали вязкие препараты, недостаточно стабильные при хранении. При обжиге таких препаратов цвет и блеск золота оставались нормальными, но пленки металла на изделия разрывались.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарова, А.И. и Суркова Г.М. Керамические краски и их нанесение/ А.И. Захарова, Г.М. Суркова // Стекло и керамика. – 2000. – №11.
2. Пищ, И.В. Керамические пигменты / И.В. Пищ, Г.Н. Масленникова – Минск.: Высшая школа, 1987. – 132 с.
3. Металлорганические красители для стекла и фарфора / Б.М. Абдураимов и др. // Материалы республиканской научно технической конференции. – г. Навои. – 2016. – С 391.

УДК 681.54

С. С. Ваккасов, соискатель; Х. Э. Кадилов, проф., д-р техн. наук
(ТХТИ, г. Ташкент)

ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ ХЛОРИДА КАЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО СИЛЬВИНИТА В ПРИСУТСТВИИ ЖИДКИХ ПАРАФИНОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ

В последние годы в химической промышленности республики Узбекистана происходят большие изменения. Перспективными направлениями развития химического производства являются осуществление программы локализации, производства импортозамещающей продукции на основе переработки вторичного сырья местной промышленности.

Одной из важных стадий переработки руд в химической промышленности является концентрирование соединений металлов и обогащение руд [1, 2]. Основными химическими препаратами, применяемыми в этом технологическом процессе, являются флотореагенты, которые импортируются из зарубежных стран. В качестве флотореагентов используют многие соединения, однако флотореагенты, применяемые в промышленности – это обычно относительно высокомолекулярные алифатические амины и жидкие парафины состава $C_{11}-C_{22}$ [3].

В настоящее время в республике Узбекистан основными пользователями флотационных процессов являются Наваинский горно-металлургический комбинат, Алмаликский горно-металлургический комбинат, АО «Дехканабадский калийный завод» и др., на которых флотируют руды цветных, редких, черных металлов, каменные угли, фосфатные руды, серу, полевошпат, борные руды, калийные соли и другие полезные ископаемые.

В АО «Дехканабадский калийный завод» в процессе флотационного обогащения хлорида калия из природного сильвинита в составе собирательной смеси флотареагентов используются жидкие парафины. Жидкие парафины – это в основном насыщенные углеводороды с числом атомов углерода $C_5 - C_{18}$ нормального строения.

Анализы по определению качественно-количественного состава, показывают, что основой импортируемого жидкого парафина являются насыщенные углеводороды с числом атомов углеродов $C_{14}-C_{18}$ нормального строения, и это является основанием для поиска и избрания сырьевого источника.

В газохимическом комплексе Устюрт (Республика Каракалпакистан) производятся полиэтилен и полипропилен реакцией

полимеризацией в присутствии катализатора Циглера-Натта в растворе гексана. В этом процессе кроме основного полимерного продукта также образуется жидкое вторичное сырье. Остаточный продукт является олигомером используемых мономеров, основную массу которых составляют парафины состава C_6 до C_{20} . При перегонке олигомеров можно получить жидкие парафины.

Разделение смеси жидкого вторичного сырья проводили на лабораторном вакуумно-перегоночном аппарате, снабженном кубом, дефлегматором, термометром, холодильником Либиха, соединенным с вакуумным насосом. Перегонку осуществляли до $135^{\circ}C$ под вакуумом – 650 мм рт. ст. Из одного литра образца отработанного гексана было получено 0,450 л фракции C_{12} – C_{20} насыщенных углеводородов нормального строения. Плотность полученного образца жидкого парафина при $20^{\circ}C$ составляла 745 кг/м^3 .

На основе полученного в лабораторных условиях жидкого парафина провели флотацию сильвинитов в заводской лаборатории АО «Дехканабадский калийный завод» на лабораторной флотационной установке. Параллельно провели флотацию с импортным образцом жидкого парафина. Поступающая на обогащение руда содержит значительное количество водонерастворимых примесей, которые в процессе переработки превращаются в тонкий (мелкий), практически не фильтрующийся материал – глинистый шлам. Содержание глинистых материалов в руде колеблется от 3 до 12%. Количество полезного компонента сильвина (KCl) в руде также значительно колеблется и составляет 18–35% от общей массы руды. Остальная масса руды представлена хлористым натрием ($NaCl$), не вызывающим особых осложнений при флотации сильвина (KCl). Флотация солей проводится в растворе, насыщенном по составляющим породе компонентам (калию и натрию). Раствор отличается сильным пенообразованием, повышенной вязкостью и поверхностным натяжением. При этом флотирuemость солей зависит от изменения состава раствора, избирательной коагуляции ряда солей, интенсивного мицеллообразования и высаливания реагентов. Это приводит к ослаблению или даже полной потере собирательных и пенообразующих свойств ряда реагентов, применяемых при обогащении других полезных ископаемых. Полученные результаты приведены ниже в таблице.

**Таблица - Сравнительные результаты лабораторных исследований
флотации сильвинитов в присутствии импортируемых
и полученных жидких парафинов**

№	Параметры	Импортируемый ЖП		Полученный ЖП		Норма по НТД
		Масса	KCl, %	Масса	KCl, %	
1.	Сырье	408	31,53	408	31,53	
2.	Полученный продукт (хлористый калий)	130,5	89	132,31	89,2	≥ 83
3.	Хвост	277,5	3,5	275,69	3,5	≤ 3,8

Результаты испытаний показывают, что полученный из отхода газохимического комплекса СП ООО «Uz-KorGasChemical» отработанный гексана в АО «Дехканабадский калийный завод» жидкий парафин отвечает по всем параметрам жидкому парафину, полученному на основе импортного сырья. Установлено, что весьма важным фактором, определяющим успех флотационного процесса, является реагентный режим, под которым подразумевается ассортимент применяемых реагентов, их расход, порядок подачи в процесс и время контакта. Для эффективного управления процессом флотации необходимо исследовать факторы, влияющие на расходы реагентов. Для этого, в свою очередь, необходимо исследовать принципы построения технологической схемы обогащения, выявить цели управления, возмущения и управляющие воздействия. Кроме того, без стабилизации некоторых параметров или приведения их к оптимальному режиму проведение мероприятий по управлению реагентным режимом окажется неэффективным из-за наложения многих возмущающих факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Брагин. Флотационные методы обогащения: конспект лекций для студентов специальности 130405.65 «Обогащение полезных ископаемых». – Красноярск: ИПК СФУ, 2010. – 123 с.
2. Абрамов А.А. Теоретические основы повышения селективности действия реагентов-модификаторов при флотации // Цветные металлы. 2013. № 7. С. 23-29.
3. Д.С. Олиферович, Л.Ю. Шилин, С.В. Батюков, В.Н. Пригара. Анализ и учет факторов, влияющих на технологический процесс флотации калийных руд. Доклады БГУИР. 2009 № 2 (40) с. 59-66.

Т. Г. Черкасова¹, проф., д-р хим. наук;
С. П. Субботин^{1,2}, доц., канд. экон. наук;
Е. В. Васильева¹, доц., канд. техн. наук;
А. В. Неведров¹, доц., канд. техн. наук;
А. В. Папин¹, доц., канд. техн. наук;
В. С. Солодов^{1,2}, ст. преп., начальник ЦЗЛ;
И. С. Ветошкина², инженер ЦЗЛ
(¹ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, РФ;
²ПАО «Кокс», г. Кемерово, РФ.)

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МЕЗОФАЗНОГО ПЕКА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСТВОРЕНИЯ УГЛЕЙ

Развитие научно-технического прогресса, появление более высоких требований к свойствам продуктов, ужесточение экологических стандартов, все это стимулирует увеличение объемов потребления углеродных волокон и продуктов на их основе. За период с 2008 по 2013 годы потребление углеродных волокон в мире выросло практически в 1,6 раза и достигло 48 тыс. т. Согласно прогнозам экспертов Carbon Composites e.V., к 2020 году эта цифра может составить уже около 130 тыс. т.

Углеродное волокно – наноструктурированный органический материал, содержащий 92–99,99 % углерода и обладающий высокими значениями прочности и модуля упругости. Его получают путем высокотемпературных превращений без доступа воздуха (процесс пиролиза) из полимерных либо пековых волокон (прекурсоров), дающих наибольший выход углеродного остатка при пиролизе. В зависимости от природы прекурсора и режимов производства получают углеродные волокна с различными свойствами: высокопрочные, либо высокомодульные волокна с повышенной прочностью и удлинением, а также многоцелевые углеродные общего назначения (табл. 1) [1].

Из анализа таблицы можно заключить, что волокна на основе пека отличаются высокими значениями прочности и модуля упругости и являются самыми дорогостоящими, но в Российской Федерации из-за отсутствия качественного сырья они не производятся.

Для производства многих видов современных углеродных материалов, в том числе и углеродных волокон, в качестве сырьевого материала применяется каменноугольный пек. Основным источником получения пеков является каменноугольная смола – побочный продукт коксования каменных углей. В последнее время наблюдается снижение выработки каменноугольной смолы и, как следствие, пека. Это обу-

словлено модернизацией процессов черной металлургии, предусматривающих снижение расхода кокса [2] и процессов производства углеродных материалов, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду. Дисбаланс между падающим производством пека и растущим спросом на него приводит к росту цен. Несмотря на то, что давно активно ведутся исследования по разработке связующих для углеродных материалов (в частности на нефтяной основе), равноценной замены каменноугольному пеку в настоящее время нет [3].

Таблица - Сравнение видов углеродных волокон

Показатели	На основе ПАН-волокна	На основе вискозного волокна	На основе пекового волокна	Волокно из газовой фазы
Прочность, ГПа	1,8–7,0	0,35–0,70	1,4–4,0	1,0–4,0
Модуль упругости, ГПа	200–600	20–60	140–930	200–300
Цена, долл./кг	40	20	300	нет данных
Объем рынка потребления	■■■	■□□	■□□	■■□
Отработанность технологии	■■■	■■□	□□□	□□□
Выход волокна из сырья	■■■	■□□	■■□	□□□
Наличие сырья и производства в РФ	■■■	■□□	□□□	□□□

Примечание. Расшифровка обозначений: ■ – наличие признака; обозначение степени показателя: ■■■ – высокая; ■■□ – средняя; ■□□ – низкая; □□□ – показатель отсутствует.

Наиболее перспективной альтернативой коксохимическому пеку предлагается связующее, полученное по технологии термического растворения углей, минуя стадию коксования по традиционной технологии. Анализ результатов проведенных ранее исследований [3, 4] показал, что наиболее приемлемыми для этой цели сырьем являются антраценовая фракция переработки каменноугольной смолы и угли средней стадии метаморфизма с высоким показателем толщины пластического слоя.

В центральной заводской лаборатории ПАО «Кокс» совместно с кафедрой химической технологии твердого топлива института химических и нефтегазовых технологий Кузбасского государственного технического университета имени Т. Ф. Горбачева проведены исследования по получению альтернативного связующего методом термического растворения угля марки Г в антраценовом масле. Внешний вид полученного пекоподобного продукта представлен на рисунок 1.



Рисунок 1 - Внешний вид полученного пекоподобного продукта

Пек – анизотропная жидкость, обладающая определенной внутренней структурой. При определенных условиях в пеках возможно зарождение и рост жидкокристаллической фазы (мезофазы), которая обеспечивает образование анизотропного графитирующегося кокса. В связи с этим различают пеки изотропные (немезофазные) и анизотропные (мезофазные). Наличие мезофазы в пеке является необходимым условием производства из него качественного углеродного волокна [5].

Для определения наличия мезофазы в полученном продукте проведены исследования его оптической активности с помощью поляризационного микроскопа МИН-8. На рис. 2 представлена фотография пленки пека в проходящем обыкновенном свете, на рис. 3 – в поляризованном свете.

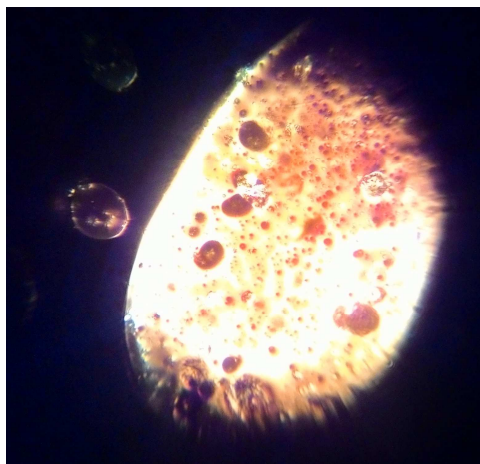


Рисунок 2 - Внешний вид пленки пека в проходящем обыкновенном свете

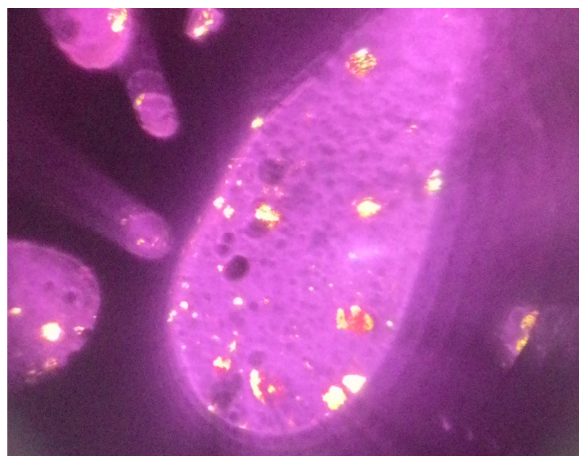


Рисунок 3 - Внешний вид пленки пека в поляризованном свете

Из анализа микрофотографии (рис. 3) видно, что пек, полученный методом терморастворения углей, способен к образованию мезофазы, однако ее количество невелико. Для увеличения количества мезофазы полученный пек необходимо подвергать термообработке.

Таким образом, показана возможность получения сырья для производства углеродных волокон напрямую из угля, минуя высоко-

температурный процесс коксования. Кроме того, пек с пониженным содержанием полициклических ароматических углеводородов без дополнительной очистки может быть востребован уже сейчас в технологиях, не предъявляющих высоких требований к зольности (производство углеродистых огнеупоров и огнеупорных масс).

Исследовательский проект включен в перечень основных проектов Научно-образовательного центра «Кузбасс».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ким С. Сырье → композиты → углеролокно / С. Ким // The Chemical Journal. –2014. – № 10. – С. 64-73.
2. Кузнецов П. Н. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях / П. Н. Кузнецов, Н. В. Перминов, Ф. А. Бурюкин // Кокс и химия. –2019. – № 1. – С. 16-22.
3. Маракушина, Е. Н. Получение пеков и связующих веществ методом термического растворения углей // Дисс. канд. хим. наук, 2015. –137 с.
4. Базегский, А. Е. Исследования процесса термического растворения углей с целью получения связующего для огнеупорных масс / А. Е. Базегский, М. Б. Школлер // Изв. Вузов Черная металлургия. – 2016. – Т.59. – № 8. – С. 517-522.
5. Привалов, В. Е. Каменноугольный пек / В. Е. Привалов, М. А. Степаненко. – М.: «Металлургия», 1981. – 208 с.

УДК 662.882

Ю. Х. Исоков, базовый докторант;
Нормахмат Ёдгоров, д-р хим. наук, проф.
(Институт общей и неорганической химии Академии и наук
Республики Узбекистан, г Ташкент)

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ

Активированный уголь – это пористое вещество, которое получают из различных углеродосодержащих материалов органического происхождения. Марки угля (АУ-КП, АУ-КУ, АУ-КО, АУ-КП 78 и др.), полученные из скорлупы орехов и косточек персиков, и других материалов содержат огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы и соответственно обладают высокой адсорбционной способностью [1]. Применяют эти адсорбенты в медицине и промышленности для очистки, разделения и извлечения различных веществ.

Обычный активированный уголь является довольно реакционноспособным соединением, которое может подвергаться окислению кислородом воздуха и кислородной плазмой, водяным паром, а также

углекислым газом и озоном. Окисление в жидкой фазе проводят целым рядом реагентов (HNO_3 , H_2O_2 , KMnO_4). За счёт образования большого количества основных и кислотных групп на поверхности окисленного угля его адсорбционные и другие свойства могут существенно отличаться от неокисленного [1, 2]. Модифицированный азотом уголь получают либо исходя из азотсодержащих природных веществ, либо из полимеров, либо обработкой угля. Также уголь способен взаимодействовать с хлором, бромом и фтором. Важное значение имеет серосодержащий уголь, который синтезируют разными путями. В последнее время химические свойства угля принято объяснять наличием на его поверхности активной двойной связи. Химически модифицированный уголь находит применение в качестве катализаторов, носителей для катализаторов, селективных адсорбентов, в получении особо чистых веществ, в качестве электродов литиевых аккумуляторов [3].

В качестве сырья в производстве активированного угля используются материалы органического происхождения: древесина, каменный уголь, битумный уголь, скорлупа кокосовых орехов и др. Указанное сырьё сначала обугливают, затем подвергают активации.

Сущность активации состоит во вскрытии пор, находящихся в углеродном материале в закрытом состоянии. Это делается либо термохимически (предварительно материал пропитывают раствором хлорида цинка, карбоната калия или некоторыми другими соединениями, а затем нагревают без доступа воздуха), либо путём обработки перегретым паром или углекислым газом, или их смесью при температуре $800\text{--}850^\circ\text{C}$. В последнем случае технически сложно получить парогазовый агент, имеющий такую температуру. Широко распространён приём подачи в аппарат для активации одновременно с насыщенным паром ограниченного количества воздуха. Часть угля сгорает и в реакционном пространстве достигается необходимая температура. Выход активированного угля в этом варианте процесса заметно снижается. Значение удельной поверхности пор у лучших марок активированных углей может достигать $1800\text{--}2200\text{ м}^2$ на 1 г угля. Различают макро-, мезо- и микропоры. В зависимости от размеров молекул, которые нужно удержать на поверхности угля, уголь должен изготавливаться с разными соотношениями размеров пор [4]. Размеры пор полученного угля после активации показаны на рисунке 1. Для получения активированных углей процесс карбонизации проводили при температуре $400\text{--}800^\circ\text{C}$, которая контролировалась с помощью термопары, находящейся в средней части реактора. Скорость подъема температуры составляла $7\text{--}10^\circ\text{C}$ в минуту [4].



Макропор (>500°А)

Мезапор (20–500°А)

Микропор (< 20°А)

Рисунок 1 - Структура пор активированного угля

Согласно данным, представленным на рис. 2, активированный уголь на основе скорлупы косточек персиков имеет различные функциональные группы.

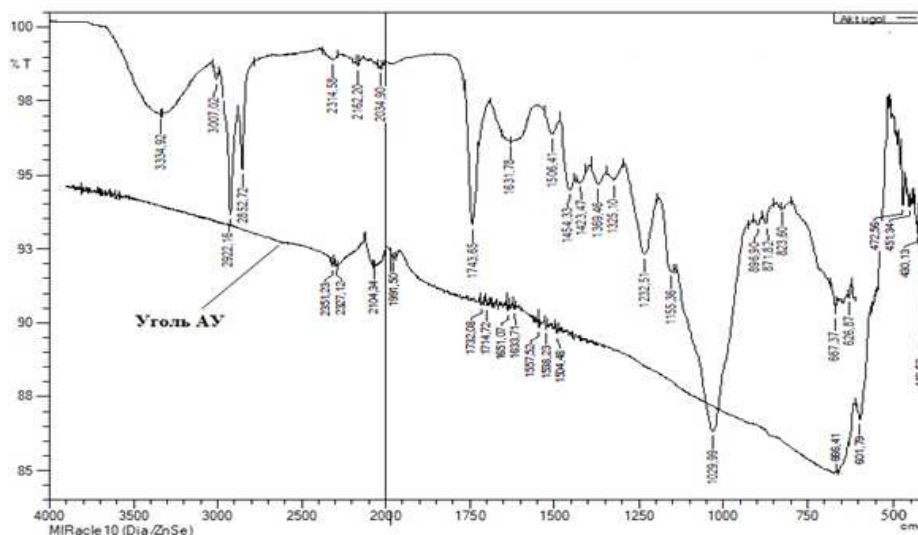


Рисунок 2 - ИК спектры скорлупы косточек урюка и активированного угля АУ-КП

На ИК-спектре угля имеются полосы, характерные для первичного амида – CO-NH_2 ($1651,07 \text{ см}^{-1}$, $1633,71 \text{ см}^{-1}$), для винильной группы $>\text{C}=\text{CH}_2$ ($666,41 \text{ см}^{-1}$), для группы $\text{R}'\text{R}''\text{C}=\text{O}$ ($1732,08 \text{ см}^{-1}$, $1714,72 \text{ см}^{-1}$), для группы $(\text{R})\text{N}=\text{O}$ ($1557,52 \text{ см}^{-1}$, $1538,23 \text{ см}^{-1}$, $1504,48 \text{ см}^{-1}$) и полосы характерные для алкина – $\text{C}\equiv\text{C-H}$ ($601,79 \text{ см}^{-1}$) [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Machnikowski J., Kaczmarska H., Gerus-Piasecka I., Diez M.A., Alvarez R., Garcia R. Structural modification of coal-tar pitch fractions during mild oxidation – relevance to carbonization behavior Carbon. – 2002. – V.40. – P. 1937–1947.

2. Rivera-Utrilla J; Sanchez-Polo M. The role of dispersive and electrostatic interactions in the aqueous phase adsorption of naphthalenesul-

phonic acids on ozone-treated activated carbons Carbon– 2002. –V.40, №14. – P. 2685–2691.

3. Valdes H., Sanchez-Polo M., Rivera-Utrilla J., and Zaror C.A. Effect of Ozone Treatment on Surface Properties of Activated Carbon Langmuir– 2002. –V. 18. – P. 2111–2116.

4. Pradhan B.K., Sandle N.K. Effect of different oxidizing agent treatments on the surface properties of activated carbons Carbon. – 1999. – V. 37, №8. – P. 1323–1332.

УДК 620.193:665.6

Г. Р. Каипбергенова, соискатель; Ж. Х. Захидов, соискатель;
Х. И. Кадиров, д-р техн. наук, проф. (ТХТИ, г. Ташкент)

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ НА ОСНОВЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

Производство продуктов органического синтеза является одной из важнейших отраслей современной промышленности. В мире ежегодно производятся сотни миллионов тонн продуктов основного (тяжелого) органического синтеза [1].

Сераорганические соединения используются как экстрагенты, моющие средства, антиоксиданты, присадки к смазочным маслам, регуляторы вулканизации и радикальной полимеризации и др. [2]. Их применяют в машиностроении, электротехнике, радиоэлектронике, авиационной промышленности, автомобилестроении, бытовой технике. Из них изготавливают корпуса электроприборов и фотокамер, переключатели, детали телевизоров и электронно-вычислительных машин, медицинское оборудование, кухонную посуду. На базе карбамида, тиокарбамида, формальдегида и др. разработан и испытан в реальных условиях ряд ингибиторов отложения минеральных солей [3]. Известно, что карбоксиалкилированные амины, такие как иминодиуксусная, этилендиаминотетрауксусная кислота и др., предоставляют значительный теоретический и практический интерес и находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Здесь имеет место значительное усиление прочности образующихся комплексов вследствие увеличения дентатности за счет введения дополнительных иминоацетатных группировок, а также влияния стерических факторов.

Некоторые серосодержащие вещества, в частности 1-гидроксипирдин-2-тион, соли диэтилдитиокарбаминовой кислоты и тиомочевина, могут использоваться как эффективные ингибиторы коррозии в кислых средах, защита обеспечивается образованием пленок [4]. В целях расширения ассортимента серосодержащих органиче-

ских продуктов изучено сульфометилирование тиомочевины: для этого в трехгорлую колбу объемом 500 мл, снабженную механической мешалкой, обратным холодильником и капельной воронкой, помещали водный раствор пиросульфата натрия (95 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ и 50 г H_2O). Из капельной воронки при интенсивном перемешивании порциями добавляли 85 мл 37 %-ного раствора формальдегида. Туда же приливали 3 мл 50 %-ного раствора едкого натра. После исчезновения запаха формальдегида в смесь порциями добавляли 47 г тиомочевины и 50 г воды, интенсивно перемешивали и нагревали при температуре 80°C в течение 3 часов. В колбе образуется однородная масса. После соответствующей обработки с последующим просушиванием в сушильном шкафу при температуре $100 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 5 часов получено 89,2% готового продукта в виде вязкой жидкости со слабым запахом. Полученный продукт хорошо растворяется в воде, бензоле, ацетоне, хлороформе и других органических растворителях.

	<i>C</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>Na</i>	<i>O</i>	<i>S</i>
Найдено (масс.%):	11,12	2,06	8,78	14,16	40,65	23,23
Рассчитано (масс.%):	11,69	1,96	9,09	14,92	31,14	31,21

Определена геометрия и электронное строение молекул диметиленсульфонаттиомочевины полуэмпирическим квантово-химическим методом РМЗ (рисунки 1 и 2).

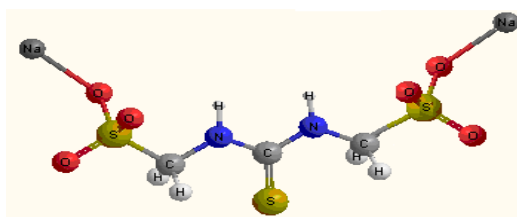


Рисунок 1 - 3D структура ДМСТМ

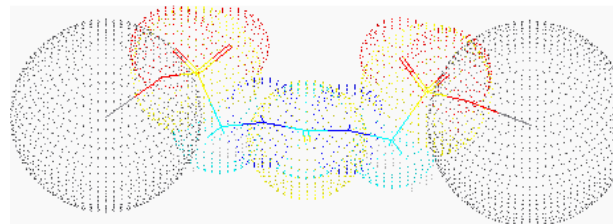


Рисунок 2 - Распределение электронной плотности в молекуле ДМСТМ

Полученный продукт ДМСТМ хорошо растворяется в органических растворителях и был испытан в качестве ингибитора коррозии. В качестве эталона использовали промышленный ингибитор И-1-А (таблица 1).

Таблица 1 - Скорость коррозии и степень защиты ДМСТМ стали марки прочности Д в углекислотной среде ($\text{PCO}_2=1,0$ МПа), Т комн.

Концентрация ингибитора, мг/л	Время опыта, час	Скорость в коррозии, г/м^2 ч	Степень защиты, %
1	2	3	4
Без ингибитора	40	3,8	-
200	40	0,172	86,64
Без ингибитора	60	3,5	-

Продолжение таблицы

1	2	3	4
200	60	0,138	86,0
Без ингибитора	80	3,4	-
200	80	0,135	85,49
И-1-А Эталон	80	0,3	91,17
400	80	0,2	91,21

Как видно из полученных данных ингибитор ДМСТМ во всех случаях показывает защитную степень выше 80 %.

Таблица 2 – Влияние температуры на скорость коррозии Ст.3 в 15 %-ной соляной кислоте. Концентрация ингибитора 1,0 % масс.

Раствор соляной кислоты	Скорость коррозии г/м ² ·час	Степень защиты %
<i>Температура комнатная, τ = 24 часа</i>		
Без ингибитора	6,5	-
С ингибитором	2,1	65,0
<i>Температура 40 °С, τ = 4 часа</i>		
Без ингибитора	45,8	-
С ингибитором	0,7	89,0
<i>Температура 60 °С, τ = 4 часа</i>		
Без ингибитора	14,6	-
С ингибитором	2,7	88,0
<i>Температура 80 °С, τ = 4 часа</i>		
Без ингибитора	610	-
С ингибитором	2,3	91,4
<i>Температура 100 °С, τ = 1 часа</i>		
Без ингибитора	1020	-
С ингибитором	3,9	93,2

Как видно из данных таблиц ДМСТМ эффективно защищает сталь от коррозии в углекислотной и сероводородной средах, показывая стабильность с повышением температуры до 100 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвичев Ю. А., Фельдблюм В. Ш. Химия в нашей жизни (продукты органического синтеза и их применение): Монография. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2007. – 411 с.
2. Химическая энциклопедия / Редкол.: Кнунянц И.Л. и др.. – М.: Советская энциклопедия, 1995. – Т.4 (Пол-Три). – 639 с.
3. Кадиров Х.И., Юсупов Д., Миркамилов Т.М., Турабжанов С.М. Аномальные явления в водоснабжении и методы их предупреждения // Проблемы питьевого водоснабжения и экологии. – Ташкент: ТашГТУ, 2002. – С. 131-142.
4. Акользин П.А. Коррозия и защита металла теплоэнергетического оборудования Издательство: Энергоиздат. 1982. С. 304.

Ю. Н. Хакимуллин, докт. техн. наук, проф. ;
А. Р. Курбангалеева, канд. техн. наук, доц. ;
Е. А. Табельчук, магистрант;
А. С. Зимина, магистрант;
А. И. Хакимова, бакалавр;
Э. А. Зиннатуллина, бакалавр
(КНИТУ, г. Казань)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ГЕРМЕТИКОВ НА ОСНОВЕ СИЛОКСАНОВОГО ОЛИГОМЕРА

Отверждаемые силоксановые (кремнийорганические) герметики и компаунды применяются во многих отраслях промышленности, таких как, электротехника, строительство, машиностроение для уплотнения и герметизации конструкций. Особенности молекулярного строения силоксановых каучуков в значительной степени определяют рецептурный состав герметиков на их основе. Ненаполненные герметики обладают крайне низкой прочностью, поэтому для получения необходимого уровня прочностных свойств в их состав вводят усиливающие наполнители, такие как, белая сажа, кварциты, или полу- и малоактивные наполнители, такие как осажженный мел, каолин, оксиды титана и цинка [1]. Известно, что оксид цинка обеспечивает получение материалов с низкими остаточными деформациями, проявляет свойства термостабилизатора [1-2]. Волластонит, карбонат кальция и кварцит повышают прочностные свойства и, кроме этого, используются в керамообразующих составах, которые создают керамоподобный слой при горении [3]. Учитывая расширение ассортимента наполнителей для эластомерных материалов исследования по изучению закономерностей их влияния на свойства силоксановых герметиков представляют научный и практический интерес.

Изучено влияние типа и содержания (0-150 мас. ч.) наполнителей различной химической природы (оксида цинка БЦОМ, кварцевой муки марок Silbond 600 VST и Silbond 600 TST, карбоната кальция марки Winnofil SP, волластонита марки Tremin 600 MST) на реологические, физико-механические, адгезионные свойства силоксановых герметиков [4].

Герметики получены на основе силоксанового низкомолекулярного каучука СКТН марки Г (ТУ 2294-002-00152000-96). Отверждение герметиков осуществлялось каталитической системой холодного отверждения, состоящей из тетраэтоксисилана и дибутилдилауратолова.

Установлено, что основными факторами, определяющими эффективность использования наполнителей в силоксановых герметиках, является их химическая природа, дисперсность и содержание. Использование на-

полнителей всех видов позволяет в широких пределах регулировать вязкость герметизирующих составов, при этом вязкость составов закономерно возрастает по мере увеличения содержания наполнителя и уменьшения его размера частиц. С увеличением содержания наполнителя до 150 мас.ч. повышаются прочностные свойства и твердость силиконовых герметиков. Наибольшее усиление наблюдается у герметиков с кварцевой мукой, что, скорее всего, связано с наиболее близкой химической природой олигомера и наполнителя, соответственно большими адсорбционными взаимодействиями макромолекул олигомера с поверхностью частиц наполнителя. Наибольшую твердость имеет герметик, наполненный кварцевой мукой, а наименьшую – герметик, наполненный карбонатом кальция. Относительное удлинение герметиков с оксидом цинка уменьшается с увеличением содержания наполнителя. При содержании кварцевой муки и волластонита до 25 мас.ч., карбоната кальция до 75 мас. ч. относительное удлинение герметиков незначительно возрастает, при этом дальнейшее увеличение их содержания приводит к уменьшению данного показателя. С увеличением содержания наполнителя адгезия к дюралюминию повышается, во всех случаях наблюдается адгезионный характер разрыва.

Таким образом, использование кварцевой муки марок Silbond 600 VST и Silbond 600 TST позволяет получить герметики на основе силиконового олигомера с наиболее оптимальным уровнем реологических, физико-механических свойств. Использование карбоната кальция марки Winnofil SP и оксида цинка позволяет получить силиконовые герметики с удовлетворительными адгезионными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1 Хакимуллин, Ю.Н. Основы технологии и переработки силиконовых эластомеров [Текст] : учеб. пособие / Ю.Н. Хакимуллин, А.Д. Хусаинов. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 164 с.

2 Кац, Г.С. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справочное пособие: пер. с англ. / Г.С. Кац, Д.В. Милевски. - М. : Химия, 1981. – 736 с.

3 Костылева, Е.И. Влияние наполнителей и каталитических добавок на термоокислительную деструкцию силиконовых резин / Е.И. Костылева, В.М. Копылов, В.А. Ковязин // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2014. – № 1–2. – С. 126-133.

4 Табельчук, Е. А. Влияние наполнителей на свойства силиконовых герметиков / Е.А. Табельчук, А.С. Зимина, А.И. Хакимова, А.Р. Курбангалеева, П.В. Пономарев, Ю.Н Хакимуллин // Вестник Казанского технологического университета. – Казань, 2019. – №10(22). – С. 96-101.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОСТИ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СВОЙСТВА СИЛОКСАНОВЫХ РЕЗИН

Особенностью резин на основе силоксановых каучуков является их работоспособность в широком интервале температур, высокие диэлектрические свойства, стойкость к озону, отсутствие токсичности, физиологическая инертность, однако они обладают недостаточно высокой огнестойкостью. При воздействии открытого пламени, резины на основе силоксанового каучука, горят и полностью сгорают [1]. Повысить огнестойкость силоксановых резин возможно введением антипиренов, в качестве которых широко используются оксиды и гидроксиды металлов. Это обусловлено их низкой стоимостью по сравнению с системами на основе галогенов или фосфора, легкостью в обращении и нетоксичностью (экологичностью). Гидроксид алюминия выполняет одновременно роль наполнителя, замедлителя горения и агента, подавляющего образование дыма. Механизм огнезамедления гидроксидом алюминия проявляется в сочетании разнообразных физико-механических процессов. В настоящее время общепризнано, что механизм огнезащитного действия гидроксид алюминия основан на его эндотермическом разложении. Под действием выделяющегося при горении тепла в результате эндотермических реакций деструкции в зоне пиролиза образуются летучие продукты. Летучие продукты переносятся в зону горения, в которой экзотермически реагируют с кислородом. Поглощая часть теплоты сгорания, передающейся материалу, гидроксид алюминия замедляет пиролиз и снижает скорость горения [2]. В дополнение оксиды катализируют процессы коксообразования и помогают формировать защитный слой на поверхности горящего полимера [3-5].

Изучено влияние гидроксид алюминия различной дисперсности (2,3 мкм, 6,4 мкм, 37 мкм и 57 мкм) в количестве 50 мас.ч. на физико-механические и огнестойкие свойства резин на основе силоксанового каучука СКТВ-1.

Установлено, что наиболее оптимальным уровнем физико-механических свойств обладает силоксановая резина, содержащая гидроксид алюминия с дисперсностью 6,4 и 37 мкм. Стоит отметить, что на огнестойкость силоксановых резин дисперсность гидроксид алюминия существенного влияния не оказывает.

ЛИТЕРАТУРА

1 Хакимуллин, Ю.Н. Основы технологии и переработки силоксановых эластомеров [Текст] : учеб.пособие / Ю.Н. Хакимуллин, А.Д. Хусаинов. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 164 с.

2 Кац, Г.С. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справочное пособие: пер. с англ. / Г.С. Кац, Д.В. Милевски. - М. : Химия, 1981. – 736 с.

3 Каблов, В. Ф. Основные способы и механизмы повышения огнетеплозащитной стойкости материалов / В. Ф. Каблов, О. М. Новопольцева, В. Г. Кочетков, А. Г. Лапина // Известия ВолгГТУ :межвуз. сб. науч. ст. – 2016. – № 4 (183). – С. 46–60.

4 Ломакин, С.М. Замедлители горения для полимеров / С.М. Ломакин, Г.Е. Заиков // Энциклопедия инженера-химика. – 2011. – № 9. – С. 22-33.

5 Ломакин, С.Н. Замедлители горения для полимеров / С.Н. Ломакин, Г.Е. Заиков, А.К. Микитаев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15. – №7 – С. 71-86.

УДК 541.183.12

И. И. Латипова, ассист.; Г. Р. Каипбергенова, соискатель,
Х. И. Кадиров проф., д-р техн. наук
(ТХТИ, г. Ташкент)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРОДУКТОВ СУЛЬФИРОВАНИЯ УГЛЯ ШОРГИНСКОГО РАЙОНА СУРХАНДАРИНСКОГО ВИЛОЯТА

В промышленности иониты применяют для очистки или выделения продуктов органического и неорганического синтеза, в качестве катализаторов, как средство аналитического контроля технологических процессов [1, 2].

Потребность гидрометаллургических предприятий Республики Узбекистан (УзКТЖМ, АГМК, НГМК и др.) в ионообменных смолах составляет более 19 тыс./т в год. В водоподготовке тоже широко используются ионообменные материалы, например, смолы КУ-2-8А, АН-17, АН-31, сульфоуголь. Из-за отсутствия производства, ионообменные смолы завозятся из других стран за валюту.

Среди катионитов нашли широкое промышленное применение смолы серии КУ: КУ-1, КУ-2, КУ-2-8а и др., – которые получают конденсацией производных фенолов с формальдегидом, например, парафенолсульфоуксусной кислоты с формальдегидом [3].

Известны способы получения сферических активированных уг-

лей из гелеобразных отработанных ионообменных смол – сульфированных сополимеров стирола и дивинилбензола [4] либо серосодержащих катионитов на основе сополимера глицидилметакрилата (ГМА) и альфа-фенилвинилфосфоновой кислоты (ФВФК) [5, 6], исследован также процесс синтеза сульфокатионитов СК-ХЦ с использованием структурирующего компонента – древесных опилок [7].

Нами изучены два метода сульфирования каменного угля. Использовали уголь Шоргинского района Сурхандаринского вилоята. Первый метод основан на взаимодействии каменного угля с концентрированной серной кислотой в присутствии госсиполовой смолы. Реакцию проводили в фарфоровой чашке. С целью установления выхода выделены продукты сульфирования. Как известно, из смеси сульфирования сульфокислоту чаще всего выделяют, очищают и используют в виде какой либо соли. Наиболее общеприменимый метод выделения основан на том, что сульфонат кальция или бария заметно лучше растворим в воде, чем сульфат кальция или бария.

Реакционную смесь продуктов сульфирования выливали в воду и раствор нейтрализовали добавлением карбоната кальция; нерастворимый сульфат кальция и избыток карбоната кальция удаляли фильтрованием. Образующийся раствор кальциевой соли сульфокислоты осторожно обрабатывали необходимым количеством карбоната натрия, после чего удаляли нерастворимый карбонат кальция фильтрованием. Упаривание фильтрата дает натриевую соль сульфокислоты. Данный сульфокатионит условно назван КАТИ-III1.

Во втором методе сульфирования каменного угля в качестве добавки использовали тяжёлую фракцию нефти с большим содержанием парафинов и нафтенов. Полученный продукт условно назван КАТИ-III2.

В результате исследования влияния температуры, продолжительности реакции, соотношения компонентов и способа выделения продукта на выход и качество продуктов сульфирования каменного угля установлены оптимальные условия.

Как известно, во многих регионах Республики Узбекистан используемая в быту и на производстве вода имеет высокую жесткость, которая иногда достигает до 17 мг·эquiv/л, при этом норма данного показателя колеблется в пределах 2–6 мг·эquiv/л. С целью изучения возможности использования катионитов КАТИ-III1 и КАТИ-III2 в процессах водоподготовки, исследовали их сорбционную способность к ионам кальция, магния, натрия в водах Каракалпакстана.

Катионит испытывали в Н- и Na-формах. 1 г катионита заливали 250 мл исследуемой воды. Жесткость воды определяли на приборе TDS Meter (HOLD), принцип работы которого основан на зависимости электропроводности воды от концентрации в ней соли. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица – Сравнительные показатели сорбционной способности катионитов КАТИ-III1 и КАТИ-III2

Сульфокатионит	Нукус		Щукманай		Турткуль		Бируни		Чимбай	
	<i>Общая жесткость воды, мг экв/л</i>									
	до	после	до	после	до	после	до	после	до	после
КАТИ-III1: в Н-форме	17,0	4,1	12,8	3,2	8,0	2,4	7,9	2,1	9,6	3,2
КАТИ-III1: в Na-форме		3,0		2,3		2,1		1,9		2,0
КАТИ-III2: в Н-форме		5,3		5,0		3,7		2,5		4,4
КАТИ-III2: в Na-форме		4,3		3,9		3,1		2,1		3,6

Из данных таблица 1 видно, что при использовании испытуемых сульфокатионитов в процессе умягчения воды жесткость соответствует требованиям, предъявляемым УзДСТ, и достигает минимума от 2,1 до 5,3 мг экв/л в зависимости жесткости исходной воды. Результаты полученных исследований свидетельствует о перспективности использования полученного сульфокатионита в процессах умягчении бытовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максанова Л.А., Аюрова О.Ж. Полимерные соединения и их применение. Учебное пособие. – Улан-Удэ.: ВСГТУ, 2005. – С.178.
2. Чебакова И.Б. Очистка сточных вод: Учебное пособие. – Омск, ОмГТУ. 2001. –57 с.
3. Rivas Bernabe I., Jara Miguel, Pereira Eduardo D. Получение и свойства хелатных ионообменников, содержащих карбоксильные, сульфо- и имидазольные группы. // Journal Appl. Polym. Sci. 2003. N10. Vol.89. – P. 2852–2856.
4. Лимонов Н.Ф., Глушанкова И.С., Фарберова Е.А., Зорина Е.И. Получение углеродных сорбентов из фенолформальдегидной смолы сферической грануляции // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3342–3346.
5. Бектенов Н.А., Ергожин Е.Е., Мекебаева А.К., Аловитдинов А.Б., Кариева Г.А. Сульфокатионит на основе глицидилметакрилата и альфа-фенилвинилфосфорной кислоты // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2003. – Т. 46. – № 8. – С. 79–82.

6. Бектенов Н.А., Ергожин Е.Е., Бостанова Ж.Л., Акимбаева А.М. Шитый сульфокатионит на основе сополимера глицидилметакрилата и феноксиэтилакрилата.// Пластические массы, 2001. – №9. 50.

7. УзДСТ 950:2000 «Вода питьевая, гигиенические требования и контроль за качеством».

УДК 547.738

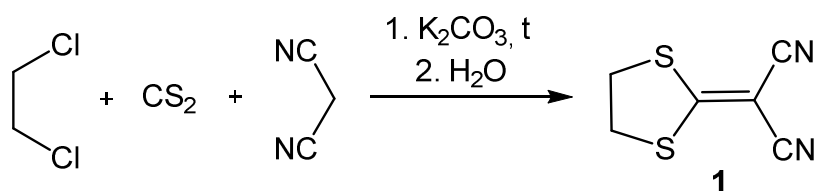
К. В. Липин, доц. канд. хим. наук;
Д. В. Софронов, студент;
С. В. Кузьмин, студент
(ЧГУ им. И.Н. Ульянова, г. Чебоксары)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА

2-(1,3-ДИТИОЛАН-2-ИЛИДЕН)МАЛОНОНИТРИЛА

1,3-Дитиоланы часто применяются для синтеза веществ с полезными оптическими, электронными и биологическими свойствами. В связи с широкой областью применения данных гетероциклов, было решено разработать технологию их синтеза, пригодную для полупромышленного масштаба. Наиболее часто используются 1,3-дитиоланы, замещенные в положении 2 цикла акцепторными заместителями. Примером такого гетероцикла является 2-(1,3-дитиолан-2-илиден)малононитрил **1**.

