

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

**V Всероссийская научно-практическая конференция,
посвященная 190-летию Д. И. Менделеева**

11-12 апреля 2024 г.



**Санкт-Петербург
2024**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики

МАТЕРИАЛЫ

**V Всероссийской научно-практической конференции,
посвященной 190-летию Д. И. Менделеева,**

**«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ,
ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»**

Научное издание
2024

*Под общей редакцией кандидата химических наук,
доцента Ю. Л. Моревой*

Санкт-Петербург
2024

УДК 001.891
ББК 72
С 568

Редакционная коллегия:

кандидат химических наук, доцент *Ю. Л. Морева* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна);

доктор технических наук, доцент *В. А. Липин* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна);

доктор геолого-минералогических наук *А. А. Тронин* (Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр Российской академии наук Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской академии наук)

С 568 Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 190-летию Д. И. Менделеева, «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «С.-Петерб. гос. ун-т промышленных технологий и дизайна»; под общ. ред. Ю.Л. Моревой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2024. — 186 с.

ISBN 978-5-91646-404-7

Сборник включает материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности», состоявшейся 11-12 апреля 2024 г. в СПбГУПТД.

Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 001.891
ББК 72

ISBN 978-5-91646-404-7

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2024
© Коллектив авторов, 2024

СЕКЦИЯ 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 351.846.2

СРАВНЕНИЕ РЕШЕНИЙ ПО СБОРУ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ ЗА РУБЕЖОМ

Горбушина Е. М., Дятлов К. А., Янчукович С. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: elizaveta.kozina.02@bk.ru, kirilldaytlov1@gmail.com

SELECTION AND COMPARISON OF HAZARDOUS WASTE COLLECTION SOLUTIONS ABROAD

Gorbushina E. M., Dyatlov K. A., Yanchukovich S. G.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данной статье рассмотрены законы и прием особо опасных отходов у физических лиц в зарубежных странах, а также международные стандарты по сбору опасных отходов.

Ключевые слова: особо опасные отходы, сокращение количества отходов.

Целью данной статьи является проблема сбора особо опасных отходов.

Опыт зарубежных стран в области приема опасных отходов. Законодательство зарубежных стран в области управления отходами включает законодательные акты двух видов: общие и специальные. Общие регулируют использование и обезвреживание любых видов отходов. К ним, например, относятся «Государственный закон об утилизации твердых отходов» США, «Закон о ликвидации отходов и рекуперации материалов» Франции, Закон Японии «Об уборке и переработке отходов» и т.д. Наряду с ними в отдельных странах приняты законы о конкретных видах отходов. Например, «Закон об отработанных маслах» Австрии, Закон Дании «О вторичном использовании бумажных отходов и упаковок от прохладительных напитков и сокращение объема отходов». В большинстве стран ЕС в течение 90-х годов введены в действие специальные законы по отходам упаковки.

В США твердые коммунальные отходы включают в себя все повседневно выбрасываемые предметы домашнего обихода, коммерческих и институциональных предприятий и т. д. Использование вторичного сырья регламентируется законом «Об утилизации твердых отходов», принятым в 1965 году, и законом «О сохранении природных ресурсов и переработке отходов» 1976 года. Эти законы регулируют в первую очередь сбор, а также ликвидацию промышленных отходов.

Во Франции к опасным отходам относят все, что не относится к твердым коммунальным отходам. Например, зола от сжигания. Ее мешают с бетоном, строят «бетонные зиккураты». Основным документом, регламентирующим использование вторичного сырья, контроль за образованием отходов и предотвращением загрязнения ими окружающей среды, является «Закон о ликвидации отходов и рекуперации материалов», принятый в 1975 году. Центральное место в этом законе занимает требование обеспечения безопасности от вредного воздействия отходов на здоровье людей и окружающую природную среду. Производитель или импортер обязан соблюдать это требование закона и в каждом конкретном случае предоставлять доказательства того, что отходы, образующиеся на любом этапе использования сырья или материалов, в том числе ввозимых по импорту, могут быть ликвидированы или использованы так, как это предписано законом.

В Японии отходы – это некоторые виды бумаги и картона, резина, пластик (не весь), всевозможные обертки и упаковки. Закон «Об уборке и переработке отходов» регламентирует условия сбора, хранения, транспортировки отходов в городах, поселках, деревнях, определяет

распорядительные и контрольные функции местных органов власти по обеспечению ликвидации образующихся на их территории отходов, обязанности предпринимателей и частных лиц, у которых образуются отходы, а также виды санкций за нарушения предписывающих статей закона.

Закон Австрии «О заготовке и ликвидации отдельных специальных отходов» от 25.03.83 года имеет аналогичное содержание.

Законом Дании отходами считаются все отходы от домашних хозяйств. Закон «О вторичном использовании и сокращении отходов» (1984 год) регламентирует права местных органов по организации системы сбора вторичных ресурсов, необходимость предоставления товаропроизводителями в надзорные органы необходимой информации о составе товара, устанавливает порядок предоставления инвестиций и субсидий, обеспечивает соблюдение конфиденциальности, а также определяет штрафные санкции за нарушение законодательства в области обращения с отходами.

В Германии отходами являются пищевой мусор, бумажные кухонные полотенца, трава, волосы и т. д. «Закон о замкнутых циклах производства и об отходах» вступил в силу в октябре 1996 года. Законом регламентируется замена системы уничтожения отходов и переход к экономике многократного использования материальных ресурсов в замкнутом цикле вида «сырье – продукция – вторичное сырье». Главная задача закона – создание правовых основ для повышения эффективности использования сырьевых ресурсов, их экономии, внедрению малоотходных технологий. Регистрируются все процессы, связанные с отходами, и устанавливаются требования, касающиеся их предотвращения, отвечающие нуждам экологии. При этом за основу принимается принцип виновника, призванный повысить ответственность производителя за свою продукцию, в том числе после ее использования или вывода из эксплуатации [1].

Эти примеры показывают, что разные страны принимают серьезные усилия для разработки эффективных систем управления опасными отходами. Важно учитывать местные условия, потребности и технологические возможности для создания наилучших практик в данной области.

Международные стандарты и регуляции по сбору опасных отходов у физических лиц. Международные стандарты, государственные законы и правила помогают координировать сбор опасных отходов от физических лиц с целью минимизации неблагоприятного действия на окружающую среду и общественное здоровье.

Существуют международные критерии отнесения отходов к категории опасных в Федеральном законе № 49-ФЗ от 24 ноября 1994 года «О ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничными перевозками опасных отходов и их удалением», но в отношении твердых бытовых отходов практически не применяемые. Стоит отметить, что в зарубежных странах применяют различные критерии в определении «опасные отходы» и в большинстве случаев муниципальные отходы из домовладений не считаются опасными, т. к. обычно организуется отдельный сбор опасных отходов, образующихся в быту (краски, аккумуляторы, ртутные лампы и пр.). К прочим международным соглашениям, регулирующим деятельность по управлению ТБО, следует отнести «Стокгольмскую Конвенцию о стойких органических загрязнителях». В частности, п. 1, ст. 6 требует, чтобы отходы обрабатывались, собирались, транспортировались и хранились экологически безопасным образом, а также принимались меры к нейтрализации стойких органических загрязнителей. Особое значение эта Конвенция имеет при эксплуатации мусоросжигательных заводов и прочих объектов термической обработки отходов, а также пожаров на свалках. В связи с этим также следует упомянуть «Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния», в которой предусматривается обмен информацией и формирование политики, направленной на борьбу с выбросами загрязнителей воздуха. «Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря» – это еще одно международное соглашение, которое регулирует защиту морского бассейна Балтики, в том числе и от бытовых отходов на

побережье. Международные соглашения следует учитывать при рассмотрении проектов строительства мусоросжигательных заводов, особенно в приграничных зонах [2].

Выводы:

1. Регулирование. В разных странах могут существовать различные стандарты и процедуры для регулирования сбора опасных отходов. Необходимо информировать население в должной мере, разрабатывать обучающие мероприятия, акции, курсы, чтобы не было проблем с отходами и их утилизацией. Некоторые страны могут иметь более жесткие правила и нормативы по сбору и обращению с опасными отходами.

2. Инновации и технологии: в некоторых странах активно развиваются инновационные технологии для обработки и утилизации опасных отходов, что позволяет более эффективно и безопасно решать данную проблему.

Библиографический список

1. Опыт развитых стран в области управления обращением с отходами – Мировая практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=328>

2. Международное регулирование деятельности по утилизации бытовых отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3618005/page:4/>

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЮ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРА ВОДНЫХ ВИДОВ СПОРТА

Жижина Е. В., Морева Ю. Л.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: jul_morewa@mail.ru

DEVELOPMENT OF MEASURES FOR RATIONAL WATER USE ON THE TERRITORY OF THE WATER SPORTS CENTER

Zhizhina E.V., Moreva Y. L.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В работе были рассмотрены различные решения по рациональному использованию воды на территории водных центров. В результате исследования были предложены технологические решения по сокращению потребления свежей воды, было предложено использовать дождевые воды для подпитки бассейна, а также была подобрана технологическая схема очистки воды для бассейна.

Ключевые слова: ресурсосбережение, очистка воды, бассейны, водоподготовка, рациональное водопользование.

Центр водных видов спорта представляет собой специализированное место для проведения тренировок, соревнований и развлечений, связанных с водными видами спорта, такими как гребля, плавание, водные гонки и др. Центры водных видов спорта представляют собой большой комплекс сооружений, который включает бассейны для проведения соревнований и тренировок спортсменов, спортзалы, сауны, столовые, гостиницы, прачечные, медико-восстановительные центры и другие подразделения.

Одной из основных проблем водопользования в центре водных видов спорта является высокое потребление воды. Водные виды спорта требуют большого количества воды для заполнения бассейнов, создания и поддержания оптимальных условий для тренировок и соревнований. Еще одной проблемой является недостаточное использование возобновляемых источников воды. В центре водных видов спорта часто используется пресная вода из местных водоемов или водопроводных систем. Однако, с учетом увеличивающегося дефицита качественной пресной воды во многих регионах мира становится все более важным использование альтернативных источников воды, таких как дождевая вода, очищенная вода после сооружений биологической очистки.

Вода питьевого качества используется в душевых и санитарных узлах, для компенсации потерь при работе бассейнов, в столовых, кафе и прачечных, а также для уборки помещений. В результате работы центра образуются хозяйственно-бытовые, производственные (сточные воды прачечных, столовых и сточные воды очистных сооружений водоподготовки воды для бассейна) и поверхностные сточные воды. Данные стоки загрязнены различными веществами органической и неорганической природы и должны подвергаться локальной очистке перед сбросом в системы коммунальной канализации или в водный объект. Так, для очистки сточных вод столовой необходимо устанавливать жироловки для удаления жиров, взвешенных веществ и поверхностно-активных веществ. Для сточных вод прачечных необходимо устанавливать флотационные сооружения, которые позволят вернуть в производство моющие средства, а также повторно использовать воду. Хозяйственно-бытовые сточные воды содержат большое количество взвешенных и органических веществ, а также патогенные микроорганизмы. Для очистки данных сточных вод используются сооружения механической, биологической и химической очистки. Для крупных центров, при экономическом обосновании, возможна установка собственных сооружений биологической

очистки производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Для небольших центров, представленных одним бассейном, устанавливают сооружения водоподготовки и очистки оборотных сточных вод бассейна.

Цель работы – разработка мероприятий по рациональному водопользованию для спортивного центра с переливным бассейном объемом 400 м³.

Первым мероприятием по рациональному водопользованию центра является использование таких технологических решений, которые направлены на сокращение использования свежей воды. Они, с одной стороны, позволяют снизить водопотребление, а, с другой стороны, позволяют сократить объем сточных вод, которые необходимо очищать. В результате работы было предложено использовать на территории бассейнового комплекса следующие решения:

- унитазы с двойным смывом, которые позволяют экономить на санузлах до 30 % свежей воды;
- души с дозатором, в которых установлен порционно-прессовый клапан для подачи воды в течение 30 с. и позволяет также экономить до 30 % свежей воды;
- смесители с инфракрасными датчиками подачи воды, которые также позволяют до 30 % экономить свежую воду.

Данные решения на 10-15 % дороже по сравнению с традиционными и полностью окупаются в течение 3 месяцев эксплуатации.

С поверхности бассейна испаряется большое количество воды, вода разбрызгивается пловцами и выносится на теле купальщиков, и количество подпитывающей свежей воды, которое необходимо восполнять для работы бассейна, составляет до 10 % от объема бассейна.

Для компенсации потерь воды и сокращения потребления свежей воды одним из решений является очистка сточных вод и ее использование в оборотной системе. Как было рассмотрено ранее, на территории комплекса образуются помимо производственных и хозяйственно-бытовых поверхностные сточные воды. Дождевые сточные воды с поверхности кровли содержат невысокие концентрации загрязняющих веществ [1] и могут быть использованы для подпитки оборотной системы водоснабжения бассейна после прохождения сооружений водоподготовки бассейна.

Расчетный объем дождевых сточных вод с кровли водного центра, находящегося в Санкт-Петербурге, был рассчитан и составил 2,11 м³/сут, или 771,84 м³/год.

Изменение расхода свежей воды до и после мероприятий приведено в таблице.

Таблица – Расход свежей воды для обслуживания водного центра [2]

Вид потери	Расход воды до мероприятий, м ³ /сут	Расход воды после мероприятий, м ³ /сут
Хозяйственно-питьевые нужды	54,4	38,1
Подпитка бассейна	34,63	32,4
Промывка фильтров очистных сооружений	4	4
Общие потери	93	74,5

После использования предложенных мероприятий по рациональному водопользованию, будет сэкономлено 18,5 м³ воды в сутки.

В результате анализа современных решений по очистке воды бассейна была предложена технологическая схема с озонированием (рис.).

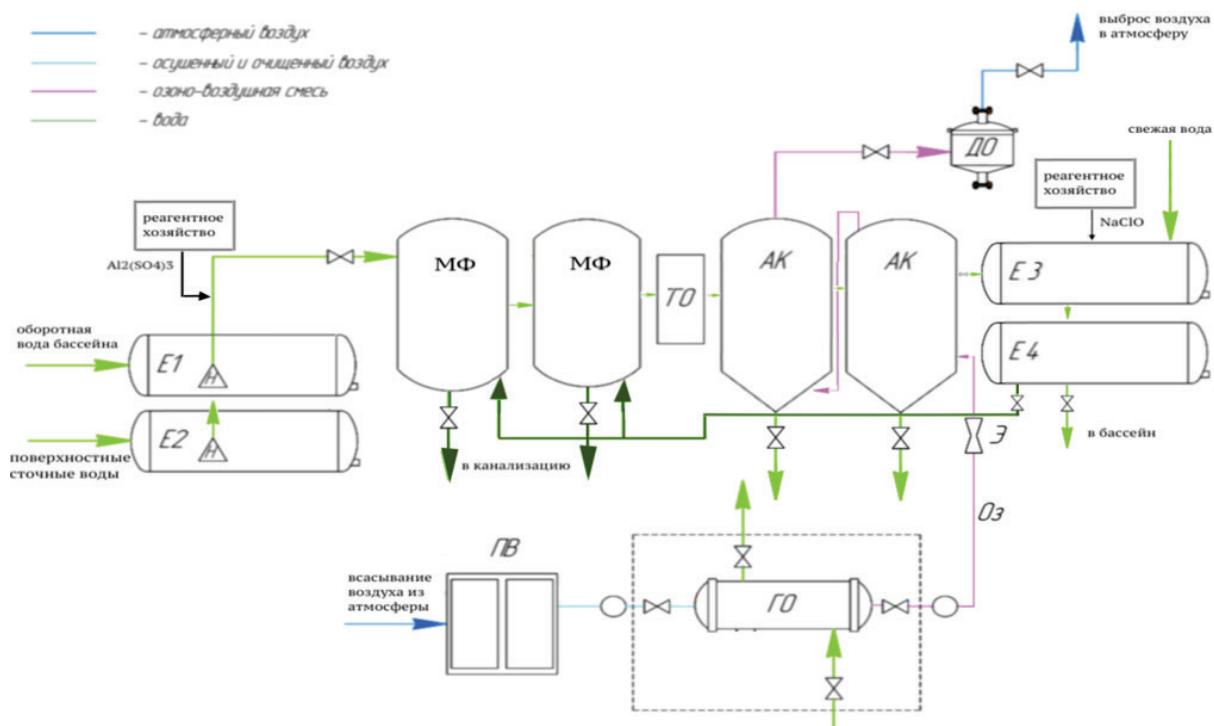


Рисунок – Технологическая схема водоподготовки воды бассейна:

E1-4 – емкости; МФ – механический фильтр; АК – контактная камера озонирования; ТО – теплообменник; ДО – деструктор озона; Э – эжектор; ПВ – блок подготовки воздуха; ГО – генератор озона; Н – насос

Данная схема позволяет не только обеспечить высокую эффективность очистки воды от загрязняющих веществ и микроорганизмов, но рационально использовать химические вещества (озон) благодаря двухступенчатой противоточной системе озонирования.

В результате исследования были предложены технические мероприятия по сокращению потребления свежей воды, было предложено использовать дождевые воды для подпитки бассейна, а также была подобрана современная технологическая схема очистки воды для бассейна. Мероприятия позволят сократить количество свежей воды на 10-30 % и в среднем окупятся за 4 месяца.

Библиографический список

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты: методическое пособие / Ю. А. Меншутин, Л. М. Верещагина, А. С. Керни, Е. В. Фомичёва, А. Ю. Логунова. – Москва, 2015. – 146 с. – Текст: непосредственный.
2. Кедров, В. С. Плавательные бассейны. Водоснабжение и водоотведение: учебное пособие / В. С. Кедров, Ю. В. Кедров, В. А. Чухин. – М.: Стройиздат, 2002. – 184 с. – Текст: непосредственный.

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПАРКОВЫХ ЗОН НА ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДУ

Игачева В. Ю., Волчкова А. Ю., Янчукович С. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: vasilinka080902@gmail.com

THE INFLUENCE OF ARTIFICIAL LIGHTING IN PARK AREAS ON HUMANS AND NATURE

Igacheva V. Yu., Volchkova A. Yu., Yanchukovich S. G.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данной работе был рассмотрен вопрос влияния современного искусственного освещения на зрение человека и животных. Приведены результаты обследования доктора биологических наук, профессора В. М. Тарбаевой искусственного освещения экотропы в городе Машук. По данному вопросу сделаны выводы о том, какие светильники являются более безопасными для здоровья.

Ключевые слова: искусственное освещение, зрение, здоровье, экология, новые технологии.

В настоящее время во многих городах мира происходит активная застройка парковых зон. Парки играют важную роль в жизни людей, предоставляя им возможность отдохнуть от городской суеты, насладиться природой и провести время на свежем воздухе. Вечером парки становятся более тихими и спокойными. Однако они все еще остаются популярным местом для встреч друзей, романтических свиданий или семейных прогулок. Вечерние прогулки в парке могут быть особенно приятными благодаря мягкому свету фонарей и тихому шелесту листьев. Освещение играет важную роль в создании комфортной и безопасной среды для посетителей парков. Оно позволяет людям наслаждаться красотами природы даже после наступления темноты, а также обеспечивает безопасность передвижения. Важно учитывать особенности местности и подбирать оптимальные источники света. Соответственно важной задачей является установка правильного искусственного освещения.

В современном искусственном освещении используют светодиодные лампы. У белых СД ламп выраженная полоса излучения в сине-голубом диапазоне с длиной волны 450 нм, которая оказывает влияние на механизм биологических часов и на зрение человека (рис. 1).



Рисунок 1 – Диапазон волн видимого спектра

Такое освещение может привести к так называемой «пандемии близорукости». По данным доклада ВОЗ о зрении на 2020 год, 43,3 млн человек – слепые, 295 млн имеют умеренные и тяжкие степени нарушения зрения, 258 млн – легкую степень, 510 млн – нарушения зрения из-за старческой дальнозоркости. По прогнозам приобретенная миопия достигнет к 2050 году 5 млрд человек, что составляет примерно 50 % населения земли. В связи с ростом цен на электроэнергию, появляется необходимость искать более экономичные источники света, а экономия на освещении, в свою очередь, приводит к проблемам со зрением [5].

В первую очередь при выборе освещения необходимо учитывать циркадные ритмы. Человек настроен на бодрствование при цветовой температуре 5500 К, а при 3000 К и менее – подсознательно переключается на сон. Обычно вечернее освещение СД ламп имеет 4000-6000 К, которое сбивает циркадные ритмы. При таком освещении замедляется выработка мелатонина, который, в свою очередь, влияет на многие жизненно важные функции организма:

1. Поддерживает работу гормональной и иммунной системы.
2. Регулирует естественные биоритмы.
3. Имеет сильные антиоксидантные свойства, замедляя процесс старения.
4. Защищает ДНК от воздействия канцерогенных веществ и препятствует образованию раковых опухолей.

Для искусственного освещения необходимо учитывать такой параметр, как общий индекс цветопередачи R_a . Это мера способности источника света отображать цвета освещаемых объектов в сравнении с идеальным или естественным источником света. Помимо этого, он определяет психологический комфорт световой среды. Чем выше R_a , тем ближе спектр искусственного света к естественному (рис. 2).

Несмотря на экономические выгоды, которые могут возникать при внедрении новой техники, технологий, приборов и оборудования, в первую очередь нужно всегда рассматривать вопросы воздействия на здоровье живого организма.

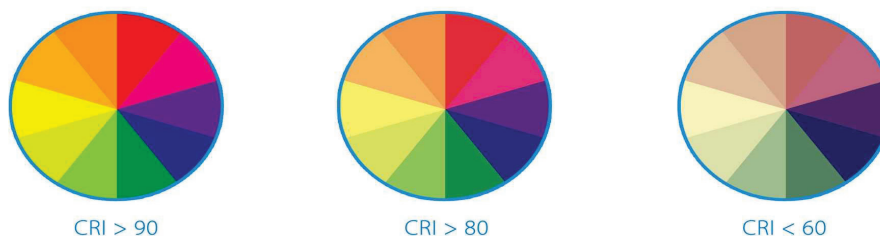


Рисунок 2 – Индекс цветопередачи

Чтобы обеспечить безопасность, необходимо провести научные исследования и оценить критерии влияния искусственных источников белого света на здоровье человека. Критерии оценки следующие:

1. Визуальные (комфортность освещения, нормы освещенности, энергетически-частотная характеристика света).
2. Психоземotionalная (производительность труда, скорость реакции, утомление).
3. Биологические (риски негативного влияния на уровни циркадно зависимых гормонов, таких как мелатонин, вазопрессин, кортизол и инсулин; эффективность антиоксидантной системы защиты; активность структур гематоретинального барьера кровеносной системы стекловидного тела и сетчатки; уровень деградации защитного «желтого пятна»; ускоренного уничтожения запаса радиальной глии; деградации системы аквапоринов).
4. Энергетические (уровни геомагнитного и электромагнитного) [1].

Более важно обращать внимание на влияние искусственного освещения на здоровье и зрение детей. Так как хрусталик детского глаза не полностью сформирован, а соответственно не является фильтром для синего и ультрафиолетового излучения, что может привести к

нарушениям зрения. По данным Роспотребнадзора на 2023 год, в первом классе 15-20 % детей имеют проблемы со зрением. Чтобы не ухудшать ситуацию и снизить нагрузку на зрение ребенка, необходимо контролировать допустимые нормы освещения в парковых зонах.

Световому загрязнению подвержено почти четверть Земли. Это загрязнение влияет не только на зрение людей, но и на зрение животных и насекомых всей планеты. По мнению ученых из университета Вашингтона световое загрязнение является одним из главных факторов, способствующих глобальному вымиранию насекомых. Этот фактор в большей степени влияет на жизнь ночных животных. Они ориентируются на фазу луны и свет звезд. Так они определяют момент, когда наступает период размножения и поиска партнера.

Примерно 30 % позвоночных и 60 % беспозвоночных ведут ночной образ жизни. Искусственное освещение влияет на цикл сна и бодрствования. Когда устанавливают неправильные источники искусственного света, это ухудшает поведение животных, их питание, размножение и охоту, характер миграции, а также формирование среды обитания.

Так же в физиологии животных играет важную роль суточные, лунные и годовые циклы. Эти циклы влияют на гормональный баланс организма. А он в свою очередь, влияет на сигналы к размножению, подготовку к зимнему анабиозу, запас питательных веществ и нагул жира. У животных, обитающих в городах, нарушается биологический ритм, что приводит к снижению их численности.

Искусственное освещение касается также и птиц. У них оптический диапазон шире, чем у человека. Если человек способен воспринимать свет в диапазоне 400-700 нм, то птицы, ведущие дневной образ жизни, 370-720 нм.

В Германии были проведены исследования черных дроздов. Результаты показали, что дрозды, обитающие в городе, сохраняют активность дольше, чем их сородичи в естественной среде обитания. Городские птицы бодрствуют на 5-6 часов больше.

Ежегодно солнечные блики на окнах, фонари, прожекторы приводят к гибели от 100 млн до 1 млрд птиц в Северной Америке. Эти данные предоставила канадская НКО "FLAP". А на Земле 5 материков, а значит, можно предположить, что количество погибших птиц увеличивается примерно в 5 раз.

Искусственное освещение оказывает значительное влияние на рост и развитие растений. Свет является одним из основных факторов, влияющих на процесс фотосинтеза, который является основным источником энергии для растений.

При использовании искусственного освещения необходимо учитывать спектр света, его интенсивность и продолжительность воздействия. Каждый вид растений имеет свои предпочтения относительно спектра света. Например, красный свет стимулирует рост и цветение, а синий свет способствует развитию стеблей и листьев. Интенсивность света также играет важную роль. Если она слишком низкая, то растения будут страдать от недостатка энергии, если же она слишком высокая, то это может привести к перегреву и повреждению растений. Продолжительность воздействия света также важна. Растения нуждаются в определенном количестве часов света в день для нормального роста и развития. Если свет включен круглосуточно, это может привести к стрессу у растений [2].

Кроме того, искусственное освещение может оказывать негативное воздействие на микроорганизмы в почве, что может повлиять на здоровье и рост растений. В целом, использование искусственного освещения требует тщательного планирования и контроля, чтобы обеспечить оптимальные условия для роста и развития растений.

Нередко в парковых зонах можно встретить водоемы. В них также живут определенные виды организмов. И искусственное освещение касается и их. Например, в дневное время зоопланктон, живущий в пресных водоемах, обитает под водой, а ночью выходит на поверхность воды, чтобы утолить свой голод. Благодаря смене дня и ночи, организмы поднимаются на поверхность. Постоянное присутствие света делает их уязвимыми для хищников и приводит к распространению сине-зеленых водорослей, которыми питаются зоопланктоны. Данные водоросли ухудшают условия и качество водной среды для других жителей водоема [3].

В 2023 г. руководитель Природоохранного союза, профессор, академик РЭА Вероника Тарбаева выступила экспертом по оценке освещения экологической тропы памятника природы краевого значения «Гора Машук». На экотропе в г. Машук установлены светодиодные светильники LZ-16-HG-RR-1000H-2300K, разработанные НПП «ЦЕРС». Их исследовали по цветовой температуре, спектрам и индексу цветопередачи.

Проведенные ими измерения параметров освещения всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K следующие:

1. CCT 2208-2300 K
2. CRI 90-92
3. LUX 33115
4. λ_p 631 nm

Проведенные измерения спектра света всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K показали минимальные значения полосы излучения в сине-голубом диапазоне с длиной волны около 450 нм [4].

Измерение общего индекса цветопередачи CRI света всех светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K более 90. Таким образом, с учетом особенностей сумеречного зрения человека видимость объектов при освещении их данными светильниками стало в несколько раз выше [4].

Так же были проведены обследования освещения экотропы светодиодными светильниками LZ-16-HG-RR-1000H-2300K в вечернее время в части влияния на состояние экосистемы. Вокруг экотропы с 20:00 до 23:00 часов визуально изучили фитоценоз. Результаты показали, что экосистема в равновесии:

1. Вокруг ламп в малом количестве наблюдались летающие насекомые.
2. Активность земноводных и рептилий не наблюдалась.
3. Птицы, ведущие дневной образ жизни, в поле зрения не появлялись. Не наблюдались признаки их кормежки и брачного поведения.

После детального изучения экотропы в городе Машук профессор В. М. Тарбаева высказала свое экспертное мнение: «Результаты потрясающие. Освещение светильников очень мягкое, тепло-желтое и комфортное для глаз человека и состояния экосистемы в целом. Температура 2300 K, а значит, минимум синего спектра, и высокий индекс цветопередачи. Супер! Молодцы разработчики (НПП «ЦЕРС»). Такой высокий CRI позволяет в деталях рассмотреть каждый листик, каждый сучок, весь причудливый рисунок коры ствола. Задрал голову, смотришь наверх на эту ажурную крышу из крон и чувствуешь себя маленьким хоббитом» [4].

Таким образом, полученные результаты проведенных измерений показаний применяемых светодиодных светильников LZ-16-HG-RR-1000H-2300K и визуального обследования освещения экотропы у подножия горы Машук свидетельствуют в пользу целесообразности широкого применения светильников данной марки в парках и на ООПТ. Освещение этих светильников мягкое и очень комфортное как для животных, так и для посетителей (рис. 3).



Рисунок 3 – Ночное освещение экотропы, гора Машук

Выводы:

1. Для улучшения здоровья зрительных органов человека и животного, по мнению большинства ученых и специалистов, необходимо использовать специальные лампы, с ограниченным спектром излучения. Следует использовать светодиодные светильники с теплорельным светом с цветовой температурой не более 3000 К и индексом цветопередачи более 90. У таких светильников должен быть рассеиватель, который обеспечит равномерное распределение яркости по выходному отверстию.
2. При установке искусственного освещения необходимо проводить углубленные исследования с привлечением ученых, гигиенистов, медиков и компаний разработчиков современного освещения.
3. К сожалению, разработчики световой продукции забывают о главном принципе гигиены – не вредить. Необходимо разрабатывать отечественные полупроводниковые источники белого света с солнцеподобным спектром излучения как для общего освещения, так и для подсветки мониторов и автомобильных фар. Создающие такие источники света осветительные приборы и остановки должны минимизировать световое загрязнение окружающей среды.
4. В связи с созданием новых технологий необходимо актуализировать и гармонизировать устаревшие ГОСТы и САНПины в области освещения для обеспечения безопасности человека и экосистемы.

Библиографический список

1. Капцов, В. А. Эволюция искусственного освещения: взгляд гигиениста / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего. – Москва: РАН, 2021. – 632 с.
2. Виноградова И. А. Влияние светового режима, мелатонина и эпиталона на биомаркеры старения, возрастную патологию и продолжительность жизни (экспериментальное исследование): дис. д-р. мед. наук: 14.0053. – СПб, 2009. – 372 с.
3. Веденеева Л. М., Болотова А. Г. Влияние характеристик источников света на здоровье человека // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. – 2014. – № 1. – С. 52-66.
4. Российская экологическая академия. – URL: <https://rosekoakademia.ru> (дата обращения: 05.04.2024).
5. Всемирная организация здравоохранения. – URL: <https://www.who.int> (дата обращения: 05.04.2024).

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВОССТАНОВЛЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Мешеряков С. В., Юдаев Л. Н., Комаров Д. М., Вишневский В. Д., Брагина Е. А.,
Токарева Е. А.

*ФГАОУВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный
исследовательский университет) имени И.М. Губкина
e-mail: lev.yudayev@mail.ru*

AN INTEGRATED APPROACH TO THE RESTORATION OF DISTURBED LANDS OF THE STAVROPOL TERRITORY

Meshcheryakov S.V., Yudaev L. N., Komarov D. M., Vishnevsky V. D., Bragina E. A.,
Tokareva E. A.

*Federal State Budgetary Educational Institution "Gubkin Russian State University of Oil and Gas
(National Research University)*

В рамках настоящей работы рассмотрен комплексный подход к ликвидации объектов накопленного вреда Ставропольского края – полей испарения пластовых вод. Разработаны предложения по организации инженерных изысканий на рассматриваемых объектах. Приведена схема ликвидации одного из полей испарения, включающая в себя в том числе мероприятия по рекультивации.

Ключевые слова: пластовые воды, поля испарения, Ставропольский край, рекультивация, зондирование местности.

Добыча нефти неизбежно сопровождается необходимостью утилизации пластовых вод. При этом соответствующие технологии в течение длительного времени не находили широкого внедрения. В ряде регионов с теплым климатом пластовые воды попросту сбрасывали на рельеф. Это, в свою очередь, привело к возникновению полей испарения, которые стали источниками загрязнения компонентов окружающей среды.

В данном контексте широкое внимание общественности приковано к Ставропольскому краю. Здесь с 1949 по 1983 годы было образовано несколько крупных полей испарения, в том числе на месторождениях Величаево-Колодезное, Камышовое, Зимняя ставка. Общая площадь загрязненных земель же составляет около 100 млн м² [1]. На настоящий момент на обозначенных участках не проведены восстановительные мероприятия. Таким образом, обсуждаемая экологическая проблема Ставрополя является актуальной.

Стоит отметить, что рекультивация в данном случае не является полноценным решением экологической проблемы. Существующие масштабы загрязнения требуют комплексного подхода. В таком случае необходимо:

1. Предложить перечень мероприятий по восстановлению нарушенных земель и их возвращению в народное пользование.

2. Создать и внедрить соответствующую технологию при условии возможности ее тиражирования на альтернативные объекты.

3. Получить полезную продукцию на основе размещаемого отхода.

В рамках достижения поставленных целей требуется выполнение ряда задач:

1. Проведение инженерных экологических изысканий с привлечением современных средств мониторинга.

2. Разработка схемы извлечения и переработки нефтесодержащего отхода.

3. Разработка алгоритмов проведения рекультивации.

4. Составление программы мониторинга территории в период, последующий за рекультивацией.

Основными составляющими изысканий является получение информации об особенностях территории (климатических, геологических, гидрологических и т. д.). На данном этапе целесообразно привлечение современных средств мониторинга. Благодаря применению группы дистанционных методов возможно получение достоверной информации о направлении движения грунтовых вод, о слагающих естественное ложе породах, а также установить границы и структуру тела размещения нефтесодержащих отходов. Немаловажным является и получение сведений об истории образования загрязнения.

Помимо перечисленного, необходимо производить и выездные обследования. Они заключаются в картировании местности, установлении площадки фоновых концентраций и точек пробоотбора, а также отбора проб. Пробы же подвергают комплексному химическому анализу.

Исходя из результатов инженерных изысканий происходит формирование алгоритмов проведения восстановительных работ на рассматриваемом участке [2].

Так, в ходе обследования территории Величаево-Колодезное были определены основные параметры загрязнения геологической среды (табл. 1). Также был установлен групповой состав нефтесодержащих отходов (табл. 2) [1].

Таблица 1 – Общие сведения о поле испарения Величаево-Колодезное

Площадь поля	Объём отхода	Координаты	
		широта	долгота
24 га	355254 м ³	44,000405	45,140648

Таблица 2 – Состав отходов, размещаемых в Величаево-Колодезном

Компоненты (масс. содержание)	Слой 0 – 0,2 м вглубь	Слой 0,2 – 2 м вглубь
Углеводороды:		
- парафино-нафтенy	До 25 %	До 15 %
- смолы	30 – 35 %	5 – 10 %
- асфальтены	5 – 10 %	5 %
Вода	7 %	28 %
Твердая фаза (загрязненный грунт)	5 %	35 %

При этом установлено, что на глубине около 1 м содержание нефтепродуктов совпадает с нормативом допустимого остаточного содержания нефтепродуктов по Ставропольскому краю (5 г/кг) и далее идет на снижение.

Исходя из полученных данных, рациональной будет схема проведения работ, представленная на рисунке.

Предложенная схема направлена на получение коммерчески реализуемой продукции на основе углеводородной фазы отхода (компонент печного/котельного топлива), а также на проведение рекультивации.

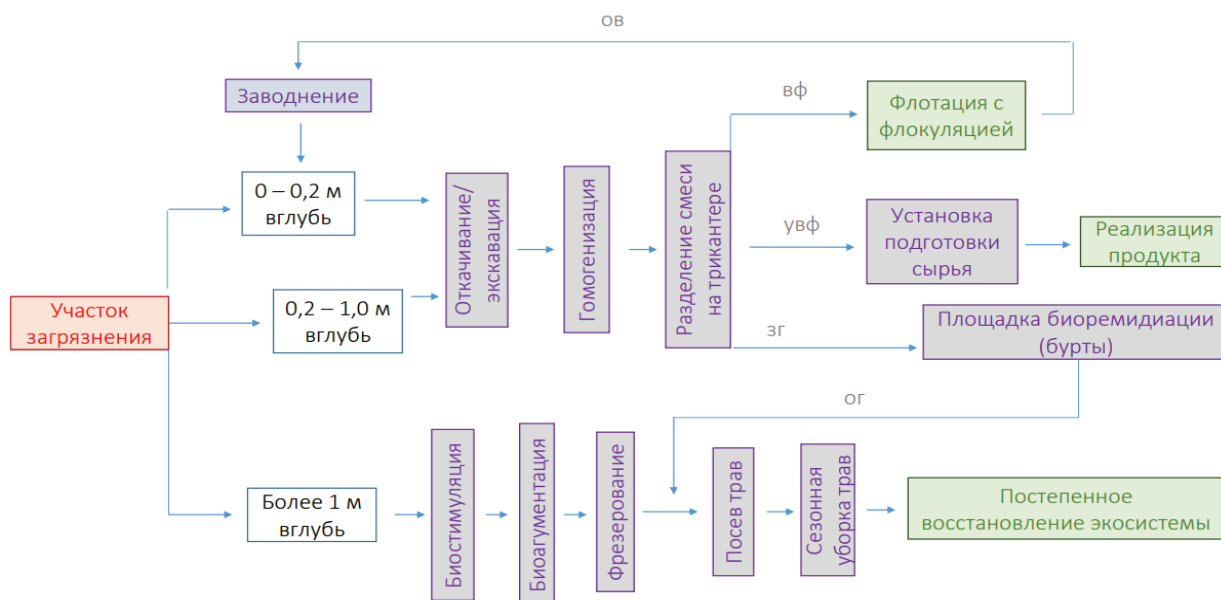


Рисунок – Схема ликвидации объекта накопленного вреда:

вф – водная фаза; увф – углеводородная фаза; зг – загрязненный грунт; ог – очищенный грунт;
ов – очищенная вода

В рамках технического этапа рекультивации в слое, глубиной 1 м, активируют и стимулируют естественные процессы самоочищения. Полученный же в ходе центрифугирования загрязненный грунт укладывают в бурты. Показателями достаточности обезвреживания в этом случае являются достижение содержания нефтепродуктов норматива ДОСНП по Ставропольскому краю (5 г/кг), а также соответствие значений минерализации фоновым. При выполнении перечисленных условий грунт из буртов укладывается на подготовленную площадку с активированной микрофлорой. Далее происходит посев семян аборигенных многолетних трав.

В первые 2 – 3 года производят скашивание трав и их вывоз на специализированные площадки. Это необходимо для недопущения возвращения иммобилизованных загрязнителей в геологическую среду при гниении сухостоя.

Мониторинг состояния участка после рекультивации производят в первые 2 – 3 года за счет анализа проб после пробоотбора. В дальнейшем достаточно наблюдения посредством зондирования территории.

С целью реализации вышеизложенных решений по ликвидации полей испарения Ставрополя требуется проведение опытно-промышленных испытаний в части модельной переработки нефтесодержащего отхода. Помимо этого, необходимой является и актуализация данных инженерных изысканий. При выполнении перечисленных условий возможен выход на полевые испытания. Стоит отметить, что описанные аспекты являются одними из приоритетных направлений деятельности кафедры Промышленной экологии Губкинского университета.

Библиографический список

1. Отчет об инженерных изысканиях на поле испарения месторождения Величаево-Колодезное. Выдержки. – Нефтекумск, 2018. – 26 с.
2. Комплексирование методов геофизического и экологического прогнозирования последствий глубинного загрязнения окружающей среды при эксплуатации объектов нефтегазохимической отрасли промышленности / С. В. Остах, М. П. Папини, П. Чиаппи, Н. Ю. Ольховикова // Охрана окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2019. – № 2. – С. 5-11.

ОБЗОР СИТУАЦИИ ПО ОБРАЩЕНИЮ С КИСЛЫМИ ГУДРОНАМИ В РОССИИ

Мещеряков С. В.¹, Сидоренко Д. О.¹, Юдаев Л. Н.¹, Ерёмин И. С.²

¹ ФГАОУВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина

² ООО «Нижегородский институт прикладных технологий», Нижний Новгород
e-mail: lev.yudayev@mail.ru

OVERVIEW OF THE SITUATION REGARDING THE TREATMENT OF ACID TAR IN RUSSIA

Meshcheryakov S.V.¹, Sidorenko D. O.¹, Yudaev L. N.¹, Eremin I. S.²

¹Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

²ООО Nizhny Novgorod Institute of Applied Technologies, Nizhniy Novgorod

В данной статье кратко рассмотрена ситуация, относящаяся к обращению с кислыми гудронами на территории России. Также рассмотрены технологии, применяемые при обезвреживании и утилизации отхода. Авторами предложены, на их взгляд, перспективные решения в данном направлении.

Ключевые слова: кислый гудрон, Ярославская область, замещающее топливо, капсулирование, битумные материалы.

Источниками образования кислых гудронов являются процессы переработки углеводородного сырья с использованием концентрированной серной кислоты или олеума. Образующийся отход размещали в специализированных прудах-накопителях открытого типа, что привело к возникновению ряда экологических проблем [1, 2]. По мнению авторов, такой способ обращения с отходами объясняется сильной ориентированностью промышленности на производственные процессы, а также слабыми механизмами оценки воздействия на окружающую среду и человека с учетом возможных последствий. Сегодня же ситуация осложняется специфичностью состава и свойств прудовых кислых гудронов.

В связи с ранее перечисленными целями настоящей работы являются:

- рассмотрение российского опыта по обращению с кислыми гудронами;
- рассмотрение перспективной технологии утилизации кислых гудронов.

По некоторым сведениям, на территории России может быть размещено свыше 1300 тысяч тонн кислого гудрона. Наибольшее количество сосредоточено в Ярославской области, около 510 тысяч тонн, и Нижегородской области, около 320 тысяч тонн. При этом подробные сведения представлены лишь в отношении Ярославской области [2]. Сегодня в рамках ряда национальных проектов планируется ликвидация рассматриваемых объектов в указанных регионах. При этом с проблемой обезвреживания и утилизации кислых гудронов столкнулись Омск, Туапсе, Куйбышев и некоторые другие [1]. Таким образом, поиск технологий в отношении утилизации и обезвреживания кислых гудронов является актуальной задачей.

При рассмотрении технологий утилизации кислых гудронов стоит отметить большой опыт Европейских стран. Широкое распространение в Германии, Бельгии и Словении получило производство замещающих топлив на основе кислых гудронов. Сжигание топлива проводили на теплоэлектростанциях и печах цементных заводов [2].

В России же такой метод широкого распространения не получил. По мнению авторов, это связано с режимными особенностями работы российских ТЭЦ: переход на природный газ. Стоит отметить, что природный газ становится все более доступным, являясь при этом одним из наиболее калорийных и экологичных видов топлив [3].

Стоит отметить, что сегодня в России ведутся работы по созданию технологии, позволяющей производить фракционное разделение отхода, что позволяет более полно

реализовать его утилизационный потенциал [4]. Но на данный момент наибольшее количество кислых гудронов было обезврежено методом капсулирования. Метод заключается в обработке отхода оксидами щелочно-земельных металлов (в данном случае оксида кальция) с получением сухого гидрофобного порошка. Полученным материалом засыпали освободившиеся карты пруда-накопителя. Это применялось при ликвидации 17-секционного пруда-накопителя кислого гудрона, образованного ОПНМЗ им. Д.И. Менделеева. Стоит отметить, что описанный метод был заимствован у европейских коллег [5].

По мнению авторов, преимуществами такой технологии являются малая технологическая емкость, возможность реализации по месту, исключение поиска рынка сбыта продукции. К недостаткам же можно отнести игнорирование утилизационного потенциала отхода, а также возможность вторичного загрязнения территории. Последнее авторы объясняют наличием выходов углеводородных масс на поверхность на месте ликвидированного пруда накопителя. Это можно наблюдать как лично, так и посредством спутниковых снимков (рис.). Вышеизложенное подкрепляется наблюдениями и некоторых других экспертов [6].

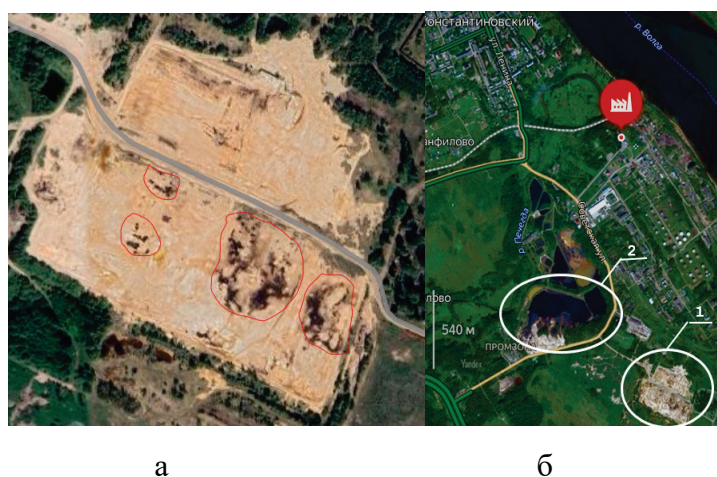


Рисунок – Ликвидированный пруд-накопитель кислого гудрона. Ярославская область:
а – ликвидированный пруд накопитель с проявлениями углеводородов (выделено красным);
б – расположение прудов накопителей относительно друг друга и завода

Таким образом, применение метода капсулирования имеет значительный недостаток – вторичное загрязнение территории. Это может происходить ввиду нарушения стабильности капсул материала во времени. Вышеперечисленное же указывает на необходимость в проведении дополнительных исследований в данной области.

По мнению авторов, наиболее перспективными можно считать технологии получения битумных материалов на основе кислого гудрона. Этому способствуют широкое распространение битумных материалов, возможность реализации продукции по месту, а также длительный срок службы получаемых материалов. При этом компаундировать битум можно на НПЗ, к которому и приурочен пруд-накопитель. В таком случае снижаются ограничения по логистическим соображениям. При этом добавки в виде битумных материалов из кислых гудронов улучшают качество товарных битумов [1].

Таким образом, решение проблемы в сфере обращения с кислыми гудронами авторы видят в утилизации отхода в качестве битумных материалов. Помимо ранее перечисленного, развитию этой тенденции способствуют и значительные техногенные запасы на территории России [1]. При этом возможна реализация и более технологически емких процессов, позволяющих более полно реализовать утилизационный потенциал кислых гудронов. Сегодня вопрос необходимости таких мероприятий остается открытым.

Библиографический список

1. Сыроварова, А. М. Утилизация кислого гудрона в битумный материал как практическая мера, направленная на охрану природы: специальность 03.00.16. - "Экология": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сыроварова Анна Михайловна. – Тула, 2009. – 24 с.
2. Юрченко А. А., Поляков А. А. Сернокислотные гудроновые озёра и методы их утилизации. – URL: <http://docviewer.yandex.ru/view/0> (дата обращения: 27.02.2024).
3. Энергетика. ТЭС и АЭС. Всё об атомной и тепловой энергетике. – URL: <https://tesiaes.ru/> (дата обращения: 02.05.2024).
4. Сидоренко, Д. О. Переработка кислых гудронов методом нейтрализации / Д. О. Сидоренко, Ж. В. Сурикова // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2021. – № 3(300). – С. 45-49. – DOI 10.33285/2411-7013-2021-3(300)-45-49. – EDN TYQSUV.
5. Ярославский ОПНМЗ имени Д.И. Менделеева: сайт. – URL: <http://opnmz.ru.lgb.ru/media/kislo-gudronnye-prudy-v-rossii-i-drugikh-stranakh-resheniya-est-pererabotka-kislogo-gudrona-v-yaroslavskoy-oblasti-v-ramkakh-federalnogo-proekta-ozdorovlenie-volgi/> (дата обращения: 29.04.2024).
6. Шеховцова, Н. В. Влияние захороненных продуктов нейтрализации кислых гудронов на природную среду / Н. В. Шеховцова, О. А. Харзина, А. Н. Меркурьев // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24–25 апреля 2023 года. – Книга 1. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 392-396. – EDN WCHBYR.

ОЦЕНКА ВОСТРЕБОВАННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛЛАСТОНИТА ИЗ ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Николаева А. Д., Логинов С. В.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: nkvitova@list.ru*

ASSESSMENT OF THE DEMAND FOR OBTAINING WOLLASTONITE FROM SODA DISTILLER LIQUID

Nikolaeva A. D., Loginov S.V.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Разработка новых технологий для производства волластонита представляет важный шаг в направлении устойчивого развития химической отрасли и обеспечения ее потребностей в качественном сырье. Представляется актуальным использование экологически корректного и экономически привлекательного метода получения синтетического волластонита из отходов содового производства, путем взаимодействия бросового раствора хлорида кальция с жидким стеклом. Такой подход позволяет не только получать волластонит, но также обеспечивает рециклинг хлорида натрия.

Ключевые слова: дистиллерная жидкость, метод Сольве, силикаты кальция, волластонит, переработка.

Производство природного волластонита не удовлетворяет спрос на него, при том что мировые производственные мощности по выпуску волластонитового концентрата превышают 1 млн тонн. Аналитики оценивают дефицит волластонита в мире примерно в 500 тысяч тонн. Синтетический волластонит используется для компенсации этого дефицита. Процесс производства синтетического волластонита требует значительных финансовых вложений из-за необходимости работать при высоких температурах или давлениях.

США, Китай, Индия и Финляндия – ведущие страны в добыче волластонита, который используется в различных областях промышленности. Китай, занимающий первое место по объему производства и экспорту волластонита, намерен расширить свое присутствие на мировом рынке. Однако российские компании пока не считают возможным сотрудничать с китайскими производителями главным образом из-за высоких транспортных расходов [1]. В Европе крупные месторождения волластонита расположены в Испании, Финляндии. Эти же страны являются основными производителями волластонита. Также известны месторождения волластонита в Канаде, Чили, Кении, Намибии, Южной Африке и др. [2].

В Российской Федерации найдены и частично изучены месторождения природного волластонита, однако ни одно из них до сих пор не запущено в промышленную эксплуатацию, несмотря на растущий спрос. Главные причины этого заключаются в недостаточной достоверности данных о месторождениях, в отсутствии нормативной базы и опыта его переработки в России, что требует значительных инвестиций для освоения месторождений и строительства обогатительных заводов, современных производств композитных материалов при высоком уровне рисков.

Основной промышленно-генетический тип волластонита в России – скарновый. На территории Республики Алтай локализуются комплексные породы золото-медно-скарновые с волластонитом (Синюхинское, Оюкское, Ульменское месторождения), золото-скарновые с волластонитом (Чойское, Лебедское месторождения), а также ряд проявлений волластонит-содержащих скарнов (Актур, Верхне-Аккаинское, Атуркольское, Сухан, Бадановское,

Имеринское, Саратанское, Башкаусское). В Алтайском крае волластонит присутствует в скарных объектах – Айском, Плитнинском и других [1].

На основе волластонитового сырья предполагается на предприятиях ВПК г. Бийска внедрить ряд новых, экологически чистых технологий с предложением широкого спектра товаров для российского и зарубежного рынков. Химический состав и некоторые физические параметры единичных проб волластонита региона позволяют использовать готовое сырье в различных отраслях производства (замена асбеста при производстве тормозных колодок и других изделий, изготовление сварочных электродов, керамики, стекол с необычными свойствами, формовочных песков для целей пролонгированного формования высокосортных сталей, высококачественных красок, лаков, эмалей и т. д.) [3]. Уникальные свойства волластонита (высокие прочность, твердость, химическая и термостойкость) обуславливают его востребованность в экономике. Выпуск силикатов кальция в перспективе может развиваться за счет роста химической, горно-обогатительной промышленности, производства стройматериалов. Потребители силикатов отмечают, что при расширении производства будут использовать только отечественную продукцию.

Основные издержки при получении кондиционного волластонита из природного сырья складываются из затрат на горные работы, обогащение и транспортировку готового концентрата к местам потребления. В связи с этим становится актуальной разработка новых технологий получения синтетического волластонита. Перед нами стояли задачи разработки экологически безопасной и экономически привлекательной технологии производства волластонита из отходов содового производства, исследования свойств полученных продуктов и поиска сфер их применения в народном хозяйстве. До сих пор синтетический волластонит получают при высоких температурах или с использованием высоких давлений.

Нами успешно апробирован и предложен эффективный способ получения искусственного волластонита из раствора хлорида кальция, являющегося главным компонентом отходов содового производства по методу Сольве (так называемых дистиллерных жидкостей и «белых морей»), при взаимодействии его с жидким стеклом. Способ позволяет решить несколько проблем содового производства, а именно: обеспечить рециклинг хлорида натрия в производстве соды и утилизировать дистиллерные жидкости. Для дальнейшего развития проекта планируется масштабирование и пилотное внедрение в промышленность, подготовка необходимой технической документации и патентов по разработке.

Библиографический список

1. Эйрих Ю. В. Экономическое обоснование целесообразности освоения месторождений волластонитовых руд: автореф. дисс. ... канд. экон. наук. – М., 2007. – 19 с.
2. Гусев А. И. Проблемы волластонитового сырья в России // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 2. – С. 55-59.
3. Тюльнин В. А., Ткач В. Р., Эйрих В. И., Стародубцев Н. П. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения. – М.: Руда и Металлы, 2003. – 144 с.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (проект №21-79-30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 661.74:661.489

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ 1,1,1,2,2,3,3,5,6,6,8,9,11,11,12,14,14,15,15,16,16,16- ДОКОЗАФТОРО-5,8,9,12-ТЕТРАКИС(ТРИФТОРМЕТИЛ)-4,7,10,13- ТЕТРАОКСАГЕКСАДЕКАНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Воронина К. А.¹, Пеганова Н. В.^{1,2}, Ибрагимова Р. И.^{1,3}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна

² АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)»

³ АО «Полиметалл Инжиниринг»

STUDYING THE PROPERTIES OF 1,1,1,2,2,3,3,5,6,6,8,9,11,11,12,14,14,15,15,16,16,16- DOCOSAFLUORO-5,8,9,12-TETRAKIS (TRIFLUOROMETHYL)-4,7,10,13- TETRAOXAHEXADECANE TO ASSESS THE POSSIBILITY OF ITS USE IN THE FAR NORTH

Voronina K. A.¹, Peganova N. V.^{1,2}, Ibragimova R. I.^{1,3}

¹ St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

² JSC "RSC "Applied Chemistry (GIPH)"

³ JSC "Polymetal Management"

Методом дифференциальной сканирующей калориметрии был установлен интервал жидкого состояния фторированного полиэфира ПФФ-216. Образование дисперсии при попытках растворения в воде подтверждено эффектом Тиндаля. Предложено использование этого вещества в условиях Крайнего Севера при условии разработки и соблюдения технических регламентов его использования.

Ключевые слова: фторированный эфир, диэлектрик-теплоноситель, смазки, низкие температуры, экологичность.

*«Победили твердыни гор, надо и льды побороть, а у нас их больше,
чем у кого-либо. А около тех льдов немало... всякого... добра»*

Д. И. Менделеев

Крайний Север и в том числе Арктическая среда – уникальное особое место деятельности человека. Для арктических пустынь характерны экстремальные природно-климатические условия: очень низкие температуры [1] и значительные перепады температур не только в течение года, но и в течение суток. В Арктике зафиксированы температуры ниже 67 °С, при этом весьма хрупкий биогеоценоз. Одна из наиболее сложных проблем – техника из материалов, которые можно использовать в широком диапазоне погодных аномалий. Для устройств, используемых в условиях Крайнего Севера, приходится соблюдать целый ряд условий. Подбор материалов подчинен жестким требованиям к надежности и экологической безопасности при использовании в широком интервале температур: на палящем солнце и при экстремально низких температурах. В связи с этим необходимость создания новых материалов и технологий работы с ними для использования в условиях Крайнего Севера – значительная и непростая задача российских ученых.

При низких температурах высокомолекулярные соединения (ВМС), используемые в качестве смазок, рабочих жидкостей и диэлектриков в различных устройствах, разработанных для условий средней полосы России, как правило, загущаются и кристаллизуются, теряя эксплуатационные свойства и даже разрушая устройства, в которых происходит процесс кристаллизации.

Следовательно, для обеспечения безопасности инженерных сооружений и техники в холодных регионах необходимо знать полный диапазон изменения свойств и структуры используемых веществ, их композиций и уметь прогнозировать изменения при самой низкой отрицательной температуре. При описании требований для применения на этапе выбора материала следует учитывать, что большинство смазок и рабочих жидкостей имеют температурный диапазон эксплуатационного состояния, который необходимо соблюдать для обеспечения надлежащего конечного использования. Поэтому необходимо тщательно выбирать материал и учитывать его поведение при различных температурах, в том числе экстремально низких.

Выбор материала становится решающим для предотвращения выхода из строя механизмов при таком разбросе рабочих температур, которые существуют в Арктике. При температурах ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ выбор пластиков становится ограниченным. В настоящее время поиски компонентов ВМС и наполнителей, которые обеспечат повышение морозостойкости резин и пластмасс [2], привели к известному уже несколько десятилетий классу полностью фторированных органических соединений, тщательно очищенных от протонов в молекуле, чтобы избежать токсичности при их природном разрушении. Свойства фторированных полимеров по многим параметрам существенно отличаются от свойств нефторированных полимеров, что обусловлено особенностями природы фторуглеродной части молекулы. Энергия связи атомов фтора одной молекулы друг с другом очень сильная – это называется сверхсопряжением атомов фтора, изолирующих углеродную цепь от внешних химических воздействий. Известно, что фторполимеры имеют высокую химическую стойкость в широком диапазоне температур и большой диапазон рабочих температур благодаря высокой прочности связи фтора с углеродом. Самые первые полностью фторированные олефины показали свою химическую инертность. Только при температурах выше $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно частично разрушить их структуру, в остальных случаях они демонстрируют высокую инертность, что обеспечивает экологичность их в отношении химического взаимодействия с природными материалами, но другие взаимодействия, методы работы и разработка мероприятий при их утечке еще ждут своего разработчика.

Сотрудниками АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)» синтезирован фторированный полиэфир 1,1,1,2,2,3,3,5,6,6,8,9,11,11,12,14,14,15,15,16,16,16-докозафторо-5,8,9,12-тетраakis(трифторметил)-4,7,10,13-тетраоксагексадекан (ПЭФ-216 или $\text{C}_{16}\text{O}_4\text{F}_{34}$) [3]. Это прозрачная бесцветная гидрофобная жидкость высокой плотности, по виду мало отличимая от воды, практически без запаха, может использоваться во всех вышеперечисленных устройствах, в настоящее время в основном как диэлектрик-теплоноситель. Проведены исследования этого соединения методом дифференциальной сканирующей калориметрии. Установлено, что интервал жидкого состояния ПЭФ-216 очень велик: от -108 до $+216\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом область жидкого состояния исследуемого полиэфира более $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ – немногие вещества имеют подобные характеристики. Причем ниже $-108\text{ }^{\circ}\text{C}$ начинается только потеря текучести и стеклование, а не кристаллизация, приводящая к нарушению целостности устройств, в которых используется этот наполнитель. Выше $216\text{ }^{\circ}\text{C}$ полиэфир переходит в газообразное состояние без разрушения, по этому параметру можно назвать его малолетучим. Вещество проявляет гидрофобные свойства и химическую инертность, практически не растворяется в воде и не смешивается с другими растворителями, кроме разве что подобных ему по своему составу хладонов, что позволяет предположить малоэнергетичные физические мероприятия при утечках и проливах, неизбежных при широком использовании в разнообразных устройствах.

Для разработки моделей поведения полиэфира в водных массивах нами проведены исследования растворимости ПЭФ-216 в воде по методу, установленному ГОСТ 33034-2014. Зафиксировано, что при концентрациях выше $8 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ при нормальных условиях происходит самопроизвольное выделение фазы перфторполиэфира в одну крупную каплю за счет сил поверхностного натяжения в считанные минуты после окончания процесса перемешивания. При более низких концентрациях дисперсная система может сохраняться несколько дней и даже недель. Существование устойчивой дисперсной системы подтверждено рассеянием направленного света с длиной волны 650 нм на частицах эмульсии (рис.).

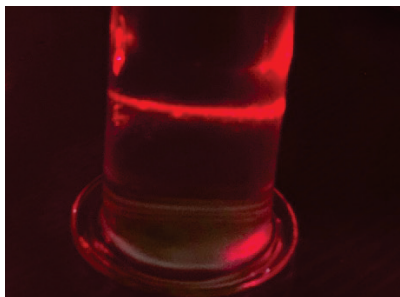


Рисунок – Эффект Тиндаля в дисперсной системе воды с ПЭФ-216 концентрацией $4,9 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ при длине волны направленного света 650 нм

Но селективное установление столь небольших текущих концентраций в сточных водах – существенная задача. В настоящее время в присутствии большого числа мешающих анализу природных факторов с этой задачей справлялся лишь ЯМР19F, и то при помощи дополнительных ухищрений для усиления малого сигнала, и спектроскопия ультрафиолетового диапазона.

Следует отметить, что концентрации ПЭФ-216 в относительно устойчивых дисперсных системах действительно очень малы, порядка 10^{-7} моль/дм³. Тем не менее, даже столь малый унос нетоксичного вещества при рассмотрении длительного периода времени может приводить к заметным скоплениям этой инертной, во многом весьма похожей на воду жидкости. Какие риски могут нести их скопления в водных горизонтах, будут ли полиэферы вести себя как микропластики [4], которые находят сейчас повсюду, – зависит от процедур их использования.

Учитывая выявленные свойства ПЭФ-216, можно предложить его использование в качестве гидравлических жидкостей и рабочего тела перекачивающих систем в климатических условиях Крайнего Севера. А также в других областях техники и газопереносах сред в медицине – там, где необходимы жидкости, незамерзающие при низких температурах, например, для устройств накопления и передачи электроэнергии, в электротехнике, в авиационной или автомобильной промышленности.

Часто новые разработки не получают развития в связи с тем, что широкий круг потенциальных пользователей не знает, что уже существуют новые, улучшенные по сравнению с прежними по характеристикам и свойствам, продукты. Несмотря на преимущества фторированных полиэфиров, следует отметить, что у них имеется ряд недостатков, которые могут ограничить их широкое применение. Факторы, сдерживающие их распространение, могут быть разделены на три основные группы: технические, экологические и экономические. Взаимосвязь этих факторов зависит от конкретных характеристик рассматриваемого материала. В настоящее время большое внимание уделяется проблемам воздействия на окружающую среду отходов, возникающих при использовании фторсодержащих соединений. Например, отходы фторированных полимеров недостаточно подвергаются переработке несмотря на то, что они являются ценным сырьем. Экономический аспект часто является ключевым при рассмотрении возможности практического использования, особенно в случаях применения фторированных полиэфиров в краткосрочных технологических процессах. Этот фактор выражается, как правило, в более высокой стоимости

материалов по сравнению с углеводородными полимерами, но компенсируется за счет возможности более длительной эксплуатации и более редкого профилактического обслуживания устройств.

Для широкой практической реализации материал должен не только обладать прекрасными заданными свойствами, но и быть технологичным, экономичным и экологичным [5]. Поэтому до использования вещества по назначению необходимо разрабатывать регламенты его использования. В связи с этим необходимо изучать характеристики новых веществ [6], исследованные и потенциальные риски их массового использования. И изыскивать другие способы сбора, утилизации и, возможно, повторного использования этих инертных и малолетучих в природных условиях жидких материалов после регенерации.

Промышленность должна продемонстрировать в своих регистрационных досье траектории безопасного использования веществ на протяжении всего их жизненного цикла. Химическое вещество, попадающее в окружающую среду, представляет угрозу для ресурсов питьевой воды, если оно транспортируется от места выброса через слои почвы, берега рек, водоносные горизонты и другие естественные или даже искусственные барьеры. Важными факторами являются масштабы выбросов в окружающую среду. Поэтому необходима разработка методов предотвращения аварийных ситуаций и способов минимизирования масштабов ущерба окружающей среде в случае аварий и проливов задолго до того, как подобные типы соединений повсеместно станут распространены. Ко всем новым соединениям и веществам неизвестной токсичности нужно относиться как к опасным веществам. Создание рекомендаций, являющихся стандартными операционными процедурами при хранении и использовании фторированных полиэфиров, является важной задачей инженеров-экологов.

Материалы исследования свойств ПЭФ-216 были представлены на II Всероссийском Арктическом молодежном форуме «Арктика: Новое поколение» [7, 8], в секции «Инновационные технологии и развитие инфраструктуры в Арктической зоне РФ». Работа вызвала живой научный и практический интерес.

