

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»**

**IV Всероссийская научно-практическая конференция**

**6 – 7 апреля 2023 г.**



**Санкт-Петербург  
2023**

**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**

### **IV Всероссийской научно-практической конференции**

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

Научное издание  
2023

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

Санкт-Петербург  
2023

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 III Всероссийской научно-практической конференции «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, 2023. — 177 с.

ISBN 978-5-91646-363-7

Сборник включает материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности», состоявшейся 6 – 7 апреля 2023 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 978-5-91646-363-7

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

## СЕКЦИЯ 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 614.8+504.06

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРЩЕВИКА В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТА ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Анашкин Н. В., Помылка И. О.

*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*

*e-mail: [anaschkinnikolai@mail.ru](mailto:anaschkinnikolai@mail.ru); [umnik-2001@yandex.ru](mailto:umnik-2001@yandex.ru)*

### THE USE OF HOGWEED AS A SORBENT FOR THE ELIMINATION OF EMERGENCY OIL AND PETROLEUM PRODUCT SPILLS

*Anashkin N.V., Pomylka I.O.*

*Gubkin university*

*Одним из приоритетных направлений деятельности МЧС России является предупреждение и ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов. Любой разлив углеводородов приводит к негативному воздействию на окружающую среду. Аварии могут приводить к возникновению взрыва или пожара на промышленных объектах и, как следствие, к финансовым потерям компаний. Для предотвращения последствий разливов нефти ведется поиск более удобных, простых и экологически безвредных способов ликвидации ущерба.*

*Ключевые слова: растения семейства Зонтичные, фуранокумарины, сорбирующие вещества, ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.*

Предлагаемое решение относится к области охраны окружающей среды и предназначено для получения сорбирующих материалов для очистки водных, почвенных и твердых поверхностей от нефти и нефтепродуктов.

В рамках данной работы рассмотрен вопрос о применении растений семейства Зонтичные, а именно борщевика Сосновского, в качестве сырья для изготовления органических сорбирующих веществ.

В настоящее время вопрос ликвидации вреда экологии вследствие аварийных разливов нефти и нефтепродуктов получает все большее внимание [1]. В силу этого идет поиск новых эффективных и безвредных для окружающей среды способов ликвидации последствий аварийных ситуаций. И одним из наиболее перспективных методов решения данной проблемы – применение органических сорбентов.

Главной целью для реализации научной работы является разработка эффективного и безвредного для окружающей среды органического сорбента из борщевика Сосновского.

Объектом исследования является растение семейства Зонтичные – борщевик Сосновского.

Предлагаемый сорбент позволяет решить две важнейшие проблемы:

1. Создание средств для эффективной ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

2. Сокращение распространения опасного для человека сорняка – борщевика Сосновского.

Известны различные способы получения сорбентов для сбора нефти и нефтепродуктов [2-6], характеризующиеся сложными технологиями получения сорбентов, а также недостаточно высокими показателями целевых сорбентов.

Часто в качестве сырья используют органические вещества природного происхождения, в том числе разнообразное растительное сырье, в частности, жом, сахарное сорго, сахарную свеклу, рис, пшеницу, кукурузу, рожь, ячмень, овес, просо, луб, лен и многое другое. Так,



значение сорбционной емкости сорбента на основе древесных стружек, жома и сахарного сорго составляет до 6 мл масла/г.

Анализ различных видов сырья для сорбента показал, что органические сорбенты имеют низкую эффективность, а также количество получаемого сорбента из исходного сырья невелико.

Положительный результат достигается за счет оптимизации технологических процессов получения сорбента, обеспечивающей упрощение указанных процессов и повышение сорбционных свойств получаемого сорбента.

Авторами впервые установлена возможность использования токсичного растительного сырья – борщевика Сосновского для получения эффективного сорбента нефти и нефтепродуктов.

Сбор борщевика Сосновского производят как механизированными устройствами, так и вручную, соблюдая правила техники безопасности, так как сок данного растения токсичен и ядовит и при соприкосновении с кожей человека вызывает ожоги вследствие наличия в нем таких органических соединений, как кумарины и фуранокумарины.

Собранное сырье борщевика Сосновского сортируют и подвергают измельчению, сушке измельченного сырья при фиксированной температуре и давлении, и последующего проведения термической карбонизации продукта с целью получения целевого продукта с требуемым размером частиц.

Указанный сорбент упаковывают в герметичные мешки, в которых производят также хранение и доставку сорбента до места аварии.

Полученный вышеописанным способом сорбент применяют для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов как на суше, так и в акватории, а также для очистки технической воды.

Для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов сорбент равномерно распределяют по площади нефтяного пятна или пятна нефтепродуктов. Время активного впитывания загрязнений сорбентом составляет до 1,5 часов. Сорбент с поглощенной нефтью, нефтепродуктами собирают с поверхности любым механическим способом и утилизируют, в частности, путем применения в качестве топлива для ТЭЦ.

Для сбора сорбента, впитавшего нефть, нефтепродукты с поверхности воды, возможно использовать шламовые насосы, для удаления с суши применимы вакуумные машины. Описываемый сорбент безвреден для окружающей среды.

Для определения качественных характеристик получаемого сорбента в лабораторных условиях применяются следующие методы исследования – тесты на определение сорбционной емкости и плавучести.

По полученным опытным результатам исследований можно сделать вывод, что полученный сорбент, при высокой степени плавучести, обладает большей сорбционной емкостью, в среднем, более чем на 50 % отн., по сравнению с известными органическими сорбентами.

В таблице представлены сравнительные данные по таким параметрам, как «сорбционная емкость» и «плавучесть» сорбента, получаемого описываемым способом, и известных аналогов – органического сорбента Peat Sorb, изготовленного на основе натурального торфяного мха и органического сорбента – Сорбент МОХ, получаемого из верхового слаборазложившегося сфагнового мохового торфа.

Таблица. Сравнительный анализ изобретенного сорбента

Параметры	Карбонизированный сорбент	Органический сорбент (Peat Sorb)	Органоминеральный сорбент (Сорбент MOX)
Характеристика	Органический	Органический	Органический
Внешний вид	Чёрный порошок	Коричневый порошок	Светло-коричневый порошок
Размер частиц, мм	0,3-3,0	0,105	3,0
Сорбционная емкость, г/г			
-Дизельное топливо	9,4	2	5
-Машинное масло	14,2	2	6
-Нефть	18,3	3	8
Плавуемость через 2 часа, %			
-Дизельное топливо	90	80	85
-Машинное масло	93	83	88
-Нефть	95	84	89
Способ поставки	В герметичных полиэтиленовых мешках	В герметичных полиэтиленовых мешках	В герметичных полиэтиленовых мешках

Кроме того, проведение описываемого способа приводит к снижению катастрофически быстрого распространения борщевика на территории РФ.

Таким образом, описываемый способ обеспечивает упрощение технологической схемы его проведения и повышение сорбционных свойств получаемого сорбента.

В экономический расчет входят средства на внедрение проекта в промышленное производство и контракты с предприятиями, которые будут производить сбор сырья борщевика Сосновского и осуществлять технологию производства сорбента.

Повышенный доход проекта достигается благодаря оптимизации совокупности технологических процессов производства сорбента и высоких сорбционных характеристик изобретенного сорбента по сравнению с другими органическими сорбентами.

Полученный результат и **выводы:**

1. Предложен эффективный способ борьбы с борщевиком Сосновского путём изготовления из него сорбента.

2. Доказано, что карбонизированный сорбент обладает высокими сорбционными характеристиками по сравнению с другими органическими сорбентами.

3. Доказана экологическая и экономическая целесообразность производства сорбента, поскольку это позволяет увеличить эффективность ликвидации последствий аварийных разливов и уменьшить затраты благодаря повышенным характеристикам изобретенного сорбента.

#### Библиографический список

1. Шлапаков, А. В. Выбор технологии и технических средств локализации разливов нефти и нефтепродуктов на акваториях нефтяных промыслов: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. – М.: Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 138 с.

2. Пат. 2487751 Российская Федерация, МПК В01J 20/16 (2006.01). Способ получения сорбента для сбора нефти и нефтепродуктов с водных и твердых поверхностей / А. А. Стригулин, В. В. Драгоценнов; заявитель и патентообладатель А. А. Стригулин. – 2011126457/05; заявл. 27.06.2011; опубл. 20.07.2013, Бюл. № 20.

3. Пат. 2343972 Российская Федерация, МПК МПК В01J 20/20 (2006.01). Способ получения углеродного сорбента / Д. Г. Господинов, А. В. Шкарин; заявитель и патентообладатель ЗАО "ПО Геоэкология". – 2007137533/15; заявл. 09.10.2007; опубл. 20.01.2009, Бюл. № 2.

4. Пат. 2656146 Российская Федерация, МПК С02F 3/34 (2006.01). Биосорбент для очистки воды от углеводородных загрязнений и способ его получения / Н. Б. Пыстина, Е. Л. Листов, Н. С. Хохлачев, В. А. Лужков; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ". – 2017137004; заявл. 20.10.2017; опубл. 31.05.2018, Бюл. № 16.

5. Пат. 2559554 Российская Федерация, МПК С02F 1/28 (2006.01). Способ очистки поверхности воды от нефтяного загрязнения / Ю. Н. Шаплыгина, Т. Ф. Курочкина; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Астраханский государственный университет". – 2014106447/10; заявл. 20.02.2014; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.

6. Пат. 2394628 Российская Федерация, МПК В01D 39/14 (2006.01). Способ получения сорбционно-ионообменного материала / В. А. Сомин, Л. Ф. Комарова, Е. В. Кондратюк, Л. В. Куртукова, И. А. Лебедев; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлтГТУ). – 2009109670/15; заявл. 17.03.2009; опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20.

## УДК 502.34

### **ВНЕДРЕНИЕ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ КАК УСЛОВИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Дружакина О. П.

*ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»*

*e-mail: [druzhakina@mail.ru](mailto:druzhakina@mail.ru)*

### **INTRODUCTION OF SEPARATE WASTE COLLECTION AS A CONDITION OF ENVIRONMENTAL SAFETY**

Druzhakina O.P.

*Udmurt State University*

*Показан опыт создания информационно-просветительского пространства по вопросам раздельного сбора отходов с позиции формирования экологической культуры и безопасному обращению с отходами у молодежи в ВУЗе. Рассмотрены вопросы информирования студентов о правилах раздельного сбора как элемента реформы обращения с отходами, развития инфраструктуры переработки вторичного сырья и предупреждения экологического ущерба окружающей среде.*

*Ключевые слова: экопросвещение, раздельный сбор отходов, предупреждение экологического ущерба.*

В начавшуюся в 2019 году в России реформу обращения с отходами Удмуртия вступила с накопленным экологическим ущербом, оцениваемом около 394 га несанкционированных свалок, вмещающих около 1,4 млн тонн отходов, системного вывоза отходов не было в 75 %

населённых пунктов республики, 40 % отходов не доезжало до официальных полигонов и оседало на несанкционированных свалках. Ежегодно в Удмуртии образуется 445 тыс. тонн твердых коммунальных отходов (ТКО). [1]. Поступление отходов на несанкционированные свалки приводит к проникновению атмосферных осадков в тело отходов, где образуется ядовитый свалочный фильтрат – вещество 4-го класса опасности, представляющее значительную угрозу загрязнения подземных вод, а накопление свалок – к захламлению лесных территорий, сельскохозяйственных земель, особенно в пригородных зонах.

Поэтому с 2020 года в Удмуртии реализуется программа рекультивации несанкционированных свалок, рассчитанная на 10 лет, в соответствии с Национальным проектом «Экология» [2]. Ключевыми точками «мусорной» реформы являются изменения принципов сбора, сортировки, переработки и утилизации отходов, развитие системы раздельного сбора отходов (РСО) и индустрии переработки вторсырья.

В 2019 и 2020 году в городах и районах построили 2,7 тыс. площадок для накопления ТКО, установили 30 тыс. контейнеров, в том числе более тысячи – специальные контейнеры для вторичного сырья.

За 2,5 года реализации реформы, по данным ООО «Спецавтохозяйство» – Региональный оператор по обращению с отходами в УР, объемы собираемых отходов в республике выросли почти вдвое. В 2018 году они составили 180 тыс. тонн, в 2019-м – уже 322 тыс., в 2020-м – 337 тыс. тонн, в 2021-м – более 330 тыс. тонн, в 2022-м – более 400 тонн отходов, что свидетельствует о легализации сектора обращения с отходами.

Следующим шагом реализации реформы становится развитие системы раздельного сбора отходов. На начальном этапе в Удмуртии отбирались на переработку 3,5 % ТКО, сегодня показатель превышает 10 %, перспективная цель – более 50 %. Раздельный сбор отходов от реформы обращения с отходами в Удмуртии ждали все: от экологов до переработчиков вторсырья. С внедрением РСО доля правильно размещаемых в специализированных контейнерах отходов от населения составляла не более 7 %, что свидетельствовало об отсутствии знаний и навыков раздельного сбора. В марте 2021 года в городе Ижевске был открыт первый «Экодом», где вторичное сырье принимается за деньги. Сегодня таких пунктов 3 в столице Удмуртии и 1 открылся в феврале 2023 года в городе Сарапул.

Для решения актуальной задачи – формирование экологической культуры населения – в республике реализуется программа экологического просвещения.

С апреля 2020 года в ФГБОУ ВО УдГУ реализуется проект сбора отходов по двухконтейнерному принципу – перерабатываемые и неперерабатываемые. Цель проекта: формирование навыков раздельного сбора отходов у учащихся и сотрудников Университета. Установлено 10 двухсекционных контейнера. На протяжении первых 11 месяцев такого сбора отходов проводился мониторинг морфологии отходов с выявлением «ошибок» при размещении отходов в контейнерах для вторсырья, показавший, что основные сложности вызывает одноразовая посуда, лотки от готовой продукции и салатов, промасленная бумажная упаковка от выпечки. Одновременно проводились опросы студентов ВУЗа и сотрудников о мотивации включенности в РСО, о знании ими правил РСО. В опросах приняло участие более 200 респондентов. Результаты опросов показали отсутствие знаний правил РСО у 40 % респондентов, у 12 % – непонимание важности РСО (это связано, по их мнению, с отсутствием индустрии переработки отходов). Полученные результаты позволили сформировать программу просветительских мероприятий с презентацией образцов вторичного сырья и производимой на их основе продукции, а также информирование участников о предприятиях по переработки отходов в регионе и требованиях экологической безопасности при обращении с отходами.

Проведенные в 2023 г. опросы учащихся ВУЗа (394 респондента) показали, что сортируют отходы 49 % опрошенных, читают информацию о раздельном сборе отходов 69 %. 43 % опрошенных отмечают эффективным инструментом экологического просвещения в ВУЗах – создание открытых и доступных информационных площадок и экопространств со

стендами о правилах РСО. В ноябре 2022 года такое информационно-просветительское пространство «Зелёный кампус» было создано в одном из корпусов Университета. Площадка оснащена специализированными контейнерами для РСО, стендами о видах, принимаемых на переработку отходов, и о правилах ответственного потребления (рис.).



Рис. Информационное пространство «Зеленого кампуса»

Важным фактором в реализации информационно-просветительской работы является разъяснение аудитории о накопленном экологическом ущербе, сроках разложения отходов на полигонах и свалках, о правилах экологической безопасности при обращении с опасными отходами, например, элементами питания. Программа экологического просвещения в Удмуртии ведется на всех уровнях обучения – от школы до ВУЗа, а также в детских садах, организациях и на предприятиях. Сегодня Удмуртия занимает 8-е место среди регионов, успешно реализующих отдельный сбор отходов.