Первоначально было решено упростить метод синтеза для облегчения его масштабирования. Упрощенный метод заключается во взаимодействии малононитрила с сероуглеродом в этаноле в присутствии карбоната калия, добавлении к полученной смеси дихлорэтана, кипячении смеси в течение 10-15 минут. Целевой продукт выделяется из реакционной массы после разбавления водой, отделяется фильтрованием.



Таким образом, выбранный метод получения 2-(1,3-дитиолан-2-илиден)малононитрила состоит из следующих технологических операций.

1. Смешение исходных компонентов в реакторе.
2. Нагревание и кипячение реакционной смеси.
3. Разбавление реакционной массы водой и кристаллизация продукта.

4. Фильтрование 2-(1,3-дитиолан-2-илиден)малононитрила.

Стадии 1-3 можно проводить в одном технологическом оборудовании – реакторе, снабженном мешалкой и рубашкой. Для фильтрования необходимо использовать нутч-фильтр.

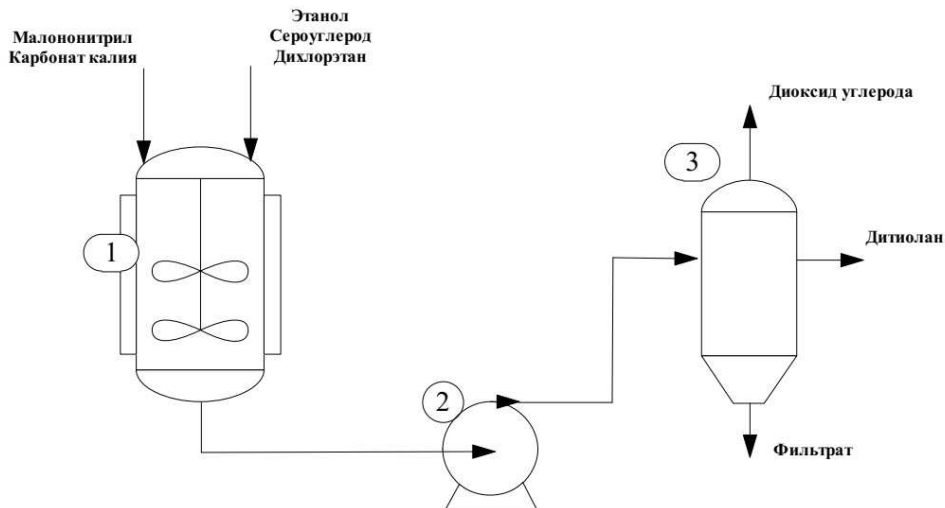


Рисунок 1 - Технологическая схема производства 2-(1,3-дитиолан-2-илиден)малононитрила

Технологическая схема разработанного процесса показана на рис. 1. Малононитрил и карбонат натрия загружают в реактор 1 вручную, после чего подается этанол и осуществляется перемешивание в течение 10 минут. Далее в реактор 1 подают сероуглерод и дихлорэтан и затем реакционную массу нагревают путем подачи горячей воды в рубашку реактора. Массу доводят до кипения и перемешивают при нагревании в течение 20 минут. После этого отключают обогрев реактора 1 и массу перемешивают до достижения комнатной температуры. После этого добавляют расчетное количество воды, перемешивание продолжают еще 10 минут. После этого реакционную массу перекачивают при помощи насоса 2 в фильтр 3, где происходит выделение целевого продукта методом фильтрования. Выделяющиеся на этой стадии газы собирают в вентиляцию при помощи вытяжного зонта. Фильтрат, полученный на этой стадии, отправляется на регенерацию.

Данный способ получения выгодно отличается использованием простого и дешевого сырья, распространенного в химической промышленности, малой продолжительностью синтеза и использованием стандартного технологического оборудования.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА ИХ ТЕКСТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Оксид алюминия, благодаря своим уникальным свойствам, на протяжении длительного времени широко применяется в катализе. Оксид алюминия применяют как катализатор для дегидратации спиртов, в процесс Клауса, в реакциях крекинга и гидрокрекинга нефтепродуктов, как компонент для синтеза сложных катализаторов, в качестве носителя для металлических (Pt, Pd, Ni) и оксидных катализаторов.

Получение сферических гранул методом тарельчатого гранулирования в аппарате, представляющем собой наклонный вращающийся диск с бортиками, является удобным и простым методом формования [1]. Важной стадией приготовления оксидов алюминия является стадия прокаливания.

В данной работе рассмотрено влияние температуры приготовления оксидов алюминия на их текстурные характеристики. В качестве исходного сырья был взят термоактивированный тригидроксид алюминия. Гидратацию порошка проводили в шаровой мельнице при комнатной температуре в растворе NH_3 при pH 11–12 в течение 24 ч. Высушенный порошок пластифицировали раствором азотной кислоты (кислотный модуль 0,1 моль кислоты / моль Al_2O_3). Полученную пасту экструдировали. Гранулы прокаливали в трубчатой печи в токе осушенного воздуха в течение 4 ч. Температуру прокаливания гранул варьировали в диапазоне 350–550°C с шагом в 50°C. Для сравнения использовали 100% $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (T прок. = 550°C), полученный традиционным методом переосаждения [2].

По данным термического анализа (ТА), при прокаливании исходного гидроксида от 20 до 1000°C наблюдаются три эндотермических пика. Первый (при 80–200°C) можно отнести к потере образцом физически адсорбированной и хемосорбированной воды, второй (при 280–340°C) – к превращению гиббсита и байерита в $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$ и $\eta\text{-Al}_2\text{O}_3$, соответственно, а третий (при 500–560°C) – к превращению бемита (псевдобемита) в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Из данных термического анализа следует, что исходный гидроксид содержит 55% тригидроксидных фаз (байерит + гиббсит) и 11% бемита (псевдобемита). Различие данных ТА и рентгенофазового анализа (РФА) указывает на то, что либо исходный

гидроксид содержит рентгеноаморфную фазу псевдобемита, либо бемит (псевдобемит) формируется внутри частиц гиббсита и байерита при термообработке в результате создания гидротермальных условий. Выделить на термограмме пик, относящийся к превращению тригидроксида алюминия в бемит (180°C), на фоне широкого эндотермического пика ($80\text{--}200^{\circ}\text{C}$) от потери как физически адсорбированной, так и хемосорбированной воды не удастся. РФА образцов оксидов алюминия (табл. 1), полученных прокаливанием байеритсодержащего гидроксида (СВ-5) в токе осушенного воздуха при температурах 350 , 450 и 550°C , показал, что образец $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}350$ содержит более 50% рентгеноаморфной фазы (гидроксид / оксид + $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$), примерно 30% фаз ($\gamma+\eta$)- Al_2O_3 , 10% бемита и небольшую примесь псевдобемита. Поскольку превращение рентгеноаморфного гидроксида / оксида в хорошо окристаллизованную фазу бемита при прокаливании маловероятно, можно сделать вывод, что бемит формируется в результате разложения тригидроксида (гиббсита и байерита). Образец, полученный прокаливанием СВ-5 при 450°C ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}450$) содержит примерно 35% фаз ($\gamma + \eta$)- Al_2O_3 и 65% аморфной фазы (гидроксид / оксид + $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$). Фаза бемита, по данным РФА, в образце $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}450$ отсутствует. Поскольку температуры 450°C недостаточно для образования кристаллической фазы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, мы полагаем, что на этой стадии может происходить превращение псевдобемита в аморфный оксид алюминия, о чем можно судить по увеличению доли фаз (аморфный гидроксид / оксид + $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$) (табл. 1), а также по отсутствию эндотермического пика в области $500\text{--}550^{\circ}\text{C}$ на термограмме образца $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}450$, соответствующего разложению псевдобемита. При увеличении температуры до $500\text{--}550^{\circ}\text{C}$ происходит кристаллизация части рентгеноаморфной фазы оксида алюминия и образование фазы $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. Образец $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}550$ содержит примерно 45% смеси кристаллических фаз ($\gamma + \eta$)- Al_2O_3 и 55% $\chi\text{-Al}_2\text{O}_3$. Таким образом, все приготовленные образцы не однофазны, состоят из аморфной и кристаллических фаз, причем различие в содержании фаз с увеличением температуры прокаливания не превышает 10%. Низкотемпературные образцы содержат псевдобемит.

В табл. 2 приведены текстурные характеристики исследуемых образцов оксида алюминия. Все приготовленные образцы обладают высокой удельной поверхностью (более $320\text{ м}^2/\text{г}$). При увеличении температуры прокаливания удельная поверхность (а также объем и поверхность микропор) изменяется экстремально (при 400°C), что может соответствовать вначале полному разложению гидроксида и формированию оксида алюминия, а затем его спеканию.

**Таблица 1 – Фазовый состав и структурные характеристики
исходного гидроксида алюминия и образцов оксида алюминия**

Образец	Фазовый состав, % (D, Å)					
	гиббсит	байерит	бемит	псевдобе- мит	($\gamma + \eta$)- Al ₂ O ₃	Рентгено- фаза + χ -Al ₂ O ₃
СВ-5	13	51	1 (155)	-	-	35
Al ₂ O ₃ -350	-	-	10 (240)	2 (35)	30 (45)	58
Al ₂ O ₃ -450	-	-	-	-	35 (45)	65
Al ₂ O ₃ -550	-	-	-	-	45 (50)	55
γ - Al ₂ O ₃	-	-	-	-	100 (40)	-

**Таблица 2 - Влияние температуры получения образцов оксида алюминия
на их текстурные характеристики**

Образец	$S_{уд}$, м ² /г	$V_{пор\ общ}$, см ³ /г	$V_{пор}$ (1.7–300 нм), см ³ /г	$V_{пор}$ (<1.7 нм), см ³ /г	$D_{пор\ ср}$, Å
Al ₂ O ₃ -350	327	0,24	0,10	0,11	22,0
Al ₂ O ₃ -400	390	0,27	0,12	0,16	28,0
Al ₂ O ₃ -450	343	0,26	0,12	0,13	30,0
Al ₂ O ₃ -500	340	0,27	0,13	0,12	31,8
Al ₂ O ₃ -550	328	0,28	0,15	0,10	33,8
γ - Al ₂ O ₃	294	0,67	0,57	0	92,0

Удельная поверхность образцов, прокаленных при температуре выше 400°C, в среднем составляет 340 м²/г, что выше, чем для образца γ -Al₂O₃; при этом приготовленные оксиды, даже после прокаливания при температуре 550°C, в отличие от образца сравнения, характеризуются наличием микропор. Так, средний радиус пор приготовленных образцов в 3 раза меньше, чем у образца сравнения. Средний объем пор при повышении температуры прокаливания практически не изменяется. Объем микропор максимален для образца, прокаленного при 400°C. Таким образом, повышение температуры прокаливания влияет, главным образом, на объем и величину поверхности микропор. Полученные образцы существенно отличаются от образца сравнения, как фазовым составом, так и текстурными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванова А. С. Оксид алюминия и системы на его основе: свойства, применение // Кинетика и катализ. – 2012, том 53, № 4, с. 446–460.
2. Дзисько В. А., Иванова А.С. // Изв. СО АН РФ. – 1985. Вып. 5, № 15. С. 110.

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭПОКСИДИРОВАНИЯ ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ

В последние 20–25 лет был накоплен огромный материал по эпексидированию продуктов растительного и животного происхождения, а также их производных. Объектом исследования, как правило, являются растительные масла (РМ), ненасыщенные жирные кислоты и их производные (алкиловые эфиры жирных кислот) [1, 2].

Надмуравьиная кислота – один из самых распространённых эпексидирующих агентов, который используется в промышленности. Она получается непосредственно в процессе эпексидирования в водных растворах муравьиной кислоты и пероксида водорода (*in situ*).

Процесс проводят в двухфазной водно-органической системе. Сначала в водной фазе происходит кислотнo-каталитическое образование надмуравьиной кислоты (НМК) из растворов муравьиной кислоты и пероксида водорода, как в присутствии катализатора [3, 4], так и без него. Далее НМК, в силу структурных особенностей, образует стабильную циклическую форму, переходит в органическую фазу, [5] где происходит электрофильная атака надкислоты на двойную связь органического соединения [6].

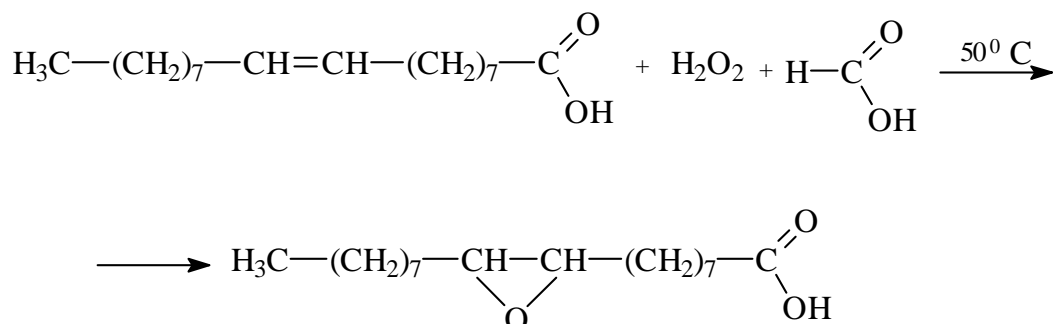
Широкое применение в шинной промышленности находят и продукты переработки РМ – жирные кислоты [7].

Синтез проводили, используя водные растворы муравьиной кислоты и пероксида водорода.

Реакцию проводили в трёхгорлом стеклянном цилиндрическом реакторе (250 мл), снабжённом обратным холодильником, термометром и пробоотборником. Необходимую температуру поддерживали с помощью водного термостата. Условия при эпексидировании: $T=65^{\circ}\text{C}$, мольные соотношения реагентов – $[>\text{C}=\text{C}<] : [\text{H}_2\text{O}_2] = 1 : 1,2$. Сначала в реактор загружали муравьиную кислоту (уксусную кислоту), затем при достижении определённой температуры добавляли раствор пероксида водорода. За начало реакции принимали момент ввода в реактор рассчитанного количества пероксида водорода. В данной работе в качестве объекта эпексидирования была использована коммерчески доступная техническая олеиновая кислота (ОК), содержащая ди- и триеновые жирные кислоты (олеиновая – 60,2%, линолевая – 21,2%, линоленовая – 7,0% масс.). О ходе реакции судили по изменению концентрации пероксида водорода

да в реакционной массе. Реакция велась до полной конверсии пероксида водорода.

Целевая реакция протекает в двухфазной системе и описывается следующей схемой:



Влияние температуры и конверсии пероксида водорода на pH водной фазы представлено на рисунке 1.

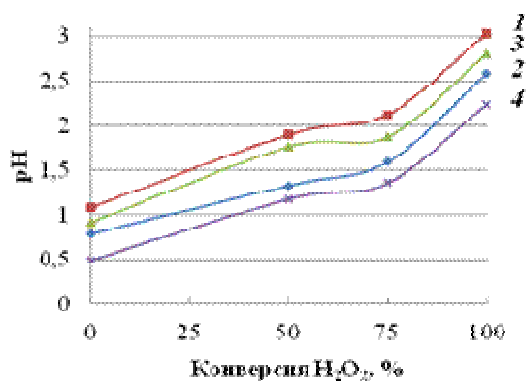


Рисунок 1 - Влияние температуры и конверсии пероксида водорода на pH водной фазы:

1 – 1:1,1, T=25°C; 2 – 1:1,2, T=65°C;
3 – 1:1,5, T=25°C; 4 – 1: 2,5 T=65°C.

Анализируя рис. 1 можно отметить, что по мере расходования пероксида водорода pH водной фазы постепенно растет, при этом большое влияние на кислотность среды оказывает температура.

Таблица - Влияние соотношения [$>\text{C}=\text{C}<$] : [H_2O_2] на показатели процесса и характеристики продукта

Мольное соотношение [$>\text{C}=\text{C}<$]:[H_2O_2]	Время реакции, часов	Конверсия ДС, %	СЭ, %	СГ, %	ЭЧ, %	ЙЧ, г I ₂ /100 г
1:1,1	5,0	79,3	78,1	1,1	6,31	25,0
1:1,2	10,5	90,3	80,7	7,6	6,50	10,3
1:1,5	15,0	97,3	73,1	21,7	6,03	0,9

Продукт эпоксидирования технической олеиновой кислоты в этой рецептуре, в целом, проявил себя как эффективный активатор вулканизации, обеспечивающий хорошую кинетику вулканизации, при этом он оказывает положительное влияние на когезионную прочность резиновой смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зелёная химия в России: сб. науч. тр. / Издательство Московского университета; под ред. В. В. Лунина, П. Тундо, Е. С. Локтевой. М.: Изд-во МГУ, 2004. 231 с.

2. Abdullah B. M., Salimon J. Epoxidation of vegetable oils and fatty acids: catalysts, methods and advantages // *Journal of Applied Sciences*. – 2010. – P. 1–10.

3. Turco R., Vitiello R., Russo V. et al. Selective epoxidation of soybean oil with performic acid catalyzed by acidic ionic exchange resins // *Green Process Synthesis*. – 2013. – Vol. 2. – P. 427–434.

4. Bach R. D., Canera C., Winter J. E. et al. Mechanism of Acid-Catalyzed Epoxidation of Alkenes with Peroxy Acids // *The Journal of Organic Chemistry*. – 1997. – Vol. 62. – P. 5191–5197.

5. Derawi D., Salimon J., Ahmed W. A. Preparation of Epoxidized Palm Olein as Renewable Material by Using Peroxy Acids // *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*. – 2014. – Vol. 18. – № 3. – P. 584–591.

6. Милославский Д.Г., Рахматуллина А.П., Ахмедьянова Р.А., Халяпов Р.М., Ликумович А.Г. Освоение опытно-промышленного производства эпоксидированного растительного масла // *Вестник Казанского технологического университета*. 2011. №5. С. 138-142.

7. Милославский Д.Г., Черезова Е.Н., Ахмедьянова Р.А., Ликумович А.Г. Эпоксидирование технической олеиновой кислоты пероксидом водорода на пероксофосфатовольфраматной каталитической системе, образующейся *in situ* // *Бутлеровские сообщения*. 2012. №3. Т.29. С. 72-78.

ИЗУЧЕНИЕ ФОТОСТАБИЛИЗАЦИИ ПВХ НОВЫМИ ФОТОСТАБИЛИЗАТОРАМИ

В настоящее время наблюдается интенсивный рост производства и применения полимерных материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ). При этом, обладая ценными физико-химическими свойствами, они имеют существенный недостаток: полимерные материалы на основе поливинилхлорида подвергаются различным видам старения под влиянием тепла, света, кислорода и т.д., и их свойства не всегда достаточно стабильны. Поэтому одним из путей повышения устойчивости полимерных материалов к действию тепла и кислорода является введение в них фотостабилизаторов [1].

Поливинилхлорид является одним из наиболее распространенных термопластичных материалов в мире благодаря своим ценным свойствам, широкому применению, высокой химической стойкости, барьерным свойствам и низкой стоимости. Во время обработки, хранения и утилизации ПВХ разлагается, поскольку он подвергается воздействию высоких температур, высоких механических напряжений или ультрафиолетового света, все в присутствии кислорода. Деструкция полимера происходит путем последовательного удаления хлористого водорода (HCl), который называется дегидрохлорированием, с образованием длинных полиенов, которые в результате вызывают изменение цвета, ухудшение механических свойств и снижение химической стойкости [2].

Нами синтезированы фотостабилизаторы на основе производных кротонового альдегида и соответствующих d-металлов, которые использованы в качестве фотостабилизатора ПВХ. Стабилизацию стабилизированных образцов ПВХ изучали УФ-излучением от времени. Разработка светостабилизатора заключалась в подавлении процессов фотоинициирования. Этот метод УФ-стабилизации заключается в том, что в полимер или состав покрытия включаются стабилизирующие добавки, которые либо поглощали энергию УФ-света, либо действуют как гасители фотовозбужденных состояний хромофоров.

Изменение свойств образцов от времени изучали ИК-спектроскопическим методом.

В ИК-спектре представленных образцов, во время старения происходит заметное изменение в области 3430 см^{-1} , в связи с этим происходит рост полосы 1730 см^{-1} и уменьшается интенсивность по-

лос в области 1638, 1127, 1079, 969 см^{-1} , а также ряда других. Широкая полоса валентных колебаний в области 3000-4000 см^{-1} доказывают о появлении гидроксильных -ОН групп, а также соответствует различным связанным видам водородной связи, а пик в области 1730 см^{-1} – соответствует деформационным колебаниям карбонильных С=О групп, образующий в процессе различных функциональных группировок, которые обычно также бывают ассоциированы водородной связью.

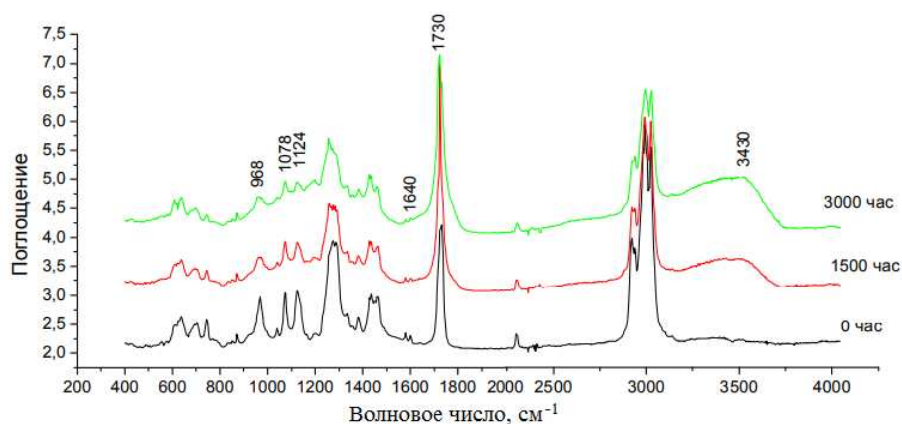
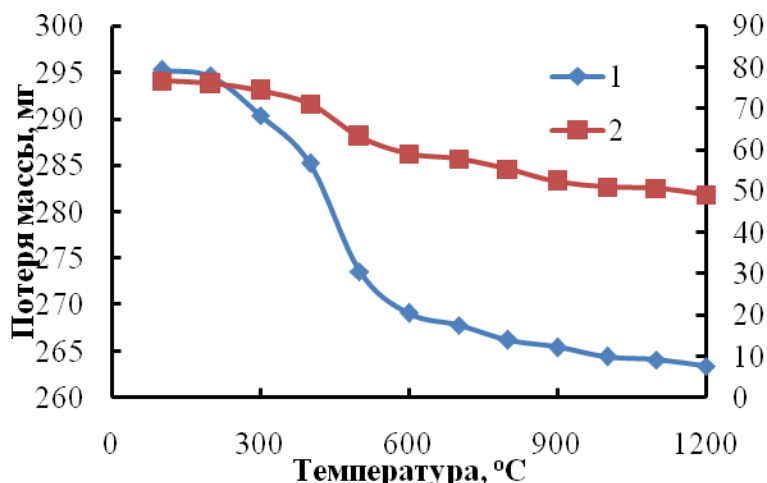


Рисунок 1 - ИК-спектр не стабилизированного и стабилизированных образцов новыми фотостабилизаторами

Таким образом, изученные данные подтвердили, что в течение 3000 часов в процессе старения наблюдается структурные изменения (уменьшение концентрации С-О-С групп, рост содержания СО и ОН групп, а также образование и раскрытие С=С связей с образованием поперечных сшивок) которое приводит к некоторому росту прочностных характеристик, доказывает о процессе сшивки во время излучения (прочности при растяжении и модуля упругости) и жёсткости материала, снижению его эластичности (относительного удлинения при разрыве), ухудшению декоративных характеристик (снижаются – краевой угол смачивания, коэффициент светопропускания, возрастает изменение цвета и блеск).

Кинетика потери массы ПВХ от температуры нагревания представлена на рис. 1. Как видно из рисунка, в рассматриваемом интервале температур 290–770 °С потеря массы связана с различными процессами: отщеплением водорода хлорида, разложением с участием кислорода, выделением летучих веществ и др. Потеря массы на кривой ТГА при увеличении температуры обусловлена продолжением деструкции ПВХ. Этот участок процесса сопровождается экзотермическим эффектом.



1 – исходный ПВХ; 2 – ПВХ содержащий 0,2 %-стабилизатора

Рисунок 1 - Зависимость потери массы исходного и стабилизированного ПВХ от температуры

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных, по кинетике процессов термоокислительной деструкции ПВХ в интервале температур 290 – 770 °C можно заключить, что, во-первых, отщепление водорода хлорида у исходного образца происходит в интервале 300 – 600 °C, а для стабилизированных образцов – в интервале 500 – 800 °C.

Во-вторых, при термоокислительной деструкции максимальная скорость потери массы у стабилизированных образцов меньше, чем у нестабилизированного образца ПВХ.

По данным ДТА также установлено, что температура начала термоокислительной деструкции ПВХ композиций смещается в область более высоких температур по сравнению с нестабилизированным ПВХ. Так, термоокислительная деструкция нестабилизированного ПВХ начинается при 280 °C, а стабилизированного ПВХ – при 500 °C. Максимальная скорость деструкции стабилизированных образцов также смещается в область более высоких температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сулейманов А.М. Исследование фотостарения поливинилхлоридных материалов. Часть 1. Изменения физико-механических свойств // Известия КГАСУ, 2011, № 2. – С. 241-245.

2. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: Изд. иностр. лит., 1963. – 590 с.

**ДЕЭМУЛЬГИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА РЕАГЕНТА,
ПОЛУЧЕННОГО НА ОСНОВЕ ПИРОЛИЗНОГО ДИСТИЛЛЯТА**

В настоящее время в нефтедобывающей промышленности Республики Узбекистан широко используют деэмульгаторы импортного производства (такие, как Диссолваны (фирма Клариат, Германия), Сепаролы (фирма Бейкер, США) и СНПХ (НИИнефтепромхим, Казань) и др.).

Зарубежными компаниями для обессоливания и обезвоживания нефти предлагаются препараты, содержащие в составе в качестве деэмульгирующего компонента блок-сополимер окисей пропилена и этилена с добавлением диэтилгидроксиламина, морфолина, триметилкарбинола [1,2], анионный (алкилсульфат натрия ($R-OSO_3Na$); α -олефинсульфонат ($R-SO_3Na$)) и катионный (ДФ-1; Ф-3761) ПАВ [3-5], состав, содержащий модифицированный полимерный алкоксилат, раствор этоксилированной фенольной смолы в ароматическом растворителе, растворитель метанол [6], а также продукт, полученный на основе реакции глицерина, гексаметилентетрамина и олеиновой кислоты в растворителе октанол [7].

Синтез предлагаемого нами деэмульгатора проводят в трехгорлой колбе, снабженной обратным водяным холодильником, термометром и механической мешалкой. В реактор помещают рассчитанное количество продукта конденсации кротоновой фракции с аммиаком в растворителе метаноле (условное название которого ПКИ-3), сивушное масло и этиленгликоль в масс. соотношении 1 - 1 : 0,5. Далее при интенсивном перемешивании добавляют едкий натр в количестве 3 % по отношению к общей массе ПКИ-3 и этиленгликоля. При перемешивании смесь нагревается до 50–55°C. После в реакционную смесь добавляют пиролизный дистиллят (данный реагент является вторичным продуктом производства полиэтилена и полипропилена реакцией полимеризации в присутствии катализатора Циглера-Натта в растворе гексана газохимического комплекса Устюрт (Республика Каракалпакистан), состав которого подробно изучен авторами работы. Температуру поднимают до $140 \pm 5^\circ C$, продолжая перемешивания в течении 4–6 часов. После реакционную смесь охлаждают до комнатной температуры и фильтруют. Полученный продукт условно был назван Deemul-KX.

Деэмульгирующие свойства исследовали в следующих услови-

ях: количество деэмульгатора, г/т нефти 8, 14, 18, 22, 26

Давление	атмосферное
Температура, °С	40, 60
Продолжительность опыта, мин.	60-100

Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии, при различных расходных нормах для эталонного деэмульгатора приведена на рисунке 1.

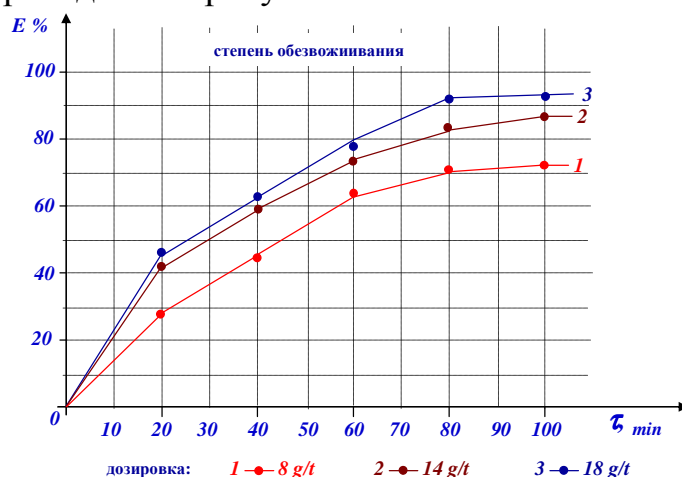


Рисунок 1 - Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии для эталонного деэмульгатора

Как видно из рисунка 1, импортруемый деэмульгатор проявляет достаточно высокую деэмульгирующую способность в разрушении водонефтяной эмульсии при расходных нормах 14 и 18 г/т. Следует отметить, что при этом происходит эффективное обезвоживание и обессоливание нефти (степень обезвоживания 94 %). Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии при различных расходных нормах для полученного продукта приведена на рисунке 2.

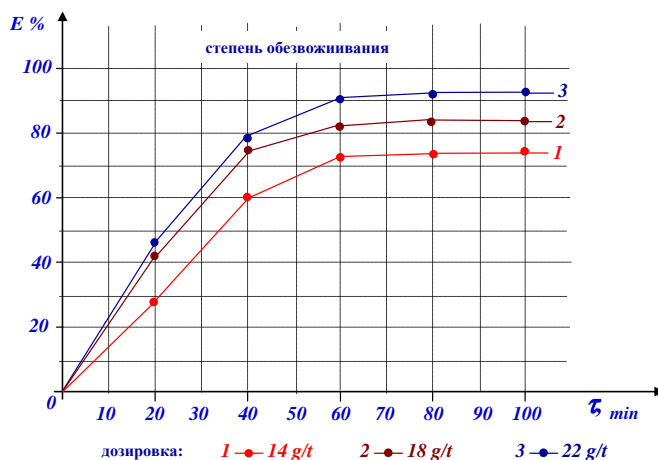


Рисунок 2 - Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии для разработанного деэмульгатора

Приведенные данные на рис.2 показывают, что разработанный нами продукт проявляет достаточно высокую деэмульгирующую способность в разрушении водонефтяной эмульсии при расходных нормах от 18 до 26 г/т. Для разработанного деэмульгатора оптимальной расходной нормой является 22 г/т, т.к. при увеличении расходной дозы степень обезвоживания увеличивается только на 0,1 % и составляет 93,5 %. Но при этом также было выявлено, что время разрушения нефтяной эмульсии для разработанного нами деэмульгатора сокращается почти в 1,2 раза. Остаточное содержание солей в нефти во всех экспериментах не превышало 4 мг/дм³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2139316 RU. Состав для обезвоживания и обессоливания нефти. Мустафин Х.В., Ипатьев В.М., Орехов А.И., Габдулхакова А.З., Нуруллина И.И., Юдина И.Г., Шушляев С.И. Заявл. 29.05.1997. Оpubл.10.10.1999.

2. Пат. 2209231 RU. Способ получения деэмульгатора. Сафин Д.Х., Нуруллина И.И., Тюнин М.И., Габдулхакова А.З., Габдулхакова Р.С., Шепелин В.А., Чебарева А.И. Заявл. 01.10.2001. Оpubл. 27.07.2003.

3. Плохова С. Е., Саттарова Э. Д., Елпидинский А. А. Изучение влияния анионных и катионных ПАВ на деэмульгирующую эффективность неионогенных ПАВ // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 16.

4. А.К. Вахитова, А.Н. Головач, А.А. Елпидинский. Оценка деэмульгирующих свойств трехкомпонентных смесей на водонефтяной эмульсии НГДУ «Бавлынефть». Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №19 -С.67-69.

5. Пат. 2139316 RU. Деэмульгатор. Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "Протон-ойл-технолоджи". Заявл. 29.11.2017. Оpubл. 07.03.2019. Бюл. №7.

6. Патент РФ № 2244733. Способ обезвоживания и обессоливания нефти / Р.А. Басимова, А.А. Галяутдинов, В.Н. Грешнов, М.Р. Зидиханов, М.Х. Ишмияров, Х.Х. Рахимов, М.Н. Рогов. Заявл. 29.11.2017. Оpubл. 07.03.2019. Бюл. №7.

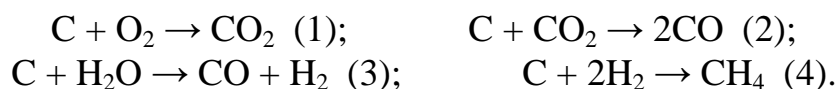
7. С.К. Юсупов, Ф.К. Юсупов, Г.М. Бектурдиев, Г.Р. Хакимова, И.И. Латипова. Маҳаллий хом ашёлар асосида деэмульгаторлар синтези. Химия и химическая технология. 2017. №1. – С.41-45.

УДК 573.6.086.83.001.26

Г. А. Мирзатиллаев, студ.; К. К. Назаров, канд. биол. наук;
А. М. Кудратов, д-р хим. наук (ТГТУ, г. Ташкент)

НЕТРАДИЦИОННОЕ УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЁ, ПОЛУЧЕННОЕ ТЕХНОЛОГИЕЙ ОБОГАЩЕНИЯ МЕСТНОГО УГЛЯ

Газификация твердых топлив может быть охарактеризована как совокупность гетерогенных и гомогенных реакции; из них в конечном счете желательны те, которые приводят (в зависимости от цели процесса) к образованию CO , H_2 и CH_4 в качестве составных частей газа. Для некоторых реакций можно не учитывать наличие в топливе и газифицирующем агенте небольших количеств неосновных составляющих (азот, сера, инертные газы). Если допустить, что твердое топливо состоит только из углерода, будут справедливы следующие уравнения [1, 2]:



Этими уравнениями с достаточной полнотой описываются гетерогенные реакции образования желаемых газообразных соединений. Одновременно учитывается, что первичные продукты газификации, например CO_2 , могут в дальнейшем взаимодействовать с углеродом, еще находящимся в реакционном объеме. Однако при этом не принимается во внимание, что продукты термического разложения твердого топлива: диоксид углерода, вода, водород и продукты полукоксования (углеводороды), – также могут взаимодействовать друг с другом, например:



Совместно с гомогенными превращениями первоначально образовавшихся газов процессы в газогенераторе описываются уравнениями (1) – (6) с достаточной полнотой. Приведенные уравнения не учитывают образования углеводородов C_2 и выше. Однако это ограничение обосновано тем, что реакции газификации протекают со скоростью, достаточной для технических целей, только при таких высоких температурах, когда образование высших углеводородов практически исключается [3].

В Узбекистане особое значение приобретает изучение возможности комплексного использования сырьевых ресурсов с получением на их основе синтетических топлив, которые с успехом могут быть

применены в различных отраслях народного хозяйства.

Для получения синтетического топлива исходным сырьем являются ископаемые бурые, каменные угли и отходы нефтепереработки. Разведанные запасы углей в Республике Узбекистан составляют около 1 млрд. 900 млн. т, из них бурого угля – 1 млрд. 853 млн. т, каменного – 47 млн. т. В настоящее время добыча угля ведется на месторождениях Ангрэн, Шаргунь и Бойсун, в частности, Шаргунская и Бойсунская шахты производят по 100 тыс. т каменного угля в год. В Ангрэне бурый уголь добывается открытым способом. Годовой объем добычи угля на всех трех месторождениях составляет около 3 млн. т.

Бурые угли во всем мире отличаются высокой влажностью в рабочем состоянии, достигающей до 55%, и большим выходом летучих веществ. Большинство бурых углей многозольные и содержат значительное количество серы. Вследствие наличия в бурых углях Ангрэна значительного балласта в виде минеральных примесей и воды теплота сгорания их относительно невелика. Горючая масса бурых углей отличается большим содержанием кислорода. Минеральные примеси снижают качество угля и осложняют условия его использования при получении синтетического газа. Для этого нами разработана новая технология обогащения высокзольного Ангрэнского угля с целью получения активированного угля.

Применение газификации углей и отходов нефтепереработки позволяет расширить сферу их использования. Серьезного внимания требует газификация резервного источника газоснабжения на основе твердого топлива в связи с ограниченностью геологических запасов природного газа по сравнению с запасами твердого топлива.

При газификации твердого топлива с получением активированного угля могут быть получены газы разнообразного заданного состава и различной теплоты сгорания, пригодные для широкого использования в качестве топлива в промышленности и быту, а также в качестве сырья для химической промышленности.

При парогазовой активации чаще других реагентов используют двуокись углерода и водяной пар. Процесс в присутствии двуокиси углерода ведут при температуре около 900°C. При этом часть угля выгорает.

Долю угля, выгоревшего в процессе газификации, называют «степенью обгара». Наиболее микропористые угли образуются при степени обгара 50%. В качестве окислителя иногда применяют водяной пар. Окисление паром проводят до 1000°C [4, 5]. Параллельно протекает побочная экзотермическая реакция.

Реакция угля с паром катализируется окислами и карбонатами

щелочных металлов. Поэтому при производстве синтетических газов их в небольшом количестве иногда добавляют к исходному сырью. Катализаторами процесса являются также соединения железа и меди.

Весьма важной характеристикой бурого угля является его поведение при нагревании без доступа воздуха. Оно сопровождается разложением органической части угля и образованием летучих веществ (газов, паров воды и смол) и твердого остатка – кокса. Такой процесс носит название сухой перегонки. Наиболее простой и распространенный метод определения выхода летучих веществ состоит в прокаливании навески угля в тигле с притертой крышкой при определенной температуре; при этом удаляются образовавшиеся продукты разложения угля, т.е. летучие вещества, а также влага угля.

Нами получен [6] осветляющий активированный уголь сухой щелочной марки ААУО-1, гранулированный активированный уголь марки ААУ-2 с высокой механической прочностью при транспортировке, влагостойкостью, с упрощением процесса, с меньшими временными и материальными затратами. Впервые разработан способ производства активных углей, обладающих повышенной прочностью и сорбционной активностью, предназначенных для сорбции вредных веществ из газа и жидкостей, способных заменить импортные аналоги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудратов А.М. Разработка технологии получения новых видов сорбентов на основе бурого угля Ангренского месторождения // Горный вестник. – Навои: 2006. – №2. – С. 133–137.

2. Кудратов А.М. и др. Технология обогащения высокозольного угля. Тр. Республ. науч.-практич. конф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Фергана: 2012.

3. Кудратов А.М., Мамаев О., Норов Ж.Р. Новая технология получения синтетического газа на основе ангреновского угля. Тр. Республ. науч.-практич. конф. «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». – Фергана: 2012.

4. Салимов З.С., Кудратов А.М. Адсорбционная очистка сточных вод. – Ташкент: Фан, 2010. –153 с.

УДК 691.175:678.747:547.665:547.728

С. И. Сохина, доц., канд. хим. наук;
Ю. В. Селютин, доц., канд. техн. наук
(ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия
строительства и архитектуры», г. Макеевка)

СИНТЕЗ СТРУКТУРНООКРАШЕННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТИРОЛА

Работа посвящена модификации полимеров на основе полистирола с введением в цепи макромолекул группировок малеинового ангидрида. Модифицированные аминоксодержащими красителями сополимеры полистирола могут быть использованы в качестве окрашенных в структуре полимеров, а выявленные закономерности позволят прогнозировать влияние природы функциональных групп в соединениях на их декоративные свойства.

Целью работы является изучение реакции взаимодействия малеинового ангидрида с сополимерами стирола, содержащими аминогруппы [1], с переходом в N-полистирилмалеинамвые кислоты, а после дегидратации - в N-полистирилмалеинимидные циклы.

Нуклеофильное присоединение промышленных аминоксодержащих красителей к полученным модифицированным сополимерам приводит к образованию структурноокрашенных полистиролов широкой цветовой гаммы.

Глубина окрашивания полимеров определялась степенью превращения сополимеров стирола с п- и м-аминостиролами с различным содержанием аминостирольных звеньев на стадии реакции ацилирования, для которой при температурах 30÷50°C в диметилформамиде (ДМФ) изучена кинетика «выход – время».

Для синтеза N-полистирилмалеинамввых кислот были использованы сополимеры стирола с п- и м-аминостиролами с различным содержанием аминостирольных звеньев (табл.1).

Экспериментальные данные по выходу N-полистирилмалеинамввых кислот показали, что наибольшей реакционной способностью в реакции с малеиновым ангидридом обладают сополимеры, содержащие минимальное число стирольных звеньев на одно аминостирольное звено.

Константы скорости реакции сополимеров с малеиновым ангидридом при температуре 30, 40 и 50°C (таблица 1) рассчитывали с использованием метода наименьших квадратов (n=6). Показано, что ацилирование сополимеров малеиновым ангидридом при 30÷50°C в течение 0÷180 мин в ДМФ описывается кинетическим уравнением

второго порядка, константы скорости при этом зависят от содержания аминостирольных звеньев [АС] и от распределения их по цепи (ℓ) Энергия активации (таблица 2) рассчитывалась по формуле (1):

$$E_{\text{акт.}} = \frac{2,3 \cdot R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \lg(K_2/K_1)}{T_2 - T_1}, \quad (1)$$

а энтальпия и энтропия активации (таблица 2) по формулам (2,3):

$$\Delta H^\ddagger = E - RT, \quad (2)$$

$$\Delta S^\ddagger = -26,4 \cdot R + 2,3 \cdot R \cdot \lg K_T/T - E/T \quad (3)$$

Таблица 1 – Величины констант скорости реакции ацилирования сополимеров п- и м-аминостиролов со стиролом малеиновым ангидридом (расчет по N-полистирилмалеиновой кислоте) $p=6$; $R=0,997 \div 0,999$

[АС], мол.% $\pm 0,8$	Константа скорости, л \cdot моль $^{-1}$ с $^{-1}$ ($K_t \pm S_A$) $\cdot 10^3$ при t $^\circ$ C			$\bar{\ell}$
	30	40	50	
<i>п-аминостирол-стирол</i>				
76,6	2,59 \pm 0,04	5,49 \pm 0,02	11,53 \pm 0,04	3,90 \pm 0,03
66,8	1,99 \pm 0,03	4,29 \pm 0,03	9,17 \pm 0,05	2,93 \pm 0,02
55,5	1,57 \pm 0,01	3,43 \pm 0,05	7,23 \pm 0,06	1,96 \pm 0,01
37,5	1,33 \pm 0,01	2,73 \pm 0,01	5,89 \pm 0,05	1,48 \pm 0,01
29,3	0,92 \pm 0,003	2,16 \pm 0,02	4,64 \pm 0,03	1,32 \pm 0,01
<i>м-аминостирол-стирол</i>				
78,6	2,19 \pm 0,03	4,62 \pm 0,04	9,84 \pm 0,03	4,63 \pm 0,06
68,6	1,64 \pm 0,05	3,56 \pm 0,05	7,63 \pm 0,05	3,42 \pm 0,09
56,8	1,26 \pm 0,04	2,74 \pm 0,02	6,49 \pm 0,01	2,21 \pm 0,02
39,0	0,89 \pm 0,02	2,10 \pm 0,03	4,43 \pm 0,04	1,61 \pm 0,01
31,0	0,81 \pm 0,01	1,81 \pm 0,03	3,57 \pm 0,03	1,40 \pm 0,01

Показано, что энтальпия, энтропия, энергия активации слабо зависят от доли аминостирольных звеньев в сополимере [АС], а также от положения аминогруппы в бензольном кольце. Энтальпия активации практически не зависит от температуры (в интервале 30 \div 50 $^\circ$ C).