Библиографический список

1. Красулина, О. Ю. Арктическая зона Российской Федерации: особенности природно-экономических и демографических ресурсов / О. Ю. Красулина. – Текст : электронный // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. – 2016. – № 4 (48). – URL: <https://eee-region.ru/article/4805/> (дата обращения: 11.03.2024).
2. Бузник, В. М. Особенности арктического материаловедения / В. М. Бузник. – Текст : непосредственный // Российские полярные исследования. – 2016. – № 4. – С. 32-33.
3. Peganova, N. V. Electrochemical synthesis of perfluoropolyethers by the Kolbe method / N. V. Peganova, V. A. Matalin, A. A. Lyudikainen, N. V. Puzanova, T. V. Mikhailova, N. B. Lesnevskaya, G. I. Kaurova, V. I. Bykov, I. V. Petrova, V. I. Lebedeva, V. V. Volkov, G. F. Tereshchenko – Текст : электронный // Russian Journal of Applied Chemistry. – ISSN: 0044-4618. – 2009. – V. 82. № 12. – P. 2118-2126.
4. Taurozzi, D. Seabirds from the poles: microplastics pollution sentinels / D. Taurozzi, M. Scalici // Front. Mar. Sci. – ISSN: 2296-7745. 2024. – V. 11:1343617. – P. 1-13. – URL: [doi/10.3389/fmars.2024.1343617](https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1343617) (дата обращения: 20.03.2024).
5. Воронина, К. А. Перспективы использования фторсодержащих соединений в промышленности / К. А. Воронина. – Текст: непосредственный // Инновации молодежной науки: тезисы докладов Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Часть 2 / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО СПбГУПТД, 2023. – С. 30-31.

6. Peganova, N. V. Comparison of structure characteristics, physical and chemical properties of fluorinated polyether PFPE-216 and its hydrocarbon analogues / N. V. Peganova, A. A. Murav'ev, I. G. Mokrushin, E. V. Litvinenko, K. A. Voronina, M. N. Krivchun, R. I. Ibragimova. – Текст : электронный // Fluorine Notes. ISSN: 2071-4807. – 2024.–Vol. 1 (152). – URL: <http://dx.doi.org/10.17677/fn20714807.2024.01.01>. (дата обращения: 25.02.2024)

7. Михеев, В. В Кронштадте стартовал Всероссийский молодежный арктический форум / В. Михеев. – Текст : электронный // Известия. 05.03.2024. – URL: <https://iz.ru/1660538/2024-03-05/v-kronshtadte-startoval-vserossiiskii-molodezhnyi-arkticheskii-forum> (дата обращения: 18.03.2024).

8. Промтехдизайн: Студентка СПбГУПТД представила свое исследование на Арктическом молодежном форуме: [сайт] – 2024. – URL: <https://dzen.ru/a/Ze7XBhp3Jg7Ql3fd> (дата обращения: 18.03.2024). – Текст : электронный.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА НА СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ

Кузнецова К. А., Морева Ю. Л.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: karina-ivanova-1126@list.ru

ENVIRONMENTAL RISK ANALYSIS OF WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS FROM A PLASTIC WASTE RECYCLING PLANT

Kuznetsova K. A., Moreva Yu. L.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В работе были проведены исследования по идентификации и оценке экологических рисков аварийных ситуаций на сооружениях очистки сточных вод от мойки пластика. Вероятность разлива сточных вод достаточно высокая. Для предотвращения возникновения аварийной ситуации необходимо осуществлять регулярный контроль за основным и вспомогательным оборудованием, а также проводить плановую замену и ремонт сооружений.

Ключевые слова: разлив сточных вод, дерево отказов, анализ риска, оценка риска, авария.

В современном мире на деятельность любого предприятия влияет множество рисков как внешних, так и внутренних. А чтобы предприятие смогло держаться на рынке и полноценно функционировать, следует постоянно следить за влиянием рисков на его деятельность. Контроль за рисками осуществляется благодаря непрерывному анализу, а также благодаря их оценке. Для предприятия оценка рисков и управление ими является одной из приоритетных задач, так как существует множество разнообразных рисков.

Целью работы является исследование рисков и вероятность их наступления при разливе сточных вод предприятия по переработке пластика, образующихся при мойке пластиковых отходов.

Под риском подразумевают вероятность наступления неблагоприятных событий при выполнении технологического процесса или в области жизнедеятельности человека. Практика показывает, что крупные аварии, как правило, происходят в результате комбинации случайных событий, инициированных, а также возникающих на разных стадиях аварии (отказы оборудования, ошибки человека, выброс, воспламенение и т. д.) [1].

Для выявления причинно-следственных связей между комбинациями случайных событий используют логико-графический метод анализа дерева отказов. Дерево отказов – графическое представление логических связей между событиями-авариями и инициирующими их событиями.

Построение дерева отказов представляет собой многоуровневый процесс прослеживания и осмысления опасных ситуаций в обратном порядке (сверху вниз). Для того чтобы, во-первых, отыскать все возможные причины возникновения (нижестоящие, инициирующие события) и, во-вторых, определить частоту возникновения верхней, головной аварийной ситуации [2].

Для предприятия по переработке ПВД пленки могут быть следующие риски:

- разлив загрязненных сточных вод;
- риски, влияющие на состояние окружающей среды;
- риски, влияющие на технологический процесс производства.

Проанализировав все возможные причины разлива сточных вод, было составлено дерево отказов для данной аварии, представленное на рисунке.

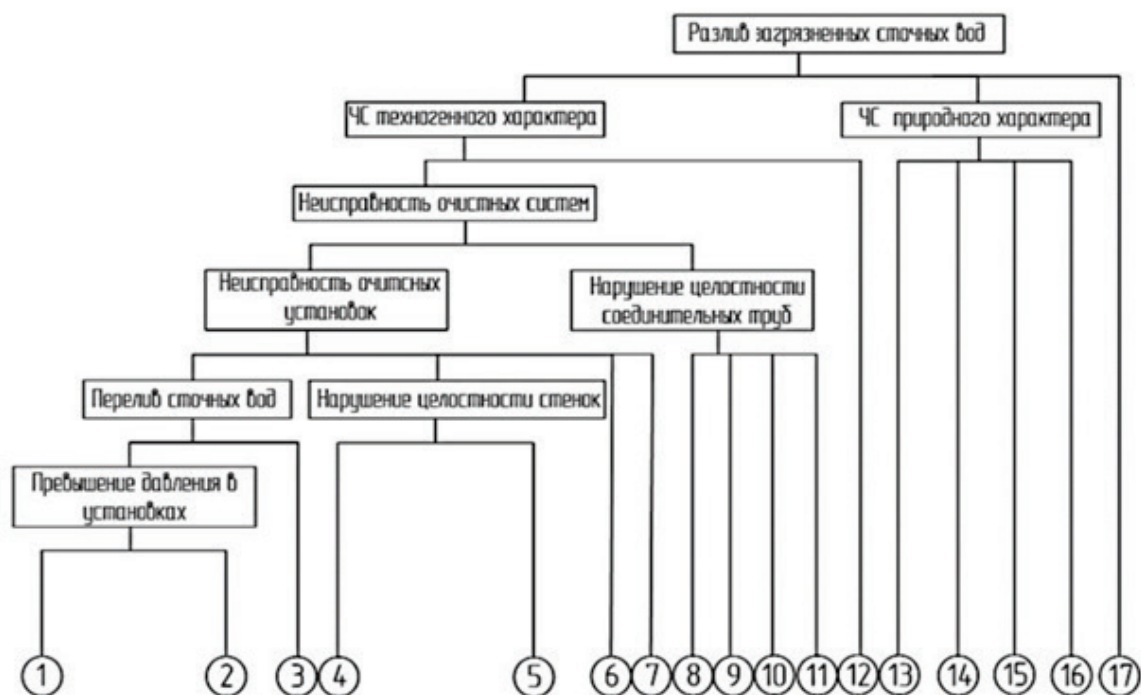


Рисунок – Дерево отказов технологического оборудования для очистки сточных вод:

- 1 – неисправность средств контроля давления (манометра); 2 – засорение фильтра;
 3 – неисправность датчика уровня; 4 – износ; 5 – внешнее механическое повреждение аппаратов; 6 – разгерметизация запорной аппаратуры; 7 – истекший срок службы;
 8 – коррозия; 9 – некачественная сварка; 10 – некачественное производство труб;
 11 – внешнее механическое повреждение труб; 12 – несвоевременное техническое обслуживание оборудования и труб; 13 – землетрясение; 14 – наводнение;
 15 – оползень; 16 – пожар; 17 – теракт

Наступление головного события возможно при одном из следующих событий (оператор «ИЛИ»): ЧС техногенного характера, ЧС природного характера или в результате теракта. В свою очередь событие «ЧС техногенного характера» зависит от двух событий (оператор «И»): от неисправности очистных систем и о несвоевременном техническом обслуживании оборудования и труб. Неисправность очистных систем может быть двух типов (оператор «ИЛИ»): неисправность очистных установок или нарушение целостности соединительных труб. В свою очередь неисправность очистных установок может привести к четырем событиям (оператор «ИЛИ»): перелив сточных вод, нарушение целостности стенок установок, разгерметизация запорной арматуры или истекший срок службы. Событие «перелив сточных вод» имеет следующие две причины (оператор «И»): превышение давления в установках и неисправность датчика уровня. В свою очередь событие «повышения давления в установках» зависит от (оператор «И») неисправности средств контроля давления (манометр) и засорение фильтра.

Событие «нарушение целостности стенок установок» может возникнуть вследствие двух причин (оператор «ИЛИ»): износа или внешних механических повреждений. Нарушение целостности соединительных труб может произойти (оператор «ИЛИ»): вследствие подземной коррозии, некачественной сварки, некачественного производства труб или внешнего механического повреждения. Такое событие как «ЧС природного характера» возникает благодаря четырем причинам (оператор «ИЛИ»): землетрясению, наводнению, оползню или пожару [3, 4].

1. Для расчета вероятности безаварийной работы используются следующие формулы в

зависимости от используемого оператора «И», «ИЛИ»:

1.1 для оператора «И»:

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (1)$$

1.2 для оператора «ИЛИ»:

$$P = 1 - (1 - P_n) \quad (2)$$

2. Зная значения вероятности исходных событий и учитывая формулы 1 и 2, можем рассчитать вероятность главного события:

$$P_{\text{общ}} = 1 - (1 - P_1^5) * (1 - P_2^5) * (1 - p_{17}) \quad (3)$$

Результаты расчета вероятности наступления головного события разлива сточных вод по приведенным выше формулам приведены ниже:

Вероятность события «повышение давления в установках» = 0,000009;

Вероятность события «перелив сточных вод» = 0,00000007;

Вероятность события «нарушение целостности стенок» = 0,0009;

Вероятность события «неисправность очистных установок» = 0,0030;

Вероятность события «нарушение целостности соединительных труб» = 0,0039;

Вероятность события «неисправность очистных систем» = 0,0069;

Вероятность события «ЧС техногенного характера» = 0,000012;

Вероятность события «ЧС природного характера» = 0,0016;

Вероятность наступления головного события = 0,0024.

Известно, что допустимый риск соответствует вероятности, равной 10^{-6} . Из этого следует, что вероятность данной аварии высока и соответствует недопустимому риску [5].

Таким образом, чтобы снизить вероятность аварии, нужно снизить вероятности наступления исходных событий. В нашем случае, чтобы снизить вероятность наступления аварийной ситуации, необходимо повлиять на те исходные события, которые имеют наибольшее значение, то есть это события такие, как: неисправность средств контроля давления (манометра) (событие № 1), неисправность датчика уровня (событие № 3), некачественная сварка (событие № 9), несвоевременное техническое обслуживание оборудования и труб (событие № 12). Для этого необходимо, чтобы операторы очистных сооружений регулярно осуществляли наблюдения за исправностью очистного оборудования, приборами контроля работы очистных сооружений, а также проводили плановый ремонт и замену оборудования.

Библиографический список

1. Ахтулов А. Л., Бармотина Ю. В. Управление рисками: принципы и этапы // Российское предпринимательство. – 2016. – № 3. – С.45-48.
2. Бадалова А. Г., Пантелеев А. В. Управление рисками деятельности предприятия: учебное пособие. – М.: Вузовская книга, 2016. – 234 с.
3. Богоявленский С. Б. Управление риском в социально-экономических системах: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2015. – 144 с.
4. Развитие системы управленческого учета рисков финансово - хозяйственной деятельности предприятия: автореф. дис ... канд. экон. наук: 08.00.12 / И. В. Быкова. – Екатеринбург: Уральский федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 2015. – 25 с.
5. Воробьев С. Н., Балдин К. В. Системный анализ и управление рисками в предпринимательстве: учебное пособие. – М.: Издательство Московского психолого-социального института, 2015. – 760 с.

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЛЕТУЧИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

Лаптева Н. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: laapteva86a@yandex.ru

THE PROBLEM OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION BY VOLATILE AROMATIC HYDROCARBONS

Lapteva N. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрены виды источников загрязнения атмосферного воздуха. Среди летучих органических соединений выделены летучие ароматические углеводороды, представляющие угрозы для жизни и здоровья людей и окружающей среды. Отмечено, что наблюдения за контролем загрязнения воздуха проводятся на трех категориях постов по четырем программам наблюдения. Представлен хроматографический метод определения летучих ароматических углеводородов в воздухе.

Ключевые слова: атмосферный воздух, летучие ароматические углеводороды, газовая хроматография.

В настоящее время города и промышленные регионы сталкиваются с серьезной проблемой загрязнения атмосферного воздуха, что создает угрозы для здоровья людей и окружающей среды. Среди загрязнителей представляют потенциальные угрозы ароматические углеводороды, среди которых такие вещества, как бензол, толуол и ксилолы. Важным моментом для решения проблемы загрязнения атмосферного воздуха ароматическими углеводородами является эффективное определение их концентрации в воздухе. Для решения данной проблемы часто используют аналитические методы, среди которых наибольшее распространение получил метод газовой хроматографии.

Атмосферный воздух может быть насыщен различными загрязнителями, которые создают угрозы для жизни людей и окружающей среды. Рассмотрим классификацию видов загрязнения воздуха.

По источникам загрязнения воздуха различают естественное и антропогенное [1]. К естественным источникам относят все происходящее в природе без участия человека (вулканы, пожары, выделения животных и т. д.). Побочный эффект деятельности человека относят к антропогенным источникам загрязнения атмосферного воздуха. По данным ЮНЕП, 4,3 млн смертей из 6,5 млн ассоциированных с загрязненным воздухом происходят по бытовым причинам [2]. По происхождению источники загрязнения разделяют на физические, химические и биологические [1]. К физическим относят механическое, радиоактивное, электромагнитное, шумовое, а также тепловое загрязнение. Под химическим загрязнением понимают попадание в атмосферу химических веществ в виде газов и аэрозолей. Биологическое загрязнение происходит в результате деятельности живых организмов. На рисунке 1 представлены источники загрязняющих веществ.



Рисунок 1 – Источники загрязняющих веществ [3]

Одним из источников загрязнения атмосферного воздуха являются летучие органические соединения (ЛОС). Они представляют собой химические соединения с содержанием углерода, способные при комнатной температуре переходить из жидкого или твердого состояния в газообразное. Такие вещества обладают высокой паропроницаемостью, способны испаряться и, как следствие, оказывают значительное воздействие на окружающую среду и человека [4].

Летучие ароматические углеводороды (ЛАУ) обладают ароматической структурой и характеризуются большой подвижностью, вследствие чего могут переноситься на значительные расстояния [5]. К ЛАУ относятся бензол, толуол, этилбензол и ксилолы и для их обозначения часто применяется аббревиатура БТЕК.

1. Бензол (C_6H_6) – бесцветное легковоспламеняющееся химическое вещество, широко используется при производстве пластмасс, резин и красителей. Является канцерогеном и способен вызывать серьезные заболевания дыхательной системы.

2. Толуол (C_7H_8) представляет собой нерастворимую в воде бесцветную жидкость, применяемую как промышленное сырье и в качестве растворителя. При вдыхании толуола можно наблюдать головную боль, головокружение, а также раздражение дыхательных путей.

3. Этилбензол (C_8H_{10}) – легковоспламеняющаяся бесцветная жидкость, влияющая на нервную систему и способная вызывать раздражение глаз и дыхательных путей. Этилбензол применяется для производства резин, красителей и пестицидов.

4. Ксилолы ($(CH_3)_2C_6H_4$) включают в себя орто-, мета- и пара-ксилолы. Получают данные вещества в результате каталитического риформинга, а также карбонизации угля при производстве топлива, применяют при производстве растворителей, лаков и красок. Вдыхание ксилолов оказывает влияние на слизистые оболочки, а также может вызывать головную боль и тошноту [6].

Организация наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы в городах и населенных пунктах России осуществляется в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01-86 [7]. Для наблюдения за загрязнением атмосферы устанавливают три категории постов:

1. Стационарный пост позволяет осуществлять непрерывную регистрацию содержания загрязняющих веществ.

2. Маршрутный пост использует передвижное оборудование и дает возможность регулярно производить отбор проб воздуха в фиксированной точке места при наблюдениях.

3. Передвижные посты используются для отбора проб под дымовым (газовым) факелом с целью выявления зоны влияния данного источника.

Наблюдение на постах осуществляется по четырем программам [7]:

1. Получить данные о концентрациях загрязнителей как в отдельные моменты времени, так и в среднесуточной перспективе позволяет полная программа. Для этого наблюдения проводят ежедневно при помощи непрерывного регистрирования автоматическими устройствами или дискретным методом не менее четырех раз с обязательным отбором в 1, 7, 13, 19 ч по местному декретному времени.

2. Для получения сведений о разовых концентрациях применяют неполную программу с ежедневной регистрацией в 7, 13, 19 ч местного декретного времени.

3. По сокращенной программе наблюдения проводят с целью получения информации о разовых концентрациях ежедневно в сроки 7 и 13 ч местного декретного времени.

4. С целью получения информации о разовых концентрациях пользуются программой суточного отбора, которая предусматривает непрерывный суточный отбор.

Одной из трудных задач аналитической химии представляется определение летучих органических соединений в атмосферном воздухе, что определяется двумя факторами. Во-первых, задача осложняется возможным присутствием в пробе одновременно до нескольких сотен соединений различных классов. Во-вторых, присутствие ядовитых примесей часто находится ниже предела обнаружения физико-химических методов, вследствие чего необходимо проводить предварительное концентрирование [8].

При необходимости определения концентрации большинства органических соединений рекомендуется применять метод газовой хроматографии с применением различных типов детекторов. По сравнению с фотометрическим методом данный метод обладает основным преимуществом, которое позволяет определить из одной пробы сразу несколько веществ, а также чувствительность хроматографического метода значительно выше.

Газовая хроматография (ГХ) позволяет разделить летучие термостабильные соединения на основе распределения вещества между двумя фазами. Одна из фаз в таком случае представляет собой газ, а другая является твердым сорбентом. Анализируемая смесь вводится к колонку при помощи газа, называемого элюентом. Разделение компонентов основано на различной способности веществ к адсорбции или различной растворимости при движении смеси в колонке с потоком подвижной фазы вдоль неподвижной (рис. 2) [9].

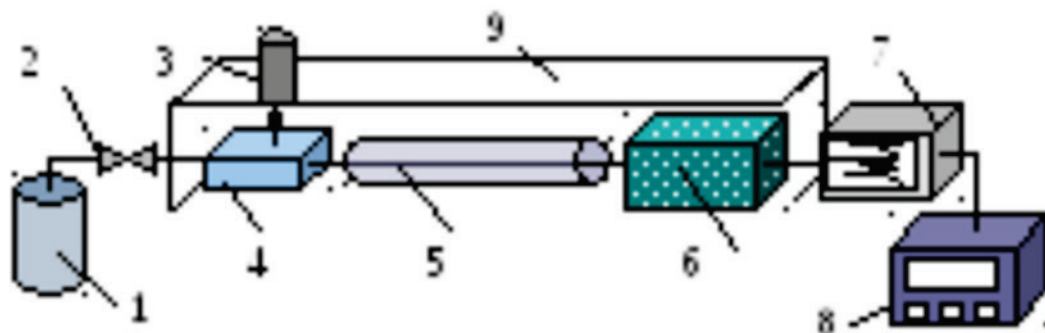


Рисунок 2 – Схема газового хроматографа: 1 – баллон с газом-носителем; 2 – редуктор; 3 – система ввода пробы; 4 – испаритель; 5 – хроматографическая колонка; 6 – детектор; 7 – система регистрации аналитического сигнала; 8 – вычислительный интегратор; 9 – термостат [9]

Газ-носитель из баллона 1 непрерывно с постоянной скоростью, которую обеспечивает редуктор 2, поступает в хроматографическую колонку 5. Анализируемая проба системой ввода 3 или через резиновую прокладку испарителя 4 подается в поток газа-носителя. Для мгновенного испарения пробы температура в испарителе поддерживается термостатом 9.

Пары анализируемой пробы переносятся газовым потоком в хроматографическую колонку 5, которая также термостатируется в соответствии с условиями анализа. В колонке происходит разделение компонентов анализируемой смеси. Система детектирования состоит из детектора 6 с усилителем сигнала и регистрирующего устройства 7. Сигнал детектора фиксируется системой регистрации и обрабатывается вычислительным интегратором 8 [9].

В настоящее время в газовой хроматографии наибольшее распространение получили пламенно-ионизационный детектор (ПИД) и детектор по теплопроводности (ДТП). Преимущество ДТП заключается в том, что его можно использовать для определения как неорганических газов, так и органических паров. Принцип работы основан на передаче тепла от подогретого термочувствительного элемента к более холодному корпусу детектора с использованием теплопроводности газового потока. В результате изменения состава газового потока происходит изменение температуры чувствительного элемента и электрического сопротивления. ПИД также применяется для определения органических компонентов, а его работа осуществляется за счет изменения фоновых токов пламени водорода при внесении органического вещества [10, 11].

При использовании метода газовой хроматографии необходимо соблюдать ряд требований, предъявляемых к адсорбентам и газам-носителям. Таким образом, при выборе адсорбента необходимо обращать внимание на селективность к определяемым компонентам смеси, химическую инертность, механическую прочность, а также химическую и геометрическую однородность. Газ-носитель, в свою очередь, необходимо выбирать в соответствии с чувствительностью и типом детектора, а также необходимо, чтобы он был химически чистым, химически и адсорбционно инертным по отношению к определяемым компонентам.

Таким образом, процесс определения содержания ЛАУ в атмосферном воздухе методом газовой хроматографии сводится к следующим этапам:

1. Сбор образца при помощи сорбционных трубок.
2. Подготовка образца путем обработки адсорбента и экстракции образца.
3. Проведение газовой хроматографии на специальном оборудовании – хроматографе.
4. Идентификация и количественный анализ путем сравнения характеристик пиков с данными стандартов и расчета концентрации.
5. Контроль качества с использованием стандартных образцов (СО) для проверки точности и воспроизводимости результатов.

Современный экологический контекст ставит перед человечеством неотложные задачи по поддержанию и улучшению качества окружающей среды, особенно в контексте атмосферного воздуха. Одним из критических аспектов в решении проблемы ароматического загрязнения атмосферы является эффективное определение концентрации ароматических углеводородов в воздухе. Этот процесс требует высокоточных методов сбора образцов и точного анализа, чтобы не только измерить уровни загрязнения, но и выявить конкретные соединения. Наибольшее распространение для определения летучих ароматических углеводородов в атмосферном воздухе получил метод газовой хроматографии с применением пламенно-ионизационного детектора и детектора по теплопроводности.

Библиографический список

1. Загрязнение атмосферного воздуха // Семья: проект KP.ru: [сайт]. – URL: <https://www.kp.ru/family/ecology/zagryaznenie-atmosfernogo-vozdukha/> (дата обращения: 07.03.2024). – Текст: электронный.
2. Загрязнение воздуха внутри жилых помещений и здоровье // ВОЗ: [сайт]. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health> (дата обращения: 07.03.2024). – Текст: электронный.
3. Атмосферный воздух // Дыши свободно: [сайт]. – URL: [https:// www.dishisvobodno.ru](https://www.dishisvobodno.ru) (дата обращения: 07.03.2024). – Текст: электронный.

4. Летучие органические соединения: основные источники, вред для здоровья и как фильтровать // Бризекс: [сайт]. – URL: <https://xn--90aifdm6al.xn--p1ai/blog/los-osnovnye-istochniki-vred-dlya-zdorovya-i-kak-filtrovat> (дата обращения: 08.03.2024). – Текст: электронный.

5. РД 52.24.473-2012. Массовая концентрация летучих ароматических углеводородов в водах. Методика измерений газохроматографическим методом с использованием анализа равновесного пара: руководящий документ: издание официальное: утвержден Заместителем Руководителя Росгидромета 24.10.2012: взамен РД 52.24.473-95: 2013-02-04 / разработан Федеральным государственным бюджетным учреждением "Гидрохимический институт" (ФГБУ "ГХИ"). – Ростов-на-Дону, 2012. – 41 с. – Текст: непосредственный.

6. Снижение выбросов ароматических углеводородов БТЕК. // Sib Controls: [сайт]. – URL: https://sibcontrols.com/ru/snizhenije_vybrosov_aromatichjeskikh_ugljevodorodov (дата обращения: 08.03.2024). – Текст: электронный.

7. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов = Nature protection. Atmosphere. Air quality control regulations for populated areas: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 ноября 1986 г. № 3395: взамен ГОСТ 17.2.3.01-77: дата введения 1987-01-01. – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 4 с. – Текст: непосредственный.

8. Зими́на Т. В., Куна́вин Ю. А., Гусев Д. М., Лисник Г. Э., Шашенко В. А. Контроль качества атмосферного воздуха: современные направления // Контроль качества продукции. – 2022. – № 11. – С. 12-17. – Текст: непосредственный.

9. Газовая хроматография // Studfiles: [сайт]. – URL: <https://studfile.net/preview/1858149/page:13/> (дата обращения: 08.03.2024). – Текст: электронный.

10. Особенности применения различных типов детекторов в газовой хроматографии // FINDLAB: [сайт]. – URL: <https://findlab.ru/news/osobennosti-primenenija-razlichnyh-tipov-detektorov-v-gazovoj-hromatografii/> (дата обращения: 09.03.2024). – Текст: электронный.

11. Детекторы газового хроматографа // Хроматограф.ру: [сайт]. – URL: <https://chromatograf.ru/2022/04/18/detektory-hromatografa/> (дата обращения: 09.03.2024). – Текст: электронный.

ИНГИБИТОРНАЯ ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Пилецкая А. С., Ардашева Л. П.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: piletzkaya2020@gmail.com

INHIBITORY PROTECTION OF METALS FROM CORROSION

Piletskaya A. S., Ardasheva L. P.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В статье рассматриваются причины возникновения коррозии металлов и способы защиты от нее. В качестве одного из способов изменения свойств агрессивной среды является введение ингибиторов. В работе обсуждаются основные типы ингибиторов, их применение в различных отраслях промышленности. Для обсуждения представлены результаты экспериментального изучения влияния концентрации карбамида и тиокарбамида в различных температурных условиях на скорость коррозии алюминиевого сплава АД31Т1 (ГОСТ 4784-74) в солянокислой среде.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, температура, концентрация, сплав алюминия.

Коррозия металлов – разрушение металлических изделий и конструкций под действием внешней среды. Коррозия – процесс самопроизвольный, сопровождающийся выделением энергии в окружающую среду. В принципе коррозия обратна добыче и выплавке металлов из руды. Продуктами коррозии являются вещества, в составе которых металл находится в земной коре [1].

По различным оценкам ежегодно до 20 % добываемого металла выходит из использования по причине коррозии. В результате коррозии нарушается целостность металлических конструкций и деталей, изменяются их размеры, прочностные, оптические и электротехнические характеристики. Иногда даже незначительные коррозионные повреждения некоторых видов оборудования делают его непригодным к эксплуатации. Существуют различные способы защиты металлических конструкций и изделий от коррозии. Эффективность и экономические затраты являются определяющими при выборе того или иного способа антикоррозионной защиты. Все методы условно делятся на следующие группы: а) легирование металлов; б) защитные покрытия (металлические и неметаллические); в) электрохимическая защита; г) изменение свойств коррозионной среды; д) рациональное конструирование изделий [2].

Исследования в данной работе посвящены изучению органических ингибиторов коррозии.

Ингибиторы – это вещества, которые добавляются к системе для уменьшения скорости коррозии металлических поверхностей. Действие ингибиторов может быть кинетическим, химическим, адсорбционным, механическим. Эффективность применения органических ингибиторов обусловлена размерами молекулы, ее пространственным строением, наличием и характером функциональных групп. Как правило, к органическим ингибиторам относятся вещества, содержащие атом азота, кислорода, серы с неподеленной парой электронов. Подобные соединения адсорбируются на поверхности металла и пассивируют ее, образуя тонкую защитную пленку. К органическим ингибиторам кислотной коррозии относятся: азотсодержащие соединения – алифатические амины, ароматические и гетероциклические амины; серосодержащие соединения – сульфокислоты, тиосоединения; кислородсодержащие соединения – карбоновые кислоты, альдегиды, спирты, эфиры и т. д.

В качестве синергетиков органических ингибиторов коррозии используют поверхностно-активные анионы: галогениды, роданиды, сульфиды.

В работе был использован массометрический метод изучения скорости коррозии. По результатам рассчитаны отрицательный весовой $K_m^- = \frac{m_0 - m_1}{S \cdot \tau}$ и глубинный показатели коррозии: $K_{\Pi} = \frac{K_m^-}{p_{me}} * 8.76$

Эффективность действия ингибиторов коррозии принято характеризовать степенью защиты Z и коэффициентом торможения γ . При этом предполагают, что коррозия общая равномерная.

Степень защиты (%) определяется по формуле:

$$Z = \frac{K m_0^- - K m^{-'} }{K m_0^-},$$

где $K m_0^-$ – скорость растворения металла в среде без ингибитора, г/(м²ч); $K m^{-'}$ – скорость растворения металла в среде с ингибитором, г/(м² ч). При полном подавлении коррозии степень защиты Z равна 100 %.

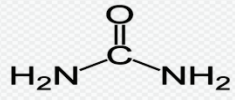
Коэффициент торможения (ингибиторный эффект) показывает, во сколько раз уменьшается скорость коррозии в результате действия ингибитора:

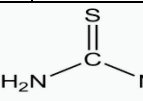
$$\gamma = \frac{K m_0^-}{K m^{-'}}$$

В качестве объекта исследования был выбран доступный в свободной продаже алюминиевый сплав марки АД31Т1 (ГОСТ 4784-74), в котором имеется три основных элемента: Mg–Al–Si. По характеристикам АД31Т1 относится к группе деформируемых авиалей. Сплав АД31Т1 имеет значимые эксплуатационные характеристики, а именно: малая масса, сопровождающаяся высокой прочностью конструкций; относительно устойчив к коррозии; пластичен [3]. Применяется в производстве алюминиевых профилей, емкостей, труб, фольги для консервных банок, тетрапаков и т. д. Примерно 57 % всех выпускаемых изделий из сплавов алюминия приходится на данную марку.

В качестве ингибиторов коррозии использовали карбамид и тиокарбамид, в качестве агрессивной среды – 5 %-й раствор соляной кислоты. Концентрация органических ингибиторов в работе составила 2, 5 и 10 % по массе. Исследования с участием карбамида проводили при двух температурах: 298 К (90 минут) и 323 К (40 минут). Для каждой концентрации ингибитора брали по 3 образца, в том числе и в случае холостой пробы (без ингибитора). Результаты представлены в таблице.

Таблица – Результаты исследований

Таблица 1. Исследования по исследованию										
ω ингиби- -тора, %	1 образец		2 образец		3 образец		K_m^- , г/(м ² час)	$K_{П}$, мм/го д	Z,%	γ
	m ₀ , г	m ₁ , г	m ₀ , г	m ₁ , г	m ₀ , г	m ₁ , г				
ингибитор– карбамид , температура 298 К										
0 % (холос- тая проба)	1,5870	1,4088	1,5649	1,3935	1,5542	1,3703	120,2	389,9		
2%	1,6066	1,4767	1,5687	1,48883	1,5260	1,3920	75,6	242,7	37,8 %	1,6
5%	1,5596	1,4945	1,6117	1,5597	1,5872	1,5437	36,2	117,4	69,9 %	3,3
10 %	1,6474	1,6142	1,5776	1,5369	1,5700	1,5689	18,9	54,8	85,9 %	7,1

температура 323 К										
0 % (холостая проба)	1,5580	1,3841	1,5383	1,3548	1,5772	1,3940	36,4	117,5		
2%	1,5684	1,3950	1,5756	1,4016	1,5228	1,3483	35,1	113,4	3,5	1
5%	1,5482	1,3920	1,5483	1,3872	1,5340	1,3720	32,2	104,1	1,4	1,1
10 %	1,5703	1,4440	1,5563	1,4152	1,5412	1,4032	27,3	88,1	25	1,3
 ингибитор– тиокарбамид, температура 298 К										
0 % (холостая проба)	1,5378	1,3336	1,5675	1,3550	1,5668	1,3719	137,8	447,1		
2%	1,5860	1,5201	1,5643	1,4896	1,5850	1,5105	63,3	205,4	54,1 %	2,2
5%	1,5220	1,4747	1,5713	1,5246	1,5547	1,5128	30,6	99,3	77,8 %	4,5
10 %	1,5714	1,5438	1,5666	1,5459	1,5392	1,5131	17,9	55,1	87,7%	8,1

Таким образом, можно сказать, что и карбамид, и тиокарбамид обладают ингибиторными свойствами по отношению к коррозии сплава алюминия АД31Т1 в солянокислом 5 %-м растворе.

Установлено, что с ростом концентрации ингибитора устойчивость сплава в солянокислой среде возрастает. При 298 К и прочих равных условиях эффективность тиокарбамида, как ингибитора, несколько выше.

При повышении температуры эффективность ингибитора карбамида снижается, что предполагает необходимость учитывать температурные условия при выборе метода защиты металлических поверхностей. Дальнейшие исследования позволят более полно изучить действие данного ингибитора на сплав алюминия.

Библиографический список

1. Луканина Т. Л., Михайлова И. С., Радин М. А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учебное пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2014. – 85 с.
2. Общая химия. Теория и задачи: учебное пособие / Н. В. Коровин, Н. В. Кулешов, О. Н. Гончарук, В. К. Камышова. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 496 с. – ISBN 978-5-8114-1736-0. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.
3. Металлография: авиаль [Сайт]. – URL: <http://structure.by/index.php/studentam/splavy/104-avial>

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА РАБОТНИКОВ НА ОСНОВЕ
ВЫЯВЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ПРОЦЕДУРЫ РАССЛЕДОВАНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Пронина Д. Э.

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва
e-mail: proninadasha99@mail.ru*

**ENSURING THE SAFETY OF WORKERS BY IDENTIFYING COMPONENTS THAT
AFFECT THE EFFECTIVENESS OF THE ACCIDENT INVESTIGATION PROCEDURE
AT WORK**

Pronina D. E.

National Research Technological University «MISIS», Moscow

Снижение производственного травматизма и создание безопасных условий труда выступают в качестве основных ценностей предприятий горно-металлургического комплекса Российской Федерации. Существует множество инструментов для снижения уровня производственного травматизма, однако от эффективности процесса расследования несчастных случаев на производстве зависит предупреждение аналогичных происшествий в будущем. С целью совершенствования системы управления охраной труда на предприятии в научно-исследовательской работе проведен анализ производственного травматизма в Российской Федерации, а также выявлены компоненты процедуры расследования несчастных случаев, влияющие на эффективность самого процесса.

Ключевые слова: производственный травматизм, расследование несчастных случаев на производстве, система управления охраной труда.

В работе проведен анализ производственного травматизма на основе оперативных данных Роструда России [1]. По оперативным данным Роструда, в 2022 году было зарегистрировано 5563 несчастных случая. 1565 смертельных случаев оформлены актами формы Н-1. Произошло 381 групповых несчастных случаев, в том числе 296 случаев со смертельным исходом.

В настоящее время существует множество инструментов для снижения уровня производственного травматизма, однако от эффективности процесса расследования несчастных случаев на производстве зависит предупреждение аналогичных происшествий в будущем [2].

В результате контрольной (надзорной) деятельности Роструда в 2022 году было выявлено более 12 тыс. нарушений по вопросам охраны труда, из них 437 нарушений касались расследования, оформления и учета несчастных случаев. Было выявлено 626 сокрытых несчастных случаев на производстве, включая 154 несчастных случая со смертельным исходом. Количество сокрытых несчастных случаев превысил аналогичный показатель за 2021 год в 1,33 раза.

Проанализировав статистические данные по производственному травматизму (по данным Роструда), был сделан вывод о том, что в настоящее время отсутствует единый подход к обеспечению качественной процедуры расследования несчастных случаев на производстве, которое является одним из доминирующих инструментов снижения производственного травматизма [3].

Исходя из этого, проведя экспертный опрос работников горно-металлургического комплекса (целевая аудитория – 91 инженерно-технический работник), были выявлены 6 компонентов процедуры расследования несчастных случаев на производстве, которые влияют на эффективность самого процесса применительно к конкретному предприятию: лидерство

руководителей в вопросах безопасности, компетентность членов комиссии, наличие локально-нормативной документации, наличие алгоритма расследования несчастных случаев, эффективность разрабатываемых корректирующих мероприятий, уверенность работников в вопросах безопасности. Краткое описание каждого компонента представлено на рисунке.

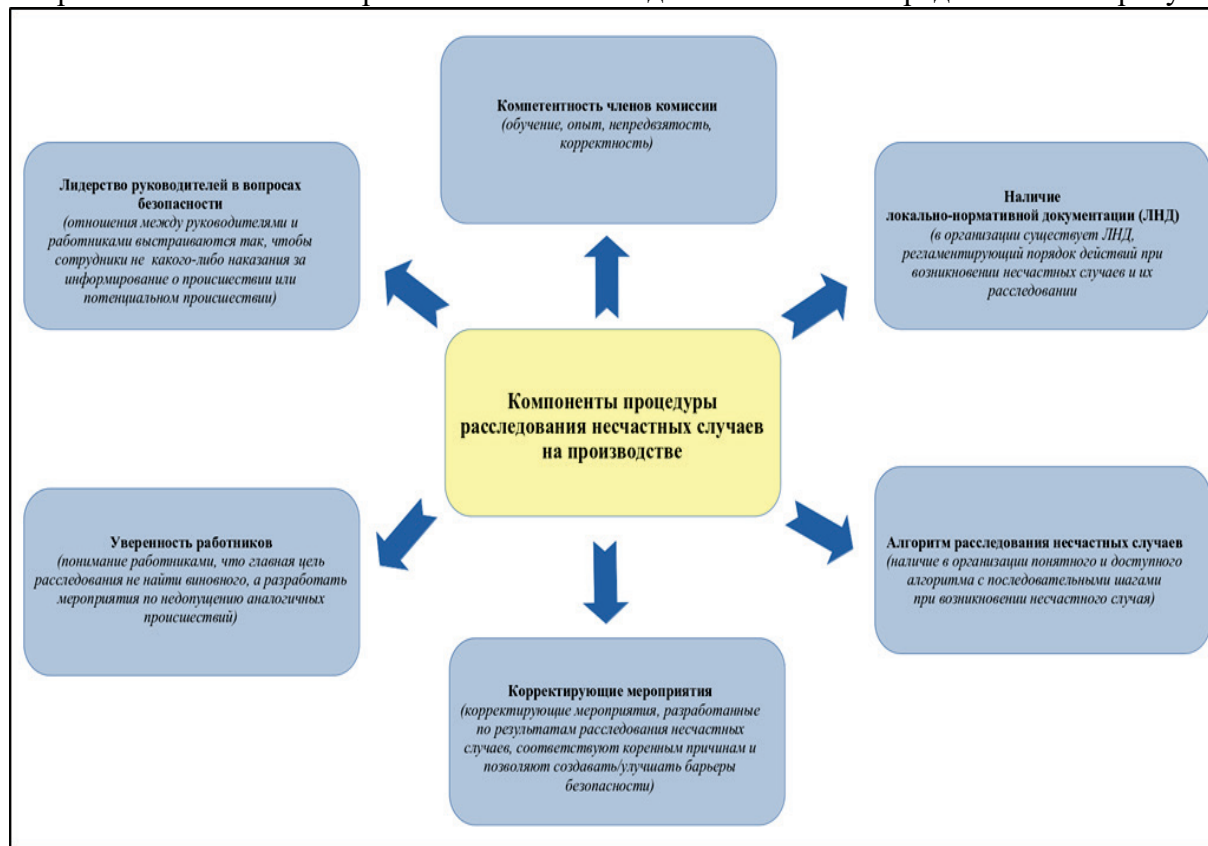


Рисунок – Компоненты процедуры расследования несчастных случаев на производстве

Таким образом, в работе выявлены компоненты процедуры расследования несчастных случаев на производстве, которые влияют на эффективность самого процесса применительно к конкретному предприятию. Проводя независимую оценку эффективности системы управления охраной труда в организации в части процесса расследования несчастных случаев на производстве и обращая внимание на уровень развития выявленных компонентов в организации, можно получить объективную оценку того, как сотрудники организации, в том числе руководители, относятся к процессу расследования НС на производстве и соблюдают требования ТК РФ в части данного вопроса.

Библиографический список

1. Ежегодный отчет Федеральной службы по труду и занятости (Роструда); Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <https://rostrud.gov.ru/rostrud/dokumenty/> (дата обращения: 15.12.2023).
2. Дурнев Р. А. Культура безопасности жизнедеятельности как ключевой фактор снижения рисков // Наука и стратегия на службе безопасности: Центру стратегических исследований гражданской защиты МТЧ России 10 лет / Под общей ред. В. А. Акимова; МЧС России. – Москва: Деловой экспресс, 2005 – 384 с.
3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 14.02.2024) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1 (ч. 1). – ст. 229.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РИСКОВ НА ОПАСНОМ ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Хазова М. С.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: khazovarita2001@mail.ru

RISK ANALYSIS AND ASSESSMENT AT A HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY

Khazova M. S.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данной статье мы рассмотрим анализ и оценку риска на опасном производственном объекте, с указанием методов анализа рисков. Определим факторы, влияющие на риск на производстве фосфорного удобрения.

Ключевые слова: охрана труда, управление рисками, метод анализа риска, безопасность персонала.

Анализ и оценка риска на опасном производственном объекте – это процесс систематического изучения и оценки потенциальных опасностей, которые могут возникнуть в результате деятельности на объекте. Важной частью этого процесса является выявление вероятных последствий таких опасностей и определение степени их воздействия на объект, персонал и окружающую среду.

Оценка риска на опасном производственном объекте представляет собой сложный и многогранный процесс, включающий в себя анализ различных аспектов, которые могут влиять на безопасность и здоровье работников, окружающей среды и общества в целом.

Процесс управления рисками является непрерывным и включает [1]:

- идентификацию опасностей, анализ риска и оценку его уровня (значимости);
- планирование действий по устранению, снижению рисков;
- бюджетирование мероприятий, направленных на устранение, снижение рисков;
- мониторинг, анализ и планирование улучшений результативности процесса управления рисками.

Процесс управления рисками на производстве представлен на рисунке [2].



Рисунок – Процесс управления рисками на производстве

Классификация рисков, определение их видов является основой для проведения качественного анализа рисков деятельности предприятия и должна быть ориентирована на выявление факторов и причин их возникновения [3].

Одной из основных трудностей при оценке риска является сложность в определении вероятности возникновения определенных событий или инцидентов, а также оценка потенциальных последствий этих событий. Оценка вероятности инцидентов требует учета множества факторов, таких как технические параметры оборудования, квалификация персонала, процессы производства, а также внешние воздействия, например, погодные условия или человеческий фактор. Нередко информация о предыдущих инцидентах или статистиках может быть неполной или недоступной. Это затрудняет прогнозирование возможных последствий и разработку эффективных мер по их предотвращению.

Дополнительной сложностью при оценке риска на опасных производственных объектах является необходимость учета многофакторности риска. Это означает, что риск может быть вызван не только отдельным фактором, но и их комбинацией, что усложняет процесс его анализа и оценки. Многофакторность риска подразумевает, что различные аспекты производственной деятельности могут взаимодействовать и усиливать друг друга, увеличивая общий уровень опасности. Например, на химическом предприятии одновременно могут присутствовать опасные вещества, высокие температуры, высокое давление и недостаточные меры безопасности. В случае аварии или неполадки любой из этих факторов может привести к серьезным последствиям.

Факторы, влияющие на риск на производстве фосфорного удобрения, представлены в таблице.

Таблица – Факторы, влияющие на риск на производстве фосфорного удобрения

Факторы	Влияние
Химические вещества	Производство фосфорных удобрений включает использование опасных химических веществ, таких как фосфор и серная кислота. Эти вещества могут быть токсичными, взрывоопасными и коррозионно-активными
Пожарная безопасность	Использование серной кислоты и других химических веществ может повысить риск пожара. Неправильное хранение, обращение или процессы смешивания таких веществ могут привести к возгоранию или взрыву
Экологические факторы	Производство фосфорных удобрений может привести к загрязнению окружающей среды. Выбросы в атмосферу и водоемы, а также образование отходов, могут негативно влиять на экосистему и здоровье человека
Электробезопасность	В процессе производства фосфорных удобрений могут использоваться электроустановки и оборудование, требующие специальных мер безопасности для предотвращения аварийных ситуаций и поражений электрическим током
Техническое оборудование	Неправильная эксплуатация или отказ оборудования может стать причиной аварийных ситуаций. Выход параметров технологических процессов за критические значения, вследствие нарушения технологического регламента. Разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим, температурным, агрессивным химическим воздействиями

Одним из наиболее распространенных методов анализа риска является методология HAZOP (Hazard and Operability Study), которая позволяет систематически исследовать потенциальные опасности и отклонения в процессах производства. Метод HAZOP направлен на определение несущих угрозу опасных факторов производства и проверку производственного объекта и оборудования на предмет работоспособности. Этот метод

основан на анализе отклонений производственных характеристик от заданных проектом значений. Для достижения точных результатов используется список «отклонений», которые могут не соответствовать предполагаемым параметрам.

Другой метод – анализ дерева отказов (Fault Tree Analysis, FTA), который используется для моделирования потенциальных последствий различных отказов системы и оценки их вероятности. Использование анализа дерева отказов позволяет оценить вероятность различных сценариев аварий и выявить ключевые элементы, которые могут привести к серьезным последствиям. Это позволяет принимать меры по улучшению надежности и безопасности системы [4].

Анализ и оценка риска на опасном производственном объекте играют решающую роль в обеспечении безопасности персонала, предотвращении аварийных ситуаций и снижении возможного ущерба для окружающей среды и общества. Эти процессы позволяют компаниям и регулирующим органам идентифицировать потенциальные угрозы, разрабатывать меры по их управлению и снижать риски до приемлемого уровня.

Библиографический список

1. Домашенко Д. В. Управление рисками в условиях финансовой нестабильности. – М.: Магистр; Издательский Дом «ИНФРА-М», 2015. – 240 с.
2. Теленков Е. Е. Оценка и управление технико-производственными рисками в промышленности // Проблемы анализа риска. – 2020. – Т. 17, № 6. – С. 38 – 49.
3. Богоявленский С. Б. Управление риском (риск-менеджмент). – СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 147 с.
4. Метод анализа риска «Анализ дерева отказов» [Электронный ресурс]. – URL: <https://smis-expert.com/blog/metod-analiza-riska-analiz-dereva-otkazov/> (дата обращения: 14.03.2024).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАДИАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ

Шеламков С. Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: s.shelamkov@gmail.ru

EQUIPMENT FOR RADIATION SURVEYING

Shelamkow S. N.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данной статье рассматривается оборудование для радиационной разведки с их различиями и особенностями применения.

Ключевые слова: оборудование, приборы, радиационная разведка, радиационная безопасность.

Радиационная разведка – комплекс мероприятий, предназначенных для выявления применения ядерного оружия, разрушения объектов атомной энергетики, возникновения радиационной опасности с целью предотвращения или минимизации воздействия их поражающих факторов.

Абсолютно любой радиоактивный предмет или вещество может стать мощным источником радиации, вредной для здоровья и жизни человека. По сравнению со многими другими возможными опасностями, радиация не ощущается и не видна. Ее уровень можно определить только с помощью специального оборудования.

Оборудование, предназначенное для ведения радиационной разведки на местности, позволяет измерять степени заражения радиоактивных материалов, различных предметов и объектов, степени заражения одежды и поверхностей кожи человека, степени заражения продуктов питания, воды и различных материалов. С помощью приборов радиационной разведки можно также определять дозы радиоактивного облучения персонала, работающего на объектах и территориях, заражения радиоактивными материалами [1].

По параметрам измерений к приборам радиационного контроля выдвигаются следующие требования:

- приборы радиационного контроля должны быть способны обнаруживать гамма-излучение, а при использовании дополнительных устройств и блоков детектирования – альфа-бета- и нейтронное излучение;

- приборы радиационной разведки должны быть способны регистрировать ионизирующее излучение, мощность дозы, плотность потока и энергию ионизирующего излучения в пределах диапазонов, указанных в документах, перечисленных в перечне международных и национальных стандартов Российской Федерации;

- установленные для такого оборудования энергетическая чувствительность и зависимость погрешности измерения от диапазона доз, мощности дозы, плотности потока и энергии ионизирующего излучения не должны превышать значений, указанных в документах, содержащихся в перечне международных и национальных стандартов Российской Федерации.

Все приборы обнаружения радиации можно разделить на:

- Рентгенометр – используется для измерения мощности дозы.

- Радиометр – обнаруживает и определяет уровень радиоактивного заражения поверхности.

- Дозиметр – определяет общую дозу облучения.

Дозиметры используются для определения общей суммы всех доз облучения или для определения мощности дозы, полученной при гамма- или рентгеновском воздействии. Датчик

представляет собой ионизационную камеру, заполненную газом. Помимо этого, в состав устройства также входят газоразрядный счетчик и сцинтилляционный счетчик. Дозиметры могут быть стационарными или переносными, существуют также персональные комплекты и домашние (карманные) разновидности.

Рентгенометры используются для определения дозы рентгеновского излучения или для получения дозы гамма-излучения. В зависимости от типа рентгенометра датчиком может служить либо ионизационная камера, либо газоразрядный элемент. Нормальный диапазон рабочих температур от 0 до +50 градусов. Рентгенометры могут эффективно использоваться для радиационной разведки на различных транспортных средствах (воздушных, наземных, водных).

Радиометры используются с целью определения степени поверхностных загрязнений радиоактивными частицами. Они способны изучать энергетические свойства в различных средах (газ, жидкость, пар, аэрозоль). По типу могут быть транзитными, ультратонкими, гибкими и миниатюрными.

Поэтому в зависимости от вида производимого излучения и с учетом назначения приборов радиационной разведки их можно разделить на следующие группы:

1. Средства для наблюдения за местностью (рентгенометры и дозиметры).
2. Средства определения степени заражения (радиометры).
3. Средства контроля облучения и уточнения полученной радиации (дозиметры).

Технические средства разведки уровня радиации производятся для профессиональных служб и бытовых нужд. Люди, живущие в районах с неблагоприятными радиационными условиями, могут приобрести простейшие приборы, чтобы проверить пищу и окружающую среду на радиоактивность [2].

Большинство дозиметров имеют прямое считывание, то есть результат доступен сразу после измерения. Существуют также дозиметры косвенной индикации, которые не имеют источника питания и устройства индикации и компактны. Их предназначение – индивидуальный дозиметрический контроль на радиационно-опасных объектах и в медицине. Поскольку зарядка или считывание этого дозиметра может производиться только с помощью специальных приспособлений, его нельзя использовать для принятия оперативных решений.

Дозиметры бывают беспороговые и пороговые. Последние позволяют обнаружить только превышение предустановленного изготовителем нормативного уровня радиации по принципу «да-нет» и благодаря этому просты и надежны в эксплуатации, стоят дешевле беспороговых примерно в 1,5 – 2 раза.

Дозиметры в основном различаются по следующим параметрам:

- типы регистрируемых излучений – только гамма, или гамма и бета;
- тип блока детектирования – газоразрядный счетчик (также известен как счетчик Гейгера) или сцинтилляционный кристалл/пластмасса;
- количество газоразрядных счетчиков варьируется от 1 до 4-х;
- размещение блока детектирования – выносной или встроенный;
- наличие или отсутствие цифрового и/или звукового индикатора;
- время одного измерения;
- наличие тех или иных режимов измерения и самодиагностики [3].

Особо следует сказать о радиометрах для измерения активности радона, торона.

Радон и продукты его распада считаются опасными альфа-излучателями, поэтому почти все бытовые дозиметры не могут обнаружить радон. Для измерения концентрации радона в помещениях специалисты используют специализированные приборы – измерители концентрации радона (радоновые мониторы, радонометры). Многие из них устроены примерно одинаково: в приборах содержатся устройства для забора проб исследуемого воздуха и дозиметрические средства контроля ЭРОА (эквивалентной равновесной объемной активности) радона. Воздух, содержащий радионуклиды, прокачивают через улавливающий фильтр в течение длительного времени (от нескольких минут до нескольких часов) и определяется объемная альфа-активность накопленной порции и ЭРОА.

Эти приборы довольно громоздки, их вес составляет 6 кг и более. Некоторые из них имеют обширный функционал. Основная относительная погрешность измерения ЭРОА составляет 15-30 % в зависимости от диапазона и режима работы [4].

Библиографический список

1. Радиационная разведка и дозиметрический контроль. – URL: <https://www.radek-lab.ru/information/articles/radiatsionnaya-razvedka-i-dozimetriceskiy-kontrol/> (дата обращения: 24.03.2024). – Текст: электронный;
2. Радиационная разведка и дозиметрический контроль. – URL: <https://www.radek-lab.ru/information/articles/radiatsionnaya-razvedka-i-dozimetriceskiy-kontrol/> (дата обращения: 24.03.2024). – Текст: электронный;
3. Приборы радиационной разведки и радиационного контроля. – URL: <http://ntcпоиск.ru/dozimetriceskaya-apparatura> (дата обращения: 24.03.2024). – Текст: электронный;
4. Как обнаружить радиоактивный радон и уменьшить угрозу здоровью? – URL: <https://mydozimetr.ru/blog/stati/kak-obnaruzhit-radon-i-umenshit-ugrozu-zdorovyu/> (дата обращения: 24.03.2024). – Текст: электронный.

СЕКЦИЯ 3. ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 504.062.2

ОБЗОР ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИНГИБИТОРОВ ОСАЖДЕНИЯ SiO_2 В ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Аксенова С. В.

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
e-mail: serafima.aksenova05021999@gmail.com

REVIEW OF USED INHIBITORS OF SiO_2 PRECIPITATION IN GEOTHERMAL WELLS

Aksenova S.V.

National University of Oil and Gas «Gubkin University»

Геотермальная энергия является возобновляемым источником энергии. Осадкоотложение и коррозия, снижающие эффективность добычи, являются основными проблемами, которые влияют на извлечение энергии из геотермальных систем. Осадки, образующиеся в геотермальных скважинах, как правило состоят из карбоната кальция, аморфного SiO_2 , силикатов, оксидов, сульфидов металлов. При проведении обзора литературы было выяснено, что в качестве ингибиторов осаждения SiO_2 чаще всего применяются полимеры.

Ключевые слова: возобновляемый источник энергии, ингибиторы, осаждение аморфного кремнезема, геотермальные скважины, выработка электроэнергии.

В связи с тем что во всем мире происходит постепенный отказ от тепловой генерации электроэнергии на ископаемом топливе в пользу увеличения выработки электроэнергии из устойчивых и возобновляемых ресурсов, наблюдается интерес к разведке и разработке новых геотермальных ресурсов для производства электроэнергии. Геотермальные энергетические ресурсы очень разнообразны и сложны по своей природе, и практически каждый из них обладает своими уникальными характеристиками, которые необходимо учитывать для успешного использования в целях рекуперации тепла и производства электроэнергии. Эти характеристики включают в себя энтальпию и химический состав пара и отделенного геотермального флюида (рассола), которые используются для производства электроэнергии [1].

Образование аморфного диоксида кремния (SiO_2 – кремнезем) является одной из основных и наиболее распространенных проблем, связанных с образованием осадкоотложения, поскольку его растворимость уменьшается с понижением температуры. В зависимости от условий, отложения аморфного кремнезема могут образовываться в любом месте от добывающих скважин, поверхностных объектов до забоя нагнетательных скважин. По мере того как геотермальные воды обрабатываются, кремнезем может выпадать в осадок, вызывая снижение приемистости скважин. Высокие затраты как на бурение скважин, так и на восстановление приемистости скважин делают необходимым поддержание производительности нагнетательных скважин в течение длительного времени [2].

В зависимости от температуры пласта и выбранных процессов добычи и использования рассола встречаются четыре основных типа отложений:

- (1) карбонаты, такие как карбонаты кальция и стронция;
- (2) кремнезем и другие кремнеземистые материалы;
- (3) сульфиды тяжелых металлов;
- (4) различные типы хлоридов.

Однако отложения кальцита и кремнезема являются наиболее частыми веществами, образующими осадки [3].

В литературе описано несколько методов ингибирования осаждения отложений SiO_2 и различных силикатных отложений: 1) повышение солености раствора; 2) понижение pH раствора; 3) изменение температуры; 4) поддержание кремния в диспергированном состоянии; 5) использование химических ингибиторов.

В статье [4] описана эффективность полимерных ингибиторов, имеющих одинаковую полиметакрилатную основу, но с разными привитыми функциональными группами. НОМОРЕГ содержит трансплантат короткоцепочечного полиэтиленгликоля с 20 единицами этиленгликоля, а НОМОРНOS содержит трансплантат метилфосфоновой кислоты. НОМОРЕГ нечувствителен к pH и остается незаряженным независимо от pH раствора, в отличие от НОМОРНOS, который содержит кислые фрагменты фосфоновой кислоты. В качестве ингибиторов было исследовано 4 вещества различной структуры. Наиболее эффективным ингибитором по отношению к различным силикатам и SiO_2 оказался РЕГРНOS-LOW, который представляет собой полимер, содержащий 34 звена PEG-20 и 14 звеньев фосфоната. «Растворимый», или «молибдат-реакционноспособный» кремнезем означает растворимую кремниевую кислоту и определяется с использованием «желтого» силикомолибдатного спектрофотометрического метода.

В настоящее время исследования показали, что катионные полимеры, обладающие протонированными аминогруппами, четвертичными аммониевыми группами или фосфониевыми группами, обладают способностью замедлять поликонденсацию кремнезема за счет электростатических взаимодействий с отрицательно заряженными силикатными анионами.

В исследовании [5] в качестве вещества, предотвращающего и ингибирующего осаждение кремнезема, силикатов, сульфидов и карбоната кальция, упоминается сополимер с метакрилатной структурой. Выбор этого ингибитора был основан на предыдущих испытаниях аналогичных сополимеров, содержащих полиэтиленгликоль (ПЭГ) и фосфонатные трансплантаты.

В литературе отмечена ассоциация силикатных растворов с солями металлов. Например, исследовали влияние смеси Na^+ и Al^{3+} на морфологию и скорость осаждения кремнеземных отложений. Эксперименты проводились при постоянном соотношении Na/Al , равном 1,48, и увеличении концентрации Al^{3+} от 0 до 6,7 ppm. Согласно результатам, скорость осаждения и количество осажденного кремнезема увеличивались с увеличением концентрации Al^{3+} и Na^+ . Эти ионы могут способствовать образованию комплексов Na-Al-Si в растворе. Более того, с увеличением количества этих ионов изменялась морфология осадков. Хотя при низких концентрациях Al^{3+} образовывался аморфный кремнезем, при более высоких концентрациях Al^{3+} аморфная структура трансформировалась в кварц. Этот результат был объяснен снижением энергетического барьера, необходимого для зарождения кварца [6,7].

Таким образом, в ходе проведения обзора литературы было выяснено, что в качестве ингибиторов осаждения SiO_2 часто применяют полимеры. Однако в проанализированных источниках нет информации о температурных пределах, которые эти ингибиторы могут выдержать. В геотермальных скважинах температура флюида может достигать 250 °C и выше. Повышение температуры приводит к увеличению скорости полимеризации мономерного кремнезема и, следовательно, к увеличению скорости образования наночастиц аморфного кремнезема. При более высоких температурах этот эффект может быть уравновешен большей растворимостью аморфного кремнезема и, как следствие, уменьшением пересыщения. Также в качестве одного из методов ингибирования также возможно снижения pH раствора, однако стоит учитывать увеличение скорости коррозии в растворах с низким pH.

Тема разработки ингибирующей композиции осаждения SiO_2 в геотермальных скважинах является актуальной для использования возобновляемой геотермальной энергии. В ходе проведения данной работы были изучены основные вещества, которые могут быть взяты за основу для разработки ингибирующей композиции.

Библиографический список

1. Effective matrix acidizing in high-temperature environments / R. Aboud, K. Smith, L. Forero, L. Kalfayan // SPE Annual Technical Conference and Exhibition? SPE, 2007. C. SPE-109818-MS
2. An experiment on monomeric and polymeric silica precipitation rates from supersaturated solutions / Angcoy Jr., Erlindo C. // United Nations University, 2006.
3. Types of the scaling in hyper saline geothermal system in northwest Turkey / M. M. Demir, A. Baba, V. Atilla, M. Inanli // Geothermics. 2014. Vol. 50. P. 1-9. DOI 10.1016/j.geothermics.2013.08.003. EDN RPMISJ.
4. Searching for a universal scale inhibitor: A multi-scale approach towards inhibitor efficiency / A. Spinhaki, M. Kamaratou, G. Skordalou, G. Petratos, I. Petrou, A. Tramaux, G. David, K. D. Demadis // Geothermics. 2021. Vol. 89. P. 101954. DOI 10.1016/j.geothermics.2020.101954. EDN MMNJOU.
5. Corrosion and Scaling in Geothermal Heat Exchangers / C. Penot, D. Martelo, Sh. Paul // Applied Sciences (Switzerland). 2023. Vol. 13, No. 20. P. 11549. DOI 10.3390/app132011549. – EDN KVHRNN.
6. Experimental modeling of silicate-based geothermal deposits / A. Çelik, G. Topçu, A. Baba, Y. Akdoğan, U. Şentürk, M. M. Demir // Geothermics. 2017. T. 69. C. 65-73.
7. Microstructural and chemical variation in silica-rich precipitates at the Hellisheiði geothermal power plant / D. B. Meier, E. Gunnlaugsson, I. Gunnarsson, B. Jamtveit, C. L. Peacock, L. G. Benning // Mineralogical Magazine. 2014. T. 78. №. 6. C. 1381-1389.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КИНЕТИКИ ФЛОТАЦИИ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Гатиатуллин Б. Л., Шлыков Н. А.

*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Санкт-петербургский университет промышленных технологий и дизайна*

DEVELOPMENT OF FLOTATION KINETICS MODEL BASED ON DEEP LEARNING TECHNOLOGIES

Gatiatullin B. L., Shlykov N. A.

*Saint-Petersburg mining university
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

Актуальной задачей в области флотационных методов переработки является разработка методов оперативного определения параметра скорости флотации. В работе рассматривается подход к разработке регрессионной модели, связывающей скорость флотации с высотой пенного слоя. В качестве основных инструментов, на которых реализованы как сама модель, так и средства измерения, выступают нейронные сети. Разработанная модель позволила прогнозировать скорость флотации со средней относительной ошибкой в 4 %.

Ключевые слова: флотация, кинетика флотации, глубокое обучение, машинное зрение, цифровизация.

По причине своей широкой распространенности во многих областях промышленного производства развитие флотационных методов обогащения имеет высокую практическую значимость. Одним из способов математического описания процесса является установление кинетических зависимостей. Однако определение кинетических параметров требует проведения специализированных экспериментов с последующим анализом продуктов, что требует значительных временных затрат и накладывает ограничения для использования данной характеристики при оперативном контроле процессом в промышленных условиях.

В то же время исследователями уже давно отмечена связь между конфигурацией пенного слоя и кинетикой флотации, что и может быть использовано для косвенных измерений интересующего показателя [1].

Целью данной работы была принята разработка регрессионной модели кинетики флотации, связывающей ее с показателем высоты пенного слоя.

Методы исследования включали в себя проведение лабораторных опытов по флотации золотосодержащей сульфидной руды с целью установления уравнений кинетики флотации по установленной методике с отдельным отбором материала в установленные временные промежутки. Всего было произведено три серии опытов с использованием 3-х видов вспенивателей: МИБК, соснового масла и неолола АФ 9-12.

Эксперимент проводился на лабораторной флотационной машине с прозрачной камерой, что позволило производить видеозапись опытов с целью последующей их обработки для установления значений высоты пенного слоя.

Полученные в результате опытов продукты обогащения были подвергнуты рентгенофлуоресцентному анализу с целью определения их элементного состава. На базе данных об элементном составе были установлены уравнения кинетики извлечения компонентов в пенный продукт. Для аппроксимации использовались уравнения кинетики флотации 2-го порядка. Полученные зависимости были использованы для расчета значений скорости флотации с шагом в 1 с.

Измерение высоты пенного слоя было реализовано на базе нейронной сети для обнаружения объектов YOLOv5. Обученная на распознавание пенного слоя сеть последовательно обрабатывала кадры видеозаписи эксперимента, определяя вертикальные размеры ограничивающей рамки, которые использовались как значения высоты пенного слоя. Пример работы сети представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс определения высоты пенного слоя на записи эксперимента

Полученные за счет использования нейронной сети значения высоты пенного слоя, а также значения скорости флотации, рассчитанные по полученным уравнениям кинетики, были использованы для разработки регрессионной модели.

Результаты обработки данных были использованы для установления закономерностей между высотой пенного слоя и скоростью флотации с применением полносвязной нейронной сети, которые ранее уже успешно использовались в задачах такого типа [2]. Подбор параметров сети был произведен в автоматическом режиме с использованием технологии Auto-ML. Сеть имеет 5 входных параметров, включающих значение высоты пенного слоя, тип используемого вспенивателя, отвечающий за 3 категориальных признака, а также номер участка монотонности, на котором расположено данное значение высоты, так как одно и то же значение высоты может встретиться как вначале эксперимента, когда идет рост высоты пены, так и в конце, на этапе снижения стабильности слоя.