**Выводы по проекту:**

1. Сегодня в Удмуртии сформированы все предпосылки для извлечения не менее 10 % вторичного сырья из состава твердых коммунальных отходов, и ВУЗы могут стать лидерами в формировании культуры безопасного обращения с отходами.
2. Для достижения показателя 5 % и более вторичного сырья из состава ТКО необходимо организовывать специализированные площадки, оснащенные контейнерами и информационными стендами о правилах РСО и видах вторичного сырья, которое можно сдать на переработку.
3. Сегодня 49 % сотрудников ВУЗа и учащихся осуществляют отдельный сбор ТКО.
4. Важно информировать учащихся и сотрудников ВУЗов о роли РСО в снижении антропогенной нагрузки на окружающую среду, обеспечение экологической безопасности урбанизированных территорий, с позиции роста мотивации включенности в РСО.
5. Для активизации системы РСО в ВУЗе важно информировать всех участников проекта о предприятиях по переработке отходов в регионе, о пунктах приема вторичного сырья, о развитии индустрии утилизации отходов, о Федеральных и Национальных проектах, направленных на сокращение образования отходов, т. к. это показывает практическую значимость для аудитории поддержания РСО.
6. Необходимо развивать такой эффективный инструмент экологического просвещения в ВУЗах – создание открытых и доступных информационных площадок и экостранств со стендами о правилах РСО (отметили 43 % респондентов).

7. Информационно-просветительские пространства являются площадками для систематической работы волонтеров экологического просвещения.

### Библиографический список

1. «Начать «мусорную» реформу в России было необходимо» / Интервью с Денисом Удаловым, министром природных ресурсов и экологии Удмуртской Республики от 27 августа 2019. – Текст: электронный // Деловой квадрат: <https://www.dkvadrat.ru/obshchestvo/2517> (дата обращения: 03.03.2023).
2. Национальный проект «Экология». – Текст: электронный // <https://projects/ekologiya> (дата обращения: 03.03.2023).

УДК 504.062:330.342.146

## ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ – ДРАЙВЕР СОВРЕМЕННОЙ ЭКОНОМИКИ

Дягилева А. Б., Шанова О. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [abdiag@mail.ru](mailto:abdiag@mail.ru)*

## INDUSTRIAL ECOLOGY IS THE DRIVER OF THE MODERN ECONOMY

*Diagileva A.B., Shanova O.A.*

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Development*

*Рассмотрен переход техносферы в замкнутую регионально-глобальную систему утилизации и реутилизации вовлеченных в хозяйственный оборот ресурсов. Отражены принципы циркулярной экономики, функционирующей по аналогии биогеоценозов. Показано, что реформирование экономики с введением комплексного экологического разрешения (КЭР) и внедрения системы автоматического контроля (САК) в практику ПЭК является инструментом перехода к плановой цифровой экономике, где драйвером является промышленная экология (ПЭ) с отработкой перспективных технологий замкнутого цикла.*

*Ключевые слова: промышленная экология, техносфера, циркулярная экономика, механизм биогеоценозов, экологическая политика, драйвер.*

В современном мире ПЭ часто рассматривается как прикладная наука, предметом изучения которой является взаимосвязь различных видов хозяйственной деятельности с окружающей средой в различных проявлениях. Большинство предпринимателей рассматривают в качестве главной задачи ПЭ – снижение негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) путем модернизации существующих производственных процессов. Однако в условиях активного техногенеза задачи и возможности ПЭ, как инструмента управления качеством окружающей среды и продукции, значительно шире, и они постоянно изменяются в системе реформирования экономического уклада страны.

По своей сути среда обитания современного общества переместилась в техносферу, которая, согласно [1], представляет собой урбанистическую систему и является неустойчивой природно-антропогенной агломерацией. В ближайшей перспективе, как прогнозировал Н. Ф. Реймерс, техносфера в процессе своего развития переходит в замкнутую техническую регионально-глобальную систему утилизации и реутилизации вовлеченных в хозяйственный оборот ресурсов, которая рассчитана на изоляцию хозяйственных циклов от природного обмена вещества и потока энергии. Процесс урбанизации активно внедряется, захватывает экосистемы различного иерархического уровня и процесс интенсификации производств приводит к усугублению проблем утилизации отходов и рекультивации территории под ними,



вовлечение в оборот природных ресурсов, которые не типичны для конкретных экосистем и фактически являются для них ксенобиотиками. Все это требует новых подходов к формированию экологической политики регионов на принципах ресурсных циклов.

Кроме экологических проблем, в контексте современных процессов, наблюдаемых в развитии мегаполисов, авторы [2] вводят термин «экономическая урбанизация», под которым понижают стадию экономического развития в постиндустриальный период. Этот период развития накладывается на традиционные технологии производства и доминирует в экономическом развитии общества за счет роста цифровой экономики, сферы услуг и переработки вторичных материалов (отходов) в городских агломерациях. Сочетание индустриальной и постиндустриальной составляющих развития техносферы, неравномерность развития регионов требуют реализации гибкой экологической промышленной политики (ЭПП) государства на современном этапе, особенно в условиях санкционного давления и развития сбалансированного внутреннего рынка.

Для любого крупного промышленного предприятия ЭПП является общей частью его управления, она входит в систему обязательного экологического менеджмента, менеджмента качества и сопряженных с ними менеджмента надежности и риска. Все эти направления деятельности относятся к прикладной науке ПЭ и требуют особой профессиональной подготовки специалистов с учетом развития цифровой экономики. Научные школы и профильная подготовка для обеспечения природоохранной деятельности на предприятиях производится на базе государственных университетов по ряду направлений, в том числе по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль подготовки «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». К сожалению, ряд специалистов в сфере экономики [3] не предполагают, точнее, недооценивают, что такая подготовка существует и обеспечивает рынок труда специалистами для сопровождения и управления комплексной природоохранной деятельностью современные производства и территории различного иерархического уровня. Эти специалисты имеют положительный опыт реализации комплексных проектов [4], в том числе по формированию экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ).

Сегодня ЭПП на всех уровнях управления (от предприятия малого бизнеса до государства) рассматривается как инструмент формирования высокотехнологичной конкурентоспособной промышленности страны, обеспечивающей устойчивое развитие экономики с переходом от экспортно-сырьевого развития к инновационному. Однако поступательное движение экстенсивного природопользования по примеру прямого водопользования не является эффективным и приводит к существенным издержкам, ущербам и вторичному загрязнению экосистем.

Принципы циркулярной экономики [5] по аналогии механизма функционирования природных биогеоценозов [6] прочно входят в практику разработки и управления кластерами при организации промышленно-территориальных комплексов в сочетании с прогнозированием и цифровым сопровождением. Эти принципы необходимо обязательно использовать при формировании зон опережающего развития. Суть развития ЭЗЦ заключается в том, что промышленные предприятия должны максимально эффективно использовать энергию, сырье, материалы и при этом минимизировать образование потерь и отходов, причем учтенные и накопленные отходы необходимо вовлекать в хозяйственный оборот на конкретных предприятиях региона с помощью современных технологий. Примером успешной переориентации российской экономики [7] от линейной модели потребления ресурсов к модели ЭЗЦ является опыт реорганизации промышленного узла в г. Новотроицке по объединению предприятий различных отраслей.

В этих условиях особенно важно усиление роли государственного регулирования и планирования промышленного развития. Основные направления ЭПП Российской Федерации и их поэтапная реализация сопряжены с системной модернизацией промышленности, обеспечивающей повышение экологической эффективности с сокращением НВОС от прямых производственных эмиссий, а также при сокращении отходов с использованием вторичных

материалов производства в хозяйственном ресурсном цикле. Система реформирования охватывает практически все объекты хозяйственной деятельности, которые сегодня ранжированы и поставлены на учет по уровню НВОС.

Особое место в циркуляционной экономике занимают объекты первой категории НВОС, которые в системе реформирования экономического развития являются проводниками фундаментальных законов экологии, точнее, прикладной ее части – ПЭ, которая регламентирует безопасное развитие технических объектов в симбиозе с окружающей средой и сохранением биоразнообразия. Методология разработки систем замкнутого производственного цикла на примере ЦБП рассматривались достаточно давно, начиная с работ В. Ф. Максимова. Основные принципы нормирования и рационального природопользования, на которых развивалась отрасль долгое время, отражены в [8]. Основные технологии и взаимосвязанные с ними природоохранные технологии входят в современные информационно-технические справочники по НДТ (ИТС НДТ) для этой отрасли и систем очистки бытовых сточных вод и в настоящее время.

Важным инструментом в системе реализации ЭПП является введение КЭР для объектов первой категории НВОС, которые, как правило, являются ресурсоемкими и интегрированными предприятиями, что уже определяет первоначальные условия создания ЭЗЦ регионов. Они часто бывают градообразующими предприятиями и замыкают на себя значительный сектор решения социально-экологических проблем.

С 1 марта 2023 г. установлен новый порядок [9] рассмотрения заявок на получение КЭР: для объектов I категории его необходимо оформлять по новой форме, для хозяйствующих субъектов II категории – при наличии соответствующих отраслевых ИТС. Форматно-логическая проверка заявки, сформированной с использованием информационной системы, осуществляется в автоматическом режиме после заполнения электронной формы. Основная информация для КЭР собирается на базе результатов ПЭК при системной организации производственного процесса. В разработку программы ПЭК в ближайшей перспективе должна быть включена САК, которая является важным элементом цифровой, плановой и ЭЗЦ. В состав КЭР входит при несоответствии НДТ программа повышения экологической эффективности, которая включает в себя перечень перспективных технологий, мероприятий по реконструкции, техническому перевооружению объектов НВОС, что, по сути, и является драйвером экономики, так как связана с совершенствованием технологических процессов и снижением НВОС.

Таким образом, ПЭ в полной мере можно отнести к одному из важных драйверов экономического роста, так как процессы при осуществлении природоохранной деятельности представляют собой совокупность технологических сложных механизмов, которые улавливают потенциальные потребности социально ориентированной экономики и направляют импульсы, идущие от известных точек роста, захватывая разнообразные активы, в том числе вторичные ресурсы, в мощное течение, которое меняет экономику страны. Это хорошо дополняет и коррелирует с содержанием понятия драйвер роста, приведенным в работе [10].

### Библиографический список

1. Реймерс Н. Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М: Мысль, 1990. – 637с.
2. Экономическая урбанизация/ Н. Б. Косарева, Т. Д. Полиди, А. С. Пузанов. – Москва: Фонд «Институт экономики города», 2018. – 418 с.
3. Пастухов А. Л. Модернизация промышленных комплексов на основе создания промышленных симбиозов// Экономическая наука сегодня: сб. научн. ст./ БНТУ. – Минск. 2021. – Вып. 13. – С. 85-92. DOI: 10.21122/2309-6667-2021-13-85-92.



4. Кряжев А. М., Гусева Т. В., Тихонова И. О., Очеретенко Д. П., Алмгрен Р. Целлюлозно-бумажное производство: устойчивое развитие и формирование экономики замкнутого цикла// Экология и промышленность России. – 2020. – Т. 24, № 11. – С. 48-53.
5. Преображенский Б. Г., Толстых Т. О. Шмелев Н. В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики// Регион: системы, экономика, управление. – 2020. – № 4 (51). – С. 37-48.
6. Дягилева А. Б. Механизм реализации устойчивого развития регионов через экологическую безопасность природно-территориальных комплексов// Разработка стратегии социальной и экономической безопасности государства: Мат. III Всерос. заочной научно-практической конф. – 2017. – С. 68-71.
7. Петросян В., Тихонова И., Епифанцев А., Щелчков К., Цветкова Е. Опыт создания промышленного симбиоза предприятий химической промышленности // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 8. – С. 28-33.
8. Максимов В. Ф., Вольф И. В., Григорьев Л. Н. и др. Очистка и рекуперация промышленных выбросов: учебное пособие для вузов/ Под ред. В. Ф. Максимова и И. В. Вольфа. – 2-е изд. перераб. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 640 с.
9. ПП РФ от 04.08.2022 N 1386 «О порядке рассмотрения заявок на получение комплексных экологических разрешений, выдачи, переоформления, пересмотра, отзыва комплексных экологических разрешений и внесения изменений в них». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202208090003>
10. Иванова Л. Н. Точки роста и драйверы роста: к вопросу о содержании понятий // Journal of Institutional Studies (Журнал институциональных исследований). – 2015. – № 2. – С. 120-133.

**УДК 628.161**

### **ЛОКАЛЬНАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД БУМАЖНОЙ ФАБРИКИ**

Кузнецова К. А., Морева Ю. Л.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [jul\\_morewa@mail.ru](mailto:jul_morewa@mail.ru)*

### **LOCAL WASTEWATER TREATMENT OF A PAPER MILL**

Kuznetsova K.A., Moreva Y.L.

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Development*

*Проведено исследование коагуляционной очистки сточной воды бумажной фабрики от пигментов. Определены оптимальные значения дозы коагулянта сульфата алюминия и эффективность его применения.*

*Ключевые слова: система локальной очистки воды, коагулянт, сульфат алюминия, фильтрация, осветление, красители.*

Бумага сегодня является одним из самых популярных товаров, используемых человеком. Сегодня изготавливается более 100 видов бумаги с различными потребительскими свойствами, технология производства которых связана с использованием большого количества воды. В результате работы бумажных фабрик образуются сточные воды, очистка которых на общезаводских очистных сооружениях, в большинстве случаев – это более сложный и дорогостоящий процесс, чем локальная очистка стоков индивидуальных производств. Преимуществом локальных очистных сооружений является малый объем стока по сравнению с общим стоком предприятия; инвестиции на очистку на порядок ниже; концентрированные сточные воды лучше очищать, чем разбавленные [1].

Одним из распространенных методов очистки воды от коллоидных и тонкодисперсных взвесей является коагуляция, в результате которой образуются более крупные частицы, легко удаляемые механическими методами (фильтрация, осаждение) [2].

Целью данной работы является исследование локальной очистки сточных вод бумажной фабрики с помощью коагулянтов.

В качестве объекта исследования выступала вода после флотации стоков мокрой части бумагоделательной машины, содержащий суспензию пигмента Принтекс черный К.

В работе исследовали коагуляционную очистку воды с помощью 10 % раствора сульфата алюминия (очищенный 1 сорт ГОСТ 12966-85). У очищаемой воды исследовали величину  $pH_0$  5,3 (иономер рН-410) и оптическую плотность  $D_0 = 2,000$  (спектрофотометр ЛЕК1 при  $\lambda=410$  нм). Для проведения пробной коагуляции сточную воду помещали в цилиндры объемом 250 мл, в каждый перед добавлением коагулянта дозировали 1 Н NaOH и 1 Н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> для создания разного уровня pH, вводили коагулянт и быстро перемешивали. Через 30 мин. отстаивания измеряли pH и величину оптической плотности осветленного раствора (через 30 мин. и 24 ч) и фильтрата (использовали фильтр белая лента). Эффективность коагуляционной очистки рассчитывали по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{D_0 - D_t}{D_0} \cdot 100\%,$$

где  $D_0$  и  $D_t$  – оптическая плотность исходной сточной воды и осветленного раствора /фильтрата соответственно.

После 30 минут отстаивания оптическая плотность раствора практически не изменилась, т. е. образование крупных хорошо седиментирующих хлопьев не произошло.

Результаты исследования коагуляционной очистки сточных вод после процесса фильтрации и седиментации представлены на рисунках 1 и 2.