Таблица 2 - Величины энергии активации ($E_{\text{акт}}$), энтальпии (ΔH^\ddagger), и энтропии (ΔS^\ddagger) активации реакции сополимеров стирола и п- и м-аминостиролов с малеиновым ангидридом

$E_{\text{акт}}$ кДж/моль	ΔH^\ddagger , кДж/моль при t $^\circ$ C			ΔS^\ddagger , Дж/моль \cdot К при t $^\circ$ C		
	30	40	50	30	40	50
1	2	3	4	5	6	7
<i>п-аминостирол-стирол</i>						
65,7 \pm 0,4	63,2 \pm 0,4	63,1 \pm 0,6	63,1 \pm 0,7	-542,0	-528,3	-515,6
61,4 \pm 0,2	58,8 \pm 0,2	58,8 \pm 0,2	58,7 \pm 0,3	-519,0	-506,5	-494,5
62,1 \pm 0,7	59,6 \pm 0,7	59,5 \pm 0,7	59,4 \pm 0,6	-523,6	-511,0	-498,8

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
62,0±0,3	59,5±0,6	59,4±0,6	59,3±0,6	-525,3	-512,5	-500,5
60,5±0,6	57,9±0,6	57,9±0,6	57,8±0,6	-522,5	-509,4	-497,3
<i>м-аминостирол-стирол</i>						
60,4±0,8	57,9±0,8	57,8±0,7	57,7±0,7	-525,5	-512,7	-501,3
61,1±0,8	58,6±0,8	58,5±0,6	58,4±0,6	-519,5	-507,1	-495,0
66,6±1,2	60,0±0,7	60,0±0,6	59,9±0,6	-526,7	-513,9	-501,7
65,3±1,2	62,8±1,2	62,7±0,8	62,6±0,9	-540,9	-527,2	-514,7
65,3±1,2	64,1±1,2	64,0±0,7	63,9±0,7	-542,3	-529,1	-518,0

Спектрофотометрические исследования светостойкости полученных полимеров, окрашенных в структуре и в массе (растворы 0,1 г в 25 мл ДМФ в кювете 10мм при $\lambda \approx 413$ нм имеет оптическую плотность $\approx 0,2 - 0,3$) показали, что окраски у структурно-окрашенных полистиролов более устойчивы к инсоляции по сравнению с продуктами, окрашенными в массе красителями аналогичного строения.

Таким образом, варьируя исходным соотношением мономеров, можно в широких пределах регулировать длины блоков, что позволяет направленно проводить модификацию в цепях по функциональной группе, задавать необходимый функциональный набор полярных групп, определяющий декоративные свойства [2], модифицированного продукта.

Модифицированные полимеры дают возможность получить новые строительные материалы, которые могут найти применение [3], в специфических условиях, в которых необходима декоративная стойкость.

ЛИТЕРАТУРА

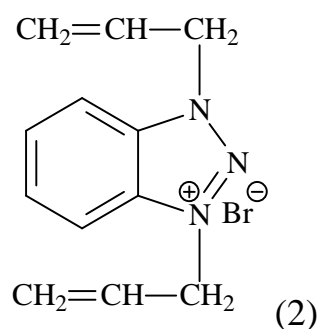
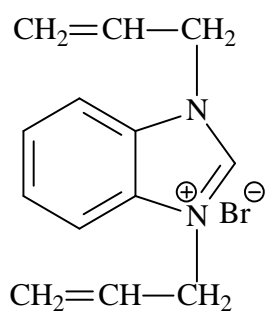
1. Сохина С.И. Модификация полистирольных сополимеров малеиновым ангидридом с целью получения окрашенных в структуре полимеров.// Материалы 1У Международной конференции «Химическая кинетика и термодинамика». – Россия - Тверь, 2016 - С.250-253.
2. Сохіна С.І. Декоративні властивості покриттів, що містять пофарбовані у структурі полімери. / С.І.Сохіна, О.М. Шевченко. Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Сучасні будівельні матеріали. 2013-1(99) – С.43-48.
3. Сохина С.И. Оценка защитных свойств покрытий на основе структурноокрашенных полимеров содержащих ингибирующие коррозионный процесс группировки./ С.И. Сохина, О.Н.Шевченко, Ю.В. Селютин. Вісник східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля: 2013.- №13 (202) 2013 – С.14-18.

Ш. А. Таджиева, базовый докторант;
 О. С. Максумова, проф., д-р хим. наук (ТКТИ, г.Ташкент);
 Г. А. Таджиева, ассист. (ТГТУ имени И. Каримова, г. Ташкент)

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ДИАЛЛИЛЬНЫХ СОЛЕЙ

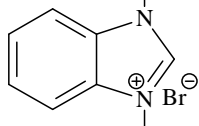
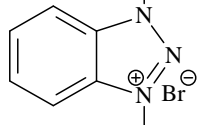
Диаллильные четвертичные соли представляют интерес для различных областей промышленности и медицины. Они широко используются в качестве исходного мономера для получения полимеров и многочисленных сополимеров. Одним из перспективных классов катионных мономерных четвертичных солей являются диаллильные четвертичные аммониевые соли, полученные на основе взаимодействия аллилгалогенидов с различными азотсодержащими соединениями. Это вызвано с тем, что наличие атома азота обуславливает возможность использования их в качестве светостабилизаторов, пластификаторов, флокулянтов, антибактериальных препаратов и др. [1-3].

Данная работа посвящена синтезу и изучению четвертичных аммониевых солей, азотсодержащих гетероциклов, в том числе N,N-диаллилбензоимидазолилбромида (1) и N,N-диаллилбензотриазолилбромида (2).



Реакцию образования соли проводили в среде органического растворителя при температуре 50-60 °С в течение 4 часов. После этого растворитель отгоняли при атмосферном давлении и оставляли на два дня при комнатной температуре. При этом образуются игольчатые коричневые кристаллы. Полученные соли перекристаллизовали из этилового спирта. Выход продукта составляет 80-85%. Чистота проверена методом ТСХ. Анализ методом ТСХ осуществляли на пластинках Silufol UV-254 в системе бензол-метанол (3:1) по объёму. Физико-химические показатели синтезированных солей представлены в таблице.

Таблица - Физико-химические характеристики солей

№	Формулы синтезированных соединений	Брутто-формула	Агрегатное состояние	Мол. масс.	Растворимость	T _{пл.} , °C
1	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$	$\text{C}_{13}\text{H}_{15}\text{N}_2\text{Br}$	белые кристаллы	279	этанол, диэтиловый эфир, диметилформамид	140-145
2	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2$	$\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{Br}$	белые кристаллы	280	этанол, диэтиловый эфир, диметилформамид	110

Температура плавления синтезированного соединения определяли на микронагревательном столике «ВОЕТИУС» (Германия) с наблюдательным устройством РНМК-0.5. Строение полученных соединений доказано с помощью ИК-спектроскопии.

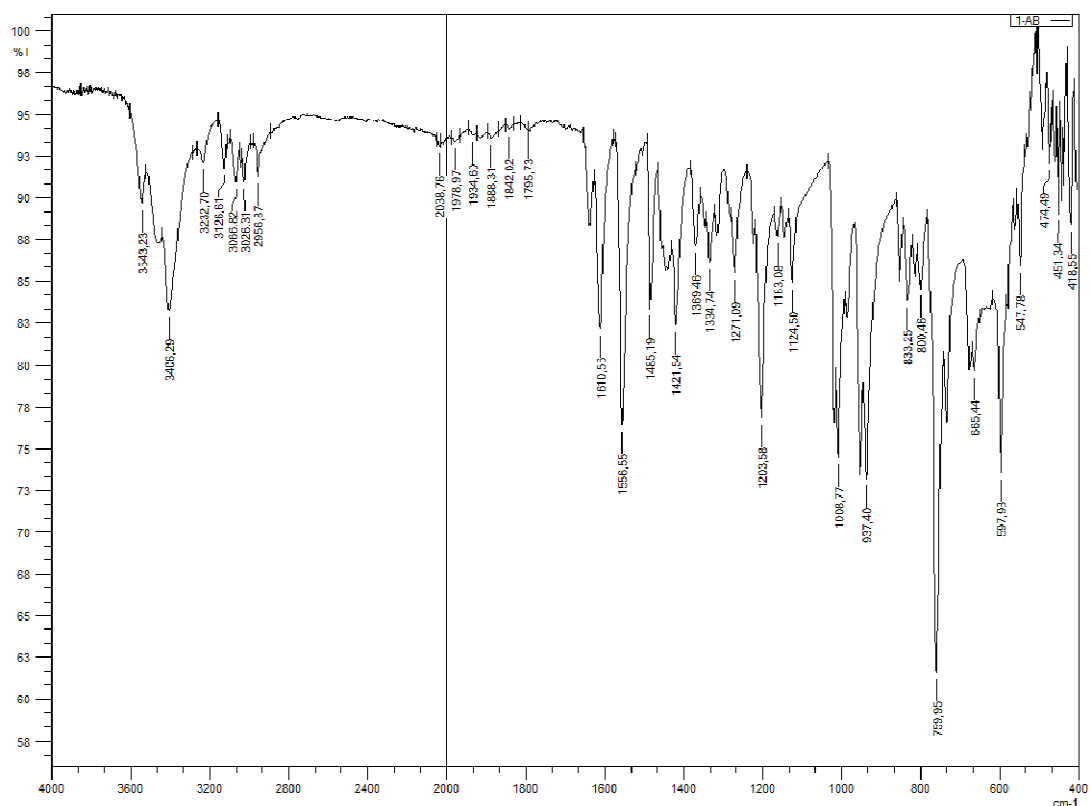


Рисунок 1 - ИК-спектр N,N-диаллилбензоимидазолил бромид

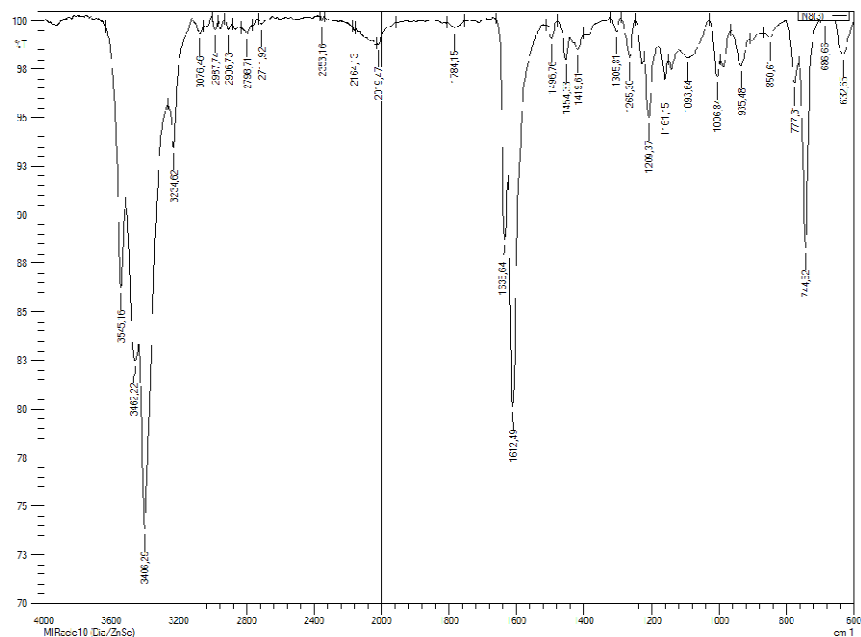


Рисунок 2 - ИК-спектр N,N-диаллилбензотриазолил бромида

В ИК-спектре полученного продукта – N,N-диаллилбензоимидазолилбромида имеются полосы поглощения N-H-групп в области 3406 см^{-1} ; характерные полосы валентных колебаний C-H связей аллильной группы находятся при 3026 см^{-1} , валентные колебания C=C связи находятся в области 1610 см^{-1} (рис.1). В ИК-спектре N,N-диаллилбензотриазолилбромида имеются полосы поглощения N-H-групп в области 3406 см^{-1} ; валентных колебаний C=C связи аллильной группы находятся в области 1612 см^{-1} , валентные колебания C=C связей ароматического кольца находятся в области 1556 см^{-1} что указывает на образование диаллильной четвертичной соли (рис.2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведерникова, И.В. Синтез галогенсодержащих полимеров / И.В. Ведерникова, Т.А. Подковырина // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: материалы конференции по итогам НИР БХФ за 2011 г. – Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2012. – Вып. 3. – С. 304–306.
2. Евдокимова, М.В. Синтез полиэлектролитов на основе смешанного ангидрида акриловой и хлоруксусной кислот / М.В. Евдокимова, Т.А. Подковырина // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: материалы Республиканской научно-практической конференции – МарГУ. Йошкар-Ола, 2013. – Вып. 4. – С. 130–133.
3. Iridium complexes with N-allyl-substituted benzimidazol-2-ylidene ligands and their application in catalytic transfer hydrogenation / F.E. Hahn [et al.] // *Organometallics* – 2005. – Vol. 24, №9. – P. 2203–2209.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА СОЛЯМИ ФТАЛАМИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Без открытия термостабилизаторов, поливинилхлорид (ПВХ) оставался бы до сих пор несущественным полимером из-за того, что он разлагается при повышенных температурах. Однако он является одним из ведущих полимеров благодаря своей универсальности благодаря открытию термостабилизаторов. Переработка ПВХ в полезные материалы происходит при температуре выше 160 °С, что намного выше температуры его стеклования (70 °С) [1]. Разложение ПВХ происходит посредством термического дегидрохлорирования, приводящего к выделению газообразного хлористого водорода (HCl) и образованию сопряженных двойных связей в полимерной цепи. Это приводит к сильной окраске и потере физико-механических свойств [2]. Термическая деструкция ПВХ является автокаталитической, поскольку процесс ускоряется выделением HCl, а его низкая термостабильность требует использования термостабилизаторов во время обработки [4]. Термостабилизаторы функционируют путем поглощения высвобожденной HCl и/или замещения лабильных групп в макромолекулах ПВХ [4], тем самым предотвращая дегидрохлорирование.

В исследованиях использовали поливинилхлорид, марки SG-3 (Китай). Соли фталаминовой кислоты получали по соответствующей методикой [5]. Термическую деструкцию ПВХ проводилась в присутствии солей фталаминовой кислоты в интервале температур от 170 до 190 °С в атмосфере азота. Для измерения вязкости разложившиеся образцы ПВХ очищали растворением в циклогексаноне и осаждали в метаноле. Осажденные полимеры отфильтровывают и сушат на воздухе. Измерения вязкости разбавленного раствора не деградированных и деградированных образцов проводились в циклогексаноне с использованием капиллярного вискозиметра Ubbelohde, установленного в термостатированной водяной бане при $30 \pm 0,1$ °С.

На рисунке приведено разложение ПВХ в атмосфере азота при 190 °С в присутствии 3 мас.% солей фталаминовой кислоты (СФАК). Влияние металлсодержащих солей фталаминовой кислоты оценивали по времени разложения $t_{\text{раз}}$ до достижения степени превращения 1%, и соответствующей скорости разложения $S_{\text{раз}}$ при степени превращения

1%,. Результаты представлены в таблице. В отсутствие добавок значения $t_{\text{раз}}$ и $C_{\text{раз}}$ для разложения ПВХ увеличиваются с температурой в диапазоне 170-190 °С. При 190 °С $t_{\text{раз}}$ и $C_{\text{раз}}$ составляют 34 мин и $3,0 \times 10^{-2}\% \text{ мин}^{-1}$ соответственно. В присутствии 3 мас. % Zn-ФАК разложение ПВХ при 180 и 190 °С усиливается при значениях $t_{\text{раз}}$ и $C_{\text{раз}}$ 16 минут и $16,0 \times 10^{-2}\% \text{ мин}^{-1}$ соответственно при последней температуре.

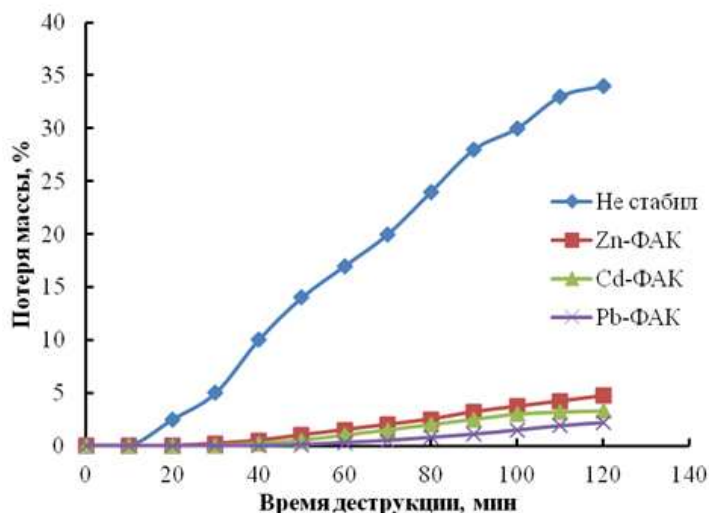


Рисунок 1 - Влияние 3 мас.% солей ФАК на разложение ПВХ при 190 °С в атмосфере N₂

Таблица - Кинетические параметры дегидрохлорирования ПВХ в атмосфере азота в присутствии СФАК

3 %-ная добавка	Температура, °С	$t_{\text{раз}}$	$C_{\text{раз}}, 10^2 \% \text{ мин}^{-1}$	Скорость константы, $k_1 \text{ мин}^{-1}$
Без добавки	170	78	1,76	1,10
	180	56	1,90	1,19
	190	34	3,00	1,88
Zn-ФАК	180	96	1,85	1,15
	190	51	2,88	1,79
Cd-ФАК	180	105	1,83	1,14
	190	68	2,96	1,72
Pb-ФАК	180	122		
	190	77	2,01	1,24
Ba-ФАК	180	110	1,32	0,76
	190	73	2,01	1,29
Ca-ФАК	190	69	2,12	1,48

Таким образом, скорость разложения ПВХ при 190 °С в присутствии Zn-ФАК немного выше, чем соответствующие соли ФАК. Это сообщает о стабилизирующем действии Zn-ФАК на ПВХ при этой температуре. Что касается других мыл, а именно Cd-XSO, Pb-XSO, Ba-XSO и Ca-XSO, то наблюдается заметный стабилизирующий эффект на разложение ПВХ в условиях азота. Нами установлено закономерность действия стабилизаторов на ПВХ в следующем порядке:

Pb-ФАК>Ba-ФАК>Ca-ФАК>Cd-ФАК.

Обычно считается, что механизм стабилизации ПВХ металлсодержащими органическими солями заключается в замене лабильных атомов хлора на термостабильные карбоксильные группы. Кроме того, было показано, что механизм стабилизации ПВХ солями ФАК включает захват HCl аминсодержащими группами ФАК с образованием солей с HCl. Таким образом, для металлсодержащих ФАК механизм стабилизации ПВХ представляет собой композицию, состоящую из реакций улавливания HCl и замещения лабильных атомов хлора карбоксильными группами. Следовательно, при эквивалентных концентрациях СФАК, как ожидается, будут более эффективными стабилизаторами ПВХ, чем органические соединения ФАК. Это подтверждается значениями $t_{раз}$ (76 мин) и $C_{раз}$ ($2,02 \times 10^{-2}\%$ мин⁻¹) для Pb-ФАК при 190 °С, которые на 55% выше и на 19% ниже соответственно, чем соответствующие значения для ФАК, т.е. 49 мин и $2,50 \times 10^{-2}\%$ мин⁻¹. Порядок стабилизации ПВХ СФАК, показанный выше, частично подтверждается исследованиями органических соединений ФАК. Однако для ФАК порядок относительно кадмия и бария является обратным, то есть ФАК на основе кадмия оказывало более высокое стабилизирующее действие на ПВХ, чем ФАК на основе бария. Таким образом, можно сделать вывод, что для различных соединений порядок стабилизации ПВХ производными СФАК является функцией от собственных химических свойств агрегатов, не зависящих от структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Folarin, O.M. Thermal stabilizers for polyvinylchloride: A review. / O.M. Folarin, E.R. Sadiku // *Int. J. Phys. Sci.* – 2011. – Vol. 6. – P. 4323–4330.
2. Beknazarov, Kh.S. The synthesis of oligomeric derivatives of gossypol and the study of their antioxidative properties / Kh.S. Beknazarov, A.T. Dzhalilov // *International Polymer Science and Technology.* – 2015. – № 1–2. – P. 27–31.
3. Mohamed, N.A. Thermal degradation behaviour of poly(vinyl chloride) in the presence of poly(N'-acryloyl benzhydrazide) / N.A. Mohamed, N.Y. Al-mehbad // *Polym. Degrad. Stab.* – 2009. – Vol. 94, iss. 4. – P. 540–543.
4. The effect of Zn-Al-Hydrotalcites composited with calcium stearate and β -diketone on the thermal stability of PVC/ M. Tong [et al.] // *Int. J. Mol. Sci.* – 2011. – Vol. 12, iss. 3. – P. 1756–1766.
5. Boussoum, M.O. Interactions between poly(vinyl chloride) stabilised with epoxidised sunflower oil and food simulants / M.O. Boussoum, D. Atek, N. Belhaneche-Bensemra // *Polym. Degrad. Stab.* – 2006. – Vol. 91, iss. 3. – P. 579–584.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ДОРОЖНОГО БИТУМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕРОЙ

Уменьшение запасов нефти и рост цен на нефть приводит к производству альтернативного асфальтового вяжущего из нетрадиционных источников и это направление становится все более прибыльным. За последние десятилетия в мире значительно возросла доступность серы как побочного продукта. В основном это связано с введением строгих экологических ограничений на процессы переработки природного газа, которые ограничивают максимальное количество серы, присутствующей в природном газе [1, 2].

Поэтому стало актуальным разработать экономичные и экологически безопасные способы применения модифицированной серы. Модифицированная сера непосредственно вводится в горячее асфальтовое покрытие, чтобы исключить затраты и риски, связанные с использованием горячей жидкой серы, и значительно уменьшить испарения и запахи, исходящие из дорожной смеси.

В эксперименте использована элементная сера производства ООО «Мубарекнефтегаз», побочный продукт с чистотой 99,9%, пиролизный дистиллят Устюртского газо-химического комплекса, госсиполовая смола – отход переработки хлопкового масла и битум асфальтовый дорожный БНД 40/60 от Ферганского нефтеперерабатывающего завода.

Приготовление модифицированной серы. В реактор, представляющий собой вертикальный цилиндрический стальной аппарат диаметром 25 мм, высотой 700 мм, снабженный рубашкой теплообмена, мешалкой, обратным холодильником и ловушкой, загружали 200 г молотой серы, 50 г пиролизного дистиллята и 100 г госсиполовой смолы. Расплавленную серу, пиролизный дистиллят и госсиполовую смолу механически перемешивали при контролируемой температуре (145°C) в течение 3 часов. Ход реакции контролировали путем регистрации изменений вязкости во время процесса перемешивания. Затем образцам давали остыть с контролируемой скоростью 8–10°C/мин. Продукт представляет собой твердую модифицированную серу, которая имеет черный цвет.

Были составлены образцы с использованием грубых и мелких наполнителей, песка и наполнителя, таких как 23, 33, 40 и 4 мас. %

соответственно. Различные партии асфальтовых смесей готовили с массовым процентным содержанием серы 0%, 20%, 30%, 40% и 50% в соответствии с ГОСТ 12801-84.

Смешение госсиполовой смолы и пиролизного дистиллята с серой сопровождается химическими реакциями связывания серы, тип которых зависит от состава госсиполовой смолы и пиролизного дистиллята, от температуры нагрева и времени реакции. Следует отметить, что сера при $T < 95^\circ\text{C}$ существует в виде циклооктасульфида с длиной связи S–S 0,206 нм и углом связи S–S – 108° . При $T < 119^\circ\text{C}$ сера кристаллизуется. Когда элементарную серу нагревают до 119°C , а затем охлаждают с более медленной скоростью охлаждения $< 1,5^\circ\text{C}/\text{мин}$ образуется плотный кристалл альфа-серы (S_α) с ромбической морфологией серы. При 119°C (температура плавления серы) циклооктасульфид, частично превращается в полимерные зигзагообразные цепи (длина связи 0,204 нм). При температуре нагрева менее 140°C элементарная сера образует полисульфидные соединения, которые инициируют химические реакции с образованием различных сульфидных соединений. Такие структуры значительно отличаются по химической и термической стабильности от немодифицированной серы.

Состав и структура модифицированной серы была изучена с помощью ИК-спектроскопии. На рис. 1 и 2 приведены ИК-спектры для госсиполовой смолы и модифицированной серы соответственно.

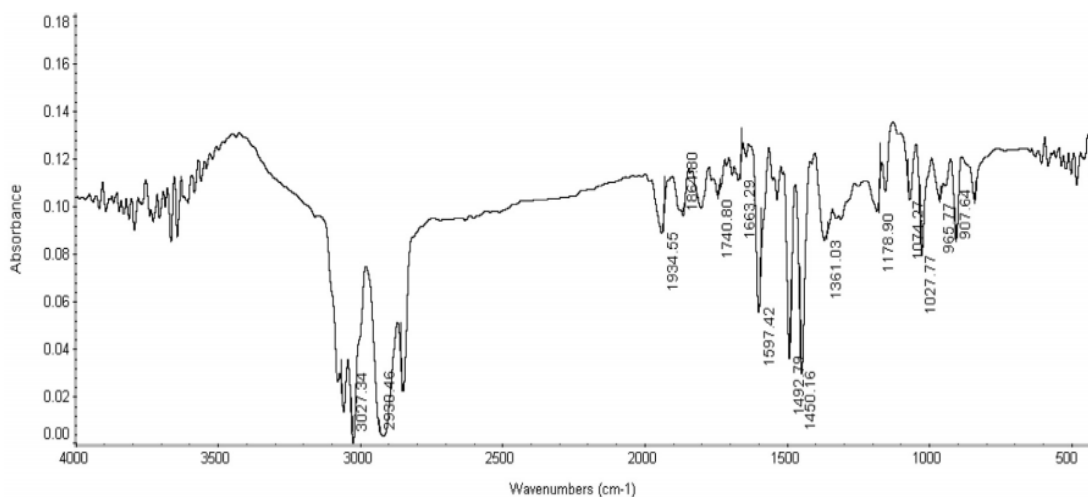


Рисунок 1 - ИК-спектр госсиполовой смолы

В ИК-спектре модифицированной серы уменьшается пик связи C–S при 1650 см^{-1} , связанный с госсиполовой смолой и с неопределёнными связями пиролизного дистиллята, а также образовалась новая связь при 694 см^{-1} , что согласуется со связью C–S.

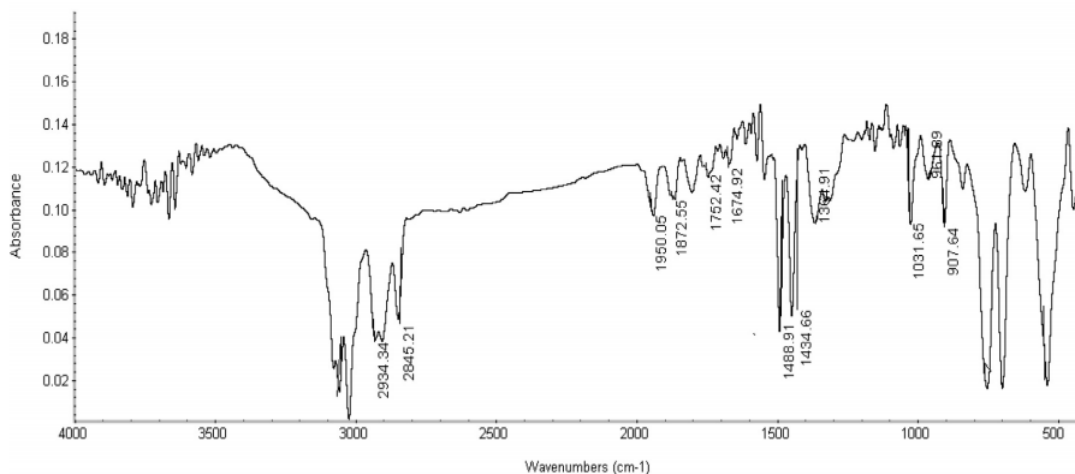


Рисунок 2 - ИК-спектр модифицированной серы

Замена асфальтового вяжущего на 20% модифицированной серой обеспечивает такие же свойства по устойчивости, как у обычного асфальтового вяжущего, с ближайшими процентами оптимального содержания связующего. Это явление основано на концепции растворимости серы в асфальтовом вяжущем. Растворимость серы в асфальте составляет около 18–20% при температуре смешивания.

Смесь серы и асфальта 50/50 дает жесткость по ГОСТ 12801-84 выше, чем у смеси 0/100 с соотношением 55%, что может увеличить восприимчивость смеси к растрескиванию при высоких нагрузках. Поэтому наилучшее значение для замещения будет при соотношении модифицированная сера : асфальтовая смесь равном 40 : 60.

С развитием газоперерабатывающих заводов в ООО «Мубарекнефтегаз» производство серы будет увеличиваться и в полной мере сможет обеспечить необходимые количества модифицированной серы для получения асфальтовых смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. S.R. Sergienko, B.A. Taimova, E.I. Talalaev, Macromolecular Non-hydrocarbon Petroleum Compounds: Tars and Asphaltenes, Nauka, Moscow, 1979.

2. T.A. Sullivan, W.C. Mc Bee, Development and testing of superior sulfur concretes, U.S. Bureau of Mines Report No. RI 8160, Washington, D.C., 1976, p. 30.

УДК 620.197.7; 620.193.25

Ж. М. Хайитова, преп.; Н. Д. Аманова, преп.
(Термезский государственный университет, г. Термез);
Х. С. Бекназаров, доц., д-р техн. наук
(Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент)

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ НОВОГО НЕГОРЮЧЕГО МОДИФИЦИРОВАННОГО СЕРОБЕТОНА

Сера и ее производные считаются одними из самых важных элементов, используемых в качестве промышленного сырья во всем мире [1]. Основное использование серы включает сельскохозяйственную промышленность в качестве удобрения и другие химические процессы, но также имеет потенциальное применение в обрабатывающей промышленности (фармацевтика, средства личной гигиены, косметика, очистка воды и т.д.). Поскольку потребление ископаемого топлива увеличивается во всем мире, при добыче нефти и газа образуется сера, в качестве побочного продукта, используемого в качестве связующего в композиционных строительных материалах, таких как асфальт и бетон. Фактически, серные цементы были признаны обеспечивающими хорошую устойчивость к химическому воздействию, быстрое отверждение, то есть достижение требуемых свойств всего за 24 часа, высокую прочность и усталостную стойкость, очень низкую водопроницаемость и исключительную устойчивость к кислотным и солевым агентам, что позволяет использовать его в высоко агрессивных средах [2]. Кроме того, механические свойства серных цементов могут быть улучшены за счет включения различных добавок для получения так называемых модифицированных серных цементов.

Целью данного исследования было внедрение местных материалов для производства модифицированного серобетона (МСБ) с лучшими характеристиками в промышленном применении.

Элементарная сера с чистотой 99,9%, удельным весом 1,032 г/см³ и другими компонентами, использовалась в качестве связующего. Серу модифицировали с госсиполовой смолой, состоящей из полифенольных фракцией. Полученные образцы представляли собой песчано-кремнистый речной гравий в виде мелких и крупных агрегатов соответственно, и были получены из местных каменных карьеров с максимальным размером частиц $\frac{3}{4}$ (Рис.1.).

Образцы из серобетона подвергали воздействию растворов серной кислоты (H_2SO_4) и сульфата аммония $(NH_4)_2SO_4$ в концентрации 40% для моделирования условий промышленной среды.

Одним из основных преимуществ МСБ перед ПЦ является его

долговечность в большинстве кислых и солевых сред, особенно на промышленных предприятиях, где обычный ПЦ имеет короткий срок службы. Помимо промышленных применений, другие области применения МСБ включают сооружения в циклах замораживания и оттаивания, объекты пищевой промышленности, канализационные трубы, дренажные каналы и морские сооружения. Что касается устойчивости, МСБ может считаться экологически чистым материалом, поскольку он может заменить портландцемент в нескольких строительных приложениях.



Рисунок 1 - Образцы из серого бетона

МСБ развивает около 80% предела прочности при сжатии всего через несколько часов после отливки, и обычно от 80 до 95% через 24 часа. В этом работе исследования проводились на двух одинаковых образцах, отвержденных в 3, 7, 14 и 28 дней. Средняя прочность на сжатие и ее эволюция с течением времени для всех образцов показаны в таблице 1. Как видно из таблицы 1, средняя прочность на сжатие, полученная за 3 дня, составила 33 МПа и 41 МПа за 28 дней. Результаты согласуются с процентом прочности на сжатие, рассчитанным как 80,5% по сравнению со значением 28 дней, как приведено в других работах [1, 2].

Прочности на сжатие для образцов МСБ

№	Время, день	Средняя прочность на сжатие, МПа	Стандартное отклонение, МПа
1	3	33,25	0,16
2	7	37,62	0,67
3	14	39,43	2,23
4	28	41,33	0,98

Результаты ухудшение свойств МСБ было оценено путем сравнения результатов прочности на сжатие при различных временах погружения в растворы и прочности на сжатие контрольных образцов,

погруженных в обычную воду. Была рассчитана потеря массы и прочности на сжатие. Результаты по прочности на сжатие, по-видимому, слегка зависят от погружения в агрессивные среды, и контрольные образцы демонстрируют поведение, аналогичное другим образцам, с увеличением времени погружения, демонстрируя высокую химическую стойкость МСБ. Средние значения массы после погружения в раствор были немного выше в обоих случаях, но оставались в пределах ожидаемых значений. Кроме того, трещин или повреждений не наблюдалось после того, как образцы подвергались экстремальным условиям воздействия испытания. Что касается результатов прочности на сжатие, средние значения снизились на 0,12–0,22% в 40% -ном растворе H_2SO_4 и на 0,02–0,7% в 40% -ном $(NH_4)_2SO_4$, аналогично результатам, приведенных в работах [2].

Закключение. Таким образом, на основании полученных результатов можно сказать, что из экспериментально полученных данных можно разрабатывать различные конструкционные строительные материалы и смеси МСБ в зависимости от желаемой прочности на сжатие и для минимизации затрат.

Модифицированный серобетон достигает примерно 80,2% предела прочности за один день заливки. Это сопротивление продолжает расти со временем, но с меньшей скоростью. Никаких значительных изменений в весе единицы или прочности на сжатие не наблюдалось для образцов после испытания на долговечность в двух агрессивных средах, демонстрируя высокую химическую стойкость МСБ. Результаты прочности на сжатие снизились на 0,12–0,22% в 40% -ном растворе H_2SO_4 и на 0,02–0,7% в 40% -ном $(NH_4)_2SO_4$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vlahović, M.M. Use of image analysis for durability testing of sulfur concrete and Portland cement concrete / M.M. Vlahović, M.M. Savić, S.P. Martinović, T. Boljanac, T.D. Volkov-Husović // Mater. Des. – 2012. – Vol. 34. – P. 346–354.
2. El Gamal, M.M. Performance of modified sulfur concrete exposed to actual sewerage environment with variable temperature, humidity and gases / M.M. El Gamal, A.S. El-Dieb, A.M.O. Mohamed, K.M. El Sawy // J. Build. Eng. – 2017. – Vol. 11. – P. 1–8.

Вольфсон С. И., проф., д-р техн. наук;
Файзуллин И. З., доц., канд. техн. наук;
Щербакова Т. В., Бадретдинов З. М., магистранты
(КНИТУ, г. Казань)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛОПОЛНЕННЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ИЗНОСОУСТОЙЧИВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ КАРБОЦЕПНЫХ КАУЧУКОВ

Современное машиностроение обширно использует различные эластомерные композиции, в основном это резины, работающие в широком интервале температур, давлений и скоростей скольжения. Для использования резин в машиностроении наиболее важна их высокая износостойкость, которая характеризуется низкой истираемостью и коэффициентом трения.

Вследствие этого, целью работы явилось изучение влияния полых стеклосфер в составе композиционного материала на основе карбоцепных каучуков на физико-механические и эксплуатационные свойства, а также уменьшение плотности и, соответственно, веса готового изделия за счет их добавления [1].

Полые стеклосферы широко применяются в качестве наполнителя в составе различных материалов и покрытий. Размер стеклосфер составляет от 5 до 200 мкм. Насыпная плотность варьируется в пределах 80 – 700 кг/м³ [2,3]. Использование материала обусловлено специфическим сочетанием физических свойств: сферическая форма, низкая плотность, маленькая толщина стенок, хорошие тепло- и звукоизоляционные свойства [4].

В качестве эластомерной фазы в работе были использованы каучуки, применяемые для изготовления резинотехнических изделий: изопреновый СКИ-3, бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРКМ-15 и бутадиен-нитрильный БНКС-40АМН. В качестве наполнителя применяли технический углерод (ТУ) марки П-324. В качестве модификатора-наполнителя для повышения износостойчивости были использованы полые стеклосферы марки 3МTM Glass Bubbles iM16K с размером частиц 20 мкм в составе указанных композиций с массовым содержанием 10, 20, 40 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука.

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

Вулканизацию заготовок резиновых смесей проводили в вулканизационном прессе с двухсторонним обогревом плит в закрытой пресс-форме в соответствии с ГОСТом 30263-96 (ИСО 2393-94). Для этого использовали пресс-форму с прямоугольными гнездами, имеющими размеры приблизительно 150x145x2 мм. Такая пресс-форма дает возможность разместить вальцованную пластину в соответствии с направлением вальцевания. Резиновые смеси вулканизовали при температуре 150 °С в течение 30 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).

По результатам физико-механических свойств определили, что у всех композиций при введении 20 мас.ч. стеклосфер наблюдается увеличение относительного удлинения при разрыве на 12 % и эластичности по отскоку на 15 %, связанное, по всей видимости, с повышением молекулярной подвижности цепей каучука. При этом прочностные свойства снижаются, что связано с недостаточным взаимодействием наполнителя с каучуком. Увеличение дозировки стеклосфер до 40 мас.ч. в резиновых смесях на основе СКИ-3 повышает эластичные свойства композиций. Однако в композициях на основе СКМС-30 и БНКС-40 эти показатели заметно падают с одновременным снижением прочностных свойств вулканизатов.

Использование полых стеклосфер способствует получению композиций с более низкой плотностью.

Уменьшение плотности на 26 % резиновых смесей связано с содержанием в стеклосферах вакуумных полостей, при учете объема которых конечная плотность композиций уменьшается. Благодаря чему уменьшаются затраты на перевозку и облегчается монтаж готовых изделий.

Важной задачей являлось исследование влияния ввода и дозировки стеклосфер на износостойчивость резин, что является одним из важнейших показателей качества при применении их в машиностроении. Введение и повышение дозировки стеклосфер в резиновые смеси увеличивает износостойкость композиций на 10 %.

Анализ экспериментальных данных показал, что оптимальной дозировкой является введение 20 мас.ч. полых стеклосфер в состав композиций, повышающих износостойкость, снижающих коэффициент трения, уменьшающих массу материала, при обеспечении требуемого уровня основных физико-механических показателей вулканизатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. Mohtadi, T. Matsunaga, K. Heung, R. Schumacher and G. Wicks, "Hollow Glass Microspheres as Micro Media for Complex Hydrogen Storage Compounds," журнал Академии наук SC.
2. L. K. Heung, G. G. Wicks and R. F. Schumacher, "Encapsulation of Palladium in Porous Wall Hollow Glass Microspheres," Ceramic Transactions, vol. 202, с. 143-148, 2009.
3. Полые стеклосферы [Электронный ресурс] – Электр. текст. дан. – Режим доступа: <https://lassospb.ru/products/16665886>
4. Golubchikova K. E., Fayzullin I. Z., Volfson S. I. Light-diffusing composite material based on polystyrene and hollow glass microspheres //Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2019. – С. 0892705719882982.

УДК 547.97

В. М. Болотов, проф., д-р техн. наук;
П. Н. Саввин, доц., канд. техн. наук;
Е. В. Комарова, доц., канд. техн. наук
(ВГУИТ, г. Воронеж)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САХАРНЫХ КОЛЕРОВ В ПРИСУТСТВИИ СУЛЬФИТНЫХ И АММОНИЙНЫХ СОЛЕЙ

Современные технологии производства безалкогольных, алкогольных напитков и других продуктов питания используют сахарные колеры различных способов приготовления (E150a, E150b, E150c, E150d) для окрашивания в желтый и коричневый цвета вырабатываемых изделий [1].

Нами проведены исследования по получению сахарных колеров без и в присутствии сульфитных и аммонийных солей с использованием цветометрического метода компьютерного анализа RGB-цветности растворов.

Сахарные колеры получали термической обработкой сахарозы при температуре 180 – 190 °С с добавлением в реакционную массу необходимого количества воды и соответствующих солей.

Сахарные колеры из глюкозо-фруктозного сиропа готовили аналогично получению колеров из сахарозы с учетом имеющейся воды в составе сиропа.

Численные характеристики окраски исследуемых образцов красителей определяли сканерометрическим методом с использованием планшетного сканера HP ScanJet 3570C с применением компьютерной

обработки изображений в цветовом режиме RGB [2].

Результаты цветометрической оценки окраски сахарных колеров E150a из сахарозы и глюкозо-фруктозного сиропа представлены на рисунке 1.

Анализ rgb-характеристик показывает, что сахарный колер из сахарозы имеет более интенсивную красную окраску и соответственно содержит меньший зеленый оттенок.

Сахарный колер из глюкозо-фруктозного сиропа содержит меньшую концентрацию пигментов и раствор этого колера имеет менее интенсивную окраску при концентрации колера в 10 раз больше по сравнению с колером из сахарозы. Добавление в процесс получения сахарного колера сульфита натрия приводит к повышению щелочности раствора углеводов за счет гидролиза соли, что способствует увеличению количества красящих веществ из-за глубины протекания реакций кротеновой конденсации.

