



# ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Научно-практическая конференция

## I ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

# 2025

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Х.М. БЕРБЕКОВА

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ ИМ. М.В. ЛОМОНОСОВА

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО МАТЕРИАЛАМ И НАНОМАТЕРИАЛАМ

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ СОЕДИНЕНИЯМ

ОТДЕЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК РАН

НАУЧНЫЙ СОВЕТ РАН ПО СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

## **ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

материалы I всероссийской научно-практической конференции

Нальчик 2025

УДК 691.175.5/8: 631

ББК 24.71: 4

П 50

Полимеры для сельского хозяйства

[Текст]: Материалы Всероссийской научно-практической конференции  
«Полимеры для сельского хозяйства». – Нальчик, 2025, - 29 с.

Сборник содержит материалы ведущих специалистов и молодых ученых,  
работающих в области создания материалов и технологий для  
агропромышленного комплекса, представленных на Всероссийской научно-  
практической конференции «Полимеры для сельского хозяйства»,  
состоявшейся в г. Нальчике 21-25 сентября 2025 года.

Редакционная коллегия:

Хаширова С.Ю., чл. –кор. РАН

Ярославов А.А., чл. –кор. РАН

Виндижева А.С.

Долгова А.А.

Гедуев А.А.

Ответственный редактор Хаширова С.Ю., чл. –кор. РАН

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

УДК 664-4

## **РАЗРАБОТКА ПЛЕНОК ИЗ АЛЬГИНАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ УПАКОВКИ ПРОДУКТОВ**

**Пенькова А.В., Дмитренко М.Е., Кузьминова А.И.,**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*E-mail: a.penkova@spbu.ru*

Ключевые слова: биоупаковка, полисахариды, биоразлагаемость, покрытия, антимикробные свойства.

Повышение экологической осознанности и растущие требования к безопасности пищевых продуктов стимулируют разработку и внедрение биоразлагаемой упаковки. Полисахариды, как возобновляемое и биоразлагаемое сырье, представляют собой перспективную основу для создания альтернативы традиционной полиэтиленовой упаковке. В данной работе представлены два типа биоупаковки на основе полисахаридов: покрытия в виде дисперсий для фруктов и овощей и твердые пленки для упаковки различных пищевых продуктов.

Биопокрытия в виде дисперсий для фруктов и овощей предназначены для продления срока годности, защиты от механических повреждений и микробиологической порчи, и улучшения внешнего вида. Их состав включает полисахариды как матрицу, пластификаторы и антимикробные добавки. Механизм действия заключается в создании барьера, регулирующего газообмен (снижение скорости дыхания), предотвращении потери влаги и ингибировании роста микроорганизмов. К преимуществам относятся съедобность (или легкая смываемость), простота нанесения (опрыскивание, погружение) и возможность включения функциональных добавок (витамины, антиоксиданты). Недостатки включают относительно невысокую механическую прочность, зависимость

свойств от условий хранения и потенциальную аллергенность некоторых компонентов.

Твердые биоразлагаемые пленки предназначены для замены полиэтиленовой упаковки для широкого спектра пищевых продуктов. Их состав включает в качестве матрицы также полисахариды, пластификаторы, усиливающие добавки, антиоксиданты и антимикробные добавки. К требованиям к пленкам относятся достаточная механическая прочность и эластичность, низкая проницаемость для кислорода, углекислого газа и водяного пара, термостойкость и биоразлагаемость в условиях компостирования. Преимуществами являются экологичность, возможность создания пленок с заданными свойствами, совместимость с технологиями пищевой промышленности. Недостатки включают более высокую стоимость по сравнению с полиэтиленовой упаковкой, сложность достижения оптимального баланса между механическими и барьерными свойствами, и повышенную чувствительность к влаге.

Перспективы заключаются в разработке композиционных материалов на основе полисахаридов для улучшения свойств, использовании нанотехнологий для создания "умной" упаковки с индикаторами свежести продукта, и снижении стоимости производства за счет использования отходов пищевой промышленности в качестве сырья. В рамках данной работы была проведена экстракция различных добавок (наноцеллюлозы, алоэ вера, антоцианов из различных компонентов, др.) для разработки упаковки на основе биополимеров с дополнением других компонентов для придания заданных и/или функциональных свойств. Также были разработаны и изучены композиты с различной комбинацией биополимеров и других компонентов и проведена оптимизация способа их приготовления. Данное исследование направлено на оптимизацию состава, технологии производства и снижение стоимости для широкого внедрения биоупаковки в пищевую промышленность и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

## **Благодарность**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ, грант № 075-15-2025-612 от 23.07.2025. Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров: Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Инновационные технологии композитных наноматериалов, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов Санкт-Петербургского Государственного Университета.

УДК 544.23.022.346: 544.723.5

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СУПЕРАБСОРБЕНТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Лавлинская М.С., Журавлев И.А., А.И. Юткина, Сорокин А.В.**

*Воронежский государственный университет*

*E-mail: maria.lavlinskaya@gmail.com*

Ключевые слова: композиционные суперабсорбенты, пластификация полимеров, равновесная степень набухания, матрицы для создания умных удобрений.

Композиционные суперабсорбенты (КСАП) представляют собой сетчатые полимерные структуры, способные удерживать значительные количества жидкости и содержащие в своем составе синтетические – акрилатные – и биodeградируемые (чаще всего – полисахаридные) звенья. Такие материалы – перспективные кандидаты для решения проблем орошения, опустынивания и эрозии сельскохозяйственных угодий, так как антропогенная нагрузка на почвы в случае их использования ниже по сравнению синтетическими аналогами. Однако в химии КСАП существует проблема обратной зависимости водопоглощения от содержания полисахаридной фракции, т.е. чем более экологически безопасен материал, тем меньшее количество жидкости он способен поглотить. Последнее ограничивает широкое практическое применение КСАП в агротехнологиях. Перспективным решением обозначенной проблемы является использование пластификаторов, что приводит к снижению общей жесткости структуры и повышению доступности сорбционных центров макромолекул для взаимодействия с сорбатами различной природы. При этом подобный подход ранее не применялся с целью повышения влагоемкости композиционных суперабсорбентов.

Целью настоящей работы является исследование влияния пластифицирующих добавок – сложных эфиров янтарной и яблочных кислот со спиртами С4 различного строения – на влагопоглощающую способность композиционных суперабсорбентов на основе натрий-карбоксиметилцеллюлозы, акрилата калия и акриламида и оценка их перспектив использования в сельском хозяйстве в качестве «резервуаров» для отложенного полива растений.

В ходе исследования показано, что строение молекулы пластификатора оказывает непосредственное влияние на влагопоглощающие свойства синтезированных КСАП, количественно характеризуемые равновесной степенью набухания  $Q_e$ . Использование эфиров янтарной кислоты приводит к повышению равновесной степени набухания до 65 %, причем усиление эффекта наблюдается в случае использования соединений, содержащих остатки разветвленных спиртов. В случае применения эфиров яблочной кислоты наблюдается снижение значений  $Q_e$ .

В результате исследования полученных образцов КСАП, осуществленного методами ИК-спектроскопии, ДСК и дифракции рентгеновских лучей, установлено, что пластификаторы на основе янтарной кислоты препятствуют образованию дополнительных водородных связей внутри сетки композиционного суперабсорбента, что повышает доступность сорбционных центров для молекул воды. В случае использования эфиров яблочной кислоты, отличающейся от янтарной наличием ОН-группы, происходит образование дополнительных поперечных сшивок, препятствующих взаимодействию сетки КСАП с водой.

Для оценки потенциала использования полученных суперабсорбентов в сельском хозяйстве в качестве «резервуаров» для отложенного полива растений, был заложен микроделяночный эксперимент по оценке влияния полимеров различного состава на рост и вегетацию салата листового. Установлено, что

внесение 0.25 % суперабсорбента приводит к увеличению массы растения до 35 %, а также к увеличению содержания сухого вещества в листьях салатов.

Таким образом, показано, что пластификация – эффективный способ повышения водопоглощающей способности композиционных суперабсорбентов, обладающих высоким потенциалом применения в сельском хозяйстве в качестве «резервуаров» для отложенного полива растений.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 24-73-00251.

УДК 632.938.2:602

## **МОДИФИКАЦИЯ ХИТОЗАНА КАК СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**Зорин И.М.<sup>1</sup>, Домнина Н.С.<sup>1</sup>, Попова Э.В.<sup>2</sup>, Коваленко Н.М.<sup>2</sup>,**

**Новикова И.И.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт Петербургский государственный университет*

<sup>2</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений*

*E-mail: i.zorin@spbu.ru*

Ключевые слова: хитозан, модификация, биоцидная активность, элиситор, наночастицы.

Природные полимеры играют разнообразную роль в природе и в живом организме, а потому нередко именно они становятся основой для создания защитных средств от патогенов для растений. Большие надежды ученых на использование в этом качестве полисахарида хитозана, обладающего ценными физико-химическими свойствами, биоцидной и элиситорной активностями, полной безопасностью для окружающей среды, вполне оправдались. Однако применение непосредственно самого хитозана в защите растений от болезней ограничено его недостаточной эффективностью, а также нерастворимостью в водных средах ( $\text{pH} \geq 6$ ). Полисахаридная природа хитозана и наличие в нем реакционноспособных функциональных групп представляют уникальную возможность разнообразных химических модификаций, позволяющих придавать новые свойства этому полимеру в соответствии с поставленной задачей. При этом следует учитывать факт, что специальные методы получения хитозана из хитина, извлекаемого из различных природных источников (криль, грибы, насекомые и др.), обуславливают структурную и функциональную неоднородность макромолекул хитозана по многим параметрам и затрудняют стандартизацию полимера при сравнительной оценке. В связи с этим данное

исследование выполнено с использованием исходного хитозана, имеющего молекулярную массу 150 кДа и степень деацетилирования 85% (Биопрогресс, Россия), дополнительно модифицированного для получения средств защиты растений.

1) Демполимеризация исходного хитозана под действием химических реагентов.

Методом окислительной деструкции в присутствии  $\text{NaNO}_2$  проведена демполимеризация хитозана с получением образцов с разной молекулярной массой (6.5-100 кДа), но с одинаковой степенью де-ацетилирования 85%. Установлена нелинейная зависимость биоцидной активности образцов хитозана от молекулярной массы.

2) Образование хелатных комплексов с ионами металлов с переменной валентностью

Изучение хелатных комплексов хитозана с ионами металлов (Cu, Zn, Fe) позволили выявить общие закономерности в проявлении биологической активности в зависимости от типа металла, молекулярной массы хитозана, вида микроорганизма. При этом комплекс хитозана с ионами меди оказался самым эффективным независимо от величины молекулярной массы и типа патогена.

3) Ионное и ковалентное связывание хитозана с биологически активными веществами

Модификация хитозана органическими кислотами, в частности, бензойными, через ионную связь усиливает его индуцирующую активность. Самый высокий эффект зафиксирован для олигомеров салицилата хитозана в защите пшеницы от темно-бурой пятнистости (до 90%), что можно связать со способностью этого производного активизировать механизмы локальной и системной устойчивости растений к патогенам. Предложен новый подход к созданию индукторов устойчивости на основе хитозана, содержащего в цепи фрагменты с антиоксидантной и прооксидантной активностями в определенном соотношении. Хитозан, модифицированный салициловой кислотой и

ванилином, представляет оптимальный вариант полимерной системы с регулируемыми иммуномодулирующими свойствами для защиты растений пшеницы от патогенов с разным типом питания.