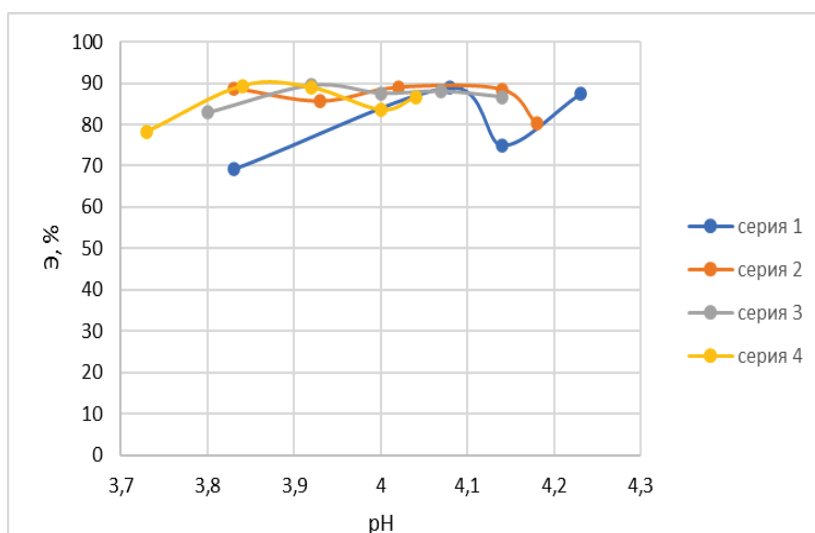


Рис. 1. Зависимость эффективности коагуляционной очистки воды после фильтрации от pH при введении разных доз Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>:

серия 1 – 30 мг/л; серия 2 – 40 мг/л; серия 3 – 80 мг/л; серия 4 – 120 мг/л

Как видно на рисунке 1, эффективность осветления более 70 % во всем исследуемом диапазоне pH. Начиная с дозы коагулянта 30 мг/л эффективность не зависит от дозы и достигает 90 % в области pH 3,8-4,15.

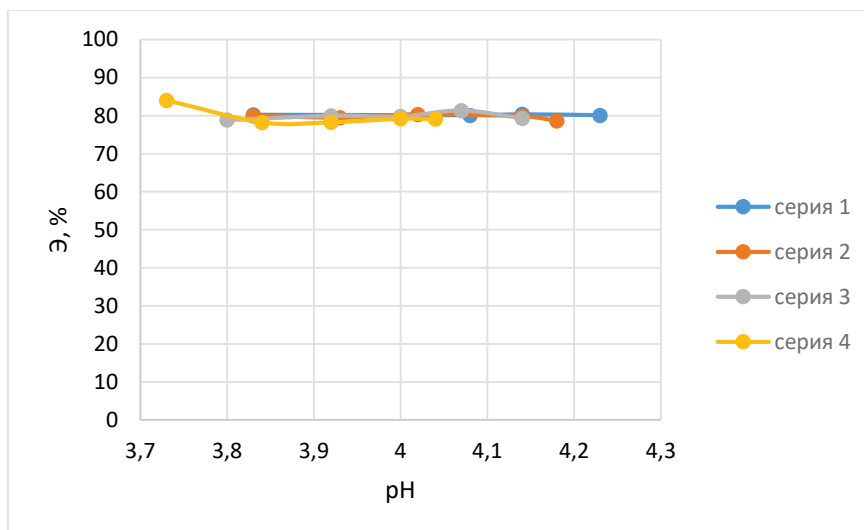


Рис. 2. Зависимость эффективности коагуляционной очистки воды после 24 ч. отстаивания от pH при введении разных доз  $Al_2(SO_4)_3$ :  
серия 1 – 30 мг/л; серия 2 – 40 мг/л; серия 3 – 80 мг/л; серия 4 – 120 мг/л

Как следует из зависимостей, приведенных на рисунке 2, эффект осветления не зависит от дозы коагулянта, pH и составляет 80 %. Рассматриваемая в исследовании кислая область pH не обеспечивает требований к сбросу в водный объект и требует нейтрализации. Использование 24 ч отстаивания при достаточных расходах сточных вод также недопустимо, так как необходимо ставить большие сооружения в цехах.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Эффективность коагуляционной очистки сточных вод после 24 ч отстаивания составляет 80 %, достигается при дозе коагулянта 30 мг/л. Такое длительное отстаивание не может быть реализовано при локальной очистке воды.
2. Эффективность очистки воды после фильтрации достигает 90 % в кислой области pH, что недопустимо для сброса в водный объект. Эффективность очистки практически не зависит от дозы коагулянта.
3. Для повышения эффективности очистки необходимо провести дополнительные исследования с другими коагулянтами в широкой области pH, а также с использованием флокулянтов.

### Библиографический список

1. Колова А. Ф., Пазенко Т. Я., Федотова Ю. В. Разработка технологии локальной очистки сточных вод завода синтетического каучука // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 10 (93). – С. 156-162.
2. Кунденко С. Б., Коваленко Ю. А. Реагентная очистка различных видов сточных вод трехкомпонентной композицией // Вестник ИШ ДВФУ. – 2021. – № 1 (46). – С. 96-105.

**ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА И ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ПОСЛЕ СТАДИИ  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНА**

Мазурик Д. И., Дягилева А. Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [Mazurikdi@mail.ru](mailto:Mazurikdi@mail.ru)*

**LOCAL SYSTEM OF COLLECTING AND TREATMENT OF WATER AFTER THE  
STAGE OF BIOLOGICAL RECLAMATION OF THE POLYGON**

Mazurik D.I., Diagileva A.B.

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Development*

*Проведен обзор литературы по особенностям проектирования системы гидроизоляции полигонов на этапе рекультивации. Составлена схема расчета водного баланса с учетом специфики формирования стока с объекта. Сделан подбор оборудования для системы локальной очистки (ЛОС), которое не требует больших энергозатрат и прост в обслуживании. Подготовка воды в системе ЛОС и возврат ее в систему орошения позволяет обеспечить объект требуемой водой для обеспечения продуктивности растений на стадии биологической рекультивации.*

*Ключевые слова: рекультивация, система локальной очистки, подготовка воды, биологические пруды, замкнутый цикл ресурсов.*

Система локальной очистки воды является обязательным элементом для любого полигона на различных стадиях его жизненного цикла. Однако единого варианта очистки такого типа воды в нормативных документах нет. Поэтому в качестве основной цели данной работы является анализ литературы и обработка алгоритма организации локальной системы очистки ливневых стоков с поверхности после этапа биологической рекультивации полигона. В данном случае рассматривается модель части полигонов, которые переходят на этап рекультивации, и объектом исследования является вода и система гидроизоляции, сопряжённая со сбором воды непосредственно в ходе фильтрации через вмещающие верхние слои. В данном случае мы рассматриваем полигоны, которые переходят на этап рекультивации, и объектом исследования является система гидроизоляции, сопряжённая со сбором воды непосредственно в ходе этого процесса. Принципиальная схема водного баланса полигона, находящегося в стадии рекультивации, можно представить схематично, сравнивая при этом с балансом его в рабочем состоянии (рис. 1). В рабочем режиме формирование сбора воды идет через все тело объекта и будет преимущественно содержать большое количество загрязнений. В случае правильной организации завершающего биологического этапа рекультивации нас интересует формирование водного потока при установке гидроизоляционного слоя в теле полигона параллельно его верхней поверхности.

На водный баланс системы наибольшее влияние оказывают климатические условия, первоначальная влажность отходов и вода, образующаяся при биохимических процессах. Объем поверхностного стока для любого полигона может составлять 1-5 % от количества атмосферных осадков [1]. Для того чтобы не допустить проникновения фильтрационных вод в подземные горизонты, применяется сочетание геологического барьера и системы гидроизоляции основания полигона (противофильтрационного экрана).

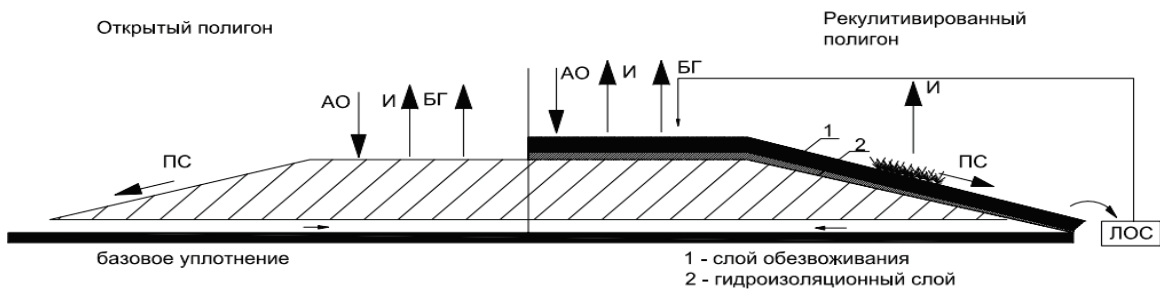


Рис. 1. Схема расчета водного баланса полигона (обозначения): АО – атмосферные осадки; БГ – вынос воды биогазом; И – испарение с поверхности; ПС – поверхностный сток; К – рециркуляция воды

В качестве используемых материалов при организации гидроизолирующего слоя (рис. 1, поз. 2) используются минеральные или искусственные гидроизолирующие материалы, которые способны обеспечить коэффициент фильтрации с объединенным эффектом не более 10-11 см/с. Поверх системы гидроизоляции накладывается дренажный слой толщиной не менее 0,3 м, который обеспечивает сток ливневых вод и отведение фильтрационных вод [2], откуда самотеком собирается и поступает на очистку в систему локальной очистки (ЛОС).

При проектировании любого полигона должны быть предусмотрены мероприятия по непрерывному сбору, отводу и очистке сточных вод, в том числе фильтрационных вод, дождевых и талых вод с территории полигона. Устройство системы сбора и отвода сточных вод выполняется в соответствии с СП 32.13330 [3].

Одним из вариантов расположения дренажных систем – кольцевой дренаж открытого типа, включающий гидроизоляцию дна, внешнего склона и нижней части внутреннего склона дренажной траншеи, которую в точке с самой нижней отметкой дна сообщают с водосборным колодцем, соединенным с накопительной емкостью станции водоочистки [4].

После системы сбора следует система подготовки стоков. ЛОС представляет собой очистные сооружения, функционирование которых схоже с естественными методами очистки воды в окружающей среде. Первым этапом проектирования является разработка критериев, по которым производится выбор технологии очистки [1]. Первый критерий – эффективность очистки (выбор необходимой степени очистки), который зависит от требования качества воды к дальнейшему его использованию. В нашем случае вода пойдет на полив растений при рекультивации полигона, для которой экспериментально определяются технические условия в зависимости от специфических растений, выбранных для закрепления почвенного слоя. В состав этой воды могут вводиться дополнительные компоненты в виде стимуляторов роста для накопления биомассы в процессе развития растений. Ко второму критерию следует отнести простоту обслуживания сооружений в условиях открытого расположения и изменения высотных отметок.

В качестве оборудования, соответствующего вышперечисленным критериям, можно отнести биологические пруды, поскольку для их обслуживания не требуется использование энергетических ресурсов (если не использовать дополнительную аэрацию). При этом биологические пруды в силу своей простоты являются надежными сооружениями. Принципиальная схема локальной очистки представлена на рисунке 2.

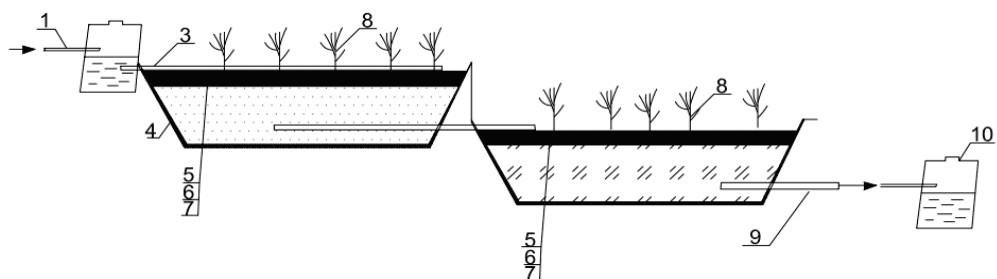


Рис. 2. Локальная очистка ливневых стоков на полигоне через систему биопрудов:  
 1 – подача воды на очистку; 2 – сборник-усреднитель; 3 – распределительный трубопровод;  
 4 – противофильтрационный экран; 5 – растительный грунт; 6 – песок; 7 – дренаж;  
 8 – высшая водная растительность; 9 – очищенная вода; 10 – сборник

В схему включён двухступенчатый биологический пруд, в который вода поступает из сборника-усреднителя. В последнее время в технологии очистки в открытых сооружениях получили распространение биопруды с высшей водной растительностью. Особенность таких сооружений в том, что высаживаются определенные водные культуры, такие как тростник, рогоз, камыш и др. Растения интенсифицируют процесс очистки, удаляют биогенные элементы, аккумулируют тяжелые металлы, радиоактивные изотопы и другие специфические загрязнения. Такие культуры удобнее удалить из биопруда, чем мелкие водоросли, что предотвращает вторичное загрязнение водоема продуктами разложения отмирающей растительной биомассы [5]. После достижения нужной степени очистки, вода направляется в сборник для последующего использования в системе орошения растений, которые участвуют в стадии рекультивации полигона, тем самым происходит замыкание цикла водооборота на данном объекте, как показано на рисунке 1.

Таким образом, можно сделать **вывод**, что правильно организованная ЛОС является полифункциональным элементом водообеспечения на любой стадии жизненного цикла полигона. Гидроупорные экраны в системе водораздела ливневых вод формируют сток в заданном направлении, что позволяет создать область разрешения потока в накопительные резервуары. В качестве ЛОС использование биопрудов соответствует требованиям надежности и простоты конструкции. Предложенная схема позволяет замкнуть цикл водооборота, поскольку очищаемая вода направляется на нужды самого объекта в виде полива растений на стадии рекультивации полигона, а избыточная вода может быть маганизирована в нижние горизонты вне зоны влияния полигона.

### Библиографический список

1. ФГУП «Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами»: рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов / Я. И. Вайсман, Л. В. Рудакова, Г. М. Батракова, А. М. Зомарев. – Москва: ФЦБиБО, 2003. – 47 с.
2. Изменение № 1 к СП 320.1325800.2017 «Полигоны для твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация»: свод правил // АО ИК «Кодекс»: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/350280454>
3. СП 32.13330.2018 «СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения»: свод правил // АО ИК «Кодекс»: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821>
4. ИТС 53-2022 Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде [Электронный ресурс]: сайт Бюро НДТ // URL: [https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1842&etkstructure\\_id=1872](https://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1842&etkstructure_id=1872)
5. Крот Ю.Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод // Гидробиологический журнал. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 47-61.

## ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ В ПРОЦЕССАХ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Матвеева В. И.

Санкт-Петербургский Горный университет

e-mail: lerchik.99@yandex.ru

## SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF USING METALLURGICAL SLAGS IN THE PROCESSES OF NEUTRALIZATION OF INDUSTRIAL WASTEWATER

Matveeva V.I.

Saint Petersburg Mining University

*На металлургических заводах ежегодно производится огромное количество отходов, называемых шлаками. Данные материалы практически никак не перерабатываются вторично, в лучшем случае – используются выборочно. На данный момент вопрос рационального внедрения шлаковых отходов в технологическую цепочку предприятий, которые их производят, является весьма актуальным. В данной статье рассмотрен вариант использования сталеплавильных шлаков в процессах очистки промышленных сточных вод. Проведён анализ физико-химических свойств шлака, эксперимент по нейтрализации кислых растворов, и представлены результаты исследований.*

*Ключевые слова: шлак, сточные воды, нейтрализация, кислый раствор.*

Шлак – минеральная составляющая железной руды и флюсов, которая в процессе производства чугуна и стали отделяется от жидкого металла и скапливается на его поверхности. Металлургические шлаки представляют собой силикатные системы с различным содержанием железа.

Ежегодно на предприятиях металлургии образуется до 10 млн. т шлаков, уровень использования которых не превышает 15 %. На данный момент ситуация с вторичной переработкой данного отхода имеет тенденцию к улучшению, в основном его начинают использовать в строительной отрасли – дорожном строительстве, сооружений зданий, но большая часть шлаков так и остаётся располагаться в местах временного накопления отходов.

По химическому составу выделяют основные (с преобладающим содержанием кальция и магния), кислые (в которых преобладают  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и нейтральные (с равным содержанием таких оксидов) шлаки [1].

Учитывая факт содержания большого количества кальция в металлургических шлаках, можно сделать вывод о том, что они могут быть внедрены в технологию очистки промышленных сточных вод на многих металлургических предприятиях, так как на большинстве заводов по производству металла образуются кислые растворы, например, в таких процессах, как травление металла или нанесение гальванических покрытий.