Результаты. В ходе работы была получена нейронная сеть с 3-мя глубокими слоями: 2 слоя по 128 нейронов и 1 слой 1024 нейрона.

В результате обучения сети удалось добиться средней абсолютной ошибки прогнозирования до уровня 0,003 %/с. Дополнительно была произведена валидация результатов на экспериментальных данных, полученных при отборе проб пенного продукта в лаборатории с вычислением значений извлечений за установленные промежутки времени, средняя относительная ошибка между экспериментальными и прогнозными данными составила 4,1 %. Результаты валидации представлены в таблице.

Таблица – Результаты валидации прогнозов нейронной сети

Время, с	МИБК			Сосновое масло			Неонол АФ 9-12		
	$\varepsilon(\text{As})_{\text{э}}, \%$	$\varepsilon(\text{As})_{\text{п}}, \%$	$\Delta, \%$	$\varepsilon(\text{As})_{\text{э}}, \%$	$\varepsilon(\text{As})_{\text{п}}, \%$	$\Delta, \%$	$\varepsilon(\text{As})_{\text{э}}, \%$	$\varepsilon(\text{As})_{\text{п}}, \%$	$\Delta, \%$
45-50	1,97	1,95	1,03	2,08	1,79	14,06	1,95	2,11	8,2
145-150	0,57	0,56	1,74	0,46	0,47	2,2	0,45	0,47	4,49
295-300	0,22	0,22	1,54	0,16	0,16	2,03	0,15	0,15	1,78

Способность сети к точной аппроксимации указанных зависимостей можно увидеть на рисунке 2. На графиках представлены зависимости между исследуемыми показателями. Так, отображены графики в координатах «Высота пенного слоя – Время» и «Скорость флотации – Время». Взаимосвязь, исследовавшая в данной работе, зависимость по установлению связи

между высотой пенного слоя и скоростью флотации представлена на центральном графике. На графике видно, как уже отмечалось выше, отсутствие однозначности между параметром высоты и значением скорости флотации, что привело к необходимости введения дополнительного параметра, отвечающего за номер участка монотонности, на котором высота либо возрастает, либо снижается. Последние 2 графика представляют прогнозные результаты сети. Видно, что 2-й и 4-й, а также 3-й и 5-й график сходны, однако в прогнозных значениях сети отсутствует зазор в значениях скорости флотации, вызванный использованием 2-х разных уравнений кинетики на разных временных участках, что является особенностью работы сетей.

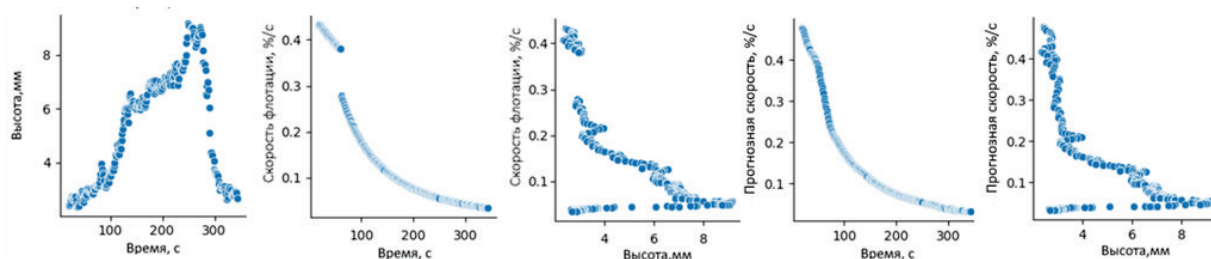


Рисунок 2 – Взаимосвязь исследуемых параметров при использовании МИБК в качестве вспенивателя

Заключение. В результате исследования была изучена возможность установления регрессионной зависимости между скоростью флотации и высотой пенного слоя, а также возможность эффективного использования нейронных сетей для указанных задач как на этапе проведения лабораторных экспериментов, так и на этапе обработки результатов. Полученная регрессионная сеть позволяет прогнозировать кинетические параметры флотации с относительной ошибкой, составляющей 4 %.

Разработанный метод при доработке и адаптации может быть внедрен на промышленном производстве, при этом качество прогнозирования модели может быть повышено благодаря возможности использования большого объема промышленных данных, а также использования дополнительных признаков для прогнозирования целевой переменной.

Библиографический список

1. Murhula E., Hashan M., Otsuki A. Effect of Solid Concentration and Particle Size on the Flotation Kinetics and Entrainment of Quartz and Hematite // Metals (Basel). 2023. Vol. 13. № 1. P.24–55.
2. Amir Eskanolou B.S., Hassas B.V. Estimation of flotation rate constant and collision efficiency using regression and artificial neural networks // Separation Science and Technology. 2018. Vol. 53. № 2. P.374–388.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА ОПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БУМАГИ

Грищенко В. Д., Малютина Д. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: grishchenko_vlad@mail.ru*

THE EFFECT OF THE MODIFIED FILLER ON THE OPTICAL PROPERTIES OF THE PAPER

Grishchenko V. D., Malyutina D. I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Исследовано влияние добавления модифицированного наполнителя бактериальной наноцеллюлозой (БЦ). Установлено, что добавление БЦ в композицию бумаги с высоким содержанием минерального наполнителя увеличивает ее белизну. При этом увеличение расхода БЦ до 5 % от массы а.с.в. сказывается незначительно на увеличении белизны.

Ключевые слова: наполнители, бумага, наноматериалы.

Целлюлозные наноматериалы или наноцеллюлозы рассматриваются как полезный класс материалов будущего благодаря их физико-химическим свойствам. Помимо того что они выделяются из возобновляемых источников сырья, они сочетают в себе химическую инертность, превосходную жесткость, высокую прочность, низкий коэффициент теплового расширения, низкую плотность, стабильность размеров и способность изменять химический состав своей поверхности.

Техническая ассоциация целлюлозно-бумажной промышленности (TAPPI) учредила подразделение нанотехнологий, занимающееся стандартизацией номенклатуры целлюлозных наноматериалов. Был разработан проект стандарта TAPPI WI 3021: Стандартные термины и их определение для целлюлозных наноматериалов. В широком смысле наноцеллюлозу (NC) можно разделить на:

1. Наноструктурированные материалы (микрокристаллическая целлюлоза (MCC) и микрофибриллы целлюлозы (MFC)).
2. Нановолокна (нановолокна целлюлозы (NFC), нанокристаллы целлюлозы (CNC) и бактериальная целлюлоза (BNC)).

Ряд форм наноцеллюлозы может быть получен с использованием различных методов и из различных источников целлюлозы. Морфология, размер и другие характеристики каждого класса наноцеллюлозы зависят от происхождения целлюлозы, условий выделения и переработки, а также возможной предварительной или постобработки [1,2].

Бактериальная наноцеллюлоза (БЦ) отличается от нанокристаллической и нанофибриллированной целлюлозы, извлекаемых из лигноцеллюлозной биомассы, своей природой, бактериальную целлюлозу получают из вырабатываемых бактериями низкомолекулярных полисахаридов в процессе достаточно длительной – до двух недель – ферментации, в основном участвуют бактерии рода *Gluconacetobacter rhaeticus*. Наноцеллюлоза извлекается впоследствии из биомассы путем экстрагирования органическими растворителями [3].

Минеральные наполнители широко используются в производстве бумаги, особенно для писчей и бумаги для печати, поскольку наличие наполнителей положительно влияет на яркость, непрозрачность и восприятие печатной краски бумагой, а также снижают стоимость отделки.

Однако основным недостатком включения неорганических наполнителей в бумагу является уменьшение взаимодействия волокон друг с другом, что снижает прочность бумаги, а также увеличивая пористость. Поэтому количество наполнителя, используемое в производстве бумаги, ограничено [4].

В целом, в зависимости от сорта бумаги, значения, превышающие 20-25 % в конечном продукте, встречаются редко.

Одной из альтернатив увеличения содержания наполнителя без потери механической прочности бумаги является модификация поверхности наполнителя, а именно путем покрытия ее полимерами, которые могут усилить межмолекулярные взаимодействия между наполнителями и волокнами. Однако новые наполнители, предложенные на данный момент в литературе, имеют некоторые ограничения с точки зрения удержания, яркости бумаги и вторичной переработки бумаги.

Цель работы: изучить влияние модифицированного наполнителя бактериальной целлюлозы на оптические показатели бумаги с высоким содержанием карбоната кальция.

Для проведения испытаний образцы подготавливали, производили роспуск и размол в ЛРК, а также определяли их степень помола в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 14363.4-89. Подготовка бумажной массы, роспуск и размол волокнистых полуфабрикатов, а также обработка бумажной массы наполнителем, определение оптических показателей проводились в соответствии с действующими стандартами.

Использовалась бактериальная целлюлоза, синтезированная отечественным штаммом *Komagataeibacter xylinus* (ранее *Gluconacetobacter xylinus*, ранее *Acetobacter xylinum*) в Институте высокомолекулярных соединений РАН. *Komagataeibacter rhaeticus* CALU-1629 в виде нано-гель-пленки. Степень полимеризации полученной бактериальной целлюлозы – 2500 ед., степень кристалличности – 85 %. Нано-гель-пленку бактериальной целлюлозы (БЦ) размалывали в дезинтеграторе при 15000 ± 10 об/мин при концентрации суспензии 0,10-0,11 % в течение 10 ± 1 мин.

Изготавливались и испытывались образцы из сульфатной лиственной целлюлозы массой 80 г/м^2 с добавлением бактериальной целлюлозы 3 и 5 % от массы а.с.в., и карбонатом кальция с расходом 30 и 50 % от массы а.с.в. В качестве референтного значения использовали образцы массой 80 г/м^2 с добавлением удерживающего агента под торговым названием «Неофикс» и карбоната кальция с расходами 30 и 50 % от массы а.с.в.

У образцов определяли оптические показатели с помощью спектрофотометра FRANK-PTI (табл.).

Таблица – Оптические показатели бумаги с высоким содержанием наполнителя

Композиция	L*D65/10	a*D65/10	b*D65/10	Белизна CIE
30 % CaCO ₃ + 3 % БЦ	95,51	-0,28	4,33	68,18
30 % CaCO ₃ + 5 % БЦ	95,55	-0,07	4,51	69,52
50 % CaCO ₃ + 3 % БЦ	95,18	-0,37	4,66	68,82
50 % CaCO ₃ + 5 % БЦ	95,125	-0,245	4,43	70,25
30 % CaCO ₃ + 5 кг/т Неофикс	94,79	-0,33	4,90	64,74
50 % CaCO ₃ + 5 кг/т Неофикс	95,26	-0,43	3,91	66,46

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что при увеличении расхода БЦ от 3 % до 5 % от массы а.с.в., белизна бумаги увеличивается, что можно объяснить более высоким удержанием наполнителя при большем добавлении БЦ.

Отрицательное значение показателя a^* свидетельствует о зеленом оттенке, а положительное значение показателя b^* свидетельствует о желтом оттенке.

Библиографический список

1. Trache D, Tarchoun AF, Derradji M, Hamidon TS, Masruchin N, Brosse N and Hussin MH (2020) Nanocellulose: From Fundamentals to Advanced Applications.
2. Зарубина А. Н., Иванкин А. Н., Кулезнев А. С., Кочетков В. А. Целлюлоза и наноцеллюлоза. Обзор // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2019. Т. 23. № 5. С. 116-125. DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-116-125.
3. Бактериальная целлюлоза [Электронный ресурс]. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/334476681.pdf>. (дата обращения: 20.02.2022).
4. Махотина, Л. Г. Технология целлюлозных композиционных материалов. Современные тенденции в технологии мелованных видов бумаги и картона: учебное пособие / Л. Г. Махотина. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 76 с. ISBN 978-5-91646-234-0.

**ПРИСОЕДИНЕНИЕ МЕРКАПТОУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ К СВЯЗИ C=N
КАК НОВЫЙ МЕТОД ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИИ БИСАЗОМЕТИНОВ**

Дюняшева Э. Э., Мирошниченко Е. А., Алексеев Д. А., Мухина Ю. В., Александрова Е. А.,
Тришин Ю. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: elinadyunyasheva@gmail.com

**ADDITION OF MERCAPTOACETIC ACID TO THE C=N BOND AS A NEW
METHOD FOR FUNCTIONALIZATION OF BISAZOMETHINES**

Dyunyasheva E. E., Miroshnichenko E. A., Alekseev D. A., Mukhina Yu. V.,
Aleksandrova E. A., Trishin Yu. G.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Для повышения комплексообразующих свойств и биологической активности бисазометинов осуществлена реакция циклоприсоединения меркаптоуксусной (тиогликолевой) кислоты по связям C=N, приводящая к образованию гетероциклов – тиазолидин-4-онов.

Ключевые слова: основания Шиффа, бисазометины, тиогликолевая кислота, 1,3-тиазолидин-4-он.

Гетероциклические соединения, содержащие в своем составе различные полидентатные атомы, демонстрируют высокую биологическую активность, благодаря чему нашли широкое применение в медицине. Пятичленный гетероцикл тиазолидин-4-он, в состав цикла которого входит атом серы и амидная связь N-C(O), является важным фармакофорным фрагментом многих антибактериальных, противомикробных, противосудорожных, противотуберкулезных, пестицидных и других биологически активных субстанций. Кроме того, такие соединения нашли применение в качестве ингибиторов коррозии, например, в области нефтедобывающей промышленности [1-3].

Одним из наиболее простых и удобных методов получения производных 1,3-тиазолидин-4-она является реакция циклоприсоединения тиогликолевой кислоты по связи C=N оснований Шиффа. Последние известны как комплексообразующие агенты, катализаторы химических реакций и обладают сами по себе высокой биологической активностью, например, противогрибковой, противовоспалительной и противомаларийной. Кроме того, азометины представляют важный класс лигандов в координационной химии, поскольку способны легко образовывать стабильные комплексы и обеспечивают идеальное хелатообразование с лигандами, имеющими в своем составе различные гибкие донорные участки [4]. Таким образом, превращением связей C=N в тиазолидиноновый цикл может быть достигнуто более глубокое изменение свойств исходных соединений.

На кафедре органической химии СПбГУПТД систематически исследуются азометины как структурные фрагменты супрамолекулярных макроциклических систем. В частности, синтезирована представительная серия линейных бисазометинов **1-5**, содержащих различное количество полидентатных атомов, а также ароматических и эфирных спейсеров. Эти азометины использованы нами в данной работе в качестве исходных веществ для введения тиазолидиноновых циклов в их состав (рис.).

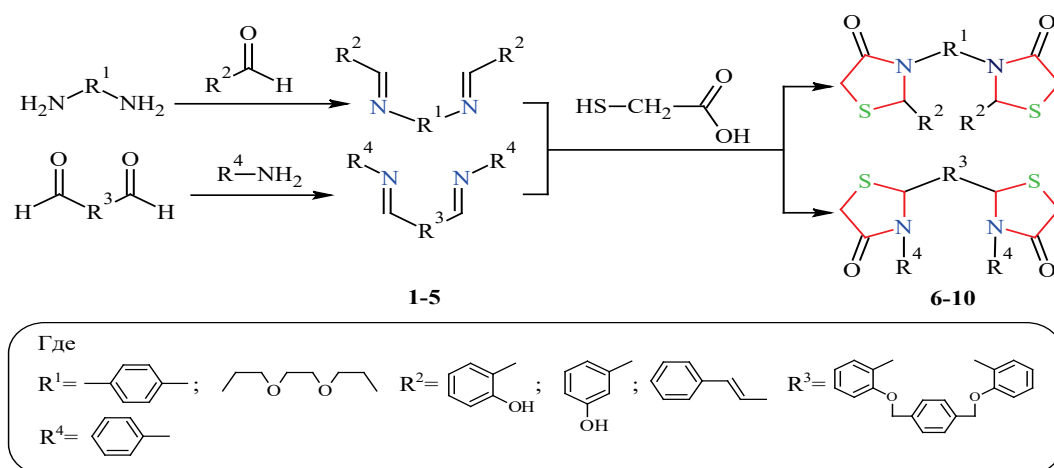


Рисунок – Общая схема получения бисазометинов 1-5 и их производных 1,3-тиазолидин-4-онов 6-10

Модификацию бисазометинов **1-5** осуществляли путем циклоприсоединения меркаптоуксусной кислоты в бензоле или ТГФ при 70-80 °С в течение 20-40 часов. Состав и строение ранее не описанных в литературе бисазометинов **1-5** и их 1,3-тиазолидин-4-оновых производных **6-10** подтверждены данными масс-спектрометрии, ИК и ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{13}C DEPT спектроскопии. Отнесение сигналов в спектрах ЯМР уточнено с помощью двумерных гетерокорреляционных ^1H - ^{13}C HMQC, HMBC и гомокорреляционного ^1H - ^1H COSY экспериментов.

Бис-1,3-тиазолидин-4-оны **6-10** могут демонстрировать, по сравнению с исходными соединениями, повышенную биологическую активность и особые комплексообразующие свойства. Они могут быть также подвергнуты дальнейшей модификации с целью образования макроциклических структур, обладающих, в отличие от линейных аналогов, повышенной стабильностью, высокой термической прочностью, инертностью к действию различных кислот и щелочей и найти применение в качестве радиофармацевтических препаратов, ионофоров, катализаторов химических реакций и различных биохимических, аналитических и антимикробных агентов аналогично подобным соединениям [5, 6].

Библиографический список

1. Raju, K. R. Synthesis and Antimicrobial Activity of Novel Heterocycles Containing Thiazolidinone and 1,3,4-Oxadiazole Moieties / K. R. Raju, B. S. Kumar, A. R. Guru Prasad, L. K. Ravindranath // *Journal of Clinical and Analytical Medicine*. 2017. Vol. 20. P. 1-4.
2. Ahmed A. H. Characterization, Antioxidant And Biological Activity Of 1,3- Thiazolidine-4-One Derivatives Synthesized From Azomethine Compounds / A. H. Ahmed, I. qahtanAbdalluh, R. F. Muslim // *Nat. Volatiles & Essent. Oils*. 2021. Vol. 8. P. 15373-15389.
3. Kuzmin, V. E. Analysis of the structure – anticancer activity relationship in a set of Schiff bases of macrocyclic 2,6-bis(2- and 4-formylaryloxymethyl)pyridines / V. E. Kuz'min, V. P. Lozitsky, G. L. Kamalov, R. N. Lozitskaya, A. I. Zheltvay, A. S. Fedtchouk, D. N. Kryzhanovsky // *Acta Biochimica Polonica*. 2000. Vol. 47. P. 867-875
4. Al-Zoubi, W. Synthesis, characterization, and biological activity of Schiff bases metal complexes / W. Al-Zoubi, A. A. Al-Hamdani, A. A. Ahmed, S. D. Ko // *Journal of Physical Organic Chemistry*. V. 31. P. 3752.
5. Lindoy, L. F. Metals, macrocycles and molecular assemblies – macrocyclic complexes in metallo-supramolecular chemistry / L. F. Lindoy, K.-M. Park, S.S. Lee // *Chem. Soc. Rev.* 2013. V. 42. P. 1713-1727.
6. Eissa, H. H. Synthesis, Characterization and Antibacterial Activity of Macrocyclic Schiff Bases Based on 1,3-Dicarbonyl Phenyl Dihydrazide, 1,4-Dicarbonyl Phenyl Dihydrazide / H. H. Eissa // *J. Org. Chem. Curr. Res.* 2013. V. 2. № 3. P. 1-8.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЗАМЕЩЕННОГО 1,4,8,11-ТЕТРААЗАЦИКЛОТЕТРАДЕКА-4,11-ДИЕНА С ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫМИ БЕНЗАЛЬДЕГИДА

Иванова А. А.¹, Красильникова-Минчук Д. А.², Анисимова Н. А.^{1,2}

¹*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

²*Санкт-Петербург РГПУ им. А. И. Герцена*
e-mail: ivanova.qwertyp12@yandex.ru

INTERACTION OF SUBSTITUTED 1,4,8,11-TETRAAZACYCLOTETRADEC-4,11-DIENE WITH HYDROXY DERIVATIVES OF BENZALDEHYDE

Ivanova A. A.¹, Krasilnikova-Minchuk D. A.², Anisimova N. A.^{1,2}

¹*St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design*

²*Herzen State Pedagogical University of Russia*

Взаимодействием 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазациклооктадека-4,11-диена с производными бензальдегида получены продукты кротоновой конденсации и ароматические спирты. Их строение охарактеризовано методами ИК, ЯМР ¹H, ¹³C спектроскопии с привлечением двумерных экспериментов ¹H-¹³C HMQC, HMBC, ¹H-¹H COSY.

Ключевые слова: азамакроциклические соединения, производные бензальдегида, ароматические спирты, альдольно-кротоновая конденсация.

Азамакроциклические соединения являются важнейшими объектами химии гетероциклических соединений и в последнее время привлекают к себе пристальное внимание ученых, что связано с их распространением в природе (порфирины, коррины), а также широким спектром их практически значимых свойств. Они находят применение в различных областях жизнедеятельности: электрохимии, катализе окислительно-восстановительных реакций, электронике, моделировании биохимических процессов, экстракции благородных металлов и других областях [1, 2].

Ранее установлено, что исследуемый нами 14-членный азамакроцикл способен выступать в качестве метиленовой компоненты в альдольно-кротоновой конденсации с карбонильными соединениями [3, 4]. С целью продолжения изучения синтетического потенциала этой реакции нами был расширен ряд используемых карбонильных компонент. В качестве последних использовали производные бензальдегида, содержащие электронодонорные заместители – *о*-, *м*-, *п*-гидрокси- и *п*-оксиметилбензальдегиды.

В результате проведенных экспериментов показано, что 14-членный азамакроцикл реагировал с указанными производными бензальдегида при комнатной температуре в растворе метанола. Взаимодействие осуществлялось через переходное состояние – дианион, который далее в зависимости от природы заместителя в бензольном кольце реагировал по двум конкурирующим направлениям (I и II). *м*-Гидрокси- и *п*-метоксибензальдегиды реагировали с образованием продуктов обоих направлений – альдольно-кротоновой конденсации (1, 2, 4, 5) и соответствующих производных бензилового спирта (3, 6); *о*- и *п*-гидроксибензальдегиды давали только продукты направления II (7-10) (рис. 1).

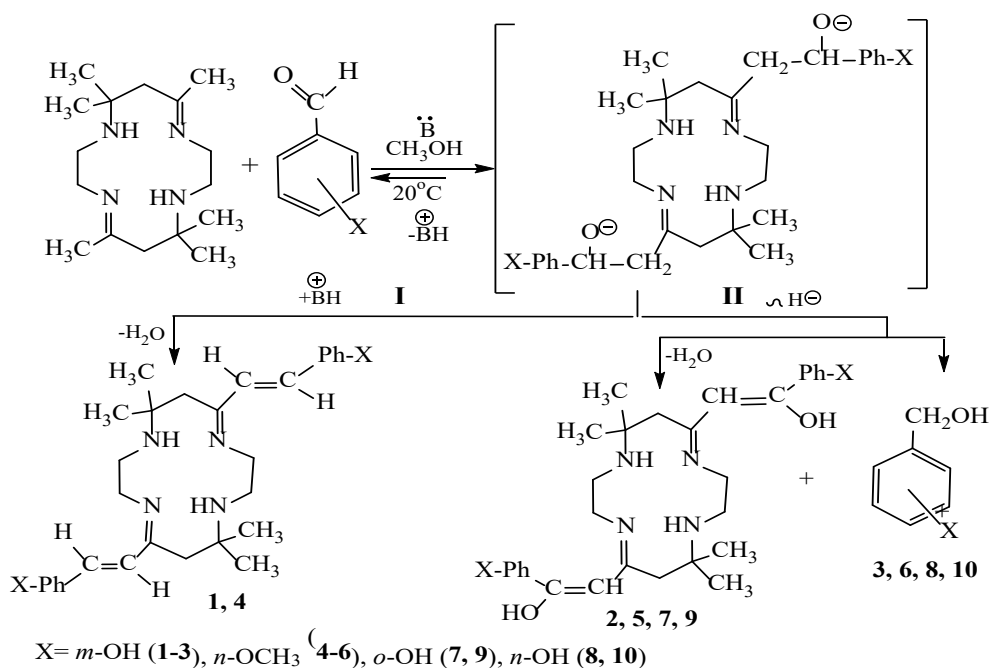


Рисунок 1 – Схема реакции 14-членного азамacroцикла с производными бензальдегида

Строение впервые полученных соединений (1, 4) установлено с использованием спектральных параметров: ИК, ЯМР¹ спектроскопии с привлечением гетероядерных экспериментов ЯМР ¹H-¹³C HMQC, HMBC, ¹H-¹H COSY. Продукты (2, 5, 7, 9) оказались неустойчивыми и зафиксированы спектрально в смеси с соответствующими ароматическими спиртами. Ароматические спирты (8, 10) выделены в индивидуальном виде. Каждый из трех типов продуктов имеет свои характерные спектральные критерии. Так, в спектрах ЯМР ¹H соединений (1, 4) олефиновые протоны резонируют в виде дублетов в области 6.75-7.00 м.д. с вицинальной константой 16.45-16.51 Гц (рис. 2).

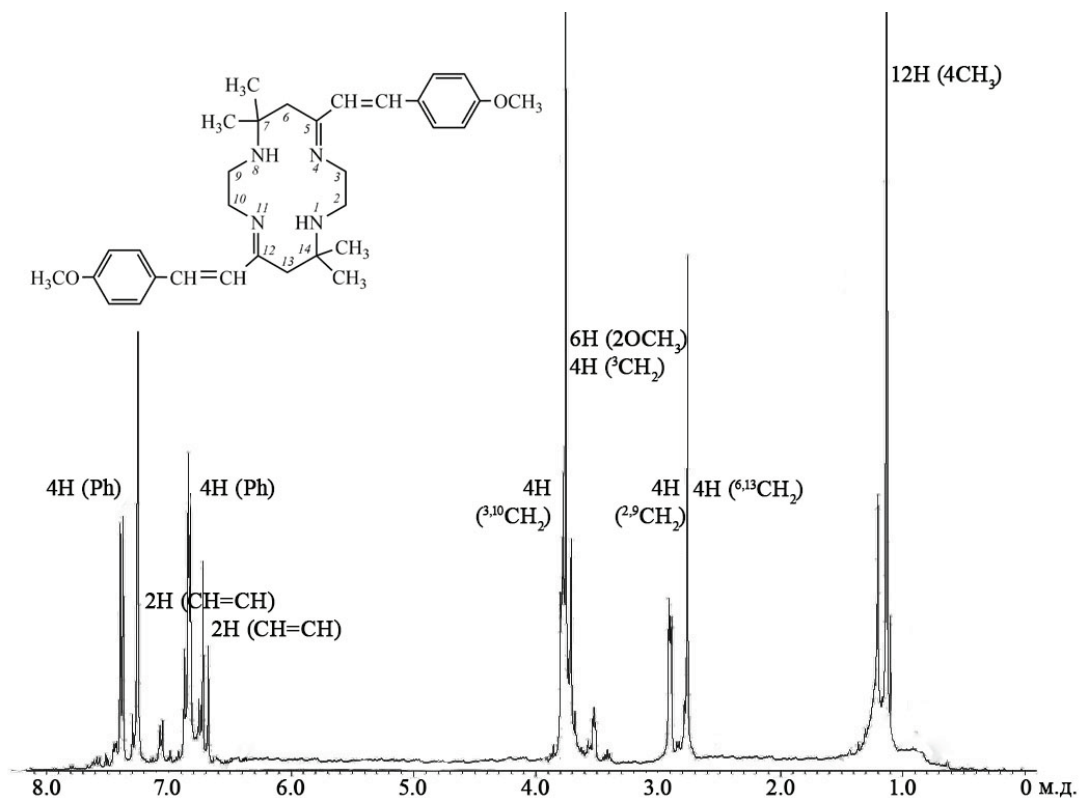


Рисунок 2 – Спектр ЯМР ¹H продукта альдольно-кroтоновой конденсации 4 в CDCl₃

В соединениях (2, 5, 7, 9) единственный олефиновый протон проявляется в виде синглета в диапазоне 6.00-6.50 м.д.

Физико-химические параметры бензиловых спиртов совпадают с таковыми, приведенными в литературе [5].

Библиографический список

1. Yudin A.K. // Chemical Science. 2015. № 6. P. 30-49.
2. Яцимирский, К. Б. Синтез макроциклических соединений / К. Б. Яцимирский, В. В. Павлищук, Г. Г. Таланова. – Киев: Изд-во Наук. думка, 1987. – 280 с.
3. Taraszewska, J. // Electrochimica Acta. 2008. V. 53, № 9. P. 3531-3538.
4. Chmielewski M. J., Jurczak J. // Chemistry—A European Journal. 2005. V. 11, № 20. P. 6080-6094.
5. Потехин, А. А. Свойства органических соединений. Справочник / М. А. Кузнецова, Р. Л. Плечко, А. А. Потехин, В. П. Семенов, Б. В. Столяров. – Л.: Химия, 1984. – 520 с.

АКРИЛАТЫ ГИДРОКСИЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Кириллук Т. А., Петрова Ю. А., Евдокимов А. Н., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: tamarakir2014@yandex.ru

HYDROXYETHYL CELLULOSE AND CARBOXYMETHYL CELLULOSE ACRYLATES

Kirilyuk T. A., Petrova Yu. A., Evdokimov A. N., Lipin V. A.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Синтезированы акрилаты гидроксиэтилцеллюлозы и карбоксиметилцеллюлозы без использования иницирующей системы. ИК-спектральным методом установлено наличие двойной и сложноэфирной связи в синтезируемых полимерах. Показано, что полученные акрилаты не растворимы в воде и органических растворителях. Доказаны сорбционные свойства акриловых производных целлюлозы по отношению к ионам Cu^{2+} .

Ключевые слова: акриловая кислота, гидроксиэтилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, акрилаты, сложный эфир целлюлозы.

Модификация целлюлозы и ее производных является важным инструментом для создания новых материалов с улучшенными свойствами и расширением области их применения [1]. Наиболее перспективными производными целлюлозы являются карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и гидроксиэтилцеллюлоза (ГЭЦ). Промышленное использование ГЭЦ и КМЦ может быть расширено за счет прививки мономеров, имеющих двойные связи или различные функциональные группы [2, 3]. Производные акрилатов целлюлозы нашли применение в качестве оболочки лекарственных средств, а также в качестве покрытий в строительной, электронной и других видов промышленности [1].

Целью работы является получение акрилатов гидроксиэтилцеллюлозы и карбоксиметилцеллюлозы без использования иницирующей системы. Для получения привитого полимера на основе акриловой кислоты и гидроксиэтилцеллюлозы или карбоксиметилцеллюлозы использовали хлорангидрид акриловой кислоты (ХАК), обладающий высокой химической активностью [1]. Сложные эфиры акриловой кислоты получали из гидроксиэтилцеллюлозы или карбоксиметилцеллюлозы и хлорангидрида акриловой кислоты при повышенных температурах с последующей промывкой и сушкой конечного продукта.

Наличие полос валентных колебаний двойных связей в диапазоне $1640\text{--}1680\text{ см}^{-1}$ у акрилата на основе ГЭЦ и в диапазоне $1590\text{--}1620\text{ см}^{-1}$ у акрилата на основе КМЦ и присутствие полосы поглощения связи $\text{C}=\text{O}$ в диапазоне $1200\text{--}1300\text{ см}^{-1}$ свидетельствует о присоединении акриловой кислоты к ГЭЦ и КМЦ без разрыва связи $\text{C}=\text{C}$.

В результате исследования растворимости полученных акрилатов в различных растворителях была установлена высокая устойчивость вне зависимости от их природы, времени растворения и температуры. Низкая растворимость полученных сложных эфиров в различных растворителях может быть связана с увеличением размера молекул полимера, за счет чего уменьшается интенсивность межмолекулярного взаимодействия, понижается его гидрофильность [3].

Исследование сорбционной способности синтезируемых сложных эфиров по отношению к ионам Cu^{2+} проводили элементным анализом. Анализ элементного состава показал, что в случае акрилата КМЦ количество меди составила 0,84 %, а в случае акрилата

ГЭЦ количество меди составило 0,32 %, что может быть обусловлено как хемосорбцией, так и физической сорбцией Cu^{2+} (табл.).

Таблица – Содержание меди в синтезируемых образцах

Продукт	Мг/кг
ГЭЦ	3250
КМЦ	8430

В результате выполненной работы показана возможность синтеза акрилата КМЦ и ГЭЦ без инициатора. Полученные полимеры проявляют высокую устойчивость к действию органических растворителей и хорошую сорбционную способность по отношению к ионам Cu^{2+} .

Библиографический список

1. Briede S., Barkane A., Jurinovs M., Thakur V.K., Gaidukovs S., Acrylation of biomass: A review of synthesis process: Know-how and future application directions // Curr. Opin. Green Sustain. Chem. 2022. Vol. 40. P. 1582–1595.
2. Noreen A., Mahmood Z.K., Tabasum S., Khalid S., Shareef R. A review on grafting of hydroxyethylcellulose for versatile applications // Int. J. Biol. Macromol. 2020. Vol. 150. P. 289-303.
3. Pinto E., Aggrey W.N., Boakye P., Amenuvor G., Sokama-Neuyam Y.A., Michael Fokuo K., Karimaie H., Sarkodie K., Adenutsi C.D., Erzuah S., Rockson M. Cellulose processing from biomass and its derivatization into carboxymethylcellulose: A review // Scientific African. 2022. Vol. 15. P. 1-6.

МОДИФИКАЦИЯ КРАХМАЛА В СРЕДЕ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ

Князева А. Г., Нурсафин М. М., Пошвина Т. А., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: gesapegasova@mail.ru

MODIFICATION OF STARCH IN AN IONIC LIQUID MEDIUM

Knyazeva A. G., Nursafin M. M., Poshvina T. A., Lipin V. A.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данном исследовании нативный картофельный крахмал этерифицировали олеиновой кислотой, используя 1-аллил-3-метилимидазолий хлорид и 1-этил-3-метилимидазолий ацетат в качестве реакционной среды и липазу в качестве катализатора. Степень замещения продуктов определяли объемным методом. Продукт с самой высокой степенью был получен с помощью реакции этерификации, проводимой в среде 1-аллил-3-метилимидазолий хлорида при 80 °С в течение 3 ч. Инфракрасный анализ подтвердил этерификацию картофельного крахмала.

Ключевые слова: ионная жидкость, этерификация, крахмал, 1-аллил-3-метилимидазолий хлорид, 1-этил-2-метилимидазолий ацетат.

Создание отечественных, оригинальных и высокоэффективных технологий получения модифицированных крахмалов является актуальной проблемой для науки и производств. Известные способы модификации крахмала дорогостоящие, требуют предварительной обработки полимера и малоэффективны, при этом используются токсичные, летучие, легковоспламеняемые растворители, которые могут быть источником загрязнения окружающей среды. Поэтому стал актуальным поиск «зеленого», экологически чистого растворителя, который можно использовать для этерификации полимеров [1, 2].

Целью исследования является оптимизация условий получения функциональных материалов на основе крахмала путем биокаталитической этерификации ненасыщенными жирными кислотами в ионной жидкости и упрощение процесса за счет использования одной и той же ионной жидкости как для предварительной желатинизации крахмала, так и для получения олеатов крахмала.

Для получения ИЖ 1-метилимидазол смешивали с анионом (этилацетат или аллилхлорид) аниона в эквимольном соотношении 1:1 в среде изопропилового спирта. После смешивания компонентов смесь настаивали 3-4 дня при комнатной температуре, после чего изопропиловый спирт отгоняли простой перегонкой [3].

Качественный анализ полученных ионных жидкостей проводили методом ИК-спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре ФСМ-2201. В спектре ионной жидкости 1-аллил-3-метилимидазолий хлорид (АБМХ) присутствуют полосы поглощения C=C (3100–3010 см⁻¹) и C–C (3100–2900 см⁻¹) аллильной части ионной жидкости, а также полосы поглощения N=C ароматического гетероцикла (1690–1520 см⁻¹). Галогениды в диапазоне менее 1000 см⁻¹. В инфракрасном спектре 1-этил-3-метилимидазолий ацетата лежат полосы поглощения O–H (3750–3300 см⁻¹), C–H (3200–2785 см⁻¹) соответствующие ацетатной части ионной жидкости.

Ионную жидкость нагревали над водяной баней, температура воды составляла 95 °С и при постоянном перемешивании постепенно вводили крахмал. В течение часа крахмал полностью растворялся в ионной жидкости. Температуру в водяной бане снижали до 70 °С, вводили липазу, как инициатор реакции, и олеиновую кислоту, температура реакционной смеси составляла 55–65 °С, перемешивали в течение 3 часов. В результате выпадал вязко-текучий осадок, который отделяли фильтрованием, промывали этиловым спиртом и

высушивали при комнатной температуре. Сухой осадок повторно промывали 2-3 раза спиртом для удаления побочных продуктов, ионной жидкости и исходных реагентов. В сухом осадке определяли содержание сложных эфиров жирных кислот методом титрования и на основании полученных данных определяли степень замещения гидроксильных групп на ацильные группы [4]. В результате было установлено, что при повышении температуры и увеличении времени реакции этерификации уменьшается значение степени замещения гидроксильных групп на ацильные группы. Это может быть связано с влиянием реакционной среды на фермент. Более длительное время реакции приводит к образованию большего количества воды как побочного продукта этерификации. Увеличение содержания воды может затем вызвать изменение pH реакционной системы и стимулировать гидролитические реакции.

Кроме того, повышение активности воды и небольшие изменения температуры синтеза способствуют снижению каталитической активности липазы.

Качественный анализ полученных этерифицированных крахмалов проводили методом ИК-спектроскопии. В спектре натронного картофельного крахмала присутствует широкая полоса в диапазоне $970-1300\text{ см}^{-1}$, что можно отнести к колебаниям связи C–O, которые являются наиболее характерными для полисахаридов. Полосы валентных колебаний в диапазоне $3000-3600\text{ см}^{-1}$ могут быть отнесены к колебаниям связи –OH. В олеате крахмала (со степенью замещения 0,59) интенсивность полосы поглощения 3600 см^{-1} уменьшается, что связано с уменьшением количества гидроксильных групп, которые были преобразованы в сложноэфирные группы. Кроме того, в ИК-спектре олеата крахмала присутствует полоса поглощения 1715 см^{-1} , ее появление может объясняться наличием карбонильных групп в сложном эфире, что подтверждает этерификацию крахмала олеиновой кислотой [5].

В ИК-спектрах крахмала этерифицированного олеиновой кислотой в среде ионной жидкости 1-этил-2-метилимидазолий ацетате доказательства этерификации не были найдены.

В ходе работы были получены две ионные жидкости: 1-аллил-3-метилимидазолий хлорид и 1-этил-2-метилимидазолий ацетат. Проведена биокаталитическая этерификация ненасыщенными жирными кислотами в ионной жидкости 1-аллил-3-метилимидазолий хлориде. Измерена степень замещения сложных эфиров крахмала. Было установлено, что при повышении температуры и времени реакции этерификации значение степени замещения уменьшается. Наивысшая степень замещения была обнаружена в продукте реакции, проведенной при $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 3 ч. Таким образом, была получена более простая и эффективная технология получения олеата крахмала.

Библиографический список

1. Deetlefs M., Faselow M., Seddon K.R. Ionic liquids: the view from mount improbable. // RSC Advances. 2016. No.6. P. 4280-4288.
2. Асланов Л. А., Захаров М. А., Абрамычева Н. Л. Ионные жидкости в ряду растворителей. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 272 с.
3. Cabaço I.M., Besnard M., Danten Y., Coutinho J.A.P. Carbon dioxide in 1-butyl-3-methylimidazolium acetate. Unusual solubility investigated by Raman spectroscopy and DFT calculations. // Physical chemistry. 2012. No. 116. P. 1605-1620.
4. Arkadiusz Z., Sylwia P., Przemyslaw S., Janusz K. Esterification of potato starch by a biocatalysed reaction in an ionic liquid // Carbohydrate Polymers. 2016. No.137. P. 657-663.
5. Ganske F., Bornscheuer U.T. Enhanced enantioselectivity of lipase from *Pseudomonas* sp. at high temperatures and fixed water activity in the ionic liquid, 1-butyl-3-methylimidazolium bis[(trifluoromethyl)sulfonyl]amide. // Biotechnology Letters. 2002. No. 24. P. 763-767.

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 5,7,7,12,14,14-ГЕКСАМЕТИЛ-1,4,8,11-
ТЕТРААЗАЦИКЛОТЕТРАДЕКА-4,11-ДИЕНА С *n*-ФТОР(БРОМ)-
И *n*-НИТРОБЕНЗАЛЬДЕГИДАМИ**

Коновалова П. Р.¹, Мелькова Д. А.^{1,2}, Анисимова Н. А.^{1,2}

¹*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

²*РГПУ им. А. И. Герцена*

e-mail: polya.konovalova.02@mail.ru

**INTERACTION OF 5,7,7,12,14,14-HEXAMETHYL-1,4,8,11-
TETRAAZACYCLOTETRADECA-4,11-DIENE WITH P-FLUORINE(BROMINE)-AND
P-NITROBENZALDEHYDES**

Konovalova P. R.¹, Melkova D. A.^{1,2}, Anisimova N. A.^{1,2}

¹*St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design*

²*Herzen State Pedagogical University of Russia*

*Взаимодействием 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазациклооктадека-4,11-диена с *n*-фтор(бром)- и *n*-нитропроизводными бензальдегида получены продукты кротоновой конденсации и ароматические спирты. Их строение охарактеризовано методами ИК, ЯМР ¹H, ¹³C спектроскопии с привлечением двумерных экспериментов ¹H-¹³C HMQC, HMBC, ¹H-¹H COSY.*

Ключевые слова: азамакроциклические соединения, альдольно-кротоновая конденсация, производные бензальдегида, ароматические спирты.

Интерес к азамакроциклическим соединениям обусловлен их распространением в природе и возможностью использования в качестве структурной основы практически значимых соединений [1, 2], а также новых БАВ и лекарственных средств. Так, на основе 14-членных азамакроциклов разработан ряд лекарственных препаратов, таких как флуконазол, цефаклор, плериксафор и его производные [3, 4]. Вещества, полученные на основе азамакроциклических соединений, могут использоваться для диагностики и терапии онкологических заболеваний [5].

С целью изучения свойств азамакроциклических соединений нами осуществлено взаимодействие 14-членного азамакроцикла с бензальдегидом и его *n*-фтор(бром)- и *n*-нитропроизводными. Показано, что во всех случаях реакции осуществлялись в растворе метанола (20 °С, 24 ч) и сопровождались образованием продуктов типа альдольно-кротоновой конденсации (1-4). Однако, наряду с последними, выделены в индивидуальном виде соответствующие *n*-производные бензилового спирта. Для объяснения неожиданного образования последних нами предложена общая схема реакции (рис.). На первой стадии исходный азамакроцикл под действием основания (роль основания выполняет сам азамакроцикл) и *n*-производного бензальдегида дает дианион, который далее реагирует с первоначально образовавшимся протонированным основанием ⁺ВН (путь А) или с присутствующим в реакционной смеси *n*-замещенным бензальдегидом (путь В). В первом случае образуются целевые продукты кротоновой конденсации (1-4), а во втором – циклические продукты (5-7) и соответствующие *n*-производные ароматических спиртов (8-10).

Следует отметить, что в случае использования бензальдегида и его *n*-фтор(бром)производных преимущественным оказалось направление (А), а в случае *n*-нитробензальдегида направление (В).

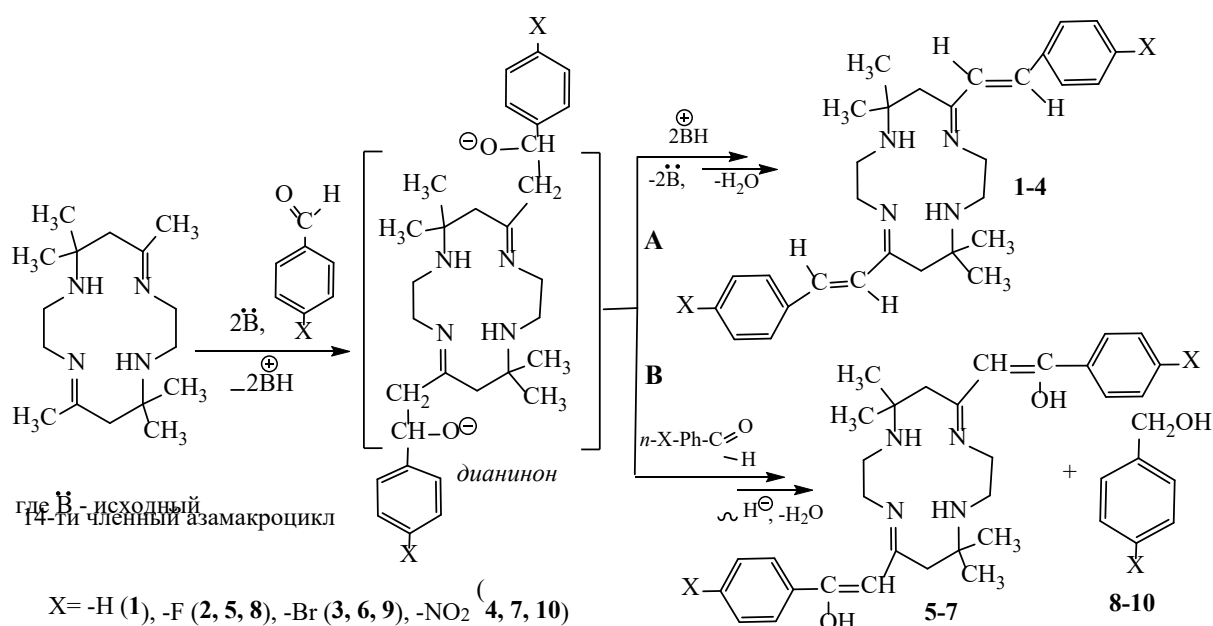


Рисунок – Взаимодействие азамacroцикла с *p*-фтор(бром)- и *p*-нитробензальдегидами

Об образовании вышеперечисленных продуктов судили по данным спектроскопии ЯМР¹H. Так, в спектрах соединений (1-4) характерным аналитическим критерием являются сигналы винилового фрагмента в диапазоне 6.70-7.20 м.д. с *транс*-константой 16.45-16.48 Гц; для соединений (5-7) – сигнал олефинового протона в виде синглета при 6.55-6.78 м.д. Физико-химические параметры *p*-производных бензильного спирта (8-10) совпадают с литературными данными.

Таким образом, нами показано, что сам бензальдегид и его *p*-производные, содержащие электроноакцепторные заместители, обладающие +M, -J эффектами, способствуют преимущественно протеканию альдольно-кетоновой конденсации по пути А; нитрогруппа, обладающая -M, -J эффектами, способствовала второму направлению В, о чем свидетельствует высокий выход (до 70 %) *p*-нитробензильного спирта.

Библиографический список

1. Yudin A.K. Macrocycles: lessons from the distant past, recent developments, and future directions // Chem. Sci. 2015. No 6. P. 30-49.
2. Яцимирский, К. Б. Синтез макроциклических соединений / К. Б. Яцимирский, В. В. Павлищук, Г. Г. Таланова. – Киев: Изд-во Наук. думка, 1987. – 280 с.
3. Ратманова Н. К., Андреев И. А., Трушков И. В. Методы синтеза иммуностимулирующего препарата плериксафор // Химия гетероциклических соединений. – 2020. – № 56 (1). – С. 30-35.
4. Конорев, М. Р. Клиническая фармакология / М. Р. Конорев, Н. Г. Гурин, О. В. Курлюк, О. П. Дорожкина. – Витебск: ВГМУ, 2012. – 235 с.
5. Mewis R. E., Archibald S. J. Biomedical applications of macrocyclic ligand complexes // Coordination Chemistry Reviews. 2010. V. 254, No 15-16. P. 1686-1712.

**СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЦЕННОГО КОМПОНЕНТА
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ ЗОЛОТА
ИЗ ЦИАНИДНЫХ ПУЛЬП**

Копылова А. Е.¹, Ибрагимова Р. И.¹, Пеганова Н. В.^{1,2}

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна

²АО «РНЦ «Прикладная химия (ГИПХ)»»
e-mail: stasik.chazkiy1203@gmail.com

**REDUCING LOSS OF THE ESSENTIAL COMPONENT AND RESOURCE
SAVING WHEN EXTRACTING GOLD FROM CYANIDPULPS**

Kopylova A. E.¹, Ibragimova R. I.¹, Peganova N. V.^{1,2}

¹ St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

²FSUE «RRC «Applied Chemistry» (GIPH)

Снижение потерь ценного компонента при оптимизации технологических процессов возможно, для этого необходимо построение математической модели процесса адсорбции и его масштабирование. Эксперимент показал, что при этом необходимо учитывать коэффициент пленочной диффузии, который прямо пропорционален скорости вращения рабочего колеса мешалки, зависит от диаметра аппарата и диаметра лопастей мешалки.

Ключевые слова: пленочная диффузия, моделирование адсорбции, выщелачивание, цианидный комплекс золота, коэффициент диффузии.

Сегодня основным способом золотодобычи является цианидное выщелачивание, осуществляемое в технологиях «Уголь-в-пульпе» (CIP) или «Уголь-в-выщелачивании» (CIL) [1, 2].

С точки зрения негативного влияния на окружающую среду, это производство связано с химическим воздействием цианидов, являющихся ядами, неэффективным использованием природных и других ресурсов, потерями ценного компонента ввиду несовершенств применяемой аппаратуры и технологий. Для того чтобы снизить потери ценного компонента, нужно в том числе оптимизировать технологический процесс. Однако проведение полномасштабных экспериментов на производственных мощностях затруднено, а при проведении исследований на лабораторных установках одной из возникающих проблем является проблема масштабирования, т. е. при переходе от лабораторных установок “in vitro” к реальным промышленным объемам и материалам “in situ”, разработанные на основе опытов модели недостаточно хорошо работают, что затрудняет осуществление оптимизации производственного процесса.

Понятно, что рациональное использование природных ресурсов и химических реагентов, а также низкие потери ценных компонентов в процессах CIP и CIL могут быть достигнуты в том случае, если эти процессы будут оптимизированы. Оптимизировать процесс можно только путем построения математической модели [3]. Так как процесс довольно сложный, то целесообразно разбить его на этапы. Первым этапом необходимо изучить зависимость скорости адсорбции цианидных комплексов золота от параметров аппаратов и перемешивающих устройств, в которых этот процесс происходит.

Сам процесс адсорбции характеризуется следующими стадиями: пленочная, внутричастичная и поверхностная диффузии и адсорбция на внутренней поверхности адсорбента.

Согласно [4], лимитирующей стадией процесса адсорбции является именно пленочная диффузия.

Уравнение (1) позволяет определить коэффициент пленочного массопереноса k_f :

$$\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -k_f \beta t, \quad (1)$$

где C – концентрация золота в растворе в момент времени t , г/л; C_0 – начальная концентрация золота в растворе, г/л; t – время, с;

$$\beta = 6 \frac{M_A}{\rho_c \cdot d \cdot V}, \quad (2)$$

где M_A – масса адсорбента в реакторе, г; ρ_c – плотность сухого адсорбента, кг/м³; d – диаметр гранул адсорбента, м; V – объем реактора, л.

Установлено, что коэффициент пленочного массопереноса k_f прямо пропорционален интенсивности перемешивания [3]. Это связано отчасти с тем, что увеличение интенсивности перемешивания в адсорбционных системах приводит к уменьшению толщины пленки, через которую осуществляется массоперенос, отчасти с более равномерным при этом распределением адсорбента в объеме сосуда. Однако при переходе от лабораторной установки к реальному процессу эффективная интенсивность перемешивания уменьшается, вследствие чего происходит уменьшение коэффициента пленочной диффузии.

Ключевым фактором, различающимся в промышленном аппарате и лабораторной установке, является природа пленки, через которую осуществляется массоперенос. Влияние на этот фактор оказывает гидродинамика системы, которая проявляется в скорости скольжения угля в растворе, размере и природе вихрей в пульпе. Все это определяется такими параметрами, как размер и частота вращения рабочей оси мешалки, а также геометрия лопастей и всей системы смешивания. Однако сложно количественно оценить влияние всех перечисленных факторов на гидродинамику системы и, как следствие – на коэффициент массопереноса комплексов золота в пленке. Поэтому экспериментально оценим зависимость коэффициента пленочного массопереноса от диаметра лопастей мешалки, интенсивности перемешивания и диаметра аппарата. Для этого адсорбционную систему проектируем таким образом, чтобы физико-химическая среда оставалась постоянной при каждом испытании, а изменялись только форма мешалки и скорость вращения рабочей оси.

Концентрация золота в растворе составляла от 3 до 5 мг/л. Для адсорбции использовался активированный уголь, полученный из скорлупы кокосового ореха, который довольно часто применяется на золотодобывающих фабриках. Перед экспериментом уголь просеивали, отбирая для эксперимента частицы размером от 2,36 до 1,00 мм, далее, для устранения мелких частиц, промывали 5 %-ным раствором HCl и сушили при 110 °С. За день до испытаний уголь замачивался в дистиллированной воде для удаления воздуха из частиц. Концентрация угля в пульпе составляла 5 г/л.

Пульпу получали смешением осадка, отобранного фильтровальной установкой, золотоизвлекающей фабрики. Остаточная концентрация золота в осадке была незначительной по сравнению с погрешностями, возникающими в ходе эксперимента. Плотность пульпы составляла 1,45 кг/м³.

В качестве емкости смешения использовались сосуды диаметром 185, 330 и 1200 мм. Перемешивание осуществлялось лопастными мешалками. Диаметры импеллеров мешалок составляли 110, 142 и 480 мм, угол наклона лопастей 20 °, номинальная мощность 0,38 кВт. Лопасты мешалок были облицованы резиной.

Для измерения скорости вращения оси мешалки применялся ручной тахометр.

Для каждого эксперимента готовился золотосодержащий раствор в необходимом количестве и пульпа, скорость вращения рабочей оси регулировалась до желаемой, измерялась температура и отбиралась нулевая проба пульпы. Далее в пульпу помещали уголь и засекали время. Эксперимент проводили в течение 10 минут, каждые 2 минуты отбирая пробы. Далее пробы пропускали через сита с диаметром отверстий 500 мкм для отделения угля, после чего фильтровали. Концентрация золота в полученной пробе исследовалась на атомно-абсорбционном спектрометре (ААС). Коэффициент массопереноса в пленке определялся графически с использованием уравнения (1).

На рисунке 1 представлены графики зависимостей $\ln(C/C_0)=f(t)$, вычисленные по данным эксперимента, проведенного в сосуде диаметром $D = 185$ мм, с диаметром мешалки $d_m = 110$ мм. Скорость перемешивания составляла 200, 250, 300, 400 и 500 об/мин.

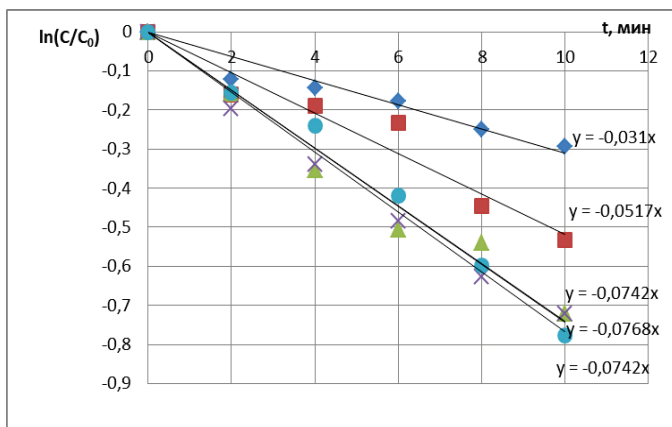


Рисунок 1 – Зависимость $\ln(C/C_0)=f(t)$ для сосуда $D = 185$ мм и $d_m = 110$ мм (ромб – 200 об/мин; квадрат – 250 об/мин; треугольник – 300 об/мин; крест – 400 об/мин; круг – 500 об/мин)

Зависимости $\ln(C/C_0)=f(t)$, вычисленные по экспериментальным данным для сосудов с $D = 330$ мм при $d_m = 142$ мм и $D = 1200$ мм при $d_m = 480$ мм, представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

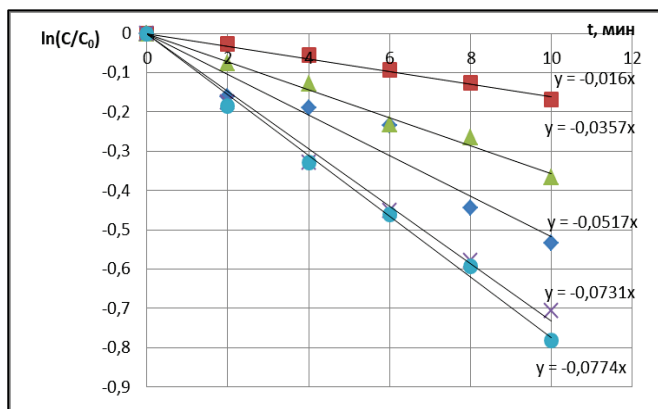


Рисунок 2 – Зависимость $\ln(C/C_0)=f(t)$ для сосуда $D = 330$ мм и $d_m = 142$ мм (ромб – 200 об/мин; квадрат – 250 об/мин; треугольник – 300 об/мин; крест – 400 об/мин; круг – 500 об/мин)

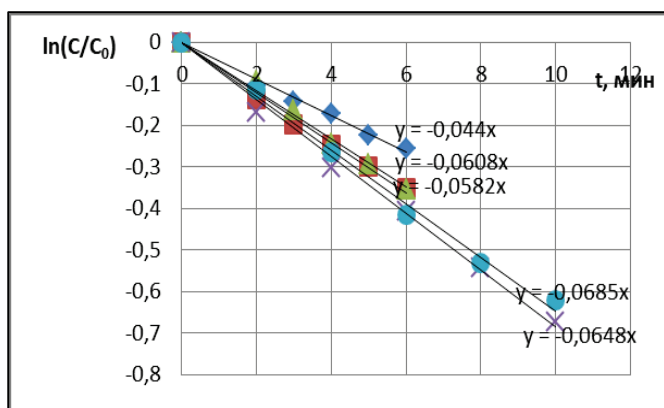


Рисунок 3 – Зависимость $\ln(C/C_0)=f(t)$ для сосуда $d = 1200$ мм и $d_m = 480$ мм (ромб – 200 об/мин; квадрат – 250 об/мин; треугольник – 300 об/мин; крест – 400 об/мин; круг – 500 об/мин)

Проведенный эксперимент позволил получить зависимость коэффициента пленочной диффузии от скорости перемешивания, которая показывает увеличение диффузии с ростом скорости. Результаты позволяют количественно оценить взаимосвязь коэффициента со скоростью вращения рабочего колеса мешалки. Далее будут проводиться эксперименты по оценке влияния средней мощности на единицу массы (Е) и гидродинамической мощности (Р) на коэффициент диффузии. Следующим шагом будет тестирование разработанных масштабируемых моделей и создание компьютерной программы.

Библиографический список

1. Арсеньев, А. В. Золото. Его нахождение в природе / А. В. Арсеньев – Москва: ЦВЕТМЕТИЗДАТ, 1932. – 56 с.: ил. – Текст: непосредственный.
2. Денисова, О. В. Разработка и практика применения новых процессов извлечения золота за рубежом / О. В. Денисова, З. А. Таужнянская. – Москва: Цветметинформация, 1976. – 26 с.: ил. – Текст: непосредственный.
3. Меретуков, М. А. Активные угли и цианистый процесс / М. А. Меретуков. – Москва: Издательский дом «Руда и Металлы», 2007. – 288 с.: ил. – Текст: непосредственный.
4. Le Roux, J. D., Bryson, A.W., Young, B. D. (1991) A Comparison of several kinetic models for the adsorption of gold cyanide. J.S. Afr. Inst. Min. Metall. South Africa, 95-103.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДИКАТИОННОЙ ИОННОЙ ЖИДКОСТИ 1,2-БИС(2,3-ДИМЕТИЛИМИДАЗОЛИЙ-ИЛ) БРОМИСТЫЙ ЭТАН

Кудрявцева Д. Н., Пошвина Т. А., Петрова Ю. А., Липин В. А.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: dashamorozova99@mail.ru

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF AQUEOUS SOLUTIONS OF DICATIONIC IONIC LIQUID 1,2-BIS(2,3-DIMETHYLIMIDAZOLIUM-YL) ETHANE BROMIDE

Kudryavtseva D. N., Poshvina T. A., Petrova Yu. A., Lipin V. A.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В работе исследовались термодинамические свойства водных растворов дикатионной ионной жидкости. Вискозиметрическим методом установлено, что вязкость водного раствора ионной жидкости увеличивается с ростом концентрации. Кондуктометрическим методом было установлено, что при увеличении концентрации и температуры электропроводность увеличивается.

Численные значения термодинамических параметров показали, что процесс ассоциации является спонтанным и имеет экзотермический характер, а наибольший вклад в процесс ассоциации вносит энтальпийный фактор.

Ключевые слова: дикатионная ионная жидкость, вязкость, электропроводность, термодинамические свойства.

В последние десятилетия ионные жидкости (ИЖ), особенно дикатионные (ДИЖ), привлекают все больше внимания благодаря своим уникальным свойствам, таким как низкая токсичность, высокая стабильность и химическая инерция. Они находят широкое применение в различных областях, включая катализ, хранение энергии, композитные материалы и др. [1].

Одним из перспективных направлений использования ДИЖ является разработка литий-ионных аккумуляторов и других электрохимических устройств, где важны их термодинамические характеристики [2].

Целью данной работы является исследование термодинамических свойств водных растворов одной из дикатионных ИЖ – 1,2-бис(2,3-диметилимидазолий-ил) бромистый этан. Изучение данных свойств позволит расширить понимание поведения ИЖ в различных условиях и их потенциального использования в различных технологических процессах.

Кроме того, исследование термодинамических характеристик дикатионных ионных жидкостей является актуальным в связи с их потенциальным применением в качестве электролитов в литий-ионных аккумуляторах и других электрохимических устройствах, а также в процессах очистки воды и газов [3, 4, 5].

Дикатионную ионную жидкость получали путем смешения дибромэтана и 1-метилимидазола в среде изопропилового спирта при температуре 25 °С. Водные растворы дикатионной ионной жидкости были исследованы вискозиметрическим и кондуктометрическим методом. Процентная концентрация $C\%$ водных растворов ионной жидкости составляла от 0,1 до 3 %. Погрешность всех измерений величин электропроводности и вязкости составляла около 2 % и 0,2 % соответственно.

Увеличение вязкости (рис. 1) свидетельствует об ассоциации, происходящей в водной системе. Повышение концентрации ионной жидкости приводит к незначительным изменениям в вязкости растворов. Вязкость исследуемых водных растворов уменьшалась с повышением температуры. Это может быть связано с тем, что при усиливающимся тепловом движении происходит уменьшение степени упорядоченности молекул, а также изменение

структуры жидкости [6]. Кроме того, повышение температуры может увеличить растворимость, что также снижает вязкость.

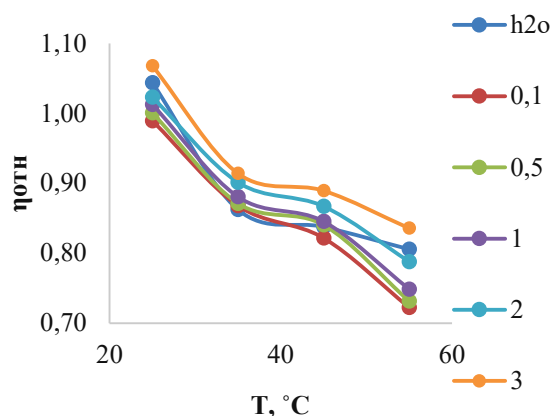


Рисунок 1 – Зависимость относительной вязкости водных систем дикатионной ионной жидкости от температуры

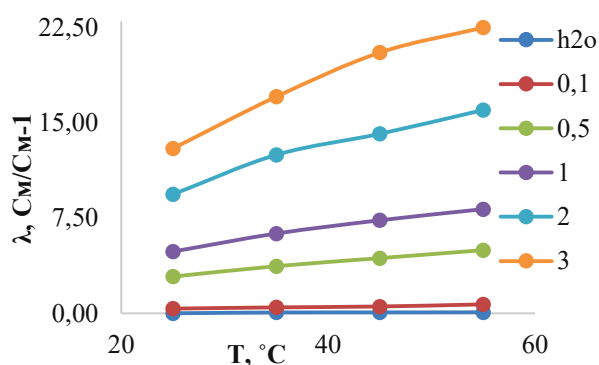


Рисунок 2 – Зависимость электропроводности водных систем ионной дикатионной жидкости от температуры

Кондуктометрическим методом были получены экспериментальные значения электропроводности дикатионной ионной жидкости при варьировании температуры от 25 °C до 55 °C, а также концентрации дикатионной ионной жидкости от 0,1 % до 3%.

С увеличением концентрации водного раствора дикатионной ионной жидкости удельная электропроводность растет, поскольку увеличивается количество ионов в растворе. Однако в связи с тем, что дикатионная ионная жидкость является сильным электролитом, концентрация 3 % не является той концентрацией, при которой электропроводность достигает максимальных значений, после которых начинает снижаться. С повышением температуры электропроводность увеличивается, так как происходит более интенсивное тепловое движение ионов в растворе [7].