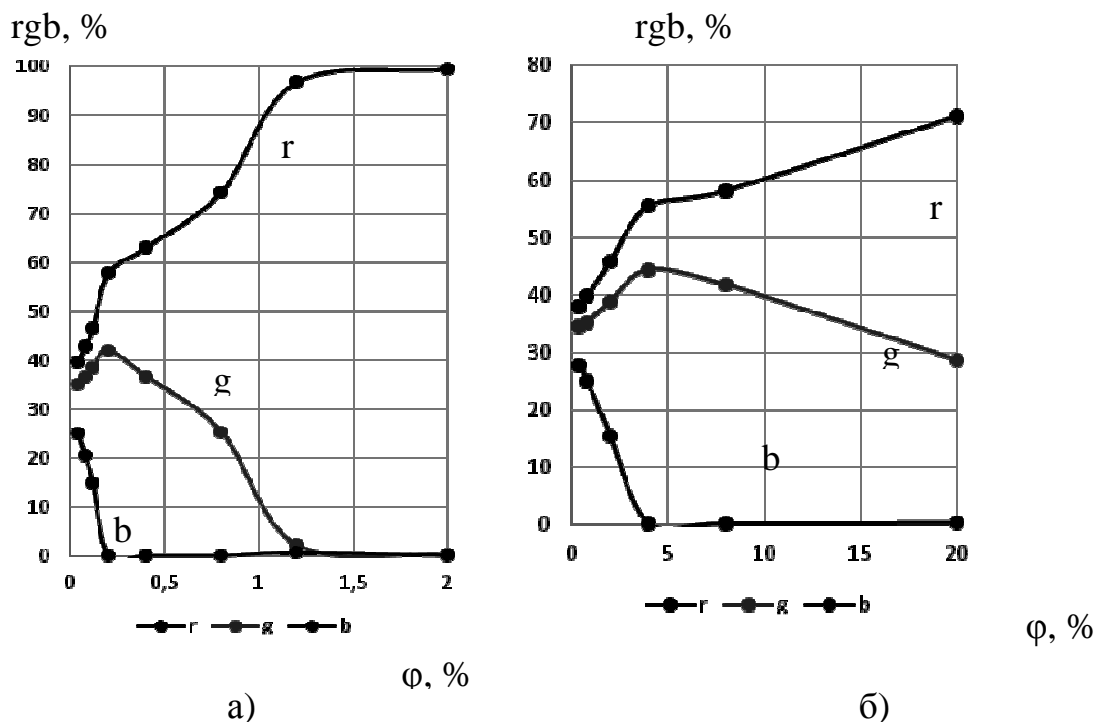


Рисунок 1 - Цветометрические rgb-характеристики окраски растворов сахарных колеров E150a, полученных из сахарозы (а) и глюкозо-фруктозного сиропа (б) при различной доли (phi, %) красителя

Одновременно присутствие в растворе аниона сернистой кислоты с восстановительными и нуклеофильными свойствами блокирует от химических превращений альдегидные группы и окислительные процессы при термическом нагревании растворов углеводов в присутствии кислорода воздуха. Сравнение rgb-характеристик колеров E150b и E150a при изменении концентрации их водных растворов показыва-

ет практически одинаковый характер спектральных свойств красящих веществ, а это означает что межмолекулярные взаимодействия компонентов колеров носят одинаковый характер из-за близкого строения молекул пигментов.

Нагревание высококонцентрированных водных растворов сахаразы и глюкозо-фруктозного сиропа выше 70 °С в присутствии солей аммония вызывает образование красящих соединений не только за счет образования продуктов карамелизации углеводов (безазотистые красящие вещества), но и синтезу азотсодержащих пигментов – меланоидинов с иными спектральными свойствами.

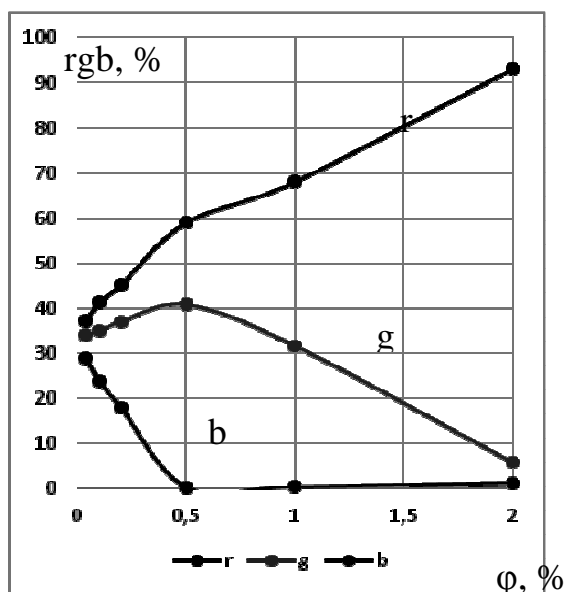


Рисунок 2 - Цветиметрические rgb-характеристики окраски раствора сахарного колера E150b, полученного из глюкозо-фруктозного сиропа с добавлением сульфита натрия при различной доли (φ, %) красителя различной доли (φ, %) красителя

Анализ цветиметрических характеристик сахарных колеров E150a и E150c показывает на изменение их характера при разбавлении колера E150c, полученному из сахаразы, по отношению к аналогично полученному колеру E150a.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болотов, В. М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение [Текст] / В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 240 с.
- 2 Байдичева, О.В. Цветиметрия – новый метод контроля качества пищевой продукции / О.В. Байдичева, В.В. Хрипушин, Л.В. Рудакова, О.Б. Рудаков // Пищевая промышленность. 2008, № 5. – С. 20–22.

М. П. Завьялов, инж. канд. техн. наук;
О. В. Карманова, зав. кафедрой, д-р техн. наук;
М. С. Щербакова, доц., канд. техн. наук (ВГУИТ, г. Воронеж)

ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ СПОРТИНГА

При проведении спортивных состязаний широко используются мишени для стендовой стрельбы в виде тарелочек. На стрелковых площадках ежедневно в виде пыли и осколков мишеней оседает в среднем до одной тонны пека, что наносит существенный вред экологии.

В настоящее время актуальной задачей является создание рецептуры мишени, которая с одной стороны не содержит в своём составе канцерогенных веществ (содержание полиароматических углеводородов не более 30 мг/кг), а с другой стороны – имеет низкую стоимость.

Целью исследований явился подбор связующего и условий изготовления полимерных композиции для производства экологических мишеней.

Технология изготовления мишеней основана на переработке двухкомпонентной термопластичной композиции, в состав которой входит связующее (каменноугольный пек) и наполнитель (известняковый порошок). В целях создания экологичной композиции выбраны термопластичные нефтеполимерные смолы разных типов, способ производства которых предполагает выделение и полимеризацию относительно лёгких углеводородных фракций C_5 - C_{10} , в то время как основная часть полиароматических углеводородов представлена фракциями C_{12} - C_{22} [1]. В качестве объектов исследования выбраны взяты ароматические смолы: E1100, E1090, «Химпласт».

Показатели свойств композиций, разработанных на основе выбранных нефтеполимерных полностью отвечали требованиям, предъявляемым к пековым мишеням. Наилучшее сочетание физико-механических и экономических показателей в качестве связующего, проявила нефтеполимерная смола «Химпласт». На ее основе создана композиция и отработана технология производства экологически безопасных мишеней. Разработанная композиция характеризуется хорошими технологическими свойствами, что допускает повторный разогрев без потери свойств композиции и конечного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Думский, Ю. В. Химия и технология нефтеполимерных смол: монография / Ю. В. Думский, Б. И. Но, Г. М. Бутов.- М.: Химия, 1999.
2. Химическая энциклопедия Т. 4: Полимерные материалы. М.: Большая Рос. энцикл., 1995.

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ КАК АНТИОКСИДАНТЫ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для расширения эксплуатационных свойств и области применения биологически активных веществ, выделяемых из растительного сырья, нами проводится работа по модификации каротиноидных и антоциановых пигментов, изучению их свойств и применению полученных препаратов в различных областях промышленности как антиоксидантов.

В растительном мире широко распространены углеводородные каротиноиды (α ,- β ,- γ – каротины, ликопин) и фитоксантины с одной гидроксильной группой (криптоксантин), с двумя гидроксильными группами (лютеин), с альдегидной группой (β -цитраин). В сырье, распространенном в условиях климатической зоны средней полосы России, в основном содержится липофильные α ,- β ,- γ – каротины. Исследованы также антоциановые красители, полученные из выжимок ягод черники, черной смородины и винограда путем бескислотной обработки сырьевого источника этиловым спиртом.

Целью работы являлось перевод каротиноидных пигментов в более гидрофильные формы путем термофилизации, способствующей введению в молекулу кислородсодержащих функциональных групп, определение суммарной антиоксидантной активности образцов каротиноидных и антоциановых пигментов нативно и в образцах полимерных пленок с добавками изучаемых биологически активных соединений.

Для определения антиоксидантной активности использовали прибор ЦветЯуза-01-АА, который позволяющий проводить прямые количественные измерения антиоксидантной активности исследуемых проб, причем, варьируя полярность и величины приложенных потенциалов можно определять не только суммарную антиоксидантную активность, но и активность отдельных классов биологических соединений.

Установлено, что все образцы на протяжении исследуемого срока хранения имели стабильные показатели антиоксидантной активности.

О. В. Карманова¹, зав. кафедрой, д-р техн. наук;
Ж. С. Шашок², доц. канд. техн. наук;
С. Г. Тихомиров¹ проф., д-р техн.
(¹ВГУИТ, г. Воронеж, ²БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ВУЛКАНИЗАТОВ БУТИЛКАУЧУКА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ И ТЕРМОМЕХАНООБРАБОТКИ

Под действием внешних факторов (механические напряжения, ионизирующие излучения, нагревание, в том числе их комбинации) в полимерах происходят параллельно процессы изменения молекулярной массы деструкционного и структурирующего типа с преобладанием одного определяющего фактора – деструкции или сшивания [1]. Поэтому описание механизмов подобных химических реакций проводят по изменению структуры и свойств полимеров в результате изменения их молекулярной массы. Показано [2], что полиизобутилен и его вулканизаты под действием ионизирующих излучений подвергаются деструкции, при этом происходит преимущественно разрыв основной полимерной цепи, что приводит к снижению ММ полимера. С увеличением поглощенной дозы наблюдается интенсивное снижение вязкости по Муни при одновременном уменьшении содержания гелефракции. Последующая термомеханообработка облученных резин на основе бутилкаучука может обеспечить более эффективную деструкцию поперечных связей и получить регенерат с разными вязкоупругими свойствами.

Исследованы свойства смоляных вулканизатов бутилкаучука, подвергнутых обработке γ -квантами дозах 30-250 кГр и пучком ускоренных электронов при поглощенных дозах 30-120 кГр (энергия электронов -10 МэВ, ток импульса - 400 мА, среда при обработке - воздух, доза, подаваемая за проход - 10 кГр).

Термомеханообработку облученных вулканизатов осуществляли в камере пластикодера Брабендер в течение 30 минут при температурах 100, 120, 140, 160 °С. Оценивали изменение вязкоупругих свойств по показателю вязкости по Муни (МЛ, усл. ед.) и степень деструкции поперечных связей вулканизатов по плотности сшивки образцов (ν , моль-см³).

В таблице приведены результаты исследования вязкости по Муни и плотности сшивки образцов облученных резин. Установлено, что при обработке ускоренными электронами деструкция пространствен-

ной сетки вулканизатов протекает более интенсивно. Анализ данных рисунка показал, что дополнительная термомеханообработка способствует деструкции пространственной сетки облученных вулканизатов бутилкаучука.

Таблица - Изменение вязкости по Муни и плотности сшивки в ходе радиационной обработки вулканизатов бутилкаучука

Доза, кГр	γ-кванты		Ускоренные электроны	
	ML, усл. ед.	$\nu \times 10^5$, моль/см ³	ML, усл. ед.	$\nu \times 10^5$, моль/см ³
0	-	4,34	-	3,78
30	-	2,43	-	2,38
60	260	2,06	280	1,94
90	180	1,47	210	1,12
120	79	1,14	98	0,86
150	52	0,89	-	-
200	24	растворился	-	-
250	18	растворился	-	-

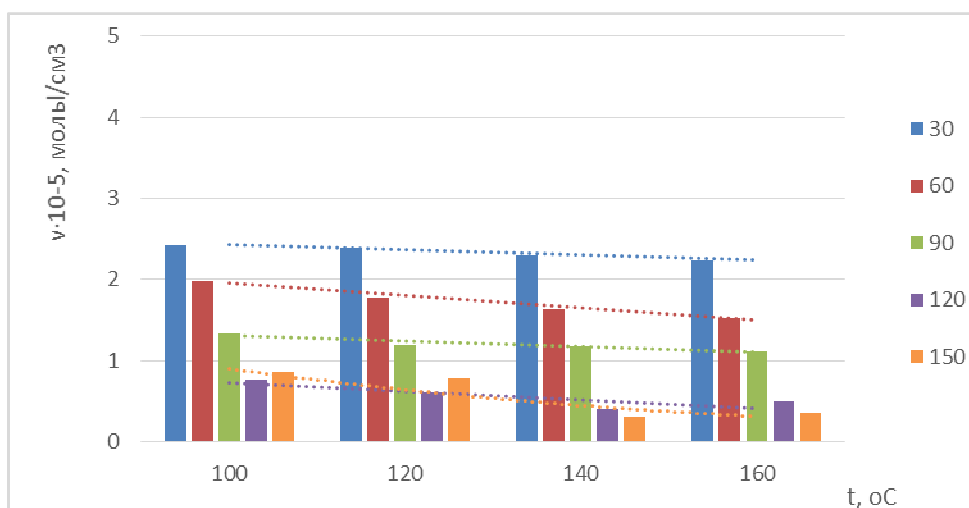


Рисунок 1 - Влияние термомеханообработки на плотность сшивки образцов, облученных γ-квантами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров С. Г., Подвальный С.Л., Хвостов А.А., Карманова О.В., Битюков В.К. // Исследование и моделирование процесса деструкции полимера в массе / Теоретические основы химической технологии, 2018. т. 52, No 6, с. 83–92.
2. Zaharescu T., Cazac C., Jipa S., Setnescu R. // Assessment on radiochemical recycling of butyl rubber / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 2001. Vol B 185, pp. 360-364.

О. В. Карманова, зав. кафедрой, д-р техн. наук;
А. С. Лынова, асп.; А. Ю. Фатнева, асп.
(ВГУИТ, г. Воронеж)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРОТЕКТОРНЫХ РЕЗИН ПРИ ВВЕДЕНИИ НОВОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ

В настоящее время требования к резинам ответственного назначения постоянно возрастают. Протекторные резины должны иметь высокие физико-механические показатели, стойкость к истиранию, надрезам, надрывам, многократным деформациям, старению и обеспечивать требуемый комплекс эксплуатационных свойств. Компоненты вулканизирующей группы играют важную роль в рецептуростроении протекторных резин и технологии их обработки. Активаторы вулканизации оказывают влияние на кинетику структурирования, характер образующихся вулканизационных связей и на упруго-прочностные свойства вулканизатов. Роль активаторов вулканизации в формировании свойств резин ответственного назначения заключается в обеспечении равномерного распределения поперечных связей в объеме резины.

Цель работы заключалась в исследовании свойств протекторных резин при введении активаторов вулканизации с пониженным содержанием оксида цинка.

Объектами исследования являлись протекторные резиновые, в которых заменяли оксид цинка и стеариновую кислоту на опытные активаторы вулканизации с пониженным содержанием оксида цинка. При изготовлении протекторных резиновых смесей отмечено улучшение их обрабатываемости с использованием опытных активаторов вулканизации, сокращение времени цикла смешения в среднем на 10 %.

Установлено, что опытные резиновые смеси по упруго-прочностным свойствам превосходят серийный образец. Твердость по Шору А и эластичность по отскоку при н.у. и при 70°C у опытных и серийных резин находятся на одном уровне. В то же время анализ упругогистерезисных свойств вулканизатов, полученных на приборе DMA показал, что значения тангенсов угла механических потерь, у опытных резин при минус 20 °С уменьшаются по сравнению с стандартным, при 0 °С и + 60 °С $\text{tg } \delta$ – увеличивается. Поскольку по $\text{tg } \delta$ при 0 °С можно оценить сцепление с влажной, обледенелой дорогой, можно предположить, что применение опытных активаторов вулканизации способствует улучшению сцепных характеристики протекторной резины на влажной и обледенелой дороге.

О .В. Карманова, проф. д-р техн. наук;
А. С. Москалев, ассист.; Ю. Ф. Шутинин, проф. д-р техн. наук
(ВГУИТ, г. Воронеж)

ВУЛКАНИЗУЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОДОНАБУХАЮЩИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В строительной промышленности широко востребованы эластомерные гидроизоляционные материалы, способные разбухать в воде заполняя неплотности швов, тем самым обеспечивая надёжную герметизацию конструкций и сооружений.

При создании водонабухающих материалов важно обеспечить сохранение целостности уплотнителя во время всего срока эксплуатации. Одним из технологических приемов является вулканизация полимерной матрицы. Однако, следует учитывать, что сшивание способствует снижению способности к набуханию эластомерной композиции, наполненной водонабухающими компонентами.

Разработаны составы эластомерных композиций на основе бутадиен-стирольного каучука и полиакриламида (ПА) и определены условия получения композитов. Установлено, что при введении ПА более 20 мас.ч. в течение 24 часов экспозиции в приповерхностных слоях образцов наблюдается резкое набухание, приводящее к разрушению невулканизованных образцов. Поэтому потребовалось обоснование рецептурно-технологических приёмов вулканизации, обеспечивающих с одной стороны - высокую степень набухания, с другой - целостность и прочность образцов.

Исследованы свойства водонабухающих эластомерных композиций, содержащих различные серосодержащие вулканизационные группы.

Определены вулканизационные характеристики полученных композиций с помощью реометра MDR2000.

Установлено, что степень наполнения ПА (50 - 80 мас.ч.) незначительно влияет на вулканизационные свойства.

Наилучшие сорбционные свойства водонабухающих композитов (степень набухания до 600%) при сохранении прочностных показателей позволяет получить вулканизирующая система содержащая комплекс ускорителей 2-меркаптобензтиазол + *N,N'*- дифенилгуанидин, обеспечивающая комбинацию дисульфидных и полисульфидных связей в пространственной сетке вулканизатов.

УДК 678.4.06

В. А. Седых, проф., канд. техн. наук; Е. В. Королева, ассист.
(ВГУИТ, г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА ТЕРМО-, АГРЕССИВОСТОЙКИХ РЕЗИНОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время птицефабрики широко используют большой ассортимент перосъемных пальцев импортного производства. Условия работы этих пальцев – циклические динамические деформации в среде водяного пара. Полимерная основа пальцев подвержена постоянному термоокислительному старению, перевулканизации на фоне вымывания противостарителей.

Цель работы заключалась в разработке рецептурно-технологических решений по совершенствованию состава и технологических режимов изготовления вулканизатов в производстве формовых изделий (перосъемные пальцы) с улучшенными механическими и эксплуатационными характеристиками.

Обоснованы подходы к созданию рецептуры и приемы регулирования технических показателей тепловлагодостойких изделий работающих в условиях циклических динамических нагрузок.

Определяющими критериями ходимости являлись усталостная выносливость к динамическим нагрузкам и устойчивость к термоокислительному старению в паровой среде.

Использование комбинации каучуков СКД и СКИ-3, сочетание серной и смоляной вулканизирующих групп, смеси природной и полимерной серы в качестве агента серной вулканизации и алкилфенолформальдегидной смолы (АФФС) в качестве агента смоляной вулканизации, сочетание ускорителей средней (сульфенамид Ц) и высокой (тетраметилтиурамдисульфид) активности, смеси высокомолекулярных противостарителей, включая ингредиент двойного назначения - АФФС при 50 %-ой степени наполнения каучуков активным техническим углеродом и температуре вулканизации 165-170 °С, обеспечили необходимый уровень упруго-прочностных показателей как до, так и после термовлажностного старения.

Предложен способ регулирования твердости и модуля при растяжении вулканизатов изменением содержания ускорителя высокой активности - тетраметиурамдисульфида.

Таким образом, найдено решение по замене импортных изделий.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИЛАКТИДА

Наиболее ярким представителем технологий быстрого прототипирования является метод послойного наплавления (FDM), который подразумевает нанесение последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели. Как правило, в качестве материалов для печати выступают термопластики. Полилактид, применяемый для производства изделий методом FDM, является малоизученным по сравнению с другими пластиками. Этот факт лег в основу исследований, целью которых является определение оптимального содержания вторичного материала без изменения свойств первичного и удешевление производства изделий из полилактида.

Полилактид (PLA) - биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный материал. Несмотря на тот факт, что отходы из биоразлагаемых полимеров могут самопроизвольно деградировать до безопасных соединений (углекислый газ и вода) за достаточно короткий срок, рациональнее использовать данные отходы для выделения из них ценных компонентов. На первоначальном этапе были изготовлены образцы с различным содержанием вторичного сырья (1, 3, 5, 10, 15, 20, 100 % мас. вторичного сырья). [1]

Оценка качества поверхности проводилась с помощью электронного микроскопа. В результате проведенных исследований были получены фотографии пластиков при 10 кратном приближении. Гладкой поверхностью обладали изделия, имеющие в своем составе до 10 % мас. вторичного сырья. С содержанием вторичного сырья более 10 % мас., изделия имели бугристую поверхность, большое количество несшитого между собой экструдата. Так же во время перемещения экструдера между областями печати, через него может просачиваться пластик, что говорит о неправильно подобранных условиях переработки. Если это произошло, то необходимо понижать температуру на 5 °С, до тех пор, когда пластик перестанет протекать.

Перед переработкой обязательно необходимо проводить сушку материала, т.к. полилактид очень хорошо впитывает влагу, поэтому очень важно соблюдать временные и температурные параметры переработки полилактида. В процессе хранения необходимо держать бобины материала в специальных помещениях с установками по осушению воздуха. Поэтому предварительно были определены показатели водопоглощения PLA. Исследования показали, что максимальное значение влаги набирается в течение первых 3 дней у полилактида. Максимальное содержание варьируется в пределах 2,7-4,0 % мас., в зави-

симости от содержания вторичного сырья, что недопустимо при переработке. Повышение влажности PLA способствует резкому увеличению скорости гидролитической деструкции, которая приводит к уменьшению молекулярной массы полимера, уменьшению вязкости расплава. Поэтому допустимая влажность: $\leq 0,015-0,02$ % мас. [2].

Далее был проведен эксперимент по сушке PLA. Сушили материал при температуре 90-105° С в течение 2 часов. Сушку нужно проводить до содержания летучих и влаги не более 0,02 %. Только так можно добиться стабильности размеров готового изделия и минимизировать последующую усадку. Исследования показали, что минимальное значение содержания влаги достигалось через 2 часа после начала сушки. А максимальное значение вторичного сырья должно быть не более 10% (мас), далее наблюдается увеличение показателя усадки, что не допустимо при переработке.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы: рекомендуется добавление вторичного материала в количестве 10 % мас., при этом наблюдается незначительное ухудшение качества. При возникновении визуальных дефектов структуры единственным параметром, влияющим на гладкость поверхности, является температура 3D-печати, которую нужно варьировать в пределах ± 5 °С. PLA пластик при воздействии температуры имеет минимальную усадку, что позволяет печатать объемные 3D модели. Переработка биоразлагаемых полимеров, а в частности полилактида, является коммерчески привлекательным проектом, а технология переработки данных полимеров отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербакова, М.С. Изучение свойств филамента полилактида, применяемого в 3D-печати / Ефремова В.В. //в сборнике: Проблемы и инновационные решения в химической технологии (ПИРХТ-2019) 2019. С. 243-244.

2. Борисовская, Е.М. Исследование физико-механических и оптических свойств ПММА при введении вторичного полимера / Карманова О.В., Щербакова М.С., Калмыков В.В. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 264-270.

3. Шутилин, Ю.Ф. Изучение характеристик порошков полимеров для 3D-печати / Щербакова М.С., Хрипушин В.В., Борисова И.А. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 4 (74). С. 157-164.

УДК 678.7

М. Н.Тухташева, д-р техн. наук, PhD;

Г. Гулямов, доц., канд. техн. наук;

Н.С. Абед, проф., д-р техн.наук;

С. С.Негматов, академик АН РУз, проф., д-р техн. наук

(Государственное унитарное предприятие "Фан ва тараккиёт" Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова, Ташкент)

АНТИФРИКЦИОННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

Современный уровень развития композиционных полимерных материалов (КПМ) позволяет создавать уникальные материалы, работоспособные в экстремальных условиях при низких и повышенных температурах, давлениях, агрессивных и абразивных средах. Тенденцией развития данного направления является создание высоконаполненных, армированных и особо прочных КПМ с регулируемыми эксплуатационными показателями многофункционального назначения, используемые в машиностроительной промышленности [1].

В качестве матричного полимера принят полиэтилен высокой плотности (ПЭВП) и полипропилен (ПП). Выбор ПЭВП и ПП обусловлен их низкой стоимостью и предназначением для производства литьем под давлением изделий и деталей. Волокнистые наполнители - стекловолокно и хлопковый линт, а также углеграфитовые наполнители - сажа и графит вводили в рецептуру композита от 5 до 50 мас.ч на 100 мас.ч ПЭВП и ПП.

Волокнистые и углеграфитовые наполнители предварительно подвергались механоактивации, для чего каждое вещество в отдельности загружали в дисмембратор и в течение 60-90 мин подвергали измельчению. Затем композицию, содержащую связующее (полиэтилен или полипропилен), волокнистые и углеграфитовые наполнители - стекловолокно, хлопковый линт, сажа и графит, готовили известными способами [2], например, сухим смешением всех компонентов. Для получения композиции в смеситель загружали дозированные в определенном соотношении компоненты смеси и перемешивали в течение 30-50 мин. Полученную таким образом смесь композиции загружали в бункер литьевой машины, откуда она поступала в литьевой цилиндр, нагретый до 493-533 К. Опытные образцы для испытаний отливали путем литья под давлением композиций на основе ПЭВП и ПП при давлении 85-90 и 110-120 МПа, при температуре 493 и 513 К, соответственно [2].

При проведении исследований по изучению антифрикционных свойств композитов в качестве контртела был взят хлопок-сырец разновидности С-6524, первого сорта, машинного сбора, кондиционной влажности и засоренности 3,6%. Причем, за основные антифрикционные свойства были приняты: коэффициент трения и интенсивность изнашивания композиций при взаимодействии с хлопком-сырцом, которые определяли на дисковом трибометре в соответствии с O'z DSt 3330: 2018.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что введение в ПП и ПЭВП стекловолокна и хлопкового линта до 20...30 мас. ч. ведет к повышению разрушающего напряжения при изгибе $\sigma_{и}$ композиций до максимума. Дальнейшее увеличение содержания этих наполнителей сопровождается постепенным уменьшением $\sigma_{и}$. При введении в ПП и ПЭВП сажи и графита $\sigma_{и}$ снижается с увеличением их содержания. Однако $\sigma_{и}$ остается довольно высоким у композиций, наполненных до 5...10 мас. ч. сажи и графита.

Ударная вязкость a композиций с содержанием стекловолокна, и хлопкового линта до 30 мас. ч. также повышается, а затем снижается. При введении сажи и графита ударная вязкость композиции постепенно снижается с увеличением содержания наполнителей.

Твердость H_B композиций с введением стекловолокна, линта до 30 мас. ч., сажи и графита до 10...15 мас. ч. повышается, а затем наблюдается снижение. Модуль упругости при изгибе $E_{и}$ композиции с увеличением содержания наполнителей постепенно повышается.

Коэффициент трения f полимерной композиции с увеличением содержания стекловолокна, хлопкового линта растет. При введении графита и сажи в состав композиции наблюдается снижение коэффициента трения. Минимум соответствует содержанию наполнителя в пределах 15...20 мас. ч. графита и сажи.

Снижение коэффициента трения композиции, наполненных сажей и графитом связано со сравнительно низкой величиной теплопроводности, низким удельным поверхностным сопротивлением и электропроводностью. Рост коэффициента трения связан с увеличением шероховатости их поверхности за счет агрегатизации наполнителя, а также за счет низкой адгезии между полимерной матрицей и частицами наполнителя [3].

Установлено, что для получения минимального коэффициента трения композиции оптимальным является следующее содержание наполнителей: сажа и графит 5...30 мас. ч. Для получения минимальной интенсивности изнашивания композиции оптимальным является содержание наполнителей - 10...40 мас. ч. стекловолокна и хлопково-

го линта.

На основе полученных научных результатов разработаны оптимальные составы антифрикционных композиционных полиэтиленовых и полипропиленовых материалов [2], а также изучены их физико-механические и антифрикционные свойства (таблица).

Таблица - Физико-механические и антифрикционные свойства композиций на основе полиолефинов

Показатели свойств композиций	Антифрикционные свойства полиэтиленовых полипропиленовых композиций			
	АППК-1	АППК-2	АПЭК-1	АПЭК-2
Разрушающее напряжение при изгибе, $\sigma_{и}$, МПа	85,7	88,4	33,4	35,5
Ударная вязкость, a , Дж/м ²	91,3	94,2	17,5	21,3
Твердость по Бринеллю, H_B , МПа	76,2	78,9	55,1	58,4
Модуль упругости при изгибе, $E_{и}$ ГПа	1,75	1,80	0,62	0,65
Коэффициент трения, f (при $P=0,02$ МПа, $V=1,5$ м/с, $W=8,2\%$)	0,29	0,26	0,28	0,29
Интенсивность изнашивания, $I \cdot 10^{10}$ (при $P=0,02$ МПа, $V=1,5$ м/с, $W=8,2\%$)	3,2	3,15	6,7	6,5

Таким образом, разработаны высокоэффективные антифрикционные полиэтиленовые и полипропиленовые композиции функционального назначения на основе полиолефинов, заключающийся во введении в полимерную матрицу системы гибридных наполнителей разной структуры и природы в установленных оптимальных их соотношениях, обеспечивающих функционально важные физико-механические, антифрикционные и эксплуатационные свойства композиционных полимерных материалов, работающих в условиях взаимодействия с хлопком-сырцом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Негматов С.С. Основы процессов контактного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой / С.С.Негматов. Т.: Фан, 1984.
2. Абед Н.С., Негматов С.С., Гулямов Г..Н., Тухташева Композиционные антифрикционно-износостойкие материалы и технология их получения / А.С. Абед. Т.: Fan va texnologiya, 2017.
3. Махкамов Р.Г. Основы процесса взаимодействия поверхностей твердых тел с волокнистой массой / Р.Г. Махкамов. Т.: Фан, 1979.

С. И. Вольфсон, проф., д-р техн. наук;
И. З. Файзуллин, доц., канд. техн. наук;
З. М. Бадретдинов, магистрант;
Д. Р. Хафизова бакалавр; О.С. Куражева бакалавр
(КНИТУ, г. Казань)

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА МОДИФИЦИРОВАННОГО ЦЕОЛИТАМИ

Одним из способов улучшения свойств полимерных материалов является их наполнение различными структурно-активными добавками, введение которых обеспечивает формирование заданной фазы и надмолекулярной структуры матрицы. Одними из эффективных модификаторов полимеров являются природные минералы [1-2].

Природные цеолиты относятся к неорганическим минералам. Они составляют самую большую группу алюмосиликатов с каркасной структурой. Благодаря системе каналов и полостей, которые пронизывают кристаллы, цеолит обладает хорошо развитой внутренней поверхностью, доступной для адсорбируемых молекул [3]. Их кристаллическая решетка построена из четырех, пяти и более многочисленных колец, образованных кремнекислородными тетраэдрами. В части этих тетраэдров атом кремния замещен алюминием. Возникшие при этом отрицательные электрические заряды каркаса кристаллической решетки компенсируются в основном катионами натрия, кальция и калия. Благодаря подобной структуре они обладают такими уникальными свойствами как: адсорбционные, молекулярно-ситовые, ионообменные и каталитические [4].

В последнее время значительно повысился интерес к использованию природного цеолита в качестве усиливающего наполнителя в полимерных композиционных материалах. Это связано, прежде всего, с тем, что цеолиты природного происхождения представляют собой относительно дешевый и новый вид минерального сырья, с обширно распространенными месторождениями.

В связи с этим, целью данного исследования явилось разработка полимерного композиционного материала на основе полипропилена, модифицированного цеолитом. В качестве полимерной матрицы был выбран гомополимер пропилен марки РР 1316М (ТУ 20.16.51-136-05766801-2015) производства ПАО «Нижекамскнефтехим». Основным наполнителем был активированный цеолит марки ZEOL (ТУ 2163-001-27860096-2016) от компании ОАО «Цеолиты Поволжья» со

средним размером частиц 0–40 мкм. Также в качестве антиоксиданта использовался Irganox 1024 от компании BASF.

Исследуемые композиции получали в смесителе с винтообразными роторами «Measuring Mixer 350E» устройства «Plasti-Corder®Lab-Station» (Brabender, Германия) при температуре 190 °С в течение 8 минут, при скорости вращения роторов 90 об/мин. Образцы для физико-механических испытаний были получены на инжекционно-литьевой машине КМ 50/180 СХ

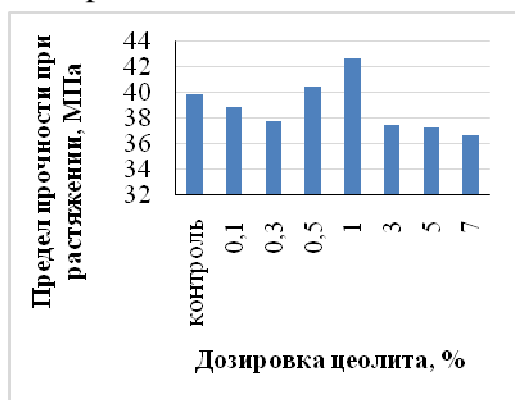


Рисунок 1 - Влияние дозировки цеолита на показатель предела прочности при растяжении

позиций. На рисунке 1 наблюдается увеличение прочности композиций, содержащих цеолиты в дозировке от 0,5 до 1 мас. %. Из данных рисунка 2 видно, что введение и увеличение содержания цеолита в составе композиций увеличивает показатель модуля упругости при изгибе

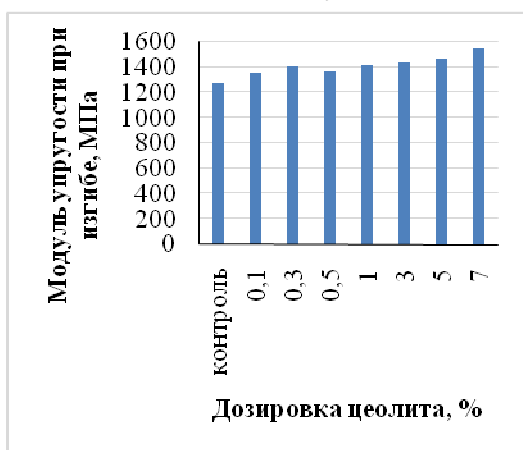


Рисунок 2 - Влияние дозировки цеолита на модуль упругости при изгибе

но-литьевой машине КМ 50/180 СХ (Krauss Maffei, Германия).

Для композиций были определены показатель текучести расплава (ГОСТ 11645-73), показатель ударной вязкости (ГОСТ 4647-2015), прочность при растяжении (ГОСТ 11262-80) и модуль упругости при изгибе (ГОСТ 9550-81).

Представлялось важным оценить влияние модификатора полимерной матрицы на физико-механические характеристики композиций. На рисунке 1 наблюдается увеличение прочности композиций, содержащих цеолиты в дозировке от 0,5 до 1 мас. %. Из данных рисунка 2 видно, что введение и увеличение содержания цеолита в составе композиций увеличивает показатель модуля упругости при изгибе, с максимальным значением при дозировке 7 мас. %.

Индекс текучести расплава (ПТР) является важным технологическим параметром композитов.

На рисунке 3 видно, что введение и увеличение дозировки наполнителя приводит к повышению вязкости композиций, связанному, по всей видимости, с тем, что твердые частицы наполнителя не деформируются вместе со слоями окружающей матрицы, и тем самым препятствуют её течению.

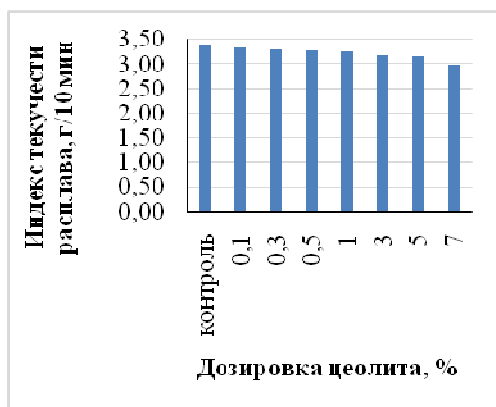


Рисунок 3 - Изменение показателя текучести расплава композиционных материалов



Рисунок 4 - Изменение ударной вязкости от степени наполнения полипропиленов цеолитом

Важной характеристикой композиций, влияющей на эксплуатационные свойства, является ударная вязкость. Из данных на рис. 4 следует, что повышение содержания наполнителя позволяет увеличить ударную вязкость полипропилена. Наибольшие значения данного показателя достигаются при дозировке цеолита 3 мас. %. Дальнейшее увеличение содержания цеолита оказалось неэффективным. Вероятнее всего, это связано с повышением хрупкости композиций, приводящее к снижению данного показателя.

Таким образом, установлено, что введение цеолита приводит к увеличению модуля упругости при изгибе до 18 %, ударной вязкости до 15 %, при снижении индекса текучести до 12 %. По результатам исследования выявлено, что оптимальные дозировки данного наполнителя находятся в диапазоне 1–3 мас. %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спиридонов А. М. и др. Перспективы применения кислотоактивированного природного цеолита месторождения Хонгуруу (Якутия) для наполнения полимеров // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2014. – Т. 11. – №. 3.
2. Fayzullin I. Z. et al. Influence of the type of wood flour and nanoadditives on the structure and mechanical properties of polypropylene-based wood-polymer composites // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2016. – Т. 1785. – №. 1. – С. 040098.
3. Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита [Текст] / Д. Брек ; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1976. – 781 с.
4. Banerjee R., Phan A., Bo Wang, Knobler C., Hiroyasu Furukawa, O’Keeffe M., Omar M. Yaghi. High-Throughput Synthesis of Zeolitic Imidazolate Frameworks and Application to CO₂ Capture // Science, — 2008, — V. 319, № 5865, — P. 939–943.

Т. К. Джумадилов, проф., д-р хим. наук;
А. М. Имангазы, научн. сотр., PhD;
Р. Г. Кондауров, ст. научн. сотр., PhD;
Х. Химерсен, мл. научн. сотр., магистр

(АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы, Казахстан)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОЙ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ ПОЛИМЕРАМИ С «МОЛЕКУЛЯРНЫМИ ОТПЕЧАТКАМИ»

С целью разработки селективной технологии извлечения ионов металлов из водных систем, нами были синтезированы и исследованы полимеры с «молекулярными отпечатками» (ПМО), способные к распознаванию молекул, использовавшихся в качестве молекулярных шаблонов при их синтезе, благодаря присутствию в структуре ПМО участков («отпечатков»), способных к взаимодействию с функциональными группами шаблона [1-3].

В ходе проведения исследования были получены: 1) ПМО с шаблоном (путем введения целевой молекулы-шаблона Cu^{2+} в структуру полимера; вторичная полимерная сетка); 2) ПМО без шаблона (без введения целевой молекулы-шаблона Cu^{2+} в структуру полимера; первичная полимерная сетка).

ПМО с «отпечатком» иона меди(II) были получены из двух функциональных мономеров: метакриловой кислоты (МАК), обладающей способностью образовывать комплексы со многими молекулами-шаблонами, и 4-винилпиридина (4-ВП), который связывает СООН-группы. Оба функциональных мономера образуют посредством ионных взаимодействий комплекс с матричным ионом меди. В качестве источника ионов меди использовалась соль $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Полученный комплекс медь/мономер полимеризовался в присутствии сшивающего агента этиленгликольдиметакрилата (EGDMA, Sigma-Aldrich) путем суспензионной полимеризации. В качестве инициатора реакции использовались азобисизобутиронитрил (AIBN, Sigma-Aldrich), а в качестве стабилизатора реакции полимеризации гидроксиэтилцеллюлозу (HEC, Sigma-Aldrich).

ПМО без шаблона синтезировался при тех же условиях и с теми же реагентами, описанными выше, за исключением добавления соли $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Для изучения селективной сорбции ПМО, проводилось предварительное удаление ионов меди из пор полученного полимера, путем вымывания ионов меди 1М раствором азотной кислоты. Полученный

ПМО с «отпечатком» Cu^{2+} далее промывался деионизованной водой и высушивался.

Для исследования сорбционных свойств полученных ПМО, образец ПМО весом 0,11 г помещался в 100-мл раствор, содержащий Cu^{2+} концентрацией $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Содержание ионных пар в растворе определялось методом рН-метрии и кондуктометрии. Анализируя данные измерения рН раствора, было установлено, что в процессе сорбции кислотность растворов увеличивалась (параметр рН уменьшался) за счет выделения в раствор ионов H^+ , замещающих сорбированные ионы Cu^{2+} в структуру ПМО. С другой стороны, электропроводность данного раствора как сумма электропроводности положительных и отрицательных ионов, прямо отражает их содержание в растворе. Электропроводность исследуемого раствора со временем возрастала, что также косвенно указывало на процесс сорбции Cu^{2+} полученным ПМО с «отпечатком».

ПМО без шаблона (первичная полимерная сетка), в тех же условиях эксперимента, показали незначительные сорбционные свойства (незначительное снижение рН раствора), что указывает на селективность ранее полученных ПМО с «отпечатком».

Полученные данные показывают возможность создания технологии селективной сорбции ионов металлов (в том числе, и редкоземельных) полимерами с «молекулярными отпечатками» не только в Республике Казахстан, но и в других странах, где данное направление еще не получило свое широкое развитие.

ЛИТЕРАТУРА

1 Lisichkin, G. V., Krutyakov, Y. A. Molecularly imprinted materials: synthesis, properties, applications. Russian Chemical Reviews, 75(10), 901–918. 2006. DOI:10.1070/rc2006v075n10abeh003618

2 Попов, С.А., Ирха, В.В., Дмитриенко, С.Г., Золотов, Ю.А., Гетманова, Е.В., Музафаров, А.М. Синтез и исследование свойств сорбента на основе силикагеля, модифицированного сверхразветвленным поли(метилдихлорсилилпропил) карбосиланом с молекулярными отпечатками 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты / С.А. Попов. Вестн. Моск. Ун-та Сер.2. Химия. 2008. Т.49. №1. стр. 45-52

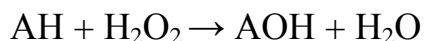
3 Джумадилов, Т.К., Кондауров, Р.Г. Полимеры с молекулярными отпечатками – основа будущих технологий. / Т.К. Джумадилов. Монография. Алматы. 2017.124с.

О. С. Игнатовец, доц., канд. биол. наук (БГТУ, г. Минск);
А. В. Кручонок, зав. сект. сохр. и восст. растит. ресурсов
(ЦБС НАН Беларуси, г. Минск);
Н. Красневска, асп. (Латвийский университет, г. Рига)

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ПЕРОКСИДАЗ В ЛИСТЬЯХ РАЗНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ

Морошка приземистая редкое реликтовое растение перигляциальной флоры. В Республике Беларусь расположена на южной границе своего ареала. Таксон включен в Красную книгу Беларуси и относится ко II-ой национальной категории охраны (соответствует статусу EN, по международной системе IUCN). Является перспективным ресурсным видом для нужд селекции в ягодоводстве и для рекультивации выработанных торфяников. Отличается высоким содержанием разнообразных биологически активных веществ. Биохимический состав морошки приземистой варьируется в зависимости от зоны произрастания и климатических условий.