Зачастую, в технологии нейтрализации отработанных промышленных сточных вод применяют следующие способы очистки:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- нейтрализация реагентами (растворы кислот, негашеная известь  $\text{CaO}$ , гашеная известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцинированная сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ );
- фильтрация через нейтрализующие материалы (известь, известняк  $\text{CaCO}_3$ , доломит) [2].

Так как в основу металлургических шлаков входят оксиды  $\text{CaO}$ , можно предположить факт, что использование их вместо известкового молока может помочь решить сразу несколько проблем: избавиться от применения реагента, заменив его на отход собственного происхождения; снизить негативное воздействие шлакоотвалов на окружающую среду,



посредством рационального использования металлургического шлака; снизить затраты на очистку промышленных сточных вод.

Химически процесс нейтрализации с помощью шлаков можно описать следующим образом. Кальций, который находится в металлургических шлаках, связываясь с водой, образует гидроксиды, которые способствуют нейтрализации и в реакции с солями металлов приводят к их осаждению. Поэтому шлак с большой концентрацией кальция будет положительно влиять на повышение рН в растворах с кислой средой и способствовать реакции их нейтрализации.

В рамках изучения вопроса нейтрализации кислых растворов с помощью металлургических шлаков был проведён ряд исследований. В качестве исследуемого образца выступал шлак одного из российских заводов по производству стали.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) данного отхода, представленный в таблице, показал, что в шлаке действительно содержится большое количество кальция, что предполагает возможность дальнейшего его использования в нейтрализации кислых промышленных сточных вод.

Таблица. Результаты исследования образца шлака методом РФА

Соединение	%	Соединение	%
CaO	29,52	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,19
SiO <sub>2</sub>	29,51	MnO	6,15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,75	MgO	4,39

После того, как было установлено, что шлак обладает нейтрализационными способностями, необходимо было провести эксперимент по нейтрализации непосредственно кислого раствора.

Для этого был приготовлен раствор серной кислоты с рН 2,56. Далее в этот раствор был добавлен шлак, раствор перемешивался на мешалке и замерялись результаты изменения водородного показателя. Опыт проводился с растворами объемом 100 мл и фракцией шлака 1-5 мм. Замеры рН проводились каждые две минуты для отслеживания зависимости изменения рН от времени нейтрализации. Результаты наблюдений отражены на графиках ниже.

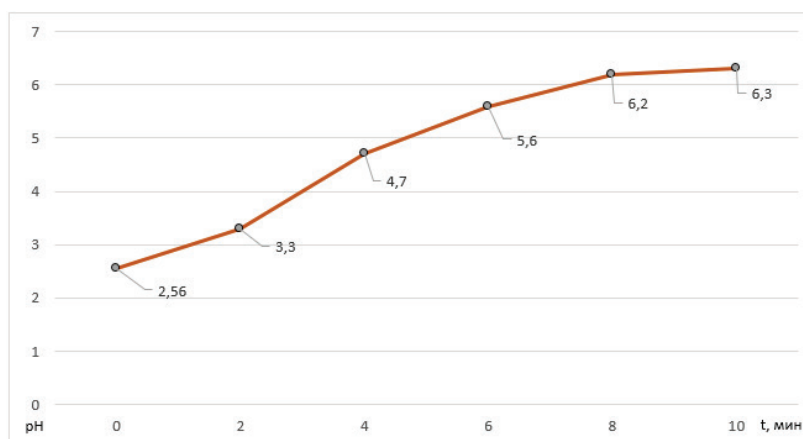


Рис. 1. График зависимости изменения рН раствора серной кислоты в зависимости от времени (навеска 4 грамма)



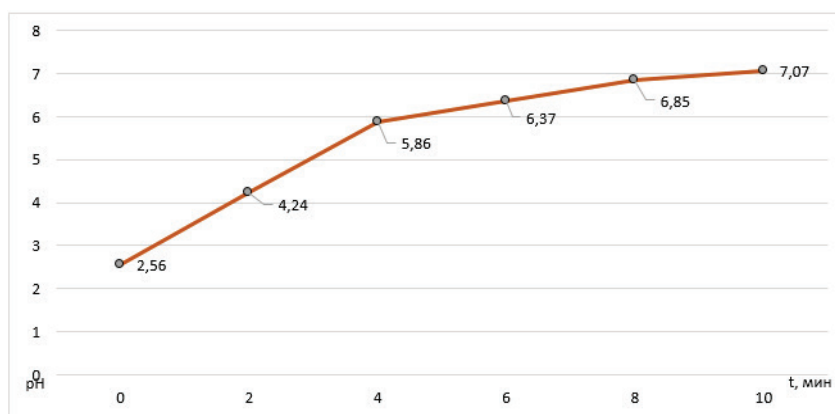


Рис. 2. График зависимости изменения рН раствора серной кислоты в зависимости от времени (навеска 5 грамм)

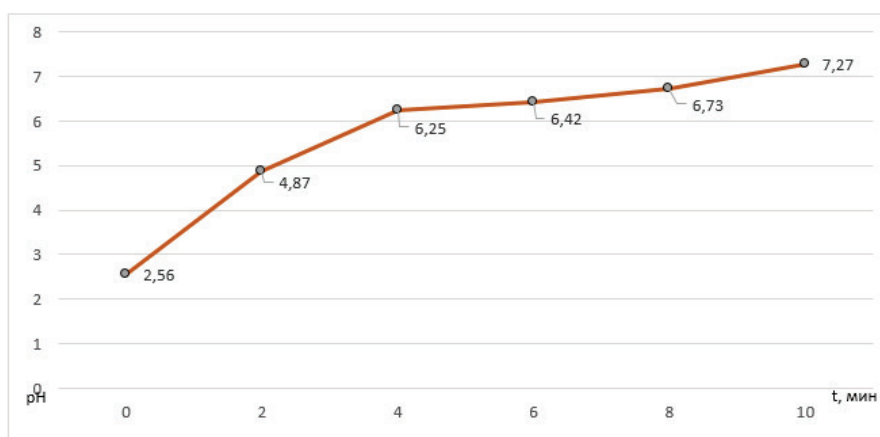


Рис. 3. График зависимости изменения рН раствора серной кислоты в зависимости от времени (навеска 6 грамм)

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что с помощью анализируемого шлака можно достичь нейтрализации травильных осадков серной кислоты до pH, равного 7.

Мутность воды после процессов нейтрализации меняется незначительно из-за относительно большой крупности фракции. Дальнейшее осветление раствора можно проводить с помощью добавления специальных коагулянтов.

Наблюдается вторичное загрязнение раствора ионами натрия, кальция, калия и сульфатов, но все они находятся в пределах нормативно допустимых значений.

Если судить по фракции 1-5 мм, нейтральная среда раствора достигается примерно через 10 минут во всех вариантах навесок. Быстрее всего нейтрализация достигается с навеской 6 грамм на 100 мл. Это говорит о том, что нейтрализация травильных осадков сталеплавильным шлаками возможна и является эффективным и результативным методом.

### Библиографический список

1. Валуев Д. В., Гизатулин Р. А. Технологии переработки металлургических отходов / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск, 2012. – 196 с.
2. Гайнуллина Г. Р. Федоров Г. Ю. Очистка сточных вод от кислот и щелочи // Вестник химических технологий. – Казань: Казанский энергетический университет, 2016. – С. 53-54.

## ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ ИЗ ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Николаева А. Д., Федченко П. В., Логинов С. В.

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

*e-mail: [nkvitova@list.ru](mailto:nkvitova@list.ru)*

## FEATURES OF OBTAINING VARIOUS CALCIUM SILICATES FROM SODA DISTILLER LIQUID

Nikolaeva A.D., Fedchenko P.V., Loginov S.V

*St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)*

*В статье рассмотрен способ утилизации дистиллерной жидкости (отхода содового производства по методу Сольве) путем переработки его в различные силикаты кальция, в том числе волластонит, широко востребованный химической промышленностью.*

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

Сегодня трудно представить развитую экономику без продукции химической промышленности. Кальцинированная сода является одним из самых востребованных ее продуктов. Основной объем производства соды (около 34 млн. тонн в год) приходится на аммиачный метод Сольве [1]. По сравнению с другими методами производства он обладает рядом преимуществ, а именно: широко распространённое, легко добываемое и дешевое сырье, отсутствие высоких давлений, сам способ хорошо изучен, технологические процессы отлажены и устойчивы, а продукт имеет высокое качество. Но несмотря на все достоинства этого метода, от производства остается огромное количество жидких отходов, содержащих хлориды кальция и натрия, проблема утилизации которых довольно остро стоит в наше время [2].

Важными направлениями обращения с отходами метода Сольве стали способы:

- усовершенствование самого процесса путем внедрения нового оборудования для увеличения степени извлечения натрия и получения чистого раствора хлорида кальция [3];
- замена исходного сырья (метод Хоу) [4];
- использование дистиллерной жидкости в качестве противогололедного материала или сырья для заполнения пустот, образующихся от добычи углеродсодержащих веществ [5, 6];
- переработка в востребованные в химической промышленности материалы [7]. Однако, несмотря на все разнообразие проводимых исследований, переработка дистиллерной жидкости, а также содержащего шламнакопителей, где она скапливается, до сих пор остается актуальной.

Целью исследований стала переработка дистиллерной жидкости в востребованные в химической промышленности силикаты кальция, в том числе волластонит. Для получения различных силикатов были использованы модельные растворы, приготовленные из чистого гранулированного хлористого кальция и дистиллированной воды, а также жидкое натриевое стекло в различных соотношениях. В результате операций смешения исходных компонентов, декантации и промывки осадка получены силикаты кальция, охарактеризованные с помощью ИК-спектроскопии как каркасные, слоистые силикаты, а также кварциты. Через маточный раствор после фильтрации пропускали в течение 2 часов атмосферный воздух, содержащий углекислый газ, на уровне 450 ppm. В результате получен белый кристаллический осадок. При его реакции с соляной кислотой происходит бурное выделение газа, что характеризует анион как карбонат-ион. pH раствора в результате опыта меняется с 10,5 до 7. ИК-спектры полученного осадка полностью совпадают со спектрами поглощения бикарбоната натрия.

Аналогичные опыты проводили с маточниками от использования карбонизированной и некарбонизированной дистиллерных жидкостей, полученных от «Башкирской содовой компании».

Синтез силиката кальция определенного химического состава и кристаллической структуры, в частности волластонита, зависит от температуры, давления и соотношения исходных компонентов. Так, например, были получены силикаты с содержанием примесей <2,5 % масс., молекулярной формулой  $\text{Ca}_6\text{Si}_6\text{O}_{17}(\text{OH})_2$  (ксонотлит) или силикаты с содержанием примесей <2,1 % масс., молекулярной формулой  $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (пиросиликат кальция).



Рис. Иллюстрация игольчатой формы кристаллов образца

При определенном соотношении дистиллерной жидкости и жидкого натриевого стекла нами получен искусственный волластонит, отличающийся низким содержанием примесей, высокой белизной и игольчатой кристаллической структурой. На рисунке приведена фотография образца под микроскопом.

Проанализирована зависимость вида кристаллов волластонита от различных параметров проведения взаимодействия исходных компонентов. Перемешивание исходных компонентов с частотой вращения вала 60 об/мин при температуре 20 °С приводит к образованию крупных, неплотно упакованных агломератов из игл, соотношение длины к диаметру которых равно примерно 20:1. При увеличении интенсивности перемешивания до 200 об/мин размер игл уменьшается, так же уменьшается размер агломератов. При снижении температуры до 5 °С образуются отдельные иглы с соотношением длины к диаметру 3:1.

К преимуществам разрабатываемой технологии переработки дистиллерной жидкости в волластонит относятся:

- возможность организации переработки массовых отходов содового производства, дистиллерных жидкостей, в промышленных масштабах;
- возможность получения чистого синтетического волластонита, востребованного при производстве компаундов, в оборонной промышленности;
- отсутствие применения высоких температур и давлений, необходимых при реализации других способов;
- возможность организации рецикла отходов производства по методу Сольве с получением, кроме волластонита, дополнительного количества соды или хлорида натрия;
- простота промышленной реализации процесса;
- снижение загрязнения окружающей среды.

В результате работы разработан и проверен на модельных растворах способ перевода содержимого белых морей в силикаты кальция. Так же способ реализован на лабораторной установке с использованием карбонизированной и не карбонизированной дистиллерных жидкостей АО «Башкирская содовая компания». Изучен состав полученных образцов по данным рентгено-фазового, рентгено-флуоресцентного анализов и ИК-спектроскопии.

Предложены принципиальная технологическая схема по переработке дистиллерных жидкостей в широко востребованный продукт – волластонит.

Дальнейшая работа направлена на получение волластонита из дистиллерной жидкости и силикатного материала, полученного из различных промышленных и бытовых отходов: рисовой шелухи, тарного стекла и шиштофа.

### Библиографический список

1. Тульянова, Ш. Н. Хлористый кальций – побочный продукт при производстве соды / Ш. Н. Тульянова // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 2. – С. 74-80.
2. Шатов, А. А. Производство кальцинированной соды – от прошлых к новым технологиям/ А. А. Шатов // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. – 2017. – № 1. – С. 7-8.
3. Крашенинников, С. А. Технология кальцинированной соды и очищенного бикарбоната натрия / С. А. Крашенинников. – Москва: Высшая школа, 1985. – 287 с.
4. Важенин, Б. В. Способ вторичной переработки отхода производства капролактама / Б. В. Важенин, П. А. Глухов // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019) : матер. V Всерос. конф. (Тольятти, 12–13 ноября 2019 года.). – Тольятти, 2019. – С. 344-347.
5. Константинова, М. С. Исследование возможности использования дистиллерной жидкости в качестве жидкого противогололедного материала / М. С. Константинова, Е. В. Калинина // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. – 2013. – № 4. – С. 138-141.
6. Зайцев, И. Д. Производство соды / И.Д.Зайцев, Г.А.Ткач, Н.Д.Стоев. – Москва: Химия, 1986. – С. 198-201.
7. Физико-химическое обоснование процесса получения хлорат кальциевого дефолианта с использованием отходов содового производства / Х. М. Полвонов, Ш. Ш. Хамдамова, З. М. Давлятова, Г. О. Ибрагимова // Universum: технические науки. – 2019. – № 11(68). – С. 22-25.

УДК 502.34

### ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ РАЗДЕЛЬНОГО СБОРА ОТХОДОВ В ВУЗЕ

Рязанова А. А., Новокрещенова А. М., Бочкарев А. Б., Дружакина О. П.

*ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»*

*e-mail: [aleksandra-ryazanova@mail.ru](mailto:aleksandra-ryazanova@mail.ru), [anja.nov@mail.ru](mailto:anja.nov@mail.ru), [feliks1446@gmail.com](mailto:feliks1446@gmail.com), [druzhakina@mail.ru](mailto:druzhakina@mail.ru)*

### PRACTICE OF ORGANIZING SEPARATE WASTE COLLECTION AT HIGHER EDUCATION INSTITUTION

*Ryazanova A.A., Novokreshenova A.M., Bocharev A.B., Druzhakina O.P.*

*Udmurt State University*

*С 2020 года в ВУЗе развивается отдельный сбор отходов и экопросвещение студентов и сотрудников. Проводится исследование мнения общественности о знании правил отдельного сбора и факторах мотивации включения в селективный сбор отходов с позиции включения в экономику замкнутого цикла. В форматах экопросвещения ведется разъяснительная работа о важности отдельного сбора и включения вторсырья в индустрию переработки.*

*Ключевые слова: экопросвещение, отдельный сбор отходов, переработка отходов.*

С началом реформы системы обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) в Удмуртской республике развивается индустрия отдельного сбора отходов (PCO) и

переработки собираемого вторичного сырья, что отвечает требованиям экономики замкнутого цикла. В 2020 году доля собираемого вторичного сырья из состава ТКО была не более 2 %, сегодня этот показатель вырос до 15 % и более.