Таблица – Термодинамические параметры водных растворов ионной жидкости

Система	T, °C	ΔG_a° , кДж/моль	ΔH_a° , кДж/моль	ΔS° , Дж/моль*К
C%= 0,1 %	25	-29,05	-34,64	-18,76
	35	-28,84	-22,08	21,93
	45	-29,04	-14,53	47,10
	55	-28,49	-	-
C%= 0,5 %	25	-18,74	-30,02	-37,82
	35	-18,08	-16,32	5,72
	45	-17,81	-7,58	33,23
	55	-17,61	-	-
C%= 1 %	25	-16,06	-29,46	-44,99
	35	-15,24	-15,11	0,41
	45	-14,89	-6,43	27,45
	55	-14,71	-	-
C%= 2%	25	-12,63	-31,57	-63,55

	35	-11,48	-14,88	-11,04
	45	-11,13	-7,51	11,78
	55	-10,73	-	-
C%= 3 %	25	-10,84	-33,74	-76,86
	35	-9,65	-17,32	-24,11
	45	-8,84	-5,82	9,79
	55	-8,53	-	-

При повышении температуры уменьшаются вязкость растворителя, снижается толщина гидратных оболочек ионов и межмолекулярное взаимодействие вследствие повышения кинетической энергии ионов с оболочками. Все это приводит к увеличению подвижности ионов.

На основе полученных данных электропроводности были рассчитаны термодинамические параметры, приведенные в таблице. Рассчитанные значения энергии Гиббса во всех случаях имеют отрицательное значение, что свидетельствует о спонтанности процесса взаимодействия между водным раствором ионной жидкости. Происходящее уменьшение значений энергии Гиббса может быть связано с увеличением ассоциации между молекулами дикатионной ионной жидкости и воды, которое происходит в результате сокращения расстояния между веществами [8].

Рассчитанные значения ΔH_a° , системы имеют отрицательные значения, что свидетельствует об экзотермическом характере процесса взаимодействия системы.

При повышении температуры наблюдается переход ΔS° из отрицательной области значений в положительную, что подтверждает большую упорядоченность системы, которая содержит ионы, чем систему, содержащую ионные пары. Положительное значение энтропии ассоциации может быть связано с высвобождением и переходом в раствор молекул растворителя (воды) из сольватных оболочек ИЖ [9].

Сравнивая численные значения энтальпии и энтропии, можно сделать вывод, что наибольший вклад в процесс ассоциации вносит энтальпийный фактор.

Полученные результаты исследования термодинамических параметров показали, что взаимодействие дикатионной ионной жидкости 1,2-бис(2,3-диметилимидазолий-ил) бромистый этан и воды является самопроизвольным. При этом увеличивается ассоциация между молекулами дикатионной ионной жидкости и молекулами воды. Также было установлено, что с повышением концентрации и температуры возрастает электропроводность.

Библиографический список

1. Shekaari H., Kazempour A. Solution Properties of Ternary D-Glucose + 1-Ethyl-3-methylimidazolium Ethyl Sulfate + Water Solutions at 298.15 K // J.Solution Chem. 2011. Vol. 40. Pp. 1582-1595.
2. Guglielmero L., Mezzetta A., Guazzelli L., Pomelli CS., D'Andrea F. and Chiappe C.. Systematic Synthesis and Properties Evaluation of Dicationic Ionic Liquids, and a Glance Into a Potential New Field. // Sec. Green and Sustainable Chemistry. 2018. Vol. 6. Pp. 612-615.
3. Martha Claros, Héctor R. Galleguillos, Iván Brito, and Teófilo A. Graber Thermophysical Properties of a New Dicationic Ionic Liquid. //J. Chem. Eng. 2012. Vol. 57/8. Pp. 2147-2152.
4. Dong Fang, Jinming Yang, and Changmei Jiao. Dicationic Ionic Liquids as Environmentally Benign Catalysts for Biodiesel Synthesis.// ACS Catalysis. 2011. Vol.1. Pp. 42-47.
5. Kaur, G. Diverse applications of ionic liquids: A comprehensive review / G. Kaur, H. Kumar, M. Singla // Journal of Molecular Liquids. 2022. V. 351. 118556.
6. Эрдей-Груз, Т. Явления переноса в водных растворах / Т. Эрдей-Груз. – М.: Мир, 1976 – 595 с.

7. Артемкина Ю. М., Дзюба В. Ю., Одинаев У. Н. [и др.]. Электропроводность ионных жидкостей в широком интервале температур // Электрохимия-2023: сборник тезисов докладов всероссийской конференции по электрохимии с международным участием-2023. – С. 352-353.
8. Marija Bešter-Rogač, Marina V. Fedotova, Sergey E. Kruchininb, Marco Klähn.-Mobility and association of ions in aqueous solutions: the case of imidazolium based ionic liquids. – Phys. Chem. Chem. Phys., 2016.
9. Артемкина Ю. М., Короткова Е. Н., Плешкова Н. В. [и др.] Ассоциация тригексилтетрадецилфосфоний бис {(трифторметил) сульфонил} амида в ацетонитриле по данным кондуктометрических измерений // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28, № 2 (151). – С. 100-102.

ГЛИЦИДИЛОВЫЙ ЭФИР НА ОСНОВЕ АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ГИДРОКСИЛСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ

Курасова Н. В., Петрова Ю. А., Евдокимов А. Н., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: nadya.com23@gmail.com

GLYCIDIL ETHER BASED ON ACRYLIC ACID AND HYDROXYL-CONTAINING POLYMERS

Kurasova N. V., Petrova Yu. A., Evdokimov A. N., Lipin V. A.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В работе синтезированы эфиры на основе полиглицидилакрилата и гидроксилсодержащих полимеров, таких как карбоксиметилцеллюлоза, крахмал и поливиниловый спирт. Методом ИК-спектроскопии установлено наличие полос поглощения – C=O и –C–O-групп, доказывающие присоединение углеводов к полиглицидилакрилату. Полученные эфиры не растворяются в воде и полярных растворителях, сохраняют устойчивость к pH в диапазоне от 3 до 11.

Ключевые слова: сложные эфиры, полиглицидилакрилат, эпихлоргидрин, углеводы, растворители, pH среды.

В связи с развитием современной промышленности имеют широкий спрос материалы, применяющиеся в авиационной и космической технике, машиностроении и других отраслях промышленности. Они должны обладать тепло- и термостойкостью, высокой прочностью, повышенной износостойкостью, химической и радиационной стойкостью и другими качествами, которые необходимы для материалов.

Покрытия, предназначенные для защиты металлов от агрессивных сред, должны в первую очередь обеспечивать достаточно эффективные физические барьеры, чтобы препятствовать разрушению открытых поверхностей при контакте с агрессивными веществами [1]. Поверхности подвергаются воздействию ряда разрушительных факторов, включая механические, физико-химические и микробиологические факторы [2]. Полимеры, представляющие собой высокомолекулярные соединения, широко используются в качестве покрытий поверхностей в различных средах. Гибкость полимеров позволяет их смешивать с другими органическими соединениями и добавками для ингибирования поверхности за счет образования полимерной пленки [3]. Покрытия на полимерной основе также пользуются большим спросом благодаря таким своим характеристикам, как прочность, антимикробные свойства, коррозионная стойкость, высокая прочность на разрыв и ряду других свойств [4].

Целью данной работы является получение покрытий на основе полиглицидилакрилатов и гидроксилсодержащих полимеров. Полиглицидилакрилат представляет собой сложный эфир акриловой кислоты и эпихлоргидрина, характерными свойствами которого является наличие акриловых и эпоксидных групп Ю, определяющих потребительские свойства данных эфиров. Эпоксидная группа глицидилакрилата поддается различным химическим преобразованиям как в мономерах, так и в полимерах [5, 6].

Глицидиловый эфир акриловой кислоты синтезировали нагреванием акриловой кислоты с эпихлоргидрином при постоянном перемешивании. Для получения эфира полисахарида в охлажденную смесь добавляли крахмал и диметилформамид, полимеризацию проводили в присутствии азобисизобутиронитрила. Аналогичным образом были получены эфиры карбоксиметилцеллюлозы и поливинилового спирта. Промежуточные и конечные продукты анализировали методом ИК-спектроскопии.

В спектре глицидилакрилата присутствуют полосы поглощения акрилового фрагмента (1640 см^{-1} , 1720 см^{-1}) и оксиранового цикла (845 см^{-1} , 905 см^{-1}). В спектрах полиэфиров на основе полиглицидилакрилата и полисахаридов отсутствуют сигналы $\text{C}=\text{C}$ связи, что доказывает разрыв двойных связей и полимеризацию продукта в процессе синтеза, а в спектрах эфиров полисахаридов имеются полосы поглощения $\text{C}=\text{O}$ и $\text{C}-\text{O}$ групп, доказывающие присоединение углеводов к полиглицидилакрилату.

Полученные эфиры практически не взаимодействуют с растворителями, такими как вода, изопропиловый спирт, бензол, этилацетат, ДМФА и ДМСО. Было установлено, что полиглицидиловые эфиры сохраняют pH чувствительные свойства и могут иметь высокие эксплуатационные качества в области pH – от 3 до 10. А в кислых и щелочных средах покрытия не будут иметь потребительские свойства с точки зрения механических характеристик, что связано с высокой степенью набухания. Они могут использоваться в качестве покрытий в широких диапазонах значения величины pH.

Библиографический список

1. Montemor, M.F. Functional and smart coatings for corrosion protection: A review of recent advances // *Surf. Coat. Technol.* 2014. Vol. 258. Pp. 17-37.
2. Serednytskyi, Y.A. Polyurethane materials as anticorrosive coatings of pipelines // *Mater. Sci.* 2000. Vol. 36. Pp. 415-421.
3. Kalaivani, R.; Arasu, P.T.; Rajendran, S. Corrosion inhibition by polymers—A birds eyeview. *Eur. Chem. Bull.* 2013. Vol. 2. Pp. 807-815.
4. Alvarez-Paino, M.; Muñoz-Bonilla, A.; Fernandez-Garcia, M. Antimicrobial polymers in the nano-world // *Nanomaterials.* 2017. Vol. 7. P. 48.
5. Shode, L.G., Sorokin, M.F., Kuzmin, A.I. Glycidyl esters and its applications // *Lakokras.* 2020. Pp. 20-23.
6. Kozłowski, A., Slowikowska, J., Chochlewicz, B. Glycidyl ester of o-phthalic acid as a diluent of a bisphenol A epoxy resin // *Polimery.* Warsaw. 2019. C. 139-141.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМУЛЬСИОННОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МЕТАБОЛИТОВ

Лихачева Е. И., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: lisa.likhacheva@gmail.com

RESEARCH OF EMULSION COMPOUNDS BASED ON NATURAL METABOLITES

Likhacheva E. I., Demyantseva E. Yu., Smith R. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В данной работе рассматривается возможность применения дубильных веществ в качестве одного из компонентов для получения клеевой композиции. Было установлено, что данный тип эмульсии обладает хорошими технологическими характеристиками.

Ключевые слова: клей, клеевая эмульсия, метаболиты растительного сырья, полифенольные соединения.

В качестве связующего вещества для изготовления изделий древесных пресс-масс используется множество видов клея. Выбор клея зависит от технических, экономических, экологических и практических аспектов. При его производстве чаще всего используют токсичные вещества, такие как фенол, изоцианат, формальдегид, которые при испарении загрязняют окружающую среду, а канцерогенность формальдегида снизила спрос на клеи для древесины на его основе [1]. Обеспокоенность вредным воздействием данных компонентов стимулирует промышленность на изыскание более экологичных аналогов на основе природных полимерных соединений при условии, что клей не потеряет свои исходные свойства и будет эффективен.

Традиционно клеевые водные эмульсии на основе акриловых соединений используются для склеивания бумажной продукции. На сегодняшний день увеличение ассортимента водно-дисперсионного клея способствовало расширению сферы его применения [1].

Хорошая альтернатива традиционным клеям – полиуретановые дисперсии (ПУД), выпускаемые в виде растворов. Неплохие адгезивные характеристики, термостойкость, технологичность, образование абсолютно прозрачного слоя после отверждения ПУД позволяет не уступать по качеству и внешнему виду классическим двухкомпонентным клеям [1]. Данная композиция относится к самому современному классу пленкообразующих материалов, выполненных в виде коллоидной стабильной системы.

Целью исследования являлось определение возможности использования вторичных метаболитов растительного сырья (дубильных веществ) для их применения в изготовлении полиуретанового клея с целью снижения его токсичности за счет снижения содержания вредных веществ, в частности, изоцианата. Метаболиты получали из коры хвойных пород древесины (сосны) [2]. Экстракция дубильных веществ осуществлялась из растительного материала, подготовленного различными способами, при нагревании [3]. В полученных экстрактах содержатся как гидролизуемые, так и конденсированные формы полифенольных соединений. Клеевую эмульсию (полифенольную смолу) получали методом поликонденсации.

Исследование относится к полимерным композициям для получения материала, содержащего отвердитель и полифенол. Композиция имеет полифенольную структуру, в которой полифенол входит в состав смолы и выполняет для композиции функцию основного реагента [4].

В ходе исследования было установлено, что для получения состава с лучшими адгезионными свойствами необходимо преимущественно содержание конденсированных форм полифенольных соединений. Полученная смола может обеспечить улучшение механической прочности и огнестойкости эмульсии на ее основе за счет образовавшейся прочной полиуретановой связи.

Библиографический список

1. Клеи для гибкой упаковки: виды и особенности // Коалиция. – URL: <https://cltn.ru/tpost/y6i8v76111-klei-dlya-gibkoi-upakovki-vidi-i-osobenn>.
2. Pritam V. Dhawale, S. K. Vineeth, Ravindra V. Gadhave, Jabeen Fatima M. J., Mrudul Vijay Supekar, b Vijay Kumar Thakur, Prasanth Raghavan Tannin as a renewable raw material for adhesive applications // Materials Advances. 2022. No 8. С. 3365-3388.
3. Орлова А. А., Повыдыш М. Н. Обзор методов качественного и количественного анализа танинов в растительном сырье // Химия растительного сырья. – 2019. – № 4. – С. 29-45.
4. Патент RU 0002698823. Полимерная композиция для изготовления вспененного материала на основе полифенола и способ его получения: № 2015126294: заявл. 02.07.2015: опубл.30.08.2019 / Джовандо Самуэле (IT), Бассо Мария Сесилия (FR). – 1 с.

**МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
ПРОТЕКАЮЩИХ В БУМАЖНОЙ МАССЕ**

Лоренцсон А. В., Девизорова М. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: lorens74@mail.ru*

**METHODOLOGY FOR THE STUDY OF PHYSICO-CHEMICAL PROCESSES
OCCURRING IN PAPER PULP**

Lorentzson A.V., Devizorova M. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрена одна из проблем химии мокрой части БДМ, связанная с удержанием компонентов бумажной массы. В статье приведены основные методы исследования процессов, протекающих при формировании бумажной массы, обоснование выбора методов, их краткая характеристика и ожидаемые результаты.

Ключевые слова: химия мокрой части БДМ, удержание компонентов, электроповерхностные свойства компонентов, методы исследования.

Производство бумаги и картона является высокотехнологичным процессом, а бумажная масса – сложной, многокомпонентной гетерогенной системой. Состав бумажной массы меняется в зависимости от вида готовой продукции и ее целевых потребительских свойств. Помимо целлюлозного волокна в бумажную массу добавляют минеральные наполнители (карбонат кальция, диоксид титана, каолин и др.), средства удержания (коагулянты, флокулянты), средства проклейки и другие компоненты. Удержание этих компонентов зависит от физико-химических и коллоидно-химических взаимодействий, протекающих при формировании бумажной массы. Необходимость совершенствования процесса удержания продиктовано изменением технологии производства, увеличением степени замкнутости водоснабжения производства, возрастающими требованиями в области охраны окружающей среды и др. Для повышения степени удержания компонентов необходимо создание соответствующих оптимальных условий, при которых наибольшая часть наполнителей будет прочно связано с волокном [1].

С технологической точки зрения процессы формирования бумажной массы изучены достаточно хорошо. Однако с точки зрения фундаментальной науки исследование механизмов протекающих процессов как в одно- так и многокомпонентных (бинарных и более) системах представляет значительный интерес. Тем более в современных условиях импортозамещения происходит процесс замены импортных наполнителей и реагентов на отечественные или поставляемые из дружественных стран. В связи с прекращением поставок технологических реагентов предприятиям приходится менять технологию. Разрабатываются новые виды бумаг, например, бумага для офисной техники SvetoCopy ECO (Светогорский ЦБК), композиция которой значительно отличается от традиционных марок офисных бумаг. Свойства новых материалов могут отличаться от традиционно используемых. Поэтому детальное изучение механизмов их взаимодействия весьма актуально.

На сегодняшний день существует широкий спектр методов исследования, применяемых для изучения химии мокрой части БДМ. Это гостированные методы изготовления отливок и их испытания, позволяющие выйти на конкретные технологические показатели [2], классические методы исследования, применяемые в коллоидной химии [3], и современные методы исследования поперечных срезов бумаги и картона с использованием электронной микроскопии, элементного анализа поверхности, математического 3D-моделирования

структуры и т. д. [4, 5]. Объединение информации, полученной в результате использования всех методов исследования, позволит получить наиболее полное представление о химии мокрой части БДМ и оптимизировать технологические процессы изготовления бумаги, как по производственным, так и по экологическим критериям.

Методология наших исследований базируется на классических методах коллоидной химии с проверкой результатов на реальных компонентах с использованием гостированных методик.

Известно, что агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем определяется электроповерхностными свойствами компонентов. Нами используется кислотно-основное потенциометрическое титрование для определения плотности заряда частиц и микроэлектрофорез для определения ζ -потенциала частиц в широком диапазоне pH и концентраций фоновых электролитов. Метод микроэлектрофореза не позволяет определять ζ -потенциал волокнистых материалов. Чтобы им воспользоваться, необходимо измельчить волокно и выделить тонкую фракцию. Для волокнистых суспензий обычно используют метод потенциала протекания [6]. Преимуществом этого метода является то, что исследование производится на реальном волокне, которое идет в производство. Недостаток – необходимость проведения измерений при высокой ионной силе растворов для исключения влияния поверхностной проводимости. Это сужает диапазон концентраций фоновых электролитов и pH системы, при которых можно проводить исследование. В наших исследованиях предполагается использование обоих методов. Интересно было бы сопоставить результаты измерений, полученных разными методами.

Для исследования механизмов взаимодействия компонентов нами используется метод спектрофотометрии. Метод основан на аддитивности оптических плотностей системы при определенной длине волны и отсутствии взаимодействия компонентов. Т.е. при отсутствии взаимодействия компонентов измеренная оптическая плотность реальной системы должна совпадать с суммой оптических плотностей отдельных компонентов. Если же такого совпадения нет, то это значит, что между компонентами происходит взаимодействие. Сопоставление данных эксперимента с расчетами по теории ДЛФО можно делать вывод, подчиняется ли поведение системы теории ДЛФО, или необходимо учитывать дополнительные силы, связанные с граничными слоями воды, взаимодействие протекает в первичном или вторичном потенциальном минимуме и т. д. Такие исследования проводятся в широком диапазоне pH, концентраций фоновых электролитов и соотношений количества компонентов. Для понимания процессов, протекающих на макроуровне, предполагается использовать фильтрационный анализ, который позволит понять, как себя ведет реальная система.

Для оценки влияния реагентов – средств удержания нами используется метод пробного флокулирования. Для понимания механизма действия (нейтрализационный или мостиковый), определения оптимальных доз реагента эксперимент проводится как для отдельных компонентов, так и для всей системы в целом. Эксперимент можно проводить как на «микроуровне» с тонкими фракциями целлюлозы, так и на «макроуровне» с компонентами реальной системы, используя также фильтрационный анализ с фиксацией качественных и количественных показателей подсеточной воды.

Получив данные о поведении отдельных компонентов и многокомпонентной модельной системы, необходимо проверить полученные результаты с использованием стандартных гостированных методов изготовления отливок и их испытания в предполагаемых оптимальных условиях проведения процесса.

Таким образом, использование разных подходов к исследованию коллоидно-химических процессов в бумажной массе позволит более детально разобраться в природе и механизмах взаимодействия компонентов и оптимизировать технологические процессы изготовления бумаги как по производственным, так и по экологическим критериям.

Библиографический список

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. – СПб.: Политехника, 2005. – 423 с. – ISBN 5-7325-0855-4.
2. Смирнова, Е. Г. Изготовление лабораторных образцов бумаги и картона. Испытания бумаги и картона: методические указания / Е. Г. Смирнова, Д. И. Малютина. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 64 с.
3. Григоров, О. Н. Руководство к практическим работам по коллоидной химии / О. Н. Григоров, И. Ф. Карпова, З. П. Козьмина, К. П. Тихомолова, Д. А. Фридрихсберг, Ю. М. Чернобережский. – Ленинград: Ленингр. отд-ние издат-ва «Химия», 1964. – 331 с.
4. Мидуков, Н. П. Исследование поперечного среза многослойного картона с использованием технологии ионной резки / Н. П. Мидуков, В. С. Куров, К. Х. Эрматова, А. С. Смолин, П. А. Сомов. – Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2019. – № 4. – С. 387-397.
5. Мидуков, Н. П. Влияние микроструктуры картона на его механические свойства / Н. П. Мидуков, В. С. Куров. – Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 361-371.
6. Смолин, А. С. Влияние размола и фракционирования на электроповерхностные свойства целлюлозных гидросуспензий / А. С. Смолин, М. Бисальски, С. Шабель, Р. О. Шабиев. – Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 183-192.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БУМАГИ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ

Лунаева Т. А., Симонова Е. И., Смирнова Е. Г., Лоцманова Е. М.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: lunaeva_tatiana@mail.ru

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF RESTORATION PAPER

Lunaeva T. A., Simonova E.I., Smirnova E.G., Lotsmanova E. M.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В работе были изучены свойства бумаг для восполнения утрат документов трех разных производителей (НПП «Знак», GMW и Japico). В частности, рассмотрены состав по волокну, масса 1 м², толщина, pH водной вытяжки, разрушающее усилие, оптические показатели (коэффициент отражения, желтизна). Определено, как изменяются свойства образцов в процессе старения. Делается вывод о пригодности выбранных образцов для целей реставрации.

Ключевые слова: бумага для восполнения утрат, искусственное световое старение, разрушающее усилие, pH водной вытяжки, коэффициент отражения, желтизна.

Современная научная реставрация развивается на основе изучения материалов и технологии создания объекта, причин и видов его разрушения. Материал основы книг, рукописей, рисунков, гравюр и прочего является недолговечным и разрушается в процессе естественного старения. Качество и эффективность практической реставрационной работы в большой степени зависит от применяемых материалов и химических веществ. Использование в процессе реставрации высококачественных реставрационных материалов помогает сохранить исторические памятники; применение некачественных, напротив, способно привести к утрате объектов культурного наследия [1, 2].

В работе были изучены свойства бумаг для восполнения утрат документов разных производителей и определено, как изменяются эти свойства в процессе старения. При производстве бумаги для реставрации важно, чтобы бумага соответствовала целям и принципам реставрации, прежде всего, имела свойства, способствующие длительной сохранности [3].

Для исследования были взяты следующие образцы:

1. НПП «Знак». Бумага машинного изготовления, оттенок 45/60, 40 г/м². Композиционный состав: целлюлоза сульфатная беленая из хвойных пород, хлопковое волокно, наполнитель – карбонат кальция. Значение pH водной вытяжки: $8,0 \pm 0,5$.

2. GMW. Бумага ручного изготовления, K-148, Козо, 40 г/м². Композиционный состав: волокно кодо 100 %. Значение pH водной вытяжки: 8,6.

3. Japico. Бумага ручного изготовления, Zenyu, 40 г/м². Композиционный состав: волокно кодо 40 %, целлюлоза 60 %. Значение pH водной вытяжки: 6,4.

Рассмотрены следующие характеристики: состав по волокну; масса 1 м²; толщина; pH водной вытяжки; разрушающее усилие; оптические показатели (коэффициент отражения, желтизна), данные показатели снимали до и после 5 и 10 ч искусственного старения.

В таблицах 1–3 показаны результаты исследования до и после 5 и 10 ч искусственного светового старения.

Таблица 1 – Свойства бумаги НПП «Знак» до и после старения

Время старения, ч	Масса, м ²	Толщина, мм	pH	Разрушающее усилие, Н	Коэффициент отражения, R	Желтизна
0	39	0,06	8,02	36,0	50,37	34,30
5	39	0,06	7,4	29,9	58,14	30,02
10	39	0,05	7,3	22,0	58,88	28,54

Таблица 2 – Свойства бумаги GMW до и после старения

Время старения, ч	Масса, м ²	Толщина, мм	pH	Разрушающее усилие, Н	Коэффициент отражения, R	Желтизна
0	40	0,09	7,39	61,9	58,81	24,32
5	40	0,1	7,40	45,5	48,01	38,42
10	40	0,09	6,90	36,9	47,26	38,71

Таблица 3 – Свойства бумаги Jarico до и после старения

Время старения, ч	Масса, м ²	Толщина, мм	pH	Разрушающее усилие, Н	Коэффициент отражения, R	Желтизна
0	42	0,12	7,76	10,8	77,23	9,76
5	42	0,11	6,64	9,5	71,21	17,36
10	42	0,12	5,02	7,5	68,48	20,21

Из данных, представленных в таблицах 1–3, можно заключить, что все исследуемые образцы соответствуют заявленной массе, световое старение не оказывает влияния на массу образцов и их толщину.

Значение pH водной вытяжки снижается у бумаги всех трех производителей. Бумаги, сохраняющие нейтральное значение pH, являются более устойчивыми к старению. Для GMW в первые 5 ч старения изменение в значении pH не наблюдается, в целом значение показателя снижается незначительно (на 6,6 %) и приближается к нейтральной области. Значение pH бумаги НПП «Знак» в основном изменяется в первые 5 ч старения. В целом за все время старения – 11 %, значение pH остается в нейтральной области. Для Jarico значение показателя падает на протяжении всего времени старения – суммарно на 35,3 % и уходит в слабокислую область (pH = 5,02).

По показателю разрушающее усилие бумага GMW характеризуется высокой прочностью, чтобы ее разорвать, требуется приложить значительное усилие. Основное падение прочности происходит в первые 5 ч старения. Суммарно значение разрушающего усилия снижается на 40,4 %. Бумага НПП «Знак» также довольно прочная. Уменьшение значения показателя происходит более равномерно на протяжении всего времени старения (17 % и 22 % в первые и последующие 5 ч старения соответственно). В целом разрушающее усилие уменьшается на 39 %. Этот результат сопоставим с результатом, полученным для бумаги GMW. Бумага Jarico продемонстрировала самые низкие характеристики механической прочности, в результате старения значение разрушающего усилия снижается на 30,6 %.

Среди оптических показателей были рассмотрены коэффициент отражения и желтизна. Изменение коэффициента отражения и желтизны бумаги в процессе старения говорит о протекании реакций гидролитической и окислительной деструкции [7, 8].

При старении бумаги GMW наблюдается уменьшение значения коэффициента отражения и увеличение значения желтизны. В процессе старения происходит пожелтение бумаги, снижается ее белизна. Наибольшие изменения происходят в первые 5 ч старения. Коэффициент отражения снижается на 18,4 %, показатель желтизны увеличивается на 58 %,

т. е. бумага заметно желтеет. В следующие 5 ч старения значительных изменений уже не происходит.

При старении бумаги НПП «Знак» коэффициент отражения заметно увеличивается в первые 5 ч старения, на 15,4 %, а показатель желтизны остается стабильным. При дальнейшем старении значительных изменений не наблюдается. Такое поведение бумаги НПП «Знак» при старении вероятно связано с поведением белящих реагентов, применяемых для отбелики целлюлозы, входящей в состав анализируемой бумаги (вероятно, в процессе старения отбеливатель обесцветился).

Образец бумаги Jarico показал устойчивое изменение свойств на протяжении всего времени старения. В первые 5 ч старения коэффициент отражения снижается на 7,8 %, в следующие 5 ч – еще на 3,5 %. Показатель желтизны бумаги Jarico, напротив, изменяется очень значительно. Визуально видно сильное пожелтение бумаги уже после первых 5 ч старения (показатель увеличивается на 77,9 %). После 10 ч старения показатель желтизны увеличивается более чем в 2 раза. Процесс изменения показателя интенсивно идет все время старения, можно предположить активное прохождение реакций гидролитической и окислительной деструкции.

Таким образом, в процессе проведенного старения все три образца показали значительное изменение свойств.

Можно заключить, что в процессе старения неизбежно происходит ухудшение свойств бумаги, особенно прочностных характеристик и показателя желтизны. Для целей реставрации можно рекомендовать бумагу GMW и бумагу НПП «Знак», показавшие хорошую устойчивость к старению и способность к сохранению важных для длительной сохранности свойств. Бумагу Jarico не рекомендуется использовать для реставрации, поскольку ее свойства значительно ухудшаются в процессе старения (слабокислый pH, значительное падение прочностных свойств, значительное пожелтение).

Библиографический список

1. Егоров, В. П. Обеспечение сохранности, реставрация и консервация документов : учебное пособие / В. П. Егоров, А. В. Слиньков. – Москва : Юридический институт МГУ ПС (МИИТ), 2014. – 238 с. – Текст : непосредственный.
2. Реставрация произведений графики : методические рекомендации / Составители Л. Л. Метлицкая, Е. А. Костикова. – Москва : ВХНРЦ им. И. Э. Грабаря, 1995. – Текст : непосредственный.
3. Федосеева, Т. С. Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордюшина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. – Москва : Индрик, 2016. – 232 с. – Текст : непосредственный.
4. Добрушина, С. А. Стабилизация бумаги документов : учебное пособие / С. А. Добрушина. – Москва : Межрегиональный центр библиотечного сотрудничества, 2014. – 176 с. – Текст : непосредственный.
5. Реставрация документов на бумажных носителях : методическое пособие / ВНИИДАД. – Москва, 1989. – 264 с.
6. Привалов, В. Ф. Обеспечение сохранности архивных документов на бумажной основе : методическое пособие / В. Ф. Привалов ; Росархив. ВНИИДАД. – Москва, 2003. – 112 с.
7. Труды Лаборатории консервации и реставрации документов Санкт-Петербургского филиала Архива РАН. Вып. 1. Хранение и реставрация документов : методические рекомендации / под редакцией К. И. Андреевой, Н. П. Копаневой. – Санкт-Петербург : Реликвия (реставрация, консервация, музеи), 2008. – 200 с.
8. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва : Лесная промышленность, 1986. – 680 с. – Текст : непосредственный

СИНТЕЗ СОЛЕЙ БЕТУЛОНОВОЙ КИСЛОТЫ КАК ПУТЬ К ПОЛУЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНЫХ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЙ

Лысенков А. Е., Шадеева М. В., Тришин Ю. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: ae-lysenkov@mail.ru*

SYNTHESIS OF BETULONIC ACID SALTS AS A WAY TO OBTAINING EFFECTIVE PHARMOCOLOGICAL SUBSTANCES

Lysenkov A. E., Shafeeva M. V., Trishin Yu. G.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Бетулоновая кислота и ее производные обладают рядом фармакологически полезных свойств. В то же время биологическая активность солей бетулоновой кислоты исследована недостаточно. Учитывая, что значительная часть лекарственных субстанций применяется в форме солей, представляется целесообразным разработать удобные методы синтеза и подробно исследовать физиологическую активность солей бетулоновой кислоты. В представленной работе сообщается об основных путях получения этих веществ: взаимодействием бетулоновой кислоты или ее хлорангидрида с оксидами и гидроксидами металлов; замещением ионов щелочных металлов в солях бетулоновой кислоты на ионы других металлов.

Ключевые слова: карбоновые кислоты, соли карбоновых кислот, бетулин, производные бетулина, терпеноиды.

Наличие карбоксильной группы в составе веществ определяет их важную роль в биохимии живых систем. Эта функциональная группа часто входит в состав различных классов терапевтических средств [1]. Так, во всем мире реализуется большое количество (>450) препаратов, содержащих в своем составе карбоновые кислоты или их соли, включая широко используемые нестероидные противовоспалительные препараты (НПВП), антибиотики, антикоагулянты, статины, снижающие уровень холестерина, и другие [2].

Солеобразование – один из широко используемых подходов к улучшению биофармацевтических свойств лекарств. Значительная часть лекарственных субстанций применяется в форме солей моно- и поликарбоновых кислот, которые восполняют дефицит микро- и макроэлементов (калия ацетат, кальция глюконат и кальция лактат), поддерживают электролитный баланс (натрия цитрат), обладают противосудорожной активностью (натрия вальпроат) [3].

Особую роль в медицинской химии играют карбоновые кислоты, относящиеся к природным терпеноидам. Терпеноиды играют ключевую роль в росте и развитии растений, их реакции на окружающую среду, а также в физиологических процессах. Многие из них обладают противовоспалительным, антибактериальным, противовирусным, противомаларийным и противобактериальным действием, способствуют трансдермальному всасыванию, предотвращают и лечат сердечно-сосудистые заболевания, а также обладают гипогликемическим эффектом. К числу распространенных и наиболее доступных терпеноидов относится бетулин и его производное – бетулоновая кислота. В настоящее время проведено большое количество исследований, посвященных изучению фармакологических свойств этих соединений [4].

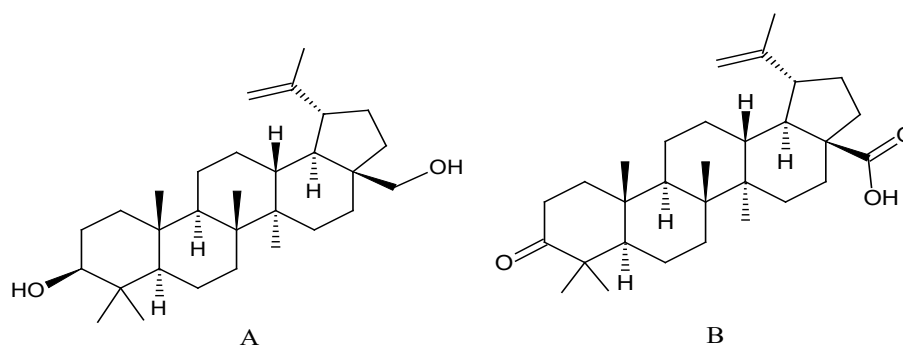


Рисунок 1 – Бетулин (А) и бетулоновая кислота (В)

Недостатком бетулоновой кислоты, препятствующим проявлению ее фармакологической активности в некоторых живых системах, является низкая растворимость в воде (около 0,02 мг/мл при комнатной температуре) и органических растворителях, среди которых сложные эфиры, спирты и простые эфиры.

Известно, что соли карбоновых кислот обладают бóльшей растворимостью в воде, сохраняя и увеличивая при этом биологическую активность по сравнению с родоначальной кислотой. В связи с этим в настоящей работе исследованы методы получения солей бетулоновой кислоты, в которых сочетается биологическая активность самой бетулоновой кислоты, а также иона-металла, образующего соль.

Исходным веществом для получения солей бетулоновой кислоты является бетулоновая кислота (В), которую получали окислением бетулина (А) реактивом Джонса. Взаимодействием бетулоновой кислоты с оксалилхлоридом синтезирован хлорангидрид бетулоновой кислоты (Е), а с сильными основаниями – соли бетулоновой кислоты (например, натриевая (С)). Из хлорангидрида и натриевой соли бетулоновой кислоты действием соответствующих реагентов получены соли бетулоновой кислоты (Н), где М – ионы металлов, принимающих участие в жизнедеятельности организмов, такие как Zn, Ca, Mg и Cu.

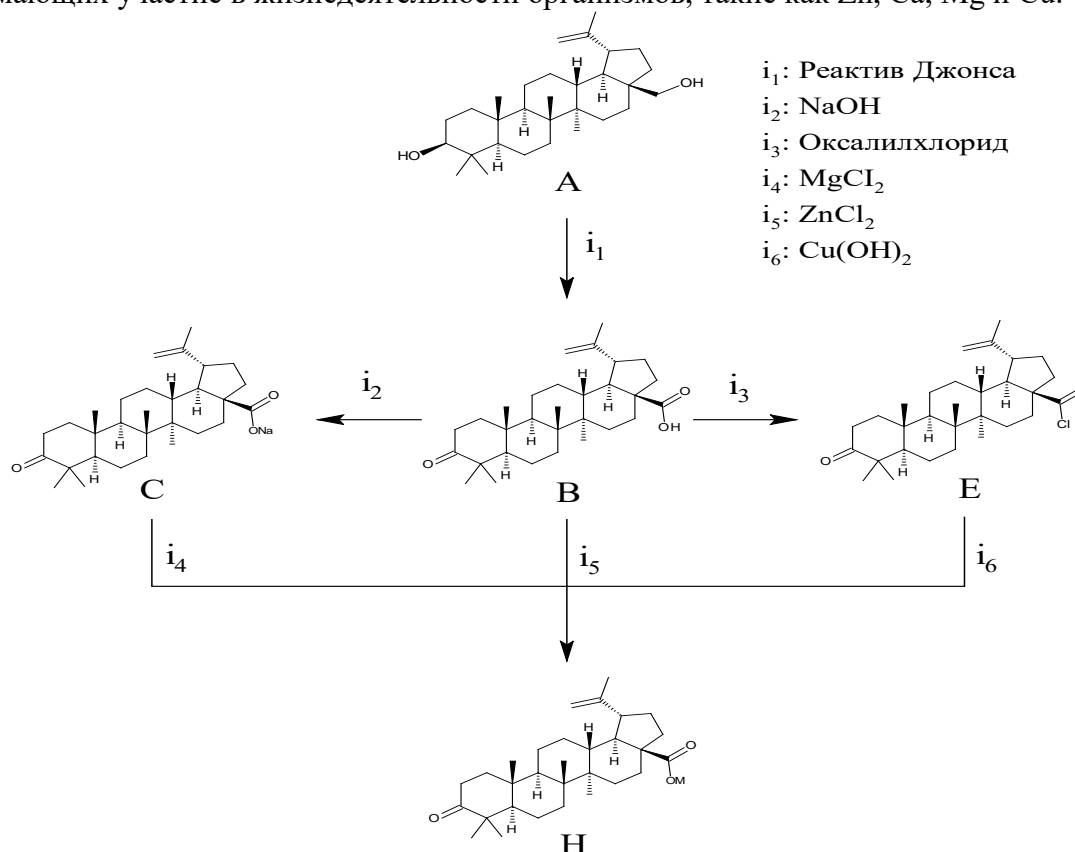


Рисунок 2 – Схема получения М – солей бетулоновой кислоты (Н)

Так, цинковую соль бетулоновой кислоты получили взаимодействием бетулоновой кислоты с хлоридом цинка в соотношении 2:1. Реакцию проводили в среде метанола при нагревании (35-40 °С) в течение 4 ч и при постоянном перемешивании. В данной реакции предполагается, что хлороводород, образующийся при реакции обмена, связывается метанолом с образованием хлорметана. Известно [5], что цинк отвечает за рост и развитие костной и мышечной тканей, а также поддержании здоровья кожи, волос, ногтей и зубов.

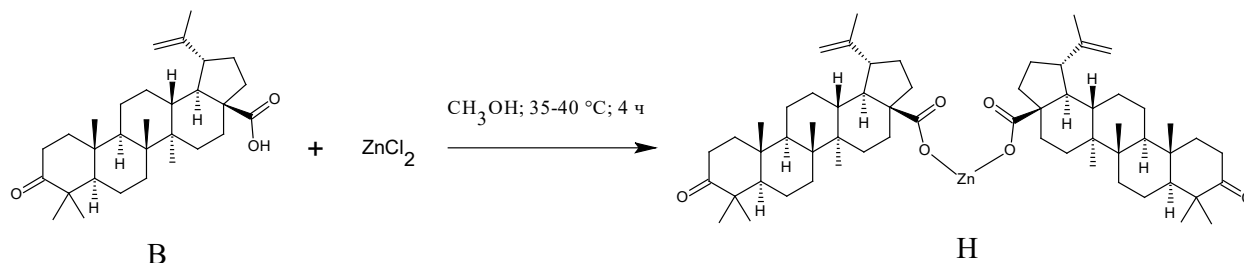


Рисунок 3 – Получение бетулоната цинка (Н) из бетулоновой кислоты (В) и хлорида цинка

Взаимодействием бетулоновой кислоты и амфотерного оксида цинка в среде ацетона при слабом нагревании и перемешивании в течение 3 часов получена цинковая соль бетулоновой кислоты.

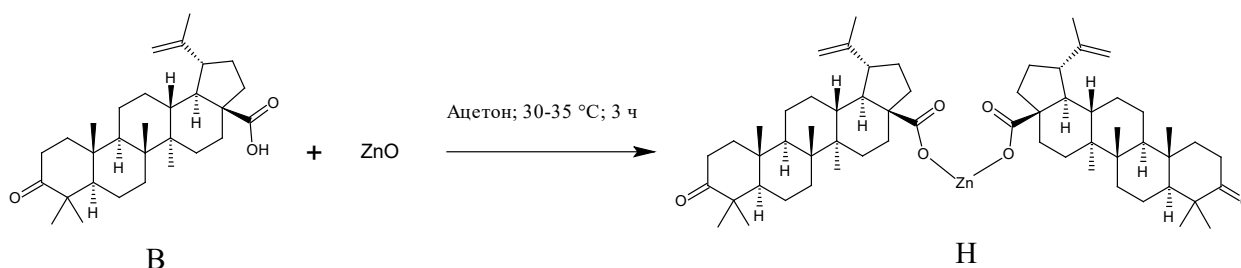


Рисунок 4 – Получение бетулоната цинка (Н) из бетулоновой кислоты (В) и оксида цинка

Таким образом, с целью повышения биологической активности бетулоновой кислоты осуществлено ее превращение в соли, которые могут найти применение в качестве лекарственных субстанций различного назначения.

Библиографический список

1. Maag, H. Prodrugs of Carboxylic Acids / H. Maag, V.J. Stella, R.T. Borchardt, M.J. Hageman, R. Oliyai, J.W. Tilley // *Biotechnology: Pharmaceutical Aspects*. 2007. Vol. V. No 20. P. 703-729.
2. Ballatore, C. Carboxylic Acid (Bio)Isosteres in Drug Design / C. Ballatore, D.M. Huryn, A.B. Smith // *ChemMedChem*. 2013. Vol. 8. P. 385-395.
3. Afzal, M.S. Doctoral thesis: The Influence of Salt Formation on Physicochemical and Electrostatic Properties of Carboxylic Acid Drugs / M.S. Afzal // University of Huddersfield. 2020. 186 p.
4. Yang, W. Advances in Pharmacological Activities of Terpenoids / W. Yang, Xu Chen, Y. Li, S. Guo, Z. Wang, X. Yu // *Natural Product Communications*. 2020. Vol. 15 No 3. P. 1-13.
5. Хлебникова, А. Н. Цинк, его биологическая роль и применение в дерматологии / А. Н. Хлебникова, Д. Д. Петрунин // *Вестник дерматологии и венерологии*. – 2013. – № 6. – С. 100-116.

К ВОПРОСУ О КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ МЕДНЫХ РУД

Люблянова В. А.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

e-mail: lyublyanova.spb.lera@yandex.ru

SPEAKING OF COMPLEX PROCESSING OF COPPER ORES

Lyublyanova V. A.

Saint-Petersburg Mining University

В работе представлены результаты разработки технологических решений для комплексной переработки медных руд, содержащих в своем составе как сульфидные, так и окисленные минералы меди с целью повышения извлечения меди в конечных продуктах обогащения.

Ключевые слова: медные руды, флотация, выщелачивание, азурит, малахит, хризоколла, халькопирит.

Исчерпание базы легкообогатимого медного сырья влечет снижение эффективности переработки медных руд, в состав которых помимо сульфидных медных минералов входят минералы, содержащие медь в окисленной свободной и связанной форме. Вследствие этого возникает необходимость разработки новых технологических решений для комплексной переработки медных руд [1]. Целью работы является разработка технологических решений комплексной переработки медных руд на основании последовательного применения флотационного метода обогащения и выщелачивания. Объектами исследования в данной работе стали: комплексная медная руда, а также наиболее распространенные медные минералы различных классов – халькопирит, хризоколла, азурит и малахит.

Перечень используемого оборудования: рентгенофлуоресцентный анализатор Schimadzu EDX 7000, лабораторная мельница МШЛ-1л, лабораторная пневмомеханическая флотационная машина Laarmann Flotation Bench Test Machine, вибрационный встряхиватель Laarmann, ультразвуковая установка И100-6/1-1, СВЧ-печь фирмы Moulinex.

С целью установления фазовых состояний меди, входящей в состав выбранного объекта исследования – комплексной медной руды, произведен фазовый анализ [2], интерпретация полученных данных позволила установить содержания водорастворимой, сульфидной, окисленной свободной и связанной меди: 0,67 %, 37,93 %, 27,66 %, 33,74 % соответственно. Согласно представленным данным, выбраны медьсодержащие минералы для каждой из представленных форм меди.

Исследование флотационного обогащения медных минералов производилось посредством проведения сравнительных опытов флотации халькопирита, азурита и малахита, а также хризоколлы при различных комбинациях реагентов. Выявлено, что флотационное обогащение хризоколлы не представляется возможным. Наибольшее извлечение минерала в пенный продукт при флотации халькопирита соответствовало применению бутилового ксантогената калия при его расходе 20 г/т, а при флотации азурита и малахита – при предварительной сульфидизации поверхности минерала с применением сернистого натрия с его расходом 90 г/т, а также бутилового ксантогената калия.

Так как в выбранной для исследования руде содержатся все рассматриваемые формы меди, на основании полученных ранее данных было произведено исследование влияния содержания различных форм меди на ее извлечение в пенный продукт флотации. В результате эксперимента получена адекватная математическая модель, описывающая извлечение меди в пенный продукт в зависимости от содержания в навеске халькопирита, азурита и малахита, а также хризоколлы:

$$\varepsilon_{Cu}=53,09+67,81\cdot x_1+81,07\cdot x_2-68,15\cdot x_3-59,33\cdot x_1\cdot x_2+6,83\cdot x_1\cdot x_3+3,11\cdot x_2\cdot x_3-20,88\cdot x_1^2-36,79\cdot x_2^2+34,62\cdot x_3^2,$$

где x_1 – содержание халькопирита, %; x_2 – содержание азурита и малахита, %; x_3 – содержание хризоколлы, %.

В связи с тем что извлечение меди при флотации составило 71,06 %, следующим этапом исследования стало изучение возможности выщелачивания данных минералов, а также подбор наиболее эффективных режимных параметров. Установлено, что выщелачивание меди происходит при значениях окислительно-восстановительного потенциала выше 0 в кислой среде [3].

Рассмотрена возможность интенсификации процессов выщелачивания при применении дополнительных воздействий, таких как добавление окислителя, нагрев, применение ультразвукового воздействия и СВЧ-воздействия. Согласно полученным данным, наибольшее извлечение меди в продуктивный раствор было получено при применении ультразвукового воздействия, оно превышало значения, полученные при простом выщелачивании, более чем в 3 раза для каждого минерала.

Исследование влияния содержания окисленной свободной и связанной меди на ее извлечение при выщелачивании позволило установить, что при увеличении содержания в навеске доли хризоколлы, полученные извлечения меди значительно ниже по сравнению с навесками с большим содержанием азурита и малахита. Это может быть связано с тем, что при выщелачивании меди из хризоколлы выделяется диоксид кремния, который снижает общую скорость протекания реакции.

На основании проведенных исследований были получены технологические решения для переработки комплексных медных руд, содержащих в себе сульфидную, окисленную свободную и связанную медь (рис.).

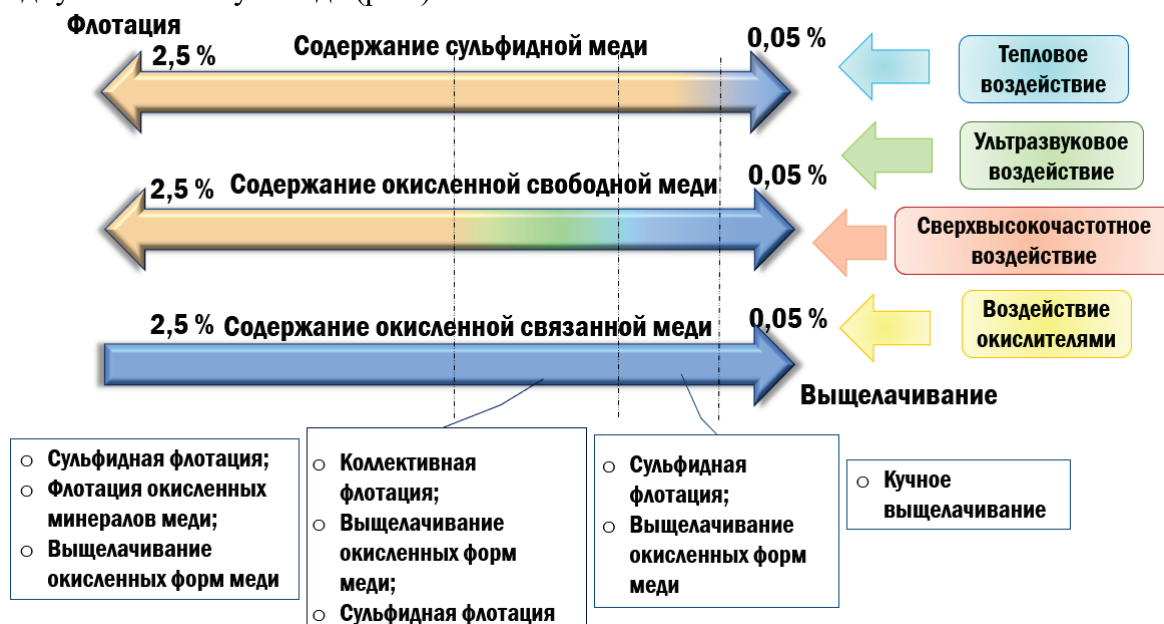


Рисунок – Технологические решения для комплексной переработки медных руд

Основываясь на полученной схеме, для исследуемой руды было выбрано применение флотации и последующее выщелачивание меди из хвостов.

При подборе реагентного режима выявлено, что для данной руды наиболее эффективным является применение в качестве активатора сернистого натрия в расходе 80 г/т, а также собирательной смеси, состоящей из бутилового ксантогената калия с расходом 150 г/т, натриево-изобутилового аэрофлота при его расходе 50 г/т, а также вспениватель – ОПСБ, 20 г/т. Разработана схема флотации, включающая в себя основную, контрольную и две перечистные флотации с получением медного концентрата марки КМ-7 и содержанием в нем

меди, равном 15,0 %. Хвосты с содержанием меди 0,58 %, полученные в ходе флотационного обогащения, поступают на этап выщелачивания.

Для определения режимных параметров выщелачивания полученных флотационных хвостов, было произведено исследование влияния режимных параметров выщелачивания, таких как крупность контрольного класса -0,071 мм в питании флотации, концентрация выщелачивающего реагента, а также время выщелачивания, на извлечение меди в продуктивный раствор было достигнуто частное извлечение меди, равное $\varepsilon_{Cu} = 81,8 \%$. Полученное извлечение достигается при крупности питания флотации, равной 60 % класса – 0,071 мм, концентрации серной кислоты 7,5 % и времени выщелачивания, равном 48 часов.

В ходе работы на основании данных, полученных при исследовании флотационного обогащения мономинеральных фракций, а также данных по выщелачиванию выбранных медных минералов, были разработаны технологические решения для переработки комплексной медной руды, взятой в качестве объекта исследования. Была разработана флотационная схема, состоящая из основной, двух перерывных и контрольной флотации, при определенном реагентном режиме и крупности питания флотации 60 % класса – 0,071 мм. Конечными продуктами схемы являются медный концентрат марки КМ-7 и хвосты контрольной флотации, направляемые на выщелачивание, производимое в соответствии с определенными режимными параметрами. Таким образом, было достигнуто сквозное извлечение меди, равное $\varepsilon_{Cu} = 95,49 \%$.

Библиографический список

1. Александрова, Т. Н., Орлова, А. В., Таранов, В. А. Современное состояние переработки медных руд (обзор) // Известия Вузов. Цветная Металлургия. – 2019. – Вып. 27, № 3. – С. 4-14. DOI:10.3103/S1067821221040027.
2. Абрамов А. А. Технология переработки и обогащения руд цветных металлов. Т. 3 : учебное пособие : в 2 книгах. – М: Горная книга, 2005. – 575 с.
3. Бейсембаев Б. Б., Кунаев А. М., Кенжалиев Б. К. Теория и практика кучного выщелачивания меди. – Алматы: Гылым, 1998. – 348 с.

ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ ИНГИБИРОВАННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ БИТУМОВ

Макаров Р. Д., Югов Е. Д., Саламатова Е. В., Васильев В. В.
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
e-mail: makaroff_03@mail.ru

FILM-FORMING INHIBITED COMPOSITIONS BASED ON BITUMEN

Makarov R. D., Yugov E. D., Salamatova E. V., Vasiliev V. V.
Empress Catherine II Saint-Petersburg Mining University

Получение оптимальных рецептур пленкообразующих составов на основе битумов для временной противокоррозионной защиты металлических изделий и техники.

Ключевые слова: грунтовая коррозия, морская коррозия, битумные мастики, пленкообразующий ингибированный состав.

Важной проблемой в современном мире является грунтовая коррозия, которой подвержены все металлические конструкции, находящиеся в контакте с почвой или минеральными водами: фундаменты зданий, трубопроводы. По статистике около 4 % от всего используемого металла ежегодно приходит в негодность вследствие данного процесса. Также нельзя не учитывать влияние на металлические трубопроводы морской коррозии, ведь морская вода, как и почва, является агрессивной средой [1].

В связи с этим растет роль пленкообразующих ингибирующих составов, так как их использование позволяет защитить металл от воздействия на него агрессивной среды. Оптимальными в этой области являются битумные мастики, обладающие рядом преимуществ: дешевизна, эффективность и восстанавливаемость [2].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью защиты металлических конструкций от коррозии и стремлением к удешевлению применяемых для этого ингибирующих составов за счет использования битумных материалов. Целью работы является определение оптимальной толщины пленки пленкообразующего ингибированного состава на основе битума, для определения его эффективности коррозионной защиты в сравнении с известным составом НГ-222А.

В результате работы была поставлена серия экспериментов по определению защитных свойств битумного состава в морской воде согласно ГОСТ 9.054–75 и с НГ-22А. Оценку защитных свойств составов определяли с доверительной вероятностью 95 %. Защитный эффект битумного состава 53 ± 10 %, при толщине пленки после высыхания 15 ± 3 мкм. Эта толщина пленки получена для образца, содержащего 40 % битума в нефрасе-С2-80/120. На основе экспериментальных данных был построен график зависимости коррозионного эффекта от толщины битумной пленки (см. рис.).

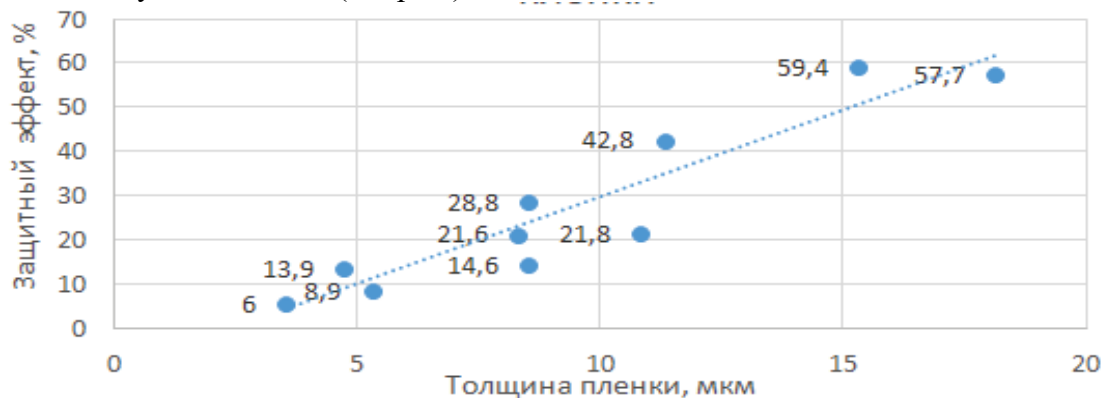


Рисунок – Зависимость защитного эффекта от толщины пленки (составлен авторами)

На основе приведенных экспериментов можно заключить, что, поднимая толщину пленки битума до 30 мкм, защитный эффект достигнет 100 %. Для сокращения времени испытаний (менее 100 ч) композиций битума с присадками, оптимальная толщина пленки должна составлять около 20 мкм. Для этого необходимо готовить 40 % раствор битума в нефтяном растворителе.

В качестве эталона использовали широко применяемый пленкообразующий ингибированный состав НГ-222А. Его защитный эффект при толщине пленки $150 \pm 25,8$ мкм составил $99\% \pm 2,9\%$. Длительность испытаний – не менее 250 часов. НГ-222А также использовали для получения пленки около 20 мкм для проведения испытаний в одинаковых условиях. Важно отметить, что глубинный показатель коррозии для образцов-свидетелей составил 56,5 мм/год.

Таким образом, выбранные условия испытаний (20-25 °С, морская вода, толщина пленки около 20 мкм, время испытаний около 100 ч), позволят определить эффективность защиты разрабатываемых пленкообразующих битумных составов с погрешностью 5-10 %.

Библиографический список

1. Колесникова Н. Н., Луканина Ю. К., Хватов А. В., Лихачев А. Н., Попов А. А., Заиков Г. Е., Абзальдинов Х. С. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Вып. 16, № 1. – С. 170-174.
2. Васильев, В. В. Антикоррозионные, гидроизоляционные материалы на основе нетрадиционного сырья – сланцевых смол и окисленных нефтяных битумов : монография / В. В. Васильев. – СПб. : СПбГИЭУ, 2007. – 235 с.

АДАПТИВНЫЕ ГИБКИЕ УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНА

Макаров Ю. В., Петрова Ю. А., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: makrov.sss@gmail.com*

ADAPTIVE FLEXIBLE DEVICES BASED ON POLYDIMETHYLSILOXANE

Makarov Yu. V., Petrova Yu. A., Lipin V. A.

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В результате проведенной работы была разработана методика изготовления датчиков давления, подобраны оптимальные условия их изготовления для получения датчиков с наибольшей чувствительностью. Установлено, что чувствительность разрабатываемых датчиков зависит от площади поперечного сечения проводника из галлий-индиевого сплава: с увеличением площади поперечного сечения проводника чувствительность датчика уменьшается. Разработанные датчики могут быть использованы для изготовления пульсометра и умной стельки.

Ключевые слова: датчики давления, полидиметилсилоксан, полупроводники

Гибкие датчики давления могут найти широкое применение в робототехнике, биомедицинских устройствах и умных носимых вещах. Разработка новых, экономически выгодных методик изготовления датчиков становится актуальным в связи с расширением областей применения гибких полупроводников. Целью работы является разработка новой технологии изготовления датчиков давления на основе полидиметилсилоксана (PDMS) (в разных соотношениях мономера с отвердителем) с применением лазерного гравера и аэрографа, с использованием галлий-индиевого сплава и исследование влияния условий изготовления датчика на его проводимость.

Гибкие датчики давления состояли из трех слоев, первый слой – гибкая подложка из полидиметилсилоксана, второй слой – проводник из галлий-индиевого сплава, третий слой – покрытие из полидиметилсилоксана. Процесс изготовления датчиков давления состоит из 5 этапов:

1. Получение гибкой подложки полидиметилсилоксана при смешивании мономера и отвердителя в определённых пропорциях с последующим термостатированием при 70° в течение 30 минут;
2. Получение каналов в виде заданного узора на гибкой подложке, обклеенной каптоновой лентой, с помощью лазерного гравера;
3. Распыление аэрографом жидкого металла на гибкую подложку поверх каптоновой ленты;
4. Удаление каптоновой ленты и нанесение слоя полидиметилсилоксана;
5. Отверждения покрывного слоя в термостат в течение 30 минут при 70°С.

Разрабатываемые резистивные датчики давления изменяли сопротивление в зависимости от нагрузки (приложенного давления) и растяжения. Было исследовано влияние жесткости и толщины подложки на зависимость сопротивления галлий-индиевого проводника в датчике от прикладываемого извне давления. Производился расчет относительного изменения сопротивления датчиков ($\Delta R/R_0$, где ΔR - изменение сопротивления, а R_0 – начальное сопротивление) от прикладываемого давления, чтобы экспериментально проверить связь между прикладываемым давлением и электрическими свойствами проводящего материала каждого из датчиков. Давление, прикладываемое к датчикам, определяли на

разрывной машине. Все датчики демонстрировали линейную зависимость электрического сопротивления от давления. Образец с самой мягкой и тонкой PDMS-подложкой (соотношение смешивания 20:1 и толщина 0,15 мм) продемонстрировал самую высокую чувствительность с минимально фиксируемым давлением равным 0,92 кПа. Остальные образцы продемонстрировали более низкую чувствительность. Экспериментальные данные показали, что лучшей чувствительности изготавливаемых датчиков можно достичь, используя наиболее тонкую и мягкую подложку PDMS. Кроме того, в отличие от большинства датчиков давления, которые демонстрируют нелинейный отклик на давление с наибольшей чувствительностью в диапазоне низких давлений, разработанный датчик давления имеет линейную зависимость давления от относительного изменения сопротивления

Разработана новая методика изготовления гибких резистивных датчиков давления, которые могут найти широкое применение в робототехнике, биомедицинских устройствах и умных носимых вещах. Исследовано влияние жесткости и толщины подложки на чувствительность, влияние площади поперечного сечения проводника на изменение его сопротивления. Получены датчики с оптимизированной конфигурацией.

Библиографический список

1. Qin D., Xia Y.N., Whitesides G.M. Soft lithography for micro- and nanoscale patterning // Nat. Protoc. 2010. Vol. 5. P. 491–502.
2. Kim P, Kwak R, Lee S.H. Solvent-assisted decal transfer lithography by oxygen- plasma bonding and anisotropic swelling // Adv. Mater. 2010. Vol. 22. P. 2426.
3. Chanda D, Shigeta K, Gupta S. Large-area flexible 3D optical negative index metamaterial formed by nanotransfer printing // Nat. Nanotechnol. 2011. Vol. 6. P. 402–407.

СИНЕРГИЗМ В СМЕШАННЫХ РАСТВОРАХ ЦВИТТЕРИОННОГО И АНИОННОГО ПАВ

Митюрёв С. А., Силин М. А., Крисанова П. К., Филатов А. А.

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина

e-mail: savelymzh@gmail.com

SYNERGISM IN MIXED SURFACTANTS SOLUTIONS

Mityurev S. A., Silin M. A., Krisanova P. K., Filatov A. A.

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

Показано, что композиция цвиттерионного и анионного поверхностно-активных веществ (ПАВ), а именно алкилдиметиламинооксида (оксид амина) и алкилбензолсульфоната натрия (сульфонол), способна придавать водным растворам свойства неньютоновской жидкости. В смешанных водных растворах ПАВ различного типа наблюдаются ярко выраженные синергетические эффекты, проявляющиеся в увеличении вязкостных свойств системы.

Ключевые слова: синергизм, цвиттерионные и анионные ПАВ, вязкостные свойства, оксид амина, сульфонол.

Известно, что одну из ключевых отраслей промышленности нашей страны и мира в целом – нефтегазодобычу, в настоящее время нельзя представить без применения широкого перечня многофункциональных поверхностно-активных веществ. Вдобавок ко всему, в условиях постоянно меняющихся политических событий и растущего спроса на поверхностно-активные вещества остро встает вопрос об импортозамещении промышленно важных ПАВ и поиске оптимального пути их синтеза из возобновляемых ресурсов. Одной из основополагающих областей применения в нефтегазодобывающей отрасли поверхностно-активных веществ является технология гидравлического разрыва пласта (ГРП) – распространенного и эффективного метода интенсификации нефтегазодобычи. ПАВ используются в составе жидкостей ГРП и в качестве основного реагента-гелеобразователя, и как функциональные добавки (стабилизаторы глин, деэмульгаторы и т. д.). Жидкости разрыва с применением ПАВ, загущающих водную среду, в настоящее время являются серьезными конкурентами традиционным полимерным жидкостям ГРП [1, 2].

Однако стоит отметить, что применение бесполимерных жидкостей ГРП приводит к значительному увеличению стоимости операции в целом, что напрямую связано с относительно высоким расходом ПАВ. При использовании ПАВ-гелеобразователя одного типа себестоимость жидкостей гидроразрыва может достигать значительно больших показателей, по сравнению, к примеру, с полимерными составами. Вместе с тем, если использовать композицию нескольких типов ПАВ, то необходимую концентрацию гелеобразователя можно сократить, сохранив при этом технологические показатели жидкости на требуемом уровне. Данный факт объясняется тем, что при использовании смеси ПАВ различных типов могут наблюдаться сильные синергетические эффекты, проявляющиеся в увеличении реологических свойств системы. Так авторами в работах [3-5] отмечается синергизм свойств смеси цвиттерионного и анионного ПАВ.

В качестве объектов исследования в данной работе использовались ПАВ двух типов: цвиттерионного (оксид амина) и анионного (сульфонол – алкилбензолсульфонат натрия). Оба образца ПАВ являются продуктами производства отечественных компаний и доступны на рынке. Исследование реологических свойств смешанных водных растворов ПАВ осуществлялось на ротационном вискозиметре M5600 Grace Instrument Rheometer с использованием системы коаксиальных цилиндров.