4) Формирование наночастиц методами ионного гелеобразования и дробного осаждения

Из хитозана (6.5-60 кДа) и триполифосфата получены наночастицы со средним размером около 100 нм. Методически простым способом дробного осаждения раствора хитозана (6.5-14-60 кДа) щелочью получены два типа дисперсий наночастиц, различающиеся значениями pH среды при их формировании (pH=5 и pH=7), что отразилось на составах дисперсий. Методом атомно-силовой спектроскопии установлены размеры и морфология частиц в дисперсиях. Все дисперсии наночастиц проявили высокие антимикробную и элиситорную активности.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553).

УДК 664-4

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ АЛЬГИНАТ  
НАТРИЯ/ЖЕЛАТИН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО  
УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА**

**Кузьминова А.И., Дмитренко М.Е., Джакашов И.П., Пенькова А.В.**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*E-mail: a.kuzminova@spbu.ru*

Ключевые слова: альгинат натрия, желатин, наноцеллюлоза, композит, упаковка продуктов.

Безопасность пищевых продуктов – глобальная проблема, затрагивающая сотни миллионов людей, страдающих от потребления загрязненной продукции, что подрывает здоровье населения и продовольственную безопасность, особенно в аграрных регионах. Скоропортящиеся пищевые продукты, составляющие основу рациона, остро нуждаются в защите, включая эффективную упаковку, на протяжении всего цикла: от производства и хранения до транспортировки и реализации, с целью обеспечения необходимого срока годности и сохранения пищевой ценности для потребителя. Однако, традиционные упаковочные материалы из невозобновляемых источников, ежегодно генерируя миллионы тонн отходов, загрязняют океаны и наносят непоправимый ущерб дикой природе и экосистемам, ставя под угрозу устойчивость сельского хозяйства и рыболовства, зависящих от здоровой окружающей среды. Разработка и внедрение инновационных упаковочных материалов на основе биополимеров представляет собой стратегически важный шаг для решения этих взаимосвязанных проблем, обеспечивая как продовольственную безопасность, так и экологическую устойчивость агропромышленного комплекса.

В рамках данного исследования была проведена разработка композитов на основе биополимеров, в частности, альгината натрия и желатина, с добавлением наноцеллюлозы с целью улучшения их механических свойств, представляющих

собой перспективную альтернативу традиционным упаковочным материалам в агропромышленном комплексе. Ключевым этапом работы стала оптимизация состава композитов, предусматривающая тщательный подбор соотношения альгината натрия и желатина, концентрации и формы частиц (кристаллы или фибриллы) вводимой наноцеллюлозы, а также оптимизацию метода их приготовления, направленных на достижение оптимальных структурных и функциональных характеристик. Для детального изучения структуры полученных композитов был использован комплекс современных аналитических методов, включая микроскопию (для визуализации морфологии), спектроскопию (для определения химического состава и взаимодействия компонентов), а также другие физико-химические методы, позволившие установить взаимосвязь между составом, структурой и свойствами разработанных материалов. Полученные результаты продемонстрировали, что варьирование соотношения альгината натрия и желатина оказывает существенное влияние на свойства формируемых композитов, позволяя целенаправленно регулировать их механическую прочность, барьерные характеристики и другие параметры, важные для применения в качестве упаковочных материалов. Разработанный композит для упаковочной пленки обладает потенциалом для существенного улучшения экологических, экономических и социальных аспектов цепочки поставок пищевых продуктов, особенно в сельскохозяйственном секторе, предлагая инновационное и практически значимое решение проблемы накопления пищевых отходов, снижения негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения продовольственной безопасности. Использование биоразлагаемой упаковки способствует развитию устойчивого сельского хозяйства, сокращению загрязнения почв и водных ресурсов, а также повышению привлекательности экологически чистой сельскохозяйственной продукции для потребителей.

## **Благодарность**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования РФ, грант № 075-15-2025-612 от 23.07.2025. Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров: Междисциплинарный ресурсный центр по направлению «Нанотехнологии», Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Инновационные технологии композитных наноматериалов, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов Санкт-Петербургского Государственного Университета.

УДК 547.639.5+541.64

## **СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИЕ ТЕТРАЗОЛЬНЫЕ ГРУППЫ, ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИОНОВ ЦИНКА И КОБАЛЬТА**

**Махмутова Л.И., Шурпик Д.Н., Стойков И.И.**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет*

*E-mail: E-mail: LIMakhmutova@kpfu.ru*

Ключевые слова: сенсоры, тетразолы, макроциклы, пилларарены

На сегодняшний день в почвах многих стран мира наблюдается дефицит и дисбаланс микроэлементов. Так как почва является основным источником поступления микроэлементов в растения, то мониторинг ее состояния является актуальной задачей для современных ученых, а разработка сенсоров для экспресс определения ее состава играет важную роль в агрохимии. Основная задача цинка в растениях связана с его участием в образовании хлорофилла, фотосинтезе и повышении активности ферментов. Также цинк влияет на водный режим растений, устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды. А его дефицит приводит к хлорозу плодовых культур и оказывает неблагоприятное воздействие на образование семян у колосовых культур. Однако избыток цинка способствует проявлению токсических свойств металла, что приводит к нарушению процессов метаболизма и замедлению роста растений. Кобальт также является необходимым элементом в питании растений, входит в состав витамина В12 и ферментов.

На сегодняшний день макроциклические соединения благодаря формированию комплексов типа «гость-хозяин» находят широкое применение для связывания катионов металлов. Подобные соединения обладают высокой селективностью и устойчивостью образующихся комплексов. Всё это позволяет использовать данные комплексы для создания сенсоров и молекулярных устройств.

В представленной работе в качестве макроциклической платформы нами был выбран представитель класса парациклофанов- пиллар[5]арен, замещенный тетразольными фрагментами. В литературе отмечена способность тетразольного цикла взаимодействовать с различными металлами. В связи с чем для изучения комплексообразования нами были выбраны следующие ионы металлов:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pd}^{2+}$ ,  $\text{Gd}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Tb}^{3+}$  и  $\text{Mo}^{6+}$ . При помощи метода УФ (электронной) спектроскопии значительные изменения в спектрах наблюдались только в случае  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . Соответствующие константы ассоциации были рассчитаны при помощи спектрофотометрического титрования, проведенного с растворами  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  при  $0\text{--}1 \times 10^{-3}$  М и при постоянной концентрации макроцикла ( $1 \times 10^{-5}$  М). Стехиометрия комплекса определена при помощи метода изотерм связывания и оказалась равна 1:1. Рассчитанные логарифмы констант ассоциации ( $\log K_a$ ) для систем с цинком и кобальтом составили в случае комплекса с  $\text{Co}^{2+}$   $\log K_a = 4.39$  и  $\log K_a = 3.34$  в случае с  $\text{Zn}^{2+}$ . Исследование взаимодействия пиллар[5]арена с избытком катионов металла в водной среде показало связывание только в системах с  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . Спектральные изменения в УФ- спектрах в воде оказались значительно меньше, чем в спиртовом растворе. Вероятно, высокая диэлектрическая проницаемость воды существенно повлияла на эффективность взаимодействия макроцикла с ионами металла. При помощи метода динамического рассеяния света было обнаружено, что значение ИПД (0.22) наблюдалось при среднем гидродинамическом диаметре ( $D = 981$  нм) для соотношения макроцикл/ $\text{Zn}^{2+} = 1:1$  ( $1 \times 10^{-3}$  М) в спиртовом растворе. Минимальное значение среднего гидродинамического диаметра ( $D = 231.4$  нм) было обнаружено для соотношения макроцикл/ $\text{Co}^{2+} 1:1$  ( $1 \times 10^{-3}$  М) вместе с минимальным ИПД (0.10) в спиртовом растворе.

Таким образом, в результате проведенной работы была продемонстрирована способность пиллар[5]аренов взаимодействовать с  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  в водных и спиртовых растворах с использованием динамического рассеяния света, УФ

(электронной) спектроскопии и флуоресцентной спектроскопии. Стехиометрия для полученных комплексов была 1:1. Рассчитанные логарифмы констант ассоциации составили 4.39 в случае с кобальтом и 3.34 с цинком в спиртовых растворах и 5,12 с кобальтом и 4.68 с цинком в водных растворах. Согласно данным УФ (электронной) спектроскопии модельные соединения не взаимодействовали с металлами, что указывает на ключевое влияние макроциклического эффекта на взаимодействие пиллар[5]аренов с  $Zn^{2+}$  и  $Co^{2+}$ .

### **Благодарность**

Работа выполнена за счет средств проекта № FZSM-2023-0018 государственного задания.

УДК 631.8

## **ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**Морозкина С.Н.<sup>1</sup>, Снетков П.П.<sup>1</sup>, Шайкенов Р.О.<sup>1</sup>, Сербун П.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Университет ИТМО*

*E-mail: [morozkina.svetlana@gmail.com](mailto:morozkina.svetlana@gmail.com)*

Ключевые слова: природные полимеры, хитозан, эфирные масла, альгинат, целлюлоза.

Грибковые патогены приводят к значительным потерям урожая многих важных сельскохозяйственных культур во всем мире. С ними обычно борются с помощью фунгицидов, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду. Более устойчивая защита растений основана на природных углеводных биополимерах, поскольку они поддаются биологическому разложению и могут действовать как противогрибковые соединения или носители активных ингредиентов.

Противогрибковая обработка семян обеспечивает защиту от патогенных грибов, переносимых семенами или почвой, которые могут значительно снизить всхожесть семян и появление всходов в полевых условиях.

**Хитозан** обладает целым рядом уникальных характеристик, таких как способность к биологическому разложению, биосовместимость, нетоксичность, антибактериальные и противогрибковые свойства. Он обладает универсальными механическими свойствами, что привело к расширению его применения в различных областях, таких как технология инкапсуляции и покрытия с контролируемым высвобождением.

**Олигосахариды хитозана (COS)** - это продукты разложения, полученные путем химического или ферментативного гидролиза хитозана или хитинового волокна, получаемого в основном из панцирей ракообразных. В последние годы COS привлекли большое внимание благодаря своим физико-химическим свойствам, таким как высокая растворимость в воде, низкая вязкость, биосовместимость и способность к биоразлагаемости. Продемонстрировано, что COS обладают различными свойствами в области защиты растений, такими как повышение устойчивости растений к патогенам, стимулирование их роста и развития, а также повышение качества и урожайности растительной продукции.

Обработка семян **эфирными маслами и растительными экстрактами** становится все более популярной благодаря их натуральному происхождению, более быстрому разложению и низкому воздействию на окружающую среду. Наночастицы хитозана (NPS) с эфирным маслом чеснока были получены методом инкапсуляции для защиты семян пшеницы, овса и ячменя.

**Альгинаты** обладают низкой токсичностью, хорошей биосовместимостью и способностью к биологическому разложению. Отличные желирующие и загущающие свойства, а также низкая стоимость производства и хорошая доступность делают их простыми в разработке и использовании. Альгинаты сочетаются с широким спектром веществ, таких как фитогормоны, аминокислоты, жирные кислоты и микроэлементы, и использоваться в сельском хозяйстве в качестве органических удобрений, средств доставки, для обработки семян и пищевых пленок, покрывающих овощи и фрукты.