В период с 2020 по 2023 гг. начали работать 4 пункта приема вторсырья за деньги – «Экодому», функционируют социальные площадки РСО, создаваемые по инициативе компаний, реализующих «зеленую» политику, и экологов. Развивается система включенности населения в РСО (рис. 1) [2].

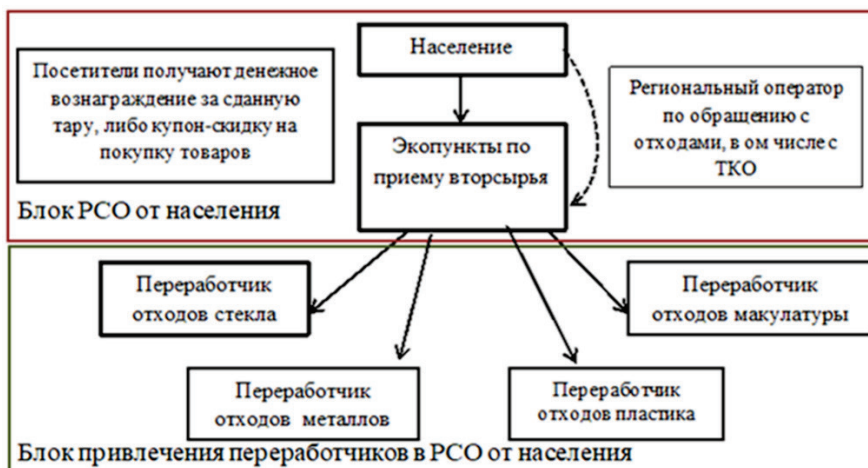


Рис. 1. Модель включенности населения в развитие инфраструктуры РСО

Актуальна практика создания экспериментальных площадок РСО в местах первичного образования отходов, где может реализовываться мониторинг качества собираемого вторсырья и выявление социологических факторов включенности населения в культуру РСО. В 2019 году ФГБОУ ВО «УдГУ» стал первым вузом в Удмуртии, начавшим реализацию подобного проекта. Цель проекта – формирование культуры РСО у сотрудников и учащихся университета.

С 2020 года в ФГБОУ ВО «УдГУ» установлено 10 контейнеров для сбора вторичного сырья и организована 1 площадка для сбора отходов по фракциям: полимеры, металл, бумага, текстиль с информационными стендами (рис. 2) [3].



Рис. 2. Информационно-просветительская площадка в ФГБОУ ВО «УдГУ»

Участниками проведенного экологического опроса, проведенного в феврале-марте 2023 года, стали 394 респондента – сотрудники, преподаватели и студенты ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет». Большинство участников опроса преимущественно обучаются и работают в 4 и 6 корпусах университета, соответственно, 63 % и 55 %. Именно в этих корпусах кампуса установлены баки РСО.

Проведенный опрос показал, что сортируют отходы 49 % опрошенных. Контейнеры РСО оснащены надписями с информацией о видах вторичного сырья, которое следует размещать в специализированный контейнер. Читают информацию о раздельном сборе отходов 69 % респондентов.

Мониторинг баков РСО показал, что есть ошибочно размещенные отходы: пищевые отходы, батарейки, одноразовая посуда и другие, что захламляет и снижает качество собираемого вторичного сырья. Опрос показал, что 20 % опрошенных считают, что в бак РСО можно выбросить пищевые отходы, 73 % опрошенных считают, что бумажные/пластиковые стаканчики пригодны для переработки, а 55 % – сдали бы в переработку промасленную бумагу из-под выпечки.

Знание правил раздельного сбора – один из факторов сбора качественного вторсырья, например, макулатуры. Правила сдачи макулатуры большинству известны еще с детства, поэтому большинство опрошенных знают, что нужно: разделять по разным стопкам картон и бумагу (57 %), удалить скотч, скрепки и пружины блокнотов/тетрадей (91 %), сложить и перевязать (68 %). Большинство опрошенных (58 %) умеют считывать экологическую маркировку упаковки. Это подтверждают и данные опроса, так, 47 % респондентов верно определили маркировку ПЭТ-бутылки. На желание респондентов быть экологичными повлияли или могли бы повлиять различные факторы: создание открытых информационно-просветительских пространств, рассказывающих о раздельном сборе отходов и ответственном потреблении (44 %); реализация различных просветительских мероприятий, посвящённых раздельному сбору отходов и ответственному потреблению (32 %); проведение экоуроков (32 %); продвижение экопросвещения в социальных сетях (48 %).

Итогом работы стала практика организации РСО в вузе, которая позволила определить технические условия организации площадок и форматы экологического просвещения сотрудников и студентов университета. Полученная практика может быть применена в других вузах России для формирования экологической культуры и внедрения РСО.

### **Библиографический список**

1. «Начать «мусорную» реформу в России было необходимо» / Интервью с Денисом Удаловым, министром природных ресурсов и экологии Удмуртской Республики от 27 августа 2019. – Текст: электронный // «Деловой квадрат»: <https://www.d-kvadrat.ru/obshchestvo/2517> (дата обращения: 03.03.2023).
2. Дружакина, О. П. Население в реформе системы обращения с отходами: формирование экокультуры [Электронный ресурс] / О. П. Дружакина // Управление техносферой. – 2022. – Т. 5, вып. 1. – С. 53-66. – URL: <https://technosphere-ing.ru/ru/>.
3. Дружакина, О. П. Исследование мотивационных факторов включения студентов вуза в систему раздельного сбора обращения с отходами в местах первичного образования [Электронный ресурс] / О. П. Дружакина, А. А. Рязанова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 11. – С. 1-9. – URL: <http://elibrary.udsu.ru/xmlui/handle/123456789/21372>.



**ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ КАПИЛЛЯРОПРЕРЫВАЮЩЕГО  
СЛОЯ ЦЕОЛИТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ  
КРАЙНЕГО СЕВЕРА РОССИИ**

*Фигуркин А. А.*

*Санкт-Петербургский Горный университет*

*e-mail: [saschafigurckin@yandex.ru](mailto:saschafigurckin@yandex.ru)*

**IDENTIFYING THE OPTIMUM THICKNESS OF THE ZEOLITE CAPILLARY  
BREAKING LAYER FOR RECLAMATION OF SALINE SOILS IN THE FAR NORTH  
OF RUSSIA**

*Figurkin A.A.*

*The Saint Petersburg Mining University*

*Проведенные исследования основываются на проблеме техногенного засоления территорий Крайнего Севера и их рекультивации. В качестве одного из путей решения рассмотрен вариант рекультивации при помощи создания капилляропрерывающего слоя (цеолиты и геотекстиль), также подобраны специальные растения – галофиты. В ходе работы установлен наиболее оптимальный слой цеолитов, обеспечивающий лучшие показатели роста.*

*Ключевые слова: засоленные почвы, Крайний Север, рекультивация, цеолиты, капилляропрерывающий слой.*

На территории Российской Федерации засоление имеет широкое распространение, свыше 10 % территории страны подвержены данному процессу (170 млн. га), из которых более 40 млн. га являются землями сельского хозяйства [1]. На территории Крайнего Севера приходится более 35 млн. га таких земель (> 2%) от общего количества засоленных земель РФ [2].

Для Крайнего Севера характерно такое явление как вечная мерзлота. В зоне её распространения стабильность функционирования экосистем обуславливает сохранение динамического равновесия между глубиной вечномерзлой толщи и мощностью слоя сезонного промерзания-оттаивания. Даже незначительные колебания сопровождаются нарушением теплообмена в минеральном профиле, уровень вечной мерзлоты постепенно углубляется, мощность сезонного оттаивания увеличивается. Это способствует процессам термокарста, термоэрозии и солифлюкциации. Данные процессы постепенно разрастаются и широко распространяются, впоследствии чего может дестабилизироваться состояние соседствующих ландшафтов [3].

Учеными выделяются два основных центра засоления в пределах территорий Крайнего Севера:

1. Арктическое побережье России, где процессы засоления характеризуются морским типом засоления, основывающимся на насыщении грунтов солями при приливах [4].

2. На территориях Центральной и Западной Якутии, где развит горнодобывающий комплекс и засоление происходит за счет экстракции вскрышных пород, содержащих рассолы, а также в долине реки Лена, где испарение превышает количество осадков [5].

Рост территорий, подверженных засолению, постоянно увеличивается, в связи с чем необходимо рассматривать процессы, сопровождающие нарушение ландшафтов, для их минимизации, но и изучать способы их восстановления – рекультивации.

Рекультивация на Крайнем Севере требует тщательного подбора растений и методик восстановления, основываясь в большей степени на климатические условия региона. В условиях распространения многолетнемерзлых пород необходимо учитывать следующее

показатели: приспособляемость семян, низкие показатели плодородия почв, короткий вегетационный период.

На сегодняшний день научным сообществом рассматривается три основных направления рекультивации засоленных почв:

- повышение солеустойчивости растений (изучаются галобиомы – комплекс специальных генов, характерных для галофитов);
- подбор растений-галофитов;
- увеличение активности микробиологических процессов в почвах (повышение биогенности грунтов).

Для рекультивации территорий на Крайнем Севере обычно принято совмещать вышеперечисленные направления.

Учеными рассматривались методы внесения мелиорантов, содержащих специально выделенные ассоциативные микроорганизмы рода *Achromobacter*, вкупе с применением растений-галофитов. В ходе проведения данного исследования были зафиксированы следующие показатели:

- прорастание семян Мискантуса Сорановского (*Miscanthus sinensis*) более чем на 40 % возросло в сравнении с выращиванием без внесения добавок;
- также высота растений возросла на 55 % [6].

На территориях хвостохранилищ и отвалов Мирнинского ГОКа рассмотрели метод отсыпки плодородных слоев почвы с применением галофитовой травосмеси, включающую в себя: овсяницу красную, кострец сорта «Аммачаан», пырей. Приживаемость семян составила 81 %, что в 4,5 раза лучше в сравнении с использованием только галофитов [7].

Целью данной работы является подбор наиболее эффективного слоя цеолита в качестве капилляропрерывающего слоя при рекультивации засоленных территорий Крайнего Севера.

Цеолит в данной работе рассматривается как изоляционный слой между солесодержащими и чистыми почвами. Наибольший интерес вызывает способность к поглощению солей, но при таком использовании необходимы процессы постоянного изымания и внесения новых масс цеолитов, так как их поглотительный потенциал конечен, также стоит отметить, что цеолит является нетоксичным, экологически чистым материалом [8].

Эксперимент проводится лабораторно, и при его проведении выбрана следующая концентрация солей в почве – 2 % (от массы почвы). Данный показатель является средним и наиболее распространенным для территорий Крайнего Севера [3].

Площадки формируются следующим образом – нижний слой (почвы, подверженные засолению), далее прокладывается слой геотекстиля с  $\rho=200 \text{ г/м}^2$ , поверх выкладывается слой цеолита с различной толщиной и укрывается слоем плодородных почв.

В ходе проведения эксперимента заложены площадки с разной толщиной цеолита: 5, 7,5, 10 и 15 см. В качестве растений-галофитов используются семена Люцерна серповидной (*Medicago falcata*), так как они имеют широкое распространение на территориях Крайнего Севера (включительно Центральной и Западной Якутии). Растение также обладает быстрым периодом прорастания (6-7 дней) и хорошей корневой системой, что позволит снизить нагрузку ветровой эрозии.

На данный момент исследования все ещё ведутся, так как не прошло достаточно времени для проведения анализов почвы на содержание хлоридов и общей минерализации для того, чтобы утверждать, что капиллярное поднятие не происходит или оно незначительно и не сказывается на росте семян.

В таблице предоставлены значения всхожести и высоты растений по истечению первого месяца исследований.



Таблица. Высота и процент всхожести семян

Показатель	№ площадки					
	1	2	3	4	5	6
	Фон	5 см	7,5 см	10 см	15 см	геомембрана, $\rho=450\text{г/см}^3$
Высота растений, см	3,1	2,4	3,1	3,3	2,8	2,9
Процент всхожести, %	89	75	86	87	84	77

Из таблицы 1 видно, что наиболее эффективные показатели относительно значений фона демонстрируют площадки 3 и 4. На этих площадках высота растений превосходит или достигает значений фона, но немного уступает по проценту всхожести, что может указывать на незначительное капиллярное поднятие солей.

С экономической точки зрения, которую, в первую очередь, необходимо учитывать при рекультивации территорий Крайнего Севера, однозначно можно заключить, что площадка № 3 является наиболее оптимальной, даже учитывая то, что показатели уступают 4-ой площадке.

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что применение цеолитов в качестве капилляропрерывающего слоя вкуче с растениями-галофитами является перспективным и эффективным для рекультивации засоленных территорий Крайнего Севера.

*Исследования выполнялись в рамках государственного задания FSRRW-2023-0002.*

#### Библиографический список

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель Российской Федерации в 2018 г. /Роснедвижимость. – М., 2019. – 198 с.
2. Хитров Н. Б. Карта засоленных почв и перспективы устойчивого управления засоленными и солонцовыми почвами в России / ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева». – Москва, 2017.
3. Тихановский А. Н. Проблемы и методы биологической рекультивации техногенно нарушенных земель Крайнего Севера //Успехи современного естествознания. – 2017. – №. 2. – С. 43-47.
4. Трофимов В. Т., Красилова Н. С. Засоленные мерзлые грунтовые толщи арктического побережья России и их инженерно-геологические особенности //Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел геологический. – 2017. – Т. 92, №. 4. – С. 49-57.
5. Петров Д. С., Данилов А. С. Оценка и анализ гидрохимического режима обводненных карьеров по добыче фосфоритовых руд //Вода и экология: проблемы и решения. – 2020. – № 3 (83). – С. 63-69.
6. Симонова Е. О., Субботин А. М., Петров С. А. Повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды под влиянием бактерий из многолетнемерзлых пород //Молекулярные аспекты редокс-метаболизма растений. Роль активных форм кислорода в жизни растений. – 2017. – С. 413-416.
7. Миронова, С. И. Опыты биологической рекультивации на отвале № 6 карьера «Мир» / С. И. Миронова, С. И. Поисеева, Н. Ф. Васильев, З. А. Кудинова // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11–1. – С. 120-121.
8. Досбергенов С. Н., Маликов М. А. Питательные элементы в техногрунтах территорий амбаров месторождений Караарна //Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2. – С. 57-67.

## ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОАГУЛЯНТОВ

Фомичева А. А., Бойкова Т. Е.

*Северный (Арктический) федеральный университет*

*e-mail: [t.boykova@narfu.ru](mailto:t.boykova@narfu.ru)*

## NATURAL WATERS PURIFICATION IN THE NORTHERN REGIONS USING COAGULANTS

Fomicheva A.A., Boykova T.E.

*Northern (Arctic) Federal University*

*Проведено сравнительное исследование реагентов, применяемых для водоподготовки в различных условиях. Определены оптимальные значения дозы коагулянта сульфата железа Ferix-3 и эффективность его применения на высокоцветных мягких природных водах. Экспериментально доказана целесообразность применения сульфата железа Ferix-3 в процессах водоподготовки в северных регионах.*

*Ключевые слова: коагулянт, Ferix-3, сульфат алюминия, полиоксихлорид алюминия, осветление.*

В разных регионах России природная вода имеет разный состав и физико-химические свойства. Воды южных регионов имеют высокую минерализацию, низкое содержание органики. Вода не требует специальных методов очистки, поэтому используют только обеззараживание [1]. Проблемой северных регионов является высокая заболоченность, низкие минерализация и мутность воды, высокая цветность, так как температура воды в течение года низкая и присутствует большое количество органических примесей. Для питьевой воды в Российской Федерации устанавливаются нормативы в соответствии с СанПиН 2.1.4.559–96 [2]. В мировой практике устанавливаются нормативы питьевой воды в соответствии с требованиями Всемирной организации здравоохранения [3].