В работе проведена серия экспериментов с изменением соотношения оксида амина и сульфонола в общей смеси ПАВ, концентрация которой поддерживалась в исследуемом растворе на уровне 7,5 % масс. Полученные результаты представлены в виде зависимости эффективной вязкости растворов от скорости сдвига на рисунке.

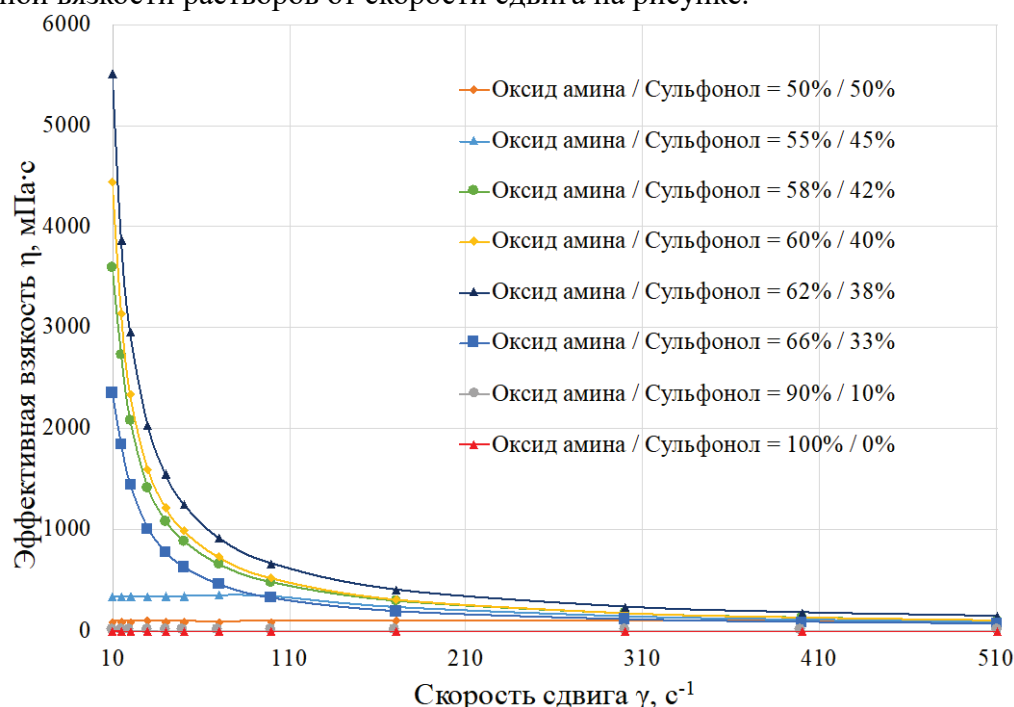


Рисунок – Зависимость эффективной вязкости смешанных водных растворов оксида амина и сульфонола от скорости сдвига (общая концентрация ПАВ 7,5 % масс.)

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что наблюдается синергетический эффект в значительном росте вязкости при совместном присутствии оксида амина и сульфонола в водном растворе. Причем наибольшей эффективной вязкостью обладает водный раствор смеси ПАВ при соотношении оксид амин : сульфонол равном 62 % : 38 %.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методики и проведение в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина синтеза новых отечественных цвиттерионных ПАВ, а также исследование свойств их водных растворов. Получение ПАВ планируется проводить на базе доступного и возобновляемого сырья. В силу текущих экономических и политических условий синтез новых ПАВ крайне важен для создания обширной отечественной базы химических реагентов для нефтегазодобычи.

Библиографический список

1. Беспалимерная технологическая жидкость для гидроразрыва пласта на основе вязкоупругих поверхностно-активных веществ / М. А. Силин, Л. А. Магадова, Д. Н. Малкин [и др.] // Территория Нефтегаз. – 2017. – № 5. – С. 36-44.
2. Chen J. et al. Rheological behavior of a novel fracturing fluid formed from amine oxide surfactants // Journal of Surfactants and Detergents. 2022. Vol. 25. No. 5. P. 601-612.
3. Курашов Д. А., Башкирцева Н. Ю., Дияров И. Н. // Реологические свойства смешанных мицеллярных растворов цвиттерионного и анионного ПАВ // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 4. – С. 260-267.
4. Rozanska S., Warmbier E., Wagner P., Rozanski J. Structural changes of viscoelastic solutions of zwitterionic and anionic surfactant mixtures under the influence of simple salt // Chemical and Process Engineering: New Frontiers. 2023. Vol. 44, No 2.
5. Сафонова Е. А. // Структура и реология смешанных мицеллярных растворов додецилсульфата натрия и додецилдиметиламинооксида // Журнал физической химии. – 2006. - Т. 80, № 6. – С. 1046-1052.

ПОЛУЧЕНИЕ И ТАУТОМЕРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ С-ЗАМЕЩЕННЫХ ДИАЗОНИНОВ

Михайлов В. В.¹, Мелькова Д. А.^{1,2}, Анисимова Н. А.^{1,2}

¹РГПУ им. А. И. Герцена

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна

e-mail: valeriy-mikhailov@yandex.ru

PREPARATION AND TAUTOMERIC TRANSFORMATIONS OF C-SUBSTITUTED DIAZONINES

Mikhailov V. V.¹, Melkova D. A.^{1,2}, Anisimova N. A.^{1,2}

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia

² St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design

Взаимодействием 2,2,4,11,11,13-гексаметил-1,5,10,14-тетраазациклооктадека-4,13-диена с хлорангидридами уксусной и хлоруксусной кислот получены С-замещенные 1,5-дiazонины. Их строение охарактеризовано методами ИК, ЯМР ¹H, ¹³C спектроскопии с привлечением двумерных экспериментов ¹H-¹³C HMQC, HMBC, ¹H-¹H COSY.

Ключевые слова: азамакроциклические соединения, diaзонины, хлорангидриды карбоновых кислот.

Гетероциклы среднего размера – diaзонины широко распространены в природе; они являются структурными фрагментами биологически активных природных соединений (рис. 1). По этой причине их можно рассматривать в качестве прекурсоров перспективных лекарственных средств [1].

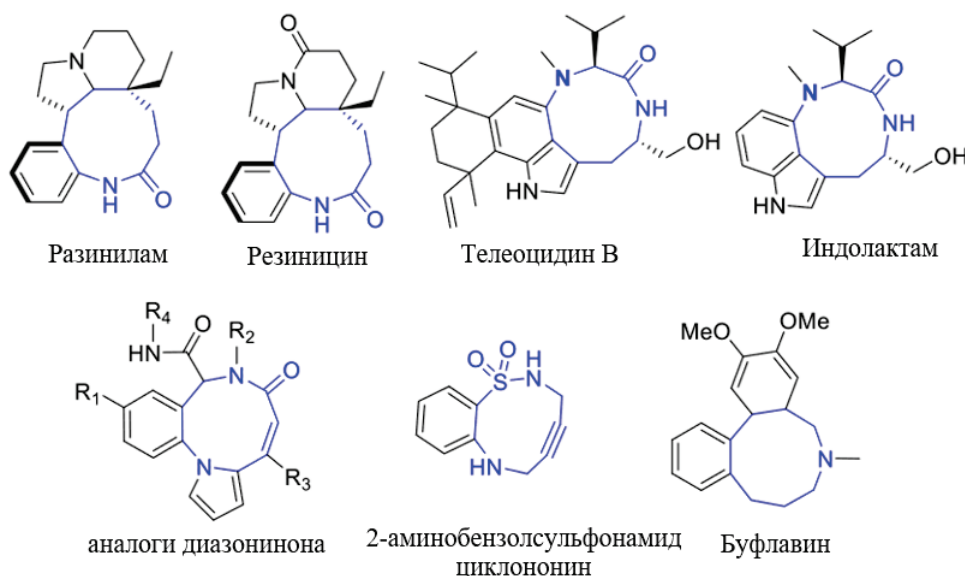


Рисунок 1 – Схема природных соединений, содержащих diaзониновый фрагмент

Действительно, синтезированные производные diaзонинов оправдали ожидаемые результаты. Так, С- и N-замещенные бензоконденсированные diaзонины **1,2** оказались высокоэффективными активаторами ПКС (протеинкиназы С), что позволяет рассматривать их в качестве эффективных средств для лечения болезни Альцгеймера.

Индолактамы **3,4** (производные телеоцидина В) – являются промоторами опухолей, стимулируют их образование у животных, поэтому являются важными объектами (моделями) для исследований в области молекулярной биологии и биологии рака [2-4].

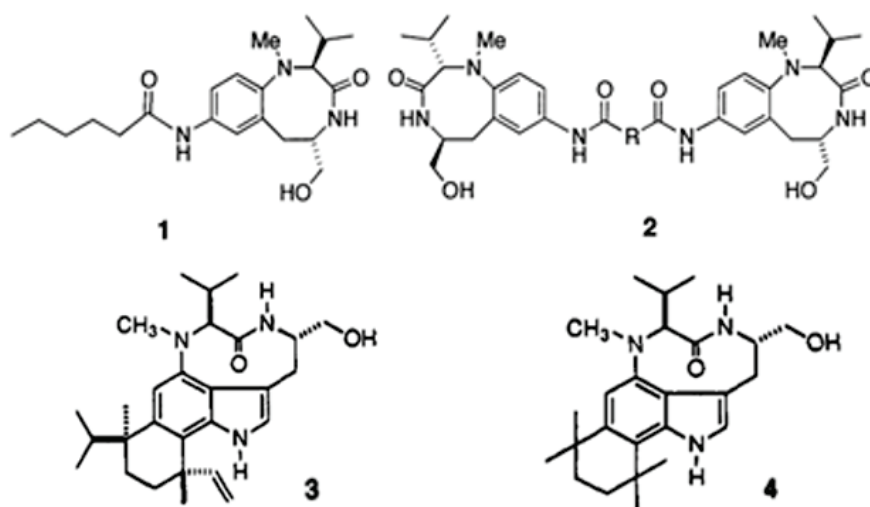


Рисунок 2 – Схема представителей синтетических производных диазонинов

Нами исследовано взаимодействие 18-членного азамacroциклического соединения с хлорангидридами уксусной и хлоруксусной кислот. Показано, что в обоих случаях реакции завершаются образованием соответствующих С-ацилзамещенных 9-членных азамacroциклов – диазонинов **I, II**. Формирование последних, по-видимому, можно объяснить гидролизом азометиновой связи в первоначально образующемся 18-членном продукте конденсации под действием выделяющейся в процессе реакции соляной кислоты.

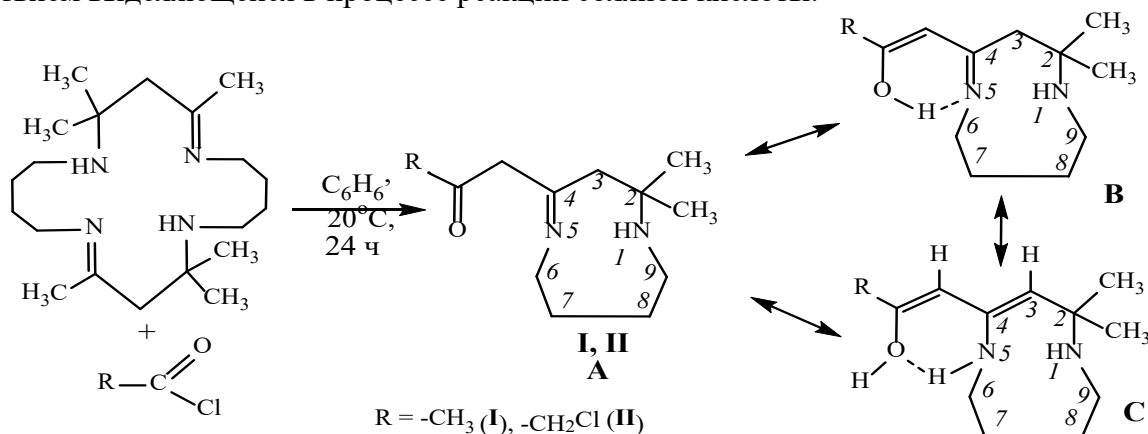


Рисунок 3 – Схема реакции 18-членного азамacroцикла с хлорангидридами карбоновых кислот

В отличие от диазонинов, описанных в литературе [1-3], стабилизированных путем их конденсации с бензольным или индольным кольцом, исследуемые нами диазонины **I, II** являются «структурно подвижными» соединениями за счет инверсии цикла. Кроме того, наличие в их составе метиленового фрагмента, расположенного между кето- и иминогруппами, приводит к таутомерным превращениям (**A-C**), которые мы наблюдали путем исследования полученных диазонинов в растворах CD_3OD и CDCl_3 . Нами показано, что в растворе CDCl_3 полученные диазонины **I, II** преимущественно существуют в енамин-енольной форме **C**, о чем свидетельствуют данные спектров ЯМР¹H этих соединений. В них присутствуют сигналы протонов всех структурных фрагментов молекулы. Наиболее

информативными из них оказались интенсивные сигналы олефиновых протонов ациклического и циклического фрагментов молекулы при 5.10 и 4.80 м.д. соответственно (рис.4). Имин-кетонная и имин-енольная формы (**A** и **B** соответственно), согласно данным ЯМР¹H спектроскопии, фиксируются в растворе в следовых количествах (не более 5-8 %) в первые 30 мин снятия спектра диазонинов. О присутствии таутомеров **A** и **B** в растворе CDCl₃ свидетельствует наличие сигналов двух метиленовых групп цикла ³CH₂ этих таутомеров, а также двойной набор характеристических сигналов протонов метиленовых групп, расположенных у атомов азота ⁶CH₂-N=CH- и ⁹CH₂-NH-, которые полностью исчезают после выдержки исследуемого образца в течение часа. Таутомеры **C** диазонинов **I**, **II** получены в индивидуальном виде, о чем свидетельствуют данные ЯМР¹H спектроскопии (рис. 4).

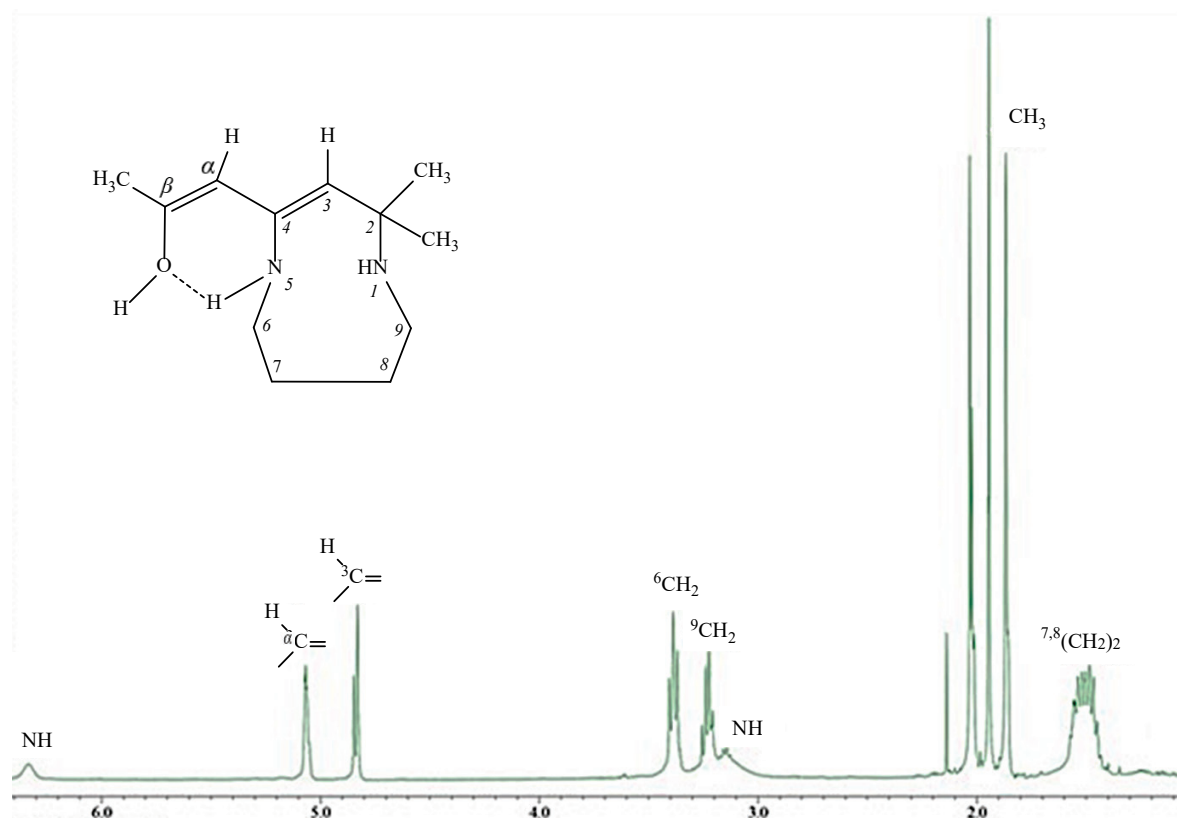


Рисунок 4 – Спектр ЯМР ¹H диазонины **IC** (в CDCl₃)

Большая устойчивость енамин-енольной **C** формы, по-видимому, обусловлена сопряжением кратных связей ациклического и циклического фрагментов, а также возникновением внутримолекулярной водородной связи между гидроксильной и аминогруппами молекулы.

Строение синтезированных соединений установлено с использованием комплекса современных физико-химических методов исследования ИК, ЯМР ¹H, ¹³C спектроскопии и двумерных гетероядерных экспериментов ЯМР ¹H-¹³C HMQC, HMBC, ¹H-¹H COSY.

Библиографический список

1. Motakatla N., Sathananthan K., Ponnusamy S. // Tetrahedron Letters. 2019. V. 60, No 43. P. 151163-151167.
2. Sridhar J., Nowak I., Lewin N. E., Ayres J. A., Pearce L. V., Blumberg P. M., Kozikowski A. // Journal of Medicinal Chemistry. 2003. V. 46, No 19. P. 4196-4204.
3. Kazuhiro I., Tomomi I. // J. Am. Chem. Soc. 1996. V. 118, No 44. P. 10733-10743.
4. Webb II R. R., Venuti M. C., Eigenbrot C. // J. Org. Chem. 1991. V. 56, No 15. P. 4706-4713.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И ОЦЕНКИ ИХ БИОРАЗЛАГАЕМОСТИ

Одемчук Д. В., Надуев А. А., Аксенова С. В.
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
e-mail: Lara.a8@yandex.ru

RELEVANCE OF DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE INHIBITORS OF SALT DEPOSITS AND ASSESSMENT OF THEIR BIODEGRADABILITY

Odemchuk D. V., Naduev A. A., Aksenova S. V.
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

Образование солеотложений является очень распространенной и серьезной проблемой в нефтегазодобывающей промышленности. Для борьбы с этим осложнением применяются различные типы химических веществ, называемых ингибиторами солеотложений, которые обладают различной эффективностью ингибирования по отношению к определенным солям и составляющих их ионам. Сегодня известно огромное количество ингибирующих композиций, в том числе фосфорсодержащие соединения, обладающие высокой эффективностью ингибирования, но в то же время являющиеся токсичными и опасными для окружающей среды. В работе рассматриваются различные экологически биоразлагаемые ингибиторы солеотложений, а также стандарты по определению биоразлагаемости химических реагентов.

Ключевые слова: ингибиторы солеотложений, нефтепромысловые реагенты, биоразлагаемые реагенты, экологическая безопасность, труднорастворимые соединения.

Основным условием для образования солеотложений является перенасыщенность их растворов в попутно-добываемой воде. При изменениях температуры и давления, а также смешения химически несовместимых вод в процессе движения водонефтяного потока по стволу скважины и в системе сбора и подготовки нефти происходит выпадение нерастворимых осадков солей. Солеотложениями, встречающимися в системах добычи, сбора, транспортировки и подготовки нефти, являются такие труднорастворимые соединения, как кальцит CaCO_3 , ангидрит CaSO_4 , гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, сидерит FeCO_3 , барит BaSO_4 , целестин SrSO_4 , пирит FeS_2 . Образование солеотложений является серьезной проблемой как для внутрискважинного, так и для наземного нефтепромыслового оборудования. В связи с этим возрастает актуальность проблемы создания новых эффективных способов борьбы с солеотложениями, в частности химических [1].

Химические методы основаны на применении ингибиторов солеотложений (ИСО), способных резко снизить скорость роста кристаллов солей [2].

Одними из самых распространенных ИСО являются фосфорорганические соединения: оксиэтилидендифосфовая кислота (ОЭДФ), нитрилотриметилфосфовая кислота (НТФ), 2-фосфобутан-1,2,4-трикарбоновая кислота (ФБТК) или их соли. Однако основным недостатком фосфорсодержащих ингибиторов солеотложений является их высокая токсичность, что влечет за собой большую экологическую угрозу для окружающей среды. Решением этой проблемы является создание нетоксичных, экологичных и высокоэффективных биоразлагаемых ИСО [3].

Основной мировой тенденцией в разработке ИСО является создание новых полимерных биоразлагаемых реагентов. Существуют различные исследования, посвященные синтезу сополимеров на основе полиаспарагиновой, полиэпоксисукциновой и полималеиновой кислот, карбоксиметил инулина и исследованию их способности проявлять ингибирующие свойства при различных концентрациях, температурах и давлениях. Однако следует отметить,

что новые биоразлагаемые ИСО не всегда оказываются достаточно эффективными при борьбе с солеотложениями [3, 4].

Также известно, что Na-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ) может образовывать достаточно устойчивые комплексы с ионами Ca^{2+} за счет содержания большого количества функциональных групп, включая гидроксильные, карбоксильные, что приводит к хорошему хелатирующему и диспергирующему эффектам [5]. ИСО на основе КМЦ обладают хорошими физико-химическими свойствами, термостабильностью и биоразлагаемостью, широко доступны и недороги, что делает их перспективными соединениями для создания «зеленых» ИСО. Исследования этаноламмонийных солей КМЦ показывают, что эффективность ингибирования осаждения карбоната кальция при концентрации полисахаридов 10 мг/л снижается в ряду: моноэтанолламмонийная (80 %), диэтанолламмонийная (60 %), триэтанолламмонийная (53 %) и натриевая соль КМЦ (42 %) [6]. Достаточной эффективностью для использования в качестве ИСО также обладает гидроксипропилцеллюлоза (ГЭЦ) [7].

В настоящее время существует несколько стандартов, которые широко используются для определения биоразлагаемости химических реагентов. Биоразложение основано на способности микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата многие органические и некоторые неорганические соединения. В процессе биологической очистки формируются биоценозы микроорганизмов (активный ил), состав которых зависит от условий проведения процесса и характера примесей. Существующие методы определения биоразлагаемости можно разделить на несколько групп, в зависимости от того, какой принцип лежит в основе расчета степени биоразлагаемости:

- по определению количества выделяющегося CO_2 в процессе окисления тестируемого соединения (OECD310, ISO 14593, ГОСТ 32427 Метод В (OECD 301 В));
- по поглощению растворенного органического углерода (РОУ) (ГОСТ 32427 Метод А (OECD 301 А), ГОСТ 32427 Метод Е (OECD 301 Е), OECD 302 В, ISO 7827);
- по определению количества кислорода, потребляемого организмами в процессе разложения вещества (ГОСТ 32427 Метод С (OECD 301 С), ГОСТ 32427 Метод D (OECD 301 D), ГОСТ 32427 Метод F (OECD 301 F));
- по увеличению давления углекислого газа и метана (OECD 311, ISO 11734).

Наиболее простой в исполнении в рамках лабораторных исследований и интерпретации результатов и не требующей сложного анализа результатов является методика ГОСТ 32427 Метод D (OECD 301 D). Значение биоразлагаемости тестируемого вещества вычисляется на основании количества кислорода, потребляемого при биохимическом окислении (БПК) исследуемого вещества микроорганизмами в аэробных условиях и теоретического количества потребляемого кислорода, которое показывает общее количество кислорода, необходимое для полного окисления исследуемого химического вещества.

На основании литературного обзора было установлено, что в качестве основы для биоразлагаемых ИСО могут успешно применяться различные биополимеры. Был проведен обзор существующих методик оценки биоразлагаемости. В рамках дальнейшей работы планируется разработка и исследование композиции «зеленого» ИСО для применения в системах добычи, сбора, транспортировки и подготовки нефти с определением биоразлагаемости, как одного из важнейших показателей для химических реагентов в связи с ужесточением экологической политики в области нефтепромысловой химии.

Библиографический список

1. Маркин А. Н., Низамов Р. Э., Суховерхов С. В. Нефтепромысловая химия: практическое руководство. – Владивосток: Дальнаука, 2011. – 288 с.
2. Бриков А. В., Маркин А. Н. Нефтепромысловая химия: практическое руководство по борьбе с образованием солей. – М.: ДеЛибри, 2018. – 335 с.

3. Husna U. Z. et al. A review: the utilization potency of biopolymer as an eco-friendly scale inhibitors // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2022. Т. 12. No. 4. С. 1075-1094.
4. Popov K. I. et al. Recent state-of-the-art of biodegradable scale inhibitors for cooling-water treatment applications // Thermal Engineering. 2016. Т. 63. No 2. С. 122-129.
5. Фахреева А. В. и др. О влиянии натрий-карбоксиметилцеллюлозы на ингибирование солеотложения карбоната и сульфата кальция // Журнал прикладной химии. – 2016. – Т. 89, №. 12. – С. 1541-1545.
6. Фахреева А. В. и др. Синтез этаноламмонийных солей карбоксиметилцеллюлозы и их влияние на ингибирование солеотложения карбоната кальция // Башкирский химический журнал. – 2020. – Т. 27, №. 2. – С. 20-26.
7. Husna U. Z. et al. Laboratory Study on the Use of Novel Biodegradable Scale Inhibitors Against Mixed Calcium Carbonate and Calcium Sulfate Scale // Offshore Technology Conference Asia. OTC, 2022.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТА КСИЛАЗА В ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Одинцова С. Е., Светлолобов А. Ю., Тараченкова М. Н., Липин В. А.
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: svetla1209@gmail.com

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE XYLANASE ENZYME IN THE PRETREATMENT OF CELLULOSE

Odincova S. E., Svetlolobov A. Yu., Tarachenkova M. N., Lipin V. A.
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Исследование по изучению влияния фермента на целлюлозу в процессе предварительной обработки показало, что фермент ксиланазы при небольших концентрациях (до 0,05 %) не влияет на выход редуцирующих веществ, но приводит к снижению числа Каппа. Эти результаты позволяют использовать фермент ксиланазы в дальнейшем при обработке целлюлозы перед отбелкой без химических потерь и с улучшением качества продукта.

Ключевые слова: ферментативная обработка целлюлозы, фермент ксиланазы, число Каппа, гемицеллюлозы, редуцирующие вещества.

Ферментативная обработка целлюлозы перед отбелкой является проявлением зеленых технологий. Данный этап отбелки целлюлозы все чаще используется на производстве. Одним из применяемых ферментов является ксиланазы. Многие предприятия, производящие беленую сульфатную целлюлозу, используют ксиланазы [1].

Использование ксиланаз перед отбеливанием ускоряет удаление лигнина из целлюлозы и позволяет сократить количество химикатов, необходимых для делигнификации и отбеливания, включая хлорсодержащие реагенты. Частичное разрушение адсорбированного ксилана играет важную роль, обеспечивая более легкий доступ реагентов к лигнину в целлюлозе. Улучшение белизны целлюлозы достигается удалением менее 10 % остаточного ксилана из сульфатной целлюлозы. Предполагается, что разрушение связей между ксиланом и лигнином способствует высвобождению остаточного лигнина в раствор. Уменьшение количества лигнина в сульфатной целлюлозе напрямую влияет на снижение расхода отбеливающих реагентов. Делигнификация целлюлозы проявляется уменьшением числа Каппа и увеличением содержания лигнина в фильтрате. Высокая средняя молекулярная масса лигнина, растворенного после ферментной обработки, указывает на то, что происходит разложение лигноуглеводных комплексов с высоким содержанием лигнина [2].

В процессе отбелки гексенуриновые кислоты наряду с лигнином участвуют в реакциях с отбеливающими реагентами. Снижение количества гексенуриновых кислот в целлюлозе после ксиланазной обработки происходит в результате удаления фрагментов ксилана, содержащих такие группы. Олигосахариды с остатками гексенуриновых кислот обнаружены в растворе после ксиланазной обработки целлюлозы. Применение ксиланаз улучшает такие характеристики сточных вод производства беленой целлюлозы, как содержание органически связанного хлора и цветность. Однако в ранее выполненных работах отмечалось, что разрушение ксилана под действием ксиланазы имеют место химические потери гемицеллюлоз, что может приводить к снижению выхода целлюлозы [3-5].

Целью исследования являлось определение влияния фермента на целлюлозу в процессе предварительной обработки. Объектами исследования являлись фильтраты после обработки целлюлозы ферментом ксиланазы и образцы целлюлозы после обработки и отбелки целлюлозы. Ферментативная обработка проводилась при различных концентрациях 0,0125, 0,025, 0,05, 0,1, 0,5, 1% ферментативного препарата ксиланазы активностью 22,4 ед. При

анализе фильтратов определялось количество редуцирующих веществ, определяемое методом Макэна и Шоорля [6].

Из полученных результатов следует, что при концентрациях до 0,05 % содержание редуцирующих веществ в фильтратах минимальное или равнялось 0. Далее наблюдался скачок без последующего роста. Максимальное количество редуцирующих веществ составляло 0,9 %об. Наблюдается ресорбция после концентрации 0,5 %, что, предположительно, связано с сорбцией сахаров под воздействием значительного количества ксиланазы на гексеуроновые кислоты, гемицеллюлоз и лигнин. По мере растворения этих веществ происходит их сорбция на целлюлозе, что приводит к увеличению количества гемицеллюлоз.

При анализе целлюлозы использовались метод определения числа Каппа по ИСО 302-81 [6]. Наблюдалось значительное снижение числа Каппа с 28 ед. до 19,5 ед. при концентрациях до 0,05 % ферментативного препарата. Дальнейший скачок не выявлен, минимальное значение числа Каппа составило 18,9 ед.

Таким образом, фермент ксиланазы в процессе обработки целлюлозы при небольших концентрациях (до 0,05 % ферментативного препарата) не приводит к уменьшению выхода редуцирующих веществ, т. е. не происходит химических потерь, при этом наблюдается снижение числа Каппа, что позволяет использовать данный фермент в дальнейшем при отбелке целлюлозы.

Библиографический список

1. Jiaa L., Gonçalves G.A, Takasugia Y, Moria Y, Nodab Sh., Tanakac Ts, Ichinosed H., Kamiya N. Pretreatment affects profits from xylanase during enzymatic saccharification of corn stover through changing the interaction between lignin and xylanase protein // *Front Microbiol.* 2021. Vol. 12. No. 754593. DOI:10.3389/fmicb.2021.754593
2. Nimchua T., Sukyai P. Effect of xylanase-assisted pretreatment on the properties of cellulose and regenerated cellulose films from sugarcane bagasse *International Journal of Biological Macromolecules.* 2019. Vol. 122. P. 503-516. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2018.10.191.
3. Комарова Г. В., Комаров В. И., Миловидова Л. А., Королева Т. А. Влияние предварительных перед отбелкой кислых обработок на изменение числа Каппа на удаление гексенуриновых кислот лиственной сульфатной целлюлозы // *Международный молодежный экологический форум стран Баренцева региона.* – Архангельск, 2001. – С. 184 -185.
4. Buchert J., Bergnor E., Lindblad G. Significance of xylan and glucomannan in the brightness reversion of kraft pulps // *Tappi J.* 1997. Vol. 80, No. 6. P. 165-170.
5. Аксенов А. С., Чухчин Д. Г., Новожилов Е. В., Беневоленский С. В., Чулкин А. М. Влияние фракций ферментных препаратов ксиланаз на белимость сульфатной целлюлозы // *Известия ВУЗов. Лесной журнал.* – 2007. – № 2. – С. 90-96.
6. ИСО 302-81. Целлюлоза и полуцеллюлоза. Метод определения числа Каппа. Постановление Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 09.01.74. N 5409. Дата введения 1975-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017952> (дата обращения: 13.03.2024). – Текст: электронный.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Радин М. А.¹, Кремнев Д. В.²

¹Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет

²Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
e-mail: a7162319@ya.ru

THERMODYNAMIC MODELING OF MULTICOMPONENT SYSTEMS

Radin M. A.¹, Kremnev D. V.²

¹Saint Petersburg State Chemical Pharmaceutical University

²Saint Petersburg State Technological Institute (Technical University)

В данной работе рассматривается исследование фазового и химического состава многокомпонентных систем методом термодинамического моделирования на примере синтеза керамического материала заданного состава.

Ключевые слова: термодинамическое моделирование, фазово-химический состав, синтез материалов, керамика, ПО для химических расчетов.

Современная химическая технология часто имеет дело с многокомпонентными системами. Это непосредственно процессы синтеза материалов (стекол, огнеупоров, цемента, керамики и пр.), нанесение покрытий на различные материалы, побочные процессы (коррозия в охлаждающих трубопроводах, образование отложений при добыче нефти и пр.) и многие другие.

Исследование многокомпонентных систем в условиях их синтеза и эксплуатации является актуальной и вместе с тем довольно сложной задачей, важной, в том числе, и с точки зрения экологической безопасности. В данной работе мы приведем результаты исследования керамического материала, как одного из представителей таких систем.

Керамика представляет собой композиционный материал, количество компонентов которого может достигать до 10-12 и более. Современные исследования процессов, происходящих при синтезе керамики, можно разделить на экспериментальные и расчетные. Среди экспериментальных методов, в свою очередь, можно выделить составление диаграмм состояния и плавкости систем [1] и исследования состава [2] (ЯГР спектроскопия, рентгенография и пр.). Первые сильно ограничивают компонентность исследуемых систем, вторые не позволяют выявить полный фазово-химический состав материала (в т.ч. вследствие наличия аморфной фазы). Кроме того, экспериментальные методы высокочувствительны с точки зрения стоимости и времени.

Методы математического планирования эксперимента [3] позволяют решать задачи получения заданных свойств готового материала, однако имеют ограничения на составы исходных компонентов и также требуют больших затрат времени.

Применение методов термодинамического моделирования фазово-химического состава многокомпонентных систем позволяет расчетным путем исследовать процессы, протекающие при синтезе и эксплуатации материалов.

Используемый нами метод моделирования не имеет ограничений на количество компонентов и диапазон параметров состояния исследуемых систем. Он был разработан на кафедре Физической химии Санкт-Петербургского государственного технологического института под руководством д. х. н., проф. Александра Арсеньевича Слободова.

Метод основан на минимизации энергии Гиббса (G) многокомпонентной системы с учетом условий материального баланса (n_j^0 – количество молей элемента j , которое определяется количеством веществ, из которых первоначально состояла система; M –

количество химических элементов в системе; N – количество всех соединений, способных образовываться в системе):

$$\begin{cases} G \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^N a_{i,j} n_i = n_j^0, j \in 1:M \\ n_i \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Решение системы (1) осуществляется численными методами. Результатом решения является искомый равновесный состав системы.

Разработанный метод позволяет учитывать возможности образования газовых и конденсированных растворов в системе, что дает возможность производить моделирование реальных систем в различных условиях синтеза и эксплуатации и выявлять суть происходящих фазовых и химических превращений, а также способы влияния на них. Метод показал свою эффективность для исследования широкого спектра различных систем [4].

Нами было проведено термодинамическое моделирование равновесного состава черепка керамической плитки при температурах – от комнатной до 2300 К. Влагосодержание материала 0.5 мас. %. За состав окружающей атмосферы синтеза был принят стандартный состав воздуха. Количественный состав твердой фазы приведен в таблице. Результаты моделирования представлены на рисунках 1 и 2.

Таблица – Химический состав пресс-порошка черепка керамической плитки

В-во Кол-во	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃
мас. %	55,20	2,25	0,45	13,68	3,19	9,72	3,25	0,79	0,15	0,49
моль/кг	9,187	0,239	0,073	1,342	0,199	1,733	0,806	0,099	0,011	0,117

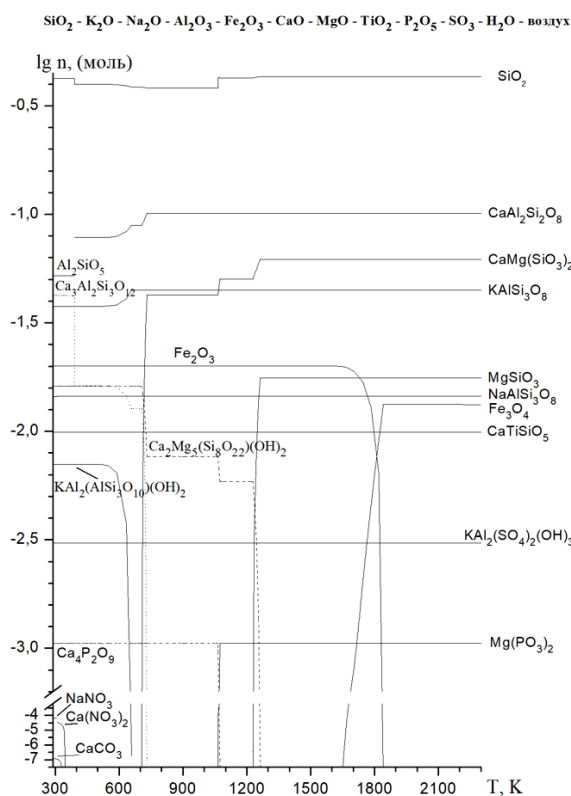


Рисунок 1 – Конденсированные фазы

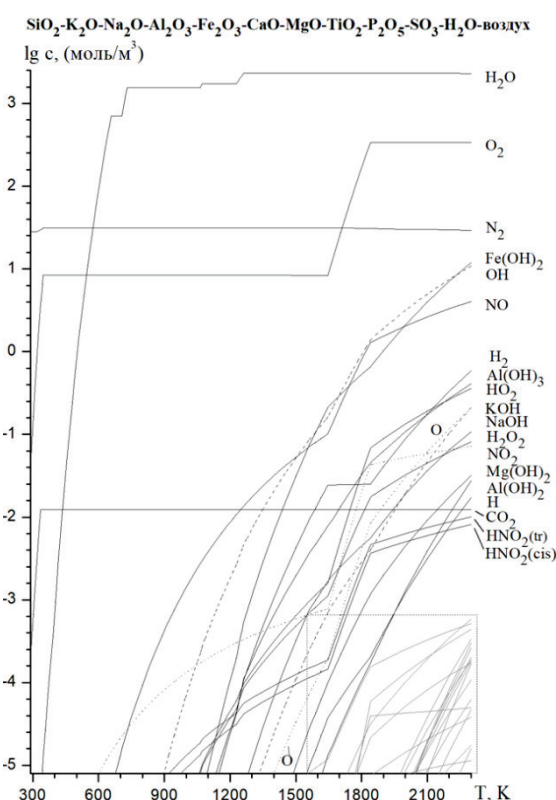


Рисунок 2 – Газовые фазы

Рисунок 1 показывает зависимость фазового состава керамического черепка от температуры. Данные по фазовому составу черепка позволяют выявить фазовые превращения в процессе синтеза и эксплуатации материала, что, в свою очередь, даст возможность предположить свойства готового изделия и пути влияния на них.

Рисунок 2 показывает зависимость химического состава газовой фазы от температуры. Данные по составу газовой фазы позволяют, в том числе, рассчитать качественный и количественный состав выбросов в атмосферу при производстве керамики заданного состава, что позволит выяснить влияние на окружающую среду.

Описанный метод термодинамического моделирования позволяет производить оперативные расчеты сложных многокомпонентных систем в широкой области параметров состояния. Это предоставляет широкие возможности для оптимизации различных существующих технологических процессов, а также создания новых инновационных процессов и материалов.

Библиографический список

1. Хорина, А. В. Оценка фазового состава черепной высокопрочной строительной керамики / А. В. Хорина, Т. И. Шелковникова, Е. В. Баранов // Вестник ИШ ДВФУ. – 2022. – № 1 (50). – С. 73-80.
2. Зубехин, А. П. Теоретические основы инновационных технологий строительной керамики / А. П. Зубехин, Н. Д. Яценко. // Строительные материалы. – 2014. – № 1-2. – С. 89-92.
3. Торлова, А. С. Разработка состава шихты для получения термостойкой керамики / А. С. Торлова, И. А. Виткалова, Е. С. Пикалов, О. Г. Селиванов // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 10. – С. 126-130.
4. Слободов, А. А. Возможности термодинамического моделирования фазово-химических превращений для условий переработки и синтеза высокодисперсных материалов / А. А. Слободов, Г. С. Яблонский, Р. В. Ралис [и др.] // Международный симпозиум «Нанозифика и наноматериалы», 27-28 сентября 2019 г.: сборник научных трудов. – СПб.: Горный университет, 2019. – С. 256-261.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ВЕГЕТАТИВНОЙ ЧАСТИ ТОПИНАМБУРА

Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: rita.romasheva@gmail.com

PROSPECTS FOR PROCESSING THE VEGETATIVE PART OF JERUSALEM ARTICHOKE

Romasheva M. M., Demyantseva E. Yu., Smith R. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Исследование проведено с целью оценки потенциала использования топинамбура для производства микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) в России. Для этого был проведен анализ стеблей топинамбура, собранных в Санкт-Петербурге, который показал высокое содержание целлюлозы и других полезных веществ. После гидролиза было установлено, что полученный гидролизат содержит высокое количество сахаридов, что позволило получить молочную кислоту. Результаты исследования показывают потенциал топинамбура для производства МКЦ и могут способствовать дальнейшему развитию этой области.

Ключевые слова: микрокристаллическая целлюлоза, топинамбур (Helianthus tuberosus), кислотный гидролиз.

В соответствии с данными консалтинговых агентств ООО «Профессиональные комплексные решения» и «DISCOVERY Research Group», объем рынка микрокристаллической целлюлозы (МКЦ) в России в 2022 году вырос на 21 % и достиг 3 778,3 тонны [1,2]. Большая часть поставщиков представлена зарубежными компаниями. В связи с этим использование сельскохозяйственных отходов локального производства для получения МКЦ является целесообразным. Учитывая быстрое увеличение зеленой массы этого растения и его несложное выращивание [3], таким сырьем может стать топинамбур. Полная переработка топинамбура позволяет получать не только спирты и инулин из клубней, но и целлюлозные полуфабрикаты [4], микрокристаллическую целлюлозу.

В рамках исследования были использованы стебли топинамбура, собранные после естественного засыхания в октябре 2022 года в Санкт-Петербурге. Анализ показал, что содержание легко- и сложногидролизуемых веществ составляет соответственно 3 % и 5 %, дихлорметаном экстрагируются 2 % веществ, при этом содержание лигнина по методу Комарова составляет 29 %, а целлюлозы по методу Кюршнеру – 62 %. Предварительные исследования показали, что получение МКЦ из стеблей напрямую не оптимально в связи с высоким содержанием лигнина и высокой степенью полимеризации [5], то для получения МКЦ использовалась сердцевина стеблей ввиду высокого содержания α -целлюлозы [6]. Для удаления сахаров, образующих комплексы с целлюлозой [6], проводилось экстрагирование горячей дистиллированной водой при температуре 100 °С в течение 1 часа. Стебли измельчили в роторном дезинтеграторе и подвергли гидролизу 4 н серной кислотой при гидромодуле 1:10 при температуре 100 °С. Полученные после экстракции и гидролиза растворы подвергли брожению с помощью *Saccharomyces cerevisiae* для получения молочной кислоты. Выход порошкового материала составил 74 %. Отработанные растворы после гидролиза содержали 6,3 % редуцирующих веществ: моно-, ди- и олигосахаридов, что позволило получить молочную кислоту.

Таким образом, данные результаты указывают на потенциал использования топинамбура в производстве МКЦ. Дальнейшие исследования в этой области помогут расширить знания о

возможностях использования растений для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Библиографический список

- 1 Рынок микрокристаллической целлюлозы в России // prcs.ru. – URL: <https://prcs.ru/analytics-article/rynok-mikrokristallicheskoj-cellyulozy/> (дата обращения: 24.03.2024).
2. Анализ рынка микрокристаллической целлюлозы в России // drgroup.ru – URL: https://drgroup.ru/components/com_jshopping/files/demo_products/Otchet_DEMO_Analiz_rynka_mikrokristallicheskoj_tsellyulozy_v_Rossii-22.pdf (дата обращения: 24.03.2024).
3. Элмуродов, А. А. Особенности технологии возделывания топинамбура в условиях Зарафшанской долины / А. А. Элмуродов // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Пенза, 12 декабря 2016 года. – Пенза: «Наука и Просвещение» (ИП Гуляев Г.Ю.), 2016. – С. 44-50.
4. Ромашева, М. М. Влияние предварительной обработки недревесного растительного сырья на характеристики целлюлозного полуфабриката / М. М. Ромашева, Е. Ю. Демьянцева, Р. А. Смит // Неделя науки-2023: сборник тезисов XIII научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (с международным участием) в рамках мероприятий 2023 года по проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий, Санкт-Петербург, 11–13 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), 2023. – 238 с.
5. Ромашева М. М, Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А. Получение и основные физико-химические свойства порошковой целлюлозы из однолетнего травянистого растения *helianthus tuberosus* // Современные проблемы науки о полимерах. – 2023. – 308 с.
6. Никифорова Т. Е., Козлов В. А. Закономерности влияния природы полисахаридных материалов на распределение ионов тяжелых металлов в гетерофазной системе биосорбент–водный раствор // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2016. – Т. 52, № 3. – С. 243-271.

**СИНТЕЗ НОВЫХ БИС- α -ХЛОР-
И ХЛОРАЦЕТОКСИПРОИЗВОДНЫХ ДИАЛКИЛФОСФОНАТОВ –
ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

Рудаков А. С., Александрова Е. А., Кудрявцева Е. И., Тришин Ю. Г.
*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*
e-mail: arudakov19@gmail.com

**SYNTHESIS OF NOVEL BIS- α -CHLORO-
AND CHLOROACETOXY DERIVATIVES OF DIALKYLPHOSPHONATES AS
PRECURSORS
OF MACROCYCLIC COMPOUNDS**

Rudakov A. S., Aleksandrova E. A., Kudryavtseva E. I., Trishin Yu. G.
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

С целью расширения ассортимента исходных веществ для получения макроциклических соединений, необходимых для создания супрамолекулярных систем, синтезированы новые бис- α -хлор- и (хлорацетокси)фосфонаты, строение которых доказано с помощью методов ИК, ЯМР ^1H , ^{13}C , ^{31}P спектроскопии.

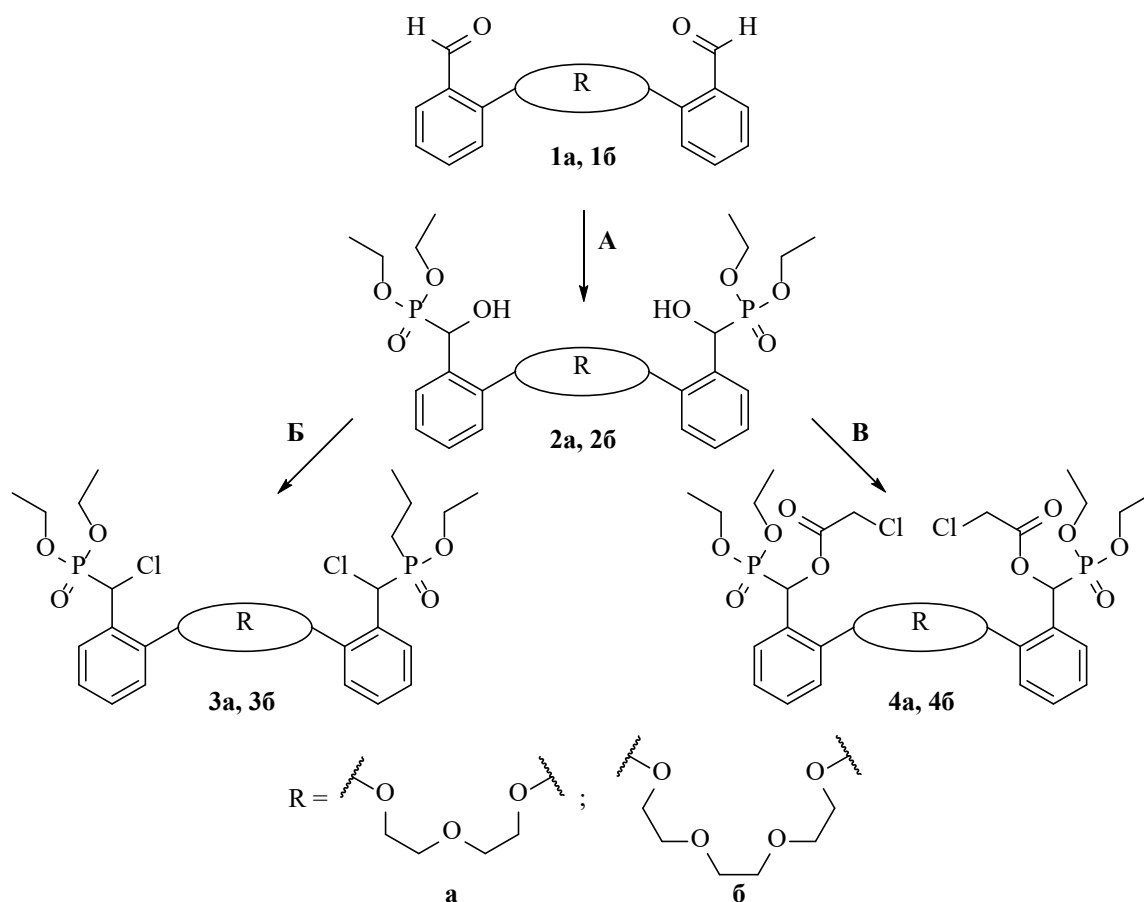
Ключевые слова: реакция Абрамова, бисфосфонаты, бис- α -гидроксифосфонаты, α -хлорфосфонаты, α -(хлорацетокси)фосфонаты.

На кафедре органической химии СПбГУПТД активно ведется разработка методов получения макроциклических соединений, необходимых для создания супрамолекулярных систем.

Использование дикарбонильных соединений, полученных на основе двух молекул салицилового альдегида, которые сшиты различными O,S-содержащими спейсерами, благоприятствуют образованию макроциклических структур, подобных описанным в работах [1, 2].

Однако информация о получении макроциклов на основе α -гидроксифосфорильных соединений в литературе отсутствует. Ранее нами были получены бис- α -гидроксифосфорильные соединения типа **2** [3], которые могут найти применение как промежуточные соединения в синтезе макроциклов благодаря наличию двух свободных гидроксильных групп [4].

В данной работе осуществлено превращение бис- α -гидроксифосфонатов в α -хлор- и хлорацетоксильные производные, то есть произведена замена двух групп С-ОН на группы С-Cl и ОС(О)CH₂Cl (рис.) для возможного применения их в качестве дифункциональных реагентов иной природы в синтезе макроциклических соединений.



A: $(\text{EtO})_2\text{P}(\text{O})\text{H}$, MgO , дихлорметан, кипячение, аргон, 15 часов
Б: SOCl_2 , дихлорметан, т.комн., аргон, 24 часа
В: ClCH_2COCl , Et_3N , DMAP, дихлорметан, $0^\circ\text{C} \rightarrow \text{т.комн.}$, аргон, 24 часа

Рисунок – Схема превращения бис- α -гидроксифосфонатов **2a** и **2б**

Бисфосфонаты **2a**, **2б** получены действием 2.3 экв. диэтилфосфита на 1 экв. бисальдегидов **1a**, **1б** с гибкими линкерами **R** в присутствии оксида магния как катализатора (рис., путь **A**). Фосфонаты **2a**, **2б** содержат два хиральных атома углерода и в соответствии с данными спектров ЯМР ^1H , ^{13}C представляют собой смеси двух диастереомерных пар (*мезо*- и *рацемат*). Однако в ходе их обработки 2.1 экв. тионилхлорида (рис., путь **Б**) и 5 экв. хлорацетилхлорида (рис., путь **В**) образуются соединения **3a**, **3б** и **4a**, **4б** соответственно в виде одной из возможных изомерных форм.

Структура соединений **2**, **3** и **4** установлена с помощью данных спектроскопии ИК, ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{31}P , соотношение сигналов выполнено с помощью спектров ЯМР ^{13}C DEPT и двумерных ЯМР экспериментов ^1H - ^1H COSY, ^1H - ^{13}C HMBC и ^1H - ^{13}C HSQC.

Так, в спектрах ЯМР ^1H соединений **2a**, **2б** характерными являются сигналы метиновых атомов водорода группы $>\text{P}(\text{O})\text{-CH}<$, резонирующих в области δ 5.47-5.63 м.д. в виде двух дублетов с $\text{KCCB } ^2J_{\text{HP}}$ 10.8-12.8 Гц. В спектрах ЯМР ^{13}C сигналы атомов углерода этой группы фиксируются в области δ_{C} 64.13-66.48 м.д. и также представлены двумя дублетами ($^1J_{\text{CP}}$ 163.6-164.5 Гц). Сигналы атомов фосфора обоих бис- α -гидроксифосфонатов находятся в области δ_{P} 22.05-22.11 м.д.

Напротив, в спектрах ЯМР ^1H , ^{13}C продуктов **3a**, **3б** и **4a**, **4б** не обнаруживается удваивание сигналов рассматриваемой группировки P-CH , что свидетельствует об образовании единственной диастереомерной формы, а спектры ЯМР ^{31}P представлены единственными сигналами и смещены в более сильную область спектра относительно спектральных данных для **2a**, **2б** (**3a**, **3б** δ_{P} 18.05-18.10 м.д.; **4a**, **4б** δ_{P} 16.99-17.16 м.д.). Например, спектры ЯМР ^1H хлорфосфонатов **3a**, **3б** содержат сигналы протона группы $>\text{P}(\text{O})\text{-}$

СН<, которые смещены в чуть более слабое поле относительно того же сигнала в соединении **2a**, **2b** и представлены дублетами в области δ 5.66-5.71 м.д. ($^2J_{\text{HP}}$ 13.8 Гц). Химические сдвиги атомов водорода Р-СН хлорсодержащих сложных эфиров **4a**, **4b** находятся в области δ 6.77-6.84 м.д., сигналы имеют форму дублета ($^2J_{\text{HP}}$ 12.6 Гц).

Таким образом, на основе бис- α -гидроксифосфонатов синтезированы новые, содержащие реакционно-способную связь С-Cl, дифункциональные прекурсоры для получения макроциклических соединений.

Библиографический список

1. Naveen, S.A.B. An Entry into New Classes of Optically Active Aza-Oxo Polyether Macrocycles via the Ring Closing Metathesis-Based Macrocyclization / S.A.B. Naveen // *Tetrahedron Lett.* 2016. Vol. 57, No 50. P. 5690-5694.
2. Ashram, M. A. Convenient Synthesis of Novel 20-, 23-, and 26-Membered Macrocyclic Oxathiadibenzo- and Oxathiadinaphthalenocrown Ethers, Part 1 / M. Ashram // *Z. Naturforsch. B.* 2005. Vol. 60, No 8. P. 891-900.
3. Александрова, Е. А. Синтез бис- α -гидроксифосфиноксидов на платформе салицилового альдегида / Е. А. Александрова, Н. А. Пономарева, А. С. Рудаков [и др.] // *Журнал общей химии.* – 2023. – Т. 93, № 1. – С. 84-90.
4. Rádai, Z. α -Hydroxyphosphonates as versatile starting materials / Z. Rádai // *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.* 2019. Vol. 57, No. 4-6. P. 425-437.

АМИНИРОВАНИЕ ГАЛОГЕНАЦИЛПРОИЗВОДНЫХ N,O-МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Рыкова К. С., Поляшова А. А., Александрова Е. А., Тришин Ю. Г.
*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*
e-mail: rykova_k@list.ru

AMINATION OF N-HALOACYL DERIVATIVES OF N,O-MACROCYCLIC COMPOUNDS

Rykova K.S., Polyashova A.A., Aleksandrova E.A., Trishin Yu.G.
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

С целью получения новых макроциклических аммонийсодержащих катализаторов алкилирования взаимодействием аминов различного строения с галогенацилпроизводными N,O-макроциклических соединений получены ранее неизвестные соответствующие аммониевые соли гетероциклического строения.

Ключевые слова: макроциклические соединения, N-галогенацетилпроизводные, аминирование, аммониевые соли.

Среди многих эффективных и универсальных аммониевых катализаторов, разработанных к настоящему времени, перспективными являются макроциклические соединения с точно определенной структурой [1]. Использование соединений макроциклического типа в катализе с фазовым переносом было введено еще 1981 году, однако большинство работ в этой области относится исключительно к коронандам, каликсаренам и циклическим пептоидам. Таким образом, разработка новых макроциклических соединений, обладающих сродством к анионам и способных использоваться в катализе межфазового переноса, является актуальной задачей гетероциклической химии.

В данной работе в развитие исследований, проводимых на кафедре органической химии СПбГУПТД, в области гетероциклических соединений, осуществлен синтез новых аммониевых солей на основе галогенацильных N,O-макроциклических соединений. Такие соли потенциально способны выступать катализаторами межфазного переноса [2-4], что может послужить ценной альтернативой классическим аммониевым солям, бифункциональным катализаторам и макроциклическим соединениям, обладающим способностью распознавать катионы.

В результате ацилирования макроциклических аминов **1**, **2** хлорангидридом монохлоруксусной кислоты в присутствии триэтиламина (температура 0°C, атмосфера аргона, 4 часа, растворитель – безводный хлористый метилен) получены N-хлорацетилмакроциклические соединения **3**, **4** (рис. 1).

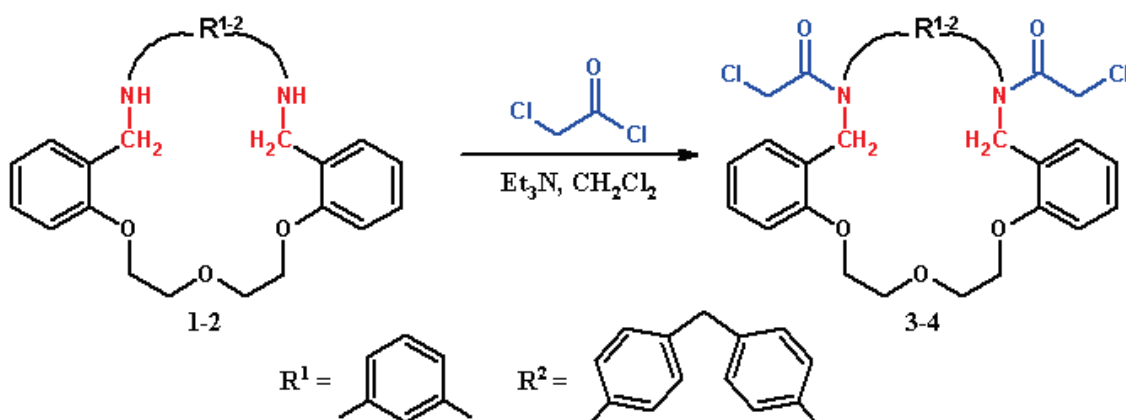


Рисунок 1 – Схема получения N-галогенацилпроизводных N,O-макроциклических соединений **3-4**

Взаимодействием макроциклических соединений **3, 4** с трибутиламином, циклогексиламином, гетероциклическими и гетероароматическими аминами **5-10** синтезированы соли четвертичного аммония **11-17**. Аминирование соединений **3, 4** осуществляли кипячением реакционной смеси в безводном тетрагидрофуране в течение 20-70 часов.

Полученные с выходами от 40 до 70 % макроциклические аммониевые соли **11-17** представляют собой твердые вещества светло-бежевого цвета, плохо растворимые в органических растворителях, ограниченно растворимые в воде.

Состав соединений **3, 4** подтвержден данными масс-спектрометрии. Строение соединений **3, 4** и **11-17** подтверждено данными ИК, ЯМР ^1H , ^{13}C спектроскопии.

Так, в спектре ЯМР ^1H образование соединений **11-17** подтверждается смещением сигнала метиленовых протонов группы $\text{NCH}_2\text{C}(\text{O})$ в более слабое поле по сравнению с их положением в группе CH_2Cl в исходных макроциклах **3, 4** (δ 3.37 м. д. и δ 3.69 м. д.): для циклогексиламина δ 3.73 м. д., гетероциклических аминов δ 3.76 м. д. (для соединений **13, 15**) и δ 3.87 м. д. (для соединения **14**) и гетероароматических аминов (соединения **16, 17**) δ 3.60 м. д., что характерно для метиленовых протонов, связанных с более электроноакцепторной группой.

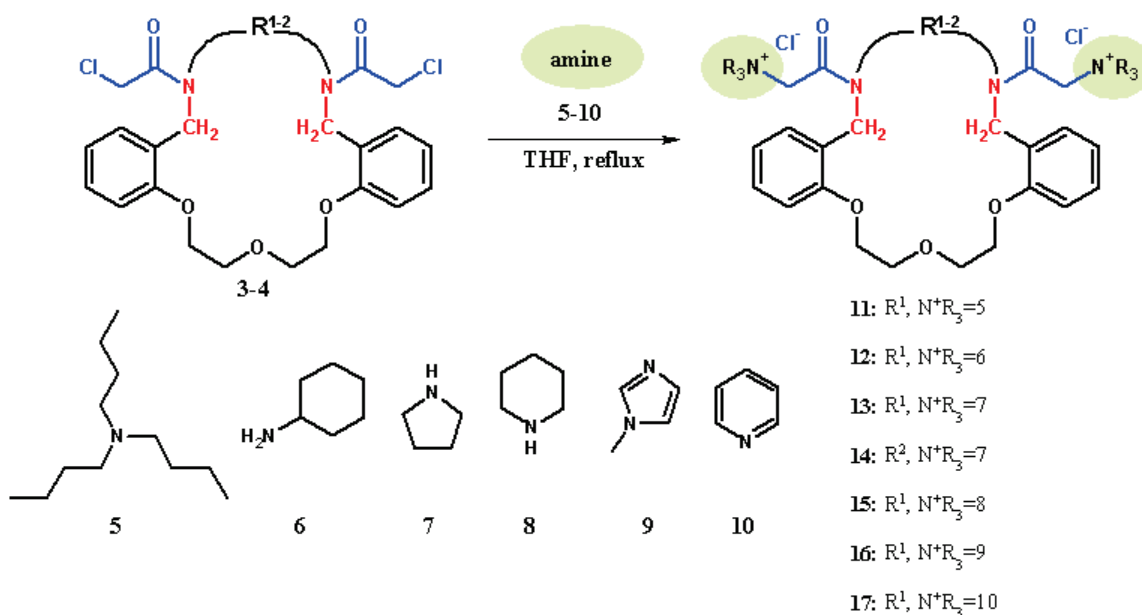


Рисунок 2 – Схема получения аммониевых солей **11-17**

Библиографический список

1. Tyszka-Gumkowska, A. A general method for high-pressure-promoted. Postfunctionalization of unclosed cryptands: potential phase-transfer catalysts / A. Tyszka-Gumkowska, J. Jurczak // *J. Org. Chem.* 2020. Vol. 85. P. 1308-1314.
2. Hung, C.-H. Palladium Complexes with Phenoxy- and Amidate-Functionalized N-Heterocyclic Carbene Ligands Based on 3-Phenylimidazo[1,5-a]pyridine: Synthesis and Catalytic Application in Mizoroki–Heck Coupling Reactions with Ortho-Substituted Aryl Chlorides / C.-H. Hung, W.-Y. Zheng, H. M. Lee // *Organometallics*. 2021. Vol. 40, No. 6. P. 702–713.
3. Ghdhayeb, M. Z. New Ag(I) and Pd(II) complexes derived from symmetrical and asymmetrical NHC precursors: Synthesis, Characterization, Antibacterial activity, and Theoretical calculations / M. Z. Ghdhayeb, K. J. Sabah, A. W. Salman, M. M. Kadhim // *Journal of Molecular Structure*. 2021. Vol. 13. P. 1245-1254.
4. Zhang, K. Highly Enantioselective Palladium-Catalyzed Alkylation of Acyclic Amides / K. Zhang, Q. Peng, X.-L. Hou, Y.-D. Wu // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2008. Vol. 47. P. 1741-1744.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ОЗОНОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ОТБЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Светлолобов А. Ю., Одинцова С. Е., Липин В. А., Тараченкова М. Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: hello31089@yandex.ru

RESEARCH OZONE PLANT FOR CELLULOSE BLEACHING

Svetloolobov A.Yu., Odincova S. E., Lipin V. A., Tarachenkova M. N.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрено создание озонной лаборатории для целлюлозной бумажной промышленности с целью изучения метода отбеливания озоном и соблюдения современных экологических тенденций. Описывается расчет системы вентиляции в лаборатории для обеспечения безопасной работы с газом. Представлены основные принципы построения и функционирования озонной лаборатории.

Ключевые слова: делигнификация целлюлозы, отбеливание, озонная лаборатория.

Одним из ключевых этапов производства целлюлозы для последующей химической переработки является отбеливание. Основная цель отбеливания заключается в удалении нецеллюлозных компонентов, которые придают целлюлозе цвет и влияют на ее физико-химические свойства. Установлено, что окрашивание целлюлозы происходит из-за остаточного лигнина, содержащего хромофорные группы, образующиеся в результате окисления фенольных гидроксильных групп лигнина [1]. До недавнего времени главным методом первичной обработки небеленой целлюлозы с целью делигнификации считалась обработка целлюлозной массы элементарным хлором – хлорирование. Но у данного метода обработки целлюлозы существуют недостатки, такие как образование адсорбированных органических галогенидов (АОХ) на целлюлозно-бумажной продукции и в сбросах сточных вод [2]. В связи с этим актуальной проблемой является изучение других методов отбеливания целлюлозы.