**Целлюлоза** - самый распространенный углеводный биополимер в природе, вырабатывается растениями в процессе фотосинтеза и играет важную структурную роль в этих организмах. Эфиры целлюлозы, обычно используемые в сельском хозяйстве, включают: метил-, этил-, гидроксипропил-, гидроксипропилметил- и карбоксиметил-целлюлозу, которые обладают более высокой растворимостью в воде и/или органических растворителях. Их свойства позволяют использовать их в качестве загустителей, связующих или

покрывающих агентов в рецептурах для опрыскивания листьев, обработки семян или нанесения съедобных пленок на пищевые продукты.

**Липидные покрытия** НРМС, содержащие выбранные консерванты, использовались в экспериментах *in vivo* для покрытия томатов, зараженных патогенами. Покрытие в данном случае обладало также лечебными свойствами, поскольку значительно снижались частота и тяжесть заболевания, хотя в случае эксперимента с *A. alternata* эти эффекты были сильнее.

УДК 631.8

## **ФИТОАКТИВНЫЕ И БИОЦИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И СОЗДАНИЯ ПОКРЫТИЙ.**

### **СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ**

**Морозкина С.Н.<sup>1</sup>, Снетков П.П.<sup>1</sup>, Шайкенов Р.О.<sup>1</sup>, Сербун П.Г.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Университет ИТМО*

*E-mail: [morozkina.svetlana@gmail.com](mailto:morozkina.svetlana@gmail.com)*

Ключевые слова: природные полимеры, хитозан, эфирные масла, альгинат, целлюлоза.

Растущая потребность в защите растений от патогенов и антимикробных поверхностях привела к значительным достижениям в разработке фитоактивных и биоцидных полимеров за последние десятилетия. Эти специализированные полимеры сочетают в себе структурные преимущества традиционных полимерных материалов с биологической активностью, необходимой для борьбы с патогенами растений. В отличие от традиционных пестицидов или биоцидов, которые могут быстро смываться или разлагаться, биоцидные полимеры обеспечивают длительную защиту за счет включения активных соединений непосредственно в матрицу полимера.

Биоцидные полимеры можно разделить на две основные категории: биоцидные полимеры и полимеры, высвобождающие биоциды. Наиболее эффективный подход заключается в использовании поверхностей, ингибирующих рост микроорганизмов при контакте, это дает такие преимущества, как более длительный срок хранения, снижение риска развития антимикробной резистентности и более низкая экологическая токсичность. Эти контактно-активные антимикробные покрытия обеспечивают безопасный подход, при котором патогены уничтожаются без высвобождения антимикробных веществ с поверхности, что позволяет создавать очень тонкие покрытия с минимальным использованием антимикробных агентов.

В области фитоактивных и биоцидных полимеров наблюдаются значительные технологические достижения, в частности благодаря инновациям в области электроспиннинга, которые позволяют точно инкапсулировать полезные микроорганизмы. Современные электрокинетические методы, включая электроформование расплава полимера, электрораспыление, коаксиальный и центробежный электроспиннинг, позволяют создавать микро- и нановолокнистые материалы с большой площадью поверхности и пористостью из синтетических и природных биоразлагаемых полимеров. Эти методы позволили успешно включить биоактивные агенты, такие как споры *Trichoderma viride*, в волокна хитозана/полиэтиленоксида и хитозана/полиакриламида, создав биогибридные материалы, которые эффективно подавляют фитопатогенные штаммы, сохраняя при этом жизнеспособность биологических агентов во время хранения.

Разработка передовых биогибридных материалов продвинулась благодаря сложным стратегиям инкапсуляции с использованием возобновляемых источников полимеров. Недавние работы демонстрируют успешную инкапсуляцию *Bacillus subtilis* в электроформованных поли(3-гидроксибутиратных) волокнах, покрытых погружным способом производными целлюлозы, создавая составы, которые защищают полезные микроорганизмы от воздействия окружающей среды, обеспечивая при этом контролируемое высвобождение. Одновременное использование технологий электроспиннинга и электрораспыления позволяет нагружать полимерные волокна хитоолигосахаридом и полезными бактериями, обеспечивая улучшенные свойства материала в сочетании с эффективной противогрибковой активностью для устойчивого применения в сельском хозяйстве.

Также были разработаны революционные технологии нанесения покрытий, которые полностью исключают необходимость использования ионов металлов или синтетических биоцидов. Многофункциональные комплексы натуральных экстрактов, инкапсулированные в полисахариды, демонстрируют

антибактериальную и противогрибковую активность в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий, сохраняя при этом цитосовместимость.

УДК 664-4

## **ПИЩЕВАЯ БИОУПАКОВКА**

**Пенькова А.В., Дмитренко М.Е., Кузьминова А.И.**

*Санкт-Петербургский государственный университет*

*E-mail: a.penkova@spbu.ru*

Ключевые слова: биоупаковка, полисахариды, биоразлагаемость, покрытия, антимикробные свойства

Повышение экологической осознанности и растущие требования к безопасности пищевых продуктов стимулируют разработку и внедрение биоразлагаемой упаковки. Полисахариды, как возобновляемое и биоразлагаемое сырье, представляют собой перспективную основу для создания альтернативы традиционной полиэтиленовой упаковке. В данной работе представлены два типа биоупаковки на основе полисахаридов: покрытия в виде дисперсий для фруктов и овощей и твердые пленки для упаковки различных пищевых продуктов.

Биопокрытия в виде дисперсий для фруктов и овощей предназначены для продления срока годности, защиты от механических повреждений и микробиологической порчи, и улучшения внешнего вида. Их состав включает полисахариды как матрицу, пластификаторы и антимикробные добавки. Механизм действия заключается в создании барьера, регулирующего газообмен (снижение скорости дыхания), предотвращении потери влаги и ингибировании роста микроорганизмов. К преимуществам относятся съедобность (или легкая смываемость), простота нанесения (опрыскивание, погружение) и возможность включения функциональных добавок (витамины, антиоксиданты). Недостатки включают относительно невысокую механическую прочность, зависимость свойств от условий хранения и потенциальную аллергенность некоторых компонентов.

Твердые биоразлагаемые пленки предназначены для замены полиэтиленовой упаковки для широкого спектра пищевых продуктов. Их состав включает в

качестве матрицы также полисахариды, пластификаторы, усиливающие добавки, антиоксиданты и антимикробные добавки. К требованиям к пленкам относятся достаточная механическая прочность и эластичность, низкая проницаемость для кислорода, углекислого газа и водяного пара, термостойкость и биоразлагаемость в условиях компостирования. Преимуществами являются экологичность, возможность создания пленок с заданными свойствами, совместимость с технологиями пищевой промышленности. Недостатки включают более высокую стоимость по сравнению с полиэтиленовой упаковкой, сложность достижения оптимального баланса между механическими и барьерными свойствами, и повышенную чувствительность к влаге.

Перспективы заключаются в разработке композиционных материалов на основе полисахаридов для улучшения свойств, использовании нанотехнологий для создания "умной" упаковки с индикаторами свежести продукта, и снижении стоимости производства за счет использования отходов пищевой промышленности в качестве сырья. В рамках данной работы была проведена экстракция различных добавок (наноцеллюлозы, алоэ вера, антоцианов из различных компонентов, др.) для разработки упаковки на основе биополимеров с дополнением других компонентов для придания заданных и/или функциональных свойств. Также были разработаны и изучены композиты с различной комбинацией биополимеров и других компонентов и проведена оптимизация способа их приготовления. Данное исследование направлено на оптимизацию состава, технологии производства и снижение стоимости для широкого внедрения биоупаковки в пищевую промышленность и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

### **Благодарность**

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российской Федерации в лице Министерства науки и высшего образования России, грант №13.2251.21.0277. Экспериментальная часть проводилась при участии ресурсных центров: Междисциплинарный ресурсный центр по направлению

«Нанотехнологии», Термогравиметрические и калориметрические методы исследования, Инновационные технологии композитных наноматериалов, Методы анализа состава вещества, Наноконструирование фотоактивных материалов Санкт-Петербургского Государственного Университета.

УДК 544.02; 544.03

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРОВ**

**Подзорова М. В.<sup>1,2</sup>, Тертышная Ю. В.<sup>1,2</sup>, Суханов И. А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»,  
Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГБУН Институт биохимической физики имени Н.М. Эмануэля РАН,  
Москва, Россия

E-mail: mariapdz@mail.ru

Ключевые слова: мульчирующие пленки, полиэфиры, полилактид, полибутиленадипаттерефталат, поликапролактон, структура, биodeградация

С точки зрения растениеводства, пластиковая мульча является перспективной технологией выращивания сельскохозяйственных культур. Мульчирование пластиковой пленкой может эффективно повысить урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность водопользования за счет удержания влаги в почве, регулирования температуры почвы и борьбы с сорняками. Таким образом, эта практика широко применяется на многих культурах по всему миру. Несмотря на свои преимущества, традиционные мульчи из полиэтилена низкой плотности вносят значительный вклад в образование пластиковых отходов, разлагаясь в конце своего жизненного цикла на стойкие микропластики и вымывая токсичные соединения, что приводит к экологическим проблемам. К сожалению, утилизация мульчи требует большого количества времени и немалого количества денег. В связи с этим необходимо разрабатывать новые материалы на основе полиэфиров. Биоразлагаемые полимеры, такие как поли (молочная кислота), поли (гликолевая кислота), поли (бутиленсукцинат) и полигидроксиалканоаты привлекли значительное внимание, и некоторые из них уже применяются в промышленности. Среди них

полибутиленадипаттерефталат (ПБАТ), который широко применяется в одноразовой упаковке и пленках для сельского хозяйства благодаря своей превосходной пластичности и отличной способности к биологическому разложению. Также, одним из биоразлагаемых полиэфиров является поликапролактон (ПКЛ). Однако скорость его разложения варьируется от нескольких месяцев до нескольких лет под влиянием таких факторов, как кристалличность, молекулярная масса, морфология и условия окружающей среды.

В данной работе испытания проводились на пленочных образцах на основе биоразлагаемых полимеров полибутиленадипаттерефталата (ПБАТ) марки TH801T (Shanghai Hengsi New Material Science, Китай) с добавлением поликапролактона (ПКЛ) (Полиморфус (ESUN 600С), Китай). Содержание ПКЛ в матрице ПБАТ составляло 20-30 мас. %. А также в работе применялся вторичный полиэтилен низкой плотности. В последние годы всё больше внимания уделяется утилизации и переработке полиэтилена низкой плотности. Вторичный ПЭНП может использоваться в производстве технической плёнки, строительных изделий и в качестве добавки к композитам с биоразлагаемыми полимерами. В процессе изучения композиций использовались такие методы исследования, как дифференциальная сканирующая калориметрия, ИК-спектроскопия, оптическая микроскопия.

В данном исследовании была поставлена актуальная задача – получение экологичных полимерных материалов на основе биоразлагаемых полиэфиров, способных разрушаться в окружающей среде под действием почвенных микроорганизмов и водной среды (гидролиз). Для этого были разработаны полимерные материалы полибутиленадипаттерефталат – поликапролактон с добавкой вторичного полиэтилена низкой плотности. Полученные полимерные системы обладают достаточными эксплуатационными характеристиками для их использования в качестве мульчирующей пленки. Разработка новых функциональных полимерных материалов с добавлением вторичных

полиолефиновых ресурсов направлена на повышение эффективности производства и рационального использования ценного вторичного полимерного сырья.