Основные показатели, которые нормируются: рН, мутность, цветность, запах, привкус, общая минерализация, общая жесткость, содержание алюминия, железа и других элементов. На эффективность очистки влияет состав исследуемой воды и ее физико-химические свойства. Одним из распространенных методов очистки воды от частиц коллоидной степени дисперсности (размеры от 0,001 до 0,1 мкм) является коагуляция. Коагуляция – это укрупнение мелких частиц под действием электролитов или полиэлектролитов [4]. Образовавшиеся в результате этого процесса частицы, имеющие значительно большую по сравнению с исходными частицами скорость осаждения, легко удаляются обычными механическими способами (фильтрование, осаждение). В литературе [5] имеются сведения о применении коагулянтов сульфата алюминия (II) и полихлорида Al на загрязненных природных водах Индонезии с высокой мутностью. Данные коагулянты эффективны только на водах со средней температурой в течение года и небольшим содержанием органики. В [6] приводится исследование применения сульфата алюминия (II) совместно с минеральным коагулянтом полиоксихлоридом алюминия (ПОХА). Достоинствами ПОХА являются: использование при различных рН и температурах исследуемой воды и высокая эффективность при низких дозировках на мутных и цветных водах. Также применяют минеральные коагулянты на основе сульфата железа (III), но они получили небольшое распространение в России вследствие технологических особенностей. Его достоинство в том, что исключается загрязнение питьевой воды токсичными соединениями алюминия, однако требуется точная дозировка железосодержащих коагулянтов, т. к. при ее неверном выборе возможно попадание железа в осветленную воду.

**Экспериментальная часть.** Эксперимент проводили с целью исследования коагулирующих свойств сульфата железа (III) – Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, а также эффективности очистки им речной воды северных регионов. На первом этапе исследовали показатели качества исходной воды по следующим методикам: цветность (Ц=116°БКШ) спектрофотометрически, на бихромат-кобальтовой шкале, моделирующей цветность воды, спектрофотометр «Юнико-1201», λ=380 нм; рН (рН=6,92) – потенциометрическим методом, иономер рХ-150; жесткость (Жо=1,15ммоль/л) – титриметрическим комплексометрическим методом; щелочность (1,25 мг/л) – титриметрическим с индикаторами фенолфталеин и метилоранж; ХПК (1,15 мгО<sub>2</sub>/л) – определяли для оценки содержания в воде органических веществ титриметрическим арбитражным методом, окислением пробы кипячением совместно с дихроматом калия и концентрированной серной кислотой, с последующим титрованием остатка окислителя солью Мора; содержание взвешенных веществ (5,06 мг/л) – турбидиметрическим методом, сравнением мутности пробы со стандартными градуировочными эталонами, приготовленными по формазину; содержание железа (0,24 мг/л) – спектрофотометрически, по взаимодействию ионов железа с сульфосалициловой кислотой, рН>8, с образованием желтого комплекса, λ=425 нм.

Для проведения пробных коагуляций были взяты цилиндры объемом 250 мл, в каждый перед добавлением коагулянта дозировали щелочной реагент – раствор карбоната натрия 1 %, объем рассчитывали на основании дозы коагулянта и необходимого уровня рН, коагулянт вводили при быстром перемешивании на магнитной мешалке под контролем рН. Дозу коагулянта варьировали от 35 до 75 мг/л, для определения оптимальной. Через 2 минуты пробу с введенными реагентами переносили в цилиндр с подключенным датчиком оптической плотности, λ=525 нм. Оптимальным считали процесс, когда содержание примесей в надосадочном слое снижалось до 10 мг/л, согласно [7]. Показания датчика оптической плотности регистрировали через каждые 10 минут от начала отстаивания, по результатам строили кривые осаждения (рис.) в координатах: время осаждения, τ (мин) – эффективность, Э (%). Эффективность рассчитывали по формуле (1):

$$Э = \frac{A_0 - A_\tau}{A} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где А – оптическая плотность раствора.

Результаты эксперимента сведены в таблицу.

Таблица. Результаты эксперимента по коагуляции речной воды северного региона

№	Д <sub>к</sub> , мг/л	Д <sub>с</sub> , мл	А, оптическая плотность					рН <sub>коаг</sub>	Ц, °ПКШ
			0 мин	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин		
1	55	4,4	0,606	0,570	0,517	0,485	0,339	6,25	28
2	35	2,8	0,414	0,342	0,295	0,243	0,230	6,32	94
3	45	3,6	0,545	0,437	0,327	0,210	0,187	6,44	48
4	55	4,4	0,533	0,356	0,188	0,156	0,122	6,67	22
5	65	4,6	0,618	0,190	0,108	0,094	0,070	6,82	20
6	75	4,8	0,639	0,253	0,126	0,117	0,112	6,32	16

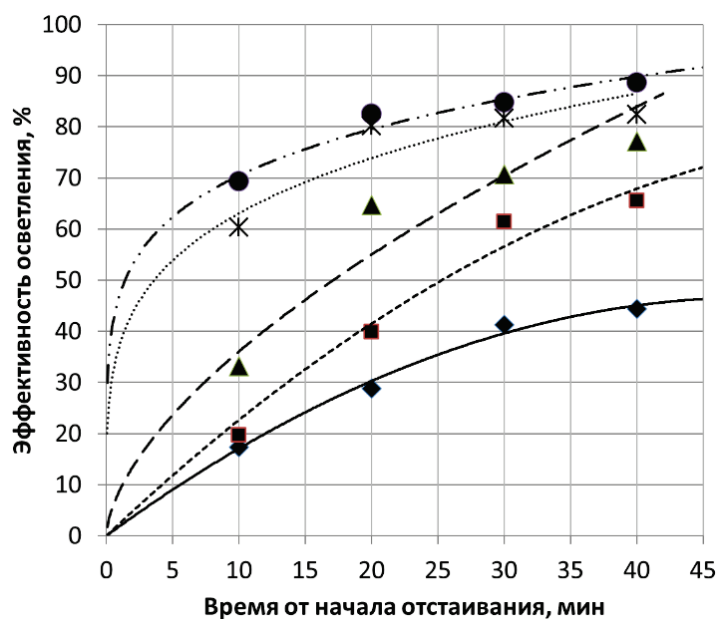


Рис. Кривые осаждения в зависимости от дозы коагулянта Ferix-3

**Выводы.** Таким образом, из данных таблицы следует, что увеличение дозы коагулянта требует большего подщелачивания раствора, так как при введении сульфата железа pH раствора уменьшается вследствие гидролиза. Значения цветности растворов ниже 22°ПКШ указывают на высокую степень очистки, цветность снижается до норматива для питьевой воды. Малоэффективными оказались дозы коагулянта менее 55 мг/л. Оптимальным диапазоном в данных условиях является дозировка коагулянта от 65 до 75 мг/л, при этом эффективность уже через 20 минут приближается к 80 %. Для повышения эффективности коагуляции вводят флокулянт, поэтому дальнейшим направлением эксперимента будет исследование эффективности различных флокулянтов совместно с коагулянтом Ferix-3, а также изучение явления стесненного осаждения при повышении высоты слоя, в цилиндрах на 500, 1000 и 2000 мл. Изучение данного явления необходимо для переноса данных, полученных в лаборатории, на реальные очистные сооружения и формирования рекомендаций по технологии коагуляции.

### Библиографический список

1. Новиков М. Г., Продоус О.А. Сравнительная оценка эффективности обеззараживания воды различными реагентами для хозяйственно-питьевых целей- Тест: электронный // Научно-технический журнал «Инженерные системы» (сайт). – 2023. – URL: <https://isguru.ru/stati/vodosnabzhenie-i-vodootvedenie/5680-sravnitelnaya-oczenka-effektivnosti/> (дата обращения: 20.04.2023).
2. СанПиН 2.1.4.559–96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Текст]. – Введ. 1997-07-01.
3. Руководство по обеспечению качества питьевой воды. – Том 1. – Женева, Всемирная организация здравоохранения, 2004.
4. Гречаников А. В., Платонов А. П., Ковчур С. Г., Ковчур А. С. Новые коагулянты и флокулянты в процессах водоподготовки // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – № 2 (23). – С. 102-107.
5. Setyo E.W. Optimization of the aluminum sulfate and PAC (poly aluminum chloride) coagulant on Tello river water treatment // Konversi 2018. Vol. 7, № 1. P. 1-5.

6. Сафронов М. А. Исследование технологии реагентной обработки поверхностных природных вод смешанным минеральным коагулянтом // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». – 2019. – № 1. – С. 1-9.
7. Бойкова Т. Е., Богданович Н. И., Канарский А.В., Канарская З. А. Современные флокулянты на основе полиакриламида и альгината натрия в процессе водоподготовки // Вестник технологического университета. – 2019. – Т.22, № 2. – С.53-57.

УДК 544.723.24

## МИНЕРАЛЬНЫЕ АДСОРБЕНТЫ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Чугунов А. Д., Филатова Е. Г., Чебунин В. А.

*ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»*

*e-mail: [chugunovsasha1996@yandex.ru](mailto:chugunovsasha1996@yandex.ru)*

## MINERAL ADSORBENTS IN SOLVING PROBLEMS OF EXTRACTION OF VALUABLE METALS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Chugunov A.D., Filatova E.G., Chebunin V.A.

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Irkutsk National Research Technical University»*

*В данной статье была проведена модификация природного цеолита соляной кислотой и кремнийорганическим соединением. Модификация позволила увеличить адсорбционную емкость по ионам никеля (II) до 165,7 мг/г. Регенерацию лучше проводить 1 М раствором хлорида аммония.*

*Ключевые слова: тиосемикарбазид, цеолит, ионы никеля, модификация, водоочистка.*

В настоящем тяжелые металлы (ТМ) могут попасть в природные воды при утечках сельскохозяйственных удобрений [1] и сырой нефти [2]; ТМ (особенно никель (II)) присутствуют в значительных количествах в остаточных нефтепродуктах (мазутах, коксах, гудронах, пеках и асфальте).

Источниками ТМ в бассейне оз. Байкал являются промышленные производства Республики Бурятия и Монголии, переживающей эпоху интенсивной индустриализации [3]. В Иркутской области основными источниками загрязнения в Байкало-ангарском бассейне являются очистные сооружения г. Байкальска, сточные воды которых содержат ионы никеля (II), в концентрациях, превышающих фоновые [4].

В настоящем для удаления ТМ из вод находят применение природные цеолиты по причине их низкой стоимости и высокой доступности. Однако природные цеолиты характеризуются низкой адсорбционной емкостью и гидрофобностью и нуждаются в модифицировании, что и является целью исследования.

Объекты изучения – природные и модифицированные образцы гейландита кальция, показанного на рисунке 1. Кремнийорганический модификатор синтезировали с использованием 1-(3-аминопропил)-триэтоксисилана и тиосемикарбазида (рис. 2) [5]. Механизм закрепления модификатора на цеолите показан на рисунке 3.

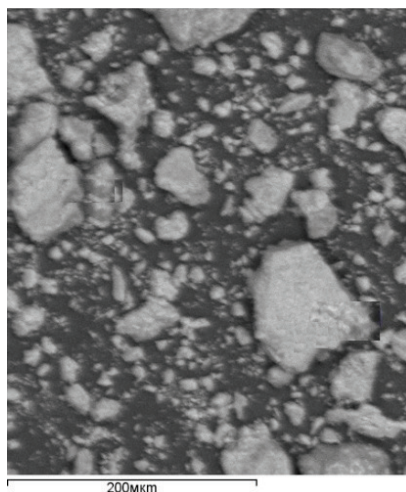


Рис. 1. Данные электронной микроскопии образца природного гейландита

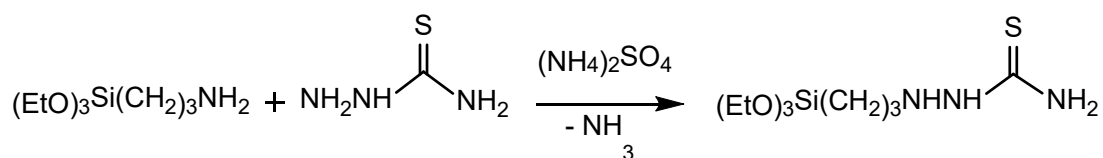


Рис. 2. Синтез 1-(3-триэтоксисилпропил) тиосемикарбазида (TSC)

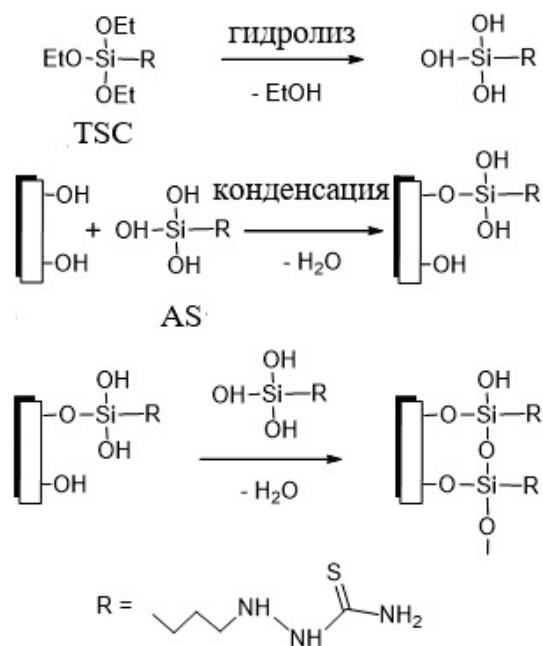


Рис. 3. Схема закрепления модификатора на цеолите

Предварительную обработку цеолита проводили 12 %-ным раствором соляной кислоты.

Изучение адсорбции ионов осуществляли спектрофотометрическим методом (с использованием спектрофотометра Varian Spectra Plus) с использованием модельных водных растворов  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Изучение адсорбционных свойств цеолитов по отношению к ионам  $\text{Ni}(\text{II})$  проводили в статических условиях.

В таблице показаны величины адсорбции и удельные поверхности для различных модифицированных образцов. На рисунке 4 представлены данные по степени регенерации отработанного гейландита в зависимости от применяемого элюента.

Таблица 1. Величина адсорбции и удельная поверхность модифицированных образцов

Адсорбент	AS	AS-HCl	AS-TSC	AS-HCl-TSC
A, мг/г	5,9	11,6	16,6	165,7
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	33	75	6,7	112,7

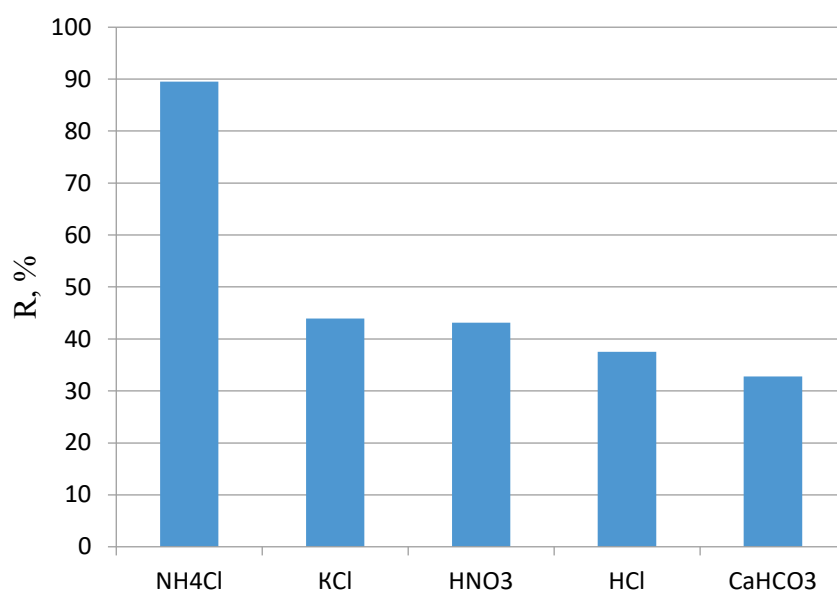


Рис. 4. Степень десорбции (R, %) ионов никеля (II) в зависимости от элюента

Таким образом, в данной работе была проведена модификация цеолита соляной кислотой и синтезированным 1-(3-триэтоксисилилпропил) тиосемикарбазидом. Это позволило увеличить сорбционную емкость модифицированных образцов до 165,7 мг/г. Наилучшим элюентом является 1 М раствор хлорида аммония.