В современном мире существует множество методов отбеливания целлюлозы, однако отбеливание озоном является одним из перспективных и безопасных способов. Озонная отбеливка является процессом окисления, при котором газообразный реагент озон применяется для удаления окрашивающих компонентов из целлюлозы. Применение озона в отбеливке целлюлозы является актуальным и инновационным технологическим решением в области целлюлозно-бумажного производства [3]. В условиях повышенного внимания к экологической устойчивости и соблюдению строгих экологических стандартов, использование озонной лаборатории представляет собой современный и экологически безопасный способ обработки целлюлозы. Озонная отбеливка позволяет значительно снизить воздействие химических отбеливателей на окружающую среду, предотвращая выбросы тяжелых металлов и хлорорганических соединений. Это соответствует современным требованиям к экологической безопасности в производстве целлюлозно-бумажной продукции [4].

Важную роль в изучении процессов отбеливания, в том числе с применением озона, играют лабораторные озонные установки. Появляется возможность подвергать целлюлозу воздействию озона, одновременно изменяя такие параметры процесса, как концентрация газа, время обработки, температура и др., для определения влияния на эффективность отбеливания и на качество конечной продукции, что позволяет воспроизвести данные параметры в промышленных условиях.

При проектировании озонной лаборатории должны быть учтены множество технических аспектов для безопасной работы в соответствии с ГОСТ 31829-2012 [5]. Во вновь создаваемой лабораторной установке предусмотрены системы вентиляции из вентилятора и

воздуховодов для обеспечения циркуляции воздуха калорифера, приточной установки, удаления остаточного озона и других вредных веществ. Производство озона осуществляется с помощью озонатора с максимальной производительностью 30 г/ч. Предполагается, что данная установка позволит отбеливать 10 кг целлюлозы в течение всех полных стадий обработки и отбели, исходя из расхода 3 кг озона на 1 тонну воздушно-сухой целлюлозы [6]. В результате расчетов определена площадь сечения 125 см² и рекомендуемый диаметр воздуховода 140 мм, общая производительность воздухообмена в 180 м³/ч для трех человек на площадь помещения 18 м². Рассчитали мощность калорифера 3,2 кВт, исходя из температуры окружающей среды в зимний период в -10 °С и температуры в помещении +20 °С.

Библиографический список

1. Байкалова, В. А. Влияние качественного показателя белизны целлюлозы от состава белящего реагента / В. А. Байкалова. – Текст: непосредственный // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 23–24 апреля 2020 года / под общей редакцией Ю. Ю. Логинова. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2020. – С. 124-126.
2. Светлолобов, А. Ю. Использование ферментов амилаза и липаза для повышения эффективности процесса отбели древесной целлюлозы / А. Ю. Светлолобов, И. А. Федоскин, С. Е. Одинцова, М. Н. Тараченкова, В. А. Липин. – Текст: непосредственный // Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Научное издание, Санкт-Петербург / Под общей редакцией Ю. Л. Моревой. – Санкт-Петербург: Высшая школа технологии и энергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», 2023. – С. 122-123.
3. Kaur, Daljeet, Nishi K. Bhardwaj, and Rajesh Kumar Lohchab. Effect of incorporation of ozone prior to ECF bleaching on pulp, paper and effluent quality // Journal of Environmental Management. 2019. P. 134-145. DOI:10.1016/j.jenvman.2019.01.089
4. Wang Z, Yang T. Study on Ozone Treatment Technology of Waste Paper Pulp Wastewater. In International Symposium on Mechanical Engineering and Material Science. 2016. P. 316-321. DOI:10.2991/ismems-16.2016.54
5. ГОСТ 31829-2012 Оборудование озонаторное. Требования безопасности от 21.11.2012 с изм. и допол. в ред. от 01.04.2019.
6. Патент № 2126471 С1 Российская Федерация, МПК D21C 9/02, D21C 9/10, D21C 9/147. Способ производства целлюлозы без применения хлорных химикатов : № 95122814/12 : заявл. 25.05.1993 : опубл. 20.02.1999 / Х. Кай, С. Бертиль ; заявитель Альстрем Машинери.

**ДИСПЕРСИИ АМФИФИЛЬНЫХ БЛОК-СОПОЛИМЕРОВ
N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА И АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ
ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ**

Серхачева Н. С., Данилова Е. А., Реут Е. А., Пономарева Д. А., Силантьева Е. В.,
Лобанова Н. А., Погорелый А. М.

*МИРЭА – Российский технологический университет, институт тонких химических
технологий имени М.В. Ломоносова
e-mail: natalia-serkhacheva@yandex.ru*

**DISPERSIONS OF N-ISOPROPYLACRYLAMIDE AND ACRYLIC ACID AMPHIPHILIC
BLOCK COPOLYMERS FOR PURIFICATION FROM METAL IONS**

Serkhacheva N. S., Danilova E. A., Reut E. A., Ponomareva D. A., Silantieva E. V.,
Lobanova N. A., Pogorely A. M.

MIREA – Russian Technological University, Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies

Работа посвящена получению водных дисперсий диблок-сополимера полиакриловая кислота-блок-поли(N-изопропилакриламида), частицы которых способны сорбировать ионы металлов с формированием легко удаляемых крупных агрегатов.

Ключевые слова: амфифильные блок-сополимер, частица, ионы металлов, комплекс, динамическое рассеяние света.

Сегодня все чаще среди широкого спектра полимерных материалов мы можем встретить стимулчувствительные (умные) полимеры или сополимеры. Эта группа полимеров характеризуется обратимостью свойств на макромолекулярном уровне под действием изменения физических условий (стимулов): оптических, электрических, тепловых, механических, окислительно-восстановительных, pH, химических, экологических и биологических. Зачастую изменение свойств полимеров происходит в узком диапазоне значений варьируемого параметра. Иногда в одной полимерной цепи совмещают сразу два (или более) стимулчувствительных полимера, что позволяет получать сополимеры с двойной чувствительностью или с двойным откликом [1]. Самыми популярными из них являются термочувствительные и pH-чувствительные полимеры. Они могут применяться в виде индивидуальных макромолекул в среде, в виде супрамолекулярных сборок, в виде «умных» покрытий, в виде сеток, гелей или некоторой комбинации перечисленных вариантов. В последнее время такие сополимеры применяют в виде дисперсий частиц различной морфологии в водных, водно-органических или органических средах.

Например, во многих областях применения хорошо себя зарекомендовали сополимеры акриловой кислоты (АК) и N-изопропилакриламида (НИПАМ), обладающие чувствительностью к pH и температуре. Эти сополимеры часто используют в виде гелей [2], например, для удаления ионов тяжелых металлов для водоочистки или в качестве биомедицинских материалов. Альтернативой гелям могут служить дисперсии частиц сополимеров. За счет изменения природы и расположения звеньев полимера, природы растворителя, условий и других параметров макромолекулы сополимеров могут формировать ассоциаты различной морфологии. Одними из самых распространенных являются ассоциаты диблок-сополимеров с морфологией «ядро-корона», как раз блок-сополимеры АК и НИПАМ при определенных условиях способны формировать такие объекты в водной среде. Такая самосборка возможна за счет свойств обоих блоков. Блок ПАК гидрофильный образует корону, а блок ПНИПАМ более гидрофобный – образует ядро.

В настоящей работе оценивали способность частиц диблок-сополимера ПАК-блок-ПНИПАМ связываться с ионами металлов: меди (II), хрома (III) и железа (II) в водной среде. Предложенный механизм адсорбции ионов прост и в значительной степени эффективен.

Сегменты АК взаимодействуют с ионами металла и при повышении температуры раствора образуются смешанные ассоциаты ПНИПАМ-блок-ПАК/ Me^+ (рис. 1), которые будут в дальнейшем агрегировать и/или выпадать в осадок, что облегчает их удаление из водной среды с помощью фильтрации, что ранее было показано на примере Cu^{2+} [4].

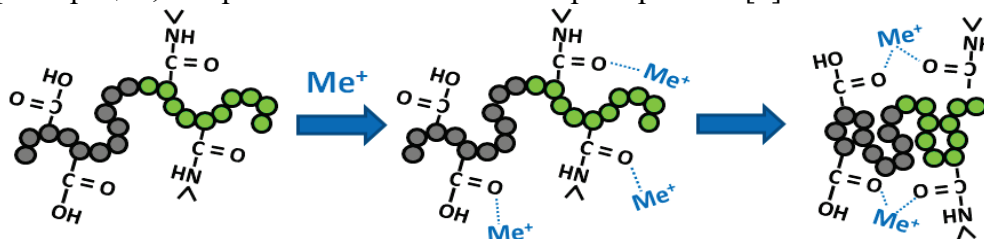


Рисунок 1 – Схема взаимодействия ПАК-блок-ПНИПАМ с ионами металла

Диблок-сополимер получали полимеризацией НИПАМ с обратимой передачей цепи по механизму присоединения-фрагментации [3]. НИПАМ (массовое соотношение мономер : растворитель = 25 : 75), ДАК (10^{-3} моль/л) и ПАК с третиокарбонатной группой ($M_n = 4300$, $M_w/M_n = 1.25$) (10^{-2} моль/л) растворяли в 1,4-диоксане. Реакцию проводили при 80°C в течение 24 часов в атмосфере азота. После выделения полимера, были определены молекулярно-массовые характеристики: $M_n = 10600$, $M_w/M_n = 1.23$.

Размер частиц водных дисперсий определяли методом динамического рассеяния света на лазерном анализаторе Malvern Zetasizer NanoZS (Великобритания). При получении водных дисперсий немаловажным параметром является температура, так как ПНИПАМ является термочувствительным полимером с нижней критической температурой растворения (НКТР), близкой к 32°C . Визуально и оценивая РЧР водных дисперсий было установлено, что и диблок-сополимер имеет НКТР, близкую к $30\text{--}32^\circ\text{C}$. Несмотря на то что дисперсии визуально были полностью прозрачными, макромолекулы в них находились в виде довольно крупных агрегатов (150-300 нм). Такое поведение наблюдали даже при температурах ниже НКТР. Объяснить подобное можно прочными водородными связями, которые образуются между карбонильной группой звеньев АК и амидной группой НИПАМ. Разрушить водородные связи можно добавлением электролита, например, NaCl. Введение NaCl позволяет как бы встроить ионы Na^+ в полимерный клубок, что приведет к неизбежному ослаблению взаимодействия между ионами H^+ и COO^- карбоксильной группы ПАК, т. е. экранированию электростатического взаимодействия. Подобный прием позволил уменьшить размер ассоциатов до 15-20 нм.

Далее был оценен дисперсный состав дисперсий сополимера, содержащих соли хлорида хрома (III), сульфата меди (II) и сульфата аммония-железа (II) (0.05 моль/л) (рис. 2).

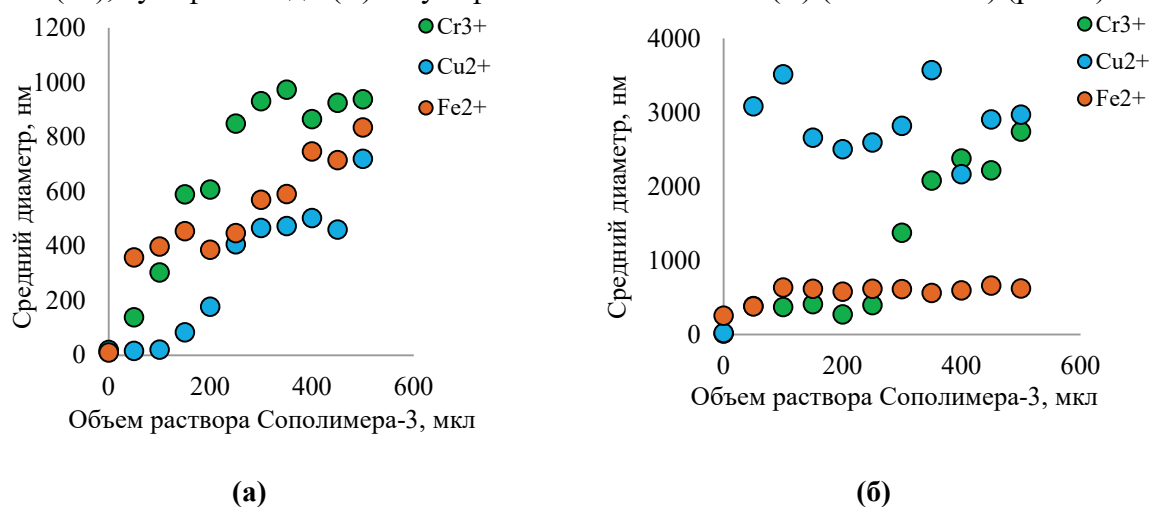


Рисунок 2 – Зависимость среднего диаметра частиц диблок-сополимера в водном растворе солей хлорида хрома (III), сульфата меди (II) и сульфата аммония-железа (II) (0.05 моль/л) от объема водного раствора диблок-сополимера (0.5 % масс.) при температуре 25°C (а) и 40°C (б)

При комнатной температуре, т. е. при НКТР, диблок-сополимер оказался более селективным, взаимодействие с Cr^{3+} было более сильным по сравнению с Fe^{2+} и Cu^{2+} , средний диаметр увеличился с 15 нм до 970 нм и до 780 нм, соответственно. Повышение температуры до 40 °С способствовало формированию агрегатов с размером до нескольких микрон. Но при этой температуре формирование агрегатов с участием ионов Fe^{2+} было ограниченным. Немаловажным инструментом управления поведением макромолекул в водной среде является pH. С изменением этого параметра может меняться и поведение звеньев АК, а значит, и способность взаимодействовать с ионами металлов. Наблюдали четкую зависимость увеличения агрегатов сополимера с увеличением pH в дисперсиях, содержащих Cr^{3+} и Cu^{2+} . В случае Fe^{2+} взаимодействие усиливалось при более кислом pH. Такое поведение наблюдается за счет конформационного перехода блока-ПАК под действием изменения характера электростатических взаимодействий. Визуально во всех случаях происходило изменение окраски дисперсий на примере ярко-зеленого и ярко-голубого растворов солей Cr^{3+} и Cu^{2+} , она становилась более бледной, что тоже может быть косвенным подтверждением образования комплекса сополимера с ионом металла. С течением времени размер агрегатов увеличивается до хлопьев, которые легко отфильтровать.

Таким образом, в работе была оценена возможность диблок-сополимера сорбировать ионы меди (II), железа (II) и хрома (III) в водной среде, которая увеличивается с увеличением pH среды для ионов меди (II) и хрома (III), и с уменьшением pH для иона железа (II).

Библиографический список:

1. Matsumoto, S. Dual stimuli-responsive copolymers with precisely arranged degradable units: synthesis by controlled alternating copolymerization of oxyethylene-containing vinyl ethers and conjugated aldehydes / S. Matsumoto, A. Kanazawa, S. Kanaoka, S. Aoshima // Polym. Chem. 2019. Vol. 10. P. 4134-4141.
2. Franco, S. Thermal Behaviour of Microgels Composed of Interpenetrating Polymer Networks of Poly(N-isopropylacrylamide) and Poly(Acrylic Acid): A Calorimetric Study / S. Franco, E. Buratti, V. Nigro, M. Bertoldo, B. Ruzicka, R. Angelini // Polymers. 2022. Vol. 14. P. 115-131.
3. Moad, G. RAFT polymerization to form stimuli-responsive polymers / G. Moad // Polym. Chem. 2017. Vol. 8. P. 177-219.
4. Kafetzi, M. Thermoresponsive PNIPAM-b-PAA block copolymers as “smart” adsorbents of Cu(II) for water restore treatments / M. Kafetzi, K. B. L. Borchert, C. Steinbach, D. Schwarz, S. Pispas, S. Schwarz // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2021. Vol. 614. P. 126049-126060.

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ДЕЭМУЛЬГАТОРЫ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Сотникова Ю. В.¹, Крисанова П. К.¹

¹Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина
e-mail: yuliasotnikova01@mail.ru

BIODEGRADABLE DEMULSIFIERS FOR BREAKING OIL-WATER EMULSIONS

Sotnikova Yu. V.¹, Krisanova P. K.¹

¹ Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

Разрушение водонефтяных эмульсий является одной из наиболее распространенных задач в нефтяной промышленности. Высокой эффективностью разрушения стойких водонефтяных эмульсий характеризуются деэмульгаторы, представляющие собой поверхностно-активные вещества. На данный момент актуальным является вопрос разработки биоразлагаемых химических реагентов, применяемых в нефтегазодобыче. В рамках данной работы производится синтез биоразлагаемого деэмульгатора на основе возобновляемого сырья.

Ключевые слова: водонефтяные эмульсии, разрушение водонефтяных эмульсий, деэмульгаторы, эффективность деэмульгирования, биоразлагаемость.

Образование водонефтяных эмульсий при добыче нефти обуславливает необходимость применения различных способов разрушения данных дисперсных систем.

К деэмульгаторам, применяемым для разрушения стойких водонефтяных эмульсий, предъявляется ряд требований, к которым относятся высокая эффективность деэмульгирования и экономическая эффективность, хорошая растворимость в одной из фаз эмульсии, способность изменять смачиваемость твердых эмульгаторов, отсутствие коагуляции в пластовых водах и коррозионной активности, экологическая безопасность. В настоящее время наблюдается ужесточение требований к экологической безопасности реагентов, применяемых в нефтяной промышленности, что обуславливает необходимость разработки деэмульгаторов, характеризующихся улучшенными свойствами биоразлагаемости [1, 2].

Большинство применяемых деэмульгаторов для разрушения водонефтяных эмульсий характеризуются наличием в составе токсичных веществ с низкой биоразлагаемостью. Данная особенность может обуславливаться как структурой деэмульгатора, так и присутствием в системе ароматических растворителей [3].

В качестве объектов исследования были выбраны сложные эфиры высших жирных кислот. Планируется выделение смеси высших жирных кислот из растительных масел реакцией омыления раствором щелочи с последующей обработкой серной кислотой. На данный момент был выполнен синтез деэмульгаторов на основе олеиновой кислоты, преобладающей в составе исследуемого растительного масла.

Применение данных исходных реагентов для синтеза деэмульгаторов для разрушения стойких водонефтяных эмульсий позволяет улучшить биоразлагаемость, а также снизить негативное воздействие данных реагентов на окружающую среду. Кроме того, растительные масла, применяемые в качестве исходных реагентов, представляют собой возобновляемое сырье.

В данной работе деэмульгирующая активность синтезированных веществ оценивалась на примере разрушения эмульсий, состоящих из 30 %об. минерализованной воды (100 г/л, 80 %масс. NaCl и 80 %масс. CaCl₂) и 70 %об. модели углеводородной фазы. В качестве модели

углеводородной фазы использовали смесь прямогонного мазута и прямогонного дизельного топлива, взятых в равных массовых соотношениях.

Оценка деэмульгирующей активности синтезированных деэмульгаторов производилась методом «bottle test» при температуре 45 °С. При повышении концентрации в системе синтезированного деэмульгатора от 100 ppm до 200 ppm наблюдается увеличение эффективности деэмульгирования с 29,2 % до 77,2 %.

План дальнейших исследований включает проведение синтеза сложных эфиров на основе высших жирных кислот, полученных из растительного масла, исследование деэмульгирующей активности данных веществ, а также определение биоразлагаемости согласно ГОСТ 32427-2013.

Библиографический список

1. Силин, М. А. Промысловая химия: учебное пособие / М. А. Силин, Л. А. Магадова, Л. И. Толстых, Л. Ф. Давлетшина, В. А. Цыганков, Ю. А. Тополук, Д. Н. Малкин, М. А. Черыгова. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 350 с.
2. Bigdeli T. Eco-friendly and efficient demulsification by chitosan biopolymer modified with titanium dioxide nanohybrid on carbonaceous substrates in (W/O) emulsions of crude oil / T. Bigdeli, M. Shekarriz, A. Mehdizadeh, A. N. Ahmadi // *Langmuir*. 2022. P. 211-224.
3. Dhandhi Y. Synthesis of Green Polyethylene Glycol Lauric Acid Demulsifier from a Natural Source and Its Application in Demulsification of Field Emulsion: Experimental and Modeling Approach / Y. Dhandhi, T. K. Naiya // *SPE Production & Operations*. 2023. Vol. 38. P. 709-723.

ТЕКСТИЛЬ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Софронова Е. Д., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: Alekc.ru94@mail.ru*

THE USE OF CELLULOSE FOR "SMART TEXTILES"

Sofronova E. D., Lipin V. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Освоение текстиля с различными интеллектуальными особенностями происходит стремительно. Умный текстиль на основе целлюлозы предлагается использовать в медицине, электронике и т. д. В основном используется хлопковое целлюлозное сырье. Представляет глубокий научный интерес изучение возможности использования древесной целлюлозы для дальнейшего применения ее в умном текстиле и построение модели полного цикла технологической цепочки производства.

Ключевые слова: растворимая целлюлоза, целлюлоза для химической переработки, умный текстиль, электронный текстиль.

Текстиль с интеллектуальной способностью, или умный текстиль, или электронный текстиль характеризуется способностью чувствовать и реагировать на различные стимулы окружающей среды. Умный текстиль разделяется на пассивный и активный текстиль. Пассивный текстиль, или текстиль первого поколения, обладает улучшенной функциональностью по сравнению с традиционным тканым материалом. Он функционирует за счет своей структуры. Такой текстиль не способен адаптироваться при изменении информации окружающей среды. Это главное отличие от активного умного текстиля, или текстиля второго поколения. Последний способен изменять свою функциональность в результате получаемых данных от среды или действий пользователя. В основном применение такого текстиля основано на использовании различных электронных компонентов – датчиков, сенсоров и т. п. [1].

Умный текстиль применяется в сегментах: здравоохранения, спорта, моды и оборонной промышленности. Практическое применение умного текстиля основано на создании композиционного материала, который способен отслеживать изменения температуры и влажности тела. Верхняя одежда с «умными» мембранами позволяет влаге проникать только в одном направлении, согревает и защищает от ветра. Медицинский умный текстиль с применением инновационных повязок направлен на ускорение заживления ран [2]. Древесная целлюлоза является хорошим материалом для разработки биоразлагаемой электроники, такой как пьезоэлектрические компоненты или датчики влажности [3, 4].

В основном умный текстиль производят из синтетических волокон на основе ископаемых источников. Это создает серьезные проблемы для окружающей среды и устойчивого развития. Ученые во всем мире заинтересованы в расширении применения биоматериалов. Активное изучение функционализации целлюлозных волокон с целью их применения для создания умного текстиля связано с ее уникальными физико-химическими свойствами, например, отличными механическими свойствами и гидрофильностью, сорбционной способностью и способностью к возобновляемости исходного сырья, и биоразлагаемыми свойствами.

Применение целлюлозного волокна в умном текстиле ограничено. В основном применяется хлопковое волокно. Россия обладает значительной лесосырьевой базой, поэтому

именно древесная целлюлоза представляет особый научно-практический интерес для исследования. Развитие направления затрудняется отсутствием полного цикла производства в России наиболее промышленно адаптированных разновидностей производных: микрокристаллической целлюлозы, разновидности наноцеллюлозы и ацетат-целлюлозы. Требуется проведение систематических и комплексных исследований по необходимым функциональным и качественным характеристикам целлюлозы для химической переработки, далее по теме применения производных целлюлозы в текстиле с интеллектуальной способностью в зависимости от целевых параметров.

Развитие производства целлюлозы для химической переработки возможно осуществить по двум сценариям: создание новой производственной линии и реконструкция существующего завода по производству целлюлозы для бумаги с добавлением дополнительной линии обработки части производственной мощности по волокну. Следующим этапом должно быть строительство завода рядом с основной площадкой производства целлюлозного полуфабриката: МКЦ, лиоцелл или ионцелл, ацетат целлюлозы.

Библиографический список

1. Popescu, M.; Ungureanu, C. // Green Nanomaterials for Smart Textiles Dedicated Environmental and Biomedical Applications. *Materials* 2023, 16, 4075
2. Zubik, K.; Singhsa, P.; Wang, Y.; Manuspiya, H.; Narain, R. Thermo-Responsive Poly(N-Isopropylacrylamide)-Cellulose Nanocrystals Hybrid Hydrogels for Wound Dressing. *Polymers* 2017, 9, 119.
3. Sofia Guridi, Emmi Pouta, Ari Hokkanen, Aayush Jaiswal // LIGHT TISSUE: Development of cellulose-based optical textile sensors // TEI '23: Proceedings of the Seventeenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction, 2023
4. Qin, Z.; Chen, X.; Lv, Y.; Zhao, B.; Fang, X.; Pan, K. Wearable and High-Performance Piezoresistive Sensor Based on Nanofiber/Sodium Alginate Synergistically Enhanced MXene Composite Aerogel. *Chem. Eng. J.* 2023, 451, 138586.

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ГИДРОЛИЗОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЭКСТРУЗИОННОЙ ХИМИКО- ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ

Сутайкин А. С., Крутиков А. С., Демьянцева Е. Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: nikaytus02@gmail.com

THE EFFECT OF TYPES OF WAVE RADIATION ON THE DEGREE OF POLYMERIZATION OF HYDROLYZED PRODUCTS FROM AN EXTRUSION CHEMICAL-THERMOMECHANICAL MASS

Sutaykin A. S., Krutikov A. S., Demyantseva E. Yu.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

В ходе работы было исследовано влияние волнового излучения на степень полимеризации продуктов гидролиза, полученных из экструзионной химико-термомеханической массы. Было установлено, что такая обработка приводит к снижению степени полимеризации, а при предварительном воздействии волнами высоких частот приводит к усилению деструкции.

Ключевые слова: экструзионная химико-термомеханическая масса, порошковая целлюлоза, волновое излучение.

Получение порошковых целлюлозных материалов является перспективным методом переработки древесных отходов. Порошковая целлюлоза (ПЦ) имеет широкий спектр использования – в пищевой, фармацевтической, лакокрасочной промышленности. Кроме того, дальнейшая переработка таких целлюлозных материалов в продукты с высокой добавленной стоимостью, например, эфиры целлюлозы и наноцеллюлозы, является перспективным направлением. Одним из способов интенсификации процессов гидролиза является обработка сырьевых материалов волнами высоких частот.

Целью данной работы является изучение влияния высокоэнергетического поля на разрушения лигноцеллюлозного материала.

В ходе работы была использована экструзионная химико-термомеханическая масса (ЭХТММ) [1], полученная из неликвидной древесины тополя, произрастающей в Северо-Западном регионе Российской Федерации. ЭХТММ предварительно были подвергнуты воздействию волн высокой частоты в течение 20 минут, и в дальнейшем был проведен гидролиз обработанного материала надуксусной кислотой при 100 °С в течение 2 часов. Полученные образцы были промыты до нейтральной реакции и высушены в суховоздушном термостате при температуре 60 °С. Степень полимеризации (СП) полученных гидролизированных продуктов была определена вискозиметрическим методом, в качестве растворителя был выбран кадоксен [2]. Было изучено влияние ультразвука на образцы ПЦ при температурах 22 °С и 85 °С на установке ODA-MH30 в течение получаса.

Установлено, что при обработке образцов ПЦ, полученных гидролизом без предварительной обработки, после воздействия ультразвукового излучения происходит снижение СП на 20 %, вероятно, вследствие возникающего эффекта кавитации. Кавитационные пузырьки, образующиеся в результате облучения жидкости мощным ультразвуком, выделяют энергию при схлопывании. Высокие температуры и давления (порядка 5 000 °К и 1 000 атм.), возникающие внутри схлопывающегося короткоживущего пузырька, являются причиной разрушения полимеров [3]. В случае дополнительной обработки исходного лигноцеллюлозного материала волнами высокой частоты, СП гидролизированных продуктов снижается на 35 %, по-видимому, вследствие разрушения надмолекулярной

структуры [4]. Таким образом, совмещение предварительной и постгидролизных обработок приводит к наибольшему снижению степени полимеризации гидролизированных продуктов.

Библиографический список

1. Ковернинский И. Н., Дубовый В. К., Прокопенко К. Д. Исследование экструзивной химико-термомеханической массы // Химия растительного сырья. – 2022. – № 1. – С. 319-324.
2. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
3. Гаврилова А. С., Манаенков О. В., Филатова А. Е. Исследование влияния ультразвукового воздействия на микрокристаллическую целлюлозу // Вестник Тверского государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 60-66.
4. Сарымсаков А. А., Балтаева М. М., Набиев Д. С., Рашидова С. Ш., Югай С. М. Диспергированная микрокристаллическая целлюлоза и гидрогели на ее основе // Химия растительного сырья. 2004. – № 2. – С.11-16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ КЛАССА ГИДРАЛАЗ В ОТБЕЛКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Тараченкова М. Н., Липин В. А., Одинцова С. Е., Светлолобов А. Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: tarachenkova2018@yandex.ru

THE USE OF HYDROLASE CLASS ENZYMES IN CELLULOSE BLEACHING

Tarachenkova M. N., Lipin V. A., Odincova S. E., Svetloolobov A. Yu.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрены современные проявления применения «зеленых» технологий в целлюлозно-бумажной промышленности. Приведены примеры использования ферментов на стадии отбеливания древесной целлюлозы для повышения эффективности белящих реагентов, снижение их расхода и снижение воздействия опасных соединений на окружающую среду. Исследованы эффективность применения ферментов для предварительной обработки целлюлозы перед отбелкой и оптимальные значения параметров этого процесса.

Ключевые слова: делигнификация целлюлозы, «зеленая» химия, амилаза, липаза, число Каппа.

«Зеленая» химия ориентирована на разработку продуктов и технологий, которые уменьшают или исключают использование опасных веществ и минимизируют негативное воздействие на окружающую среду. Основной задачей «зеленой» химии является создание более эффективных производственных процессов и продуктов, которые снижают негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду в долгосрочной перспективе в рамках устойчивого развития экономики и промышленности.

Применение «зеленых» технологий актуально во всех областях химической промышленности, в том числе и в целлюлозно-бумажной промышленности. В процессах производства целлюлозных продуктов из древесного и недревесного сырья применяются различные химические реагенты, в том числе токсичные, а также образуются побочные продукты, сточные воды, требующие очистки. Эти проблемы решаются в рамках «зеленой» химии [1].

На стадии отбеливания целлюлозы образуются не поддающиеся переработке хлорсодержащие отходы, загрязняются сточные воды. Примером «зеленых» технологий являются ECF и TCF технологии отбеливания целлюлозы, в которых снижено или исключено использование молекулярного хлора и его соединений. ECF-технологии отбеливания снижают использование молекулярного хлора за счет замены его на диоксид хлора, гипохлорит натрия и другие реагенты. Одной из ступеней TCF технологии является применение кислородных соединений для делигнификации целлюлозы, например, озона, пероксида водорода и кислорода. Озон активно расщепляет фрагменты лигнина, что делает его прекрасной альтернативой хлорной делигнификации на начальных и завершающих стадиях отбеливания [2].

Чтобы повысить эффективность процесса и снизить расход дорогостоящих, импортных и опасных белящих реагентов, можно модифицировать процесс отбеливания, добавив стадии обработки целлюлозы ферментами. Ферменты – яркие представители «зеленой» химии, за счет их биоразлагаемости, селективности, высокой активности, совместимости с природной средой. Ферменты применяют в целлюлозно-бумажной промышленности для решения различных задач – улучшают размол целлюлозы, применяются при облагораживании макулатуры и используются в процессе отбеливания. Являясь биокатализаторами, ферменты могут подготавливать поверхность целлюлозы, улучшая проникновение белящих реагентов к реакционным центрам, удалять нецеллюлозные компоненты, связанные с лигнином, облегчая

разрушение лигнина белящими реагентами, и других целей. В промышленных масштабах нашли применение лакказ-медиаторные системы и ксиланазы [3, 4].

Целью работы являлось исследование возможности использования альтернативных ферментных препаратов, имеющих высокую доступность, на стадии предварительной обработки целлюлозы перед отбелкой.

Исследована способность липазы повышать эффективность отбелки целлюлозы, снижать число Каппа, удалять гексенурановые кислоты с поверхности целлюлозы. Найдены оптимальные значения параметров процесса обработки целлюлозы ферментом перед отбелкой. Оптимальные значения температуры, концентрации фермента и времени реакции составили 80 °С, 5 % и 80 мин., число Каппа отбеленной целлюлозы при этом снижается на 10 ед. относительно целлюлозы, отбеленной без обработки ферментом [5].

Также исследована возможность применения амилазы в качестве предварительной обработки древесной целлюлозы перед отбелкой. Применение амилазы позволяет снизить число Каппа, показывающее содержание остаточного лигнина. Определены оптимальные параметры осуществления технологического процесса обработки древесной целлюлозы перед отбелкой. В соответствии с данными ИК-спектроскопии получено, что применение малых концентраций фермента снижает содержание лигнина и гексенурановых кислот, число Каппа при этом снижается на 11 единиц относительно целлюлозы, отбеленной без применения фермента.

Сочетание ферментной обработки и использование кислородсодержащих реагентов позволяет одновременно повысить эффективность и стадийность проведения отбелки и снизить отрицательное воздействие на окружающую среду.

Библиографический список

1. Anastas, P. T. Green chemistry: theory and practice. / P. T. Anastas, J. C. Warner. Oxford, New York: Oxford University Press., 1998. 135 p.
2. Chirat, C. Final Pulp Bleaching by Ozonation: Chemical Justification and Practical Operating Conditions / C. Chirat, D. Lachenal // Journal of Pulp and Paper Science. 2009. Vol. 35, No. 2. P. 15-23.
3. Critical factors affecting laccase-mediated biobleaching of pulp in paper industry. / G. Singh, K. Kaur, S. Puri, P. Sharma // Applied microbiology and biotechnology. 2014. No. 99. P. 155-164.
4. Gangwar, A. Applicability of Microbial Xylanases in Paper Pulp Bleaching: A Review / A. Gangwar, R. Prakash, T.P. Nagaraja // BioResources. 2014. Vol. 9, No. 2. P. 3733-3754.
5. Effect of the Enzyme Lipase on Delignification of Kraft Pulp / V.A. Lipin, I.A. Fedoskin, O.Yu. Derkacheva [et al.] // Fibre Chemistry. 2022. Vol. 54, No 2. P. 1524-1530.

СИНТЕЗ НОВЫХ 30-(КАРБОНОТИОИЛ)СУЛЬФАНИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БЕТУЛИНА

Терещенко К. Е., Вахрушева Е. Д., Булат С. И., Тришин Ю. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: Izengar.fox@yandex.ru

SYNTHESIS OF NEW 30-(CARBONOTHIOYL)SULFANYL DERIVATIVES OF BETULIN

Tereshchenko K. E., Vakhrusheva E. D., Bulat S. I., Trishin Yu. G.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Приведено получение новых потенциальных БАВ – производных природного тритерпеноида лупанового ряда бетулина, содержащих у атома ^{30}C дитиокарбаматные фрагменты различного строения.

Ключевые слова: бетулин, производные бетулина, дитиокарбаматы, БАВ.

Известным подходом к синтезу новых биологически активных веществ является введение в молекулы соединений, обладающих фармакологическими свойствами, фрагментов других вещества, проявляющих биологическую активность. Этот подход широко используется на кафедре органической химии СПбГУПТД для получения новых производных бетулина, пентациклического тритерпеноида, извлекаемого из коры березы. Бетулин, как известно, обладает набором ценных фармакологических свойств (иммуномодулирующие, противовоспалительные, противогрибковые, антибактериальные и др.) [1]. Многие производные бетулина значительно превосходят исходный терпеноид по разным видам биологической активности [2]. Производные бетулина, содержащие в своем составе дитиокарбаматный фрагмент, не представлены в доступной литературе. В то же время дитиокарбаматы, амиды дитиокарбаминовой кислоты, обладают противовирусным, антимикробным, противоопухолевым, фунгицидным и другими видами активности [3, 4], некоторые из них применяются на практике в медицине и сельском хозяйстве [5, 6].

В связи с этим в данной работе нами впервые осуществлен синтез С(30)-(карбонотиоил)сульфанильных производных бетулина взаимодействием С(30)-галогенсодержащих бетулина с дитиокарбаматами натрия: N-диэтилдитиокарбаматом и азепан-1-дитиокарбаматом натрия (рис.).

Исходный бетулин **1** получали экстракцией тонкоизмельченной коры березы смесью толуол-петролейный эфир (т. кип. 70-100 °С). Затем его ацилировали уксусной кислотой в среде пиридина [7] (соединение **2**), а далее иодировали в среде ДМА [8] (соединение **3**). Полученный 30-иод-3,28-бис-О-ацетат бетулина **3** растворяли совместно с N,N-диэтилдитиокарбаматом натрия в DMA (в случае азепан-1-дитиокарбамата натрия растворяли в смеси DMA/ CHCl_3) и далее перемешивали при комнатной температуре в течение 20 часов. После окончания реакции растворитель отгоняли, остаток растворяли в хлороформе, промывали водой, сушили, хлороформ отгоняли на роторном испарителе.

В результате с выходом около 75 % впервые синтезированы 30-(карбонотиоил)сульфанильные производные 3,28-бис-О-ацетата бетулина **4**, **5**, состав и строение которых подтверждены данными масс-спектрометрии, ИК, ЯМР ^1H и ^{13}C спектроскопии.

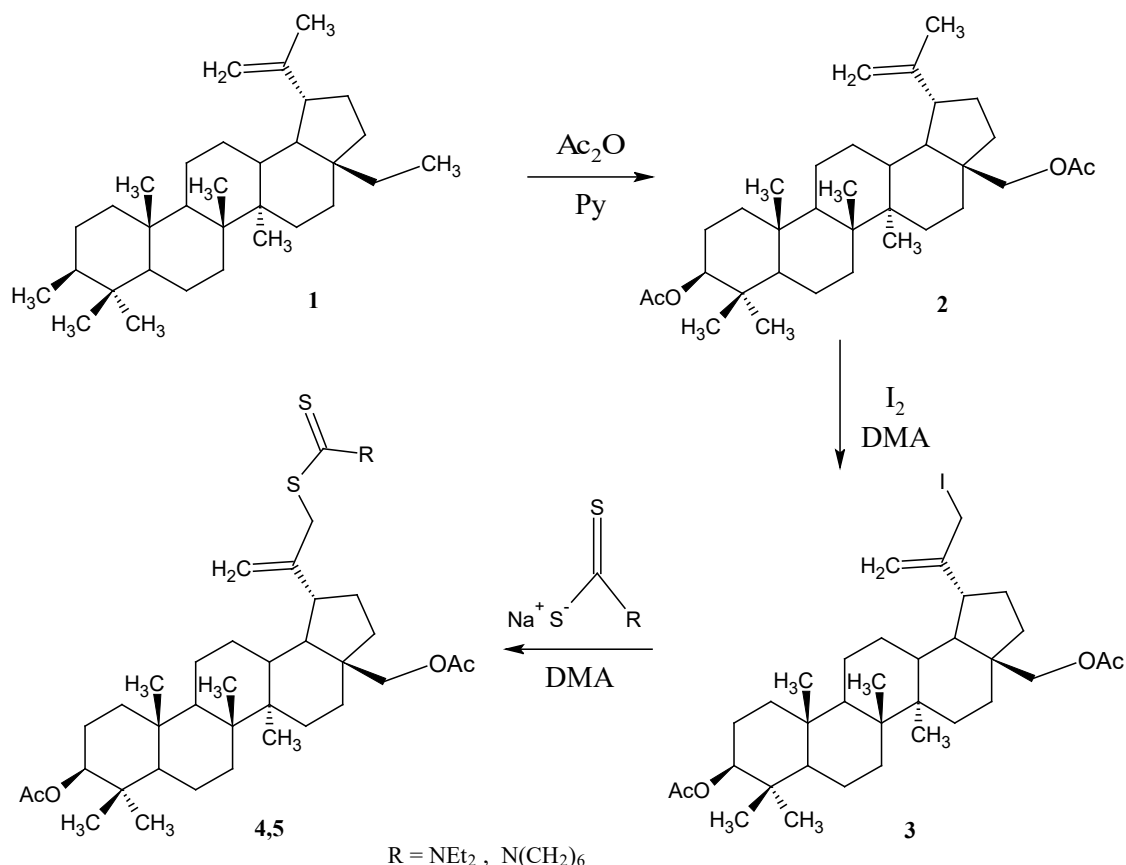


Рисунок – Схема получения 30-(карбонотиоил)сульфанильных производных бетулина

Полученные 30-(карбонотиоил)сульфанильные производные 3,28-бис-*O*-ацетата бетулина **4, 5** представляют интерес как потенциальные биологически активные вещества.

Библиографический список

1. Tolstikov, G.A. Betulin and Its Derivatives. Chemistry and Biological Activity / G.A. Tolstikov, O.B. Flekhter, E.E. Shultz, L.A. Baltina, A.G. Tolstikov // Chem. for Sustainable Development. 2005. Vol. 13. P. 1-29.
2. Патент RU2353107C2. Композиция биологически активных веществ / Ю. И. Стернин, И. В. Юрченко, Е. В. Москалев, Г. И. Дьячук; заявитель Закрытое акционерное общество "СНС-фарма" (RU); заявка №2006127496 от 25.07.2006; опубл. 27.04.2009 / Бюл. № 12. – 8 с.
3. Adeyemi, J.O. Chemistry and Some Biological Potential of Bismuth and Antimony Dithiocarbamate Complexes / J.O. Adeyemi, D.C. Onwudiwe // Molecules. 2020. Vol. 25. P. 305.
4. Ajiboye, T.O. The Versatility in the Applications of Dithiocarbamates / T.O. Ajiboye, T.T. Ajiboye, R. Marzouki, D.C. Onwudiwe // Int. J. Mol. Sci. 2022. Vol. 23, No 3. P. 1317.
5. Pal, D.S. Identification of Metal Dithiocarbamates as a Novel Class of Antileishmanial Agents / D.S. Pal, D.K. Mondal, R. Datta // Antimicrob. Agents Chemother. 2015. Vol. 59. P. 2144-2152.
6. Wang, Z. Multicolor visual screening of total dithiocarbamate pesticides in foods based on sulfhydryl-mediated growth of gold nanobipyramids / Z. Wang, L. Yang, X. Ye, C. Huang, W. Yang, L. Zhang, Z. Wu, F. Fu // Anal. Chim. Acta. 2020. Vol. 1139. P. 59-67.
7. Mohamed, I.E. 20(29)-Lupene-3b,28b-diacetate / I.E. Mohamed, M.I. Choudhary, S. Ali, S. Anjum, Atta-ur-Rahman // Acta Cryst. 2006. Vol. 62. P. 1352-1354.
8. Yemets, S. V. Electrophilic monoiodination of terminal alkenes / S.V. Yemets, T.E. Shubina, P.A. Krasutsky // Organic and biomolecular chemistry. 2018. Vol. 11. P. 2891-2897.

Y-ОБРАЗНЫЕ МИЦЕЛЛЫ ПОЛИ(ОЛЕИНОВОЙ КИСЛОТЫ-Y-N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА) В ДОСТАВКЕ ЛЕКАРСТВ

Фадин А. Ф., Липин В. А.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: artemfadin1000@gmail.com

Y-SHAPED MICELLES OF POLY(OLEIC ACID-Y-N-ISOPROPYLACRYLAMIDE) IN DRUG DELIVERY

Fadin A. F., Lipin V. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Предложен метод получения Y-образных мицелл поли(олеиновой кислоты-Y-N-изопропилакриламида), способных к самосборке в мицеллы типа ядро-корона для последующего использования в области доставки лекарственных средств. Анализ работ показал, что системы данного типа успешно захватывают и транспортируют ацетат преднизолона.

Ключевые слова: амфифильные сополимеры, Y-образные мицеллы, поли(олеиновая кислота-Y-N-изопропилакриламид), доставка лекарств.

Амфифильные сополимеры представляют интерес для фармацевтической промышленности благодаря способности к самосборке и последующему биомедицинскому применению. Самосборка, в свою очередь, приводит к образованию мицелл вида ядро-корона. В большинстве случаев гидрофобный сегмент амфифильного сополимера образует ядро мицеллы, а гидрофильный сегмент – корону или внешнюю оболочку. Такие мицеллы используются в качестве носителей лекарств, поскольку гидрофобные препараты могут быть загружены внутрь гидрофобного ядра. Молекулярная архитектура амфифильных сополимеров является важным фактором, определяющим структуру и свойства мицелл [1].

Возможно использование Y-образных мицелл поли(олеиновой кислоты-Y-N-изопропилакриламида) для доставки лекарств. Данные мицеллы представляют собой наноразмерные частицы с типичной структурой ядро-оболочка, где ядро обеспечивает достаточно места для размещения различных лекарств или биомакромолекул путем физического захвата. Кроме того, гидрофильные блоки могут образовывать водородные связи с водной средой, что приводит к образованию идеальной оболочки вокруг ядра мицеллы. Следовательно, молекулы лекарственного средства в гидрофобном ядре защищены от гидролиза и ферментативной деградации [2].

Получение Y-образного сополимера олеиновой кислоты и N-изопропилакриламида (НИПА) осуществляется в 3 стадии (рис.). На первом этапе синтезируют ПНИПА-NH₂ методом радикальной полимеризации, который заключается в синтезе терминально функционализированного ПНИПА методом свободнорадикальной полимеризации с передачей цепи. Молекулярную массу ПНИПА-NH₂ регулируют изменением количества введенного агента передачи цепи. Затем ПНИПА-NH₂ превращают в макромономер в результате реакции замещения между аминогруппой в ПНИПА-NH₂ и акрилоильной группой. На последней стадии происходит присоединение олеиновой кислоты в присутствии азобисизобутиронитрила и образование сополимера [3].

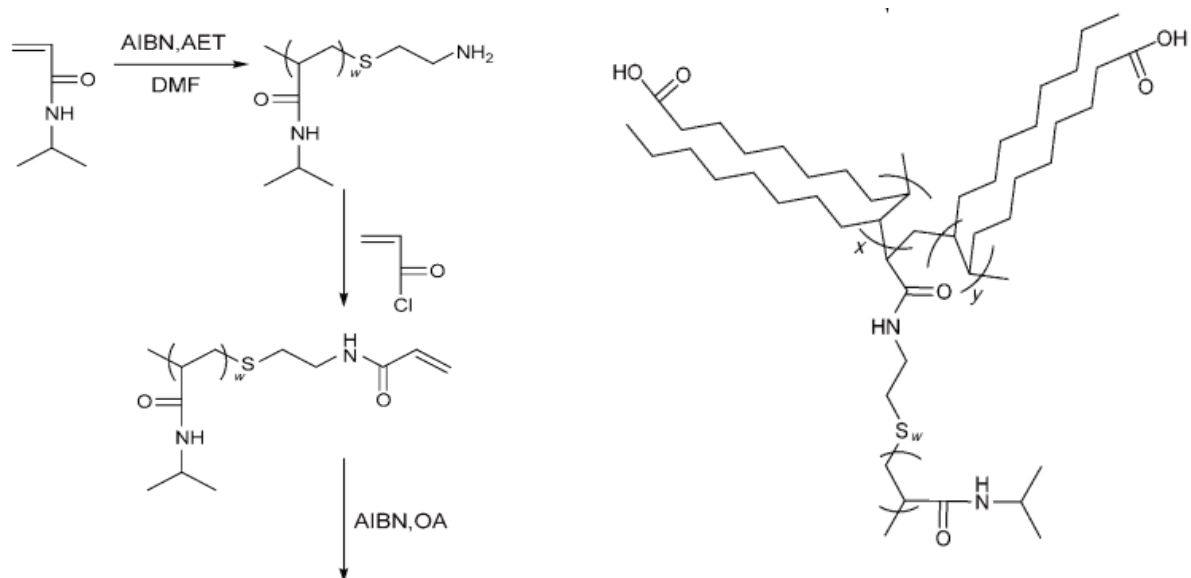


Рисунок – Схема получения Y-образного сополимера

Показан способ получения наносистем, состоящих из полимеров или сополимеров органических кислот, которые представляют значительный интерес в сфере обнаружения и лечения онкологических заболеваний, а также в процессе создания стабилизированных форм наноферментных препаратов.

Библиографический список

1. Маслова О. В., Сенько О. В., Степанов Н. А. и др. Актуальные тенденции применения полимеров органических кислот для создания фармацевтических препаратов // Материалы с заданными свойствами на переходе к новому технологическому укладу: химические технологии. – М.: НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА, 2018. – С. 26.
2. Zarekar N. S., Lingayat V. J., Pande V. V. Nanogel as a Novel Platform for Smart Drug Delivery System // Nanoscience and Nanotechnology Research. 2017. No 4(1). P. 25-31.
3. Y. Li, X. Zhang, G. Kim et al Thermosensitive Y-Shaped Micelles of Poly(oleic acid-Y-N-isopropylacrylamide) for Drug Delivery // Small. 2006. No 2(7). P. 17-23.

ПОЛИКАРБОКСИЛАТНЫЕ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРЫ: ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА

Федоскин И. А.¹, Марков Е. С.², Васильев А. С.², Тришин Ю. Г.¹

¹*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

²*Компания Эм-Си-Баухеми, г. Кировск, Ленинградская обл.
e-mail: IwanFedoskin@yandex.ru*

POLYCARBOXYLATE SUPERPLASTICIZERS: PREPARATION, PROPERTIES

Fedoskin I. A.¹, Markov E. S.², Vasiliev A. S.², Trishin Yu. G.¹

¹*Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

²*Company MC-Bauchemie, Kirovsk, Leningrad reg.*

Осуществлен синтез поликарбоксилатного суперпластификатора на основе акриловой кислоты и метиллилового эфира полиэтиленгликоля. Проведено исследование полученного продукта путем измерения вязкости, молекулярных масс и молекулярно-массового распределения. Полученные характеристики указывают на высокую степень полимеризации и качество синтезированного поликарбоксилатного эфира, что делает его перспективным для использования в строительной химии и других отраслях промышленности.

Ключевые слова: поликарбоксилаты, сополимеры акриловой кислоты, суперпластификаторы.

Современные технологии производства разнообразной продукции направлены на придание изготавливаемым материалам и изделиям новых свойств, которые повышают их качество, расширяют сферы и условия практического применения. Одним из направлений изменения свойств традиционных материалов является введение в их состав добавок неорганической, органической и полимерной природы. К числу таких добавок относятся сополимеры акриловых кислот с алкенами, содержащими боковые цепи различных полиэтиленгликолей [1]. Такое сочетание мономеров приводит к образованию разветвленной гребнеобразной структуры полимера, позволяющей применять их в качестве диспергаторов. В результате эти полимеры получили название поликарбоксилатных диспергаторов (суперпластификаторов). Поликарбоксилатные суперпластификаторы применяются, в частности, в качестве добавок при приготовлении строительных смесей, например, бетонов для повышения степени их диспергирования, что приводит к улучшению текучести, формования, ускорению набора прочности, уменьшению усадки, повышению морозостойкости и коррозионной стойкости бетона [2, 3]. Применяемые в настоящее время поликарбоксилаты, обладающие значительными положительными качествами, в то же время имеют ряд недостатков в технологии производства и не удовлетворяют некоторым потребностям по свойствам конечной продукции. В связи с этим разработка методов получения поликарбоксилатных суперпластификаторов различного строения, изучение влияния их состава на свойства конечной продукции является важной и актуальной научно-технической задачей. Возможность решения этой задачи основана на том, что уникальная молекулярная структура поликарбоксилатного суперпластификатора может быть модифицирована путем изменения состава функциональных групп, длины или плотности боковой цепи и длины основной цепи.

В данной работе на базе компании Эм-Си-Баухеми в условиях, аналогичных [4], осуществлен синтез поликарбоксилатного суперпластификатора, обладающего высокой диспергирующей способностью. Для синтеза целевого сополимера в соответствии со схемой

(рис.) к 50 %-ому водному раствору одного из мономеров осуществляемого процесса – метиллилового эфира полиэтиленгликоля (HPEG) – добавляли инициатор (персульфат аммония) и перемешивали в течение 10 минут. Одновременно готовили компонент А, представляющий собой водный раствор акриловой кислоты, и компонент Б, состоящий из воды, аскорбиновой и меркаптопропионовой кислот. Полученные растворы подавали в реакционную смесь одновременно с помощью шланговых насосов. Мольные отношения компонентов реакционной смеси, время подачи и температура проводимой сополимеризации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия проведения синтеза

HPEG:AK	HPEG:(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈	HPEG:МПК	HPEG:AcK	T, °C	Время, мин
1:5	0.2	0.155	0.025	25	120

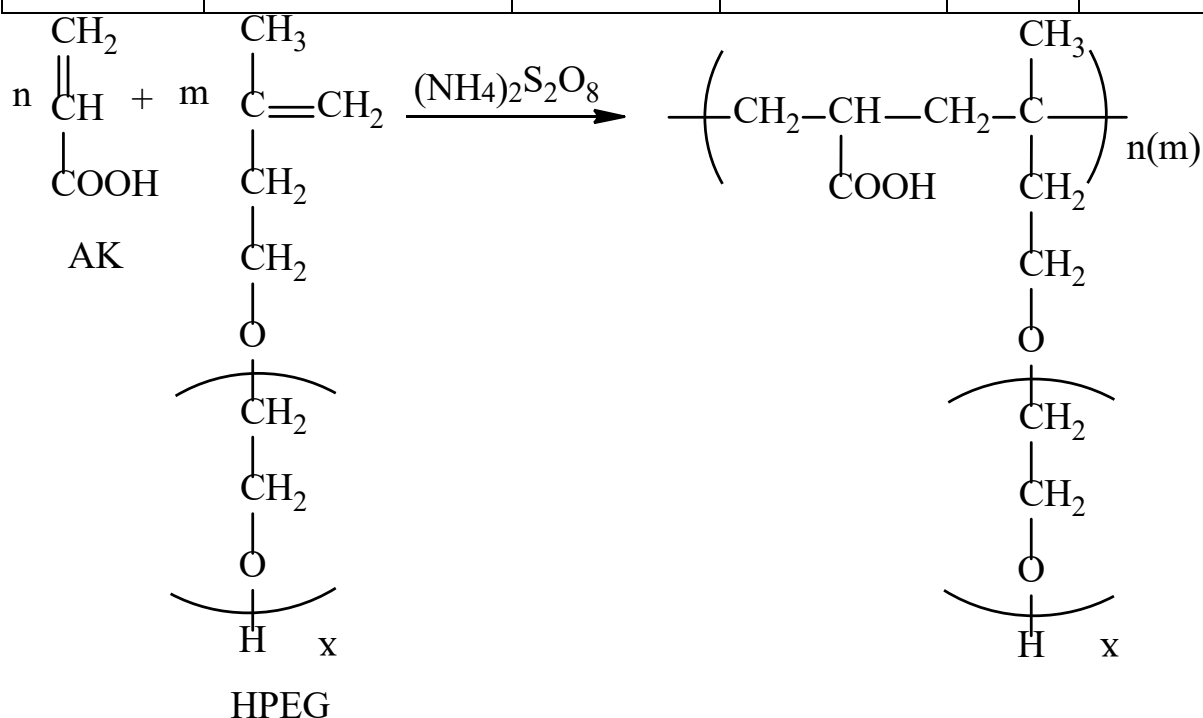


Рисунок – Схема синтеза поликарбоксилатного суперпластификатора

Исследования свойств поликарбоксилатного суперпластификатора (вязкости, молекулярных масс и молекулярно-массового распределения, полученного методом гелевой проникающей хроматографии) указывает на соответствие полученного суперпластификатора требованиям ГОСТ 24211 по критерию пластификации ГОСТ 30459, а также близость к зарубежному аналогу – поликарбоксилату РС 24 ОН. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика поликарбоксилатных эфиров

Суперпластификатор	Вязкость, мПа×с	Молекулярная масса		$\frac{M_w}{M_n}$
		Mn	Mw	
Синтезированный	435	48000	177000	3.69
Зарубежный аналог РС 24 ОН	-	52780	133600	2.53

Библиографический список

1. Visser I., Klinkenberg M, Hoos P., Janssen H-G., Duynhoven J. Identification and quantification of polycarboxylates in detergent products using off-line size exclusion chromatography–nuclear magnetic resonance // *Analytica Chimica Acta*. 2009. Vol. 654. P. 40-44.
2. Chen G., Zhong L., Fang Y., Ke Y., Guo Y., Lin T. Study on Synthesis and Performance of Slump Retention Polycarboxylate Superplasticizer // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 571, 012124.
3. Yu B., Zeng Z., Ren Q., Chen Y., Liang M., Zou. Bleaching Y., Lin T. Study on the performance of polycarboxylate-based superplasticizers synthesized by reversible addition-fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization // *Journal of Molecular Structure*. 2016. Vol. 1120. P. 171-179.
4. Tian H., Kong X., Su T., Wang D. Comparative study of two PCE superplasticizers with varied charge density in Portland cement and sulfoaluminate cement systems // *Cement and Concrete Research*. 2019. Vol. 115. P. 43-58.

УТИЛИЗАЦИЯ СТЕКЛЯННЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ НЕОБХОДИМЫХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Федченко П. В., Николаева А. Д., Логинов С. В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический
университет)
e-mail: chestervint@gmail.com*

RECYCLING OF GLASS WASTE TO OBTAIN THE MATERIALS NEEDED BY THE INDUSTRY

Fedchenko P. V., Nikolaeva A. D., Loginov S. V.

St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University)

Разработка новых технологий для переработки отходов стекла представляет важный шаг в направлении ухода за окружающей средой, импортозамещения и предоставления устойчивой сырьевой базы для многих отраслей промышленности. Получение и анализ жидкого натриевого стекла, силикагеля и пеностекла.

Ключевые слова: стеклобой, переработка стекла, жидкое стекло, пеностекло, силикагель.

По данным статистики, в России в 2022 году было произведено около 6 миллионов тонн стекла, при этом производство стеклянных изделий составило свыше 13,5 млрд стеклоизделий. Стекло пригодно для вторичного использования на 100 %, в России уровень рециклинга отходов стеклобоя составляет 23 %. Отходы стекла в окружающей среде вызывают загрязнение почв, поверхностных и подземных вод продуктами выщелачивания и выводят земли из хозяйственного оборота, стекло может фокусировать солнечные лучи и быть инициатором пожаров на территории РФ. Помимо использования стеклобоя в качестве сырья для повторного производства стеклянных изделий, потенциально возможно получать из него жидкое стекло, широко востребованный материал, используемый в черной металлургии, машиностроении, химической промышленности, промышленности строительных материалов и т. д., а также, например, пеностекло.

Для экспериментов отобран стеклобой усредненного состава, раздроблен в щековой дробилке, измельчен в шаровой мельнице, отобрана фракция размером $<0,2$ мм. Смесь порошка стекла с сухой щелочью NaOH при различных соотношениях прокаливалась в муфельной печи без доступа кислорода воздуха при температуре 900 °C в течение 0,5 часа. При соотношении NaOH к молотому стеклу 1 к 2,178 получился продукт, близкий по свойствам и внешнему виду к традиционной силикатной глыбе, сырью для производства жидкого стекла выщелачиванием [1]. Данное соотношение было выбрано для достижения силикатного модуля $n=2,8$. Образец силикат глыбы представлен на рисунке 1. Результаты рентгенофазового анализа полученного образца и контрольного образца силикатной глыбы оказались идентичны.



Рисунок 1 – Образец силикат глыбы в тигле

Жидкое стекло получается растворением силикат глыбы дистиллированной водой. Количество воды, необходимое для растворения силикат глыбы, рассчитано с учетом, что воды должно быть 43,44 % от общей массы. По результатам титрования соляной кислотой было определено значение силикатного модуля $n=2,8$, что доказывает реализуемость данного метода.

Силикагель был получен смешением 100 мл дистиллированной воды с 1 г жидкого стекла и 3 г 15 % соляной кислоты. Жидкое стекло получено спеканием сухого гидроксида калия с молотым стеклом и последующим растворением в воде. Жидкое стекло добавляется в воду и перемешивается с нагреванием, до полного растворения, после чего добавляется соляная кислота. Полученный осадок промывается водой на фильтре «синяя лента» до значения $pH=7$. В результате образуются гранулы, которые просушиваются в сушильном шкафу при температуре 150 °С в течение 2 часов.

Данные ИК-спектроскопии полученного образца представлены на рисунке 2. На ИК-спектре образца присутствуют характерные для SiO_2 линии поглощения 875, 1015, 785 cm^{-1} . Полосы 785, 693, 692 cm^{-1} соответствуют колебаниям каркасных силикатов 1015, cm^{-1} соответствуют колебаниям группы Si-O-Si в слоистых силикатах, а полосы 875, 872 cm^{-1} характерны для кварцитов [2].

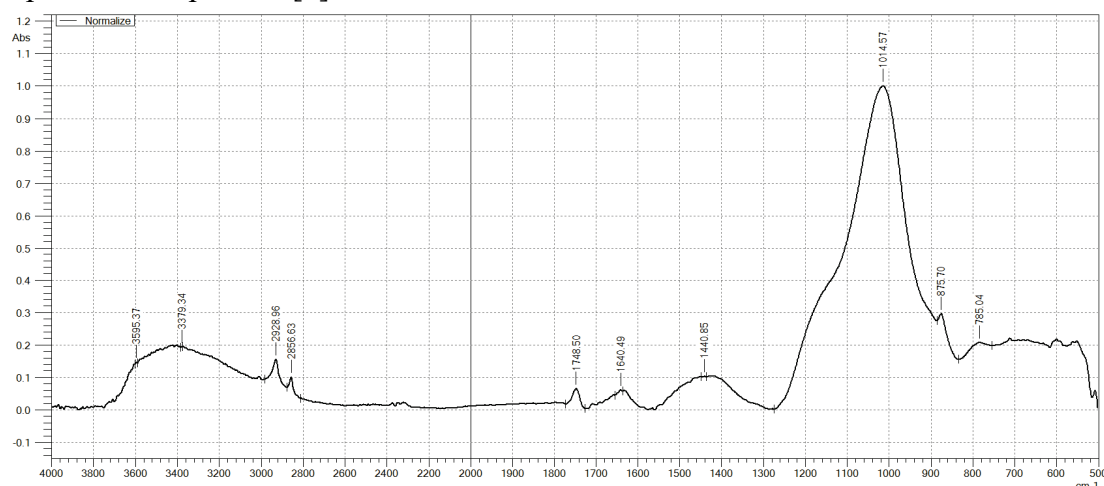


Рисунок 2 – ИК-спектр опытного образца силикагеля

Такие результаты можно объяснить низким силикатным модулем полученного жидкого стекла, так как имеется обратная зависимость образования -ОН групп от значения силикатного модуля, и прямая для образования оксидов кремния SiO_4 [3].

Также проводятся опыты по получению пеностекла, широко востребованного в строительстве материала. Основная ценность пеностекла связана с его пористостью, от чего зависит способность удерживать тепло, и устойчивостью к внешней среде. В качестве пенообразователя используется отход кофейного производства – кофейный жмых. Молотое стекло и пенообразователь смешиваются при соотношении 10 к 1 и подвергаются термической обработке в муфельной печи при 900 °С. Кофейный жмых сгорает с выделением пузырей CO_2 , которые, запечатавшись в плавленном стекле, образуют полости.

Библиографический список

1. Бондаренко, Д. О. Энергосберегающая технология получения силикат-глыбы для производства жидкого стекла / Д. О. Бондаренко // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2017 – С. 111-115.
2. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 557 с.
3. Чукин Г. Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезёма. – М.: Типография Паладин, ООО "Принта", 2008. – 172 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ ГИБРИДНЫХ СХЕМ РАЗДЕЛЕНИЯ

Фролкова А. К., Фролкова А. В.

Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова,

МИРЭА – Российский технологический университет, г. Москва

e-mail: frolova@gmail.com

PROMISING DEVELOPMENTS OF HYBRID SEPARATION FLOWSHEETS

Frolkova A. K., Frolkova A.V.

M.V. Lomonosov Institute of Fine Chemical technologies,

MIREA – Russian Technological University, Moscow

В представленных материалах рассмотрена и обоснована необходимость разработки концепции гибридизации схем разделения смесей, образующихся в технологиях получения органических веществ. Приведены примеры эффективного сочетания в схемах процессов, основанных на разных видах фазового равновесия. При этом в ряде случаев отмечено существенное снижение энергопотребления по сравнению с традиционными процессами.

Ключевые слова: гибридные технологии, ректификация, экстракция, абсорбция, разделение смесей, энергоэффективность.

Химическую промышленность отличает высокое энергопотребление по сравнению с большинством других производств. В технически развитых странах на ее долю приходится порядка 15 % всей электроэнергии [1]. Кроме того, она характеризуется высокой антропогенной нагрузкой. Загрязнение окружающей среды, энергетические проблемы обуславливают необходимость совершенствования действующих и создания новых энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В технологии основного органического и нефтехимического синтеза, как правило, более энергоемкой составляющей технологической цепочки является блок разделения. В первую очередь, это связано с использованием такого процесса, как ректификация. Несмотря на то что данный процесс обладает явными преимуществами по сравнению с альтернативными методами разделения, его существенным недостатком являются значительные затраты греющего пара в кубах ректификационных колонн, хладагентов в дефлегматорах и электроэнергии на перекачивание потоков.