Пероксидазы – окислительно-восстановительные ферменты, которые среди множества других обладают полифункциональными свойствами. Пероксидаза является двухсубстратным ферментом, который катализирует реакции окисления субстратов за счет кислорода перекиси водорода:



«Растительные» пероксидазы являются гемсодержащими гликопротеинами. Гем, выполняя роль активного центра, участвует в разложении или активации перекиси водорода, в результате чего образуются промежуточные радикалы соответствующих субстратов. Углеродные цепи предохраняют фермент от инактивации радикалами, образующимися в ходе реакций, и увеличивают термическую стабильность пероксидаз. Ферменты обладают широкой субстратной специфичностью [1]. Согласно Международной классификации ферментов, пероксидазы (КФ 1.11.1.X) – это ферменты, действующие на перекись водорода в качестве акцептора электронов.

Пероксидазы характеризуются наличием большого числа изоферментов, что говорит о важной физиологической роли в клетках различных организмов. В настоящее время установлено, что активность изоформ пероксидаз сильно зависит от присутствия определенных субстратов, поэтому физиологические функции отдельных изоформ ферментов значительно различаются и определяются их суб-

стратной специфичностью. У растений отмечается наличие как ферментов, общих для всех тканей, так и изоферментов, специфичных только для отдельных органов или образующихся лишь в определенные периоды развития растения [2]. Изоферменты нужны для биосинтеза лигнинов, меланинов и других вторичных метаболитов, необходимых для нормального роста и функционирования растений. Пероксидазная активность, вероятно, может служить индикатором для определения половой дифференциации клонов растений [3]. Этот факт является определяющим для процесса плодоношения морошки приземистой, так как растение имеет однополые, одиночные цветки, которые находятся на разных представителях.

Для определения активности пероксидазы получали обогащенные фракции растительного материала путем экстрагирования 0,02 М трис-ацетатным буферным раствором (рН 7,0) из расчета 5 мл на 1 г растительного материала. Экстракцию проводили в течение 30 мин при температуре 4°C. Обогащенную фракцию отделяли центрифугированием при 6 000 мин⁻¹ на протяжении 10 мин. Концентрацию белка определяли методом Варбурга и Христиана и(или) методом Лоури [4].

Пероксидазную активность определяли спектрофотометрическим методом. Проводили измерение при постоянном перемешивании оптической плотности смеси, содержащей обогащенную фракцию в подобранном разведении, субстрат (о-дианизидин) и перекись водорода, автоматическое введение которой запускало реакцию. Использовали спектрофотометр Specord 200 PLUS (Analytik Jena, Германия). Измерения проводили при длине волны 460 нм, которая позволяет регистрировать изменение экстинкции вещества – концентрации продукта реакции. Проводился расчет величины начальной скорости реакции – тангенса угла наклона касательной к кинетической кривой в нулевой точке (изменение экстинкции в секунду E/S).

Каждое определение проводили 3 раза и за результат измерения принимали среднее арифметическое значение E/S. Величину удельной пероксидазной активности (АП) вычисляли по формуле методики [4].

Пероксидазы играют важное значение в метаболизме растений. Поэтому в черешках фермент активнее нежели в листовых пластинах (см. табл.). Больше содержание белка обнаружено у образцов из заказника «Лонно», где популяционные и экологические характеристики так же указывают на оптимальные условия произрастания.

Таблица - Результаты исследований по определению активности пероксидазы в листьях морошки приземистой

№ образца	Место сбора	Объект исследования	Содержание белка, мг/г абсолютно сухого сырья	АП, мкмоль/мг белка
1	Заказник «Лонно», Полоцкий р-н, Витебская обл.	Листовые пластинки	393,99±1,65	$(2,956 \pm 0,121) \cdot 10^{-3}$
2	Нацпарк «Нарочанский», Мядельский р-н, Минская обл.	Листовые пластинки	363,11±1,67	$(2,853 \pm 0,123) \cdot 10^{-3}$
3	Заказник «Болото Великий Мох», Миорский р-н, Витебская обл.	Листовые пластинки	335,32±1,54	$(4,196 \pm 0,112) \cdot 10^{-3}$
4	Заказник «Лонно», Полоцкий р-н, Витебская обл.	Черешки	100,00±0,95	$(12,700 \pm 0,131) \cdot 10^{-3}$
5	Нацпарк «Нарочанский», Мядельский р-н, Минская обл.	Черешки	72,19±0,89	$(24,350 \pm 0,218) \cdot 10^{-3}$
6	Заказник «Болото Великий Мох», Миорский р-н, Витебская обл.	Черешки	83,34±1,23	$(26,210 \pm 0,192) \cdot 10^{-3}$

активность наибольшая у образцов из заказника «Болото Великий Мох», где популяционное поле расположено в пределах послепожарной трансформации растительного сообщества и может являться индикатором стресса.

Работы выполнены при поддержке БРФФИ по проекту Б19ЛАТГ-004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Koua D., Cerutti L., Falquet L., Sigrist C.J., Theiler G., Hulo N., Dunand C. PeroxiBase: A database with new tools for peroxidase family classification // *Nucleic Acids Res.* – 2009. – V. 37. – P. D261–D266.
2. Banci L. Structural properties of peroxidases. // *J. Biotechnol.* – 1997. – V. 53, № 2–3. – P. 253–263.
3. Neelam Bansal, Shamsher S. Kanwar Peroxidase(s) in Environment Protection // *The Scientific World J.* – 2013. – V. 13. – P. 1–9.
4. Леонтьев, В. Н. Биохимия. Лабораторный практикум / В. Н. Леонтьев, Т. И. Ахрамович. – Минск: БГТУ, 2008. – 218 с.

Д.С. Сергиевич, асп., магистр биол. наук;
Н.А. Беясова, доц., канд. биол. наук;
А.М. Шимкевич, ст. преп., канд. биол. наук;
(БГТУ, г. Минск)

СПОСОБ СКРИНИНГА ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ, ДЕГРАДИРУЮЩИХ ПОЛИЛАКТИД

В последнее время все больше внимание многих ученых приковано к проблеме накопления в окружающей среде полимерных отходов. Одним из наиболее перспективных методов снижения экологической нагрузки с сохранением всех преимуществ, применения традиционных синтетических полимерных материалов – создание биоразлагаемых полимеров, имеющих в основе структуру, схожую с природными материалами. Одним из наиболее популярных биоразлагаемых полимеров является полилактид, синтезируемый биотехнологическим способом из молочной кислоты.

Ежегодно промышленное производство полилактидов стремительно возрастает. Однако, различные исследования биоразложения, проводимые при их захоронении в почве таких полимеров, как полигидроксибутират (PHB), поликапролактон (PCL), полибутилен сукцинат (PBS) и полилактид (PLA), свидетельствуют не в пользу полилактидов. Установлено, что степень биodeградации в условиях эксперимента уменьшается в порядке: PHB = PCL > PBS > PLA. Эти результаты показывают, что PLA-деградирующие микроорганизмы не являются широко распространёнными в природной среде. По этой причине важно создать способ, позволяющий эффективно и быстро проводить скрининг бактерий, способных к активной деградации полилактида.

Известно, что отбор бактерий, деградирующих полилактид, общепринятыми микробиологическими методами является сложной и длительной задачей. Поэтому выявление высококонсервативных мотивов в участках бактериальных генов, обуславливающих деградацию полимерных материалов, может создать предпосылки для качественного и быстрого поиска и изучения практически ценных бактериальных штаммов.

В настоящем исследовании мы провели поиск специфичных высококонсервативных участков ДНК, отличающих геномы бактерий, способных к деградации полилактида. Для этого использовали сведения о нуклеотидных последовательностях геномов, депонированных в базу данных NCBI GenBank. В результате поиска, в геноме актинобактерий

Amycolatopsis orientalis (EU334748.1) выявлена нуклеотидная последовательность гена (PLAase 2), отвечающего за деградацию полилактоида.

Сопоставив нуклеотидную последовательность гена PLAase 2 с известными бактериальными нуклеотидными последовательностями, депонированными в базе данных NCBI GenBank, установлены консервативные области в последовательностях генов, отвечающих за синтез трипсино-подобных сериновых протеаз.

Найденные консервативные участки в генах бактериальных протеаз использовали для подбора олигонуклеотидных праймеров, предназначенных для скрининга бактерий, способных к деградации полилактоида. Подобранные последовательности олигонуклеотидных праймеров представлены в таблице.

Таблица - Олигонуклеотидные праймеры к генам PLA-деполимераз актинобактерий

Название праймера	Направление	Последовательность олигонуклеотидных праймеров	Длина продукта п.н.
<i>PLAase 3</i>	<i>Прямой</i>	<i>5'-GTCACCGCGAAGCACTGT-3'</i>	407
	<i>Обратный</i>	<i>5'-ACACCGTTGACCTGCTTGAT-3'</i>	

Используя подобранные олигонуклеотидные праймеры, провели скрининг коллекционных штаммов почвенных бактерий, обладающих потенциальной способностью деградировать полилактоид.

В результате, наличие продуктов амплификации искомой величины, образованных в процессе ПЦР-анализа тотальной ДНК коллекционных бактерий, подтвердило правомерность использования подобранных праймеров для поиска бактерий, деградирующих полилактоид.

Используя подобранные синтетические олигонуклеотиды, проанализированно 36 коллекционных бактериальных штаммов, в том числе 3 штамма актиномицетов. Искомые продукты амплификации обнаружены только у актиномицетов, при этом не зафиксировано ни одного случая случайного отжига олигонуклеотидных праймеров.

Таким образом, подобранные праймеры, могут стать основой для разработки тест-системы, позволяющей осуществлять первичный скрининг бактерий, деградирующих полилактоид.

УДК 628.355

И. А. Гребенчикова, канд. техн. наук;
Р. М. Маркевич, канд. хим. наук., доц.; О. В. Нестер, инж.
(БГТУ, г. Минск)

Д. С. Давыденко, начальник станции очистной канализационной
(РУП «Белоруснефть-Особино»)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ПТИЦЕФАБРИКИ

Цель работы – оценка эффективности функционирования очистных сооружений птицефабрики с разработкой рекомендаций по совершенствованию процесса биологической очистки сточных вод (СВ).

Технология включает усреднение СВ, механическую очистку на решетках и в песколовках, напорную флотацию, биологическую очистку в биореакторе с зонами нитри- и денитрификации, вторичное отстаивание, дезинфекцию, осветление очищенных вод в микрофилтрах. Анализировали данные по расходу поступающих на очистные сооружения СВ, их основным показателям до и после очистки за период с 2016 по 2019 гг., а также характеристики иловой смеси.

Выявлена тенденция к увеличению среднемесячного потока поступающих СВ, снижению уровня их загрязненности по легкоокисляемым органическим соединениям (БПК₅) и нагрузки на активный ил (АИ) по сравнению с проектными значениями. Установлено, что при не вполне благоприятном для биологических процессов отношении БПК₅ / ХПК (менее 25%) трудноокисляемые загрязнения (по ХПК) удаляются до значений ниже нормативных, вероятно, за счет сорбции хлопками ила и длительного аэрирования. Для улучшения условий функционирования АИ рекомендовано увеличение доли биологически окисляемых соединений путем коррекции работы стадии флотации.

Отмечены значительные различия видового состава биоценозов секций биореактора, численности организмов основных индикаторных групп, структуры хлопка АИ. Выявлена возможность периодического массового развития нитчатых бактерий. Гидробиологический анализ свидетельствует о среднем уровне развития и деструкционном потенциале АИ, а также о его высоком возрасте. Для повышения прироста ила и степени удаления с его биомассой соединений фосфора предложено увеличение отбора избыточного ила.

Для обеспечения стабильного протекания биологических процессов рекомендован систематический контроль расхода, состава поступающих сточных вод (обязательные параметры – БПК₅, ХПК, рН, азот аммонийный и нитратный, фосфор фосфатный) и анализ АИ с целью оперативного реагирования на изменение ситуации.

Д. В. Галиновский, канд. биол. наук;
(ИГиЦ, г. Минск)

Н. Е. Мокшина, канд. биол. наук;
(КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань)

Л. В. Хотылева, академик;

А. В. Кильчевский, академик;
(ИГиЦ, г. Минск)

Т. А. Горшкова, проф., д-р биол. наук
(КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, г. Казань)

РАЗРАБОТКА ГЕНЕТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЛЬНОВОЛОКНА

Льноволокно является важным промышленным сырьем, которое традиционно используется в текстильной промышленности, но сегодня это далеко не единственная область его применения. Параметры качества льноволокна являются интегральным показателем, зависящим от особенностей развития клеток волокон внутри растительного организма (биологическая компонента), а также от применяемых технологий при выращивании и переработки льна. Данная работа посвящена изучению биологической компоненты качества льноволокна, а именно – изучению генетических механизмов развития волокон, что в перспективе позволит увеличить урожай и качество льноволокна.

С биологической точки зрения волокна льна – это индивидуальные клетки, которые проходят три стадии развития: инициацию, элонгацию (интрузивный рост) и специализацию (утолщение) [1]. Причем эти стадии можно одновременно найти в одном растении, но в разных его частях. Стадия инициации волокон происходит в прокамбии, который расположен в самой верхушке растения. На расстоянии примерно 0,5 см от верхушки начинается стадия элонгации (интрузивный рост), а «точка слома» [2], которая располагается примерно на 7-10 см ниже верхушки, маркирует переход волокон к стадии специализации. В данной работе мы изучали стадию элонгации и специализации у двух сортов льна – Могилевский (лен-долгунец) и Лирина (лен масличный). Отбирали фрагменты стеблей, содержащие волокна на соответствующих стадиях развития. Из волокон на стадии специализации и фрагментов стебля, содержащих волокна на стадии элонгации, выделяли общую РНК, на основе которой синтезировали кДНК. Полученные препараты кДНК использовали в качестве матрицы в реакции количественной ПЦР для определения уровня экспрессии интересующих генов.

На стадии элонгации происходит многократное (в 1000 и более раз) удлинение клетки. Интенсивность интрузивного роста определяет количество волокон в пучке и его структуру и, как следствие, напрямую влияет на качество льноволокна [1]. При этом механизмы интрузивного роста изучены слабо, хотя были определены гены, которые активно транскрибируются в волокнах на данной стадии развития [3]. При сравнении уровня экспрессии на этой стадии у двух сортов установили, что гены Lus10010167 (кодирующий GEM-LIKE PROTEIN 4-RELATED с GRAM доменом (LusGRAM)) и Lus10033510 (кодирующий EamA-like transporter nodulin MtN21 (LusMtN21)) в 3,7 раза сильнее экспрессируются в сорте Могилевский, чем сорте Лирина (рис. 1А). Еще несколько генов (Lus10017628, Lus10005815 (LusRING), Lus10003598 (LusGH3), Lus10038501 (LusGH17), Lus10031192 (LusLUC2) и Lus10014905 (LusReceptor7)) сильнее экспрессируются у сорта Лирина по сравнению с Могилевским (рис. 1А).

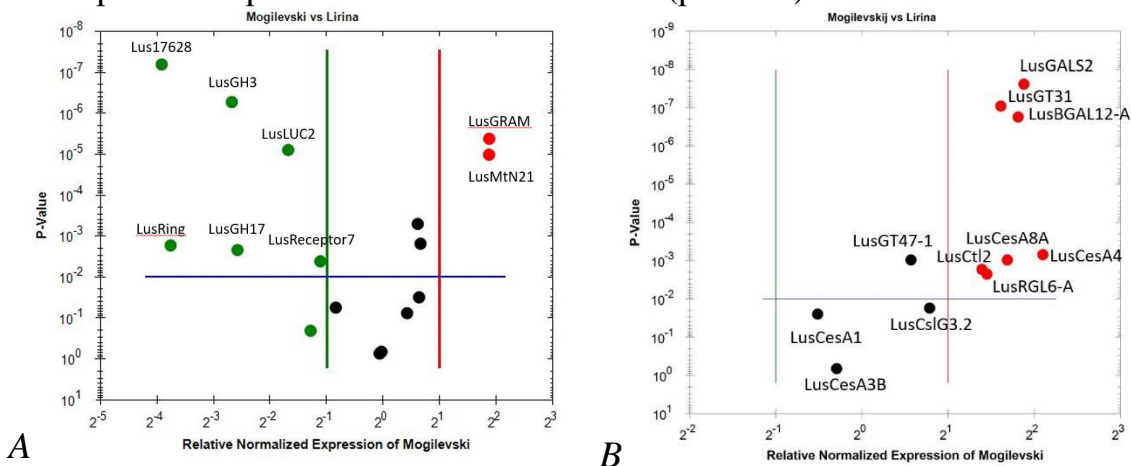


Рис. 1 – Экспрессия генов у сорта Могилевский относительно сорта Лирина на стадии элонгации (А) и специализации (В) волокон. Красная и зеленая линии на рисунках задают границы двукратной разницы экспрессии (в большую и меньшую стороны, соответственно) у растений сорта Могилевский по сравнению с сортом Лирина. Синяя черта соответствует р значению 0,01. Точки, которые располагаются над этой чертой, соответствуют генам, для которых $p < 0,01$.

На стадии специализации в волокнах льна формируются третичная клеточная стенка [4], которая содержит большое количество целлюлозы и специфический пектин – рамногалактуронан I (RG-I). В работе мы оценили экспрессию генов, продукты которых потенциально включены в метаболизм RG-I и биосинтез целлюлозы.

Гены целлюлозосинтаз LusCESA4 (Lus10008225) и LusCESA8-A (Lus10007296) на стадии специализации волокон экспрессировались сильнее в волокнах льна-долгунца, чем льна масличного (в 4,29 и 3,22 раза, соответственно). Это же верно для гена LusCTL2, который пред-

положительно кодирует кофактор для биосинтеза целлюлозы. В то же время уровень экспрессии других целлюлозосинтаз LusCESA1 (Lus10018902) и LusCESA3-B (Lus10007538) был примерно равным у исследованных сортов. Это интересный факт, поскольку указанные целлюлозосинтазы имеют различную функциональную специализацию и регуляцию.

Гены, которые потенциально связаны с метаболизмом RG-I (LusGALS2, LusGT31, LusBGAL12-A, LusRGL6-A), также экспрессировались в 2,7–3,7 раза сильнее в волокнах льна-долгунца по сравнению с волокнами льна масличного (рис. 1B).

Таким образом, полученные данные демонстрируют количественные различия экспрессионных профилей волокон различных сортов льна. Процессы, связанные с формированием третичной клеточной стенки, которая является ключевой детерминантой качества льноволокна и его механических свойств, более интенсифицированы у долгунцов и закреплены, по всей видимости, генетически. Продукты генов, экспрессия которых повышена у долгунцов на стадии интрузивного роста (LusGRAM и LusMtN21), предположительно могут быть ассоциированы с гормональными сетями. Выявленные генетические различия могут быть использованы для создания генетических маркеров качества льноволокна.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФ (проект №17-76-20049). Аннотация генов и их нумерация приведены в соответствии с базой данных Phytozome (phytozome.jgi.doe.gov).

ЛИТЕРАТУРА

1 Mokshina, N.; Chernova, T.; Galinousky, D.; Gorshkov, O.; Gorshkova, T. Key Stages of Fiber Development as Determinants of Bast Fiber Yield and Quality // *Fibers*. – 2018 – Vol. 6, N 20 – doi:10.3390/fib6020020.

2 Gorshkova, T.A., Sal'nikov, V.V., Chemikosova, S.B., Ageeva, M.V., Pavlencheva, N.V., and van Dam, J.E.G. The snap point: a transition point in *Linum usitatissimum* bast fiber development // *Ind. Crops Prod.* – 2003 – Vol. 18, pp. 213–221. doi: 10.1016/S0926-6690(03)00043-8

3 Gorshkova, T., Chernova, T., Mokshina, N., Gorshkov, V., Kozlova, L., Gorshkov, O. Transcriptome Analysis of Intrusively Growing Flax Fibers Isolated by Laser Microdissection. // *Sci. Rep.* – 2018. – Vol. 8:14570. doi: 10.1038/s41598-018-32869-2.

4 Gorshkova, T., Chernova, T., Mokshina, N., Ageeva, M., Mokshina, P. 2018a. Plant “muscles”: Fibers with a tertiary cell wall // *New Phytol.* – 2018. – Vol. 218, 66–72. doi: 10.1111/nph.14997.

УДК 615.322

Н. Ю. Адамцевич, асп.; В. С. Болтовский, проф., д-р техн. наук
(БГТУ, г. Минск);

В. В. Титок, директор, д-р биол. наук (ГНУ «ЦБС НАН Беларуси», г. Минск)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ФЛАВОНОИДОВ ИЗ ВОРОБЕЙНИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО (*LITHOSPERMUM OFFICINALE L.*)

В настоящее время лекарственные растения, содержащие флавоноиды, широко применяются в медицинской практике, так как обладают широким спектром положительного фармакологического эффекта.

Воробейник лекарственный (*Lithospermum officinale L.*) – это многолетнее травянистое растение семейства Бурачниковых, произрастающий практически во всех странах Европы. В листьях воробейника лекарственного обнаружен изокверцитрин – флавоноид, стимулирующий регенерацию поврежденных тканей.

В основе технологии всех лекарственных препаратов растительного происхождения находится процесс экстракции биологически активных веществ. Данный процесс подвержен воздействию большого количества разнообразных факторов, которые связаны различными закономерностями.

Цель работы – подбор параметров, обеспечивающих максимальный выход флавоноидов из воробейника лекарственного. Объектом исследования являлись листья воробейника лекарственного (*Lithospermum officinale L.*) из коллекции ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси» (сбор 19.02.2018).

В основу количественного определения флавоноидов в экстрактах положен метод дифференциальной спектрофотометрии, основанный на способности флавоноидов образовывать окрашенные хелатные комплексы со спиртовым раствором алюминия хлорида. Для изучения зависимости содержания флавоноидов и полноты их экстракции из сырья получали спиртовые извлечения при различных значениях следующих параметров: концентрация экстрагента (40–96%), температура (40–80°C), продолжительность экстрагирования (30–90 мин), соотношение сырье : экстрагент (1 : 10 – 1 : 50).

Установлено, что максимальный выход флавоноидов достигается при экстрагировании сырья 50%-ным этиловым спиртом при температуре 70°C в течение 30 мин, соотношение сырье : экстрагент – 1 : 20.

ТУШЕНИЕ ТРИПТОФАНОВОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ СЫВОРОТОЧНОГО АЛЬБУМИНА ЧЕЛОВЕКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АБИРАТЕРОНА АЦЕТАТА

Сывороточный альбумин представляет собой глобулярный белок плазмы крови с единственной полипептидной цепью, состоящей из 585 аминокислотных остатков с молекулярной массой 66,5 кДа. Способность молекулы сывороточного альбумина человека (САЧ) связывать различные лиганды определяет одну из основных функций этого белка – транспорт гидрофобных эндогенных и экзогенных соединений к органам и тканям.

Наличие остатка триптофана (Trp214) в аминокислотной последовательности САЧ позволяет использовать метод флуоресцентной спектроскопии для характеристики структурных изменений белковой молекулы [1]. Тушение собственной флуоресценции белков применяют для исследования эффективности связывания низкомолекулярных соединений с белковыми макромолекулами [2].

Цель работы – определение механизма тушения флуоресценции САЧ при взаимодействии с ним абиратерона ацетата.

Абиратерона ацетат (рис. 1) – противоопухолевый препарат для лечения рака предстательной железы. Абиратерона ацетат *in vivo* превращается в абиратерон, который является ингибитором биосинтеза андрогенов [3].

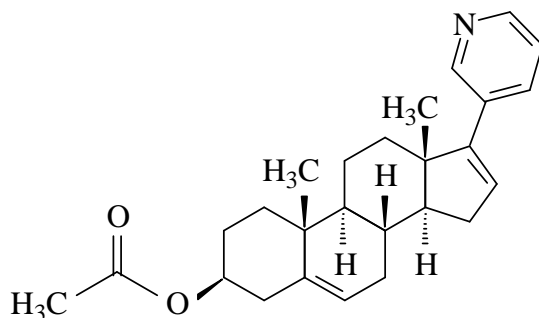


Рисунок 1 - Химическая структура абиратерона ацетата

Экспериментальная часть. В работе использовали раствор САЧ ($7,5 \times 10^{-6}$ М) в фосфатном буферном растворе ($1,0 \times 10^{-3}$ М; рН 7,5) и раствор абиратерона ацетата ($1,0 \times 10^{-3}$ М) в метаноле. Спектры флуоресценции регистрировали в диапазоне длин волн 290–450 нм при $\lambda_{возб} = 280$ нм на спектрофлуориметре FP-8500 (Jasco,

Япония). Измерения проводили при температурах 25°C и 35°C.

Результаты и их обсуждение. При добавлении к раствору САЧ абиратерона ацетата наблюдалось тушение собственной флуоресценции белка (рис. 2, а). Анализ вторых производных спектров флуоресценции показал, что под действием абиратерона ацетата происходит смещение максимума полосы испускания в область меньших длин волн с 339 нм до 336 нм (рис. 2, б).

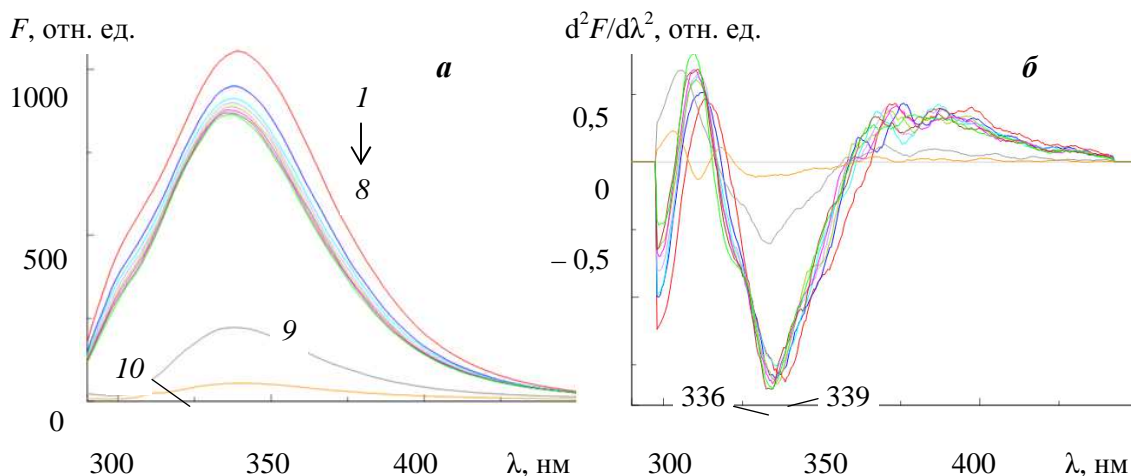


Рисунок 2 - Спектры флуоресценции (а) и их вторые производные (б) при 25°C:

(1) – $7,5 \times 10^{-6}$ М САЧ; (2-8) – $7,5 \times 10^{-6}$ М САЧ в присутствии абиратерона ацетата в концентрациях 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8; $3,2 \times 10^{-5}$ М; (9 и 10) – 3,2 и $0,8 \times 10^{-5}$ М абиратерона ацетата в фосфатном буферном растворе

Анализ механизма тушения флуоресценции САЧ проводили в соответствии с уравнением Штерна-Фольмера [4]:

$$\frac{F_0}{F} = 1 + K_{SV}[Q] = 1 + k_q \tau_0 [Q]$$

где F_0 и F – интенсивность флуоресценции (с учетом эффекта внутреннего фильтра) в отсутствии и присутствии тушителя; K_{SV} – константа тушения Штерна-Фольмера; $[Q]$ – концентрация тушителя; k_q – константа скорости тушения для бимолекулярной реакции; τ_0 – среднее время жизни флуорофора в возбужденном состоянии в отсутствии тушителя, $\tau_0 = 6,896 \pm 0,116$ нс [5].

На рис. 3 представлены графики Штерна-Фольмера, линейная зависимость которых указывает на существование одного типа тушения (динамического или статического). Полученные значения k_q ($4,49 \pm 0,24 \times 10^{12} \text{ М}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ при 25°C и $5,39 \pm 0,19 \times 10^{12} \text{ М}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ при 35°C) на два порядка превышают константу максимальной скорости динамического тушения флуоресценции ($2 \times 10^{10} \text{ М}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$), что свидетель-

стствует о статическом механизме тушения [4].

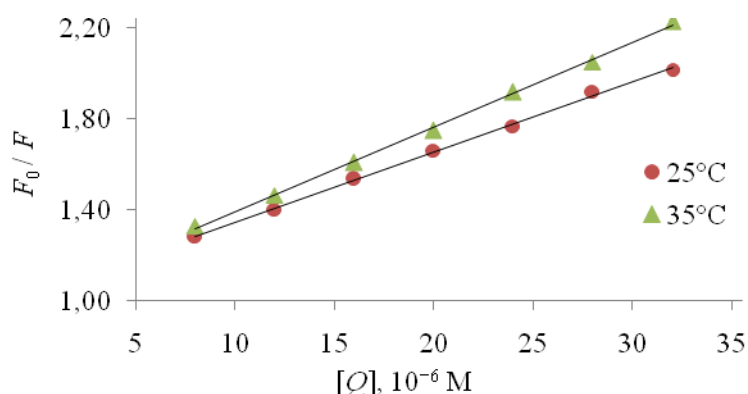


Рисунок 3 - Зависимость интенсивности тушения флуоресценции САЧ от концентрации абиратерона ацетата в координатах Штерна-Фольмера

Заклучение. Взаимодействие абиратерона ацетата с САЧ приводит к образованию комплекса, в котором происходит тушение триптофановой флуоресценции со смещением максимума полосы испускания, что обусловлено конформационными изменениями структуры белка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yang F., Zhang Y., Liang H. Interactive association of drugs binding to human serum albumin // *International Journal of Molecular Sciences*. 2014. Vol. 15, no. 3. P. 3580–3595.
2. Van de Weert M., Stella L. Fluorescence quenching and ligand binding: a critical discussion of a popular methodology // *Journal of Molecular Structure*. 2011. Vol. 998, no. 1–3. P. 144–150.
3. Abiraterone acetate in the treatment of prostate cancer / A. Thakur [et al] // *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2018. Vol. 101. P. 211–218.
4. Elucidating the interaction of letrozole with human serum albumin by combination of spectroscopic and molecular modeling techniques / N. Bijari [et al] // *Research in Pharmaceutical Sciences*. 2018. Vol. 13, no. 4. P. 304–315.
5. Amiri M., Jankeje K., Albani J. R. Characterization of human serum albumin forms with pH. Fluorescence lifetime studies // *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 2010. Vol. 51, no. 5. P. 1097–1102.

И. В. Подорожня, инж., магистр техн. наук
(Центр испытаний и сертификации ТООТ, г. Минск);
С. С. Ветохин, зав. кафедрой, канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Производители пищевой продукции, стремясь максимально реализовать свою продукцию, прибегают к изменению объема и внешнего вида упаковки, удлинению сроков годности, улучшению органолептических характеристик пищевого продукта путем применения различных заквасок и способов созревания продукта. Потребителю важно, чтобы продукт не терял своих свойств в течение некоторого времени после хранения вскрытой упаковки в холодильнике. С этой целью в нашей работе проведено сравнение отдельных физико-химических показателей ряженок через семь дней хранения в холодильнике. Отличительные особенности ряженок и результаты исследований представлены в таблицах 1, 2 и 3.

**Таблица 1 - Некоторые сведения, содержащиеся в маркировке
упакованных ряженок**

Номер производителя ряженки	Отличительные признаки пищевой продукции			
	Место нахождения изготовителя	Способ производства	Массовая доля жира, %	Срок годности, суток
I	Минская область	Термостатный	2,5	14
II	Минская область	Резервуарный	2,5	14
III	Брестская область	Термостатный	2,5	15
IV	Брестская область	Резервуарный	3,2	20
V	Гродненская область	Резервуарный	4,0	15
VI	Брестская область	Резервуарный	4,0	20

Таблица 2 - Средние значения физико-химических показателей ряженок по производителям

Показатель	Номер производителя ряженки					
	I	II	III	IV	V	VI
Температура заморзания, °С	-0,647±0,009	-0,686±0,009	-0,671±0,009	-0,665±0,009	-0,696±0,009	-0,673±0,009
Титруемая кислотность, °Т	82,0±0,5	92,0±0,5	75,5±0,5	86,0±0,5	89,5±0,5	91,0±0,5
Удельная электропроводность, мСм/см	6,71±0,07	7,17±0,07	7,19±0,07	7,12±0,07	7,00±0,07	6,92±0,07
рН	4,48±0,04	4,40±0,04	4,67±0,04	4,60±0,04	4,56±0,04	4,58±0,04
a_w	0,996±0,020	0,982±0,020	1,000±0,018	0,998±0,020	1,000±0,018	0,980±0,022
Содержание влаги, %	89,35±0,07	89,74±0,07	89,25±0,07	88,72±0,075	87,49±0,07	88,04±0,07

Таблица 3 - Разница средних значений физико-химических показателей ряженок после 7 дней хранения в холодильнике

Показатель	Номер производителя ряженки					
	I	II	III	IV	V	VI
Температура заморзания, °С	-0,05	0	-0,017	-0,010	-0,008	-0,013
Титруемая кислотность, °Т	+2,5	-2,5	+9,0	+1,3	-0,8	-1,5
Удельная электропроводность, мСм/см	+0,06	-0,54	-0,21	-0,38	+0,04	+0,01
рН	-0,01	+0,02	-0,05	-0,01	-0,04	-0,08
a_w	-0,032	-0,013	-0,035	-0,036	-0,019	+0,020
Содержание влаги, %	+0,19	-0,14	+0,16	+0,07	+0,10	+0,10

Большинство измеренных физико-химических показателей были близки между собой у всех трех наиболее крупных отечественных изготовителей кисломолочной продукции. Хотя каждый образец в той или иной степени продемонстрировал экстремумы значений различных измеряемых показателей.

Очевидно, что титруемая кислотность термостатного образца Ш была минимальной из-за незавершенности процесса сквашивания в потребительской упаковке и, соответственно, преждевременном отправлении продукта в торговую сеть. Спустя неделю хранения в закрытой упаковке данного образца произошло накопление титруемой кислотности, которое оказалось максимальным среди всех образцов и составило $9,0^{\circ}\text{T}$. Несмотря на ощутимое изменение уровня рассматриваемого показателя значения титруемой кислотности термостатных ряженок двух производителей сравнялись и оказались ниже от $3,0^{\circ}\text{T}$ до $5,0^{\circ}\text{T}$, чем у резервуарных продуктов даже при производстве одним и тем же изготовителем.

Снижение влажности ряженок связано с увеличением жирности конечного продукта. Рассчитанные массовые доли сухого обезжиренного вещества как разность между массовыми долями сухого вещества и жира, указанного на потребительской таре продукта, в целом оставались близкими.

После хранения в холодильнике температура замерзания в основном не изменилась и лишь в третьем образце значительно понижалась в связи с его дальнейшим сквашиванием в потребительской таре.

Изменения в содержании питательных веществ, израсходованных на жизнедеятельность заквасочных культур микроорганизмов и полученных в результате нее различных продуктов брожения, привели к незначительному уменьшению значений титруемой и активной кислотностей, удельной электропроводности и показателя «активность воды».

Зависимостей между измеренными первоначальными показателями среди всех производителей, в том числе и через некоторое время хранения, не выявлено.

Мониторинг динамики некоторых физико-химических показателей отечественных ряженок показал несущественные изменения спустя неделю хранения в холодильнике в закрытой потребительской упаковке, что позволяет сделать вывод о стабильности характеристик использованных кисломолочных продуктов при соблюдении условий хранения.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕЛАНИНОВЫХ ПИГМЕНТОВ РЯДА ДЕРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ ГРИБОВ И ИХ АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ

Доступным возобновляемым источником получения меланиновых пигментов являются плодовые тела дереворазрушающих грибов, которые широко распространены в лесах средней полосы [1]. Меланины являются высокомолекулярными гетерополимерами нерегулярного химического строения. В зависимости от происхождения они обладают различными физико-химическими свойствами, благодаря которым они проявляют антиоксидантную, фотопротекторную, генопротекторную, сорбционную и другие активности [2, 3]. Обратимое окисление-восстановление хинон-гидрохиноновых структур позволяет меланинам участвовать в электронообменных окислительно-восстановительных и радикальных процессах [3].

Цель работы – исследовать физико-химические свойства меланинов ряда трутовых грибов и их антиоксидантную активность.

Материалы и методы.

Объектом исследования являлись меланиновые пигменты, полученные из плодовых тел грибов вызывающих бурую гниль – трутовика окаймленного (*Fomitopsis pinicola* (Sw.)P.Karst.), и белую гниль – трутовиков настоящего (*Fomes fomentarius* (L.)T.T.Kickx), плоского (*Ganoderma applanatum* (Pers.)Pat.), ложного (*Phellinus igniarius* (L.)Qu), дубового ложного (*Phellinus robustus* (P.Karst.)Bovrdot & Galzin), а так же стерильной формы трутовика скошенного, чаги (*Inonotus obliquus* (Pers.:Fr.)Pil.f.sterilis(Vanin)Nicol). Меланиновые пигменты из плодовых тел получали методом щелочной экстракции, по ранее описанной методике [3]. Содержание углерода и водорода определяли сжиганием в быстром токе кислорода. Азот определили микрометодом Дюма в модификации Климовой [3]. Спектрофотометрические измерения проводили на «Cary 50 Bio» (Австралия). Изучение антирадикальной активности меланинов проводили на стандартной модели восстановления радикал-катиона ABTS^{•+} по ранее описанной методике [4].

Результаты и их обсуждение.

Анализ элементного состава и спектральных свойств меланинов представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Физико-химические характеристики
меланинов из трутовых грибов**

Источник меланина Вид, субстрат произрастания	Элементный состав, %					E 0,001%, l=1см	
	С	Н	N	О	Н/С	УФС 240нм	465нм
Трутовик окаймленный, ель	63,4	8,7	1,4	18,9	0,14	0,050	0,001
Трутовик окаймленный, береза	65,9	9,0	1,5	18,1	0,14	0,081	0,008
Трутовик плоский, осина	46,3	6,4	6,0	30,8	0,14	0,130	0,013
Трутовик ложный, маньчжурский орех	41,3	5,5	4,9	36,3	0,13	0,135	0,017
Трутовик настоящий, береза	47,4	6,2	5,7	34,9	0,13	0,157	0,023
Трутовик ложный, осина	42,5	5,0	2,0	38,3	0,12	0,196	0,028
Трутовик дубовый ложный, дуб	38,5	4,7	3,2	38,7	0,12	0,213	0,026
Трутовик скошенный (чага), береза	49,4	4,8	0,6	38,7	0,10	0,300	0,028

Данные по элементному составу позволяют оценить простейшие структурные параметры: атомные соотношения элементов, степень ненасыщенности, относительный вклад ароматических и алифатических фрагментов [3, 4]. Как видно из таблицы 1 существуют закономерные изменения элементного состава в зависимости от источника выделения меланинов. Содержание углерода в меланинах из грибов, вызывающих бурую гниль (от 63,4 до 65,9 %) значительно выше, чем в меланинах из грибов-возбудителей белой гнили (от 38,5 до 49,4 %). В содержании кислорода наблюдается обратная зависимость: для меланинов из грибов бурой гнили характерно 18,1 – 18,9 %, а для белых гнилей 30,8 – 38,7 %. Увеличение оптической плотности в ряду исследованных пигментов тесно связано с увеличением не насыщенности связей, о чем свидетельствует уменьшение соотношения Н/С (таблица 1). Рост интенсивности поглощения в ряду исследованных меланинов обусловлен развитой системой сопряженных двойных связей, а также присутствием кислородсодержащих хромофоров [2, 3].

Меланиновые пигменты представляют собой полиядерные фенольные соединения, которые содержат значительное количество парамагнитных центров. Благодаря обратимым реакциям хинон-гидрохиноновых структур они могут участвовать в окислительно-восстановительных радикальных процессах. В связи с этим, проведено исследование антиоксидантной активности (АОА) меланинов ряда дереворазрушающих грибов, результаты которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Антиоксидантная активность меланиновых пигментов

Вид гриба, из которого получен меланин и субстрат его произрастания	ммоль тролокса/г меланина
Трутовик окаймленный (ель) <i>Fomitopsis pinicola</i>	0,07
Трутовик окаймленный (береза) <i>Fomitopsis pinicola</i>	0,21
Трутовик настоящий (береза) <i>Fomes fomentarius</i>	0,49
Трутовик ложный (орех) <i>Phellinum igniarius</i>	0,50
Трутовик дубовый ложный (дуб) <i>Phellinjs robustus</i>	0,65
Трутовик плоский (осина) <i>Ganoderma applanatum</i>	0,66
Трутовик скошенный / чага (береза) <i>Inonotus obliquus</i>	0,92
Трутовик скошенный / чага (береза) <i>Inonotus obliquus</i>	1,45
Трутовик ложный (осина) <i>Phellinus igniarius</i>	1,64

Концентрация тролокса, которая по антиоксидантному эффекту эквивалентна у исследуемых меланинов возрастает в ряду исследованных биополимеров. Наилучшей АОА обладают меланины, полученные из чаги и трутовика ложного, произрастающего на осине. Результаты определения АОА коррелируют с физико-химическими свойствами исследованных меланинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белова Н.В. // Микология и фитопатология. 2004. Т. 38. Вып. 2. С. 1–7.
2. Новиков Д.А., Курченко В.П., Азарко И.И. // Радиационная биология. Радиоэкология. 2001. Т. 41. № 6. С. 664–670.
3. Сушинская Н.В., Курченко В.П. // Труды Белорусского государственного университета. – 2006. – ч. 1. – С. 143-154.
4. Harki E., Talou T., Dargent R. // Food chem. 1997. Vol. 58. № 1–2. P. 69–73.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЧИ ДЛЯ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Биоочистка сточных вод широко применяется для утилизации коммунальных и бытовых отходов, но недостаточно хорошо справляется с удалением гидрофобных веществ, ксенобиотиков, синтетических органических соединений. Многие из них проявляют высокую токсичность и слабо утилизируются микроорганизмами. Это приводит к их накоплению в осадках сточных вод (ОСВ) и представляет опасность для окружающей среды. Для полной их очистки в природных условиях требуются десятки лет. Детоксикация и практическое использование осадков сточных вод являются актуальными биотехнологическими задачами.

Одним из путей удаления гидрофобных токсичных веществ из ОСВ может быть применение ПАВ, однако многие из них сами проявляют повышенную токсичность и требуют разработки технологий их очистки. Более перспективны биоПАВ. Они нетоксичны, биоразлагаемы и безопасны для окружающей среды. Одним из таких биоПАВ является желчь, используемая в организмах животных для эмульгирования и расщепления жировых веществ.

Цель работы – проверка возможности применения желчи для удаления гидрофобных токсичных веществ из ОСВ.

В качестве объектов исследования служили иловые осадки сточных вод Минской очистной станции, препараты сухой желчи крупного рогатого скота (ФБУН ГНЦ ПМБ Оболенск, РФ). ОСВ осаждали методом центрифугирования при 6000 об/мин в течение 10 мин. К 2 г ОСВ добавляли желчь в диапазоне концентраций 0,0001% – 1,0%. Образцы выдерживали в течение 30 мин при перемешивании для экстракции связанных гидрофобных веществ.

В работе были определены физико-химические свойства полученных водно-желчных вытяжек ОСВ: сила поверхностного натяжения, критическая концентрация мицеллообразования, размеры мицелл и солюбилизующая способность желчи.

В результате проведенной работы установлено, что желчь проявляет высокую поверхностную активность и может быть использована в концентрациях 0,01% – 1,0% для перевода гидрофобных токсичных веществ из связанного состояния в водную фазу для биотестирования их токсичности.