В процессе инкубации в почве полимеры подвергаются воздействию не только микробиоты почвы, но и воды. Так, под действием ферментативного гидролиза происходит расщепление макроцепи компонента смеси, нарушается исходная структура полимерной матрицы. Продукты гидролитического распада макроцепей полиэфиров могут служить дополнительным питанием для корневой системы растений, что может способствовать повышению продуктивности сельскохозяйственных культур. Материал ПБАТ/ПКЛ/ПЭНПвт показал себя эффективно и после 90 суток инкубации в почве заметна значительная деструкция материала. Отмечается повышение температуры плавления на 4,5 °С, снижение массы составляет 11 %, что свидетельствует о разрушении материала.

Таким образом, разработки в области биоразлагаемой мульчи представляют собой устойчивую и экологичную альтернативу мульче из полиэтилена, решающую проблемы загрязнения пластиком и его утилизации. Внедрение биоразлагаемой мульчи на основе полимеров для замены полиэтиленовой мульчи в сельском хозяйстве предназначена для устойчивого решения проблем экологии при сохранении тех же свойств с точки зрения сельскохозяйственных требований.

УДК 661.183

## **СУПЕРАБСОРБЕНТ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ВОДЫ**

**Репина Е.С., Магжанова А.И., Ладилова Н.Ю., Корниенко П.В.**

*АО «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров  
имени академика*

*В.А. Каргина с опытным заводом»*

*E-mail: orp5@nicp.ru*

Ключевые слова: суперабсорбент, влагоудерживание, торфяные таблетки, семена.

Суперабсорбент на основе полиакрилата калия (ПАК)- это биоразлагаемый и экологически безопасный полимер, который находит широкое применение в сельском хозяйстве. Актуальность его применения обеспечивается оптимальным сочетанием способности полимера впитывать определенное количество жидкости и удерживать ее под нагрузкой, позволяющее осуществлять пролонгированное поступление воды и питательных веществ к корням растениям, что существенно сокращает количество и частоту поливов посевов.

Существующие способы получения суперабсорбента полимеризацией частично нейтрализованной акриловой кислоты при сшивке полимерных цепей сшивающими агентами (метилен-бис-метакриламид, глицидилметарилат, олигоэфирдиметакрилаты и др.) и иницировании процесса радикальными инициаторами методами растворной (растворитель – вода) и инверсионной (растворитель - циклогексана, толуола, гептана и др.) полимеризации имеют свои достоинства и недостатки. При этом основным преимуществом в технологии получения ПАК инверсионной полимеризацией является отсутствие трудоемкой стадии, включающей термическое обезвоживание плотного геля, содержащего до 60% масс воды, с последующим его измельчением.

Цель работы – разработка эффективного способа получения суперабсорбента на основе ПАК с пролонгированным равномерным высвобождением воды в течение 14 суток.

В работе исследовано влияние рецептурно-технологических параметров синтеза ПАК (степень нейтрализации акриловой кислоты, концентрация иницирующих и сшивающих агентов (СА), температурно-временные условия реакции и др.) методом инверсионной полимеризации на абсорбционные свойства полимерной матрицы.

Отработан метод синтеза ПАК инверсионной полимеризацией при температуре 75°C в течение 5 часов в среде толуола 30-40% масс. водного раствора акрилата калия в присутствии 0,1-2,0 % масс. СА с последующим обезвоживанием порошкообразного полимера отгонкой азеотропа толуол-вода.

Установлено, что синтез ПАК со степенью сшивки, эквивалентной концентрации СА более 1 % масс от мономера, приводит к образованию «сверхсшитой» жесткой структуры полимерной матрицы, которая удерживает требуемое количество жидкости, но практически её не высвобождает (см. рисунок 1, кривая 1). Полимер со степенью сшивки, эквивалентной концентрации СА менее 0,3 % масс., является редкосшитым, и, из-за слабой влагоудерживающей способности, впитывает не только меньший объём жидкости, но и обезвоживается с высокой скоростью (см. рисунок 1, кривая 3). Получение суперабсорбента в присутствии СА в диапазоне концентрации от 0,35 до 0,7 % масс. обеспечивает равномерное пролонгированное высвобождение поглощенной воды в течение требуемого временного отрезка (см. рисунок 1, кривая 2).

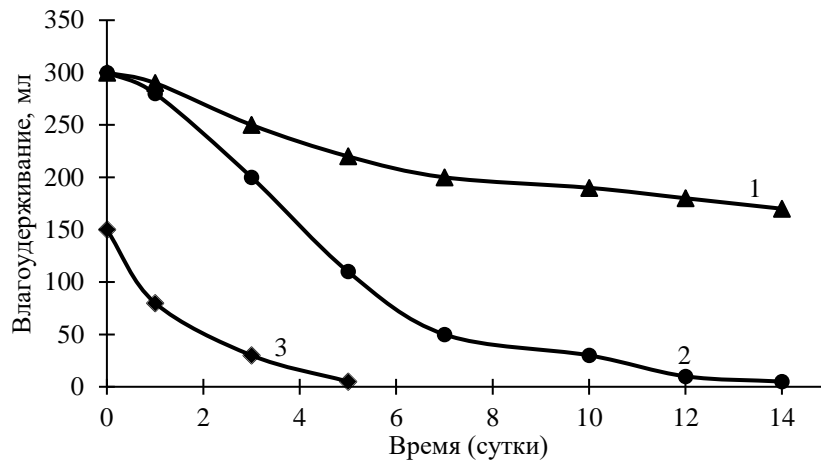


Рисунок 1 - Зависимость динамики высвобождения воды из ПАК от содержания СА в полимерной матрице, где  $C_{CA}$  (% мас от мономера): 1 – 1; 2 – 0.45; 3 – 0.1.

УДК 631.563:664.8/.9

**БИОПОЛИМЕРНЫЕ СЪЕДОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ С  
НАНОЭМУЛЬСИЯМИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ  
КАЧЕСТВА УРОЖАЯ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ**

**Сербун П.Г.<sup>1</sup>, Шайкенов Р.О.<sup>1</sup>, Снетков П.П.<sup>1,2</sup>, Рыбалка А.В.<sup>1</sup>,  
Морозкина С.Н.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Университет ИТМО

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

*E-mail: ppsnetkov@itmo.ru*

Ключевые слова: съедобные покрытия, наноэмульсии масел, биополимерные покрытия

Сокращение потерь и продление срока годности фруктов-овощной продукции активно обсуждается в научном сообществе. Требуется разработать безопасные съедобные покрытия, обладающие, в том числе, полезными свойствами. Одним из возможных способов решения проблемы являются биополимерные съедобные покрытия, содержащие в себе наноструктурированные эфирные масла (ЕО-nanoemulsions, ЕО-NE), которые являются безопасной и экологичной альтернативой синтетическим консервантам и пластиковой упаковке. Наноэмульсии повышают растворимость, стабильность и биодоступность биоактивных компонентов эфирных масел, обеспечивают длительное антимикробное и антиоксидантное действие при низких концентрациях, предотвращают изменение цвета плодов, замедляют процессы порчи и гниения.

Классифицировать данные системы можно по составу и природе полимера (полисахариды, белки или липиды). В зависимости от применяемой полимерной основы можно варьировать свойства таких покрытий: полисахариды, например, хитозан, проявляют высокие антибактериальные свойства, но обладают

ограниченной растворимостью в воде. В свою очередь, липиды обеспечивают водонепроницаемый барьер, но имеют низкую механическую прочность. Белки оказывают сильный антиоксидантный эффект, однако неустойчивы к изменениям температур и влажности. Для создания покрытия с требуемыми свойствами необходимо совмещение нескольких полимеров.

Наноэмульсии представляют собой смеси масла и воды, или воды и масла, которые могут использоваться в рецептурах съедобных покрытий для улучшения их свойств и поддержания качества фруктов и овощей. Механизм образования наноэмульсий в съедобных покрытиях характеризуется образованием нанокapель размером от 10 до 100 нм, которые затем покрываются пленкой или слоем биоразлагаемого материала. Малый размер наночастиц способствует биодоступности, химической реактивности и увеличению площади поверхности, тем самым повышая функциональность инкапсулированного компонента.

На практике существует два подхода к разработке наноэмульсии в полимерной матрице: одноэтапный метод, который включает смешивание всех ингредиентов в растворе и гомогенизацию смеси для создания капель наноразмерного уровня, и двухэтапный метод, который включает сначала приготовление водного раствора эмульсии, а затем его смешивание с раствором биополимера.

Также существует несколько способов нанесения растворов на поверхность продукта. Это может быть погружение, распыление, электрораспыление (электроформование) и нанесение специальным инструментом.

Существует несколько факторов, которые влияют на состояние фрукта или овоща, в первую очередь истощение запасов воды и питательных веществ, а также нежелательные биохимические изменения. Окислительный стресс, выделение этилена, интенсивность дыхания, а также микробиологическая контаминация влияют на органолептические свойства, текстуру и цвет продукта. Съедобные покрытия минимизируют потерю веса, действуя как барьер между

поверхностью продукта и окружающей средой, чтобы дольше удерживать воду внутри фруктов и овощей. Также они могут ограничивать газопроницаемость, уменьшая разницу парциального давления между внутренней и внешней сторонами барьера покрытия, тем самым частично блокируя газообмен. Однако следует обеспечить оптимальные газобарьерные свойства покрытий при их нанесении на фрукты и овощи. Поскольку более низкий уровень кислорода может вызвать анаэробное дыхание, приводящее к накоплению этанола и появлению посторонних привкусов, что негативно влияет на органолептические качества продукции.

Таким образом, биополимерные съедобные покрытия с наноэмульсиями эфирных масел представляют собой перспективное направление для продления срока хранения и сохранения качества фруктово-овощной продукции. Дальнейшее развитие связано с созданием многокомпонентных полимерных композитов с регулируемыми барьерными свойствами и системами контролируемого высвобождения активных веществ, а также с интеграцией «умных» индикаторов свежести и масштабированием технологий до промышленного уровня.

УДК 631.8

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В КАЧЕСТВЕ ФИТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Шайкенов Р.О.<sup>1</sup>, Сербун П.Г.<sup>1</sup>, Рыбалка А.В.<sup>1</sup>, Снетков П.П.<sup>1</sup>, Морозкина С.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Университет ИТМО*

*E-mail: [roshaikenov@itmo.ru](mailto:roshaikenov@itmo.ru)*

Ключевые слова: природные полимеры, хитозан, альгинат, пектин, фитоактивные вещества.

Природные полисахариды — это класс полимеров, которые в последние годы привлекают к себе значительное внимание благодаря уникальному сочетанию экологичности и функциональных свойств. Эти макромолекулы, состоящие из углеводных мономеров, связанных гликозидными связями, могут быть получены из различных источников, включая растения (крахмал, целлюлоза, пектин), водоросли (агар, альгинаты), животных (хитин) и микроорганизмы (декстран, ксантан).

Полисахариды биоразлагаемы и биосовместимы, поэтому их использование не влечет экологических рисков, так как организмы способны переваривать эти полимеры и разлагать их до простых метаболитов. Кроме того полисахариды возможно модифицировать и перерабатывать в различные формы, включая гидрогели, волокна, наночастицы и пленки. Также некоторые природные полисахариды обладают антибактериальным эффектом благодаря своим функциональным группам. Таким образом эта группа полимеров обладает множеством полезных свойств, которые возможно использовать в растениеводстве.