В отечественной и мировой литературе значительное внимание уделяется проблемам повышения энергоэффективности схем ректификационного разделения за счет структурной и параметрической оптимизации, применения частично или полностью связанных тепловых и материальных потоков, использования сложных колонн (например, колонн с внутренней перегородкой, с выносными секциями, боковыми отборами). В то же время перспективным направлением в этой области является поиск специальных приемов и методов, позволяющих решать задачу энергосбережения уже на стадии исследования физико-химических свойств смесей и закономерностей фазовых равновесий. Последнее позволяет оценить возможности гибридизации технологических схем разделения, т. е. частичной замены ректификации процессами, основанными на других видах фазового равновесия, такими как экстракция, расслаивание, абсорбция, кристаллизация, перапарация и др. Актуальной является задача разработки общей концепции и принципов гибридизации технологических схем ректификационного разделения многокомпонентных смесей, решение которой требует систематического анализа существующих схем и синтеза новых структур, построенных на оптимальном сочетании в схеме различных функциональных комплексов.

Известно достаточно много примеров, когда сочетание различных процессов приводит к существенному сокращению энергозатрат на разделение многокомпонентных смесей с целью

получения продуктов требуемого качества: технология экстракции ароматических углеводородов из катализаторов риформинга бензиновых фракций [2], выделение аренов С6-С8 из риформатов [3], очистка сточных вод от фенола [4, 5], разделение смесей получения 1,2-дихлорэтана, винилацетата, ацетальдегида (из этилена) [6], циклогексанона [7]. Так, в работе [8] предложена технология обезвреживания ацетонитрила посредством сочетания процессов ректификации и экстракции с *n*-пропилхлоридом как альтернатива процессу экстрактивной ректификации. Авторы отмечают существенное снижение энергопотребления по сравнению с известным методом разделения (более, чем на 30 %). Аналогичные результаты были получены авторами [9] при очистке фурфурола: энергозатраты процесса экстракции с толуолом с последующим выпариваем оказались существенно ниже по сравнению с традиционным способом ректификационной очистки, что позволило внедрить данный процесс на производстве. Значительная экономия энергозатрат наблюдается при замене процесса экстрактивной ректификации гетероазеотропной (ректификация и расслаивание) ректификацией при разделении смесей тяжелокипящих компонентов (например, осушка карбоновых кислот) [10]. За счет успешного сочетания процесса первапарации и ректификации при осушке спиртов (этанола [11], изобутанола [12]) предложены энергоэффективные схемы выделения спиртов товарного качества как альтернатива процессам экстрактивной ректификации, ректификации под разными давлениями и т. д.

Структурная и параметрическая оптимизация гибридных схем разделения также приносит свои положительные результаты. Так, например, в работах [7, 13] показана возможность значительного снижения энергопотребления за счет реорганизации потоков флегмирования ректификационных колонн одним из жидких слоев, покидающих жидкостной сепаратор, или использования выносного сепаратора [14]. Авторы показали, что потенциально возможно снижение энергозатрат на 30-40 %. Доказало свою эффективность и применение сложных экстракционных колонн со связанными потоками [15].

Применение гибридных технологий, с одной стороны, способствует увеличению вариантов разделения (приводит к поливариантности структуры технологических схем), а с другой – открывает дополнительные возможности поиска путей снижения энергозатрат. Необходимо создание четких качественных и количественных критериев дискриминации процессов и структур схем разделения.

Разработка концепции гибридизации принципиальных технологических схем разделения должна базироваться на фундаментальных (теоретических) основах процессов разделения и включать оценку целесообразности и эффективности сочетания различных процессов на разных стадиях разделения многокомпонентных смесей.

Библиографический список

1. Кулов Н. Н. Инженерные проблемы повышения энергетической эффективности химико-технологических процессов и аппаратов // Современные задачи инженерных наук: сборник пленарных докладов Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения». 11-12 октября 2017 г. – 2017. – С. 26-32.
2. Залищевский Г. Д. Разработка и совершенствование экстракционных технологий разделения нефтепродуктов: автореф. дисс... докт. тех. наук. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), 2006. – 42 с.
3. Гайле А. А., Соловых И. А. Снижение содержания бензола в автомобильных бензинах методом экстрактивной ректификации // Химия и химическая технология. Органический синтез и биотехнология. – 2012. – С. 2-11.
4. Zhang Q.W., Lin L.G., Ye W.C. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // Chin Med. 2018. 13. 20.
5. Wu Y., Chen B., Yang S. Liquid–Liquid Equilibria for the Quaternary System: Diisopropyl Ether + *n*-Pentanol + Phenol + Water at 298.15 K // Journal of Chemical & Engineering Data. 2020. 65. 11. 5210-5217.

6. Тимофеев В. С., Серафимов Л. А., Тимошенко А. В. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2010. – 408 с.
7. Фролкова А. В., Фролкова А. К., Подтягина А. В., Спирякова В. В. Энергосбережение в схемах, основанных на сочетании ректификации и расслаивания // Теоретические основы химической технологии. – 2018. – Т. 52, № 5. – С. 489-496.
8. Yu B.-Y., Huang R, Zhong X.-Y., Lee M.-J., Chien I-L. Energy-Efficient Extraction–Distillation Process for Separating Diluted Acetonitrile–Water Mixture: Rigorous Design with Experimental Verification from Ternary Liquid–Liquid Equilibrium Data // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2017. Vol. 56. No 51. P. 15112-15121.
9. Suyuditomo G., Karimah I., Harahap A. F. P., Ramadhan M. Y. A., Panjaitan J. R. H., Sahlan M. Techno-economic analysis of furfural purification process from hydrothermal hydrolysis products of oil palm empty fruit bunches using distillation and extraction methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 749. No 1. 012046.
10. Frolkova A. V., Frolkova A. K., Gaganov I. S. Comparison of Extractive and Heteroazeotropic Distillation of High-Boiling Aqueous Mixtures // ChemEngineering. 2022. No 6. P. 83.
11. Toth A. J., Haaz E., Nagy T., Tarjani A. J., Fozér D., Andre A., Valentinyi N., Solti S., Mizsey P. Treatment of Pharmaceutical Process Wastewater with Hybrid Separation Method: Distillation and Hydrophilic Pervaporation // Waste Treatment and Recovery. 2018. Vol. 3. No 1. P. 8-13.
12. Valentinyi N., Mizsey P. Comparison of pervaporation models with simulation of hybrid separation processes // Periodica Polytechnica Chemical Engineering. 2014. Vol. 58. No 1. P. 7-14.
13. Фролкова А. В., Меркульева А. Д., Гаганов И. С. Синтез схем разделения расслаивающихся смесей: современное состояние проблемы // Тонкие химические технологии. – 2018. Т. 13, № 3. – С. 5-22.
14. Ciric A.R., Mumtaz H.S., Corbett G., Reagan M.T., Seider W.D., Fabiano L.A., Kolesar D.M., S. Widagdo. Azeotropic distillation with an internal decanter // Computers & Chemical Engineering. 2000. Vol. 24. No 11. P. 2435-2446.
15. Сидоров Г. М., Кондратьев Ю. А., Самойлов Н. А., Кондратьева Я. Ю. Сложные колонны со связанными потоками для разделения трехкомпонентной смеси экстракцией // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2012. – № 2. – С. 276-282.

КМЦ В ПРОИЗВОДСТВЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ БУМАГ

Цырендашиева А. Т., Малютина Д. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: nastya_14.09.00@mail.ru

CMC IN THE PRODUCTION OF SANITARY AND HYGIENIC PAPERS

Tsyrendashieva A.T., Malyutina D.I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Исследовано влияние карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) на влагопрочность санитарно-бытовой бумаги. Установлено, что добавление 2 кг КМЦ на 1 тонну бумаги увеличивает прочность во влажном состоянии в 1,5 раза, что позволит сократить количество влагопрочной смолы при производстве.

Ключевые слова: карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), макулатура, влагопрочность, влагопрочные смолы, санитарно-бытовые бумаги, методы исследования, физико-механические свойства бумаги.

Одним из сегментов целлюлозно-бумажной промышленности являются производства переработки макулатурного сырья. Макулатура (от лат. *Masulo* – пачкаю) – отслужившие свой срок изделия из бумаги и картона, бумажные отходы [1]. Основным нормативным документом, содержащим характеристику, описание и классификацию макулатуры, в Российской Федерации является ГОСТ 10700-97 «Макулатура бумажная и картонная», который распространяется на бумажную и картонную сортированную макулатуру, применяемую в качестве вторичного сырья для переработки в бумагу, картон и другие изделия [2].

В 2023 г. в России насчитывалось около 50 предприятий, занимающихся производством санитарных бумаг. Лидерами рынка являются такие компании, как: ООО "КИМБЕРЛИ-КЛАРК"; ООО "ХАЯТ КИМЬЯ"; ОАО "СЫКТЫВКАР ТИССЬЮ ГРУП"; «Сясьский ЦБК»; ООО «Эссити»; «ПАЛП Инвест». Потребление бумажных изделий санитарно-гигиенического назначения ежегодно растет. По информации финансового директора Сясьского ЦБК, в период пандемии в 2021 г. спрос на данный вид продукции вырос на 12 %.

Цель работы: изучить влияние КМЦ в композиции бумаги из вторичного сырья (макулатура марки МС5Б) с добавлением влагопрочной смолы марки Неосайз ВС-20.

Для проведения испытаний образцы подготавливали, производили роспуск и размол в лабораторно-размалывающем комплексе-1, а также определяли их степень помола в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ 14363.4-89. Подготовка бумажной массы, роспуск и размол волокнистых полуфабрикатов, а также введение в бумажную массу влагопрочной смолы, КМЦ, определение механической прочности во влажном и сухом состоянии производились в соответствии с действующими стандартами [3].

Изготавливались и испытывались образцы массой 40 г/м² с добавлением КМЦ с расходом 2 кг/т и 4 кг/т и влагопрочной смолы с расходом 25 кг/т.

Данные исследования приведены в таблице.

Таблица – Основные результаты исследования

№	Композиция	Толщина мм	Плотность г/см ³	Удель- ный объем см ³ /г	Прочность в сухом состоянии, Н	Прочность во влажном состоянии, Н
1	100 % макулатура	0,17	0,24	4,1	11,38	0,28
2	Макулатура+ Влагопрочная смола 25 кг/т	0,19	0,24	4,2	10,4	1,85
3	Макул+КМЦ 2 кг/т+ Влагопрочная смола 25 кг/т	0,19	0,28	3,6	14	2,88
4	Макул+КМЦ 4 кг/т+ Влагопрочная смола 25 кг/т	0,18	0,28	3,5	18,24	3,78

Результаты исследования показывают, что добавление КМЦ в композиции санитарно-гигиенических бумаг (СГБ) снижает расход влагопрочной смолы, тогда как увеличение количества добавленной КМЦ влияет на физико-механические свойства бумаги как в сухом, так и во влажном состоянии. Дальнейшие исследования могут привести к экономическим выгодам и к улучшению свойств бумаги при добавлении КМЦ.

Выводы:

1. КМЦ увеличивает удержание влагопрочной смолы в композиции СГБ, что позволяет снизить расход смолы.
2. Добавление КМЦ 2 кг/т увеличивает прочность бумаги как в сухом, так и во влажном состоянии в 1,5 раза. Увеличение расхода КМЦ до 4 кг/т увеличивает прочность во влажном состоянии в 2 раза.

Библиографический список

1. Фляте, Д. М. Технология бумаги: учебник для вузов / Д. М. Фляте. – М. : Лесная промышленность, 1988. – 432 с.
2. Иванов, С. Н. Технология бумаги. – Изд. 3-е / С. Н. Иванов. – М.: Московская типография № 2, 2006. – 696 с.
3. Смирнова, Е. Г., Малютина, Д. И. Изготовление лабораторных образцов бумаги и картона. Испытания бумаги и картона / Е. Г. Смирнова, Д. И. Малютина; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022 – 64 с.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ БИСТРИАЗИНОВ НА ОСНОВЕ ПЕРФТОРДИИМИДОИЛАМИДИНОВ

Чеботарь Р. А.^{1,2}, Лебедев Н. В.², Тришин Ю. Г.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна

² ФГУП «Научно-исследовательский институт синтетического каучука
имени академика С.В. Лебедева», г. Санкт-Петербург
e-mail: rom_ca2@mail.ru

PREPARATION OF PERFLUORINATED BISTRIAZINES BASED ON PERFLUORODIIMIDOILAMIDINES

Chebotar R. A.^{1,2}, Lebedev N. V.², Trishin Yu. G.¹

¹ Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

² Federal State Budgetary Institute «S.V. Lebedev Institute of Synthetic Rubber»,
Saint-Petersburg

На основе перфтордиимидаоиламидинов (ДПИА) синтезированы ранее неизвестные перфторированные бистриазины. Реакция протекает, вероятно, путем первоначального ацилирования имидаоиламидной группы фторангидридом перфторпропионовой кислоты с последующей внутримолекулярной дегидратацией образующегося гидроксиазометина.

Ключевые слова: перфторированные соединения, перфторированные имидаоиламидины, перфторированные триазины, фторангидриды перфторкарбоновых кислот.

Фторированные органические соединения характеризуются химической и термической стойкостью. Благодаря этому, например, в машиностроении нашли применение фторированные масла и смазки, которые имеют широкий диапазон рабочих температур (от -80 до 400 °С), что крайне важно для обеспечения стабильной работы подвижных частей механизмов. Для увеличения срока эксплуатации таких масел и смазок применяются различные присадки, среди которых заметное место занимают перфторированные триазины и их олигомеры – эффективные стабилизаторы окисления. В отличие от известных фосфорсодержащих присадок ароматической природы перфторированные триазины хорошо растворяются во фторированных полиэфирных маслах и защищают их от термического окислительного разложения при использовании в механических узлах машин [1].

В данной работе синтезированы ранее неизвестные перфторированные бистриазины при использовании в качестве исходных соединений перфторированных диимидаоиламидинов (ДПИА), получение которых разработано в НИИСК. По строению ДПИА представляют собой продукты конденсации перфторированных имидаоиламидинов с различной длиной углеродной цепи и нитрилов перфторированных двухосновных кислот (перфторпропеновой и перфторадипиновой) [2]. Для получения бистриазинов на основе диимидаоиламидинов использованы три соединения: ДПИА-42 ($m = 4$, $n = 3$), ДПИА-62 ($m = 6$, $n = 3$) и ДПИА-65 ($m = 6$, $n = 6$) [3] (рис. 1).

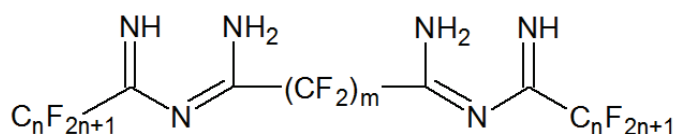


Рисунок 1 – Структурная формула используемых перфтордиимидаоиламидинов

В литературе описана циклизация имидоиламидиновых функциональных групп с помощью фторангидридов различных кислот и пиридина. Нами использован фторангидрид перфторпропионовой кислоты, приводящий к формированию триазинового цикла с радикалом C_2F_5 у третьего углеродного атома кольца. Реакцию циклизации проводили в среде сухого хладона RC-316 при использовании пятикратного избытка фторангидрида и пиридина.

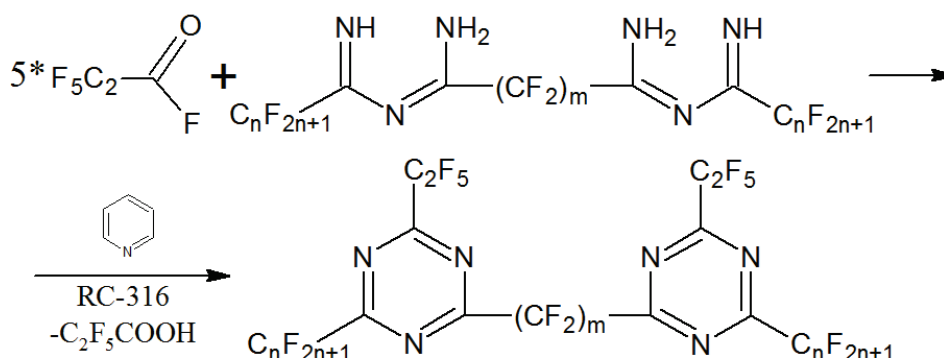


Рисунок 2 – Схема получения перфторированных бистриaziнов

Таким образом, из упомянутых выше ДПИА с выходами 66-93 % получены перфторированные бистриaziны с условным названием «бистриaziн-42-1» ($m = 4$, $n = 3$), «бистриaziн-62-1» ($m = 6$, $n = 3$) и «бистриaziн-65-1» ($m = 6$, $n = 6$) (схема 2), представляющие собой бесцветные высококипящие маслянистые жидкости (табл.).

Таблица – Выходы и свойства полученных перфторированных бистриaziнов

Соединение	Выход, %	n_d^{20}	Т. кип., °C (3 мм рт. ст.)
бистриaziн-42-1	66.4	1.3356	90
бистриaziн-62-1	81.0	1.3375	100
бистриaziн-65-1	93.1	1.3327	130

Состав и строение полученных соединений подтверждены данными масс-спектрометрии, ЯМР ^{19}F и ИК-спектроскопии. Так, в спектрах ЯМР ^{19}F имеются сигналы атомов фтора групп CF_3 (δ_F -81.33 м. д.) и CF_2 (δ_F -118,05 м. д.), принадлежащих вошедшему в соединение радикалу C_2F_5 , а также сигналы атомов фтора исходных ДПИА. В ИК-спектрах присутствует интенсивная полоса в области 1555 см^{-1} , характерная для связей $C=N$ триазинового цикла.

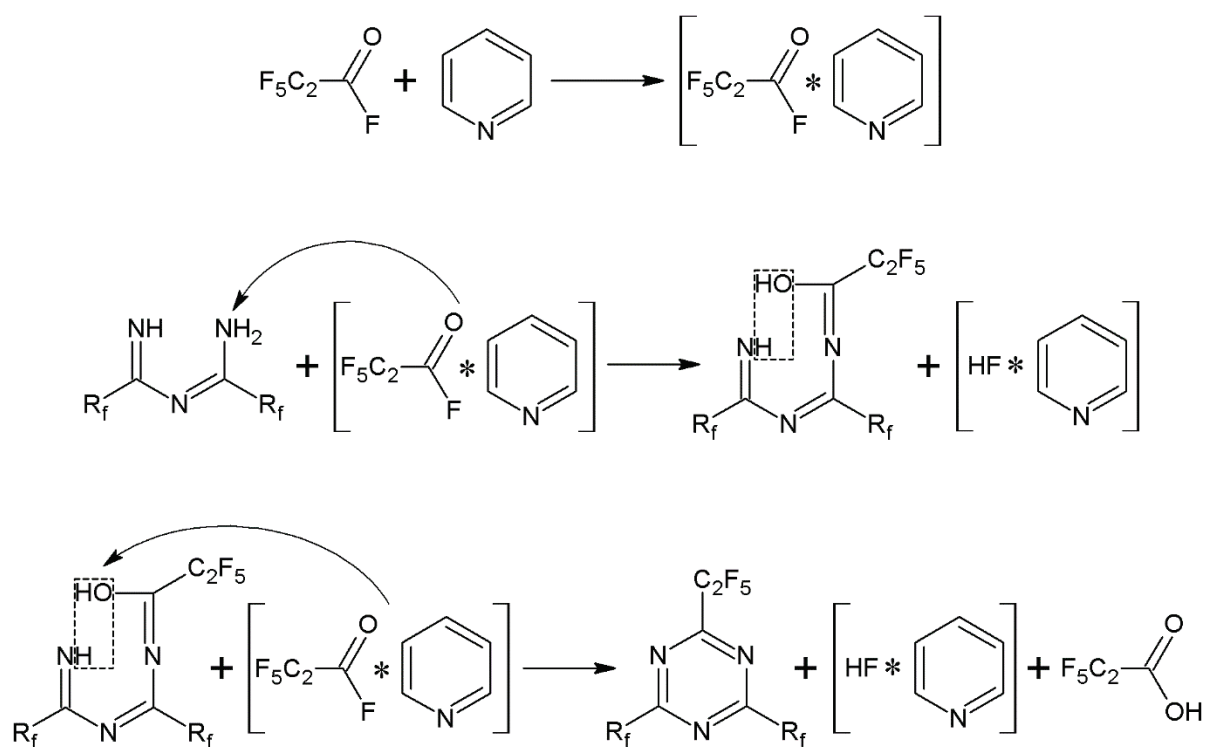


Рисунок 3 – Схема механизма образования триазинового цикла

Предполагаемый механизм образования триазинового цикла можно представить, как первоначальное ацилирование имидоиламидной группы фторангидридом перфторпропионовой кислоты (в виде комплекса с пиридином) с образованием гидроксиазометина, который в результате последующей внутримолекулярной циклизации, сопровождаемой дегидратацией, приводит к триазину (рис. 3).

Полученные перфторированные бистриазины могут быть применены в качестве антиокислительных присадок к моторным маслам, смазкам и в качестве низкотемпературных смазок.

Библиографический список

1. Пат. 5789532, США. Perfluoroalkyleneethertriazine oligomer and process for producing the same / I. Riichi, T. Haruyoshi, S. V. Sokolov, A. N. Kollar. – № 773277; опубли. 04.08.1998. – 8 с.
2. Пат. 8362167B2 США, МПК C08F14/18, C08F14/26. Fluorinated imidoylamidine vulcanizing agents for curing perfluoroelastomers polymers / M.A. Volkova, V.A. Gubanov, I.M. Tsipkina, A.N. Kollar. – № 11/822,829; опубли. 29.01.2013. – 16 с.
3. Чеботарь, Р. А. Синтез и свойства соединений гомологического ряда перфтордиимидоиламидинов: ДПИА-61 и ДПИА-62» / Р. А. Чеботарь, Е. А. Козлова // XXX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2023», секция «Химия». – М.: Издательство «Перо», 2023. – С. 502-513.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА ИЗ БАНАНОВОЙ КОЖУРЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Шарапова К. И., Симонова Е. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: elmaltienealas@gmail.com

INVESTIGATION OF THE USE OF FIBROUS SEMI-FINISHED BANANA PEEL IN THE PRODUCTION OF PAPER AND CARDBOARD

Sharapova K. I., Simonova E. I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Придание бумаги специфичных свойств достигается добавлением в композицию различных химикатов. По литературным данным, кожура банана богата целлюлозой и может использоваться в целлюлозно-бумажном производстве. Показано, что добавки волокнистого полуфабриката, полученного из кожуры банана, придает бумаге гидрофобные свойства, без применения химических вспомогательных веществ.

Ключевые слова: кожура банана, альтернативное сырье, снижение впитываемости, целлюлоза, волокнистый полуфабрикат.

Цель работы: изучить возможность использования в производстве бумаги и картона волокнистого полуфабриката, выделенного из кожуры банана.

Кожуру банана, используемую в исследовании, предварительно высушивали, измельчали и анализировали. Данные по компонентному составу кожуры банана представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав кожуры банана

Компонентный состав	Целлюлоза, %	Лигнин, %	Вещества растворимые в горячей воде, %	Зольность, %
Кожура банана	51	7	35	4

Как видно из представленных данных, кожура банана богата целлюлозой, имеет небольшое количества лигнина и высокий процент содержания веществ, растворимых в горячей воде.

Волокнистый полуфабрикат получали из предварительно высушенного и измельченного банана в растворе пищевой содой (Na_2CO_3) при жидкостном модуле 10:1.

Температура варки 90 °C, продолжительность обработки составила 1,5 часа.

Полученный полуфабрикат с выходом 53 % промывали и анализировали.

Для того чтобы получить представление о структуре и свойствах волокнистого полуфабриката из кожуры банана, исследовали структурно-морфологические характеристики [1]. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Структурно-морфологические характеристики волокнистого полуфабриката из банановой кожуры

Наименование показателей	Единицы измерений	Значение
Средняя длина волокон	мм	0,660
Средняя ширина волокон	мкм	36,5
Изогнутые волокна	%	26,3
Грубость	мг/м	1,77
Скручиваемость	%	22,9
Площади мелочи к общей площади объектов	%	52,4

Волокнистый полуфабрикат представлен короткими, широкими волокнами, с высоким значением грубости и большим количеством мелочи.

Из полученного волокнистого полуфабриката изготовили отливки [2] из макулатуры марки МС-5Б с различным содержанием волокнистого полуфабриката из кожуры банана массой 100 г/м², для полученных лабораторных образцов определяли физико-механические показатели. Данные представлены на рисунках 1-4.

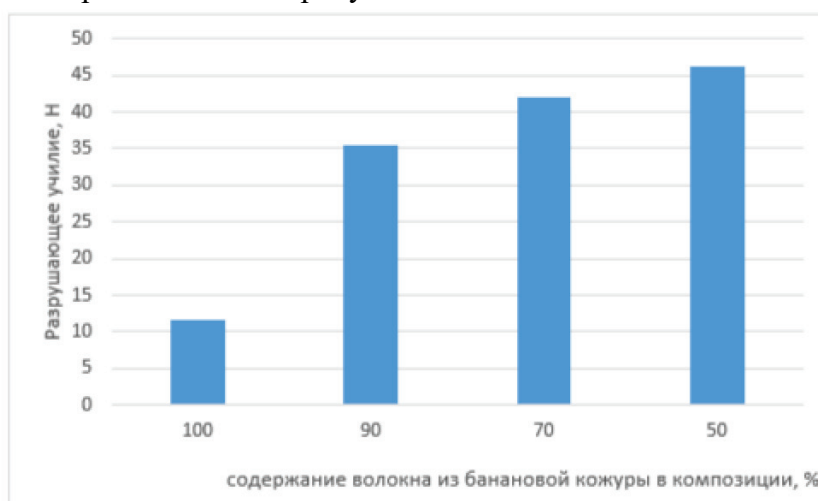


Рисунок 1 – Влияние процентного содержания волокнистого полуфабриката из кожуры банана на разрушающее усилие образца бумаги



Рисунок 2 – Влияние процентного содержания волокнистого полуфабриката из кожуры банана на сопротивление продавливанию

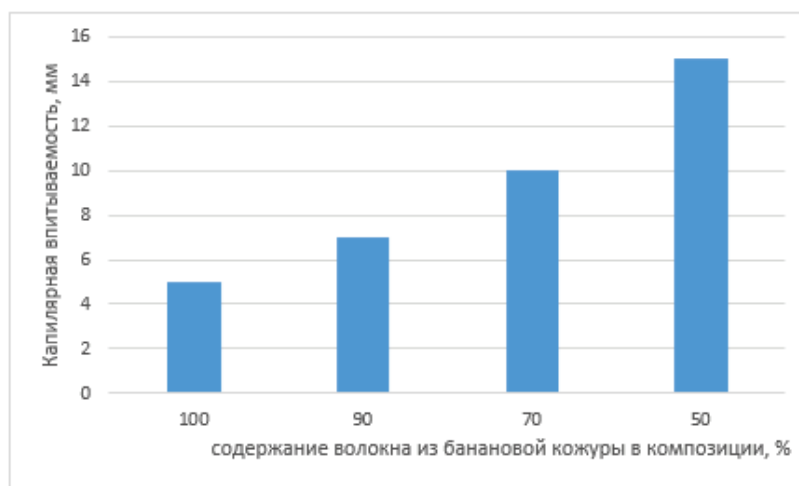


Рисунок 3 – Влияние процентного содержания волокнистого полуфабриката из кожуры банана на капиллярную впитываемость



Рисунок 4 – Влияние процентного содержания волокнистого полуфабриката из кожуры банана на поверхностную впитываемость

Из представленных данных можно заключить, что увеличение содержания волокнистого полуфабриката из кожуры банана в композиции лабораторного образца снижает прочностные показатели, однако данные по капиллярной впитываемости и впитываемости при одностороннем смачивании позволяют рассматривать добавление волокнистого полуфабриката из кожуры банана, как добавку, придающую гидрофобность бумаге и картону.

Библиографический список

1. Селезнев, В. Н., Сунайт, В. Н. Основы полиграфии. Выполнение лабораторных работ: методические указания / В. Н. Селезнев, В. Н. Сунайт. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 36 с.
2. Смирнова, Е. Г., Малютина Д. И. Изготовление лабораторных образцов бумаги и картона, испытания бумаги и картона. Выполнение лабораторных работ: методические указания / Е. Г. Смирнова, Д. И. Малютина. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – 64 с.

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ

Шидловский Т. Д.¹, Цыганков М. М.¹, Зимарев И. В.²

¹Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,

²Технологический университет Лаппенранта-Лахти (LUT), Лаппенранта
e-mail: timofeysh15@gmail.com

TYPES OF TREATMENT OF POLYMER SURFACES TO INCREASE ADHESION STRENGTH

Shidlovskiy T. D.¹, Tsygankov M. M.¹, Zimarev I. V.²

¹Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

²LUT University (Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT), Lappeenranta

Для повышения адгезионной прочности полимерные поверхности обычно модифицируют с помощью различных методов обработки. В данном исследовании изучается влияние механической, химической и энергетической обработки на прочность сцепления полимерных материалов. Результаты показывают, что влияние применяемых обработок на прочность сцепления поверхностей полимеров довольно значительно. Особенный интерес представляют собой различные виды плазменных обработок. Данное сравнительное исследование открывает путь к разработке полимерных соединений с улучшенными адгезионными характеристиками.

Ключевые слова: обработка поверхности, сила адгезии, полимер, плазма.

Полимеры известны своей низкой поверхностной энергией и прочностью сцепления по сравнению с другими материалами, такими как металлы. Это связано с наличием примесей и загрязнений в пограничных слоях полимера, которые мешают созданию нормального сцепления [1, 2]. Поэтому для улучшения адгезии полимерных поверхностей часто применяются различные виды обработки [3]. Их можно разделить на механические обработки, влияющие в основном на рельеф поверхности (например, пескоструйная обработка, отслаивание слоев), химические обработки с использованием химических веществ (например, очистка растворителями, грунтовками, ультразвуковая очистка) и энергетические обработки, направленные в основном на свободную энергию поверхности (например, плазма, коронный разряд, пламя, УФ/озон). Кроме того, их можно разделить на пассивные, которые только очищают и удаляют слабосвязанные слои поверхности, не изменяя ее химический состав (например, очистка растворителем, механическое истирание), и активные, которые изменяют химический состав поверхности (например, плазма, нанесение грунтовок).

Механическая обработка состоит в основном из абразивных методов, используемых для удаления «слабых» поверхностных слоев и увеличения площади контакта с адгезивом [4]. Теория адгезии, наиболее связанная с этими методами обработки, – это механическая теория, в которой адгезив и адгезивы механически взаимосвязаны [2]. Повышенная шероховатость поверхности обычно приводит к увеличению площади контакта и числа молекулярных взаимодействий между поверхностью адгезива и адгезивом. Одними из наиболее часто используемых методов абразивной обработки поверхности являются обработка шлифовальными абразивными листами, пескоструйная обработка и абразивная обработка. Очистка обычно требуется до и после механической обработки для удаления с поверхности остатков, вызванных абразивным износом.

Что касается химической обработки, то теория адгезии, которая в большей степени связана с этой категорией, – это теория химического связывания, в которой ковалентные

химические связи продвигаются через границу раздела [2]. Этот механизм зависит от наличия взаимно реагирующих функциональных групп, таких как гидроксильные и карбоксильные, в адгезиве и сцепляемых поверхностях. Простейшей химической обработкой является очистка поверхности, которая удаляет такие загрязнения, как технологические масла, грязь, воски, разделительные агенты и пластификаторы [4]. Эффективными растворителями для очистки являются метилэтилкетон (МЕК), ацетон и метанол. Для предотвращения деградации полимера следует учитывать его химическую стойкость [4]. Наиболее широко используемыми химическими средствами являются грунтовки и промоторы адгезии. Эти многофункциональные химические вещества обеспечивают «молекулярный мост» между адгезивом и основой, добавляя новый бифункциональный слой на границе раздела [2]. Грунтовки обычно имеют меньшую вязкость, чем клеи, что позволяет им заполнять пористые и шероховатые поверхности. Они наносятся только на подложку, в то время как промоторы адгезии могут использоваться как на подложке, так и включаться в состав клея.

Основная цель энергетической обработки – удалить органические загрязнения, запустить окислительные процессы, повысить полярность и смачиваемость полимерных поверхностей. Хотя такие обработки могут изменить топографию полимера за счет удаления слабых когезионных слоев, они все же оказывают гораздо меньшее влияние на характеристики поверхности по сравнению с механической обработкой. Например, в работе [5] обнаружили, что обработка ультрафиолетовым излучением/озоном, коронным разрядом и плазмой низкого давления существенно не изменила шероховатость поверхности сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Одним из основных видов энергетической обработки полимеров является УФ/озоновое излучение. Предыдущие исследования показали, что эта обработка значительно улучшает адгезионную прочность некоторых полимеров [1]. Другим примером является обработка (атмосферной) плазмой, которая широко используется в различных отраслях промышленности. Плазма образуется при возбуждении газа электрической энергией, в результате чего он становится высокореактивным [6].

Этот метод очень эффективен для травления, сшивания и активации полимерных поверхностей [7, 8]. Между газовой плазмой и обрабатываемой поверхностью могут происходить три реакции: (1) реакции между поверхностными видами или между газовыми видами и поверхностными химическими группами; (2) индуцированная плазмой полимеризация, когда плазменный газ действует как мономер, образуя тонкий поверхностный слой; и (3) создание летучих поверхностных продуктов путем удаления поверхностного материала с помощью химических реакций и физического травления. Существует два основных метода плазменной обработки: плазма низкого давления (вакуумная) и атмосферная плазма. Последний метод более распространен благодаря своей относительно низкой стоимости и простоте интеграции в производственные линии [6]. Эффективность обработки атмосферной плазмой во многом зависит от свойств обрабатываемых материалов и ряда параметров обработки, таких как плазмообразующий газ, скорость обработки и расстояние между соплом и поверхностью. Например, в работе [8] было обнаружено, что обработка аргоновой плазмой способствует расщеплению цепей и снижению твердости пропиленовой пленки, в то время как обработка гелиевой плазмой способствует ее сшиванию и повышению твердости.

Для получения более полной картины необходимо провести комплексный анализ, сравнивающий широкий спектр обработок. Моделирование такого анализа позволит проанализировать механизмы взаимодействия плазмы с поверхностью полимеров на молекулярном уровне, что поможет лучше понять физико-химические процессы, а также оптимизировать условия обработки поверхности. Так, можно разработать более эффективные методы обработки и предсказать результаты на основе установленных моделей. Данное исследование привнесет новые возможности для разработки клеевых соединений с улучшенными адгезионными характеристиками и долговечностью.

Библиографический список

1. Brewis DM, Briggs D. Adhesion to polyethylene and polypropylene. *Polymer Guildf.* 1981;22(1):7-16.
2. Petrie EM. Handbook of adhesives and sealants. 2nd ed. New York, United States: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2007. 320 p.
3. Шидловский, Т. Д. Улучшение износостойкости СВМПЭ добавлением различных наполнителей и обработкой холодной газовой плазмой / Т. Д. Шидловский // Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах: тезисы докладов IV Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 28–30 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С. 84-85. – EDN GJNPPH.
4. Ebnesajjad S. Material surface preparation techniques. In: *Surface treatment of materials for adhesive bonding*. New York, United States: William Andrew Publishing; 2014. P. 95-138.
5. Oosterom R, Ahmed TJ, Poulis JA, et al. Adhesion performance of UHMWPE after different surface modification techniques. *Med Eng Phys.* 2006;28(4):323-330.
6. Ebnesajjad S. Plasma treatment of polymeric materials. In: *Surface treatment of materials for adhesive bonding*. New York, United States: William Andrew Publishing, 2014. P. 227–269.
7. Шидловский, Т. Д. Улучшение износостойкости СВМПЭ путём обработки холодной газовой плазмой / Т. Д. Шидловский, В. В. Васильева // Вопросы исследования природных и синтетических полимеров и композитов: тезисы докладов Всероссийской научной студенческой конференции, Санкт-Петербург, 14 декабря 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2023. – С. 50-51. – EDN PILKKM.
8. Hegemann D, Brunner H, Oehr C. Plasma treatment of polymers for surface and adhesion improvement. *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect B Beam Interact Mater. Atoms.* 2003;208(1–4):281-286.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Ширин О. И., Липин В. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: Shirin1997@yandex.ru*

MODERN APPROACHES TO THE SYNTHESIS OF FLOCCULANTS BASED ON NATURAL POLYMERS

Shirin O. I., Lipin V. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Анализ работ в области синтеза флокулянтов показал, что основным направлением современных исследований является синтез флокулянтов на основе природных полимеров, в частности, лигнина. Синтез таких флокулянтов является перспективным направлением, так как они имеют ряд преимуществ по сравнению с синтетическими полимерами: они являются биоразлагаемыми, а запасы сырья для их производства являются неограниченными, так как оно образуется в ходе цикла производства бумаги.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность (ЦБП), синтез флокулянта, лигнин, полисахариды, очистка сточных вод, природные полимеры.

Флокулянты используются для очистки дисперсных систем от примесей во многих отраслях промышленности. В частности, в ЦБП они применяются сразу для нескольких целей: повышение влагоотдачи в процессе фильтрации на сетке бумагоделательной машины, снижение количества взвешенных частиц в оборотной воде и др.

В настоящее время активно развивается направление синтеза флокулянтов на основе природных полимеров, в том числе получаемых в процессе переработки целлюлозного сырья, таких как целлюлоза, хитозан и лигнин. Среди природных полимеров полисахариды обладают многими преимуществами, такими как биоразлагаемость, нетоксичность, способность подвергаться различным химическим модификациям и широкая доступность из возобновляемых источников. Неорганические флокулянты чувствительны к изменениям pH и приводят к образованию большого количества осадка в окружающей среде. Ионы металлов из такого осадка, попадающие в грунтовые воды, представляют собой серьезную проблему для экологии. Большинство синтетических флокулянтов чрезвычайно токсичны для человека, животных и водных организмов [1]. Основным преимуществом флокулянтов, получаемых из природных полимеров, является их биоразлагаемость и возобновляемость в естественных условиях. Так, целлюлоза может быть получена из древесины, растений и микроорганизмов, древесных волокон, травы, бамбука, водорослей и бактерий. Благодаря обилию свободных ОН-групп в цепи целлюлоза имеет высокий потенциал использования в качестве водоочистительного агента. Целлюлоза способна эффективно удалять остатки органических соединений и ионы металлов из воды, так как она обладает высокой хелатирующей способностью. Из-за своей низкой растворимости в воде целлюлоза традиционно имела ограниченное применение в качестве флокулянта, однако химическая модификация ее структуры способствует устранению данного недостатка, а также повышает химическую активность целлюлозы. Традиционным эффективным методом химической модификации структуры целлюлозы является карбоксиметилирование [2]. Побочным продуктом, получаемым в процессе переработки целлюлозосодержащего сырья, является лигнин. Данный природный полимер образуется в больших количествах в процессе варки целлюлозы на предприятиях ЦБП, что делает запасы сырья для синтеза флокулянтов на его основе

практически неограниченными. Лигнин содержит множество гидроксильных групп, которые могут участвовать в химических реакциях с образованием различных полимеров, потенциально применимых в качестве флокулянтов [3].

Например, путем модификации хитозана акриламидом и хлоридом 2,3-эпоксипропилтриметиламмония был получен флокулянт CTS-AM-ETA для очистки сточных вод ЦБП [4]. Синтез проводили в две стадии: на первой стадии акриламид был привит на хитозан. В качестве инициатора сополимеризации использовался нитрат церия-аммония. На второй стадии к полученному полимеру добавляли 2,3-эпоксипропилтриметиламмоний и изопропиловый спирт. Результаты показали, что CTS-AM-ETA обладает лучшими адсорбционными характеристиками по сравнению с традиционными неорганическими флокулянтами. Также может быть получен флокулянт на основе микроцеллюлозы, хлорида метакрилоксиэтилтриметиламмония (ДМК) и акриловой кислоты (АК): MCC(pAA-co-pDMC) [5]. При соблюдении оптимальных условий синтеза флокулянт MCC (pAA-co-pDMC) имеет высокую флокулирующую способность в суспензиях с высокой мутностью, эффективность удаления мутности составляла 98,7 %, 99,8 % и 99,8 % при начальной концентрации 5,0 г/дм³, 7,0 г/дм³ и 10,0 г/дм³ соответственно. С помощью карбоксиметилирования была получена 2,3,6-трикарбоксилатная целлюлоза. Синтезированный полимер продемонстрировал высокую флокулирующую способность в суспензии каолина с концентрацией 1 г/л. Эффективность удаления мутности составила 95,3 % [6]. Был получен биоразлагаемый флокулянт на основе крафт-лигнина, который был сополимеризован с акриламидом и ДМК. В качестве инициатора полимеризации авторы использовали персульфат калия. Полимер был получен в одну стадию синтеза [7]. Полученный полимер продемонстрировал высокую флокулирующую способность в суспензиях каолина и бентонита. Был синтезирован полимер на основе крафт-лигнина и акриловой кислоты [8]. Полученный полимер может быть применен в качестве флокулянта для цементной и горнодобывающей промышленности. В результате исследования влияния сульфирования лигнина на флокулирующую способность полученного полимера было установлено, что полимер на основе сульфированного лигнина имел лучшую растворимость в воде по сравнению с полимером на основе лигнина, не подвергавшегося воздействию серной кислоты. Синтезированный флокулянт продемонстрировал высокую флокулирующую способность на частицах оксида алюминия [9].

Можно сделать вывод о том, что синтез флокулянтов на основе природных полимеров, таких как целлюлоза, лигнин и хитозан, является перспективным и востребованным в настоящее время. Это подтверждает большое число публикаций по теме исследования, выпущенных учеными за последнее время. По данным литературы, сочетание свойств природных и водорастворимых синтетических полимеров позволяет создавать новые высокоэффективные флокулянты. Их можно легко модифицировать для повышения эффективности флокуляции.

Учитывая сложившуюся тенденцию подходов к синтезу флокулянтов на основе природных полимеров, поставлена задача синтеза флокулянтов на основе побочного продукта переработки целлюлозосодержащего сырья, лигнина. Флокулянты должны быть такими, чтобы они не уступали по своей флокулирующей способности синтетическим полимерам, были легко утилизируемыми, а также получались из сырья, образующегося в цикле обработки целлюлозы на предприятиях ЦБП. Основное направление будущих исследований – получение новых биоматериалов и их модификация с целью оптимизации процесса флокуляции.

Библиографический список

1. Maćczak P., Kaczmarek H., Ziegler-Borowska M. Recent Achievements in Polymer Bio-Based Flocculants for Water Treatment // Materials. 2020. Vol. 13(18). P. 3951.
2. Fauzani, D., Notodarmojo S., Handajani M., Helmy Q., Kardiansyah T. Cellulose in natural flocculant applications: A review. // Journal of Physics: Conference Series. Vol. 2047. P. 012030.

3. Jiachuan C., Eraghi Kazzaz A., AlipoorMazandarani N., Hosseinpour Feizi Z., Fatehi, P. Production of Flocculants, Adsorbents, and Dispersants from Lignin // *Molecules*. 2018. Vol. 23(4), P. 868.
4. Yang X., Ji X., Xu T., Liang X., Chen W. Preparation and performance of CTS-AM-ETA as a modified chitosan flocculant // *Desalination and Water Treatment*. 2022. Vol. 256. P. 139-148.
5. Wang Z., Huang W., Yang G., Liu Y., Liu S. Preparation of cellulose-base amphoteric flocculant and its application in the treatment of wastewater // *Carbohydrate Polymers*. 2019. Vol. 215. P. 179-188.
6. Chen K., Lv W., Chen W., Wang Y., Zhang Y., Zhang X., Yao J. 2,3,6-Tricarboxylate Cellulose as a Fully Biodegradable Flocculant: Efficient Synthesis and Flocculation Performance // *BioResources*. 2016. Vol. 11(3). P. 5918-5930.
7. Hasan A., Fatehi P. Cationic kraft lignin-acrylamide as a flocculant for clay suspensions: 1. Molecular weight effect. // *Separation and Purification Technology*. 2018. Vol. 207. P. 213-221.
8. Kong F., Wang S., T. Price J., Konduri M.K.R., Fatehi P. Water-soluble kraft lignin–acrylic acid copolymer: synthesis and characterization // *Green Chemistry*. 2015. Vol. 17(8). P. 4355-4366.
9. Gao W., Alkhalifa Z., Fatehi P. Generation of sulfonated kraft lignin acrylic acid polymer and its use as a flocculant // *Separation Science and Technology*. 2020. Vol. 56 P. 1601-1611.

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КИСЛОТНЫХ ГИДРАЛИЗАТОВ

Эрнандес Гарсия Д. Д., Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Липин В. А.
*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*
e-mail: Ernandes20@yandex.ru

ELECTRODIALYSIS FACILITY FOR PROCESSING ACID HYDROLYSATES

Ernandes Garcia D. D., Romashova M. M., Demyantseva E. Yu., Lipin V. A.
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Спроектировано оборудование для проведения электродиализа различных водных растворов, в частности, растворов гидролизата целлюлозы. Были проведены расчеты для оценки эффективности работы спроектированной электродиализной установки. Путем сравнения с литературными данными было выяснено, что процесс электродиализа имел адекватные значения эффективности.

Ключевые слова: электродиализ, вязкость, электропроводность, термодинамические свойства.

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) играет важную роль в различных отраслях промышленности, она используется в пищевой промышленности в качестве наполнителя для снижения калорийности диетических и диабетических продуктов, в качестве стабилизатора эмульсий и кремов, в парфюмерной промышленности для изготовления кремов и зубных паст, в фармацевтической промышленности при производстве твердых дозированных лекарственных форм, в лакокрасочной промышленности – в качестве пигмента, матирующей добавки, наполнителя и стабилизатора красок [1].

МКЦ может быть получена путем гидролиза целлюлозного материала раствором соляной кислоты [2]. Гидролиз является затратным этапом производства из-за постоянной траты реактива – соляной кислоты. В процессе гидролиза необходимо обеспечивать рециркуляцию гидролизатов для выделения соляной кислоты и образующихся сахаров – моно и олигосахаридов.

Одним из возможных способов регенерации отработанного раствора соляной кислоты является электродиализ. Целью данной работы является разработка установки для моделирования промышленного процесса разделения сахаров и соляной кислоты. Полученные данные можно применять для расчета и проектирования промышленной установки.

Установка для проведения электродиализа состоит из нескольких камер, которые разделены друг от друга ионообменными мембранами – катионообменной МК-40 и анионообменной МА-41 и графитовых электродов. За счет создания разности потенциалов в крайних ячейках данной установки из ячеек, содержащих растворы с ионами, идет перемещение ионов через ионоселективную мембрану в соответствующие ячейки с дистиллированной водой.

Для печати ячеек электродиализной установки были разработаны их 3d-модели в САПР Autodesk AutoCAD. После печати ячеек электродиализной установки с ее сборки была получена следующая конструкция, которая приведена на рисунке.



Рисунок – Лабораторная установка для проведения электродиализа

Характеристики установки и процесса электродиализа следующие. Площадь мембран – $4,9 \text{ см}^2$, значение средней скорости разделения раствора при начальном значении pH 1,34 ед. составляет $0,46 \text{ ммоль/с} \cdot \text{м}^2$, объем ячейки (заливаемого раствора) – 60 мл.

Полученные численные значения скорости разделения раствора коррелируются с известными данными работам похожих установок по электродиализу [3].

Библиографический список

1. Аутлов С. А., Базарнова Н. Г., Кушнир Е. Ю. Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 33-41.
2. Болтовский В. С. Способы получения микрокристаллической целлюлозы // Труды БГТУ. – 2021. – Серия 2, № 1. – С. 40-50.
3. Бурчу М. П. Извлечение сульфата натрия из раствора мономера в электромембранном аппарате: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Иваново, 2015. – 131 с.

СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 630.231

ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Гармышев В. В., Еременко Д. К.

Иркутский национальный исследовательский технический университет

e-mail: diament1959@mail.ru, eremenko97@bk.ru

FOREST PATHOLOGICAL STATE OF THE NATURAL TERRITORY OF THE IRKUTSK REGION

Garmyshev V. V., Eremenko D. K.

Irkutsk National Research Technical University

В статье приведен общий анализ исследования лесопатологического состояния природной территории Прибайкалья за 2014 – 2023 гг. Проанализированы факторы, оказывающие негативное влияние на состояние древостоя региона. На основании существующих методологических подходов дана усредненная лесопатологическая оценка состояния лесов на территории Иркутской области. Установлено, что в результате негативных причин в области в среднем ежегодно повреждалось 1563,9 тыс. м³ деревообразующих пород, при этом 99,7 % поврежденных и сгоревших деревьев приходилось на ландшафтные пожары. Экономический ущерб от повреждения древостоя ежегодно в среднем составлял 29,84 млн руб.

Ключевые слова: природная территория, лесные ресурсы, лесопатология лесов.

Иркутская область является одним из самых богатых лесных территорий среди субъектов Российской Федерации, общий запас древесины составляет 8,81 млрд. м³ [1]. Лесная растительность занимает 62,68 млн га, что составляет 8,1 % и 1,6 % площади лесов страны и мира [1].

В Иркутской области сосредоточено 11,1 % от общего количества лесов страны, при этом доля хвойных лесов выше и составляет 13,4 %. Если рассматривать только зрелые леса, пригодные для эксплуатации, лесные предприятия региона располагают 832 млн м³, включая 7732 млн м³ древесины хвойных пород. По этому показателю Иркутская область занимает второе место в России после Красноярского края [1-3].

Таким образом на сегодня лесные ресурсы Иркутской области являются важным фактором поддержания устойчивости биосферы, сохранения качества среды обитания, культурной и социальной значимости, а также является значимым сырьевым ресурсом [3, 4].

Изучение теоретических положений работ [1-6] позволило сделать вывод, что особенно в последние годы негативное влияние на состояние лесных ресурсов в регионе оказывают: вырубки, особенно не плановые «черных лесорубов», доля которых, к сожалению, с каждым годом увеличивается на 1,5 – 2,0 %, ландшафтные пожары, повреждение леса животными и насекомыми, болезни леса, неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические факторы, усыхание леса, антропогенные факторы.

Для определения значений поврежденных хвойных и лиственных пород за 2014 – 2023 гг. были изучены: таксационные характеристики древостоя на лесных территориях, материалы Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области», Министерства лесного комплекса, Главного управления МЧС России по Иркутской области, а также теоретические положения, изложенные в работах [1, 2, 5-9]. Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Усредненная лесопатологическая оценка состояния лесных территорий Прибайкалья за 2014 – 2023 гг.

Исследуемые показатели	Значение	Исследуемые показатели	Значение
Плановая вырубка, тыс. га	238,5	Неблагоприятные погодные и почвенно-климатические факторы, га	320,4
Сгоревшая площадь, покрытая лесом, тыс. га	473,4	Усыхание леса, га	45,2
Повреждение леса животными и насекомыми, га	52,8	Влияние антропогенных факторов, га	280,9
Болезни леса, га	37,9	Итого, тыс. га	712,6

Принимая во внимание теоретические положения работ [1, 2, 4, 6, 8-10], нами дана усредненная оценка объемов поврежденных деревообразующих пород на территории Прибайкалья за 2014 – 2023 гг. В процессе лесопатологических исследований оценивались следующие показатели:

1. Сгоревшие и поврежденные породы древостоя в результате ландшафтных пожаров. Хотелось бы на этом остановиться более подробно, так как на ландшафтные пожары приходится 99,7 % поврежденных и сгоревших лиственных и хвойных пород от общего числа погибших деревьев в регионе.

Исследования состояния древостоя происходило в результате полевых исследований в течение 2014-2023 гг. выборочно в административно-территориальных единицах Иркутской области с наибольшей сгоревшей площадью: Катангском, Братском, Качугском, Черемховском, Киренском, Жигаловском районах. Оценка деревьев проводилась глазомерно по внешнему виду корневой, стволовой части, крон листвы, хвои. При этом давалась оценка с учетом дефолиации (отсутствия) от 10 % и дехромации (неестественной окраски) от 5 % древостоя, а также с учетом средней, сильной, очень сильной, катастрофической степени их повреждения, что соответствовало II – V категориям жизненного цикла.

2. Повреждение леса животными и насекомыми.

3. Болезни леса.

4. Неблагоприятные погодные и почвенно-климатические факторы.

5. Усыхание леса.

6. Влияние антропогенных факторов.

В результате расчетов был определен объем видов поврежденных хвойных и лиственных пород на лесных территориях Прибайкалья, что позволило оценить экономический ущерб [1, 2, 9] (табл. 2).

Таблица 2 – Усредненные значения экономического ущерба в результате уничтоженной и поврежденной древесины на лесных территориях в Иркутской области за 2014 – 2023 гг.

Лесообразующие породы	Объем поврежденных и сгоревших деревообразующих пород, тыс. м ³	Ущерб, млн руб.	Лесообразующие породы	Объем поврежденных и сгоревших деревообразующих пород, тыс. м ³	Ущерб, млн руб.
Сосна	480,3	10,85	Пихта	52,7	1,12
Лиственница	459,2	10,10	Береза	224,9	1,73
Кедр	176,8	3,97	Осина	70,3	0,09
Ель	99,7	1,98	Итого	1563,9	29,84

Таким образом, в результате приведенных исследований за 2014 – 2023 гг. можно сделать следующие выводы:

1. Иркутская область в настоящее время является регионом со значительным лесосырьевым ресурсом, который играет доминирующее значение в оздоровлении окружающей среды урбанизированного и техносферного социума на современном этапе его развития.

2. Установлено, что в результате хозяйственной деятельности ежегодно на территории региона в среднем вырубалась древесина на природной территории площадью до 238,5 тыс. га.

3. В результате ландшафтных пожаров и других факторов ежегодно в среднем в области уничтожались хвойные и лиственные породы на площади 474,1 тыс. га., при этом экономический ущерб составлял 29,84 млн руб.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2022 году». – Иркутск: ООО «Максима», 2023. – 285 с.

2. Тимофеева С. С., Гармышев В. В., Кузнецов К. Л., Дубровин Д. В. Лесные ресурсы Прибайкалья. Ландшафтные пожары, методология и оценка загрязнения атмосферы: монография. – Иркутск: Аспринт, 2022. – 164 с.

3. Ващук Л. Н., Швиденко А. З. Динамика лесных пространств Иркутской области. – Иркутск: ОАО «Иркутская областная типография № 1», 2006. – 392 с.

4. Тимофеева С. С., Гармышев В. В. Экологические последствия лесных пожаров // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21, № 3. – С. 46-49.

5. Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк; ред. Л. М. Корытный. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. – 336 с.

6. Чжан С. А., Пузанова О. А. Санитарное и лесопатологическое состояние лесов в Иркутской области // Системы. Методы. Технологии. – 2016. – №2 (30). – С. 174-178.

7. Залесов С. В. Лесная пирология: учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2021. – 396 с.

8. Новоселов А. С., Верхнодубенко В. С. Диагностика лесов и охрана их от пожаров: учеб. пособие / ВГМХА. – Вологда: Изд-во Вологда – Молочное, 2012. – 51 с.

9. Материалы в государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Иркутской области от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»: статистический сборник. – Иркутск: ГУ МЧС России по Иркутской области, 2017 – 2023 гг.

10. Буряк Л. В., Москаленко С. А., Иванова Г. А. Экологическая роль лесных пожаров: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2019. – 174 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РАСТВОРИТЕЛЕЙ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ

Кукукина М. В., Котехова В. Д.
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва
e-mail: marilasakh@mail.ru

ENVIRONMENTAL SAFETY OF SOLVENTS USED IN CORROSION INHIBITORS

Kuksina M. V., Kotekhova V. D.
National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow

Реагентами для борьбы с коррозией являются ингибиторы коррозии, состоящие из активной основы, растворителя и добавок. Метанол как растворитель характеризуется высокой экологической опасностью. Заменой ему могут служить изопропиловый спирт, бутанол-1, бутилцеллозольв, диэтиленгликоль (ДЭГ). Наиболее оптимальным растворителем для создания «зеленого» ингибитора коррозии определен ДЭГ. Было показано влияние количества выбранного растворителя на защитные свойства и температуры застывания ингибитора.

Ключевые слова: ингибитор коррозии, биоразлагаемость, имидазолин, растворители, скорость коррозии, защитный эффект.

Проблема коррозионного разрушения нефтепромышленного оборудования сопровождает каждый проект нефтегазодобычи. Промышленный опыт показал, что из всего многообразия методов борьбы с коррозией наиболее оптимальным является применение химических реагентов – ингибиторов коррозии. В их основе лежат содержащие в составе одной или нескольких функциональных групп гетероатомы (N, P, S, O) органические соединения, которые, находясь в коррозионной среде в небольших концентрациях (0,02–0,05 кг/м³), существенно снижают скорости коррозии [1].

Применяемые в промышленности формы ингибиторов представляют собой композиции активной основы, оказывающей основное ингибирующее действие, в углеводородном или водно-спиртовом растворителе с различными добавками. Растворители способствуют снижению вязкости состава, а также обеспечивают удовлетворительные низкотемпературные свойства, требуемые в условиях его круглогодичной эксплуатации для защиты нефтепромышленного оборудования. Добавки ПАВ и различных солей предназначены для повышения защитных свойств ингибитора.

В современных реалиях предъявляются требования не только к технологическим характеристикам ингибирующего состава (защитный эффект, температура застывания, температура вспышки и др.), но и к экологической безопасности применяемых реагентов. Основными характеристиками, по которым производится оценка опасности химических веществ для окружающей среды, являются биоразлагаемость в естественных условиях, токсичность и склонность к биоаккумуляции [2].

В качестве основы «зеленого» ингибитора коррозии могут использоваться производные имидазолина. Они характеризуются достаточно низкой токсичностью и способностью к биоразлагаемости при высокой защитной способности, в связи с чем растут объемы их потребления для борьбы с коррозией нефтепромышленного оборудования.

Ранее как растворитель благодаря своей доступности и экономичности широко применялся метанол, который гарантированно обеспечивал температуры застывания ниже -50 °С. Однако высокая токсичность вынуждает отказываться от его применения и искать новые более безопасные альтернативы.

В качестве альтернативных растворителей были рассмотрены изопропиловый спирт, бутанол-1, бутилцеллозольв и диэтиленгликоль. Все рассматриваемые вещества, согласно СанПиН 1.2.3685-21, относятся к умеренно опасным (класс опасности 3) [3]. В таблице 1 представлены основные экологические характеристики данных веществ. Токсичность вещества оценивается исходя из показателя средней эффективной концентрации EC_{50} , при которой наблюдается снижение роста исследуемой популяции ракообразных *Daphnia magna* на 50 % [4].

Таблица 1 – Экологические характеристики растворителей

Растворитель	Биоразлагаемость	Биоаккумуляция	Токсичность EC_{50} , кг/м ³
Изопропанол	+	–	5,102
Бутанол-1	+	–	1,328
Бутилцеллозольв	+	–	1,815
Диэтиленгликоль	+	–	65,980

Анализ исследований биоразлагаемости данных соединений показал высокие уровни биоразложения (свыше 60 % за 28 дней) в тестах по ГОСТ 32427-2013, в связи с чем можно сделать вывод об их быстрой биоразлагаемости в естественной среде [5]. Также для них было выявлено отсутствие склонности к биоаккумуляции в живом организме.

Все растворители демонстрируют высокую экологическую безопасность, однако среди них можно выявить наименее токсичный – диэтиленгликоль, средняя эффективная концентрация которого превышает показатели аналогов в десятки раз.

Были протестированы композиции производного имидазолина и ДЭГ при различных концентрациях растворителя. Основной целью являлось получение состава с температурой застывания ниже -50 °С. Результаты коррозионных испытаний приведены в таблице 2. Оценка защитных свойств смесей осуществлялась гравиметрическим методом определения скорости коррозии в среде модели пластовой воды, содержащей диоксид углерода в концентрации 0,1 кг/м³. Испытания проводились в течение 6 часов в динамических условиях (скорость вращения мешалки – 1000 об./мин) при концентрации ингибитора равной 0,06 кг/м³ [6].

Таблица 2 – Технологические свойства

Количество растворителя, % масс.	Температура застывания, °С	Защитный эффект
0	-22	63,19
30	-25	64,16
50	-30	58,53
70	-50	22,58

Таким образом, удовлетворительную температуру застывания показала композиция ингибитора коррозии, содержащая 70 % ДЭГ, однако при этом наблюдается значительное снижение защитного действия ингибитора. В дальнейшем для получения состава с удовлетворительными низкотемпературными свойствами и высоким защитным действием необходимо произвести подбор смесового растворителя и различных добавок.

Библиографический список

1. Силин М. А. и др. Промысловая химия. Ингибиторы коррозии. – М: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. – 107 с.
2. ГОСТ 32424–2013 Классификация опасности химической продукции по воздействию на окружающую среду. – Введ. 2014-08-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 17 с.
3. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21

«Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: <https://pwww.pravo.gov.ru> (дата обращения: 26.02.2024).

4. ECHA CHEM database // EUROPEAN CHEMICALS AGENCY. – URL: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances> (дата обращения: 26.02.2024).

5. ГОСТ 32427-2013 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение биоразлагаемости: 28-дневный тест. – Введ. 2014-08-01. – М.: Стандартиформ, 2019. – 49 с.

6. Исследование ингибиторов углекислотной коррозии стали для применения в условиях нефтегазодобычи / Л. А. Магадова, К. А. Потешкина, В. Д. Власова [и др.] // Технологии нефти и газа. – 2020. – № 4 (129). – С. 14-18.

ПРИМЕНЕНИЕ ESG-РЕЙТИНГОВ В ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Мозгушин М. А., Епифанов А. В.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: maxim120897@mail.ru

APPLICATION OF ESG RATINGS IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY

Mozgushin M. A., Epifanov A. V.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрены особенности и перспективы внедрения ESG-рейтингов в целлюлозно-бумажном производстве. Предложен универсальный алгоритм внедрения ESG-рейтингов в работу целлюлозно-бумажных производств. Представлена методика присвоения ESG-рейтинга для целлюлозно-бумажного производства.

Ключевые слова: ESG-рейтинг, целлюлозно-бумажная промышленность, методология присвоения, внедрение, ключевые факторы ESG в целлюлозно-бумажной промышленности, инвестирование.

Целлюлозно-бумажная промышленность оказывает существенное влияние на окружающую среду. Одним из инструментов стратегического снижения негативного воздействия на окружающую среду является разработка ESG-стратегий для целлюлозно-бумажных комбинатов (далее – ЦБК) [1].

ESG (Environmental, Social, Governance) – это факторы управления организацией, которые подразумевают ее участие в решении глобальных экологических, социальных и управленческих проблем.

E (environment) – экологический критерий, оценивает влияние компании на окружающую среду.

S (social) – социальный критерий, оценивает отношения компании с сотрудниками, партнерами, клиентами и обществом в целом.

G (governance) – управленческий критерий, оценивает качество корпоративного управления [2].

На государственном уровне интерес к ESG возник еще в конце 2010 году. Одним из первых и значимых шагов в этом направлении стало подписание Президентом Указа «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» в 2018 году.

Затем последовали нацпроект «Экология» (2019 год), стратегия по декарбонизации (2021 год) и другие решения, которые оказывают влияние на ESG-повестку, например, распоряжение правительства «Об утверждении целей и основных направлений устойчивого (в том числе зеленого) развития Российской Федерации» и постановление «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в РФ и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в РФ».

Таким образом ESG напрямую связано с процессом устойчивого развития, т. к. ESG-факторы позволяют предприятиям внедрять экологические, социальные и управленческие мероприятия в свои процессы.

На сегодняшний день, согласно открытым источникам, в России проведена ESG-оценка на одном предприятии ЦБК – это АО «Астраханский ЦБК».

Высокий рост негативного воздействия на окружающую среду, увеличение социальных и управленческих проблем ЦБК раскрывают актуальность данной работы. В связи с отсутствием стандартизированной методики оценки ESG ЦБК в статье предложена

стандартизированная методика оценки по экологическим, социальным и управленческим критериям.

Экологические, социальные и управленческие критерии рассматриваются как критически важные для долгосрочного успеха компании [3].

Для разработки методики присвоения ESG-рейтинга разработан универсальный алгоритм внедрения ESG в работу ЦБК:

Шаг 1. Разработка четкой политики ESG. Разработка четкой политики, определяющей направление ЦБК. В этой политике должны быть сформулированы приоритеты, цели и оценка ЦБК в области ESG;

Шаг 2. Повышение квалификации руководящего менеджмента в области ESG. Для эффективной интеграции ESG руководящий менеджмент ЦБК должен обладать знаниями и опытом, необходимыми для оценки рисков и возможностей ESG;

Шаг 3. Взаимодействие с заинтересованными сторонами по вопросам ESG. Для укрепления доверия к ЦБК и повышения репутации необходимо взаимодействовать с заинтересованными сторонами (инвесторы, клиенты, сотрудники) по вопросам ESG;

Шаг 4. Интеграция ESG в управление рисками. Интеграция ESG-аспектов в управление рисками может помочь ЦБК выявлять и снижать риски, связанные с ESG;

Шаг 5. Премирование сотрудников в соответствии с достижением целей ESG. Для эффективного достижения ESG целей необходимо применять поощряющие мероприятия сотрудников, участвующих в достижении целей;

Шаг 6. Внедрение ESG в бизнес-стратегию. Чтобы по-настоящему интегрировать ESG в систему корпоративного управления, ЦБК должны включать соображения ESG в свою бизнес-стратегию. Это может включать в себя выявление новых ключевых факторов, которые соответствуют приоритетам ESG, таких как разработка устойчивых продуктов или услуг;

Шаг 7. Отчет о показателях ESG. Для выстраивания доверительных отношений с заинтересованными сторонами, ЦБК должны регулярно отчитываться о своих показателях ESG. Это может включать раскрытие ESG-рисков, возможностей и показателей эффективности в годовых отчетах и других коммуникациях.