#### Библиографический список

1. Yitagesu Y.H., Science A. Impacts of Cement Dust Deposition on Heavy Metal Pollution in Soil and Barley Crop Grown Around Abyssinia Cement Factory, Ethiopia // Chem. Mater. Res. 2019. Vol. 11, № 2. P. 1–11.
2. Vetrimerugan E., Lakshmanan E., Karthikeyan B., Ndwandwe O.M. Human exposure risk to heavy metals through groundwater used for drinking in an intensively irrigated river delta // Appl. Water Sci. 2017. Vol. 7, № 6. P. 3267–3280.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году». – М., 2015. – 328 с. Интернет-ресурс. – URL: [https://irkobl.ru/sites/ecology/GosDoklad\\_Final.pdf](https://irkobl.ru/sites/ecology/GosDoklad_Final.pdf) (дата обращения: 03.03.23).

4. Касимов Н. С., Лычагин М. Ю., Чалов С. Р., Шинкарева Г. Л., Пашкина М. П., Романченко А. О., Промахова Е. В. Бассейновый анализ потоков веществ в системе Селенга – Байкал // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016. – № 3 . – С. 67-81.
5. Adamovich S.N., Filatova E.G., Pozhidaev Yu.N., Ushakov I.A., Chugunov A.D., Oborinaa E.N., Rozentsveig I.B., Verpoort F. Natural zeolite modified with 4-(3-triethoxysilylpropyl) thiosemicarbazide as an effective adsorbent for Cu(II), Co(II) and Ni(II) //Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2021. V. 129. P. 396 – 409.



## СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.062.2

### СРАВНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИГНОГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ЛИГНОСУЛЬФОНАТА ТЕХНИЧЕСКОГО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПЫЛЕПОДАВИТЕЛЯ

Ганева Д. С., Дягилева А. Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

*e-mail:* [ganeva.dasha@gmail.com](mailto:ganeva.dasha@gmail.com)

### COMPARISON OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF LIGNOHUMIN SUBSTANCES AND TECHNICAL LIGNOSULFONATE, FOR USE AS A DUST SUPPRESSOR

Ganeva D.S., Dyagileva A. B.

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

*Проведено сравнение физико-химических свойств, которым должны соответствовать различные пылеподавляющие реагенты. Установлено, что гуминовые вещества имеют явные преимущества по сравнению с другими производными лигнина, так как способны снижать токсичность загрязняющих веществ в приземной зоне.*

*Ключевые слова: пылеподавление, гуминовые вещества, лигносульфонат технический, физико-химические свойства.*

Активная урбанизация в последние десятилетия привела к значительным загрязнениям окружающей среды, в том числе мелкодисперсными примесями, в городской инфраструктуре, что создает существенную проблему для здоровья населения. Большую экологическую опасность представляют микрочастицы, содержащие тяжелые металлы и металлоиды (ТММ), которые способны мигрировать с поверхности почв и дорожного полотна. Воздушная миграция приводит к значительному переносу загрязнений, при вдыхании человеком, повышается риск респираторных, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [1]. Поэтому целью данной статьи было проанализировать рынок пылеподавителей, существующих на данный момент, и сравнить эти реагенты с лигногуминовыми веществами по физико-химическим свойствам.

Технологические мероприятия для снижения пылимости хорошо описаны в литературе [2]. Рынок реагентов для пылеподавления, как показывает анализ литературы, позволяет выбрать из массы предлагаемых реагентов полимеры, такие как поливинилакриловый сополимер, хлористый магний, хлористый кальций, битумные эмульсии, лигносульфанаты и ряд других компонентов [3, 4], природных полимеров этом списке крайне мало. В коммунальном хозяйстве чаще всего применяется вода, что имеет краткосрочный характер, и эффективность снижения пылимости недостаточна для урбанизованных территорий. В нашем исследовании рассматриваются в роли пылеподавителей производные лигнина: лигносульфонаты технические (ЛСТ) и гуминовые вещества (ГВ). Гуминовые вещества имеют ряд преимуществ в реализации мероприятий по регулированию приземной концентрации пыли, они более экологичны и могут способствовать дополнительным эффектам при регулировании и формировании стока с урбанизованных территорий.

По анализу физико-химических свойств различные пылеподаватели для использования в коммунальном хозяйстве должны соответствовать определенным нормам. На базе анализа литературных данных и собственных исследований была составлена сравнительная таблица

пылеподавателей, существующих на рынке, по качественным характеристикам этих реагентов (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение показателей качеств и методы испытаний смачивателей-пылеподавателей, существующих на рынке

№ п/п	Наименование показателя	Смачиватель-пылеподаватель РЗ-1	Пылеподаватель РЗ-Д	Антипирогенный состав «ПО-6РЗ АС»	Метод испытания
1	Внешний вид	Однородная жидкость без осадка и расслоения	Прозрачная или слегка мутная бесцветная или слабоокрашенная жидкость	Однородная жидкость	ГОСТ Р 50588, п. 5.2
2	Плотность рабочих растворов смачивателя-пылеподавателя при 20°C, кг/м <sup>3</sup> ,	<1200	1040-1100	1200	ГОСТ 18995.1, р.1
3	Концентрация водородных ионов (рН) при 20 °С рабочих растворов смачивателя-пылеподавателя	6,0 - 10,0	4,0 – 9,0	6,5-8,5	ГОСТ 22567.5 п. 7.23
4	Поверхностное натяжение рабочих растворов смачивателя-пылеподавателя при 20 °С, мН/м	<35	<26	-	ГОСТ Р 50588, п. 5.8

Среди безопасных веществ, перспективных с точки зрения «зеленой химии», особого внимания заслуживают соединения природного происхождения, в частности, гуминовые вещества. В результате гумификации органические вещества переходят в окружающей среде в ГВ, в этом процессе участвуют около 20 Гт углерода в год [5], поэтому в качестве пылеподавателей не представляет труда.

Сами эти вещества – сложные смеси устойчивых к биодеструкции высокомолекулярных темноокрашенных органических соединений природного происхождения, образующихся при разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов среды [5].

Наиболее реакционно-способная часть ГВ – гумусовые кислоты, они хорошо связывают воду, способны к ионному обмену и образуют аддукты с различными классами органических соединений.

Важное обстоятельство применения гуминовых веществ связано с тем, что их можно рассматривать как природные детоксиканты, связанное вещество гумусовой кислотой теряет свою токсичность.

Лигносulfонаты могут с ними конкурировать, но проигрывают с точки зрения наличия серосодержащих групп, они могут увеличивать солесодержание.

Лигносulfонаты получают в процессе сульфитного способа варки древесины целлюлозного производства. Технические лигнины, образующиеся при химической переработке древесины на целлюлозно-бумажных и гидролизных предприятиях, представляют собой наиболее трудно утилизируемые материалы [6]. Количество отходов

технических лигнинов в РФ оценивается в сотни миллионов тонн. При этом для полезных целей из них используется не более 1-2 %. В то же время лигнин потенциально может служить ценным сырьем для получения различных востребованных продуктов.

Отличительной особенностью лигносульфонатов по сравнению с другими лигнинами является растворимость в воде, из-за наличия сульфогрупп в молекуле, поэтому изучение свойств и поведения лигносульфонатов в водных растворах является одним из перспективных направлений исследований в аспекте их последующего использования.

Таким образом, после исследования трех образцов производных лигнина можно составить сводную таблицу результатов (табл. 2).

Таблица 2. Физико-химические свойства производных лигнина в качестве смачивателя-пылеподавителя

Показатель № образца	Оптическая плотность	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Концентрация водородных ионов (рН)	Поверхностное натяжение, мН/м
1	0,05	998	6,324	17,3
2	0,43	997	4,671	16
3	0,32	997	4,408	12,4

**Вывод.** Из вышеприведенных данных следует, что природная вода с лигногуминовыми веществами наиболее подходит по показателям поверхностного натяжения. Однако величина поверхностного натяжения химически полученных проб 1 и 2 имеют тенденции к переходу к природным лигногуминовым растворам. Значения рН свидетельствуют, что происходят физико-химические процессы деструкции, которые в то же время могут не мешать пылеподавительным процессам.

### Библиографический список

1. Ревич, Б. А. Мелкодисперсные взвешенные частицы в атмосферном воздухе и их воздействие на здоровье жителей мегаполисов / Б. А. Ревич // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2018. – № 3. – С. 53-78.
2. Шакиров, Ф. М. Оценка запыленности воздушной среды и воздействия пыли на организм человека: метод. указания / Ф. М. Шакиров, С. С Козий, Т. Б. Козий; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2015. – 36 с.: ил.
3. Комонов, С. В. Ветровая эрозия и пылеподавление: курс лекций / С. В. Комонов, Е. Н. Комонова – Красноярск: СФУ, 2008. – 192 с.: ил.
4. Ехлакова Н. Г. Применение сульфитно-бардяных концентратов в дорожном строительстве // Тр. совещ. по теоретическим основам технической мелиорации грунтов. – Москва: Изд-во МГУ, 1961. – С. 306-315.
5. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов; МГУ. – Москва: Изд-во МГУ, 1990. – 325 с. – ISBN 5-211-00934-7.
6. Рыженков, А. В. Химическая технология лигнина и перспективные материалы на его основе // Науковедение: интернет-журнал. – URL: <http://naukovedenie.ru/>. (Дата публикации: 25 ноября 2015).

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ  
ПОЖАРНЫХ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Дейнека И. Г., Родионова Н. Н., Ермоленко М. В.

*Государственное образовательное учреждение высшего образования  
Луганской Народной Республики «Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля»  
e-mail:[marina.ermolenko200@mail.ru](mailto:marina.ermolenko200@mail.ru)*

**ANALYSIS OF DESIGN FEATURES INFLUENCE OF FIRE COTTAGE CLOTHES  
ON OPERATIONAL AND TACTICAL OBJECTIVES PERFORMANCE**

Deineka I.G., Rodionova N.N., Ermolenko M.V.

*State educational institution of higher education  
Luhansk People's Republic «Lugansk State University named after Vladimir Dahl»*

*Работа посвящена анализу технического состояния боевой одежды пожарных в пожарно-спасательных частях МЧС ЛНР и изучению взаимосвязи ее конструктивных особенностей с выполнением оперативно-тактических задач. Предложено направление исследования конструктивного устройства боевой одежды пожарного с учетом обеспечения соответствия его современным техническим и эргономическим требованиям.*

*Ключевые слова: специальная защитная одежда (СЗО) пожарного, боевая одежда пожарного (БОП), эргономичная конструкция, антропометрические требования.*

**Актуальность исследования.** Согласно Приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. № 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны», специальная защитная одежда (СЗО) личного состава пожарной охраны в соответствии со своим функциональным назначением должна обеспечивать необходимый уровень безопасности и работоспособности личного состава при воздействии опасных факторов пожара. СЗО подбирается по размеру и росту пожарного [1]. Боевая одежда пожарных (БОП) – наиболее часто применяемый вид СЗО, ее используют в качестве средства защиты на всех видах пожаров как самостоятельное изделие или в комплекте с другими видами защитной одежды [2].

Особенностью конструктивного устройства БОП должно быть обеспечение удобства эксплуатации костюма пожарного, поскольку наряду с защитными функциями по охране труда, БОП играет большую роль в выполнении нормативов по надеванию одежды и снаряжения, сбору и выезду по тревоге, с учетом времени на посадку в автомобиль. В соответствии с пунктом 5.2.4 Требования эргономики и физиолого-гигиены, ГОСТ Р 53264-2019 [3] установлены наименования показателей массы СЗО и время ее надевания. В таблице указаны существующие нормативы по надеванию БОП.

Таблица. Масса СЗО без дыхательного аппарата и время надевания

Наименование показателя	БОП типа У	БОП типа Х	СЗО ПТВ легкого типа	СЗО ПТВ полутяжелого типа	СЗО ПТВ тяжелого типа	СЗО ИТ от агрессивных сред	СЗО ИТ от ионизирующего излучения
1. Масса, кг, не более	5,0	7,0	4,0	10,0	16,0	15,0	25,0
2. Время надевания, сек, не более	27	30	50	80	180 <sup>1)</sup>	300 <sup>1)</sup>	
<sup>1)</sup> С помощью одного ассистента							

Согласно нормативу, пожарный должен успеть не более чем за 27 секунд одеть полностью всю экипировку и быть готов к выезду по сигналу «Тревога!». Если БОП не будет достаточно удобна для надевания и эксплуатации, то любая лишняя затраченная секунда может повлиять на выполнение норматива по надеванию БОП, а также затруднить выполнение поставленных тактических задач. Таким образом, обеспечение вышепоставленных задач возможно только при создании рациональной конструкции БОП.

Целью работы является определение влияния конструктивных особенностей БОП на эргономичность конструкции, которая, в свою очередь, влияет на выполнение оперативно-тактических задач пожарного, а также выбор и определение конструктивных приёмов, улучшающих конструктивное устройство БОП.

Изучение технического состояния БОП пожарных и ее соответствие современным техническим и эргономическим требованиям осуществлялось в Луганских государственных пожарно-спасательных частях МЧС ЛНР. Было проведено исследование БОП, имеющихся в распоряжении части. В рамках исследования проведено анкетирование личного состава, в котором приняли участие 80 человек.

В результате анкетирования был выявлен ряд характерных проблем в БОП различных производителей. Результаты анкетирования представлены на рисунке. В соответствии с пунктом 4. Классификация и размеры, ГОСТ Р 53264-2019 СЗО и термостойкое белье изготавливают не менее трех условных размеров, охватывающих размеры типовых фигур мужчин по ГОСТ 31399, в диапазоне: рост – от 158 до 188 см, обхват груди – от 96 до 112 см.

На основании анализа паспортов БОП различных производителей выявлена применяемая в производстве система сдвоенных размеро-ростов (96-100, 104-108, 112-116, 120-124/170-176, 182-188, 194-200), что, на наш взгляд, препятствует обеспечению эргономичных конструкций БОП.

Использование такого приема в разработке конструкций БОП приводит к тому, что в одном и том же костюме не может комфортно проводить аварийно-спасательные работы и пожарный с ростом 167 см, и с ростом 179 см. Если размер по обхвату можно отрегулировать с помощью дополнительных застежек, то регулировка по росту весьма затруднительна или вообще невозможна. Кроме того, явным неудобством в БОП является проблема с доступом к накладным карманам куртки, одетой в комплекте с поясом пожарного, которая также зависит от роста пожарного.

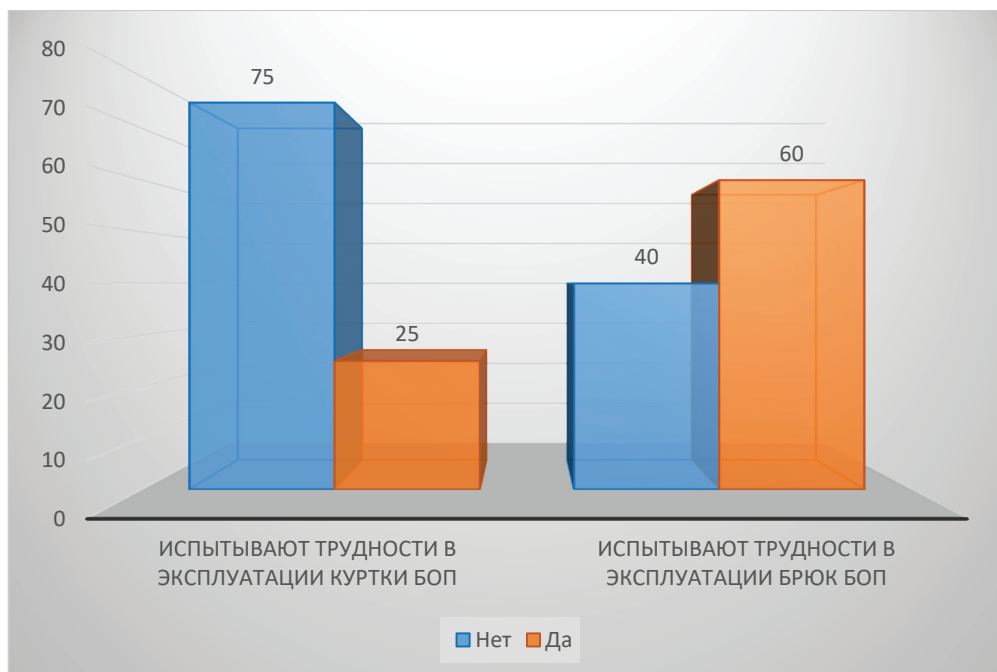


Рис. Результаты анкетирования личного состава ГПСЧ МЧС ЛНР

Четверть респондентов ответила, что испытывает трудности в эксплуатации куртки БОП. Ввиду того что ГОСТ Р 53264-2019 не регламентирует конструкцию БОП (покрой рукава, технологические и конструктивные прибавки на различных участках и т. д.), производители БОП вправе выбрать самостоятельно конструктивное решение, которое на их взгляд и опыт производства данного вида спецодежды является наиболее эргономичным и экономичным. Так, например, было установлено, что рукав может быть и простого рубашечного кроя, и сложного покроя реглан с анатомической формой в области локтевого сустава.