Е. Ф. Чернявская, ассист.;
Н. А. Белясова, доц., канд. биол. наук;
Т. И. Ахрамович, доц., канд. биол. наук
(БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ СИНЕРГИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ХАЛКОНОВ И БИОЦИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА МИКРООРГАНИЗМЫ В СОСТАВЕ БИОПЛЕНОК

В естественной среде обитания 99,9% всех бактерий живут в сообществе и прикреплены к различным поверхностям. В медицине они ответственны за хронические персистирующие инфекции. Некоторые исследователи считают, что 80% всех инфекций в организме человека связаны с биопленками [1].

Биопленки образуются такими патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, как *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *Streptococcus*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *Kl. pneumoniae*, *C. albicans*, а также непатогенными бактериями *B. subtilis* и др. Биопленки также образуют микроорганизмы нормальной микробиоты человека, сюда относятся лактобактерии *L. plantarum*, *L. fermentum*, *L. acidophilus* и бифидобактерии \square *B. bifidum*, *B. adolescentis*. Микробиота биопленки более устойчива к воздействию неблагоприятных факторов физической, химической и биологической природы по сравнению со свободно суспендированными бактериями [2].

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 повышения эффективности биоцидов используют усилители антимикробных препаратов, неспецифично повышающие проницаемость мембран. В качестве таких усилителей могут применяться халконы [3]. Целью работы стало изучение перспектив применения халконов в качестве усилителей антимикробных свойств биоцидных препаратов по отношению к микроорганизмам в составе биопленок.

Объектами исследования являлись новые образцы халконов, синтезированные в ГНУ «ИХНМ» НАН Беларуси (D-24, D-28, D-29) и образцы модифицированного полигексаметиленгуанидина (ПГМГ). Тест-

организмами служили пленкообразующие бактерии (*Klebsiella sp. G₁*, *Staphylococcus sp. Smg2*, *Bacillus sp. R₁*).

На предыдущих этапах исследования с использованием суспензионного и диффузионного методов установлены концентрации, которые оказывают минимальное ингибирующее действие на тест-культуры, а также принципиальная способность халконов усиливать антимикробные свойства анализируемых биоцидов по отношению к тест-культурам в суспензионной форме [4]. На данном этапе исследования оценивали эффективность применения халконов в качестве усилителей биоцидных свойств ПГМГ по отношению к бактериям в составе биопленок с использованием модифицированного редуктазного метода, схема которого представлена на рисунке 1.

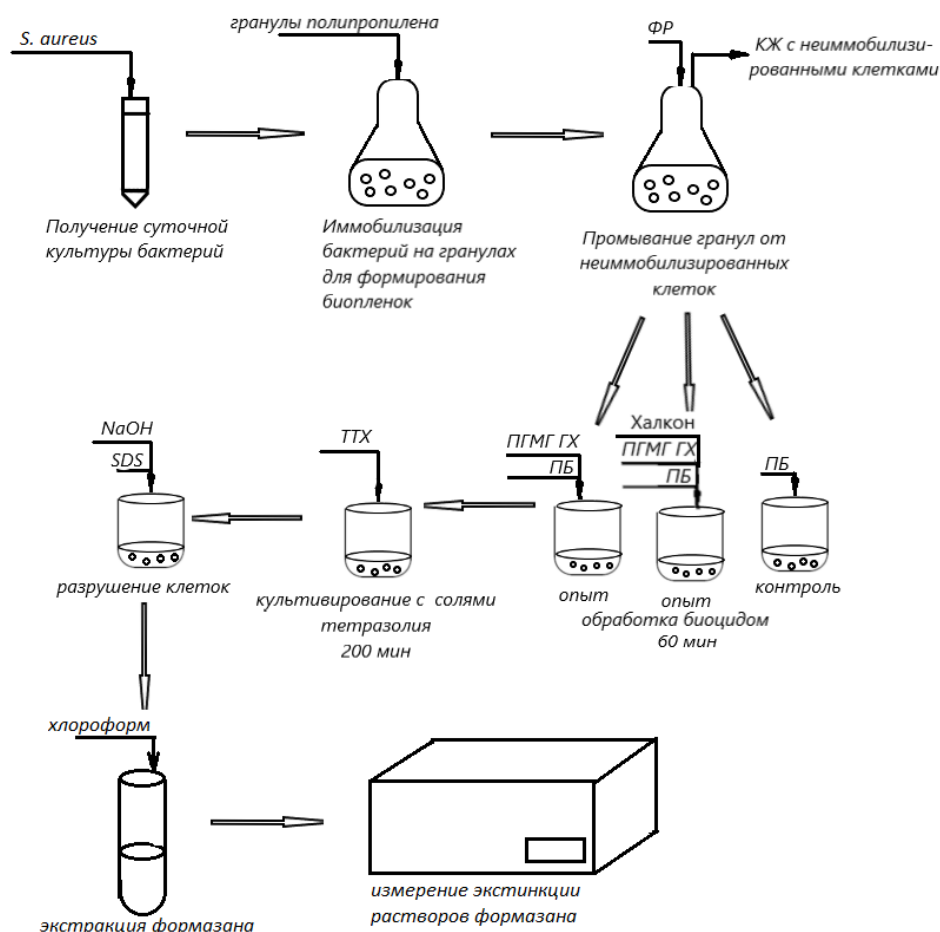


Рисунок 1 - Схема модифицированного редуктазного метода

Используя модифицированный редуктазный метод, оценили эффективность усиления образцами халконов антибактериальной активности ПГМГ по отношению к тест-культуре в составе биопленки. Результаты представлены в таблице.

Таблица - Синергическое влияние халконов на антибактериальные свойства ПГМГ

Биоцид	Экстинкция растворов 3-нитроформазана, экстрагированного из биопленок тест-культуры после воздействия биоцидов:		
	<i>Klebslella sp. G₁</i>	<i>Bacillus sp. R₁</i>	<i>Staphylococcus sp. Smg2</i>
ПГМГ (0,005%)	0,419	0,495	0,349
D-24 (0,005%)	0,380	0,472	0,302
D-28 (0,005%)	0,311	0,448	0,285
D-29 (0,005%)	0,398	0,481	0,370
D-24 + ПГМГ	0,302	0,384	0,261
D-28 + ПГМГ	0,257	0,329	0,218
D-29 + ПГМГ	0,377	0,450	0,329

Примечание. Экстинкция раствора 3-нитроформазана, экстрагированного из биопленки тест-культуры без добавления биоцидов: *Staphylococcus sp. Smg2* – 0,472; *Klebslella sp. G₁* – 0,591; *Bacillus sp. R₁* – 0,612.

Результаты, полученные с помощью редуктазного метода коррелируют с данными полученными ранее [4], что свидетельствует о возможности применения модифицированного редуктазного метода для оценки антимикробных свойств комплексных биоцидов по отношению к микроорганизмам в составе биопленок. Наиболее наглядно усиление антимикробных свойств биоцидов в присутствии халконов продемонстрировано в паре ПГМГ и D-28.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрова, Н.В. Биопленки: этапы формирования, свойства и клинические последствия // Клиническая патофизиология. – 2015. – №3. – С. 9-16.
2. Watnick P., Kolter, R. Biofilm: city of microbes // Journal of Bacteriology. – 2000. – №182. – P. 2675–2679.
3. Nielsen, S.F. [et al.] Cationic chalcone antibiotics. Design, synthesis and mechanism of action // J. Med Chem. – 2005. – Vol. 48 (7). – P. 2667-2677.
4. Чернявская, Е. Ф. Белясова Н.А. Применение халконов в качестве усилителей антимикробных свойств биоцидных препаратов // 5/ Материалы докладов 83-й науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4-15 февраля 2019 г. - Минск : БГТУ, 2019. – С. 176-177.

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ БИОУДОБРЕНИЙ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ПАСЛЕНОВЫХ КУЛЬТУР

На сегодняшний день многие почвы, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот, микробно сильно истощены. Для восстановления микробиологического потенциала необходимо предусматривать систему внесения специальных бактериальных удобрений, которые сами по себе не содержат в своём составе элементов питания, а состоят из бактерий, преобразующих недоступные растениям питательные вещества в доступную форму.

Создание и применение биопрепаратов на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов – наиболее эффективный прием повышения продуктивности растений и качества их урожая, позволяющий сохранять естественное плодородие почв и экологическое равновесие окружающей среды [1].

Целью работы являлось создание комплексных биоудобрений на основе азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов, выделенных из почвы, при выращивании пасленовых культур.

Объектом исследования являлись штаммы, выделенных из почвы, азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов. Тестовой сельскохозяйственной культурой, с использованием которой оценивали эффективность применения создаваемых биоудобрений, являлся томат «Примадонна».

На предыдущих этапах исследования нами выделены фосфатмобилизирующие и азотфиксирующие бактерии, а также оценена их пригодность для создания комплексного биоудобрения. Среди проанализированных штаммов бактерий отобраны нефитопатогенные, не проявляющие по отношению друг к другу антагонистических свойств, бактерии. Опираясь на данные, полученные в ходе вышеперечисленных экспериментов, отобрали две пары микроорганизмов, пригодных для создания биоудобрения (Ф17+1' и Ф17+2') [2].

На следующем этапе анализировали эффективность применения отобранных пар бактерий на сельскохозяйственной культуре пасленовых. Оценку проводили посредством замеров длины стеблей и массы томатов, обрабатываемых биоудобрениями, с последующим вычислением индекса качества рассады. Результаты представлены в таблице. Томаты, которые поливали суспензией штаммов Ф17+1', отличались однородностью стеблей и имели большую массу по сравнению с теми, которые

поливались водой. А томаты, которые подкармливали суспензией Ф17+2', имели менее развитые стебли, меньшую массу и длину стеблей по сравнению с теми, которые поливали водой в первые 14 дней, но начали проявлять положительный эффект уже после 28 дней подкормки.

Таблица - Оценка качества рассады тест-культуры томатов

Биоудобрение	Масса стеблей томатов, г		Длина стеблей томатов, г		Индекс качества рассады	
	14 дней	28 дней	14 дней	28 дней	14 дней	28 дней
Вода	8,08±4,29	19,16±7,46	390,71±78,12	538,57±97,02	0,20	3,56
Ф17+1'	10,39±1,68	20,96±6,71	432,14±34,32	534,29±74,04	0,24	3,92
Ф17+2'	5,33±1,88	16,76±3,26	315,71±56,03	464,29±81,57	0,17	3,61

Определенный нами индекс качества рассады, показывает, что качество рассады томатов самое высокое при подкормке биоудобрением Ф17+1', при подкормке удобрением Ф17+2' качество рассады ниже, но все же рассчитанный показатель превышает значение такового при поливе водой.

На следующем этапе оценивали принципиальную возможность применения разработанных биоудобрений в качестве биоцидных препаратов по отношению к фитопатогенным микроорганизмам. В качестве тест-культур использовали, выделенные в данном исследовании из различных овощей и фруктов, бактерии (17) и грибы рода *Phytophthora*. Оценку антагонистической активности штаммов бактерий – компонентов биоудобрений проводили стандартным методом перпендикулярных штрихов.

Установлено, что только штамм азотфиксирующих бактерий 2' проявляет слабую антагонистическую активность к двум потенциальным фитопатогенным штаммам из 17 выделенных. Исходя из этого, можно сделать вывод, что микроорганизмы, входящие в разработанные нами комплексные биоудобрения не могут являться одновременно средством защиты растений от болезней, что ставит перед нами задачу поиска микроорганизмов, которые будут выполнять функции защиты растений и могут быть включены в данные рабочие комбинации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Н. Терещенко. Биоудобрения на основе микроорганизмов. / Томский государственный университет. – Томск. – 2003. – 60с.
2. Голуб, К. Ю., Граник, А. М. Получение смешанных культур, пригодных для создания биоудобрений // 70-я науч.-техн. конф. уч., студентов и магистрантов, 15-20 апреля 2019 г., Минск : сборник научных работ : в 4 ч. Ч. 2. - Минск : БГТУ, 2019. - С. 94-96.

М. В. Рымовская, канд. техн. наук;
Р. М. Маркевич, канд. хим. наук, доц.;
И. А. Гребенчикова, канд. техн. наук
(БГТУ, г. Минск);

Ю. И. Ахмадиева, руководитель технологической группы;
Н. И. Сазанова, зам. начальника производства Минскводопровод
(УП Минскводоканал, г. Минск)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОЗ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Использование математических методов и технических средств в промышленных процессах позволяет повысить качество выполняемой работы или получаемой продукции с оптимизацией затрат, исключает их необоснованное превышение и обеспечивает возможность планирования.

Цель настоящей работы заключалась в создании методических рекомендаций по прогнозированию и расчету доз коагулянтов для применения в технологии подготовки воды из поверхностных источников.

Исходными данными являлись показатели качества исходной и подготовленной воды и суточные дозы коагулянта, обеспечивающие достижение нормативных значений данных показателей.

Выделены четыре основных периода, в течение которых процесс коагуляционной обработки характеризуется общими закономерностями. Для каждого из этих периодов вычислены коэффициенты корреляции для каждой пары рядов данных, и на основании их и знания теории процесса коагуляции установлены связи между отдельными параметрами.

На базе статистической обработки массива экспериментальных данных с достаточным объемом выборки построены математические зависимости (множественные регрессии), описывающие взаимосвязь значений параметров качества исходной воды и величин применяемых доз коагулянта. Обоснованы их адекватность и достоверность. Проведена проверка работоспособности полученных зависимостей путем сопоставления расчетных данных и величин фактических доз коагулянта, применяемых в соответствующий период времени года. Выбор рекомендуемых к использованию зависимостей осуществляли по значению коэффициента детерминации (наибольшее значение) с учетом значимости коэффициентов регрессии. Для промежутков времени при переходе от одного периода к другому приведены результаты расчетов по стыкующимся зависимостям – не менее 10 значений.

В настоящее время разработанные методические рекомендации по прогнозированию и расчету доз коагулянта в технологии водоподготовки проходят практическую опробацию.

УДК 577.151.63

Я. Л. Страх, асп.; О. С. Игнатовец, доц., канд. биол. наук;
А. М. Шимкевич, ст. преп., канд. биол. наук;
В. Н. Леонтьев, канд. хим. наук, доц.
(БГТУ, г. Минск)

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ДЕГАЛОГЕНАЗ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ 2,4-Д (2-ЭТИЛГЕКСИЛОВЫЙ ЭФИР)

Хлорорганические пестициды достаточно широко применяются в сельском хозяйстве для уничтожения сорняков. Одним из наиболее типичных представителей гербицидов данной группы является 2,4-Д (2-этилгексильный эфир). После применения гербицида он легко переносится в подземные воды, из-за его высокой растворимости (600 мг/л при 25°C). Даже после длительного периода неиспользования, значительное количество данного вещества или его основные продукты деградации, 2,4-дихлорфенол (2,4-ДХФ), могут быть найдены в поверхностных и грунтовых водах. Основным фактором, влияющим на разложение пестицидов в почве, является деятельность микроорганизмов [1]. Как известно из литературных источников, одной из возможных первых стадий трансформации или деградации галогенсодержащих ароматических соединений является их дегалогенирование. В литературе отмечена способность осуществлять дегалогенирование для многих родов основных почвенных бактерий, среди которых наиболее часто упоминаются *Pseudomonas* [2, 3].

Таким образом, целью научной работы являлось определение активности ферментов бактерий-деструкторов – дегалогеназ, являющихся ключевыми в процессах деградации галогенароматических пестицидов.

На первом этапе стационарные культуры бактерий разводили синтетической средой ММ9 с глюкозой (0,2%) и 2,4-Д(2-этилгексильным эфиром) (0,05%) инкубировали в конических колбах с аэрацией. Клетки отделяли центрифугированием, отмывали трижды изотоническим раствором NaNO_3 , дезинтеграцию проводили 3-х кратным замораживанием-оттаиванием. Объем полученной суспензии дезинтегрированных клеток доводили до 20 мл изотоническим раствором NaNO_3 . В гомогенаты вносили 2,4-Д(2-этилгексильный эфир) в количестве 0,05% от объема суспензии и проводили измерения значений электродвижущей силы (ЭДС) на иономере ЭВ-74, оснащенный серебряным индикаторным электродом и хлоридсеребряным электродом сравнения (внутри залит 1 М раствор $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Удельную активность дегалогеназ рассчитывали по формуле:

$$A = \Delta C / \tau \cdot C_6$$

где A – удельная активность дегалогеназы, моль·эquiv / мин·мг белка;

ΔC – разность концентраций Cl^- , моль·эquiv / л;

C_6 – концентрация белка, мг/мл;

Δt – промежуток времени, мин.

Поскольку при дегалогенировании органических соединений ферментными системами микроорганизмов в среде образуется стехиометрическое количество галогенид-ионов, то для определения концентрации трансформированного ксенобиотика можно использовать концентрацию галогенид-ионов. В связи с тем, что в качестве электрода сравнения применяли хлорсеребряный электрод, для предотвращения попадания хлорид-ионов в анализируемую среду, электрод заполняли 1 М раствором $(NH_4)_2SO_4$.

В экспериментах с отмытыми неразрушенными клетками бактерий-деструкторов после 2–3 ч регистрировали образование хлорид-ионов в анализируемой среде. Их образование свидетельствует о появлении в среде внеклеточных дегалогеназ. Таким образом, в экспериментах с клетками бактерий-деструкторов накопление хлорид-ионов в среде происходит за счет функционирования как внутри-, так и внеклеточных дегалогеназ. В связи с этим были рассчитаны удельные активности этих ферментов. Удельная активность внеклеточных дегалогеназ составляла $6 \pm 1,5\%$ от активности внутриклеточного фермента, поэтому, в последующих экспериментах исследования проводили с внутриклеточными дегалогеназами.

Наращивание биомассы до середины логарифмической фазы роста осуществляли для получения клеток с наибольшей метаболической активностью, причем для индукции биосинтеза дегалогеназ в питательную среду вносили 2,4-Д (2-этилгексильный эфир). Клетки отделяли центрифугированием и подвергали дезинтеграции. Проводили анализ дегалогеназной активности. Так же для расчета удельной активности дегалогеназ определяли концентрацию белка по методу [4], которую использовали для расчета удельной дегалогеназной активности.

На рисунке 1 представлена кривая дегалогенирования 2,4-Д (2-этилгексильного эфира) ферментными системами бактерий М2.

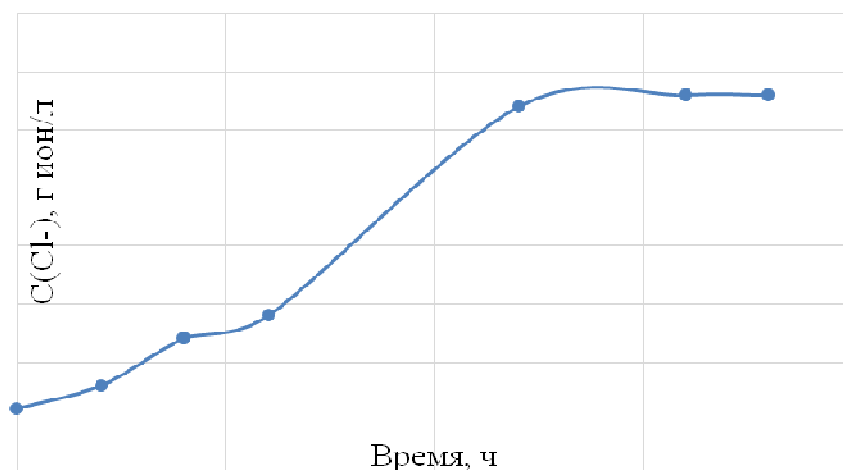


Рисунок 1 - Кривая дегалогенирования 2,4-Д (2-этилгексилового эфира) ферментными системами бактерий М2

Полученная зависимость является типичной кинетической кривой ферментативной реакции и свидетельствует о достаточно высокой скорости дегалогенирования 2,4-Д (2-этилгексилового эфира) в первые 10 ч. Удельная активность дегалогеназ рассчитанная в точке на кинетической кривой, соответствующей максимальной скорости дегалогенирования составила $A = (0,62 \pm 0,05) \cdot 10^{-5}$ моль·экв/ мин мг белка.

Полученные при выполнении настоящей работы результаты могут быть использованы для дальнейших исследований и разработок, направленных на создание препаратов для биоремедиации почв, загрязнённых такими пестицидами, как 2,4-Д(2-этилгексильный эфир).

ЛИТЕРАТУРА

1. Поведение пестицидов в окружающей среде. Биотическая и абиотическая их деградация / Л.А. Головлева [и др.]. – Агрохимия, 1987. – № 8, 132 с.
2. Bengtsson, G. Degradation of dissolved and sorbed 2,4-dichlorophenol in soil columns by suspended and sorbed bacteria / G. Bengtsson, S. Carlsson. – Biodegradation, 2001. – Vol. 12, № 6, 419-432 p.
3. Горбатова, О.Н. Триазиновые пестициды: структура, действие на живые организмы, процессы деградации / О.Н. Горбатова, А.В. Жердев, О.В. Королева. – М.: Успехи биол. химии, 2006. – 523 с.
4. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология: учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ КУПАЖЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

В число наиболее востребованных функциональных продуктов входят растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом. Основными биологически активными компонентами растительных масел являются полиненасыщенные жирные кислоты, обладающие широким спектром физиологического действия. Однако растительные масла нестабильны в процессе хранения. Вскрытие потребительской упаковки в бытовых условиях приводит к накоплению продуктов окислительной порчи в растительных маслах.

Поэтому, целью работы было изучить хранение купажей растительных масел со сбалансированным составом полиненасыщенных жирных кислот, после вскрытия потребительской упаковки в условиях, аналогичных бытовым.

Объектами исследования были растительные масла кукурузы, тыквы, рыжика, льна и составленные купажи на их основе, содержащие омега-6 : омега-3 жирные кислоты в соотношении 3:1 и 10:1. Образцы хранились при температуре (20 ± 3) °С, изолируя солнечное освещение. Окисление купажей растительных масел оценивали, исследуя перекисное и кислотное числа. Физико-химические показатели оценивали титриметрическим методом: перекисное число – согласно СТБ ГОСТ Р 51487–2001, кислотное число – ГОСТ 31933–2012.

В ходе проведенных исследований было установлено, что после трех месяцев хранения купажей в условиях, аналогичных бытовым, происходит увеличение перекисного числа. Значения перекисных чисел купажей растительных масел при хранении в заданных условиях превысили требования ТР ТС 024 через 2,5 мес.

Таким образом, хранение купажей на основе растительных масел кукурузы и тыквы с оптимальным соотношением омега-6 : омега-3 жирных кислот 3:1 и 10:1 после вскрытия потребительской упаковки при температуре (20 ± 3) °С без доступа солнечного освещения не должно превышать двух месяцев.

Д. С. Сергиевич, аспирант, магистр биол. наук;
(БГТУ, г. Минск)

БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИН ГИДРОХЛОРИДА, В СОСТАВЕ ПОЛИЛАКТИДНЫХ ПЛЕНОК

В настоящее время множество научных работ посвящено созданию новых экологически чистых материалов, способных надежно защищать товары не только от механических повреждений, но и от воздействия негативных факторов окружающей среды. Актуальным направлением является создание биоразлагаемых полимеров с регулируемым сроком биodeградации. В зависимости от условий или состава, такие материалы способны защитить товары на протяжении всего срока обращения, а затем целиком разложиться под воздействием факторов окружающей среды и микроорганизмов. Одним из таких материалов является полимер молочной кислоты – полилактид (PLA), модифицированный производными полигексаметиленгуанидина.

Несмотря на то, что эффективность воздействия полигексаметиленгуанидина и его производных в их чистом виде достаточно широко исследована, механизмы действия в составе полимеров и их влияние на окружающую среду являются предметом современных научных изысканий. [1]

В настоящем исследовании изучена биоцидная активность полигексаметиленгуанидин гидрохлорида, введенного в состав полилактидной матрицы.

Пленки поли-L-лактида (PLA) с добавками (0,5-2,0 % масс.) получали методом реакционной экструзии порошка поли-L-лактида (4043D, «NatureWorksLLC»). В качестве биоцидной добавки использовали олигомерный полигексаметиленгуанидин (PHMG) гидрохлорид средневязкостной молекулярной массой 6400 Да, синтезированный по методике «ИХНМ НАН РБ» [2].

Исследование антимикробных свойств PLA пленок содержащих PHMG проводили, руководствуясь методикой изложенной в стандарте ISO 22196:2011. При этом в качестве тест-организмов использовали бактерии, различающиеся своими физиолого-биохимическими свойствами, в частности грамотрицательные *E. coli* и *P. aeruginosa*, а также грамположительные *S. aureus* и *E. faecalis*. Используемые тест-организмы культивировали в питательной среде M17.

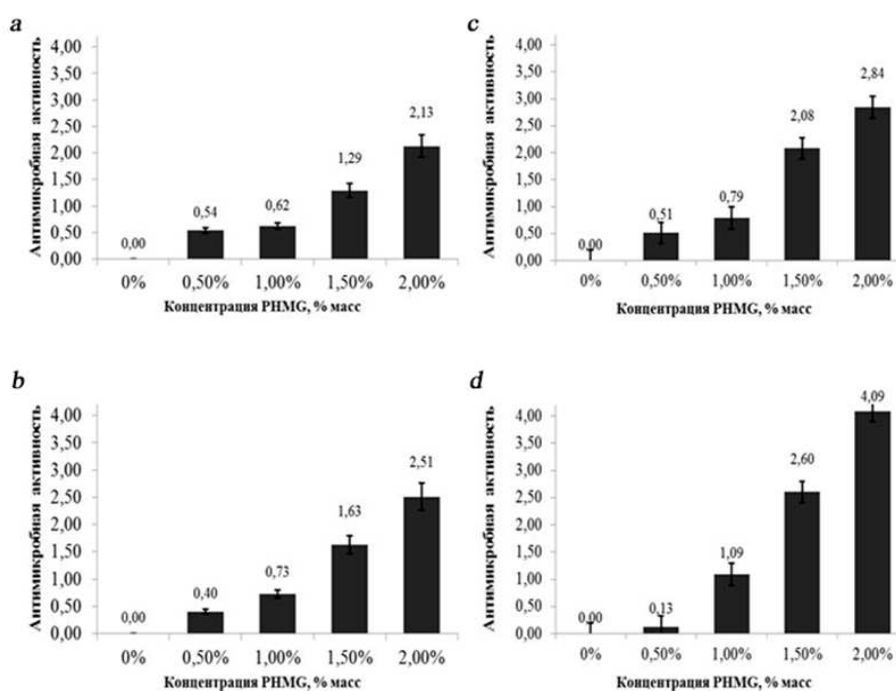
Количественную оценку способности обуславливать гибель бактериальных клеток оценивали по величине фактора редукции (FR) образцов:

$$FR = \log\left(\frac{K_2}{K_1}\right) \quad (1)$$

где, K_1 – концентрация жизнеспособных клеток в промывной воде, полученной смывом с полилактидных пленок модифицированных PHMG; K_2 – концентрация жизнеспособных клеток в промывной воде, полученной смывом с полилактидных пленок без добавления PHMG.

Согласно стандарту ISO 22196:2011, биоцидные свойства соединения считаются высокими, когда показатель антимикробной активности превышает два ($R \geq 2,0$).

Из рисунка 1 видно, что антимикробная активность зависит от концентрации PHMG в составе полилактидных пленок. Однако достоверным антимикробным действием в отношении грамотрицательных бактерий обладают пленки, содержащие 2,0% PHMG (FR составляет 2,13 и 2,51 соответственно). Наиболее выражен эффект от добавки биоцида наблюдается в отношении грамположительных бактерий, на них оказывает действие добавка PHMG начиная с 1,5% (FR 2,08–2,60).



a) *P. aeruginosa* PAO-1; b) *E. coli* ATCC 8739; c) *S. aureus* ATCC 6538;
d) *E. faecalis* N42 24.1.3

Рисунок 1 – Антибактериальная активность полилактидных пленок, модифицированных полигексаметиленгуанидин гидрохлоридом

Анализ влияния PHMG на бактерии отличающиеся типом метаболизма показало, что разницы в действии не наблюдается, что свидетельствует в пользу механизма связывания с компонентами липидного бислоя, а уж затем с внутренним содержимым клетки, когда в бислое образуются достаточно большие поры для беспрепятственного проникновения не только молекулы PHMG, но и некоторых других веществ [3].

Таким образом, полученные результаты показывают, что добавка PHMG может быть использована в качестве компонента, замедляющего бактериальную деградацию изделий из полилактида. Установлено, что наиболее выраженный бактерицидный эффект наблюдается в отношении грамположительных бактерий при введении в полимер биоцида в количестве превышающем 1,5 % масс.

ЛИТЕРАТУРА

1. The influence of modified polyhexamethylene guanidine PHMG on the biodegradation of polylactide / Richert, A., [et al.] // International Biodeterioration & Biodegradation – 2012 – P.1-7

2. Добыш, В. А. Влияние молекулярно-массовых и структурных характеристик полигексаметиленгуанидина на его биоцидную активность/ В.А. Добыш и др. // Журнал общей химии. – 2012. – т.82, №10. – с. 1690-1694

3. Лисица, А. В. Механизмы бактерицидного действия полигексаметиленгуанидина / А. В. Лисица // Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України - Нац. аграр. ун-т. – Київ:2011 - №3 – С.11

Д. С. Сергиевич, асп.;
О. С. Игнатовец, доц. канд. биол. наук;
А. Ф. Минаковский, доц. канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

**ВЛИЯНИЕ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
ФОСФАТМОБИЛИЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ
РОДА *VACILLUS* САПРОПЕЛЕЙ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДИТВА И ОЗЕРА ДИКОО**

Вместе с азотом (N), фосфор (P) является ключевым элементом питания растений, который входит в состав многих макромолекул, таких как ДНК, РНК и некоторых кофакторов. Несмотря на то, что фосфор содержится в почвах в неорганических и органических формах в достаточном количестве, он является лимитирующим фактором роста растений, поскольку находится в недоступной форме для поглощения корнями растений [1].

Повышение доступности труднорастворимых фосфатов для растений может обеспечить биологическая мобилизация за счет почвенных автохтонных микроорганизмов. Для стимуляции их деятельности, необходимо обеспечить наличие достаточного количества биогенных элементов, например за счет внесения органоминеральных удобрений.

Наиболее популярным и дешевым удобрением богатыми органическими и минеральными веществами является сапропель – донные отложения пресноводных водоемов. Органическое вещество, которого представляет собой совокупность растительных и животных остатков, а также продуктов их распада.

Цель исследования - изучение влияния сапропелей месторождений Дитва и озера Дикое на рост фосфатмобилизующего штамма бактерий рода *Vacillus*.

Фосфатмобилизующая активность почвенной микробиоты может быть ограничена недостатком органической составляющей. Для компенсации недостатка органических веществ, можно использовать сапропель одного из белорусских месторождений Дитва либо озера Дикое.

Выбор вида сапропеля заключался в изучении влияния различных концентраций данного источника углерода на жизнеспособность фосфатмобилизующих бактерий *Vacillus sp.* M10. Для этого, на начальном этапе, провели эксперимент с добавлением в синтетическую среду, в качестве единственного источника углерода, сапропелей каждого вида в концентрациях 1–10 %. Результат эксперимента представлен в таблице.

Таблица - Зависимость жизнеспособных клеток бактерий *Bacillus sp. M10* от концентрации сапропеля в питательной среде

Содержание источника углерода, %	Концентрация жизнеспособных клеток (КОЕ/мл) в среде с сапропелью:	
	Месторождение Дитва	Месторождение озеро Дикое
Контроль (глюкоза 2%)	$(1,3 \pm 0,5) \cdot 10^8$	
1	$(2,6 \pm 1,0) \cdot 10^8$	$(1,8 \pm 0,9) \cdot 10^7$
2	$(3,4 \pm 1,2) \cdot 10^7$	$(1,2 \pm 1,0) \cdot 10^7$
3	$(5,2 \pm 0,8) \cdot 10^7$	$(2,2 \pm 0,6) \cdot 10^7$
4	$(8,9 \pm 1,1) \cdot 10^7$	$(6,4 \pm 1,0) \cdot 10^6$
5	$(5,4 \pm 2,0) \cdot 10^7$	$(3,9 \pm 1,0) \cdot 10^6$
10	$(4,0 \pm 1,0) \cdot 10^7$	$(2,5 \pm 1,1) \cdot 10^6$

Исходя из полученных данных, можно заключить, что в представленных концентрациях сапропели месторождения Дитва, ингибирования роста бактерий *Bacillus sp. M10* не происходит. Однако при повышении концентрации сапропеля до 10 %, происходит небольшое снижение жизнеспособных клеток. Добавление в питательную среду сапропеля месторождения оз. Дикое приводит к небольшому угнетению роста бактерий (начиная с концентрации 4 %, разница увеличивается на порядок).

Сопоставление состава, используемых сапропелей, с влиянием на фосфатмобилизующие бактерии показывает, что угнетающее рост бактерий действие связано с наличием в сапропеле оз. Дикое высокой концентрации элементарного железа (54,51 % масс.) в сравнении с сапропелью Дитва (2,94 % масс.).

Таким образом, наиболее перспективным для использования является сапропель месторождения Дитва в концентрациях 1–5 % масс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаптенкова, В. Применение минеральных удобрений / В. Лаптенкова // Агрехимический журнал «Пропозиция» [Электронный ресурс]. 2014. №3. – Режим досупа: <https://propozitsiya.com> - Дата досупа: 19.12.2019.

А. И. Кулонов, базовый докторант
(Институт микробиологии АН РУз, г. Ташкент);

Д. Т. Мирзарахметова, проф., д-р техн. наук (ТГТУ, г. Ташкент)

ГАЛОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ ГИПЕРСОЛЕННЫХ ВОДОЕМОВ УЗБЕКИСТАНА И ИХ ПОТЕНЦИАЛ ОБРАЗОВАНИЯ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ

Галофилы – это организмы, которые живут в среде с высокой концентрацией солей. Микроорганизмы могут быть разделены на группы в соответствии с их ростом и развитием в солевой среде. Концентрация NaCl для слабых галофилов составляет 2–5%, 5–20% для средних галофилов и 20–30% для сильных галофилов [1]. Большинство галофилов встречаются в гиперсоленых водах, почвах, солевых и соленых отложениях [2]. Аэробные, анаэробные и факультативные микроорганизмы архей и бактерий также были изучены в соленых водах Мертвого моря, Средиземного моря, Большого Соленого озера (Юта, США), Антарктических озер, Магади и других регионов [3].

Целью данного исследования являлось изучение потенциала бактерий, населяющих сильнозасоленные районы Республики Каракалпакстан и других регионов Узбекистана.

Образцы соленой воды и почвы собирали для выделения галофильных и галотолерантных бактерий. Пробы воды были собраны из солевых прудов глубиной 10–20 см (май 2019 года) в 1,0-литровые стерильные пластиковые сосуды. Уровень солености образцов определяли с помощью рефрактометра MASTER-S28a (ATOGO, Япония). Образцы гиперсоленых вод и кристаллов солей высевали в специальную питательную среду (концентрация NaCl – 5, 10, 15, 20%). Различные образцы были отобраны на основе формы бактерий, их розово-красного цвета, способности образовывать отдельные колонии в питательных средах. Рост изолированных бактериальных колоний в питательной среде с высокой концентрацией соли (15–20%) указывает на то, что выделенные бактерии принадлежат к семейству *Halobacteriaceae*.

Чтобы оценить потенциал образования экзополисахаридов галофильных бактерий, их выращивали в колбах Эрленмейера объемом 500 мл (300 мл питательных веществ) при температуре 37°C в течение 7–10 дней в термостате (Memmert, Германия) и далее непрерывно встряхивая (120 об/мин) при температуре 32–35°C в течение 20 дней. Питательная среда состояла из неорганических солей, которые пропорциональны раствору искусственной морской воды [4] (г/л): NaCl –

15,6; $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ – 1,3; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 2,0; $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ – 0,1; KCl – 0,4; $NaHCO_3$ – 0,02; $NaBr$ – 0,05 и KH_2PO_4 – 0,05; NH_4Cl – 1,0; $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ – 0,005; глюкоза – 5,0; дрожжевой экстракт – 5,0 (pH 7,2).

Для выделения экзополисахаридов, образованных в культивируемой среде, использовали 96%-ный этанол. Для этого 100 мл культивируемой жидкости центрифугировали (8000 об/мин в течение 20 мин). Полученный супернатант помещали в целлюлозный диализный мешок Zellu Trans Dialysis Tube T4 при 4°C (Scienova GmbH, Германия) и диализовали в течение 24 часов против 2,5 литров дистиллированной воды (воду меняли дважды). Далее диализат смешивали с охлажденным этанолом в соотношении 1,0 : 1,5 и выдерживали в течение 6 часов при температуре 4°C для образования плотного осадка. Осадок экзополисахаридов отделяли от надосадочной жидкости фильтрованием и промывали дважды этанолом в соотношении 1 : 2 в течение 30 мин. Полученные полисахариды сушили при 25°C в течение 24 часов в сушильном шкафу (Memmert, Германия).

Полученные результаты показывают, что бактерии обладают высоким потенциалом по выходу бактериальных экзополисахаридов (0,71–0,95%) по сравнению с результатами, представленными в литературе (3 мг/мл) [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. DasSarma S., Arora P. Halophiles. In: Encyclopaedia of lifescience. Nature Publishing Group, London, 2001. P. 1–9.
2. Oren A. Halophilic microorganisms and their environments. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, USA, 2002. P. 1-19.
3. Oren A., Rodriguez-Valera F. The contribution of halophilic bacteria to the red coloration of saltern crystallizer ponds. FEMS MicrobiolEcol, 2001.36(2–3): P. 123–130.
4. Rathi D.N., Amir H.G., Abed R.M.M., Kosugi A., Arai T., Sulaiman O., Hashim R., Sudesh K. Polyhydroxyalkanoate biosynthesis and simplified polymer recovery by a novel moderately halophilic bacterium isolated from hypersaline microbial mats. Journal of Applied Microbiology, 2012. Vol. 114. P. 384–395.
5. Antón J., Meseguer I., Rodriguez-Valera F. Production of an extracellular polysaccharide by *Haloferax mediterranei*. Appl. Environ. Microbiol, 1988. Vol.54: P. 2381–2386.

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ
МИКРООРГАНИЗМОВ В ВИДЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ
ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ
РОССИЙСКОГО СОРТА МАСЛИЧНОЙ СОИ
В ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ УЗБЕКИСТАНА**

Соя – важная мировая культура с точки зрения использования в продуктах питания для людей и в корме для скота. Урожайность сои сильно варьирует в зависимости от почвенных и климатических условий, в которых возделывается культура.

Оптимальная азотфиксация осуществляется при обеспечении следующих 5 условий [1]:

- 1) реакции почвенного раствора,
- 2) условия питания фосфором и калием,
- 3) доступ воздуха и влаги,
- 4) наличие доступных микроэлементов
- 5) активного штамма клубеньковых бактерий.

Растения сои могут формировать высокий урожай зерна за счет усвоения азота из воздуха. Если же не созданы оптимальные условия азотфиксации (хотя бы один из 5 факторов ограничивает симбиоз), растение может усвоить азот лишь из почвы и удобрений.

Эффективность симбиотических систем «растение-микроорганизм» определяется вирулентностью и активностью микросимбионта. Истинно вирулентным штаммам свойственно модулирующая активность (клубенькообразование), заключающаяся в способности формировать полноценные клубеньки [2]. Поэтому необходимо создать в почве условия для активного бобово-ризобияльного симбиоза, в этом случае соя будет обеспечивать себя азотом.

Объектами исследований служили местные штаммы клубеньковых бактерий *Bradyrhizobium japonicum* Селекта-201, выделенные из корневых клубеньков растений масличной сои выросших в полевых условиях на почве Ташкентской области Узбекистана.

Культуру *Bradyrhizobium japonicum* выращивали в жидкой питательной среде [3] при периодическом перемешивании на качалке (120 об/мин) при температуре 30°C, рН – 7,0 в течение 5 суток до титра клеток 22 млн/мл. Семена инокулировали *B. japonicum* (титр 22 млн/мл) за 1 час перед посевом.

Агрохимический состав исходной почвы: степень засоленности по Есе – 2,28 dS/m; pH – 7,3; содержание гумуса – 1,45 %, углерод гумуса – 0,84% (C_г, %); содержание азота: валовые формы азота – 0,046%; подвижные, усвояемые растениями формы азота – 42,6 мг/кг; содержание фосфора: валовые формы фосфора – 0,193%; подвижные, усвояемые растениями формы P₂O₅ – 18,6мг/кг; содержание калия: валовые формы калия – 0,280%; подвижные, усвояемые растениями формы K₂O – 113мг/кг.

Целью исследований было изучение симбиотических свойств местных штаммов клубеньковых бактерий сои в полевых условиях. Для этого был использован местный штамм *Bradyrhizobium japonicum*, выделенные из корневых клубеньков сои сорта Селекта-201, культивированной в лабораторных условиях.

Отмечено, что применение инокуляции стимулирует рост растений, в фазе бутонизации эти растения значительно опережали в росте контрольный вариант растения (таблица).

Прибавка зеленой массы надземной части растений от инокуляции варьировалась от 1,10 до 2,60 г, а прибавка массы корней – от 0,12 до 0,32 г. Масса растений в контрольном варианте составила 1,46–2,10 г.

Таблица – Результаты применения инокуляции при росте растений

Варианты опыта	Общее количество клубеньков, шт	Общая масса клубеньков, г		Масса 1 клубенька, г	
		влажная	сухая	влажная	сухая
Контроль	9	0,037	0,018	0,004	0,002
Опыт	26	0,620	0,300	0,024	0,011

Количество клубеньков в одном растении составило 26 шт (9 шт в контроле) и общая их влажная масса составила 0,62 г (в контроле – 0,037 г). Урожайность сои в опытном варианте составляла 30 ц/га, в контрольном варианте – 27 ц/га.

На основании изучения агрохимического и микробиологического состава исходных почв можно сделать заключение о том, что почва – слабозасоленная. По содержанию гумуса почва богатая (1,45% гумуса). По содержанию валовых форм азота почва бедная, по содержанию фосфора – средне обеспечена, по содержанию калия – очень бедная. По оценке обеспеченности подвижными (усвояемыми растениями) формами азота почва нормально обеспечена. По оценке обеспеченности подвижными (усвояемыми растениями) формами фосфора – низко обеспечена. По оценке обеспеченности подвижными (усвояемыми растениями) формами калия почва низко обеспечена.

Инокуляция семян сои клубеньковыми бактериями *Br. japonicum* дает прирост, как по высоте растений, так и по весу надземной части и

корня на всех трех типах почв. Причем, лучший эффект замечен без использования удобрений. Прибавка зеленой массы надземной части растений от инокуляции варьировала от 1,10 до 2,60 г, а прибавка массы корней варьировала от 0,12 до 0,32 г. Масса растений в контрольном варианте составила 1,46–2,10 г, урожайность – 27 ц/га. В опытном варианте урожайность составила 30 ц/га (прибавка урожайность на 3 ц/га).

Полученные данные дают основание на разработку соевого инокулянта на основе испытанного штамма *Bradyrhizobium japonicum* и проведение его испытания при возделывании сои в различных почвенно-климатических условиях Узбекистана.