Шаги универсальной схемы внедрения ESG в ЦБК следует применять в связи друг с другом на протяжении всей оценки ESG-рейтинга [4].

С целью оценки ESG-рейтинга разработан перечень ключевых факторов, которые соответствуют приоритетам ESG в отрасли ЦБК [5-8].

Перечень ключевых факторов представлен в таблице.

Таблица – Перечень ключевых факторов ESG в отрасли целлюлозно-бумажного производства

Экологические аспекты					
Использование новых технологий и нового оборудования	Применение замкнутого цикла производства	Проведение компенсационных мероприятий (лесовосстановление, рекультивация, выпуск ВБР)	Применение системы экологического менеджмента	Потребление энергии из не возобновляемых источников	Экономия теплоэнергетических ресурсов в результате применения энергосберегающих программ
Социальные аспекты					
Наличие политики в области охраны труда, промышленной, пожарной и экологической безопасности	Развитие человеческого капитала	Ответственность за качество продукции	Наличие социальной политики	Социальные возможности	
Управленческие аспекты					
Наличие интегрированной системы менеджмента	Наличие обучения корпоративной этики у сотрудников	Наличие структурированного совета директоров	Наличие политики по противодействию коррупции		

Для оценки ключевых факторов разрабатывается перечень ключевых вопросов непосредственно для конкретного ЦБК. Перечень ключевых вопросов формируется с учетом приоритетов ESG.

Оценка разработанного перечня ключевых вопросов производится в соответствии с методикой «да-нет», где «да» присваивается 1 рейтинговый балл, а «нет» – 0 баллов [9].

После проведения оценки ESG-факторов предприятия целлюлозно-бумажной промышленности (далее – ЦБП) рассчитывается средний рейтинговый балл ESG в соответствии со стандартной формулой среднего арифметического значения и определяется категория ESG-рейтинга [10].

На основе разработанного универсального алгоритма внедрения ESG в работу ЦБК, а также сформированного перечня ключевых факторов, которые соответствуют приоритетам ESG в данной отрасли, сформирована методика оценки ESG-рейтинга для ЦБК.

Рассчитанный ESG-рейтинг требует постоянной корректировки с учетом движения науки, техники и экономической ситуации.

ESG-оценка деятельности ЦБП может создавать ценность в долгосрочной перспективе, предвосхищая будущие тенденции. Также следует отметить, что внедрение ESG в систему корпоративного управления является критически важным шагом для ЦБП, стремящихся создавать долгосрочную стоимость и управлять рисками. Применяя универсальный алгоритм внедрения ESG, ЦБП могут продемонстрировать свою приверженность устойчивому развитию и укрепить доверие заинтересованных сторон. ЦБК, уделяющие внимание вопросам ESG, будут иметь больше возможностей для процветания во все более сложной и конкурентной бизнес-среде.

В современных условиях ESG-рейтинги в России меняются и расширяются, но никуда не пропадают и остаются востребованными, пока страна находится в торговых отношениях с многочисленными партнерами стран Азии и Латинской Америки.

Библиографический список

1. Наилучшие доступные технологии (НДТ). ИТС 1-2023 Целлюлозно-бумажное производство. – Москва, 2023. – С. 459.
2. Новости партнеров. – URL: <https://plus.rbc.ru/partners/64d0a1057a8aa95327938040?ysclid=lsnn2g678383085206> (дата обращения: 15.02.2024). – Текст: электронный.
3. What is an ESG-Rating? – URL: <https://www.fool.com/terms/e/esg-rating/> (дата обращения: 15.02.2024). – Текст: электронный.
4. Company ESG Risk Ratings. – URL: <https://www.sustainalytics.com/esg-ratings> (дата обращения 15.02.2024) – текст электронный.
5. ГОСТ Р 53636-2009. «Целлюлоза, бумага, картон, Термины и определения».
6. Белодубровский, Р. Б. Щелочные способы производства / Р. Б. Белодубровский // Технология целлюлозно-бумажного производства: справ. матер.: в 3 т. Т. 1, ч. 2: Производство полуфабрикатов. – СПб: Политехника, 2003. – С. 7.
7. Личутина, Т. Ф. Оптимизация нормирования сброса стоков предприятий ЦБП в водотоки / Т. Ф. Личутина, И. В. Мискевич, О. С. Бровко, М. А. Гусакова. – Екатеринбург, 2005.
8. Об охране окружающей среды: Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 28.11.2015 г.) // СПС КонсультантПлюс».
9. Метрология присвоения ESG-рейтингов. – Москва: ООО «НКР» 2023. – С. 89.
10. Деловой вестник. (последняя редакция). – URL: <https://www.appm.ru/upload/iblock/706/706be734c9590407c588a3bcac277d91.pdf?ysclid=lsnn2d9so283583338> (дата обращения: 15.02.2024). – Текст электронный.

**УЛУЧШЕННЫЕ БАРЬЕРНЫЕ СВОЙСТВА ЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК ПИЩЕВЫХ
ПОКРЫТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА
И МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

Наумова А. В., Ишевский А. Л.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
e-mail: 89818773842@mail.ru*

**IMPROVED BARRIER PROPERTIES OF PROTECTIVE FILMS OF FOOD
COATINGS WHEN USING POLYVINYL ALCOHOL AND MICROCRYSTALLINE
CELLULOSE**

Naumova A. V., Ishevsky A. L.

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Itmo National Research
University"*

Логистика и особенности оборотного рынка пищевых продуктов в современных условиях предъявляют особые требования к пролонгированию сроков хранения и их микробиологической безопасности. Из-за особенностей протекания автолиза в сырье животного происхождения, являющимися субстратами для роста патогенных микроорганизмов и выделения их метаболитов, что является основной причиной порчи продуктов оборотного рынка. Остановить процесс порчи невозможно, но его можно контролировать. В настоящей работе описан метод контроля метаболитов окислительной порчи рыбы, по результатам оценки полученных метаболитов подобраны композиционные составы пищевых биоразлагаемых покрытий, которые в дальнейшем будут подвергнуты оценке по физико-химическим, микробиологическим и токсикологическим параметрам.

Ключевые слова: рыба, автолиз, микроорганизмы, биоразлагаемая пленка, поливиниловый спирт, микрокристаллическая целлюлоза, маркеры.

Цель работы: Определение возможных маркеров для оценки продления сроков хранения рыбы и рыбных полуфабрикатов методом газо-жидкостной хроматомасспектрометрии, установить претендентов на маркеры порчи рыбы и рыбных продуктов, для составления безопасного состава биоразлагаемых пленок.

В настоящее время одно из самых перспективных направлений в пищевой промышленности – получение безопасных и эффективных биоразлагаемых покрытий на основе природных полисахаридов или синтетических нетоксичных материалов. В настоящей работе описан метод получения вариантов биоразлагаемых полимерных покрытий на основе поливинилового спирта и микрокристаллической целлюлозы.

Поливиниловый спирт (ПВС) – синтетический, гидрофильный, термоустойчивый полимер [1,2]. Для дальнейшего использования в получении образцов был получен реакцией полимеризации поливинилацетата, растворенного в метиловом спирте в присутствии щелочи. Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) – масса, используемая в качестве структурообразователя, а также энтеросорбента. Продукт химического распада целлюлозы, который отличается высоким содержанием упорядоченной части целлюлозы с кристаллографической ориентацией макромолекул.

Исследование было проведено на двух видах рыб различной степени жирности: Хек мороженный, ТУ 9261-002-51561792-005 и Сельдь мороженная, ТУ 10.20.13-002-51561792-2018.

Биоразлагаемые покрытия были получены методом нанесения на подложке. При этом получили формовочный раствор – 4% р-р ПВС, который переносили на инертную подложку,

на которую предварительно был нанесен раствор МКЦ, который был получен таким же способом из 3 % водного раствора МКЦ. В раствор также вносились добавки сорбата калия, аскорбата калия, молочная кислота и оксалат калия, затем растворы сушили методом обдува в течение 10-20 минут. Из раствора ПВС испаряли растворитель в течение 3-7 суток при нормальной температуре в статических условиях. Далее пленочный образец отделяли от подложки [3, 4, 5].

Результаты и обсуждение

Для увеличения микробиологических показателей и увеличения сроков годности в раствор МКЦ добавлены: сорбат калия, аскорбат калия, соли щавельной кислоты, которые имеют активность в отношении микроорганизмов, грибов и плесеней, свойственных рыбе.

Нанесение образцов покрытий на рыбу происходит двустадийно. На первом этапе формируют пленку МКЦ, затем наносят готовый раствор ПВС с выбранными консервантами. Оба процесса проводятся при температуре растворов полимеров и поверхности рыбы не выше от 3 до 5 °С.

Для установления маркеров порчи и их ПДК в выбранных образцах рыб понадобилось 7 дней. Маркеры были выявлены методом газо-жидкостной хроматомасспектрометрии. В ходе эксперимента установлены 12 маркеров, среди них в предельной концентрации были выявлены гексановая, янтарная кислота, которые наиболее полно отражают спектр микроорганизмов, контролируемых нормами СанПин 2.3.2.1078-01 и ГОСТ 32366-2013 Рыба мороженая. Технические условия. Для данного спектра микроорганизмов были подобраны следующие варианты биоразлагаемых полимерных композиций на основе ПВС и МКЦ:

1. ПВС+МКЦ (контрольный образец);
2. ПВС+МКЦ+сорбат калия;
3. ПВС+МКЦ+аскорбат калия;
4. ПВС+МКЦ+соли щавельной кислоты.

На рисунках 1 и 2 приведены образцы покрытий, полученные на основе поливинилового спирта и микрокристаллической целлюлозы. Покрытия, приведенные на рисунках 1 и 2, увеличивают сроки хранения в 2,2 раза за счет уменьшения микробиологической обсемененности образцов.

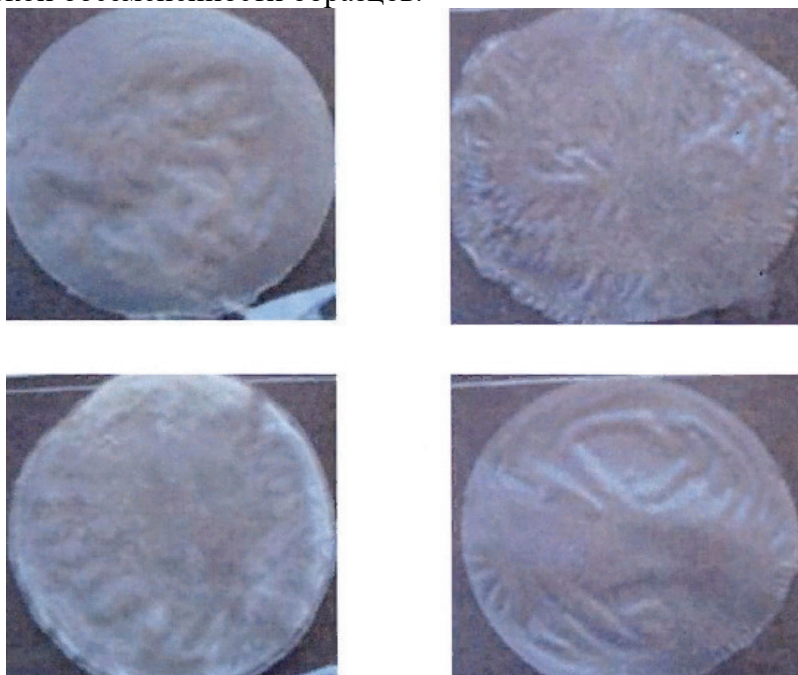


Рисунок 1 – Внешний вид биоразлагаемых полимерных пленок на основе ПВС и МКЦ
(Образец 1 – ПВС+МКЦ, Образец 2 – ПВС+МКЦ+сорбат калия, Образец 3 –
ПВС+МКЦ+аскорбат калия, Образец 4 – ПВС+МКЦ+молочная кислота)

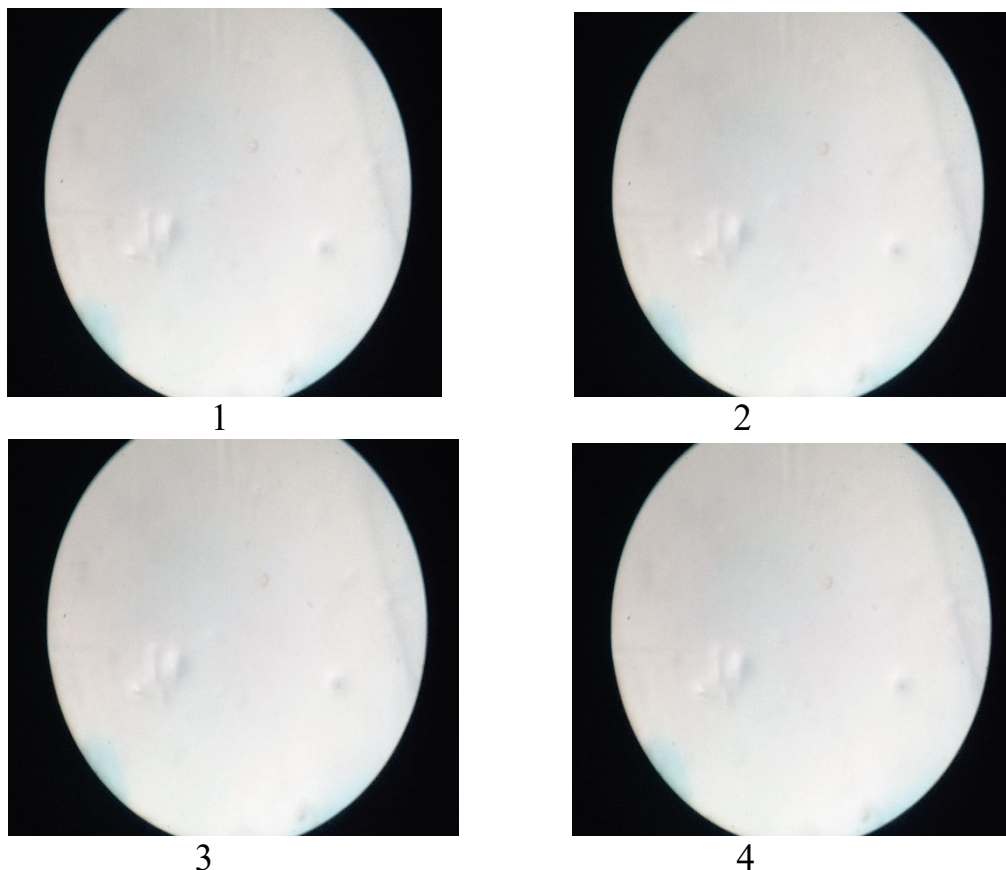


Рисунок 2 – Образцы пленок под микроскопом (разрешение 0,20 мкм)
(Образец 1 – ПВС+МКЦ, Образец 2 – ПВС+МКЦ+сорбат калия, Образец 3 –
ПВС+МКЦ+аскорбат калия, Образец 4 – ПВС+МКЦ+молочная кислота)

В настоящей работе проведено исследование порчи рыбы и рыбных полуфабрикатов методом газо-жидкостной хроматомасспектрометрии. По результатам исследования установлено 12 претендентов на маркеры порчи рыбы, один из которых тирамин по ГОСТ 32366-2013 п.7.3 является маркером безопасности рыбы. В соответствии с найденными маркерами были подобраны 4 образца биоразлагаемых композиционных составов пленок, в дальнейших исследованиях будет проведено исследование их физико-механических, микробиологических и токсикологических характеристик.

Библиографический список

1. Савицкая, Т. А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор) / Т. А. Савицкая. – Текст : непосредственный // Полимерные материалы и технологии. – 2016. – Т. 2, № 2. – С. 6-36.
2. Кудрякова В. А., Кузнецова Л. С., Нагула М. Н. и др. Съедобная упаковка: состояния и перспективы // Упаковка и логистика. – 2010. – № 6. – С. 25.
3. Зенин А. Б. Полимеры и окружающая среда // Химия. – 1996. – С. 57-64.
4. Наумова А. В., Ишевский А. Л., Наумов И. А., Яркола А. Н. Получение пищевых пленок на основе природных полисахаридов для увеличения сроков хранения рыбной продукции // Вестник технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 7. – С. 95-101.
5. Наумова А. В., Бахромов А. Б., Хритonenko М. В., Попов М. Я. Технология получения альгинат-хитозановых биоразлагаемых полимерных покрытий для увеличения сроков хранения рыбы и рыбных продуктов // *Chronos Journal*. – 2017. – № 9 (10). – С. 100-104.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗОЛЕ ПОЛИГОНА «СЕВЕРНЫЙ»

Попова Т. А.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» – обособленное
структурное подразделение Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр
экологической безопасности Российской академии наук
e-mail: popova.t@spcras.ru*

ASSESSMENT OF HEAVY METALS CONTENT IN «SEVERNYJ» POLYGON ASH

Popova T. A.

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

С помощью анодной инверсионной вольтамперометрии определены концентрации подвижных форм тяжелых металлов в золе, образованной при сжигании остатка сточных вод и хранящейся на территории полигона «Северный», который расположен в северо-западной части Санкт-Петербурга. Концентрации подвижных форм кадмия, свинца, цинка и меди можно рассматривать как экологический маркер благополучия экосистемы.

Ключевые слова: анодная инверсионная вольтамперометрия, подвижные формы тяжелых металлов, полигон «Северный», осадок сточных вод, зола.

Человек оказывает огромное влияние на природную среду. В результате его жизнедеятельности образуются как твердые коммунальные отходы (ТКО), которые чаще всего размещают и захоранивают на полигонах, в свою очередь являющихся источником вторичного загрязнения прилегающих к ним территорий [1], так и сточные воды, поступающие в канализационную систему. В ходе очистки городских сточных вод образуется осадок, который требует дальнейшего размещения, что является проблемой для мегаполисов из-за большого количества жителей и ограниченного количества свободной территории для складирования отходов, а значит, и высокой ценой на землю. Наиболее широкое применение в мировой практике нашел метод сжигания осадка сточных вод (ОСВ) в печах с кипящим слоем [2].

На территории Санкт-Петербурга находится три завода по сжиганию ОСВ: на Центральной станции аэрации, на Юго-Западных очистных сооружениях и на Северной станции аэрации. Для размещения золы, образуемой от сжигания ОСВ, используется два полигона, одним из которых является «Северный» полигон. Для утилизации золы и последующей рекультивации мест ее захоронения важна оценка золы с помощью экологических маркеров, к которым можно отнести концентрацию подвижных форм тяжелых металлов (ТМ).

Цель работы заключается в оценке состояния территории, используемой для размещения золы от сжигания ОСВ с помощью экологических маркеров.

Объект исследования

Нами был изучен полигон «Северный», находящийся в Выборгском районе Санкт-Петербурга возле пос. Новосёлки и эксплуатируемый организацией ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» с 2014 года. На севере от объекта расположен полигон по захоронению ТКО и промышленных отходов ПТО-3 «Новосёлки», уже выведенный из эксплуатации и находящийся на стадии рекультивации.

Складирование золы на полигоне «Северный» производится в иловые карты, ранее заполненные сырым ОСВ. Видимо, сжигание осадков, уже находящихся в иловых картах, представляется затруднительным по причине того, что ОСВ имеет разную влажность и уже загрязнен посторонним мусором, а значит, необходима специальная подготовка [2].

Рекогносцировочные обследования и отбор проб на полигоне осуществлялся сотрудниками СПб ФИЦ РАН – СПб НИЦЭБ РАН в 2022-2023 гг. Отбор проб золы для химического анализа проводился в весенний период на двух участках: зола № 1 – отобрана на площадке, где она находилась на протяжении четырех месяцев; зола № 2 – свежая, только что привезенная.

Методы исследования

Золу высушивали до воздушно-сухой массы и просеивали через сито с диаметром ячеек 1 мм. Для определения концентрации подвижных форм ТМ в ацетатно-аммонийной вытяжке производили экстракцию пробы ацетатно-аммонийным буферным раствором со значением pH 4.8 согласно стандартной методике [3]. Подготовленные вытяжки анализировали методом анодной инверсионной вольтамперометрии (АИВ) на твердом индикаторном электроде на приборе АВА-3 (произведен НПП «Буревестник», Россия).

Для определения концентрации подвижных форм ТМ в водной вытяжке проводили экстракцию пробы дистиллированной водой. Анализ подвижных форм осуществляли при pH 2.0 с помощью АИВ.

В качестве экологического маркера благополучия экосистемы была рассмотрена концентрация четырех тяжелых металлов, относящихся к 1 и 2 классу опасности: кадмий, медь, свинец и цинк [4].

Измерение pH проб проводили потенциометрическим методом.

Результаты исследования

Концентрация подвижных форм ТМ указана в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрация подвижных форм ТМ в ацетатно-аммонийной вытяжке золы

Элемент	Зола № 1, мг/кг N=3	Зола № 2, мг/кг N=3	СанПиН [4], мг/кг
Cd	1,99±0,54	4,9±1,8	2,0
Cu	12,6±0,1	24,7±2,7	3,0
Pb	1,83±1,02	6,74±1,89	6,0
Zn	7,27±1,96	19±4	23,0

Из таблицы 1 видно, что наибольшая концентрация подвижных форм ТМ отмечается в свежей золе. Видимо, это связано с тем, что после четырех месяцев хранения большая часть подвижных форм ТМ мигрирует из золы вместе с талыми водами. В только что привезенной золе обнаружено превышение ПДК по трем металлам: медь выше ПДК в 8 раз, свинец – в 1,12 раза, кадмий выше ОДК для валовых концентраций в 2,5 раза.

На обоих участках полигона наблюдается превышение ПДК меди: в свежей золе в 8 раз, в лежавшей четыре месяца в 4 раза. Возможно, высокое содержание этого ТМ в золе связано с его вымыванием из водопроводных и канализационных труб.

Концентрация подвижных форм ТМ в водной вытяжке указана в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация подвижных форм ТМ в водной вытяжке золы

Элемент	Зола № 1, мг/кг N=3	Зола № 2, мг/кг N=3	СанПиН [4], мг/кг
Cd	0,0295±0,0007	0,0064±0,0001	2,0
Cu	0,115±0,005	0,1030±0,0039	3,0
Pb	0,0193±0,0002	0,0060±0	6,0
Zn	менее 0,04	менее 0,04	23,0

Концентрации в водных вытяжках не превышают значений ПДК подвижных и ОДК валовых форм. Это значит, что при воздействии обычных вод, имеющих нейтральную или

слабощелочную среду, из золы практически не вымываются ТМ. Закисление и сдвиг pH в меньшую сторону приводит к увеличению подвижности ТМ, что следует учитывать при эксплуатации полигона.

Выводы

В ходе проведенных исследований было обнаружено высокое содержание подвижных форм ТМ в свежей золе по сравнению с уже лежавшей, что может говорить о высокой доле вероятности миграции лабильных форм ТМ в окружающую среду из только что привезенной золы. Концентрация в водных вытяжках не превышает ПДК, что свидетельствует о том, что подвижность ТМ невелика в нейтральной среде, но способна увеличиваться при повышении кислотности.

Полученные данные могут учитываться при эксплуатации полигона захоронения золы, образуемой от сжигания ОСВ и при проведении последующих работ по рекультивации объекта.

Библиографический список

1. Кудрявцева В. А., Попова Т. А. Оценка состояния объекта накопленного экологического вреда // Куражсковские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции. – Астрахань. – 2023. – С. 352-355.
2. Кофман Д.И., Востриков М.М. Термическое уничтожение и обезвреживание отходов. – Спб.: НПО «Профессионал», 2013. – 340 с.
3. ПНД Ф 16.1.40-03. Методика выполнения измерений содержания кадмия, меди, свинца и цинка в почве методом инверсионной вольтамперометрии.
4. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 2 от 28 января 2021 г. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Исследования поддержаны Государственной исследовательской темой № 122041100143-5, шифр FFZF-2022-0014.

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

УДК 628.477

ОТВЕТСТВЕННОЕ ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ – ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КОМПОНЕНТ ЭКОПОВЕСТКИ «ЗЕЛЕННОГО ВУЗА»

Иглин Н. В.

*Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург
e-mail: iglinnv@m.usfeu.ru*

RESPONSIBLE WASTE MANAGEMENT IS AN INDISPENSABLE COMPONENT OF THE GREEN UNIVERSITY'S ECO-AGENDA

Iglin N. V.

Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg

Реализация комплексной программы раздельного сбора твердых коммунальных отходов является обязательным показателем экологизации социально-ответственного вуза. Ключевым аспектом успешности формирования экоповестки «зеленого вуза» является информационная работа с коллективом студентов и сотрудников. В статье представлены результаты внедрения в вузе системы раздельного сбора отходов на примере сбора макулатуры и описан опыт информационно-просветительской работы по формированию экокультуры и повышения экологической ответственности.

Ключевые слова: раздельный сбор отходов, экологизация вуза, экологическая культура.

Проведение акций и мероприятий по раздельному сбору отходов может стать отличным инструментом для организации системной работы по формированию экоповестки и экостратегии вуза. Такая практика дает возможность войти в рейтинг «зеленых» вузов России [1]. Но без поддержки общества невозможно добиться повышения всеобщей экологической компетентности, поэтому анализ готовности сотрудников и студентов вуза участвовать в осуществлении ответственного обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) позволит оценить уровень сформированности экологической культуры в учебном заведении.

Целью данной работы является представление опыта информационно-просветительской работы по формированию экокультуры и повышению экологической ответственности коллектива Уральского государственного лесотехнического университета в рамках внедрения системы раздельного сбора отходов (макулатуры).

В 2014 году в УГЛТУ стартовал проект «Макулатура спасет лес», направленный на экологическое просвещение и отработку практических навыков по сбору макулатуры, в поддержку природосберегающей направленности нашего вуза [2]. Полученный опыт позволил вузу сформировать и закрепить экологические привычки, связанные с сортировкой макулатуры. Следующим шагом стали совместные действия активистов и сотрудников Управления молодежной политики, направленные на организацию регулярного сбора и вывоза макулатуры с территории всего университета. Вырученные средства от сдачи макулатуры отправлялись на закупку новых контейнеров в учебные корпуса для сбора макулатуры. На сегодняшний день на территории УГЛТУ задействованы 9 баков общим литражом 1340 литров (каждый по 240 л).

Администрация УГЛТУ активно поддерживает инициативу молодежи: все точки размещения баков с макулатурой и их транспортировка согласованы со службами Управления по развитию имущественного комплекса. В сборе макулатуры принимают участие как студенты, преподаватели, так и сотрудники ВУЗа. В период с декабря 2021 года по март 2024

года на переработку было вывезено 8295 кг бумаги и картона в результате 20 организованных акций.

Поскольку на переработку должно отправляться только чистое и сухое вторсырье [3], то в течение года волонтеры следили за содержимым специализированных контейнеров, анализировали типы отходов и выявляли «нежелательный» мусор. Еженедельно волонтеры проверяли содержимое контейнеров для макулатуры, регистрировали классификацию бумаги и картона по типам, фотографировали «нежелательный» мусор и заносили их в журнал для статистических целей.

Исследование показало, что наиболее распространенными «нежелательными отходами» являются бумажные стаканчики, пластиковые бутылки, жестяные банки, одноразовые контейнеры для готовой еды. Причем появление значительного объема такого мусора в контейнерах волонтеры зафиксировали во время проведения сессий студентов заочной формы обучения, что является признаком отсутствия экологически обусловленного поведения.

В связи с чем особую актуальность приобрели разнообразные информационно-просветительские мероприятия, направленные на повышение экологической ответственности. Так, в официальных социальных сетях УГЛТУ запущена рубрика «Лестех Экологичный» [4], в рамках которой было опубликовано 20 новостных постов, с более 30 тыс. просмотров о «правильном» сборе и раздельном накоплении макулатуры [https://vk.com/ump_usfeu?w=wall-200187672_2253]. Дополнительно были размещены информационные листовки и афиши, наглядно показывающие, что можно сдавать на переработку. И как следствие, в последующие проверки удалось избежать появления в баках такого мусора, как чеки, «бумажные» стаканчики, файлы, скрепки, пищевые пленки и другой мусор.

Реализация комплексного подхода содействовала участию УГЛТУ в городском конкурсе «Бумаге – вторую жизнь!» в номинации «Лучшая организация по сбору макулатуры среди образовательных организаций высшего образования». Результатом стало 2-ое место среди ВУЗов Екатеринбурга за вывоз более 1000 кг макулатуры [5]. Участие эко-активистов и в других (городских, областных и всероссийских) конкурсах способствовало закреплению активной жизненной позиции участников и продвижению экологического просвещения среди студентов. Главным достижением явилось то, что наш ВУЗ вошел в ТОП-100 «зеленых» вузов России [6].

Стоит отметить, что раздельный сбор отходов – одна из составляющих концепции «зеленого вуза», которая давно приобрела статус обязательного пункта в деятельности не только западных образовательных учреждений, но и передовых ВУЗов России [7]. Проведенная работа в УГЛТУ по внедрению раздельного сбора ТКО на примере сбора макулатуры, а также анализ и сравнение результатов социологических опросов за несколько лет позволили сделать вывод о важной роли информационно-просветительской деятельности в формировании экологической культуры и повышении экологической ответственности. Таким образом, в состав комплексной программы раздельного сбора ТКО в рамках эко-повестки вуза обязательно должны быть включены следующие виды деятельности:

- 1) разработка дизайна для информационных стендов и плакатов в университете;
- 2) создание необходимых условий для внедрения системы раздельного сбора отходов, включая установку специальных контейнеров для отдельного сбора пластика, бумаги, металла и других видов отходов;
- 3) организация информирования студентов о местонахождении пунктов сбора перерабатываемых отходов на территории университета;
- 4) привлечение студентов к участию в проектной и научно-исследовательской работе;
- 5) повышение уровня осведомленности студентов и сотрудников университета по вопросам раздельного сбора отходов.

Считаю, что формирование экологически ответственного статуса университета обуславливает экологическую компетентность коллектива, способность обучающихся мыслить в границах экологической безопасности, готовность нести ответственность за сохранность окружающей среды.

Библиографический список

1. Рейтинг «зеленых» вузов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://greenuniversity.ru/ranking/>. (дата обращения: 01.03.2024).
2. ППО обучающихся УГЛТУ. [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/ppoousfeu?w=wall-1524025_4804. (дата обращения: 01.03.2024).
3. ГОСТ 10700-97. Макулатура бумажная и картонная. Технические условия. – Минск: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.
4. Официальный сайт УГЛТУ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://usfeu.ru/universitet/novosti/lestekh-ekologichnyi/>. (дата обращения: 01.03.2024).
5. Итоги 2023 года – Конкурс «Бумаге – вторую жизнь!» – Экология – Жителям – Официальный портал Екатеринбурга. [Электронный ресурс]. – URL: <https://екатеринбург.рф/жителям/экология/конкурс/итоги2023>. (дата обращения: 00.00.0000).
6. Уральский лесотехнический университет | УГЛТУ. [Электронный ресурс]. – URL: https://vk.com/usfeu_66?w=wall-178140458_1105. (дата обращения: 01.03.2024).
7. Дружакина О. П. Информационная работа как первый этап формирования сепарационной системы сбора ТКО // Управление техносферой. – 2018. – № 3. – С. 318-327.

ПУТИ ДОСТИЖЕНИЯ НОРМАТИВОВ УТИЛИЗАЦИИ КОМБИНИРОВАННОЙ УПАКОВКИ НА ОСНОВЕ БУМАГИ

Латыпова А. С., Васильева Е. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail: anastasia-latypova2020@mail.ru

WAYS TO ACHIEVE RECYCLING STANDART FOR COMBINED PAPER-BASED PACKAGING

Latypova A. S., Vasilyeva E. A.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассматривая проблему обращения с отходами упаковки на основе бумаги, алюминия и полимеров, стоит учесть, что данная упаковка является многослойной и тяжело поддается покомпонентной утилизации. За счет этого многие предприятия не считают утилизацию данного отхода рентабельной. Применение комбинированной технологии утилизации упаковки тетрапак с элементами СВЧ-пиролиза позволит снизить затраты на утилизацию и сопутствующие расходы на перевозку отходов и вторичного сырья, выполнить норматив утилизации и снизить углеродный след.

Ключевые слова: тетрапак, асептическая упаковка, утилизация, вторичное целлюлозное волокно, полиалюминиевые гранулы, норматив утилизации.

Упаковка на основе бумаги, алюминия и полимеров представлена на рынке в виде упаковки тетрапак и других аналогов асептической упаковки. Термин «тетрапак» является собирательным термином для многослойной упаковки продуктов. Название пошло от наименования торговой марки Tetra Pak и закрепилось в сознании потребителей, как название любой аналогичной асептической упаковки (в том числе упаковок вида Pure Pac, Gable Top, Brik Aseptic и др.) [1].

Асептическая упаковка используется для жидких или полутвердых продуктов питания и для выполнения своих функций включает несколько барьерных слоев. Продукты питания, разлитые в подобную тару, остаются свежими на протяжении не менее чем шести месяцев. При шестислойной структуре внешний слой обычно представлен полиэтиленом низкого давления (ПЭНД) и защищает упаковку от влаги. Целлюлозный картон второго слоя придает жесткость и форму, ПЭНД третьего слоя сваривает бумагу с алюминиевой фольгой в четвертом слое. Алюминиевая фольга, в свою очередь, защищает продукт от попадания света и воздуха. Пятый и шестой слои представлены ПЭНД, который выполняет связующую и герметизирующую функции [2].

Если рассматривать массовые соотношения компонентов, то большую часть (75 %) составляет целлюлозный картон, 20-22 % – ПЭНД и 3-5 % – алюминиевая фольга.

Объемы производства в России асептической упаковки составляют около 300 тыс. т/год и продолжают расти, что связано с запуском большего количества линий по производству данной упаковки. Например, производитель картонной упаковки в России «Упаковочные системы» запустил производство упаковки объемом два литра для соков, морсов, нектаров и сокосодержащих напитков. В рамках импортозамещения компании удалось сформировать поставки необходимых материалов, и на данный момент двухлитровая упаковка производится на основе российского картона-сырья [3].

В 2024 году не менее 20 % выпущенной в оборот многослойной упаковки на основе бумаги должно быть утилизировано производителями либо импортерами этой упаковки после утраты ею потребительских свойств. При этом федеральным законодательством

предусмотрено поэтапное увеличение норматива утилизации упаковки, который в 2025 году составит уже 55 %, а в 2026 году – 75 % [4].

Утилизация отходов от использования товаров или упаковки (ОИТ) предполагает переработку отходов от использования товаров или вторичного сырья, полученного из отходов от использования товаров, исключительно в товары. Перечень видов товаров из отходов и вторсырья должно устанавливать правительство РФ, но на данный момент перечень еще не утвержден [5].

На 2023 год в России обработкой и утилизацией многослойной упаковки занимались 14 предприятий, работающих в Липецкой, Нижегородской, Новгородской, Тамбовской, Волгоградской, Новосибирской, Ульяновской и Ярославской областях, а также предприятия, расположенные в Республике Татарстан, Москве и Санкт-Петербурге. Эти предприятия способны переработать примерно 15 % отходов от использования асептической упаковки на основе бумаги в картонное волокно и полиалюминиевые гранулы, то есть получить вторичное сырье, но этих мощностей недостаточно для обеспечения норматива утилизации 100 %, установление которого ожидается в 2027 году.

Некоторые технологии, реализуемые на этих заводах, не подходят для значительно загрязненной упаковки, в том числе извлекаемой из массы твердых коммунальных отходов (ТКО) в ходе их комплексной обработки или из тела полигона при экскавации отходов. На заводе по обработке ТКО, осуществляющем сортировку отходов от одного из районов Санкт-Петербурга, за год образуется более 400 т асептической упаковки. Для сравнения: во всех пунктах сбора вторсырья Санкт-Петербурга за год собирают 30-40 т отходов данного типа упаковки, которые можно условно считать «чистыми». Такое малое количество упаковки, собранное для утилизации, обусловлено тем, что не во всех районах крупных городов и не во всех городах нашей страны организованы пункты приема отходов многослойной упаковки, а также тем, что население мало информировано о наличии таких пунктов и важности селективного накопления ресурсно-ценных отходов. Продолжительное накопление упаковки тетрапак затруднено также наличием на их поверхности жидкостей и органических загрязнителей, которые проникают между слоями, что приводит к развитию микроорганизмов и биологическому разложению вторичного ресурса. Большая часть целлюлозно-бумажных заводов на территории России не готова принимать упаковку тетрапак, поскольку отделение целлюлозного волокна требует специального оборудования, которое заводы не готовы устанавливать в силу отсутствия экономической выгоды. Другой причиной является то, что после отделения волокна оставшийся отход в виде полиалюминиевой части упаковки нужно доставить на единственный завод в Тамбове, который занимается утилизацией этого вторичного ресурса в полиалигранулы и товаров из них.

Полиалюминиевые гранулы дублируют область применения вторичного сырья из большинства отходов полиолефинов, такие как строительные и отделочные композиты, мебель, товары народного потребления, элементы благоустройства территории и др. Сравнивая изделия из полиалюминиевых гранул и вторичного ПЭНД, можно сказать, что первые являются более долговечными, так как в их составе присутствует металл, придающий изделиям прочность. Но предприятия, обрабатывающие ТКО, а также заводы, потребляющие целлюлозное волокно и полиалюминий, относятся к разным отраслям и территориально удалены друг от друга, что делает такую цепочку переработки нерентабельной, не экологичной и не позволяет производителям эффективно выполнять обязательства по утилизации ОИТ.

Исследования современных технологий утилизации отходов показали, что продуктом утилизации может быть не только бумажное волокно и полиалгранулы. Технология СВЧ-пиролиза, разработанная петербургской фирмой ООО «ТЭК», позволяет утилизировать загрязненную упаковку тетрапак сразу, без затрат на вывоз полиалюминиевой смеси на сторонние предприятия.

На начальном этапе утилизации углеродсодержащего отхода влажный пар поступает на пароперегреватель, где с помощью СВЧ-энергии перегревается до 850 °С. Далее пар попадает

в реактор, туда же через систему шлюзов подается дробленый отход. Отходы проходят зоны сушки при температуре 150 °С, карбонизации с температурой 450 °С, конверсии с температурой 850 °С, где превращаются в газ и вступают в реакцию с перегретым паром. Пар является инертным газом и не дает образовываться токсичным веществам, при этом способствует образованию энергетически ценного синтетического газа, который не содержит в себе вредных веществ. Далее газ проходит через теплообменник, в котором происходит охлаждение. После охлаждения синтез-газ используется для выработки электричества и тепла, обеспечивая при этом собственные потребности для поддержания переработки отходов и реализации для сторонних потребителей. Алюминий и углерод образуются в зоне карбонизации отходов упаковки и поступают в зону отгрузки для отправки сырья сторонним организациям [6].

Таким образом, из углеродсодержащих отходов может быть получен технический углерод, который способен заменить шунгит при производстве фуллеренов, а также другие формы углерода, востребованные на крупных предприятиях РФ. В процессе применения технологии СВЧ-пиролиза многослойной упаковки типа тетрапак образуется также алюминиевый порошок и газообразное топливо, пригодное для получения энергии.

Но наилучший экологический эффект может быть достигнут при комбинировании описанных выше подходов в границах одного предприятия. В этом случае первой стадией утилизации многослойной упаковки на основе бумаги является ее разволокнение при помощи гидроразбивателей (ГРВ), а второй – СВЧ-пиролиз полиалюминиевой смеси [7, 8].

При данной технологии можно получить вторичное целлюлозное волокно, алюминий, который дальше можно использовать в производственных процессах наравне с первичным материалом, чешуйки углерода, которые могут быть использованы в качестве усиливающего компонента в производстве резин и пластических масс, и газообразное топливо с теплотворной способностью более 30 МДж/м³. Такой подход может оказаться экономически и экологически эффективным в случае его применения либо непосредственно на заводах комплексной переработки ТКО (в том числе являющихся частью экотехнопарков) или заводах ЦБП.

Библиографический список

1. Тетрапак и аналоги. – 2024. – Текст: электронный // Раздельный сбор: (сайт). – URL: <https://rsbor-msk.ru/tetra-pak/> (дата обращения: 24. 03.2024).
2. «Упаковочные системы» – ведущий производитель картонной упаковки и поставщик интегрированных решений в оборудовании и сервисах. – 2021. – Текст: электронный // Упаковочные системы: (сайт). – URL: <https://www.packaging-systems.ru/> (дата обращения: 25.03.2024).
3. «Упаковочные системы» запустили экономный формат упаковки соков объемов два литра. – 2023. – Текст: электронный // Упаковочные системы: (сайт). – URL: <https://www.packaging-systems.ru/news/upakovochnye-sistemy-zapuskayut-ekonomnyy-format-upakovki-sokov-obemom-dva-litra/> (дата обращения: 25.03.2024).
4. Федеральный закон от 04.08.2023 № 451-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" и отдельные законодательные акты Российской Федерации» // КонсультантПлюс: (сайт). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_453992/ (дата обращения: 25.03.2024).
5. Постановление Правительства РФ от 29.12.2023 № 2394 «Об утверждении перечня видов отходов от использования товаров, видов, полученного из таких отходов вторичного сырья, при утилизации которых может быть исполнена обязанность по обеспечению самостоятельной утилизации отходов от использования товаров, упаковки, включенных в перечень, предусмотренный пунктом 5 статьи 242 Федерального закона «Об отходах производства и потребления», и видов товаров (продукции), которые могут быть произведены при утилизации таких отходов (в том числе при использовании вторичного сырья,

полученного из таких отходов) в целях исполнения обязанности по обеспечению самостоятельной утилизации отходов от использования товаров» // КонсультантПлюс: (сайт). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_466693/ (дата обращения: 25.03.2024).

6. Наше предприятие. – 2023. – Текст: электронный // Топливная экологическая компания: (сайт). – URL: <http://tek78.ru/> (дата обращения: 25.03.2024).

7. Переработка тетрапак. – 2022. – Текст: электронный // ЭЛП Групп: (сайт). – URL: <https://energolesprom.ru/stati/pererabotka-tetra-pak///> (дата обращения: 25.03.2024).

Подробнее о грануле «PolyAl». – 2022. – Текст: электронный // PolyAl: (сайт). – URL: <https://polyal.ru/granule ///> (дата обращения: 25.03.2024).

**ОРГАНИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО СЛОЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ ВОЗВРАЩЕНИЕМ
ИХ В АГРОКОМПЛЕКС**

Мазурик Д. И., Дягилева А. Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна*

e-mail:mazurikdi@mail.ru

**ORGANIZATION OF THE BIOLOGICAL LAYER OF RECLAMATION OF URBANIZED
TERRITORIES WITH THEIR POTENTIAL RETURN TO THE AGRO-COMPLEX**

Mazurik D. I., Duageleva A. B.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Рассмотрена система организации биологического слоя при рекультивации урбанизированных территорий. Предлагается для перевода земель, прошедших рекультивацию, с использованием оригинальных реагентов, на определенном этапе подготовить данные участки для земель сельскохозяйственного назначения. Для этого необходимо обеспечить правильную систему организации биологического слоя, где одну из главных функций выполняет мощность насыпного плодородного слоя, которая составляет не менее 0,3 м на начальном этапе.

Ключевые слова: рекультивация, биологический слой, зеленая масса, урбанизированная территория

Система организации и заложения биологического слоя является завершающим этапом на стадии рекультивации полигона, где определяется его дальнейшее практическое использование. В настоящее время при восстановлении территорий понятие «рекультивация земель» подменяется понятием «консервация земель», что не совсем является верно. Согласно постановлению [1], рекультивация земель должна обеспечивать восстановление их до состояния, пригодного для использования в соответствии с целевым назначением. Для этого необходимо локализовать загрязнения почвы от влияния загрязняющих компонентов в теле полигона и создание специально подготовленного поверхностного плодородного слоя, на котором можно выращивать зеленую биомассу. Перспективным целевым назначением рекультивируемых территорий является последующая их передача для сельскохозяйственного использования. Для осуществления такого перехода необходима правильная организация заложения биологического слоя на завершающем этапе рекультивации с организацией дополнительных мероприятий по закреплению и накоплению биомассы, с организацией первичного органогенного слоя. После функционирования и контроля санитарно-гигиенических норм [2] организованного слоя можно выстраивать комплекс мероприятий по переводу данных земель в категорию сельскохозяйственного назначения. Исходя из этого, можно сделать вывод, что для перевода и использования рекультивированных земель в качестве земель сельскохозяйственного назначения изначально необходимо иметь правильно утвержденный проект рекультивации нарушенных земель с учетом жизненного цикла [3] и отработанную программу контроля за формированием почвенного слоя по показателям дренажных вод, собираемых с этого объекта. Именно так следует понимать перевод для целевого использования подобного типа территорий.

Под рекультивируемым биологическим слоем почвы следует понимать такой сформированный послойный искусственный горизонт, который в комплексе будет благоприятен для произрастания растений с определенными свойствами. Состав слоев, формирующихся при рекультивации земель от конкретных территорий для определенных

климатических зон. Мощность рассчитывается в зависимости от целевого назначения, а для сельскохозяйственных земель она должна быть не менее 0,3 м [4] на первоначальном этапе. Исходя из цели дальнейшего землепользования и биоремедиационного потенциала почвы необходимо сформировать одно-, двух- и трехслойный восстановительный слой. Согласно рекомендациям (табл.), структура насыпного слоя зависит от пригодности к биологической рекультивации. Для того чтобы наиболее правильно оценить потенциал почвы с использованием дополнительных реагентов, необходимо выполнить моделирование, которое для каждого конкретного случая будет иметь свои дополнительные корректировки.

Таблица – Структура насыпного рекультивируемого слоя в зависимости от пригодности для биологической рекультивации

Характеристика подстилающих пород	Структура рекультивируемого слоя
Породы малопригодные по физическим свойствам и химическому составу	плодородный слой почвы + потенциально плодородные породы
Малопригодные по физическим свойствам	плодородный слой почвы + потенциально плодородные породы + экранирующий слой
Породы непригодные по химическому составу	породы непригодные по химическому составу

В таблице приведены минимальные значения некоторых компонентов рекультивируемых слоев для северных регионов, которые моделируются исходя соответствующей климатической зоны и доминирующего ландшафта. Но эти количественные соотношения могут быть изменены, если мы можем использовать дополнительные эффекты, сопряженные со стимуляцией роста.

Толщина рекультивируемого слоя должна быть 0,8-1,5 м в зависимости от режима увлажнения и вида посевного материала. Мощность насыпного плодородного слоя почвы, как упоминалось ранее, должна быть не менее 0,3 м, но она может быть уменьшена до 0,2 м, если предполагается устройство сенокосов и пастбищ на рекультивируемых участках. Сложение защитного слоя находится примерно в следующих пределах: глина (уплотненная) – 0,4-0,5 м; песок – 0,5-1,0 м; щебень, гравий – 0,4-1,0 м; супесь – 1,0-1,5 м.

Таким образом, в докладе будет учтен процесс формирования плодородного слоя почвы на этапе рекультивации урбанизированных территорий с последующим целевым использованием в качестве земель сельскохозяйственного назначения. Для увеличения биоремедиационного потенциала насыпи формируются одно-, двух- и трехслойные системы восстановительных слоев с использованием стимуляторов роста. Для этого необходимо обеспечить правильную систему организации биологического слоя, где мощность плодородного слоя может быть сформирована за счет дополнительной стимуляции корневой системы растений.

Библиографический список

1. О проведении рекультивации и консервации земель [текст] : постановление Правительства РФ от 10 июля 2018 г. № 800.
2. Хасанова М. Ф., Лопаева Н. Л. Санитарно-гигиенические требования к почве // Молодежь и наука. – 2023. – № 1. – С. 215-235.
3. Земельный кодекс РФ от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 14.02.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2024).
4. Методические указания по проектированию рекультивации нарушенных земель на действующих и проектируемых предприятиях угольной промышленности // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200081716> (дата обращения: 20.03.2024).

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РЕЦИКЛИНГУ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ФЛИЗЕЛИНОВЫХ ОБОЕВ

Репищная В. И., Николаева А. Д., Логинов С. В.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
e-mail: valeriiarep@mail.ru*

DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE DISPOSAL OF WASTE FROM THE PRODUCTION OF NON-WOVEN WALLPAPER

Repischnaya V. I., Nikolaeva A. D., Loginov S. V.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Разработка технологии рециклинга отходов производства флизелиновых обоев может значительно повысить эффективность предприятий и сделать процесс более рентабельным, а с учетом потенциала использования переработанных материалов в различных отраслях промышленности – практически безотходным. Полученные результаты исследований позволяют нацело отделить целлюлозную основу обоев от хлорвиниловой пленки.

Ключевые слова: флизелиновые обои, метод разделения, переработка, целлюлоза, поливинилхлорид (ПВХ), рециклинг отходов.

Российский рынок обоев демонстрирует высокую динамику роста, привлекая внимание как потребителей, так и производителей.

Сегодня в России функционируют около 20 крупных предприятий, специализирующихся на производстве обоев. Увеличение числа линий на существующих фабриках и появление новых обойных заводов свидетельствуют о росте отрасли. Однако, как и в любой сфере производства, с ростом производства возникает проблема брака, требующая постоянного контроля и улучшения качества продукции.

Проблема утилизации производственных отходов в обойной индустрии становится все более актуальной с увеличением объемов производства и недостатком технологий переработки. Отбраковка продукции на одной печатной обойной линии, работающей на полную мощность, может достигать 380 тонн в год при скорости 50 м/мин. Это означает, что ежегодно образуется более 10 тысяч тонн отходов, которые пока не подвергаются переработке, а складываются на мусорных полигонах [1,2].

Опрос среди отечественных производителей обоев с виниловым покрытием выявил, что в настоящее время отсутствуют технологии для эффективной промышленной переработки производственных отходов и брака.

Целью нашей работы стал поиск неразрушающего метода разделения флизелиновых обоев на покрытие поливинилхлорид (ПВХ) и «подложку» (целлюлозу). Работы по разделению слоев проводили отмачиванием в воде, в воде с ультразвуком, а также с растворами карбонатов и щелочей, в сочетании с механическим усилием на разрыв слоев. В результате эксперимента установлено, что при воздействии водой, ультразвуком, растворами карбонатов необходимо время пребывания массы в контакте с растворами около 3-4 дней для обеспечения расслоения. При разделении механическим методом часть целлюлозы остается спрессованной со слоем ПВХ.

В ходе экспериментов с растворами гидроксида натрия и калия было показано: разделение слоев успешно происходит при времени контакта массы с раствором в течение 5-15 минут, при этом целостность разделенных пленок покрытия и основы сохраняется, что подтверждается данными ИК-спектроскопии разделенных слоев с эталонами (рис. 1 и 2).

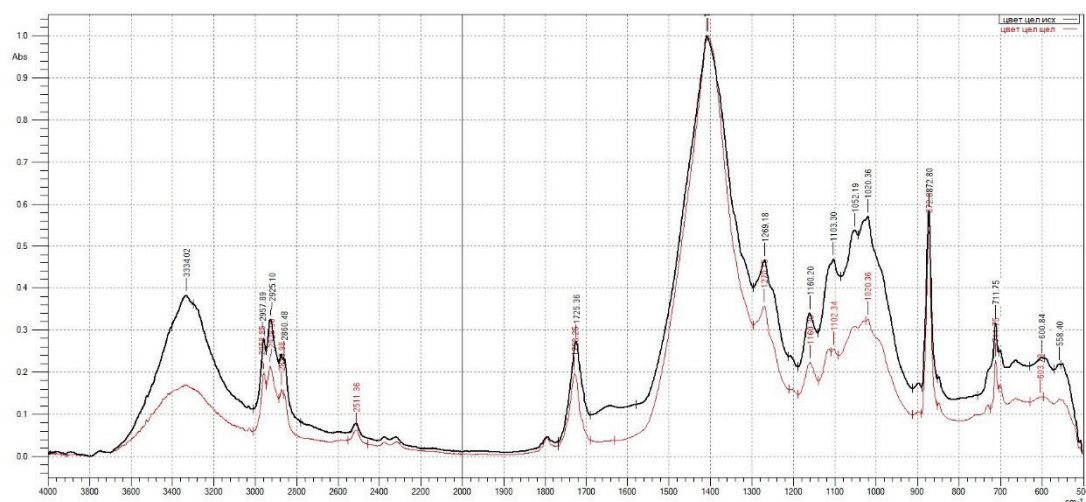


Рисунок 1 – Сравнительный анализ исходной целлюлозы и целлюлозы, обработанной щелочью

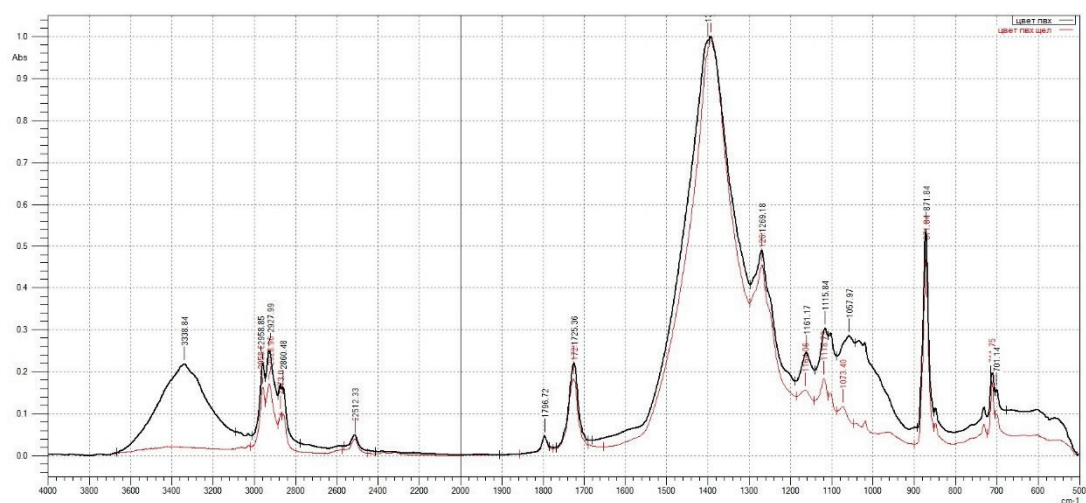


Рисунок 2 – Сравнительный анализ исходного ПВХ и ПВХ, обработанного щелочью

Таким образом, переработка отходов флизелиновых обоев путем разделения их на целлюлозу и ПВХ после контакта с водным раствором щелочи (10-30 %) является наиболее перспективной. Дальнейшая работа направлена на оптимизацию времени пребывания материала в проходной ванне при разных концентрациях контактного раствора и температурах, для наилучшего разделения целлюлозы и ПВХ, на разработку пилотной установки и на реализацию схемы рециклинга ПВХ пленки – на производство винилового сайдинга, а целлюлозы – на возврат в голову процесса, или в циклы целлюлозно-бумажной промышленности.

Библиографический список

1. Осипов Г. А., Аверина Ю. М., Куценко А. С. Актуальные проблемы обращения с отходами в Российской Федерации // Успехи в химии и химической технологии. – 2023. – № 4 (266). – С. 158-162.
2. Рябова Т. М., Амерсланова Э. Х. Основные направления в сфере утилизации твёрдых коммунальных отходов в Московской области: проблемы и перспективы // Социодинамика. – 2022. – №. 3. – С. 33-44.

Работа выполнена в рамках гранта РНФ (проект № 21-79-30029) «Разработка комплекса технологий переработки отходов 3-5 классов опасности с получением полезных продуктов».

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

<i>Горбушина Е. М., Дятлов К. А., Янчукович С. Г.</i> Сравнение решений по сбору опасных отходов за рубежом	3
<i>Жижина Е. В., Морева Ю. Л.</i> Разработка мероприятий по рациональному водопользованию на территории центра водных видов спорта	6
<i>Игачева В. Ю., Волчкова А. Ю., Янчукович С. Г.</i> Влияние искусственного освещения парковых зон на человека и природу	9
<i>Мещеряков С. В., Юдаев Л. Н., Комаров Д. М., Вишневский В. Д., Брагина Е. А., Токарева Е. А.</i> Комплексный подход к восстановлению нарушенных земель Ставропольского края	14
<i>Мещеряков С. В., Сидоренко Д. О., Юдаев Л. Н., Ерёмин И. С.</i> Обзор ситуации по обращению с кислыми гудронами в России	17
<i>Николаева А. Д., Логинов С. В.</i> Оценка востребованности получения волластонита из дистиллерной жидкости содового производства	20

СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Воронина К. А., Пеганова Н. В., Ибрагимова Р. И.</i> Изучение свойств 1,1,1,2,2,3,3,5,6,6,8,9,11,11,12,14,14,15,15,16,16,16-докозафторо-5,8,9,12-тетракис(трифторметил)-4,7,10,13-тетраоксагексадекана для оценки возможности его использования в условиях Крайнего Севера	22
<i>Кузнецова К. А., Морева Ю. Л.</i> Анализ экологического риска на системах очистки сточных вод от предприятия по переработке пластиковых отходов ...	27
<i>Лаптева Н. А.</i> Проблема загрязнения атмосферного воздуха летучими ароматическими углеводородами	30
<i>Пилецкая А. С., Ардашева Л. П.</i> Ингибиторная защита металлов от коррозии	35
<i>Пронина Д. Э.</i> Обеспечение безопасности труда работников на основе выявления компонентов, влияющих на эффективность процедуры расследования несчастных случаев на производстве	38
<i>Хазова М. С.</i> Анализ и оценка рисков на опасном производственном объекте	40
<i>Шеламков С. Н.</i> Оборудование для радиационной разведки	43

СЕКЦИЯ 3. ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<i>Аксенова С. В.</i> Обзор используемых ингибиторов осаждения SiO ₂ в геотермальных скважинах	46
---	----

Гатиатуллин Б. Л., Шлыков Н. А. Разработка модели кинетики флотации на базе технологий глубокого обучения.....	49
Грищенко В. Д., Малютина Д. И. Влияние модифицированного наполнителя на оптические показатели бумаги.....	52
Дюняшева Э. Э., Мирошниченко Е. А., Алексеев Д. А., Мухина Ю. В., Александрова Е. А., Тришин Ю. Г. Присоединение меркаптоуксусной кислоты к связи C=N как новый метод функционализации бисазометинов	55
Иванова А. А., Красильникова-Минчук Д. А., Анисимова Н. А. Взаимодействие замещенного 1,4,8,11-тетраазациклотетрадека-4,11-диена с гидроксипроизводными бензальдегида.....	57
Кирилюк Т. А., Петрова Ю. А., Евдокимов А. Н., Липин В. А. Акрилаты гидроксипроизводных целлюлозы и карбоксиметилцеллюлозы	60
Князева А. Г., Нурсафин М. М., Пошвина Т. А., Липин В. А. Модификация крахмала в среде ионной жидкости.....	62
Коновалова П. Р., Мелькова Д. А., Анисимова Н. А. Взаимодействие 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазациклотетрадека-4,11-диена с п-фтор(бром)- и п-нитробензальдегидами.....	64
Копылова А. Е., Ибрагимова Р. И., Пеганова Н. В. Снижение потерь ценного компонента и ресурсосбережение при извлечении золота из цианидных пульп	66
Кудрявцева Д. Н., Пошвина Т. А., Петрова Ю. А., Липин В. А. Термодинамические свойства водных растворов дикатионной ионной жидкости 1,2-бис(2,3-диметилимидазолий-ил) бромистый этан	70
Курасова Н. В., Петрова Ю. А., Евдокимов А. Н., Липин В. А. Глицидиловый эфир на основе акриловой кислоты и гидроксилсодержащих полимеров.....	74
Лихачева Е. И., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А. Исследование эмульсионной композиции на основе природных метаболитов.....	76
Лоренцсон А. В., Девизорова М. А. Методология исследования физико-химических процессов, протекающих в бумажной массе	78
Лунаева Т. А., Симонова Е. И., Смирнова Е. Г., Лоцманова Е. М. Исследование свойств бумаги для реставрации	81
Лысенков А. Е., Шафеева М. В., Тришин Ю. Г. Синтез солей бетулоновой кислоты как путь к получению эффективных фармакологических субстанций	84
Люблянова В. А. К вопросу о комплексной переработке медных руд	87
Макаров Р. Д., Югов Е. Д., Саламатова Е. В., Васильев В. В. Пленкообразующие ингибированные составы на основе битумов	90

Макаров Ю. В., Петрова Ю. А., Липин В. А. Адаптивные гибкие устройства на основе полидиметилсилоксана	92
Митюрев С. А., Силин М. А., Крисанова П. К., Филатов А. А. Синергизм в смешанных растворах цвиттерионного и анионного ПАВ.....	94
Михайлов В. В., Мелькова Д. А., Анисимова Н. А. Получение и таутомерные превращения С-замещенных диазонинов	96
Одемчук Д. В., Надуев А. А., Аксенова С. В. Актуальность разработки экологически безопасных ингибиторов солеотложений и оценки их биоразлагаемости	99
Одинцова С. Е., Светлолобов А. Ю., Тараченкова М. Н., Липин В. А. Исследование влияния фермента ксиланаза в предварительной обработке целлюлозы	102
Радин М. А., Кремнев Д. В. Термодинамическое моделирование многокомпонентных систем	104
Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А. Перспективы переработки вегетативной части топинамбура	107
Рудаков А. С., Александрова Е. А., Кудрявцева Е. И., Тришин Ю. Г. Синтез новых бис- α -хлор- и хлорацетоксипроизводных диалкилфосфонатов – предшественников макроциклических соединений	109
Рыкова К. С., Поляшова А. А., Александрова Е. А., Тришин Ю. Г. Аминирование галогенацилпроизводных N,O-макроциклических соединений	112
Светлолобов А. Ю., Одинцова С. Е., Липин В. А., Тараченкова М. Н. Исследовательская озоновая установка для отбелки целлюлозы	115
Серхачева Н. С., Данилова Е. А., Реут Е. А., Пономарева Д. А., Силантьева Е. В., Лобанова Н. А., Погорелый А. М. Дисперсии амфифильных блок-сополимеров N-изопропилакриламида и акриловой кислоты для очистки воды от ионов металлов.....	117
Сотникова Ю. В., Крисанова П. К. Биоразлагаемые деэмульгаторы для разрушения водонефтяных эмульсий.....	120
Софронова Е. Д., Липин В. А. Текстиль с интеллектуальной способностью с добавлением целлюлозы	122
Сутайкин А. С., Крутиков А. С., Демьянцева Е. Ю. Влияние видов волнового излучения на степень полимеризации гидролизированных продуктов из экструзионной химико-термомеханической массы	124
Тараченкова М. Н., Липин В. А., Одинцова С. Е., Светлолобов А. Ю. Использование ферментов класса гидралаз в отбелке целлюлозы	126
Терещенко К. Е., Вахрушева Е. Д., Булат С. И., Тришин Ю. Г. Синтез новых 30-(карбонотиоил)сульфанильных производных бетулина.....	128

Фадин А. Ф., Липин В. А. Y-образные мицеллы поли(олеиновой кислоты-Y-N-изопропилакриламида) в доставке лекарств	130
Федоскин И. А., Марков Е. С., Васильев А. С., Тришин Ю. Г. Поликарбоксилатные суперпластификаторы: получение, свойства.....	132
Федченко П. В., Николаева А. Д., Логинов С. В. Утилизация стеклянных отходов с получением необходимых промышленности материалов	135
Фролкова А. К., Фролкова А. В. Перспективные разработки гибридных схем разделения	137
Цырендашиева А. Т., Малютина Д. И. КМЦ в производстве санитарно-гигиенических бумаг	140
Чеботарь Р. А., Лебедев Н. В., Тришин Ю. Г. Получение перфторированных бистриазинов на основе перфтордиимидоиламидинов	142
Шарапова К. И., Симонова Е. И. Исследование применения волокнистого полуфабриката из банановой кожуры в производстве бумаги и картона	145
Шидловский Т. Д., Цыганков М. М., Зимарев И. В. Методы обработки полимерных поверхностей для повышения адгезионной прочности	148
Ширин О. И., Липин В. А. Современные подходы к синтезу флокулянтов на основе природных полимеров.....	151
Эрнандес Гарсия Д. Д., Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Липин В. А. Электродиализная установка для переработки кислотных гидрализатов.....	154

СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Гармышев В. В., Еременко Д. К. Лесопатологическое состояние природной территории Иркутской области.....	156
Куксина М. В., Котехова В. Д. Экологическая безопасность растворителей, входящих в состав ингибиторов коррозии	159
Мозгушин М. А., Епифанов А. В. Применение ESG-рейтингов в целлюлозно-бумажной промышленности	162
Наумова А. В., Ишевский А. Л. Улучшенные барьерные свойства защитных пленок пищевых покрытий при использовании поливинилового спирта и микрокристаллической целлюлозы	165
Попова Т. А. Оценка содержания тяжелых металлов в золе полигона «Северный»	168

СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

Иглин Н. В. Ответственное обращение с отходами – обязательный компонент экоповестки «зеленого вуза»	171
Латыпова А. С., Васильева Е. А. Пути достижения нормативов утилизации комбинированной упаковки на основе бумаги	174

Мазурик Д. И., Дягилева А. Б. Организация биологического слоя рекультивации урбанизированных территорий с потенциальным возвращением их в агрокомплекс	178
Репищная В. И., Николаева А. Д., Логинов С. В. Разработка технических решений по рециклингу отходов производства флизелиновых обоев	180

МАТЕРИАЛЫ
V Всероссийской научно-практической конференции,
посвященной 190-летию Д. И. Менделеева,

«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ХИМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИИ, ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ»

2024

Редактор и корректор М. Д. Баранова
Технический редактор Д. А. Романова

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 18.07.2024. Рег. № 5034/24

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.