Хитозан — это полимер, получаемый путем деацетилирования хитина, основного компонента панцирей ракообразных. Одно из самых примечательных свойств хитозана — его антимикробная активность. Это свойство широко

изучается в медицине и при создании систем доставки лекарств. Однако и в сельском хозяйстве возможно использовать эту особенность полимера. Так, было выяснено, что хитозан способен активизировать антимикробную защиту у томатов, повышая их устойчивость к бактериальным патогенам, а также защищать свеклу от грибковых инфекций. Кроме того, при обработке хитозаном дикого ананаса увеличивались все морфологические характеристики растения: размер побега, количество цветов и размеры завязей.

Другой перспективный полисахарид — это альгинат, получаемый из бурых водорослей. Как фитоактивный материал, альгинат обладает антимикробными свойствами. Он образует гели, которые оказывают антимикробное действие на штаммы *Listeria*, *Escherichia*, *Salmonella* и *Pseudomonas*. Гели на основе альгината, обогащенные полифенолами, образуют биопленки с улучшенными барьерными и механическими характеристиками, одновременно проявляя антиоксидантную и антимикробную активность при нанесении непосредственно на поверхность свежих фруктов и овощей. Кроме того, было выяснено, что альгинат натрия в форме деполимеризованного олигосахарида оказывает стимулирующее действие на рост мяты, фенхеля и картофеля.

Также потенциально можно использовать пектин, анионный водорастворимый полисахарид, который содержится в клеточных стенках растительных клеток. Фитоактивные свойства пектина в значительной степени обусловлены его уникальными гелеобразующими и стабилизирующими характеристиками. Модифицированный пектин способен эффективно поглощать сложные молекулы, включая фунгициды и инсектициды, позволяя контролировать экологический эффект этих веществ. Также в комбинации с хитозаном пектин образует функциональные покрытия для защиты плодов.

Таким образом, природные полисахариды являются перспективными фитоактивными веществами, которые можно использовать для решения сразу нескольких задач в современном растениеводстве.



УДК 541.64:661.634

## **СВЕТОСТАРЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПЭВП И ФОСФОРОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ**

**Шаов А.Х., Бесланеева А.Н.**

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова*

*E-mail: ah\_shaov@mail.ru*

Ключевые слова: светостарение, полиэтилен высокой плотности, фосфорорганическое соединение

В науке под светостойкостью полимерных материалов понимают их способность выдерживать действие света, сохраняя при этом физические и физико-химические характеристики. Для сохранения и повышения светостойкости в полимеры вводят светостабилизаторы, т.е. антиоксиданты.

Продолжительный срок эффективного использования изделия, например, полиолефиновых пленок для *теплиц*, является проблемой, требующей решения при модификации полимерного материала. Фотостарение полимерных образцов проводили в устройстве для облучения (везерометре) согласно ГОСТ 11279.2-83. В везерометре изученные образцы в виде пластинок устанавливали на наружной стороне вертикального цилиндрического барабана, вращающегося вокруг УФ-лампы. Облучение образцов производили при температуре 40 °С и длине волны  $\lambda \geq 300$  нм (*источник ртутная лампа*). Известно, что облучение в течение 100 ч в везерометре эквивалентно приблизительно одному году экранирования в природных условиях. В везерометре устанавливались образцы в виде полосок размером 100×10×1 мм. Изменение *реологических свойств* исходного ПЭВП и композиций на его основе определяли через 15, 30 и 45 суток экспозиции.

После экспозиции в течение запланированного времени определяли характер изменения реологических характеристик образцов – показателя

текучести расплава, среднемассовой молекулярной массы, среднечисловой молекулярной массы и молекулярно-массового распределения. Так, исходный полиэтилен после 15-суточной экспозиции показал более чем в 3 раза высокие значения ПТР. Данный факт говорит о серьезной степени деструкции полимера. При использовании Тинувина-622 [*промышленного олигомерного фотостабилизатора для полиолефинов на основе 1-(2<sup>l</sup>-оксиэтилен)-2,2,6,6-тетрамethyl-4-оксиперидина и диметилсукцината*)] в количестве 0,05 % деструкция ПЭВП проходит только на 8 %. Введение в полимер Тинувина в количестве 0,1 % полностью предохраняет ПЭ от фотодеструкции в течение 15 суток. Добавка 0,3 % данного стабилизатора в ПЭВП приводит к снижению деструкции на 18 %. Вышеизложенное означает, что оптимальной концентрацией данного фотостабилизатора по отношению к ПЭВП при 15-суточной экспозиции является его дозировка в 0,1 %, т.е. такая композиция будет стабильна в естественных условиях в течение 3,5 лет.

Присутствие в ПЭ 0,1 % Ирганокса-1010 (*известного промышленного термостабилизатора полиолефинов*) приводит к ускорению фотодеструкции (ФД) ПЭВП в 3 раза.

Введение фосфоновой кислоты в полиэтилен в количестве 0,3 % снижает фотодеструкцию полимера на 17 %. Дальнейшее повышение концентрации фосфорорганической кислоты до 0,5 % приводит к увеличению ФД ПЭВП в 3,8 раза. Использование 0,05 % гидроциклогексилфосфоната калия привело к серьезной фотостабилизации ПЭВП – в 11 раз. Наоборот, повышение концентрации данной соли в 2 раза (с 0,05 до 0,1 %) усиливает ФД в 4,5 раза. Обнаружено, что циклогексилфосфонат двухвалентного железа улучшает фотостабильность ПЭВП в условиях 15-суточной выдержки образцов под облучением УФ-лучами: все изученные концентрации данной соли снижают фотодеструкцию полимера – в 3,7-5 раз.

Фосфонат железа можно использовать для защиты ПЭВП от фотодеструкции в естественных условиях на 3,5-4 года.

Результаты фотостарения в течение 30 суток (720 часов), т.е. моделирования естественного облучения УФ-лучами в течение более 7 лет, показали, что 0,05 %-ная добавка Тинувина повышает ФД ПЭВП в 2,8 раза. Фосфонат двухвалентного железа повышает фотостабильность полиэтилена в 2-2,5 раза при его концентрациях 0,1 и 0,5 %.

Экспозиция образцов в течение 45 суток (1080 часов) показала, что изменения в значении показателя текучести расплава исходного ПЭВП нет. Это, очевидно, означает, что макрорадикалы, образовавшиеся после 15-ти и 30-ти суточной экспозиции рекомбинируют с обратным повышением молекулярной массы.

Присутствие Тинувина-622 в количествах 0,05 и 0,1 % несколько повышают фотодеструкцию полиэтилена (на 4 и 15 % соответственно), а 0,5 %-ная дозировка сильно катализирует фотодеструкцию – в 28 раз. Хотя оказалось, что 0,3 %-ная добавка Тинувина позволила снизить ФД ПЭ в 2,3 раза.

Интересно, что Ирганокс-1010 (0,1 %) ухудшил фотостабильность только на 13 %.

Примечательно, что все концентрации солей никеля (кроме 0,5 %-ной дозировки) и фосфоната двухвалентного железа заметно сдерживают фотодеструкцию ПЭВП при УФ-облучении в течение 45 суток (*в пределах 1,5-42 раза*).

УДК 691.175

**СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, ПОЛИБУТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И  
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ-ГЛИКОЛЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В  
АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

**Веселова Е.В.**

*Титан. Полимер. Инжиниринг (ГК «Титан»)*

*E-mail: veselova.ev@titan-group.ru*

Ключевые слова: композиционные материалы, полибутилентерефталата, полиэтилентерефталат, полиэтилентерефталат гликоль, аддитивные технологии

Композиционные материалы (КМ) сегодня играют важную роль в экономике страны, в том числе и в агропромышленном комплексе, активно способствуя локализации и развитию наукоемких, в том числе «зеленых», технологий. Отрасль может работать значительно эффективнее, если будет решена проблема ее высокой импорт зависимости.

На сегодняшний день отечественные производители КМ ограничены применением полимеров, выпускаемых в РФ, и развивают преимущественно композиции на основе полиэтилена, полипропилена, полиамида (ПА 6), а также полистирола, поливинилхлорида.

Полиэфиры инженерных марок, к которым относят полиэтилентерефталат (ПЭТФ), полибутилентерефталата (ПБТ), полиэтилентерефталат-гликоль (ПЭТГ), в настоящее время либо производятся в РФ в ограниченном количестве, либо вообще не производятся, хотя в мире КМ на их основе являются одними из основных материалов на рынке термопластичных композитов, а в отдельных сегментах электротехники и электроники – просто незаменимы.

Это обусловлено тем, что ПЭТФ инженерного назначения обладает высокой твёрдостью, жёсткостью, прочностью, хорошей ударной вязкостью и высоким пределом усталостной прочности; ПБТ - высокой теплостойкостью, диэлектрической прочностью, механической прочностью, устойчивостью к ползучести, низким влагопоглощением, высокой технологичностью и хорошим качеством поверхности, а ПЭТГ – аморфный полимерный материал, который кроме того обладает химической стойкостью к широкому перечню сред и к радиации.

Учитывая тот факт, что ООО «Титан-Полимер» (входит в АО «ГК «Титан») на ОЭЗ ППТ «Моглино» запланирован запуск второй очереди с объемом производства гранулята ПЭТФ, в том числе инженерного назначения, до 140 000 тонн в год и ПБТ до 80 000 тонн в год, а ООО «Титан. Полимер. Инжиниринг» - ПЭТГ с объемом производства до 7 000 тонн в год, задача по разработке КМ на их основе становится все более актуальной. Поэтому, собственником АО «ГК «Титан» было принято решение о создании инжинирингового центра, деятельность которого будет непосредственно связана с разработкой новых перспективных КМ на основе вышеуказанных полимеров в тесной кооперации с компаниями, входящими в АО «ГК «Титан», а также ведущими научными школами.

В настоящее время ООО «Титан. Полимер. Инжиниринг» совместно с федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова» проводит работы по созданию широкой линейки марочного ассортимента КМ на основе ПЭТФ, ПБТ и ПЭТГ, в том числе трудногорючих, которые позволят импорт заместить зарубежные аналоги, нашедшие широкое применение при производстве деталей автомобилей и отделки, а также в качестве компонентов при производстве электротехнических деталей, и востребованы на рынке.

Кроме того, в связи с развитием аддитивных технологий во всем мире, будут получены КМ на основе ПЭТГ, что позволит получать филаменты для 3Д-печати на отечественном сырье.

### **Благодарность**

Исследование выполняется при поддержке Минпромторг России, Соглашение №020-11-2024-1526.

УДК 544.23.022.346: 544.723.5

## **ПШЕНИЧНАЯ СОЛОМА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Сорокин А.В., Циммер Е.М., Юткина А.И., Лавлинская М.С.**

*Воронежский государственный университет*

*E-mail: [andrew.v.sorokin@gmail.com](mailto:andrew.v.sorokin@gmail.com)*

Ключевые слова: суперабсорбенты, отходы растениеводства, солома, кинетика гидратации.

Широкое распространение сельскохозяйственного растениеводства на территории Российской Федерации приводит к существенному накоплению различных отходов возделывания и переработки промышленно значимых агрокультур. Наиболее распространенным способом их утилизации является сжигание, приводящее не только к образованию смогов и выбросу парниковых газов в атмосферу, но и к потере ценного сырья, имеющего высокий потенциал для использования в различных химических технологиях. Одним из таких типов растительных отходов является пшеничная солома, состоящая из полисахаридов и лигнина – компонентов, перспективных для разработки и создания новых экологически безопасных материалов широкого спектра применения. В связи с этим, целью настоящей работы является синтез композиционных суперабсорбирующих материалов на основе продукта переработки пшеничной соломы и исследование их водопоглощающих свойств.