ЛИТЕРАТУРА

1. George C., Maryam Z., Checcucci A., Fondi M., Joel S. Griffiths, Turlough M. Finan, Alessio Mengoni. Multidisciplinary approaches for studying rhizobium – legume symbioses. *Can. J. Microbiol.* 2019. V.65. P.1–33.
2. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. М.:ДРОФА, 2006. – 445 с.
3. John Loh and Gary Stace. Nodulation Gene Regulation in *Bradyrhizobium japonicum*: a Unique Integration of Global Regulatory Circuits. *Applied and environmental microbiology.* 2003, Vol. 69, No. 1, p. 10–17.

УДК 573.6.086.83.001.26

А. Э. Исмаилов, студ.;
Д. Т. Мирзарахметова, проф., д-р техн. наук
(ТГТУ, г. Ташкент)

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *DUNALIELLA SALINA*

Культивирование микроводорослей в современном мире приобретает все больший интерес. В качестве объекта массового культивирования используют зеленые микроводоросли (*Dunaliella*), которые стали наиболее популярными в прикладных исследованиях. В настоящее время производится все больше продукции из водорослей. Несмотря на это, вопрос продуктивности биомассы остается актуальным.

Продуктивность дуналиеллы зависит от следующих факторов: конструкции фотобиореактора, питательной среды, концентрации углекислого газа, рН, температуры, освещенности [1]. Оптимальное сочетание всех этих параметров позволит получить максимальный вы-

ход биомассы. Имеется достаточно много литературы по её культивированию, получению из неё биологически активных веществ и изучению их свойств [2]. При лабораторном и промышленном культивировании дуналиеллы применяются два режима культивирования: культивирование в условиях активного фотосинтеза для накопления зелёной биомассы и культивирование для накопления в микроводорослях биологически активных веществ. Целью настоящей работы явилось исследование увеличения количества клеток при культивировании *Dunaliella salina* в биореакторе с горизонтальными пластинами для получения зелёной биомассы.

Объектом исследования были микроводоросли *Dunaliella salina*, выделенные из озера Арал.

Для культивирования *Dunaliella salina* использовали следующую среду: NaCl – 116 г/л, $M_2SO_4 \cdot 7H_2O$ – 50 г/л, KNO_3 – 2,5 г/л, K_2HPO_4 – 0,2 г/л и 1 мл раствора микроэлементов [3]. Культивирование проводили в стеклянном сосуде вместимостью 1 л высотой 16,5 см и диаметром 9,9 см, содержащей 750 мл питательной среды (высота 9 см), освещённость 1000 лк, с барботированием воздуха, периодичность света и темноты: 16 часов света и 8 часов темноты. Температура среды поддерживалась 14–20°C. Способ культивирования заключался в следующем: при выходе инокулята на стационарный уровень и достижении на 5 сутки при количестве клеток 1,25 млн/мл. Соотношение инокулята и питательной среды составило 1 : 10.

Предварительная оценка прироста клеток осуществляли методом прямого подсчета клеток в камере Горяева.

При выращивании культуры в режиме периодического освещения и барботирования среды воздухом, выход на стационарную фазу роста с максимальной плотностью культуры происходил на 5 сутки. На 6 сутки происходило уменьшение плотности культуры за счёт агрегации клеток и выпадения их в осадок.

Анализ осадка под микроскопом показал, что в нём проходит процесс размножения микроводорослей. Этот осадок собирали и оставляли стоять при умеренном освещении (1000 лк). Через неделю из осадка начинали появляться мелкие зелёные микроводоросли. При внесении их в биореактор в качестве инокулята, титр культуры увеличивался.

Нами был сконструирован пленочный аппарат, способный на интенсивное накопление биомассы микроводорослей *Dunaliella* (рис.). Конструкция этого биореактора предусматривает наличие прозрачных горизонтальных пластин.

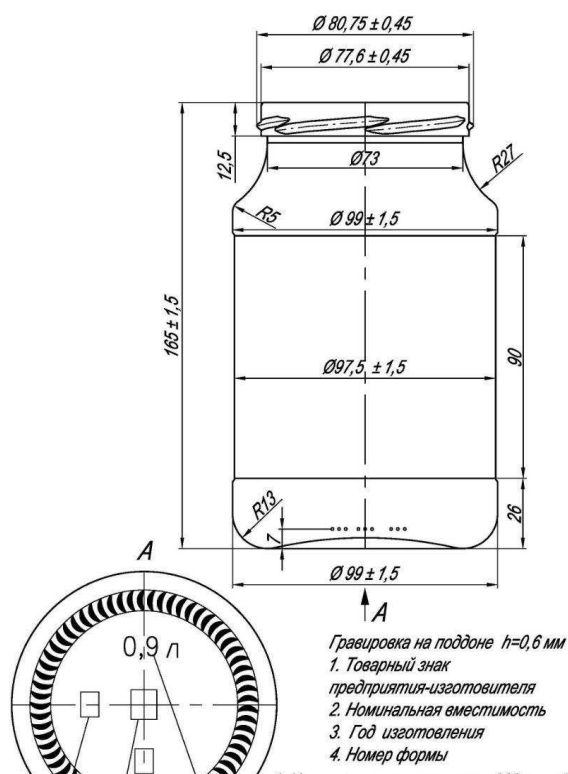


Рисунок 1 - Пленочный аппарат для культивирования микроводорослей

Таким образом, полученные данные могут быть использованы для совершенствования технологии культивирования микроводорослей с учетом увеличения поверхности контакта в пленочном биореакторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Meshcheryakova Yu.V., Nagornov S.A. Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo, 2012, no. 12, P. 33-36.
2. Gonzalez M.A., Gymez P.I., Polle J.E.W. Taxonomy and Phylogeny of the Genus *Dunaliella*. In: The Alga *Dunaliella*. Biodiversity, Physiology, Genomics and Biotechnology. Eds. Ami Ben-Amotz, Jürgen E.W. Polle, D.V. Subba Rao. Science Publishers. Enfield, New Hampshire USA. 2009. P.15-44.
3. Ализаде Г.И., Зейналова Н.М., Магеррамова Х.Х., Алиева Ф.К. Функциональная устойчивость клеток *Dunaliella* при сопряженном действии УФ-В излучения и высокой температуры // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 11-2. – С. 399–401.

Высокая удельная производительность установки достигается благодаря использованию поверхности пластин при одновременном воздействии на пленку культуральной жидкости световой энергии и углекислого газа. Наличие регулятора давления газовой смеси в секции ввода суспензии способствует рациональному расходу CO_2 в аппарате.

Для увеличения поверхности для выпадающих в осадок клеток были помещены в биореактор 9 прозрачных полиуретановых пластинок радиусом 9 см и отступом 1 см.

Полученные результаты показали, что при выращивании микроводорослей с использованием 9 пластинок титр клеток в объеме среды (750 мл) культивирования увеличился в 2 раза.

Д. Р. Абдулина, науч. сотр., канд. биол. наук
(ИМВ НАН Украины, г. Киев, Украина);

А. И. Бондаренко, магистрант (НУПТ, г. Киев, Украина)

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ БИОСТОЙКОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Проблема биоповреждений технических материалов является комплексной в научном смысле и многоотраслевой в практическом смысле. Она включает в себя изучение механизмов биоповреждений, выбор способов защиты различных, согласно химическому строению, материалов от биодеструкции, разработку и применение методов исследования биологических повреждений [1, 2].

На сегодня существует более 200 методов испытаний различных промышленных и строительных материалов на биостойкость. Это связано с тем, что наряду с международными стандартами существуют национальные стандарты отдельных стран, а также отраслевые нормативные документы. В качестве примера можно указать ряд стандартов ведущих зарубежных стран в области защиты материалов и изделий от биоповреждений: США – Federal test method STD 141C/6271.2 86:1984; Великобритания - BS 1133-8:2011; Германия – DIN EN ISO 846:1997; Франция - NFX 41514:1981; Япония – JIS Z 2911: 2010. Большая часть этих стандартов посвящена испытанию устойчивости промышленных материалов по воздействию микроорганизмов. Однако эти методы имеют ряд недостатков: при испытании материалов с одинаковым целевым назначением используются различные тест-организмы [3]. Многообразие методов связано, с одной стороны, широким рядом тест-культур организмов, которые являются агентами биоповреждений, а с другой – большим спектром испытательных материалов [4]. Испытания материалов на устойчивость к воздействию микроорганизмов проводят как в естественных, так и лабораторных условиях, также может давать разные результаты оценки [4].

Испытания при естественных условиях (на климатических станциях), как на открытых станциях, так и в специальных помещениях без доступа прямых солнечных лучей при ограниченной аэрации и повышенной влажности, являются длительными, но позволяют получить наиболее достоверные данные о биостойкости материалов [8].

На сегодня в Украине проверка биостойкости полимерных материалов подчинена нормативно-технической документации, а именно ДСТУ 3999-2000, разработанным Институтом микробиологии и вирусологии Д. К. Заболотного НАН Украины. Согласно документу,

полимерные материалы испытывают на биостойкость следующими методами: определение биостойкости покрытий к действию коррозионно-активных бактерий и определение биостойкости покрытий с изменением их физико-механических свойств под действием коррозионно-активных бактерий [5].

Среди **физических методов** исследования биоповреждений также достаточно широко представлены хроматографические: газовые, газожидкостные, тонкослойные, ионообменные [6, 3]. Особое внимание уделено методам, основанным на идентификации химических продуктов деструкции материалов, образующихся в результате процессов биоповреждений, а также коррозии металлических сооружений [4]. К физическим методам структурного анализа различных материалов также относятся ИК- и электронная микроскопия, рентгенография и прочее.

Определение степени деградации ксенобиотических веществ по ферментативной активности (ФА). ФА почв обусловлена суммарным запасом ферментов, выделенных в процессе жизнедеятельности растений и микроорганизмов, а также аккумулированных почвой после разрушения отмерших клеток. Каталазная активность рассматривается как один из наиболее информативных биологических параметров почвы при проведении мониторинга в процессе биоремедиации [6]. Установлено, что дегидрогеназная и липазная активности нефтезагрязненных почв также может быть показателем микробной деградации [6]. Подобно любой химической реакции, можно наблюдать за **биодеградацией с помощью потребления реагентов** или внешнего вида продуктов. С технической точки зрения лучшим способом мониторинга и количественной оценки биодеградации является измерение или реагента (O_2), или конечного продукта (CO_2) энергетического обмена. Определяют процент биодеградации по потреблению O_2 , используя теоретическую потребность микроорганизмов в кислороде, чтобы указать максимальное поглощение O_2 в случае полного окисления пластмассы [7].

Оценку биодеструкции материалов можно проводить используя **определение прочности материалов** при разрыве покрытия.

Коэффициент деструкции определяют по потере массы испытуемого образца так же, как и показатель деградации [8].

Итак, проведенный анализ отечественных и зарубежных источников литературы о методах оценки устойчивости промышленных материалов к действию биологических повреждений указывает, что наиболее проблемными моментами при оценке биостойкости критерии оценки и сроки испытаний. В основе вышеуказанных методов используется оценка по внешнему виду и только отдельные методы исследу-

ют степень биодegradации материалов комплексно. Поэтому сегодня актуально создание методов оценки биодegradации веществ, включающие анализ по всем показателям приведенных выше вместе и с их сравнением и более точными результатами. Основными требованиями, предъявляемыми к методам испытаний по оценке устойчивости материалов к действию различных микроорганизмов-биодеструкторов, должны быть надежность метода, высокая воспроизводимость полученных результатов, короткие сроки и дешевизна испытаний, максимальная приближенность условий лабораторных испытаний к условиям природной биодegradации материалов. Перспективным является внедрение экспресс-методов анализа как в плане сокращения сроков испытаний на стойкость, так и в плане упрощения процедуры их проведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжев Д.В., Смирнов В.Ф., Смирнова О.Н., Захарова Е.А., Аникина Н.А. Анализ методов оценки биостойкости промышленных материалов (критерии, подходы) // ВНУ. им. Н.И. Лобачевского. 2013. Т.2(1). С. 118-124.
2. Vaverková D., Adamcová D., Kotovicová J., Toman F. Evaluation of biodegradability of plastics bags in composting conditions // Ecol. Chem. Eng. S. 2014. V. 21 (1). P. 45-57.
3. Harrison J., Boardman C., O'Callaghan Kenneth, Delort A., Song J. Biodegradability standards for carrier bags and plastic films in aquatic environments: a critical review // R. Soc. Open. sci. 2018. V. 5(5). P. 1-17.
4. Chinaglia S., Tosin M., Degli-Innocenti F. Biodegradation rate of biodegradable plastics at molecular level // Polymer. Degradat. Stabil. 2018. V. 147. P. 237-244.
5. ДСТУ 3999-2000 (ГОСТ 30738-2001) Покриття захисні полімерні, нафтобітумні і кам'яновугільні. Методи лабораторних випробувань на біостійкість [Текст]. – К.: Держстандарт України, 2001. 16 с.
6. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. - 252 с
7. Мекіч М., Джура Н., Терек О. Ферментативна активність нафтозабруднених ґрунтів у процесі фіторекультивації рослинами кукурудзи (*Zea mays* L.) // ВЛНУ. 2015. №. 69. С. 140-147.
8. Castellani F., Esposito A., Stanzione V., Altieri R. Measuring the biodegradability of plastic polymers in olive-mill waste compost with an experimental apparatus // Advan. in Mat. Sci. and Eng. 2016. V. 6. P. 1-7.

И. В. Лыч, доц., канд. биол. наук; К. И. Солошенко, магистрант;
И. М. Волошина, доц., канд. техн. наук (НУПТ, г. Киев)

ПЕРЕРАБОТКА КОЗЬЕГО МОЛОКА И МОЛОЗИВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Актуальность. Значительную часть отходов фермерских хозяйств составляют продукты лактации коз. Ассортимент продуктов, вырабатываемых из козьего молока в настоящее время не так значителен. Учитывая, что объемы переработанного козьего молока составляют менее 1% от общего рынка молочной продукции [1], поиск способов использования козьего молока и молозива очень актуален.

Молозиво отличается от молока высоким содержанием антимикробных белков, иммуноглобулинов, которые обеспечивают пассивный иммунитет новорожденных. Сравнивая козье молозиво с коровьим, было доказано, что козье является более ценным, оно лучше усваивается, содержит меньше α 1-казеина, который вызывает аллергические реакции. Иммуномодулирующий эффект белков молозива реализуется путем высвобождения оксида азота (NO) и цитокинов [2].

Использование белков козьего молозива для детского вскармливания также является целесообразным, так как было установлено, что белки козьего молозива в детских смесях хорошо усваиваются, обеспечивают физиологические потребности детей в основных пищевых веществах, поддерживают их нормальное физическое развитие [3].

Поскольку исследования влияния белков козьего молозива на иммунную систему практически не проводятся, **цель работы** – выделение высокомолекулярных белков козьего молозива и изучение их антибактериальных и иммуномодулирующих свойств с целью возможности их использования в БАД и детских смесях для мягкого воздействия на иммунную систему для улучшения некоторых показателей естественной природной резистентности, в том числе, путем угнетения жизнеспособности патогенных микроорганизмов.

Методика исследований. Объектами исследования были растворы высокомолекулярных белков козьего молозива, отобранного через 2 часа после окота. Образцы готовили следующим образом: молозиво центрифугировали для удаления клеточной и липидной фракций. Далее супернатант фильтровали; высаливали белки сульфатом аммония, центрифугировали для отделения осажденных белков. Далее осуществляли диализ для отделения соли от белковой смеси. Затем с помощью гель-фильтрации отделяли высокомолекулярные белки от низкомолекулярных. Далее растворы высокомолекулярных белков

лиофильно высушивали, и разводили в физиологическом растворе для получения концентраций белка 10 и 100 мг/мл. Исследование иммуномодулирующих свойств высокомолекулярных белков молозива проводили в реакциях фагоцитоза, используя фагоциты крови животных, как было описано ранее [4].

Исследование антимикробных свойств белковых фрагментов молозива коз осуществляли по показателю минимальной ингибирующей концентрации (МИК), используя метод серийных постепенных двукратных разведений в мясо-пептонном бульоне (МПБ), как было описано ранее [4]. В качестве тест-культур использовались бактерии *Staphylococcus aureus* БМС-1, *Escherichia coli* ИЭМ-1, *Bacillus subtilis* БТ-2, *B. cereus*, *Micrococcus flavus*, *Pseudomonas aeruginosa*, дрожжи *Candida albicans* Д-6, *C. tropicalis* РЕ-2, *C. utilis* БВС-65.

Результаты. Естественная резистентность – генетически унаследованная способность противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды. Гуморальные и клеточные факторы естественной резистентности представлены разнообразными белками, содержащимися в крови. Они способны активировать другие гуморальные и клеточные механизмы иммунитета. В основе защитной функции лейкоцитов лежит фагоцитарный процесс, заключающийся в их способности распознавать, поглощать и переваривать чужеродные клетки. Величина фагоцитарной активности позволяет оценить резервные возможности нейтрофилов по поглощению и нейтрализации микробов.

Поэтому первым этапом нашего исследования было определение поглощающей способности фагоцитов крови крыс под влиянием белковых растворов козьего молозива. В результате было установлено, что при добавлении к клеткам крови раствора белков молозива коз в концентрации 100 мг/мл, величина показателя процента фагоцитоза (ПФ) увеличилась на 31,6% по сравнению с контрольными образцами, и составляла 93,6% против 62%. После обработки клеток белковым раствором в концентрации 10 мг/мл ПФ превышает значения контрольных образцов на 27%, и составляет 89% против 62%.

Значение фагоцитарного числа (ФЧ) при добавлении белкового раствора в концентрации 100 мг/мл превышает контрольную величину на 1,67 у.е. (76,3%), и составляет 2,19 у.е. против 0,52 у.е. При обработке фагоцитов крови раствором высокомолекулярных белков в концентрации 10 мг/мл, величина ФЧ выше на 0,33 у.е. (38,8%), по сравнению с контролем, и составляет 0,85 у.е. против 0,52 у.е.

Таким образом, наибольший стимулирующий эффект на функциональную активность фагоцитов осуществляют высокомолекулярные белки козьего молозива в концентрации 100 мг/мл, величина показателей

ПФ и ФЧ, которые намного превышает контрольные значения, что подтверждает, что белковые фрагменты молозива коз стимулируют неспецифические реакции иммунитета, и могут использоваться для активации механизмов иммунной защиты.

Следующим этапом нашей работы было исследование антимикробной активности белков молозива коз. В результате было установлено, что МИК высокомолекулярных белков козьего молозива по отношению к *B. subtilis* БТ-2 составляет 156 мкг/мл, *E. coli* ИЕМ-1 – 312 мкг/мл, *B. cereus* и *S. aureus* БМС-1 – 469 мкг/мл, *P. aeruginosa* – 625 мкг/мл, *M. flavus* – 781 мкг/мл. Но культуры дрожжей рода *Candida* оказались не чувствительными к белкам козьего молозива.

Полученные результаты свидетельствуют о ингибирующем влиянии белков молозива коз на бактериальные клетки, поэтому они могут быть эффективными в лечении бактериальных инфекций.

Результаты наших исследований подтвердили стимулирующее влияние белков козьего молозива на неспецифические иммунные реакции фагоцитоза, а также их ингибирующее действие по отношению к бактериальным культурам, поэтому возможно использование белков молозива коз в качестве компонентов БАД для укрепления иммунитета и противостояния инфекционным заболеваниям, а также как компонента детских смесей для активации иммунной защиты новорожденных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глотова И.А., Ерофеева Н.А., Овсянникова Г.В., Василенко В.В. Проблемы и перспективы отечественного рынка козьего молока и продуктов его переработки. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2012. – Т. 326, № 2-3. – с. 20-23.
2. Lima M.J., Teixeira-Lemos E., Oliveira J., Teixeira-Lemos L.P., [et. al]. Nutritional and health profile of goat products: focus on health benefits of goat milk. // *Goat Sci.* – 2017. – № 10. – p. 191-232. – doi: 10.5772/intechopen.70321.
3. Боровик Т.Э., Лукоянова О.Л., Семёнова Н.Н., Звонкова Н.Г., и др. Опыт применения детской адаптированной смеси на основе козьего молока в питании здоровых детей первого полугодия жизни. // Вопросы современной педиатрии. – 2014. – Т. 13, № 2. – с. 44-54.
4. Лич І.В., Моцар А.В., Солошенко К.І. Імуномодулювальні та антибактеріальні властивості препарату на основі біологічно активних білкових фрагментів молозива. // Наукові праці НУХТ. – 2019. - Т. 25, № 3. – с. 49–58.

К. К. Назаров, доц., канд. биол. наук;
Г. Т. Абдуллаева, доц., канд. биол. наук;
С. Т. Рузметова, ассист.; Н. М. Мирзакулова, студ.
(ТГТУ, г.Ташкент)

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ГИДРОЛИЗУЕМОСТЬ И МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН

Биокатализ привлекает к себе все большее внимание в целях получения низкомолекулярных веществ – реактивов для направленного синтеза [1]. Известно, что вид растительного сырья и способ выделения целлюлозы из него определяют физико-химические свойства субстрата, следовательно, обуславливают реакционную способность к ферментативному гидролизу [2–4]. Именно поэтому зависимость ферментолиза целлюлозных субстратов от характеристик целлюлозы (степени измельчения, кристалличности, полимеризации, наличия нецеллюлозных примесей и т. п.) является предметом многих исследований [3, 5].

Известно, что прочность волокна зависит не только от сортов хлопчатника, но и от накопления и формирования в нем целлюлозы. Чем выше прочность, тем больше их упорядоченность и кристалличность. Менее прочные волокна, возникающие при болезнях, волокнах недозревших, опавших коробочек хлопчатника содержится больше аморфных участков целлюлозы. У этих образцов линий хлопчатника степень кристалличности и полимеризации также ниже. Проведенные исследования показали, что, созревшие хлопковые волокна с высокой упорядоченностью и высокой прочностью подвергаются ферментативному гидролизу в меньшей степени. Как видно из рисунка, чем ниже прочность волокна, тем выше гидролизуемость целлюлозных волокон. Так, например, хлопковые волокна с прочностью 5,2 гс (Л-36), гидролизуются с меньшей скоростью, чем хлопковые волокна имеющие прочность 3,2 гс (Л-532). За счет их ферментативного гидролиза в реакционной среде содержание глюкозы и ВС составляет 1,054 и 4,9 г/л, против 3,069 и 9,2 г/л, соответственно. Сравнительный анализ полученных данных позволил выявить прямую корреляцию между прочностью и гидролизуемостью волокон имеющих разные параметры по прочности. Хотя, в отдельных случаях наблюдается несоответствие, так например, если механическая прочность волокон относительно высокая, то они с высокой скоростью подвергаются ферментативному гидролизу (рисунок).

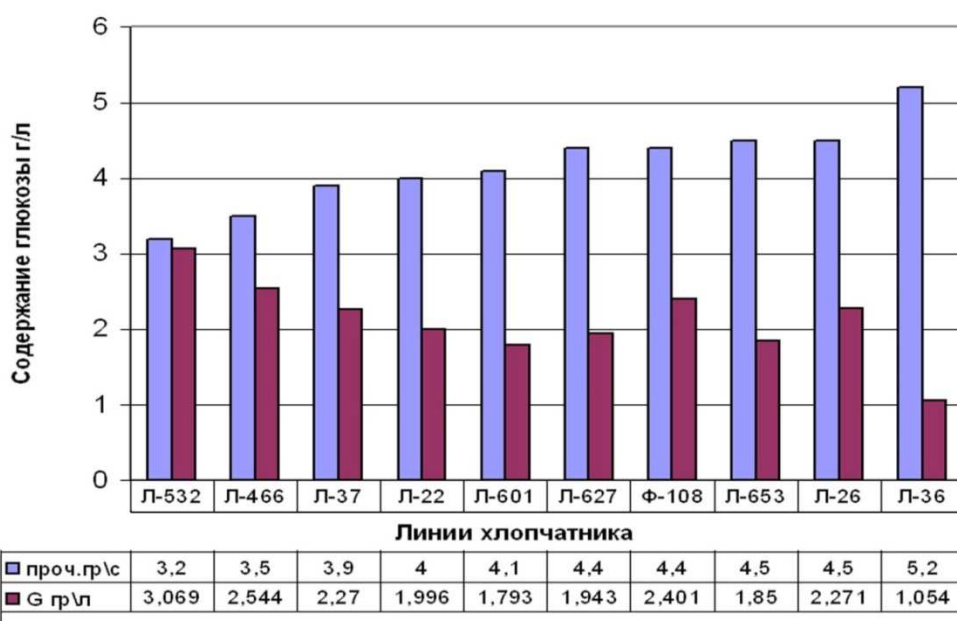


Рисунок 1 - Корреляция между прочностью и биогидролизуеть волокон хлопчатника

Полученные данные позволили установить, что существует прямая корреляция между их гидролизуеть и механической прочностью. Далее были изучены некоторые механико-физические свойства волокон генетически разных линий хлопчатника и их ферментативная гидролизуеть. Из данных таблицы видно, что у линий Л-627 и Ф-108 прочность волокна одинакова (4,4 гс), но гидролизуеть (по выходу глюкозы) различна. Волокно линии Ф-108 имеет линейную плотность 6020 текс и относительную разрывную нагрузку 26,5 гс текс, накопление продукта гидролиза – глюкозы, равно 2,401 г/л. Тогда как для Л-627 с более высокой линейной плотностью 7640 текс и относительной разрывной нагрузкой 33,8 гс текс, биоразложение менее выражено и выход глюкозы в конце процесса составляет всего 1,94 г/л. У линий Л-653 и Л-26 по результатам гидролиза можно наблюдать аналогичную закономерность.

Исходя из полученных данных можно заключить, что технологические свойства волокна могут существенно влиять на процесс его деструкции. Следует отметить, что при этом прочность волокна имеет большое значение и играет основную роль в процессе ферментативного гидролиза (таблица).

Таблица 1 –Взаимосвязь между механико-физическими свойствами и ферментативной гидролизуетимостью волокон различных линий хлопчатника

№№	Линии	Прочность, гс	Линейная плотность, текс	Относительная разрывная нагрузка, гс текс	Выход глюкозы, г/л	Концентрация ВС, г/л
1	Л-532	<u>3,2</u>	6080	19,5	<u>3,069</u>	<u>11,2</u>
2	Л-466	3,5	7200	25,2	<u>2,544</u>	<u>8,80</u>
3	Л-37	3,9	6390	24,9	<u>2,270</u>	7,73
4	Л-22	4,0	6920	27,7	1,996	7,23
5	Л-601	4,1	6330	26,0	1,793	7,19
6	Л-627	4,4	7640	33,8	1,941	6,32
7	Ф-108	4,4	6020	26,5	2,401	5,57
8	Л-653	4,5	5600	25,2	1,850	5,70
9	Л-26	4,5	5440	24,5	<u>2,271</u>	6,01
10	Л-36	<u>5,2</u>	4380	22,8	<u>1,054</u>	4,90

Сгруппированы следующие характерные признаки гидролиза, определяющие прочности целлюлозных волокон по накоплению продукта гидролиза – глюкозы в реакционной смеси. Итак, стойкие – Л-36, Л-501, Л-525, Л-602; средне стойкие – Л-12, Л-12-1, Л-654; нестойкие – Л-468, Л-469, Л-532.

Анализ количества общих редуцирующих сахаров показали идентичные результаты, как по степени гидролиза, так и по оценке прочности волокон у испытуемых образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамаюрова В.С., Зиновьева М.Е., Хьюнг Ч.Т. Особенности ферментативного гидролиза касторового масла // Катализ в промышленности. 2013. № 2 С. 61—65.
2. Синицын А.П., Гусаков А.В., Черноглазов В.М. Биоконверсия лигноцеллюлозных материалов. М.: Издво МГУ, 1995. 224 с.
3. Jordan D.B., Bowman M.J., Braker J.D., Dien B.S., Hector R.E., Lee C.C., Mertens J.A., Wagschal K. Plant cell walls to ethanol // Biochem. J. 2012. 442. P. 241—252. doi:10.1042/BJ20111922.
4. Ioelovich M., Morag E. Effect of cellulose structure on enzymatic hydrolysis // Bioresources. 2011. № 6. P. 2818–2835.
5. Makoto Yoshida, Yuan Liu and et al. Effects of cellulose crystallinity, hemicellulose, and lignin on the enzymatic hydrolysis of Miscanthus sinensis to monosaccharides // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2008. Vol. 72. P. 805–810.

К. К. Назаров, доц., канд. биол. наук;
М. М. Рахимов, ассист.; Н. А. Расулова, ассист.;
М. А. Соатов, магистрант (ТГТУ, г.Ташкент)

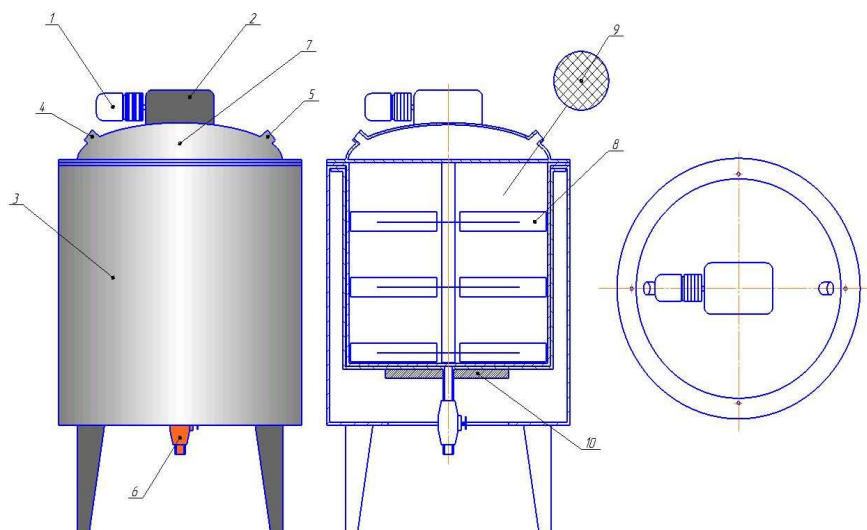
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОГОЛЕНИЯ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА ФЕРМЕНТАТИВНЫМ СПОСОБОМ

Хлопок на мировом рынке наряду с нефтью, газом, сахаром, кофе, зерном занимает важное стратегическое место, поэтому необходимо уделить особое внимание развитию этой культуры и предоставить ему государственный приоритет.

Изменение климата и экологического баланса природы, неблагоприятные погодные явления в весенние и осенние месяцы (непрерывные осадки, дождь и град, низкие температуры и осадки) приводят к невозможности своевременного соблюдения агротехнологии выращивания хлопчатника и оказывают негативное влияние на качество и количество урожая [1].

Учёные, в настоящее время, проводят многочисленные научно-исследовательские работы в этой отрасли [2]. Нами разработана новая технология подготовки семян хлопчатника путём оголения и их посева с заданным числом семян в гнезде. С целью осуществления этой задачи был создан механизированный и автоматизированный экспериментальный биореактор (лабораторного типа) по новой технологии. Разработана и предложена технология подготовки семян хлопчатника путём оголения с применением ферментных препаратов.

Сущность способа заключается в том, что для оголения семян хлопчатника с применением ферментных препаратов, заполняют внутренний корпус (бункер) семенами хлопчатника (9) (рисунок 1). Заполненный бункер помещается в корпус (3), заливают ферментным раствором и закрывают крышку (7). Подключается генератор (1) и нагревательные элементы с помощью автоматического управления биореактора. Температура и pH реакционной среды в биореакторе для работы целлюлазных ферментов измеряется термометром (4) и pH-сенсором (5). Во внутреннем корпусе (бункере) при помощи мешалки (8) происходит перемешивание ферментного раствора с семенами хлопчатника. Целлюлозные волокна или подпушек семян хлопчатника под действием целлюлазных ферментов расщепляется до олиго- и моносахаридов, в результате чего семена становятся оголенными. Далее оголенные семена отделяются от раствора фермента с помощью поднятия внутреннего бункера, представляющего собой сетчатое строение (9), передаются в сортировочную ванну и направляются в сушильную машину.



1 - генератор; 2 - редуктор; 3 – внешний корпус; 4 – устройство для измерения температуры; 5 - устройство для измерения pH среды; 6 –элемент для слива жидкости; 7 –крышка;8-мешалка; 9 – внутренний корпус (бункер); 10-нагревательные элементы

Рисунок 1 - Биореактор для ферментативной обработки семян хлопчатника

В ней сжатый воздух, проходя через нагревательные элементы прогревается и направляется против течения оголенных семян хлопчатника. Одним из объектов управления является крышка биореактора (7), на который прикреплены генератор (1), редуктор (2) и мешалка (8). На рисунке 2 приведена схема крышки биореактора для оголения семян. В нижней части рисунка показан внутренний бункер с сетчатым строением.

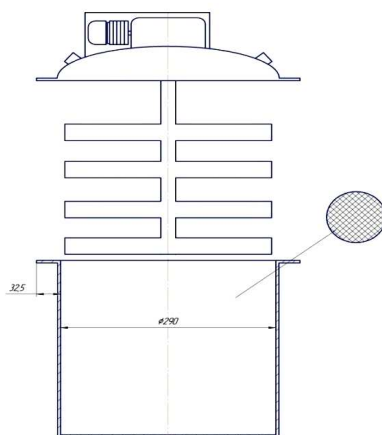


Рисунок 2 - Схематическое изображение мешалки и внутреннего бункера биореактора для ферментативного оголения семян хлопчатника

Через (6) осуществляется слив жидкости. После процесса осуществления ферментативной обработки семян хлопчатника во внутреннем корпусе остаётся гидролизат, который в дальнейшем можно использовать в качестве сырья для получения сахаристых

веществ.

Ферментативно обработанные и оголенные семена хлопчатника отличаются высокой всхожестью и высокими биологическими свойствами. Посев таких семян экономически эффективен, т.к. позволяет уменьшить расход семенного материала, повысить производительность труда, исключить экологическое загрязнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джумаев Ш. Б., Урожайность и технологические показатели скороспелых, средневолокнистых линий хлопчатника / Международный сельскохозяйственный журнал № 5 / 2017

2. Мамедов Н. Н. Индустриальный метод подготовки семян хлопчатника и точный посев в условиях Азербайджана [Текст] / Н.Н. Мамедов, С.Х. Багиров // Сб. статей БГУ, 2012.

УДК 577.154.321

К. К. Назаров, доц., канд. биол. наук;
Т. Х. Сагдиев, ассист.; М. А. Кудратхужаева, ассист.;
М. С. Отабекова, студ. (ТГТУ, г. Ташкент)

ОСОБЕННОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ВОЛОКОН ГЕНЕТИЧЕСКИ РАЗНЫХ ЛИНИЙ ХЛОПЧАТНИКА

В последнее время процессы биоконверсии возобновляемого лигноцеллюлозного сырья в различные продукты (спирты, органические кислоты, аминокислоты и др.) достигли промышленного масштаба [1, 2]. Главный компонент такого сырья – целлюлоза, ее содержание в исходном материале может достигать 40–50% и выше [3]. Стадия ферментативного гидролиза целлюлозы до глюкозы в этих процессах ключевая и наиболее трудоемкая. Для эффективного гидролиза целлюлозы необходимо наличие сбалансированного по составу целлюлазного комплекса, включающего эндоглюканызы (ЭГ) и целлобиогидролазы (ЦБГ), которые осуществляют расщепление полимерного субстрата до целлобиозы и других олигосахаридов, а также экзоглюкозидазы, катализирующие гидролиз олигосахаридов до глюкозы [4]. В настоящее время поиск новых, более активных целлюлаз остается актуальной задачей. Ведутся также интенсивные разработки по увеличению удельной активности ферментов и улучшению других их свойств методами белковой инженерии [5]. Для оптимизации состава целлюлазного комплекса часто используют подходы, основанные на создании модельных смесей очищенных ферментов и тестировании их

гидролитической способности по отношению к различным целлюлозо-содержащим субстратам.

Полученные данные по ферментативной деструкции волокон целлюлозы у 25 генетически разных линий показали, что существуют значительные различия по скорости биоразложения между исследуемыми линиями генетической коллекции хлопчатника. Порядок протекания реакций при ферментативном катализе образцов волокон был разнообразен, что, по-видимому, связано с различным эффектом накопления целлюлозы в их волокне в период их вегетации. Из данных таблицы видно, что в каждом конкретном волокне степень его разрушения различна, хотя деградация волокна начинается на ранних стадиях ферментализации. Так, например, через 2 часа гидролиза волокон выход глюкозы у всех образцов не был высоким, но была замечена разница по скорости гидролиза между волокнами. В образцах волокон хлопчатника линий Л-601, Л-602 и Л-525 в начале гидролиза выход глюкозы составляет 0,37, 0,32 и 0,36 г/л, тогда как в других образцах волокон, линии Л-12, Л-12-1 и Л-654 в гидролизате содержание глюкозы составляло 1,08, 1,02 и 0,71 г/л соответственно. По полученным нами данным можно предположить, что целлюлолизис волокон в начале процесса идет медленно, так как в это время полимерная цепочка целлюлозы пока ещё устойчива к действию ферментов. Через 24 часа ферментативного процесса можно было наблюдать различный выход глюкозы. Так, например, в конце процесса у линии Л-468 и Л-469 она составляет 7,77 г/л и 7,56 г/л, тогда как у некоторых линий, таких как Л-501, Л-525, в конце энзиматического процесса выход глюкозы снижался на 25-30% в сравнение с предыдущими линиями.

Таблица - Выход глюкозы (г/л) при ферментативном гидролизе волокон генетически разных линий хлопчатника

№	Линии	Через 2 часа	Через 24 часа	Через 48 часа
1	2	3	4	5
К.	Ф-108	0,119	1,367	2,27 ±0,095
1.	Л-467	0,43	<u>5,9</u>	<u>6,89± 0,106</u>
2.	Л-468	0,40	3,8	<u>7,69+0,095</u>
3.	Л-469	0,56	3,15	<u>7,66+ 0,052</u>
4.	Л-459	0,56	3,15	<u>6,75+0,071</u>
5.	Л-490	0,37	<u>3,7</u>	<u>4,69± 0,070</u>
6.	Л-458	0,47	3,2	<u>4,83± 0,072</u>
7.	Л-463	0,42	2	<u>3,29± 0,040</u>
8.	Л-501	<u>0,71</u>	2,05	<u>3,82± 0,050</u>
9.	Л-525	0,36	2,6	<u>3,41± 0,060</u>
10.	Л-532	0,51	2,25	<u>3,073± 0,043</u>

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
11.	Л-601	0,37	1,0	<u>1,63</u> ± 0,084
12.	Л-602	0,32	3,65	<u>5,59</u> ± 0,043
13.	Л-650	0,46	3,25	<u>4,21</u> ± 0,052
14.	Л-654	<u>0,71</u>	3,05	<u>5,34</u> ± 0,070
15.	Л-655	0,40	3,1	<u>5,34</u> ± 0,093
16.	Л-681	0,57	<u>4,8</u>	<u>5,98</u> ± 0,066
17.	Л-12	<u>1,08</u>	<u>3,75</u>	<u>7,66</u> ± 0,053
18.	Л-12-1	<u>1,02</u>	2,8	<u>7,31</u> ± 0,055
19.	Л-466	0,132	1,445	2,51 ± 0,061
20.	Л-37	0,127	0,652	2,24 ± 0,072
21.	Л-22	0,110	0,720	<u>1,93</u> ±0,058
22.	Л-627	0,125	0,923	<u>1,88</u> ±0,038
23.	Л-653	0,116	0,631	<u>1,82</u> ±0,067
24.	Л-26	0,106	1,581	2,34 ±0,057
25.	Л-36	0,026	0,412	<u>1,15</u> ± 0,073

Примечание. Подчеркнутые значение - достоверно отличающиеся от показателей контрольного варианта. Высокого степень гидролиза волокон между линиями хлопчатника распределялись следующим образом: Л-467>Л-12 >Л-12-1>Л-654>Л-501.

Выявлено, что волокна некоторых линий хлопчатника, таких как Л-36, Л-501, Л-525, Л-602 оказались стойкими к действию целлюлаз. Волокна линий Л-12, Л-12-1, Л- 654 имели среднюю стойкость (прочность), тогда как Л-468, Л-469 имели низкую стойкость. По выходу глюкозы волокна были разделены на стойкие (0,32–0,37 г/л), средней стойкости (0,71–1,08 г/л) и имеющие низкую прочность к целлюлазным ферментам (4,9–7,77 г/л).

ЛИТЕРАТУРА

1. Kumar R., Singh S., Singh O.V. // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2008. Vol. 35.N 5.P. 377.
2. Gusakov A.V. //Biofuels. 2013. Vol. 4.N 6.P. 567.
3. Роговин З.А. // Химияцеллюлозы. М., 1972.
4. Payne C.M., Knott B.C., Mayes H.B., Hansson H., Himmel M.E., Sandgren M., Ståhlberg J., Beckham G.T. // Chem. Rev. 2015. Vol. 115.N 3.P. 1308.
5. Bommarius A.S., Sohn M., Kang Y., Lee J.H., Realff M.J. // Curr. Opin.Biotechnol. 2014.Vol. 29.P. 139.

Н.Ш. Эшмуродова, доц., канд. биол.наук;
М.Ж. Тоштемирова, ассист.;
Н.С. Кушербаев, студ.; Н.Б. Шомуродов, студ.
(ТГТУ, г.Ташкент)

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ГИДРОЛИЗУЕМОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ВОЛОКОН ПОРАЖЕННЫХ ВИРУСАМИ МОЗАИКИ ХЛОПЧАТНИКА

Важной проблемой ферментативного гидролиза целлюлозы является выявление роли структурных и физико-химических факторов самой целлюлозы в эффективности ее превращения.

В работах Юлдашева Б.Т. и Муратова Г.А. отмечается, что чем ниже упорядоченность целлюлозы, тем выше скорость и глубина биоразложения субстрата. Юлдашев Б.Т. [1], в своих работах показал что механические (измельчение) и другие предварительные обработки целлюлозы приводят к увеличению биоконверсии целлюлозы. При этом автор говорит, что эти предварительные обработки субстрата (целлюлозы) увеличивают аморфные участки, на которых могут адсорбироваться ферменты целлюлазного комплекса.

В естественных условиях низкоупорядоченные целлюлозные волокна образуются при нарушении условий вегетационного развития хлопчатника. Исследователи (Ж.Усманов Х.У, Разыков К. Х [3]) в своих работах показали, что условия выращивания (температура, освещение, удобрения) хлопчатника сильно влияют на форму, размеры и особенности микроструктуры развивающегося хлопкового волокна. Так, например, в зависимости от климатических условий определенная часть коробочек хлопчатника остаётся незрелыми и хлопковые волокна содержат низко упорядоченные целлюлозы. В работе Муратова Г.А. [2] показано, что ферментативная гидролизуемость волокон хлопчатника в возрасте 25–35 дней, зараженных растений была намного выше, чем у контрольных.

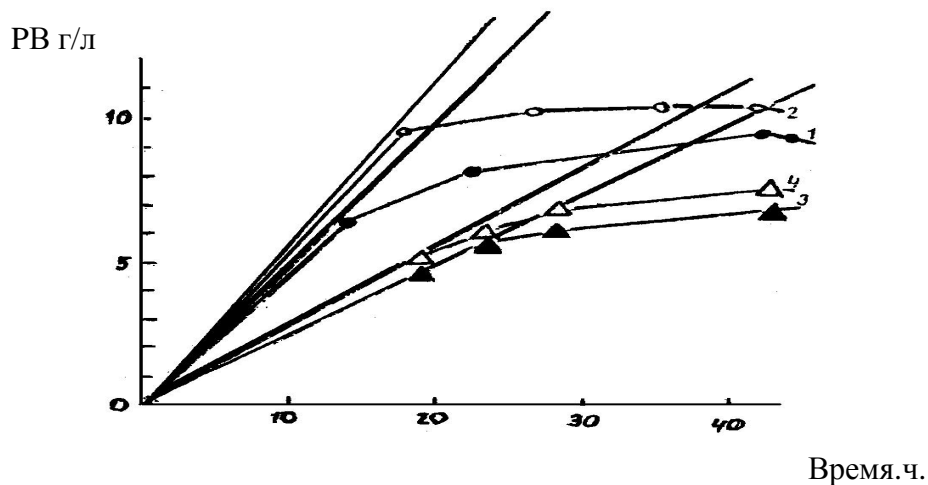
Различные исследования вирусных болезней хлопчатника, описанные в разные годы исследователями, показали, что болезнь отрицательно влияет на рост, развитие и урожайность хлопка-сырца [4]. Было установлено, что у зараженных растений снижается рост и вес хлопка. Влияние вирусной инфекции проявляется в укорочении длины волокна, в среднем на 0,4–5,4 мм и в уменьшении веса семян.

Фитовирусы, поражая растения, вызывают различные симптомы (мозаичность, хлороз, карликовость, морщинистость, скручивание листьев, просветление жилок, некроз, пятнистость и т.п.). Число вирусных болезней хлопчатника составляет более 18. Растениями – резерва-

торами этих вирусов являются в основном различные сорта хлопчатника, а также просвирник, сурепка, дикие виды мальвовых, бобовые, пасленовые, гулявник, вьюнок, подорожник, лопух, кенаф и другие, от которых вирус переносится на здоровые растения хлопчатника различными видами насекомых-переносчиков. Однако до сих пор не полностью ясно, до какой степени влияет вирусное поражение на формирование и свойства волокна.

Известно, что волокна больных и повреждённых растений имеют неудовлетворительную механическую прочность и другие технологические свойства с позиций текстильной промышленности. Их волокно трудно отделить от общей массы, что в дальнейшем отрицательно сказывается на качестве производимых товаров. Поэтому нами проведены испытания биодegradации таких волокон, в которых они подвергаются ферментативному гидролизу для получения глюкозы и промежуточных продуктов распада. Результаты сравнительной деструкции волокон заражённых и здоровых растений показали, что образцы волокон у обоих образцов из одних и тех сортов при действии ферментов целлюлозолитического комплекса разрушаются с различной скоростью.

Сравнительная кинетика гидролиза волокна здорового и зараженного вирусом хлопчатника представлена на рисунке 1.



Волокно, зараженное вирусом (1 и 2);
 волокно здорового хлопчатника линий Л-36 (3) и Л-532 (4)
**Рисунок 1 - Образование редуцирующих веществ (РВ)
 при ферментативном гидролизе волокон**

Полученные данные позволяют сделать вывод о существенных различиях гидролиза между волокном пораженных и здоровых растений. Это свидетельствует о том, что в пораженных растениях, по-видимому, идет неполное созревание волокнистой части хлопчатника.

Не исключено, что вирус, нарушая метаболические процессы в инфицированных тканях, отрицательно влияет на созревание волокон, вследствие чего образование кристаллической целлюлозы происходит с большим числом дефектов, в результате которого образуются многочисленные аморфные участки. Именно они являются доступными к атаке целлюлаз, за счет которых идёт активная деструкция волокна заражённых растений.

При сравнительном исследовании длины волокон контрольных и опытных вариантов также наблюдалось влияние вируса. Наибольшая разница наблюдалась у сортов Б/Н и Гарант-996 и составила соответственно 5,4 и 3,7 мм, наименьшая разница отмечена у Н-38 В. Помимо изменений длины волокна, изменялась и его прочность.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что волокно хлопчатника сортов С-4727 и АН Узбекистан-3, зараженного вирусами на 70–77%, а также волокно из незрелых и опавших коробочек более эффективно подвергается ферментативному гидролизу до глюкозы и восстанавливающих сахаров, чем волокно здоровых растений и полноценных коробочек, что создает предпосылки использования этого волокна в биотехнологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юлдашев Б.Т. Ферментативный гидролиз отходов хлопководства: Влияние состава и структуры целлюлозосодержащих субстратов. Автореферат канд. биол. наук. – Ташкент, 1991. – 19 с.
2. Муратов Г.А. Ферментативный Гидролиз сортов и гибридов хлопчатника видов *G Hirsutum* *G. Barbadosense*. Автореферат канд. биол. наук. – Ташкент, 1998.
3. Усманов Х.У., Разиков К.Х. Световая и электронная микроскопия структурных превращений хлопка. // Издательство «Фан» УзССР. – 1974.
4. Clarke A.J. Biodegradation of Cellulose Enzymology and Biotechnology. Technomic Publishing co., Inc., Lancaster – Basel. – 1997.

Н. Ш. Эшмуродова, доц., канд. биол. наук;
М. Ж. Тоштемирова, ассист. (ТГТУ, г.Ташкент);
З. Ф. Фахриддинова, студ. (НУУз, г.Ташкент)

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЛЬГОФЛОРЫ РЕКИ АХАНГАРАН

В настоящее время чистота воды и охрана водных бассейнов являются одной из важнейших проблем мирового масштаба, о чем свидетельствует обсуждение этого вопроса на 155-й сессии ЮНЕСКО при Организации Объединенных Наций в Ташкенте в 1998 году. ООН 2003 год был объявлен годом Всемирной пресной воды. Качество пресной воды – один из важнейших факторов здоровья населения. В силу этого, главной задачей третьего тысячелетия является обеспечение населения качественной питьевой водой.

Одним из важных направлений мониторинга природной водной среды является использование индикаторов. Так, по данным научных источников [1], индикаторные сапробные виды водорослей способны произрастать и в самых чистых, и самых загрязнённых водоемах. По составу флоры водорослей водоёмов, их количественному показателю можно определить степень загрязнённости воды. Актуальность данной работы возрастает с тем, что альгофлора реки Ахангаран в этом отношении слабо изучена.

В научной литературе приводятся эпизодические данные по альгофлоре Ангреновского, Ахангаранского и Алмалыкского очистных сооружений Ташкентского вилоята (Шоякубов, Васигов, Расулов, 1976; 1977) и реки Ахангаран (Айтметова, Халилов, Кутлиев, 1985), но не дается таксономический анализ альгофлоры, отсутствуют данные по распределению водорослей по течению, экологическим особенностям, значению сапробных водорослей в эколого-санитарной оценке качества воды реки Ахангаран. Учитывая важность определения указанных показателей в решении проблемы чистой воды и охраны водных бассейнов, они подробно изучены в нашей работе. Река Ахангаран начинается из слияния многочисленных рек и речушек, вытекающих с Чаткальского и Кураминского хребтов. Река относится к типу рек, питающихся от таяния снегов и дождей в весенний период. Поэтому период полноводия реки Ахангаран наблюдается, в основном, в апреле-июне, большой расход воды происходит в мае – в среднем 32% от годового стока, между тем в период с июля по октябрь воды в реке мало – всего 13% от годового стока. Большая часть водосборной площади (2576 км²) реки Ахангаран находится ниже селения Турк. В эту часть реки сливаются

большинство протоков, в том числе самые полноводные – Дукент, Корабагир и Ниёзбашсай (рисунок 1) [1].



Рисунок 1 - Река Дукентсай

Сбор и обработка материалов проводилась по общепринятым альгологическим методам (рисунок 2) [2].



Рисунок 2 - Сбор материалов

Для установления видового состава альгофлоры использовали определитель пресноводных, синезеленых и проточковых водорослей водорослей Средней Азии [3–7], унифицированные методы исследования качества воды, а также монографии А. Э. Эргашева (1979), А. М. Музафарова, А. Э. Эргашева, С. А. Халилова, Х. А. Алимжановой, М. А. Шайимкуловой. В результате исследований установлено, что альгофлора реки Ахангаран содержит 210 видов и разновидностей (188 видов, 12 вариаций, 10 форм) водорослей, относящихся к 61 роду, 36 семействам, 17 порядкам, 13 классам и 6 отделам (таблица).

Таблица - Таксономический анализ альгофлоры реки Ахангаран

Отдел водорослей	Количество							Всего	Доля (%) от общего количества
	Классов	порядков	семейств	родов	видов	вариаций	форм		
<i>Cyanophyta</i>	3	4	12	17	60	-	10	70	33,3
<i>Chrysophyta</i>	1	1	1	1	1	-	-	1	0,5
<i>Bacillariophyta</i>	2	3	6	17	62	10	-	72	34,3
<i>Pyrrophyta</i>	1	1	1	3	9	1	-	10	4,8
<i>Euglenophyta</i>	1	1	1	3	7	1	-	8	3,8
<i>Chlorophyta</i>	5	7	15	20	49	-	-	49	3,3
Всего	13	17	36	61	188	12	10	210	100

Среди водорослей ведущими являются отдел *Bacillariophyta*, который содержит 72 вида и разновидностей (62 вида, 10 вариаций, которые составляют 34,3% от общего числа видов), отдел *Cyanophyta* – 70 (60 видов, 10 форм – 33,3 %), отдел *Chlorophyta* – 49 (23,3 %). Последующие позиции по количеству видов занимают *Pyrrophyta* – 10 (9 видов, 1 форму – 4,8 %), *Euglenophyta* – 8 (7 видов, 1 вариацию – 3,8 %) и *Chrysophyta* – 1 (0,5 %).

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: ГИМИЗ, 1965. – С. 595–606.
2. Щещукова В.С. Камеральная обработка /Диатомовый анализ Под ред. Крицтофовича А.Н. – Л.: Госгеоиздат, 1949. – С. 87–98.
3. Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., Паламарь–Мордвинцева Г.М. и др. Водоросли: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 329, 335, 424.
4. Голлербах М.М., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. I. Общая часть. (Пресноводные водоросли и их изучение). – М. : Советская наука, 1951. – 300 с.
5. Долгов Г.И., Никитинский Я.Я. Гидробиологические методы исследования// Санитарные методы исследования питьевых и сточных вод (отд. оттиск). – М., 1927. – С. 1–76.
6. Жузе А.П., Киселев И.А., Порецкий В.С., Прошкина-Лавренко А.И. // Диатомовый анализ. Кн. 2.– Л.:Госгеоиздат, 1949. – 44 с.
7. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Методы биологического анализа вод. 3-е изд. доп. и перераб; отв. за выпуск. Губачек. З. – М. : СЭВ, 1976. – 185 с. 7.

УДК 581.582. 232/275

Н. Ш. Эшмуродова, доц., канд.биол.наук (ТГТУ, г. Ташкент);
З. Ф. Фахриддинова, студ. (НУУз, г. Ташкент)

АЛЬГОФЛОРА ВЕРХНЕЙ, СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ТЕЧЕНИЙ РЕКИ АХАНГАРАН

На основе сравнительного анализа флоры различных течений реки Ахангаран в 2008–2012 году были определены общие виды водорослей.

По геоморфологическим признакам река делится на верхнюю, среднюю и нижнюю части [1]. Для сбора проб отмечены 13 постоянных станций в трех частях реки: в верхнем течении – 4 станции (от начала реки Ахангаран (после слива притоков Акташсай и Чавлисай) до города Ангрэн); в среднем течении – 4 станции (от города Ангрэн до выхода реки в Туябугузское водохранилище); в нижнем течении – 5 станций (от Туябугузского водохранилища до впадения в Сырьдарью).

В период исследований по верхнему, среднему и нижнему течениям реки Ахангаран собрано 340 альгологических проб, из них фитобентос – 200, фитопланктон – 80, перифитон – 60.

Река относится к типу рек, питающихся от таяния снегов и дождей в весенний период. Поэтому период половодья реки Ахангаран наблюдается, в основном, в апреле-июне, большой расход воды происходит в мае (в среднем 32% от годовичного стока), между тем, в период с июля по октябрь воды в реке мало – всего 13% от годовичного стока [2].

На основе альгофлористического анализа верхней, средней и нижней частей реки Ахангаран нами выявлено 116 видов и разновидностей в верхней, 151 – в средней и 117 – в нижней частях реки (рисунок).

Общими для реки по всему ее течению являются 43 вида и разновидности (41 вид, 1 вариация, 1 форма) водорослей, из них 17 – синезелёных, 16 – диатомовых, 9 – зеленых и 1 – пирофитовая (таблица 1).

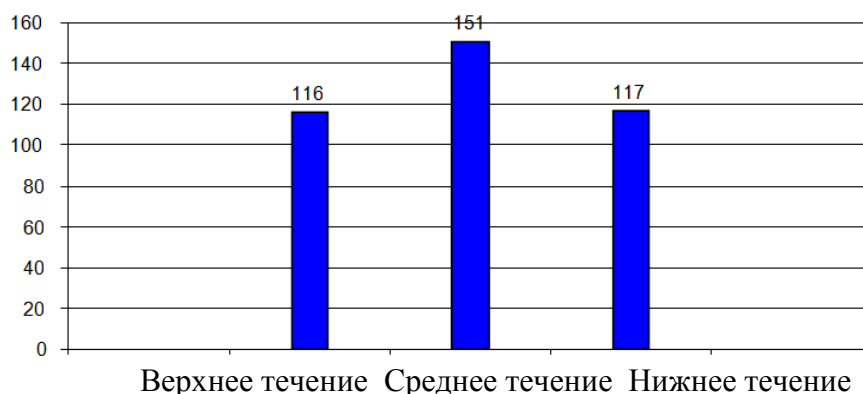


Рисунок 1 - Распределение альгофлоры по течению реки Ахангаран

Таблица 1 - Таксономический анализ водорослей для верхней, средней и нижней течений реки Ахангаран

Количество таксономических групп							Всего
класс	порядок	семейство	род	вид	вариация	форма	
Отдел <i>Cyanophyta</i>							
2	3	6	6	16	-	1	17
Отдел <i>Bacillariophyta</i>							
2	3	5	12	15	1	-	16
Отдел <i>Pyrrophyta</i>							
1	1	1	1	1	-	-	1
Отдел <i>Chlorophyta</i>							
4	5	6	7	9	-	-	9
9	12	18	26	41	1	1	43

Нами был проведен сравнительный анализ альгофлоры реки Ахангаран с альгофлорой других, ранее изученных естественных и искусственных водоёмов Средней Азии, и выявлены общие виды водорослей.

В естественных водоёмах – *Aphanothece castagnei* (Breb.) Rabenh., *Melosira arenaria* Moore, *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn., *Ulothrix tenerrima* Kuetz., *Cladophora crispata* (Roth.) Kuetz., *Mougeotia parvula* Hass. и др.; для альгофлоры искусственных водоёмов – *Merismopedia glauca* (Ehr.) Naeg., *Microcystis aeruginosa* Kuetz. em. Elenk., *Gloeocapsa calcarea* Tilden, *Melosira arenaria* Moore, *Diatoma hiemale* (Lyhgb.) Heib., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Peridinium bipes* Stein., *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh., *Euglena fenestrata* Elenk., *Oocystis borgei* Snow., *Cladophora crispata* (Roth.) Kuetz. и др.; для альгофлоры водоёмов бассейна р. Чирчик – *Merismopedia glauca* (Ehr.) Naeg., *Aphanothece clathrata* W. et. G.S. West, *Hydrurus foetidus* Kirchn., *Melosira varians* Ag., *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn., *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Ceratium hirundinella* (O.F.M.) Bergh., *Euglena*

fenestrata Elenk., *Pandorina morum* (Muell.) Bory, *Oocystis borgei* Snow., *Ulothrix subtilissima* Rabenh.

Вычисление коэффициента общности альгофлоры в верхней, средней и нижней частях реки Ахангаран с использованием формулы Жаккара [2] дало следующие результаты: коэффициент общности флоры водорослей верхней и средней частей равен 0,41, верхней и нижней – 0,26, средней и нижней – 0,55. В целом коэффициент общности реки Ахангаран составил 0,145 (таблица 2).

Таблица 2 – Количество водорослей по сравниваемым течениям реки Ахангаран

Сравниваемые течения	Данные показателя			Учитываемая коэффициент(Kj) общности
	а	б	с	
I/II. верхне-средняя	116	151	78	0,41
I/III. верхне-нижняя	116	117	48	0,26
II/III. средне -нижняя	151	117	95	0,55

Установлено, что по всему течению реки Ахангаран распространены 41 видов, 1 вариация, 1 форма водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. – Л.: ГИМИЗ, 1965. – С. 595–606.
2. Шмидт В.М. Количественные показатели в сравнительной флористике // Ботан. журн. – Москва, 1974. Том 59. – № 7. – С.929–940.

УДК 662.756

М. Э. Саттаров, доц., канд. биол. наук;
 Ш. Ж. Фазлиддинов, студ. (ТГТУ, г. Ташкент);
 Ж. Ф. Зиявитдинов, ст. науч. сотр., канд. хим. наук
 (ИБОХ АН РУз. г. Ташкент)

ПОИСК ПРОДУЦЕНТА СПЕЦИФИЧЕСКОЙ ЛИПАЗЫ

Исследование структуры липолитических ферментов, механизмов гидролиза триглицеридов *in vivo*, систем регуляции скоростей метаболических процессов, сложнейшей координации ферментативных превращений в клетке способствует глубокому познанию процессов жизнедеятельности на молекулярном уровне и обуславливает практическую необходимость создания новых гетерогенных биокатализаторов промышленного назначения.

Липазы – сериновые гидролазы, действующие на поверхности раздела фаз и способные катализировать как гидролиз триглицеридов, так и обратные реакции этерификации, трансэтерификации, алкоголиза и ацидолиза, которые используются в пищевой, фармацевтической, химической, текстильной и кожевенной промышленности, в производстве моющих средств, а также для аналитических целей в медицине. Свойство энантиоселективности липаз широко применяется в органическом синтезе биологически активных веществ и их синтетических аналогов. Однако широкое использование нативных препаратов липолитических ферментов сдерживается высокой ценой энзимов, сложностями в создании оптимальных условий гидролиза триглицеридов, низкой термостабильностью и невысокими скоростями реакций в физико-химических условиях, отличающихся от оптимальных. Преодолеть эти недостатки удастся посредством иммобилизации ферментов на различных природных и синтетических носителях.

Важным моментом в решении задачи получения микробных липаз является первоначальный отбор активного продуцента среди местных штаммов бактерий. Как известно, бактериальные штаммы *Pseudomonas aeruginosa*, *Chromobacterium violaceum*, *Bacillus Stearothermophilus* и штаммы грибов *Penicillium melinii*, *Mucor miehei*, *Aspegillus niger* и *Rhizopus microsporus* широко используются для получения высокоактивных липаз. Поэтому в наших исследованиях проводили отбор среди местных штаммов трех видов бактерий – *P.aeruginosa*, *C.violaceum* и *B.stearothermophilus* и 4 видов грибов – *P.melinii*, *M.miehei*, *A.niger* и *R.microsporus* на способность продуцировать активную липазу.

Культивирование 4-х дневного инокулиума микроорганизмов проводили на агаризованных средах Лурия–Бертани (LB), в среде с содержанием: 0,5 г/л NaCl, 0,5 г/л пептона, 0,2 г/л дрожжевого экстракта. Для подбора оптимальной среды для продуцирования липаз в питательную среду добавляли 0,5% хлопкового масла. Выращивание проводили при температуре 24–26°C, аэрации 0,5 л/мин, скорости вращения пропеллера 150–200 обор/мин. Динамику накопления липазы в культуральных жидкостях (КЖ) продуцентов наблюдали в течение 4 суток культивирования, отбирая пробы через каждые 12 часов. Ферментативную активность в КЖ определяли рН-стат методом, используя в качестве субстрата трибутирин; количество белка определяли методом Лоури. Полученные результаты представлены на рисунке.

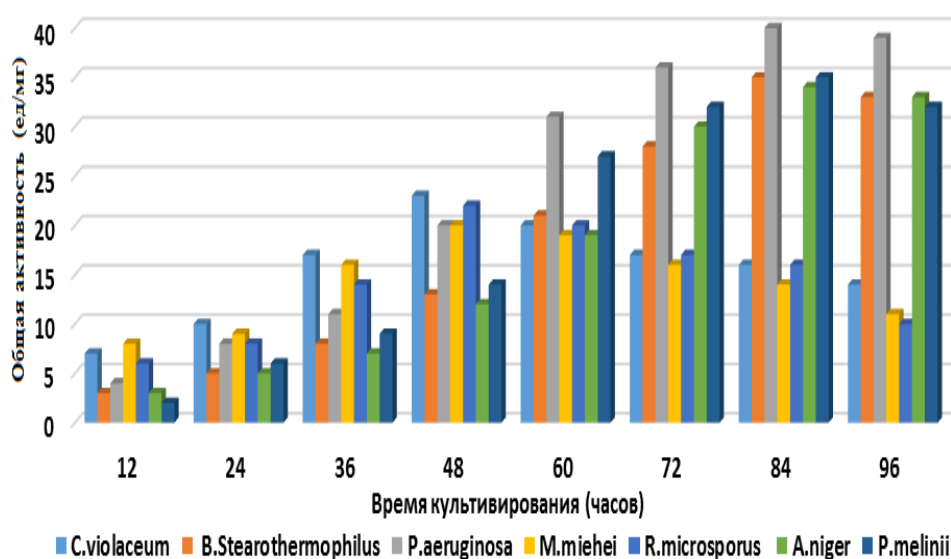


Рисунок 1 - Динамики накопления фермента

Изучение динамики накопления липазы в процессе роста продуцентов в оптимизированной питательной среде с 0,5% хлопковым маслом показали, что наибольшую способность к биосинтезу фермента обладал среди бактерии *P.aeruginosa*, а среди грибов *P.melinii*. При этом общая липазная активность в КЖ составляла 40 ед/мг и 35 ед/мг соответственно.

Способность культур секретировать липазы в КЖ в среде с 1% хлопковым маслом между собой распределялась следующим образом: грибы: *M.miehei* < *R.microsporus* < *A.niger* < *P.melinii*; бактерии: *C.violaceum* < *B.stearothermophilus* < *P.aeruginosa*.

Полученные КЖ отфильтровали и лиофильно высушили. Далее исследовали специфичность липаз по трансэтерификации функциональных группировок: ферментные препараты с общей липазной активностью 50 ед/мл добавляли к смеси метанол : масло (1 : 3, об:об) из расчета к субстрату до 10%. Реакцию трансэтерификации проводили при интенсивном перемешивании, при комнатной температуре. Протекание реакции наблюдали в течение 24 часов с помощью ТСХ на пластинках «Silufol». В качестве подвижной фазы использовали толуол. При этом Rf продуктов ферментативной реакции составляло: 0,3 – триглицериды, 0,5 – диглицериды, 0,75 – моноглицериды, 0,9 – метиловые эфиры жирных кислот. Эффективность трансэтерификации оценивали по интенсивности пятен метиловых эфиров жирных кислот и других продуктов ферментативной реакции. Полученные результаты приведены в таблице.

Как видно из таблицы, среди бактериальных препаратов наиболее эффективным является препарат продуцируемой бактерией

P.aeruginosa трансэтерифицирующая способность которого, в условиях проведения экспериментов, составила $85\pm 0,04\%$, тогда как способность бактериальных препаратов *C. violaceum* и *C.violaceum* намного меньше – $24\pm 0,02\%$ и $36\pm 0,03\%$ соответственно.

Таблица – Эффективность ферментативной трансэтерификации триглицеридов до метиловых эфиров жирных кислот $M\pm n$ ($n=3$)

Ферментные препараты	Количество (%)				
	ТГЦ	ДГЦ	МГЦ	ЖК	МЭЖХ
<i>Бактериальные препараты</i>					
<i>P.aeruginosa</i>	-	-	$3\pm 0,02$	$12\pm 0,02$	$85\pm 0,04$
<i>C. violaceum</i>	$2\pm 0,01$	$2\pm 0,015$	$3\pm 0,01$	$69\pm 0,04$	$24\pm 0,02$
<i>B.Stearothermophilus</i>	$2\pm 0,03$	$3\pm 0,016$	$4\pm 0,03$	$55\pm 0,03$	$36\pm 0,03$
<i>Грибные препараты</i>					
<i>P.melinii</i>	-	$2\pm 0,01$	$4\pm 0,04$	$14\pm 0,01$	$80\pm 0,04$
<i>M.miehei</i>	-	-	$8\pm 0,01$	$36\pm 0,03$	$56\pm 0,03$
<i>A.niger</i>	-	-	-	$59\pm 0,01$	$41\pm 0,04$
<i>R.microsporus</i>	$1\pm 0,02$	$2\pm 0,013$	$2\pm 0,012$	$30\pm 0,012$	$65\pm 0,04$

Причем, грибные препараты также не уступают бактериальным препаратам. *P.melinii* обладает трансэтерифицирующей способностью – $80\pm 0,04\%$, что на 5% меньше чем у бактерии *P.aeruginosa*. Тогда как у препаратов из *M.miehei*, *A.niger* и *R.microsporus* эта способность составила $56\pm 0,01$, $34\pm 0,04$ и $65\pm 0,04\%$ соответственно.

Таким образом, из полученных результатов видно, что бактериальный препарат *P.aeruginosa* обладает наибольшей трансэтерифицирующей способностью. Исходя из этого, продолжаются исследование по подбору оптимальных условий культивирования бактерии.

**РОСТСТИМУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ ГРИБОВ
ASPERGILLUS TERREUS И *PLEUROTUS OSTREATUS***

Регуляторы роста и развития растений (РРР) привлекают серьезное внимание с 20–30-х годов прошлого столетия, когда было выяснено строение некоторых выделенных из растений стимулирующих веществ и показана их принципиальная возможность использования как и синтетических аналогов РРР и других синтетических веществ для изменения процесса роста растений при экзогенной обработке. Фитоактивные полимеры являются готовыми препаратами, пригодными для использования практически всеми известными методами: опрыскиванием проростков и растений, замачиванием черенков перед укоренением и прививкой, замачиванием семян, введением в дрожжевые оболочки и в культивационные среды в биотехнологических процессах, использующих культуры растительных клеток [1].

А.В. Лазарев изучал применение регуляторов роста гиббереллинового ряда (гибберелловой кислоты и гибберсиба) для преодоления асинхронности цветения растений родительских линий пекинской капусты при гибридном семеноводстве за счет ускорения генеративного развития растений поздноцветущей линии [2].

Известно, что продуцентами ростстимулирующих веществ являются микромицеты, в частности, представители грибов рода *Aspergillus*. Скрининг продуцентов, определение содержания и препаративное разделение гиббереллиновой кислоты представляет большой практический интерес для сельского хозяйства.

Настоящая работа посвящена изучению биосинтеза гиббереллиновой кислоты микромицетом *Aspergillus terreus* и базидиомицетом *Pleurotus ostreatus*.

Содержание гиббереллиновой кислоты в культуральных жидкостях в динамике роста грибов определяли методом Г. С. Муромцева и М. Н. Нестюка [3].

Качественную идентификацию гиббереллиновой кислоты в культуральных жидкостях *Aspergillus terreus* и *Pleurotus ostreatus* проводили методом тонкослойной хроматографии на пластинках с силикагелем «Silufol» («Кавалиер», Чехославакия) с использованием системы растворителей пропанол : аммиак : вода в соотношении 80 : 15 : 15. Перед нанесением образцов на хроматограмму, культуральные жидкости продуцентов сгущали на роторно-пленочном испарителе

при температуре 30–40°С до следующих объемах:

- *Aspergillus terreus*: начальный объем – 210 мл; конечный объем – 27 мл; степень сгущения 7,7 раза; концентрация гиббереллиновой кислоты – 769,9 мкг/мл;

- *Pleurotus ostreatus*: начальный объем – 200 мл; конечный объем – 26,5 мл; степень сгущения 7,5 раза; концентрация гиббереллиновой кислоты – 358,4 мкг/мл.

После чего гиббереллиновую кислоту из сгущенной культуральной жидкости экстрагировали бутиловым спиртом. На пластинку наносили раствор гиббереллина с концентрацией 1 мг/мл в количестве 10 мкл; сгущенную экстрагированную культуральную жидкость *Aspergillus terreus* – 15 мкл; сгущенную экстрагированную культуральную жидкость *Pleurotus ostreatus* – 20 мкл. После разделения нанесенных образцов, пластинку высушивали на воздухе, затем проявляли опрыскиванием 70%-ным раствором H₂SO₄. После чего хроматографические пластинки снова подсушивали на воздухе и помещали в сушильный шкаф на 5 мин при температуре 60°С. Пятна гиббереллиновой кислоты выявляли при освещении ультрафиолетовым светом, просматривая на ультрахемоскопе [4] (таблица).

Таблица – Динамика накопления гиббереллиновой кислоты в культуральных жидкостях грибов

Продуцент	Продолжительность культивирования, сутки				
	Количество гиббереллина, мкг/мл				
	3	6	9	12	15
<i>Aspergillus terreus</i>	12,0	25,2	66,1	81,6	101,5
<i>Pleurotus ostreatus</i>	-	11,1	24,7	39,6	47,6

Как показывают данные, приведенные в таблице, в культуральных жидкостях *Aspergillus terreus* и *Pleurotus ostreatus* образуется гиббереллиновая кислота. Производство гиббереллиновой кислоты штаммом *Aspergillus terreus* начинается с 3-х суток культивирования. При этом образуется 12 мкг/мл гиббереллиновой кислоты. Дальнейшее выращивание *Aspergillus terreus* приводит к повышению содержания гиббереллиновой кислоты и достигает максимума к 15 суткам и составляет 101,5 мкг/мл. В культуральной жидкости *Pleurotus ostreatus* образование гиббереллиновой кислоты начинается на 6 сутки культивирования и ее содержание составляет 11,1 мкг/мл. На 15 сутки культивирования штамма *Pleurotus ostreatus* количество гиббереллиновой кислоты достигает 47,6 мкг/мл. Полученные результаты показали, что количество образовавшейся гиббереллиновой кислоты меньше, чем в культуральной жидкости *Fusarium moniliforme* (проду-

цента данного фитогормона), где ее содержание на 15 сутки культивирования достигает 690 мкг/мл [5].

В последующих работах изучали влияние культуральной жидкости на всхожесть семян хлопчатника. В качестве контроля использовали раствор гиббереллиновой кислоты с концентрацией 1 мг/мл и воду. Все образцы были замочены в течение двух часов и высеяны в чашки Петри. Всхожесть семян изучали в течение 120 часов. Было выявлено, что семена, замоченные в культуральной жидкости гриба *Aspergillus terreus*, образовывали проростки на 80%, а *Pleurotus ostreatus* – на 70%. В контроле семена, замоченные в растворе гиббереллиновой кислоты, образовывали ростки на 80%, а замоченные водой – на 50%.

Исследования показали, что в культуральных жидкостях грибов *Aspergillus terreus* и *Pleurotus ostreatus* образуется гиббереллиновая кислота – вещество, обладающая ростстимулирующими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штильман М.И. Фитоактивные полимеры // Соросовская образовательный журнал – М., 1998. №10. – С. 44-49.

2. Лазарев А.Б. Разработка элементов технологии семеноводства гетерозисный гибридов капусты пекинской: Автореф. Дисс.канд. с/х. наук. – М., Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2006. – С.24.

3. Муромцев Г.С., Нестюк М.Н. Количественное колориметрическое определение гиббереллиновой кислоты // Вестник сельскохозяйственной науки. – М., 1966. – № 2. – С. 119-122.

4. Муромцев Г.С., Агнестикова В.Н. Гиббереллины. – М.: Наука, 1984. – 208 с.

5. Зухритдинова Н.Ю. Микробные ростстимуляторы и их влияние на сельскохозяйственные культуры: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Ташкент, Институт микробиологии АН РУз, 2008. – 22 с.

М. Э. Саттаров, доц., канд. биол. наук;
Ш. А. Умарова, студ.; Г. К. Нурмухамедова, студ.
(ТГТУ, г. Ташкент)

**ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ГРИБОВ
ASPERGILLUS TERREUS И *PLEUROTUS OSTREATUS* НА
ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА**

Целый ряд целлюлолитических ферментов, в основном из микромицетов родов *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* и др., производится в промышленных масштабах. Они успешно используются в процессах гидролиза целлюлозы различного происхождения, которые осуществляются в различных отраслях промышленности – деревообрабатывающей, хлопкоочистительной, целлюлозно-бумажной, текстильной, пищевой, а также в кормопроизводстве, экологической биотехнологии. Энзиматические методы, основанные на использовании целлюлаз, являются также уникальным инструментом при химических и биохимических научных исследованиях, основанные на гидролизе полисахаридов с различными свойствами и структурой [1, 2].

Свойства ферментов целлюлазной системы, а также их взаимодействие в составе целлюлазного комплекса определяют эффективность данных ферментов при гидролизе целлюлозосодержащих субстратов, особенно с гетерогенным составом. Например, клеточные стенки древесных растений имеют сложную, высокопрочную, т.е. высококристаллическую структуру, определяющую, прежде всего, их устойчивость не только к химической, но и к микробной деградации. Их разложение, в природных условиях, осуществляется, главным образом, базидиомицетами и почвенными мицелиальными грибами за довольно долгие сроки [3]. Для интенсификации процесса целлюлолизиса следует употреблять высокоактивные ферменты, причем с определенными свойствами, в зависимости от степени чистоты целлюлозы или ее производных.

В данной работе в целях выявления перспективности практического использования в хлопководстве двух форм грибных целлюлаз изучено влияние смеси (1 : 1) очищенных ферментов микромицета и макромицета, содержащей 140 ед/мг активности. Учитывали влияния ферментной смеси на всхожесть семян и рост проростков хлопчатника в лабораторных условиях путем обработки опушенных семян хлопчатника сорта «Наманган-77».

Известно, что в сельскохозяйственной практике при предпосевной обработке замачивание опушенных семян хлопчатника проводят

при расходе воды до 500 л/т семян [4, 5]. В наших опытах семена замачивали смесью ферментов, разбавление которых вели с учетом нормы расхода фермента на гидролизуемый субстрат.

Предпосевную обработку семян проводили в четырех вариантах:

1) семена хлопчатника, замоченные в смеси очищенных эндоглюканаз грибов *Aspergillus terreus* и *Pleurotus ostreatus*;

2) семена хлопчатника, замоченные в очищенной эндоглюканазы гриба *Aspergillus terreus*;

3) семена хлопчатника, замоченные в очищенной эндоглюканазы гриба *Pleurotus ostreatus*;

4) контроль – семена хлопчатника, замоченные в дистиллированной воде.

Предпосевная замочка семян продолжалась в течение 2 часов при температуре 22–25°C, затем семена подсушивали на воздухе и высевали в чашки Петри и горшки со стерильным песком.

Всхожесть семян определяли в течение 3–5 суток (таблица), рост проростков в горшках проводили в течение 9–12 суток, на предварительно простерилизованном и увлажненном дистиллированной водой песке (60% масс). На 9 сутки проростки извлекали из грунта и измеряли длину растения и корней.

Таблица – Влияние целлюлаз *Aspergillus terreus* и *Pleurotus ostreatus* на всхожесть семян хлопчатника

№	Варианты	Всхожесть семян на сутки, %	
		3	5
1	Семена хлопчатника, замоченные в смеси очищенных эндоглюканаз грибов <i>Aspergillus terreus</i> и <i>Pleurotus ostreatus</i>	90	96
2	Семена хлопчатника, замоченные в очищенной эндоглюканазе гриба <i>Aspergillus terreus</i>	75	92
3	Семена хлопчатника, замоченные в очищенной эндоглюканазе гриба <i>Pleurotus ostreatus</i>	80	94
4	Контроль – семена хлопчатника, замоченные в дистиллированной воде	40	75

Из данных в таблице видно, что всхожесть семян значительно увеличивалась при предпосевном замачивании грибными препаратами, чем в контрольном варианте. Так, например, всхожесть 3-х суточных семян, обработанных смесью эндоглюканаз, составляла 90%, эндоглюканазой *Aspergillus terreus* – 70%, эндоглюканазой *Pleurotus ostreatus* – 80%, тогда как у контрольных семян – 40%.

Таким образом, было установлено, что целесообразным является совместное использование эндоглюканаз микроскопического гриба *Aspergillus terreus* и базидиального гриба *Pleurotus ostreatus*, так как всхожесть семян и дальнейший рост проростков свидетельствуют о возможности их использования в хлопководстве при предпосевной обработке семян хлопчатника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скомаровский А.А., Гусаков А.В., Окунев О.Н., Соловьева И.В., Бубнова Т.В., Кондратьева Е.Г., Сеницын А.П. Гидролитическая способность ферментных препаратов из грибов родов *Penicillium* и *Trichoderma* // Прикладная биохимия и микробиология. – М., 2005. – Т. 41. – №2. – С. 210–212.
2. Ахмедова З.Р. Лигнинолитические, ксиланолитические и целлюлолитические ферменты некоторых базидиальных грибов и их взаимосвязь в разложении лигноцеллюлозы: Автореф. дисс... докт. биол. наук. – Ташкент, Институт микробиологии АН РУз, 1999. – 42 с.
3. Рабинович М.Л., Мельник М.С. Прогресс в изучении целлюлолитических ферментов и механизм биodeградации высокоупорядоченных форм целлюлозы // Успехи биологической химии. – М., 2000. – Т. 40. – С. 205–266.
4. Э.Т. Шайхов ва бошқалар. Пахтачилик: Дарслик. – Т.: Меҳнат, 1990. –250 с.
5. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных для применения в сельском хозяйстве Республики Узбекистан. – Ташкент, 2007. – 240 с.

К. К. Назаров, доц., канд. биол. наук;
 М. М. Рахимов, ассист.; М. Ф. Шукурхонова ассист.;
 Н. М. Алавиддинова, студ. (ТГТУ, г. Ташкент)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ОГОЛЕНИЯ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

Исследования, проведенные по ферментативному гидролизу волокнистого остатка после механического оголения семян показали, что делинт имеет более высокую реакционную способность по сравнению с линтом и хлопковым волокном [1, 2]. В связи с этим была опробована возможность проведения ферментативного гидролиза волокнистой части семян без предварительного съема волокна.

Важными факторами, влияющими на эффективность ферментативного гидролиза целлюлозы, являются качественный и количественный состав целлюлазного комплекса, а также кинетические параметры действующих компонентов [2, 3, 4, 5].

В связи с этим, первой задачей, которую обычно решают при разработке метода ферментативного гидролиза данного целлюлозного сырья – это выбор наиболее активной композиции ферментных препаратов. Поэтому мы в первую очередь подбирали композицию ферментов для гидролиза подпушка семян хлопчатника. Результаты представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы полное оголение семян достигается за 3–6 часов. При этом из подпушка образуется глюкоза с выходом 3–8 г/л.

Таблица 1 - Влияние соотношения целовиридина ГЗх и пектофоетидина ГЗх на продолжительность оголения семян хлопчатника

Состав ферментного препарата	Соотношение целл/пектоф	Время оголения, часы	Начальная скорость оголения	Выход глюкозы, г/л	Оголенные семена, шт	Неоголенные семена, шт
Целловиридин : пектофоетидин	1 : 1	4	0,176	0,704	19	31
Целловиридин : пектофоетидин	2 : 1	3	0,349	1,056	30	20
Целловиридин : пектофоетидин	3 : 1	4	0,521	2,156	41	9
Целловиридин : пектофоетидин	4 : 1	3	0,831	2,920	50	-
Целловиридин : пектофоетидин	5 : 1	4	0,656	2,420	39	11
Целловиридин : пектофоетидин	6 : 1	4	0,315	1,298	44	6

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7
Целловиридин : пектофоетидин	1 : 2	4	0,239	1,078	3	47
Целловиридин : пектофоетидин	1 : 3	4	0,441	1,051	11	39
Целловиридин : пектофоетидин	1 : 4	6	0,170	1,029	16	24
Целловиридин : пектофоетидин	3 : 2	3	0,623	2,820	50	-

Примечание. $E=50$ ед/г, $E=3\%$, $S=50$ шт, $t=45$ °С.

Наиболее эффективными оказались два ферментных препарата целловиридин ГЗх и пектофоетидин ГЗх в соотношении 3 : 2. Эта композиция за 3 часа полностью оголяла семена при выходе глюкозы 2,8 г/л.

Из данных таблицы 2 следует, что концентрацию ферментного препарата можно увеличивать до 3% снизив время ферментативного гидролиза до 3 часов. Дальнейшее увеличение концентрации фермента не имеет смысла, так как оно уже не уменьшает времени полного оголения семян.

Таблица 2 - Время обработки семян хлопчатника в зависимости от концентрации ферментного препарата

№	Концентрация ферментов	Время обработки 0,5%ПАВ, час	Время оголения семян, час	Выход глюкозы г/л	Оголенные семена, шт	Неоголенные семена, шт
1	0,1	1	8	0,11	48	2
2	0,25	1	6	0,352	42	8
3	0,5	1	7	0,638	50	-
4	0,75	1	5	0,506	42	8
5	1,0	1	5	0,704	41	9
6	1,25	1	5	1,034	44	6
7	1,5	1	5	1,54	45	5
8	2,0	1	3	0,902	33	17
9	2,5	1	3	2,2	49	1
10	3,0	1	3	3,04	50	-
11	3,5	1	3	2,89	50	-

Примечание. $E=50$ ед/г, $E=3\%$, $S=50$ шт, $t = 45$ °С.

Исследование семян после ферментативного оголения на всхожесть показало, что они не теряют своей биологической активности, т.е. всхожесть семян была такая же, как и в контроле после оголения концентрированной серной кислотой и составляла $93,4 \pm 2,4\%$. Существующие в настоящее время методы оголения семян являются энергоемкими (механический, аэродинамический) или экологически вред-

ными (химический). Предлагаемый метод неэнергоемкий и экологически чистый. Затраты на ферментные препараты могут окупиться, в результате продажи глюкозного сиропа, который является ценным продуктом для химической, микробиологической промышленности. Попутно решается проблема утилизации подпушка, который остается при механическом и аэродинамическом оголении семян.

Таким образом, в результате наших исследований разработан метод ферментативного гидролиза подпушка семян хлопчатника, который может быть использован в семеноводстве для получения оголенных семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арифов У. А., Кулагин А. И., Парилис Э. С., Хармац Д. Е.. Оголение семян хлопчатника. Ташкент. Из-во АН УзССР. 1962. С.285-287.

2. Мамедов, Н. Н. Индустриальный метод подготовки семян хлопчатника и точный посев в условиях Азербайджана [Текст] / Н.Н. Мамедов, С.Х. Багиров // Сб. статей БГУ, 2012.

3. Kumar R., Singh S., Singh O.V. // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 2008. Vol. 35. N 5. P. 377. 4. Gusakov A.V. // Biofuels. 2013. Vol. 4. N 6. P. 567.

4. Payne C.M. [et al.]// Chem. Rev. 2015. Vol. 115. N 3. P. 1308.

5. А. С. Доценко, А.В. Гусаков, А.М. Рожкова, П.В. Волков, О.Г. Короткова, А.П. Сеницын. Ферментативный гидролиз целлюлозы смесями мутантных форм целлюла. – Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия. 2018. Т. 59. № 2.

Научное издание

ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

**Материалы докладов 84-й научно-технической конференции
посвященной 90-летию юбилею БГТУ
и Дню белорусской науки
(с международным участием)
Электронный ресурс**

В авторской редакции

Компьютерная верстка:
*Домненкова А.В., Кардаш Ю.Н., Нестерова С.В.,
Чернявская Е.Ф., Е.О. Черник*

Усл. печ. л. 20,98. Уч.-изд. л. 21,66.

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/227 от 20.03.2014
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.