В ходе исследования измельченная пшеничная солома подвергалась последовательным кислотным и щелочным гидролизам. Гидролизаты в дальнейшем модифицировали путем их карбоксиметилирования для получения продуктов с различными степенями замещения, обладающих большей водорастворимостью по сравнению с исходным сырьем.

Все полученные типа полисахаридных материалов (измельченная солома и продукты ее модификации) в количестве 20 и 33 % масс. использовались синтезе суперабсорбентов, получаемых радикальной растворной осадительной сополимеризацией названных компонентов с акриламидом, акриловой кислотой и акрилатом калия. Полученные материалы характеризовались рядом физико-химических методов исследования. В результате этого было установлено, что по эксплуатационным свойствам, в первую очередь, по механической прочности, зависящей от типа используемого сырья, они не уступают коммерческим аналогам.

Исследование водопоглощающих свойств полученных материалов также подчеркнуло перспективность полученных материалов: величина равновесной степени набухания синтезированных суперабсорбентов сопоставима или превосходит этот параметр для коммерческих синтетических аналогов.

Таким образом, пшеничная солома является доступным и перспективным сырьем для синтеза композиционных суперабсорбентов, применимых в сельском хозяйстве.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-23-20008.

УДК 541(49+64):547.963.32

## **СТИМУЛ-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ И ЛИПОСОМ ДЛЯ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ДОСТАВКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Ефимова А.А., Абрамова Т.А., Яценко И.В., Казанцев А.В., Лукашов Н.В.,  
Ярославов А.А.**

*МГУ имени М.В.Ломоносова, Химический факультет*

*E-mail:ephimova@genebee.msu.ru*

Ключевые слова: биотехнология, хитозан, липосома, полиэтиленоксид, стимул-чувствительные, биологически активные вещества.

Достижения биотехнологии активно применяются для профилактики, диагностики и лечения заболеваний животных. Взаимодействие ветеринарной медицины с биотехнологией в том числе направлено и на лечение заболеваний, требующих комплексной терапии, включающей применение нескольких препаратов. В настоящее время ключевой задачей биотехнологии является повышение эффективности доставки биологически активных веществ (БАВ) к целевым органам и клеткам. Для ее решения БАВ иммобилизуют в наноразмерных контейнерах, среди которых наибольшее распространение получили липосомы. Использование липосом, содержащих рН-чувствительный компонент (амфифильный переключатель -производное литохолевой кислоты), позволяет эффективно высвободить лекарство в областях с пониженным значением рН, например, в местах воспалений, опухолей или внутриклеточном пространстве. Переключатель меняет ориентацию в липидной мембране в зависимости от кислотности/основности внешнего раствора, что сопровождается разупорядочением бислоя и быстрым высвобождением инкапсулированного вещества.

Одним из подходов к усилению эффективности БАВ и повышению терапевтического действия препаратов является иммобилизация стимул-чувствительных липосомальных контейнеров на поверхности биodeградируемого носителя. В качестве таких носителей могут выступать как полимеры, в том числе коммерчески доступный полисахарид хитозан, так и липосомы большего размера, модифицированные полиэтиленоксидом. Биodeградируемые компоненты (полимер и липосомы) обеспечивают выведение контейнеров из организма животного после выполнения транспортной функции. При этом природа и молекулярная масса полимера-носителя оказывают существенное влияние на размер мультилипосомальных комплексов, их агрегативную стабильность и скорость биодеструкции. Состав липидной мембраны также оказывает ключевое влияние на свойства формируемых комплексных конструкций. Следует учитывать геометрию формирующей мембрану липидов, фазовое состояние липидного бислоя, концентрацию заряженных липидов. Использование смеси липосом, в том числе рН-чувствительных, заполненных различными биоактивными веществами, открывает пути к лечению заболеваний, требующих длительного комплексного лекарственного воздействия, и созданию многокомпонентных биологически активных композиций.

### **Благодарность**

Работа выполнена в рамках проекта «Современные проблемы химии и физико-химии высокомолекулярных соединений» (АААА-А21-121011990022-4).

УДК 581.1

## ОТКЛИК ЛИСТОВОГО САЛАТА НА МИКРОПЛАСТИК

**Икконен Е.Н.<sup>1</sup>, Репкина Н.С.<sup>1</sup>, Батова Ю.В.<sup>1</sup>, Ярославов А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт биологии Карельского НЦ РАН*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

*E-mail: likkonen@gmail.com*

Ключевые слова: *Lactuca sativa*, сополимер, тяжелые металлы, рост и развитие, элементы минерального питания.

Наличие микропластика в агропочвах может влиять на поглощение растениями элементов минерального питания, отражаясь на их росте и развитии. Интенсификация сельскохозяйственного производства нередко сопровождается загрязнением почвы тяжелыми металлами, что совместно с микропластиком может оказывать не только синергическое, но и антагонистическое воздействие поллютантов на растения. Целью данной работы являлась оценка влияния микропластика на основные физиологические параметры растений листового салата (*Lactuca sativa* L.) на фоне контрастных (оптимального и высокого) уровней цинка в почве. Сополимер бутадиена, метилстирола и метакриловой кислоты с размерами частиц 150–180 нм был использован в качестве модельного пластика. Растения *L. sativa* выращивали в контролируемых условиях в почвенном субстрате, содержащем 0, 0.01, 0.03 или 0.1% пластика и внесении в почву 0 или 1000 мг кг<sup>-1</sup> ZnSO<sub>4</sub> × 5H<sub>2</sub>O.

Загрязнение почвы цинком в большей степени, чем загрязнение пластиком, негативно отразилось на физиологических процессах *L. sativa*. Высокое содержание ионов цинка модифицировало реакцию дыхательного метаболизма растений на микропластик, а кумулятивный эффект обоих поллютантов отразился на параметрах роста листового салата. Содержание пластика в почве ингибировало накопление сухой биомассы в надземной части растений. Высокая

концентрация пластика в почве усиливала интенсивность дыхания листьев, способствуя смещению углеродного баланса растений в сторону его потерь. Последнее могло быть причиной снижения продуктивности *L. sativa* в условиях загрязнения почвы микропластиком.

Не выявлено существенного влияния микропластика на поглощение листовым салатом таких элементов минерального питания, как азот, фосфор, калий, магний. Независимо от уровня своего присутствия в почве, микропластик вызывал существенное снижение содержания Pb, Cd, Co, Ni, Cu, Mn, Mo, Sn, W, Tl и Bi в корнях растений. При этом содержание тяжелых металлов и металлоидов в листьях растений сохранялось на относительно стабильном уровне, мало изменяясь под влиянием микропластика. В условиях высокого содержания цинка в почве микропластик способствовал снижению его накопления как в корнях, так и листьях листового салата. Такие тяжелые металлы как Mn, Cu, Mo и Ni необходимы растениям в небольших количествах для их успешного развития. Ограничение поступления ионов этих металлов в *L. sativa* под воздействием микропластика могло быть одной из причин ингибирования его роста. Предполагается, что снижение накопления растениями тяжелых металлов может быть связано с ограничением микропластиком их биодоступности.

Результаты продемонстрировали влияние микропластика в почве на растения листового салата, однако в основном эффект наблюдается при высоком уровне его содержания, аномальном для естественных экосистем настоящего времени.

## **Благодарность**

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования (FMEN-2022-0004) на базе Центра коллективного пользования КарНЦ РАН.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Баматов И.М.**

*ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»*

### **Актуальность**

В условиях стремительного роста численности населения (до 9 млрд человек к 2050 году) и глобальных климатических вызовов повышается необходимость в инновационных подходах к повышению продуктивности сельского хозяйства. Ключевой проблемой остаётся низкий коэффициент использования минеральных удобрений: до 40% достигаются непроизводительные потери элементов питания в результате денитрификации, вымывания и иммобилизации. Это усугубляется отрицательным балансом (выноса) питательных веществ из почв РФ (дефицит макроэлементов более 140 млн тонн д.в. за последние 50 лет).

### **Цель исследования**

Оценить эффективность применения полимер-модифицированных удобрений (ПМУ) в контексте повышения урожайности, улучшения агрохимических свойств почвы и снижения негативного экологического воздействия.

### **Методы**

- Электронная микроскопия для анализа структуры гранул ПМУ;
- Температурное моделирование скорости высвобождения элементов питания;
- Применение БВС и GNSS для пространственного анализа почвенных участков;
- Полевая агрохимическая диагностика на озимой пшенице, яблоне и садовой землянике (2018–2022 гг.);
- Математическая обработка данных (кластеризация, компонентный анализ, корреляционный анализ).

## Результаты

- ПМУ обеспечивают равномерное и замедленное высвобождение питательных веществ, адаптированное к температурным условиям.
- Установлено достоверное повышение всхожести, урожайности и элементов структуры урожая озимой пшеницы при использовании ПМУ.
- На культурах яблони и земляники зафиксировано увеличение доступности основных элементов питания (N, P, K, Ca, Mg) и улучшение физиолого-биохимических показателей.
- Отмечено снижение уровня засоления почвенного раствора и стабилизация электропроводности при применении ПМУ.

## Выводы

Полимер-модифицированные удобрения являются эффективным агротехнологическим решением, позволяющим:

- Повысить агроэкологическую устойчивость производственных систем;
- Повысить урожайность и качество продукции;
- Снизить техногенную нагрузку на агроэкосистемы за счёт минимизации потерь питательных веществ.

Использование ПМУ представляется перспективным направлением для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого земледелия в XXI веке.

УДК: 66.095.26

## **АНИОННЫЕ БИОСОВМЕСТИМЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ГИДРОФИЛИЗАЦИИ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

**Спиридонов В.В.<sup>1</sup>, Фёдоров А.Ю.<sup>2</sup>, Поздышев Д.В.<sup>3</sup>, Муронец В.И.<sup>3</sup>,  
Лукманова А.Р.<sup>1</sup>, Ярославов А.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> 119991, Москва, Московский государственный университет имени М.В.  
Ломоносова

<sup>2</sup> 603022, Нижний Новгород, Нижегородский государственный университет  
имени Н.И. Лобачевского

<sup>3</sup> Москва, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
НИИ Физико-химической биологии имени А.Н. Белозерского  
E-mail: vasya\_spiridonov@mail.ru

**Ключевые слова:** полисахариды, анионные микрогели, цитотоксичность

Предложен оригинальный метод получения водорастворимых форм биологически активных соединений (БАС), плохо растворимых в водной среде. Метод заключается в получении активной формы БАС через их протонирование в кислом водном растворе и последующее инкапсулирование в анионные микрогели на основе ионно-сшитого полисахарида – натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Полученный раствор комплекса микрогель-БАС нейтрализуют до pH 7, при этом состав комплекса сохраняется.

Иммобилизация БАС в микрогелях протекает количественно, по данным динамического светорассеяния размер частиц комплекса составляет около 200 нм. Высокий отрицательный заряд частиц комплекса, определенный методом лазерного микроэлектрофореза, обеспечивает их коллоидную стабильность в водно-солевых растворах.

Синтезированные БАС проявляют цитотоксичность по отношению к клеткам MCF-7, которая сохраняется после включения БАС в микрогели. Добавление фермента гиалуронидазы инициирует биодegradацию комплекса до частиц размером 20–25 нм, способных выводиться из организма через почки. Описанный метод перспективен для получения водорастворимых форм БАС.

### **Благодарность**

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для реализации крупного научного проекта по приоритетным направлениям развития науки и техники (грант № 075–15–2024–553).



Рисунок 1. Иллюстрация последствий наличия грунтовых дорог в СНТ.

Схема работы предложенной обеспыливающей рецептуры на основе  
противоположно заряженных полиэлектролитов

Основным методом борьбы с дорожной пылью является удержание влаги в поверхностном слое грунтовой дороги. Это достигается благодаря использованию неорганических солей, например, хлорида кальция. С помощью специального оборудования покрытие обрабатывается растворами этой соли, одновременно смачивая поверхность и добавляя влагоудерживающий агент. Однако, этот метод имеет существенный недостаток – из-за воздействия осадков возникает необходимость регулярной повторной обработки. В данной работе, на основе лабораторных экспериментов по пылеудалению, для этих целей предлагается состав на основе комбинации противоположно заряженных, промышленно выпускаемых полиэлектролитов (Рис. 1). Образование полимерного комплекса в модельном эксперименте демонстрирует формирование плотного увлажненного почвенного слоя, который сохраняется после воздействия осадков и ураганного ветра. В сравнении с классическим обеспыливающим реагентом на основе растворов хлористого кальция, интерполиэлектролитный подход к обеспыливанию грунтовых дорог имеет свои преимущества, которые критически обсуждаются в докладе.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по крупному научному проекту по приоритетным направлениям научно-технологического развития (грант № 075-15-2024-553). Авторы выражают благодарности ресурсным центрам СПбГУ: магнитно-резонансные методы исследования вещества, методы анализа состава вещества, криогенный отдел.

УДК 632.9

## **ПОЛИМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

**Шайкенов Р.О.<sup>1</sup>, Сербун П.Г.<sup>1</sup>, Рыбалка А.В.<sup>1</sup>, Снетков П.П.<sup>1</sup>,**

**Морозкина С.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Университет ИТМО*

*E-mail: [roshaikenov@itmo.ru](mailto:roshaikenov@itmo.ru)*

Ключевые слова: квантовые точки, патогены растений, сенсоры.

Болезни растений приводят к значительным потерям урожая во всем мире, поэтому эффективные методы защиты имеют важное значение для продовольственной безопасности.

Традиционные подходы к борьбе с болезнями растений основаны на использовании химических веществ, однако это приводит к негативным экологическим последствиям и способствует развитию резистентности патогенов.

Квантовые точки — это наночастицы размером обычно 2–10 нанометров, которые обладают уникальными оптическими и электронными свойствами. Их использование в комбинации с полимерными системами может стать эффективной альтернативой традиционным антимикробным препаратам. Системы «квантовые точки-полимер» обладают несколькими механизмами, которые позволяют бороться с патогенами: собственная антимикробная активность, усиление иммунитета растений и возможность контролируемого высвобождения активных веществ.

Основной механизм антимикробного действия квантовых точек — образование активных форм кислорода. Квантовые точки оксида цинка демонстрируют этот эффект, вызывая образование гидроксильных радикалов,

которые повреждают бактериальную мембрану. Также, помимо прямого уничтожения патогенов, квантовые точки усиливают защитные системы растений, усиливая активность антиоксидантных ферментов. Было выяснено, что квантовые точки из углерода, легированного азотом, способствуют ингибированию растительных патогенов *Phytophthora nicotianae* и *Corynespora cassiicola*. Кроме того, квантовые точки с антибиотиками используют для контролируемого высвобождения препарата. Например, система касугамицин-ZnO, реагирующая на pH, обеспечивает высвобождение лекарства в кислой среде, которая характерна для растений, зараженных *Magnaporthe oryzae*.

В синтетические полимеры, такие как поливинилпирролидон и поливинилиденфторид, внедряют квантовые точки для создания антимикробных мембран, причем квантовые точки в составе композитов демонстрируют повышенную антибактериальную активность по сравнению с обыкновенными частицами. Натуральные полимеры также используют как матрицы для квантовых точек. На основе крахмала были разработаны нанокompозиты в форме гелей и пленок, содержащих квантовые точки ZnS. При этом квантовые точки сохраняют свои оптические свойства, будучи встроенными в биополимерную матрицу.

Также системы на основе квантовых точек и полимеров могут стать эффективным инструментом для обнаружения патогенов растений. Квантовые точки могут быть разработаны для обнаружения широкого спектра фитопатогенов, включая вирусы, бактерии и грибки, обеспечивая комплексный подход к диагностике и лечению заболеваний. Механизм обнаружения в основном основан на функционализации квантовых точек с помощью специфических биомолекул, таких как антитела или нуклеиновые кислоты, которые связываются с молекулами, специфичными для патогенов, что позволяет селективно обнаруживать микроорганизмы в сложных полимерных матрицах. Также специфичность сенсоров позволяет обнаруживать патогены в низких концентрациях и выявлять заболевания на ранней стадии.

Полимерные системы с квантовыми точками обладают хорошим потенциалом для использования в сельском хозяйстве. Уникальные свойства таких систем можно применять для всесторонней защиты растений, повышения урожая и укрепления продовольственной безопасности.

УДК

## **ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ И ИЗДЕЛИЯ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ГИБКОСТЬЮ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Мясоедова В.В.<sup>1</sup>, Киршанов К.А.<sup>2</sup>, Заседателева Д.А.<sup>2</sup>, Сутягинский М.А.<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> АО «ГК «ТИТАН»»

<sup>2</sup> РТУ МИРЭА

*E-mail: myasoedova.vv@titan-group.ru*

Ключевые слова: полимерные композиты, гибкие трубопроводы, тара и упаковка

Совершенствование составов гибких полимерных композитов многоцелевого назначения (в частности, для трубопроводов, тары и упаковки) актуально в научно-практическом плане для сельского хозяйства в связи с необходимостью расширения диапазона физико-механических свойств как трубопроводных систем, так и изделий тары и упаковки, а сфера их применения постоянно расширяется.

*В настоящее время марочный ассортимент отечественных термопластов недостаточно широк, но нами уже проведен цикл экспериментальных работ по модификации полиолефинов с целью эластификации и повышения прочностных параметров получаемых материалов с использованием компатибилизаторов и минеральных наполнителей природного и синтетического происхождения, в том числе: карбоната кальция, наносилика и других кремнекислотных наполнителей (осажденный оксид кремния, соли кремниевой кислоты, силикаты алюминия-каолин, диатомит, бентонит, слюда, цеосил), силикаты магния – асбест, тальк, силикаты кальция синтетического происхождения и природный метасиликат кальция, оксиды металлов: кальция, магния, цинка, титана, сульфаты – бариты, гипс. Для использования других классов полимеров, в частности, поливинилхлорида, полиакрилатов и каучуков, потенциальным направлением*

исследования является пластификация, в частности, введение высокомолекулярных полиэфирных пластификаторов.

Особое внимание уделено получению композитов на основе вторичных полимеров для тары и упаковки методами термопрессования, экструзии и литья под давлением. В частности, термопластичные эластомеры для гибких изделий могут быть получены на основе вторичного полиэтилентерефталата.

Высокие прочностные характеристики изделий и стабильность технологического процесса могут быть достигнуты за счет использования наполнителей оптимального размера и подходящей химической природы, хорошо диспергируемых и совместимых с полимерной матрицей, в том числе, с использованием предлагаемых нами компатибилизаторов. Приведенные ранее в наших публикациях данные дополняют сведения по физико-механическим свойствам композитов данными, полученными при помощи термодинамических методов синхронного ТГА/ДСК анализа и создать научные основы для комплексного подхода к регулированию таких физико-механических параметров как повышение их эластичности, водонепроницаемости, герметизирующих свойств и других эксплуатационных параметров материалов на основе композитов, полученных из модифицированных термопластов. Регулирование свойств полимерных композитов в широких пределах открывает возможности использования их для стационарных и передвижных гибких труб с возможностями упрощенного хранения в виде свернутых бухт и быстрое развертывание при необходимости. Дополнительное расширение эксплуатационных параметров возможно за счет армирования гибких трубопроводов волокнами разнообразной химической природы.

Продемонстрированы результаты изучения физико-механических характеристик бинарных композитов на основе полимерных матриц, содержащих различные марки полиэтилена и сополимер этилен-октена. Например, при введении добавок сополимера разрушающее напряжение существенно увеличилось по сравнению с исходным полимером. Введение

сополимера этилен-октена также повышало значение относительного удлинения. В качестве наполнителя использовали, в частности, гидрофобизированный карбонат кальция. Выявлено оптимальное соотношение компонентов в полимерных композитах и определены их физико-механические свойства. Результаты исследования могут быть использованы для практического применения производства гибких трубопроводов. Продолжение работ будет, в том числе, с применением армирования трубных изделий.

Представлены основные направления применения препаратов типа наносилика в растениеводстве и в животноводстве: обработка семян сельскохозяйственных растений для повышения всхожести, энергии прорастания, длины и массы отростков, в том числе в комбинации со светодиодным излучением; применение в качестве стимулятора роста и повышения урожайности и биохимических показателей ряда культур сельскохозяйственных растений орошением надземной части в разных фазах развития: пшеница, рожь, ячмень, картофель, капуста, томаты, кабачки, подсолнух; применение для борьбы с грибковыми и бактериальными возбудителями болезней растений (мучнистая роса для томатов и др. обработка надземной части растений орошением в определенных фазах развития.

В рамках проведенного литературного обзора по использованию наносилики в композиционных материалах подчеркивается важность данного компонента для создания новых композитов - материалов для стратегически важных отраслей промышленности, сельского хозяйства, а также для медицины. Показано, что использование диоксида кремния в упаковочных материалах способствует увеличению долговечности, прочности и износостойкости пленочных материалов. Применение коллоидного диоксида кремния также актуально в создании пленок и разнообразных изделий за счет повышения стабильности электронного состояния, например, в пленках на основе полиэтилена высокого давления. Создание биоразлагаемых активных пленок на основе полилактида также не обходится без использования диоксида кремния.

Добавление диоксида кремния повышает теплостойкость полимерных материалов, что является немаловажным в использовании его при производстве теплоизоляционных материалов для оборудования сельского хозяйства, например, теплиц.

УДК: 66.095.26

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ**

**А.А. Ярославов, И.Г. Панова, О.А. Новоскольцева**

*Химический факультет,*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия*

E-mail: [yaroslav@belozersky.mu.ru](mailto:yaroslav@belozersky.mu.ru)

Доклад посвящен связующим на основе ионных полимеров и интерполимерных комплексов для природных дисперсных систем, в том числе почв и грунтов. Суть предлагаемого метода состоит в нанесении на обрабатываемую поверхность разбавленных водных растворов полимеров, которые способны быстро реагировать с частицами почвы (грунта) в закрепляемом слое. После высыхания на поверхности почвы формируется полимерно-почвенное покрытие (корка) толщиной 3-5 мм устойчивое к ветровой и водной эрозии и в то же время допускающее прорастание сельскохозяйственных культур и травы. Такое покрытие выдерживает давление, создаваемое взрослым человеком; после разрушения слой полностью восстанавливается при увлажнении почвы (искусственный полив, природные осадки). Помимо противоэрозионного действия полимерно-почвенные покрытия способны удерживать воду в почве и связывать катионы тяжелых металлов. В качестве полимеров для получения рецептур могут выступать коммерчески доступные синтетические и природные полимеры. Растворы исходных полимеров сохраняют устойчивость при длительном хранении в различных погодных условиях; для нанесения полимерных рецептур могут быть использованы существующие технические средства (малая авиация, беспилотные аппараты, поливочные машины, ранцевые распылители).

Круг применений полимерных связующих чрезвычайно широк и включает: блокирование эрозионных процессов в почве, сохранение влаги на засушливых территориях, консервацию хвостохранилищ горнорудных и

обогачительных фабрик, консервацию/рекультивацию мусорных полигонов и др.

В докладе обсуждаются фундаментальные аспекты реакций, приводящих к формированию поликомплексов, механизм структурирующего действия полимеров и свойства, которые делают их эффективными и универсальными связующими.

УДК 544.77: 631.8

## **ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ПОЛИМЕРАМИ, И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ**

**Хина А.Г.<sup>1,2</sup>, Гордеев А.С.<sup>3</sup>, Бикташева Л.Р.<sup>3</sup>, Крутяков Ю.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова*

<sup>2</sup> *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

<sup>3</sup> *Казанский (Приволжский) федеральный университет*

*E-mail: alex\_khina@inbox.ru*

**Ключевые слова:** наночастицы серебра, полигексаметилен бигуанид, поливинилпирролидон, стимуляторы роста растений, фитостимулирующие свойства, пшеница

Известно, что, благодаря развитой площади поверхности (до 100 м<sup>2</sup>/г), наночастицы серебра (НЧАg), обладают рядом особых физико-химических и биологических свойств, отличных от свойств макроскопического серебра. К настоящему времени хорошо изучены антибактериальные, фунгистатические и противовирусные свойства НЧАg, которые обуславливают их широкое применение в средствах местной терапии заболеваний кожи и слизистых оболочек. Сравнительно новой областью исследований НЧАg является изучение их воздействия на высшие растения. В последние несколько десятилетий было показано, что НЧАg оказывают влияние на многие внутриклеточные процессы в тканях растений, что, в свою очередь, приводит к их изменениям на макроуровне. При этом, результаты опубликованных исследований носят крайне противоречивый характер. В то время как в одних работах заявляется о фитостимулирующих свойствах НЧАg, таких как интенсификация процесса фотосинтеза, увеличение ростовых показателей и урожайности, в других исследованиях, наблюдается обратный эффект. В результате анализа большого

количества опубликованных экспериментальных данных по данной тематике, нами была выдвинута гипотеза, что одним из ключевых факторов, определяющих направленность и интенсивность действия НЧА<sub>g</sub> на растения, является фаза развития растительного организма, при которой происходит воздействие. Для проверки данной гипотезы нами были проведены лабораторные эксперименты по изучению действия НЧА<sub>g</sub> на проростки пшеницы, а также полевые опыты на взрослых растениях.

Дисперсии НЧА<sub>g</sub> получали методом химического восстановления нитрата серебра боргидридом натрия. В качестве стабилизаторов коллоидной устойчивости дисперсий НЧА<sub>g</sub> использовали азотсодержащие полимеры поливинилпирролидон (ПВП), являющийся одним из наиболее часто применимых поверхностных стабилизаторов для НЧА<sub>g</sub>, и полигексаметилен бигуанида гидрохлорид (ПГМБ), широко применяемый в растениеводстве в качестве средства защиты растений от биогенных факторов внешней среды. Оптимальную молекулярную массу и количество используемых полимеров, обеспечивающие наилучшую коллоидную устойчивость дисперсий во времени, определяли методом гелепроникающей хроматографии. Установлено, что оптимальной молекулярной массой ПГМБ и ПВП, является 2.1 и 44 КДа соответственно. Полученные дисперсии наночастиц серебра были охарактеризованы методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и динамического рассеяния света (ДРС). Было обнаружено, что НЧА<sub>g</sub>, стабилизированные ПГМБ, обладали меньшим размером частиц  $d=5.6 \pm 2.9$  нм в сравнении с  $d=21.9 \pm 9.1$  нм у НЧА<sub>g</sub>, стабилизированных ПВП. Кроме того, частицы дисперсии, стабилизированной ПВП, состояли в основном из агрегатов нескольких НЧ различной формы, что говорит о протекании нежелательных процессов коагуляции. Вероятно, наблюдаемая коллоидная нестабильность дисперсии, стабилизированной ПВП, связана с низким значением потенциала скользящего слоя  $\zeta=18.2$  мВ, в сравнении с 32.6 мВ для дисперсии, стабилизированной ПГМБ, что было установлено методом ДРС.

При проведении биологических экспериментов, использовали дисперсии с концентрацией НЧА<sub>g</sub> от 1 до 100 мг/л. В лабораторных опытах, в качестве оцениваемых ростовых параметров, измеряли длину корня и стебля, а также общую массу ростка. В полевых опытах измеряли высоту и количество стеблей, а также интегральные показатели урожайности. Было обнаружено, что при проращивании семян пшеницы в дисперсиях НЧА<sub>g</sub>, ростовые параметры взошедших семян оставались неизменными при действии низких концентраций НЧ и значительно снижались при концентрации серебра равной 25 мг/л и выше. Напротив, действие наночастиц на взрослые растения пшеницы в полевых испытаниях оказало положительный эффект. Так, наблюдалось увеличение высоты стеблей и густоты их стояния, а также повышение урожайности пшеницы до 8%. Для понимания механизма наблюдаемого разнонаправленного эффекта от действия НЧА<sub>g</sub>, была определена активность ферментов про-/антиоксидантного баланса в тканях растений.

### **Благодарность**

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова, регистрационный номер 121031300092-6, а также программы государственной поддержки центров Национальной технологической инициативы (Центр НТИ «Цифровое материаловедение: новые материалы и вещества» МГТУ им. Н.Э. Баумана)

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>РАЗРАБОТКА ПЛЕНОК ИЗ АЛЬГИНАТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧНОЙ УПАКОВКИ ПРОДУКТОВ</b>	
<i>Пенькова А.В., Дмитренко М.Е., Кузьминова А.И. ....</i>	3
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СУПЕРАБСОРБЕНТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b>	
<i>Лавлинская М.С., Журавлев И.А., А.И. Юткина, Сорокин А.В. ....</i>	6
<b>МОДИФИКАЦИЯ ХИТОЗАНА КАК СТРАТЕГИЯ СОЗДАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ</b>	
<i>Зорин И.М., Домнина Н.С., Попова Э.В., Коваленко Н.М., Новикова И.И. ....</i>	9
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ АЛЬГИНАТ НАТРИЯ/ЖЕЛАТИН ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО УПАКОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА</b>	
<i>Кузьминова А.И., Дмитренко М.Е., Джакащов И.П., Пенькова А.В. ....</i>	12
<b>СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СЕНСОРЫ НА ОСНОВЕ ПИЛЛАР[5]АРЕНА, СОДЕРЖАЩИЕ ТЕТРАЗОЛЬНЫЕ ГРУППЫ, ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ИОНОВ ЦИНКА И КОБАЛЬТА</b>	
<i>Махмутова Л.И., Шурник Д.Н., Стойков И.И. ....</i>	15
<b>ПРИРОДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТРИЦЫ В КАЧЕСТВЕ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ</b>	
<i>Морозкина С.Н., Снетков П.П., Шайкенов Р.О., Сербун П.Г. ....</i>	18
<b>ФИТОАКТИВНЫЕ И БИОЦИДНЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И СОЗДАНИЯ ПОКРЫТИЙ. СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ</b>	
<i>Морозкина С.Н., Снетков П.П., Шайкенов Р.О., Сербун П.Г. ....</i>	21

<b>ПИЩЕВАЯ БИОУПАКОВКА</b>	
<i>Шаов А.Х., Бесланеева А.Н. ....</i>	24
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРОВ</b>	
<i>Подзорова М. В., Тертышина Ю. В., Суханов И. А. ....</i>	27
<b>СУПЕРАБСОРБЕНТ С ПРОЛОНГИРОВАННЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ВОДЫ</b>	
<i>Репина Е.С., Магжанова А.И., Ладилова Н.Ю., Корниенко П.В. ....</i>	30
<b>БИОПОЛИМЕРНЫЕ СЪЕДОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ С НАНОЭМУЛЬСИЯМИ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА УРОЖАЯ ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННОМ ХРАНЕНИИ</b>	
<i>Сербун П.Г., Шайкенов Р.О., Снетков П.П., Рыбалка А.В., Морозкина С.Н. ....</i>	33
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В КАЧЕСТВЕ ФИТОАКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
<i>Шайкенов Р.О., Сербун П.Г., Рыбалка А.В., Снетков П.П., Морозкина С.Н. ....</i>	36
<b>СВЕТОСТАРЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПЭВП И ФОСФОРОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ</b>	
<i>Шаов А.Х., Бесланеева А.Н. ....</i>	39
<b>СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА, ПОЛИБУТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА И ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ-ГЛИКОЛЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ</b>	
<i>Веселова Е.В. ....</i>	42
<b>ПШЕНИЧНАЯ СОЛОМА КАК СЫРЬЕ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
<i>Сорокин А.В., Циммер Е.М., Юткина А.И., Лавлинская М.С. ....</i>	45

<b>СТИМУЛ-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ И ЛИПОСОМ ДЛЯ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ДОСТАВКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ</b>	
<i>Ефимова А.А., Абрамова Т.А., Яценко И.В., Казанцев А.В., Лукашов Н.В., Ярославов А.А. ....</i>	47
<b>ОТКЛИК ЛИСТОВОГО САЛАТА НА МИКРОПЛАСТИК</b>	
<i>Икконен Е.Н., Репкина Н.С., Батова Ю.В., Ярославов А.А. ....</i>	49
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b>	
<i>Баматов И.М. ....</i>	51
<b>АНИОННЫЕ БИОСОВМЕСТИМЫЕ ПОЛИМЕРЫ ДЛЯ ГИДРОФИЛИЗАЦИИ ТРУДНОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ</b>	
<i>Спиридонов В.В., Фёдоров А.Ю., Поздышев Д.В., Муронец В.И., Лукманова А.Р., Ярославов А.А. ....</i>	53
<b>ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПЫЛЬЮ НА ГРУНТОВЫХ ДОРОГАХ</b>	
<i>Фетин П.А., Минов А.Е., Зорин И.М. ....</i>	55
<b>ПОЛИМЕРНЫЕ СИСТЕМЫ С КВАНТОВЫМИ ТОЧКАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ОТ ЗАБОЛЕВАНИЙ</b>	
<i>Шайкенов Р.О., Сербун П.Г., Рыбалка А.В., Снетков П.П., Морозкина С.Н....</i>	57
<b>ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ И ИЗДЕЛИЯ С РЕГУЛИРУЕМОЙ  ГИБКОСТЬЮ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b>	
<i>Мясоедова В.В., Киришинов К.А., Заседателева Д.А., Сутягинский М.А. ....</i>	60
<b>УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ</b>	
<i>Ярославов А.А., Панова И.Г., Новоскольцева О.А. ....</i>	64

<b>ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИМИ ПОЛИМЕРАМИ, И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ</b>	
<i>Хина А.Г., Гордеев А.С., Бикташева Л.Р., Крутяков Ю.А. ....</i>	<i>66</i>