Следующей выявленной проблемой является выбор технологических и конструктивных прибавок, влияющих не только на удобство эксплуатации БОП в динамике, но и обеспечивающих основные движения рук, ног и тела пожарного. Выбранные конструктором прибавки к разрабатываемой конструкции должны обеспечивать удобство вместе с толщиной внутренних слоев одежды (термостойкое термобелье, форменная одежда, теплоизоляционная подстежка, слой мембраны), надетой на тело пожарного. Вследствие дисбаланса при выборе прибавок и выбора конструкции происходит дискомфорт в эксплуатации БОП, особенно в брюках. Так, например, большая часть респондентов отметила, что испытывает трудности в эксплуатации брюк БОП с пристегивающейся теплоизоляционной подкладкой. Особенно актуальна эта проблема при посадке и высадке личного состава в автомобиль с высокой проходимостью, ввиду высокого расположения подножки кабины. При подъеме на ее высоту коленный сустав пожарного согнут таким образом, что образуется угол между голенью и бедром менее  $90^{\circ}$ . В таком положении при недостаточной конструктивной прибавке на свободу движения происходит затруднение движения.

**Выводы.** В процессе исследования было установлена взаимосвязь между эргономичностью конструкции боевой одежды пожарных и выполнением оперативно-тактических задач. Выявлен ряд характерных проблем с конструкцией БОП, которые затрудняют характерные рабочие движения пожарного. Так, например, брюки с пристегивающейся теплоизоляционной подкладкой вследствие дисбаланса конструкции затрудняют укладку в норматив по надеванию БОП. Проблема с затруднением подъема ноги на высоту подножки пожарного автомобиля высокой проходимости влияет на норматив по сбору и выезду по тревоге с посадкой в автомобиль. Проблема с доступом к инвентарю, находящемуся в накладных карманах куртки БОП, влияет на скорость выполнения аварийно-

спасательных работ. Если пожарный в экстренной ситуации промедлит с доставкой, например, веревки или карабина, это может стоить здоровья, а иногда и жизни самого пожарного и людей, которых необходимо спасти на пожаре.

Выявлено, что конструктивное устройство БОП зависит от выбора рациональных конструкторских прибавок, обусловленных механическими и пластическими свойствами ткани. Поэтому при разработке проекта БОП конструктор должен найти оптимальное решение и выбрать наиболее предпочтительные технические и эргономические требования к ее конструкции. Дальнейшее направление исследования конструктивного устройства боевой одежды пожарного следует проводить с учетом обеспечения эргономичности конструкции конструктивными методами.

### **Библиографический список**

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. № 881 н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны». – М., 2020.
2. Логинов, В. И. Общие принципы и особенности разработки различных видов специальной защитной одежды / В. И. Логинов // Пожарная безопасность. – 2002. – № 5. – С. 51-57.
3. ГОСТ Р 53264–2019. Техника пожарная. Специальная защитная одежда. Общие технические требования. Методы испытаний: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 01.01.2022/ ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 42 с.

**УДК 658.5**

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОГАЛЬЩИКА**

Ефимова А. В.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
e-mail: elenafima2555@gmail.com*

### **DEVELOPMENT OF THE PROCESS CONTROL TECHNOLOGY FOR PLANER SAFETY**

Efimova A.V.

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*В статье были выявлены проблемы в обеспечении безопасности строгальщика. Для решения данной проблемы разработана технология управления процессом. Приведенная технология управления на основе синтеза предоставляет возможность внедрения на предприятии гарантированного подхода к управлению процессами обеспечения безопасности строгальщика.*

*Ключевые слова: строгальщик, безопасность, управленческое решение, математическая модель, синтез.*

Цель исследования – обеспечить безопасность трудовой деятельности строгальщика при работе на поперечно-строгальном станке с помощью технологии управления процессом безопасности.

Для управления процессом обеспечения безопасности трудовой деятельности строгальщика на его рабочем месте необходимо сформировать процессы с наперед заданными свойствами. То есть концепция управления создана на основе синтеза, где поочередно происходит декомпозиция, абстрагирование и агрегирование.

Существует большое изобилие станков, таких как шлифовальные, токарные, фрезерные, строгальные. И работники, которые выполняют трудовые функции на них, ежедневно



подвергаются вредным и опасным производственным факторам. Не исключением является и работа на поперечно-строгальном станке. Защита здоровья и жизни работника-станочника, как и любого рабочего, является актуальным вопросом на сегодняшний день [1].

Строгальщик – это рабочий, занимающийся обработкой строганием по металлу. Каждый день он подвержен опасным факторам: опасность споткнуться об деревянную решётку у строгального станка, опасность удара по телу от движущихся частей станка (ползун поперечно-строгального станка), опасность отрезания части руки в результате воздействия движущейся части станка, опасность повреждения глаз от воздействия острых кромок металлической стружки, опасность пореза частей тела острыми кромками металлической стружки, обрабатываемой детали, опасность травмирования в результате выброса обрабатываемой детали, части станка, опасность принятия тока в организм от косвенного контакта при касании рубильника, рычагов включения и переключения. Строгальщик должен иметь образование и понимание работы со станком не только для правильности выполнения работ, но и во избежание ситуаций, выводящих из строя станок и само производство. При соблюдении строгальщиком техники безопасности продуктивность на производстве будет стабилизирована, а здоровье и жизнь работника будет в безопасности. Именно поэтому безопасность, построенная на правильной системе, и адекватная модель трудовой деятельности обеспечит требуемый уровень безопасности на рабочем месте строгальщика.

На рисунке показана структурная схема развертывания содержания понятия «Решение строгальщика» [2].

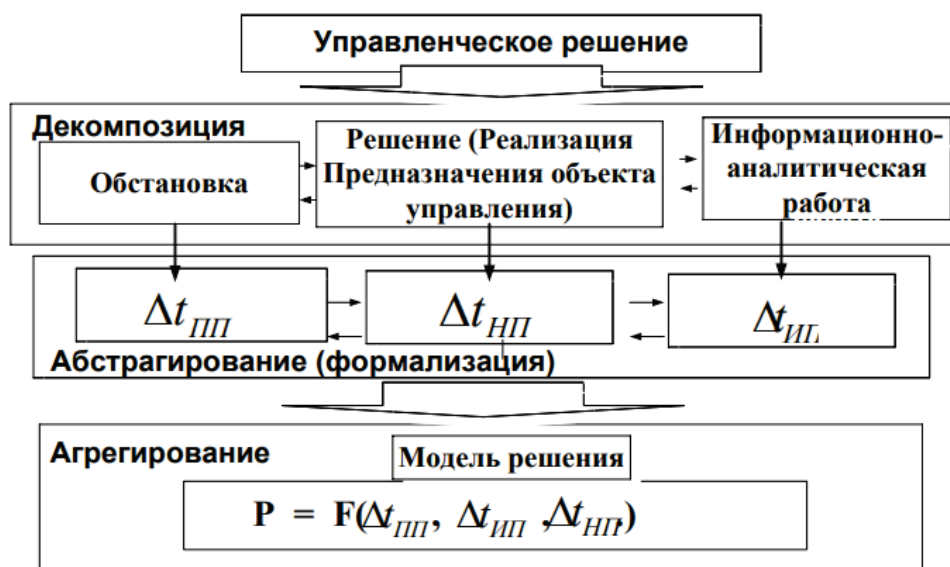


Рис. Структурная схема развертывания содержания понятия «Решение строгальщика»

В результате метода декомпозиции, который представлен на первом уровне, решение делится на три элемента: «обстановка», «решение» и «мониторинг». Эквивалентные понятиям «объект», «предназначение» и «действие» соответственно.

С помощью метода абстрагирования идентифицируем параметр «объект», с периодичностью проявления проблемы перед человеком –  $\Delta t_{III}$ .

Параметр «Предназначение» («Решение») идентифицируется с периодичностью нейтрализации проблемы человеком –  $\Delta t_{НП}$ .

И параметр «Действие» («Мониторинг») идентифицируется с периодичностью идентификации проблемы (средним временем распознавания ситуации) –  $\Delta t_{ИП}$  [3].

В конечном итоге происходит преобразование понятия «управленческое решение» в агрегат – математическую модель управленческого решения, представленную в виде математической формулы, с единственным ограничением значения:  $\Delta t_{III}, \Delta t_{ИП}, \Delta t_{НП}$  не могут быть отрицательными:

$$P = F(\Delta t_{III}, \Delta t_{ИП}, \Delta t_{НП}), \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность нахождения системы в соответствующих состояниях.

Через данную математическую модель определяем вероятность проявления угроз, их идентификации и нейтрализации с использованием системы мониторинга, сил и средств системы по обеспечению безопасности:

$$P_{\text{инп}} = \frac{v_1 \cdot v_2}{\lambda \cdot (\lambda + v_1 + v_2) + v_1 \cdot v_2}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – величина, обратная среднему времени проявления проблемы;  $v_1$  – величина, обратная среднему времени идентификации проблемы;  $v_2$  – величина, обратная среднему времени нейтрализации проблемы.

По этой формуле можно управлять процессом безопасности работы строгальщика. Поскольку, выявив опасности и рассчитав вероятность их проявления, можно принять меры во избежание риска проявления угроз, тем самым контролировать ситуацию на рабочем месте.

На рабочем месте строгальщика обязательно должна быть установлена деревянная решётка, благодаря которой стружка, вылетающая из станка, не будет мешаться под ногами, травмировать ноги, а будет попадать вниз, под решётку. Получается, что, решая одну опасную ситуацию со стружкой, возникает новая опасность – травмирование при спотыкании об эту деревянную решётку. Что может обернуться получением ушиба, а могут возникнуть более тяжёлые травмы. Для обеспечения безопасности рассчитаем показатель безопасности при значениях:

$\Delta t_{\text{инп}} = 20$ минут	$\lambda = 1/20 = 0,05$
$\Delta t_{\text{инп}} = 0,5$ минут	$v_1 = 1/0,5 = 2$
$\Delta t_{\text{инп}} = 5$ минут	$v_2 = 1/5 = 0,2$

$$P_{\text{инп}} = \frac{2 * 0,2}{0,05 * (0,05 + 2 + 0,2) + 2 * 0,2} = 0,78$$

Получаем, что безопасность на рабочем месте имеет значение в 0,78, что является хорошим показателем, но недостаточным, поскольку минимум составляет 0,8. Для этого необходимо уменьшить время проявления проблемы путем установки сплошной деревянной решётки на всё рабочее место, по которому двигается работник, вместо небольшой деревянной решетки на полу около станка. Чтобы исключить какого-либо спотыкания, поскольку на деревянную решётку не придётся подниматься каждый раз, когда надо подойти к станку. Так,  $\Delta t_{\text{инп}}$  станет 480 минут. Поскольку даже с увеличением площади решётки абсолютную безопасность обеспечить невозможно. Потому что работник на протяжении рабочего дня может отлучаться от своего рабочего места, а, следовательно, ему придётся спускаться с деревянной решётки и риск спотыкания остаётся, но минимальный. Где  $\lambda = 1/240 = 0,0041$ . Также

$$P_{\text{инп}} = \frac{2 * 0,1}{0,0041 * (0,0041 + 2 + 0,2) + 2 * 0,2} = 0,98$$

**Выводы.** По итогу проведенных расчетов получаем величину  $P$  – вероятность, зависящая от степени защищённости и проработанности рабочего места строгальщика.

Данный подход, с одной стороны, позволяет синтезировать адекватную модель управления решения безопасности строгальщика, с другой стороны, позволяет достаточно полно на практике учитывать возможности развития экстренных ситуаций.

С помощью расчета показателя безопасности можно узнать вероятность возникновения угрозы и, приняв меры, улучшить показатель, тем самым управлять процессом безопасности строгальщика.

## Библиографический список

1. Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак. – 17-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 704 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://e.lanbook.com/book/167385> (дата обращения: 08.05.2022).
2. Burlov V.G., Abramov V.M., Istomin E.P., Fokicheva A.A., Sokolov A.G. The methodological basis for the strategic management of territory development. В сборнике: 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2018. Conference proceedings. 2018. p. 483-490.
3. Бурлов В. Г. Закон сохранения целостности объекта – методологическая основа решения задач информационной войны и обеспечения безопасности //Нейрокомпьютеры и их применение: Тезисы докладов. – 2017. – С. 261-263.

УДК 331.452

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО УЧЕТУ МИКРОТРАВМ

Набокина Д. А.

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
e-mail: nabokina.da@edu.spbstu.ru*

### ANALYTICAL REVIEW OF NEW LEGAL REQUIREMENTS FOR MICROTRAUMA ACCOUNTING

Nabokina D.A.

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University*

*С вступлением изменений ФЗ-311 в Трудовое законодательство была добавлена обязанность, возложенная на работодателя, по учету микроповреждений в организации любым доступным способом. Для облегчения этой задачи был введен Приказ Минтруда № 632, в котором приведены общий порядок и рекомендации по учету микроповреждений на производстве. Так целью работы был обзор предложенного Минтрудом порядка учета микротравм и выявление сложностей интеграции этой системы. Были проанализированы общие положения, рекомендации и приложения в Приказе Минтруда по критериям логичности построения процедуры, рациональности использования времени, а также необходимости энергозатрат на выполнение пунктов процедуры. Выявленные сложности носят субъективный характер и требуют подтверждения на практике.*

*Ключевые слова: микроповреждения, микротравмы, изменения в законе, несчастный случай, процедура учета.*

Первого марта 2022 года вступили в силу изменения трудового законодательства в области охраны труда [1]. В них впервые было введено понятие микроповреждения (микротравмы) для работодателя [2].

Микроповреждения в соответствии с Приказом Минтруда №194 не влекут за собой даже кратковременного расстройства здоровья или утрату общей трудоспособности [3, 4].

В настоящем Трудовом кодексе за работодателем закреплена обязанность осуществления учёта повреждений, полученных работниками при осуществлении ими трудовой деятельности, и рассмотрение обстоятельств, причин их возникновения [5].

Учет микротравм работников нацелен на помощь работодателю в обеспечении улучшения условий и охраны труда и в повышении эффективности проведения системных мероприятий по управлению профессиональными рисками [6, 7]. Минтруд разработал

рекомендации по учету микроповреждений в целях помощи работодателям при освоении учета микротравм [8].

В России учет микротравм – новая практика. Как она приживется в отечественных организациях, будет определяться простотой и эффективностью существующих рекомендаций по учету микроповреждений – фактор, который мог быть проанализирован в исследовании.

Таким образом, целью работы стал аналитический обзор рекомендаций Минтруда по учету микроповреждений с выявлением сложностей их интеграции в организации.

Основными источниками исследования являлись Трудовой кодекс и его положения об учете микроповреждений [2], а также Приказ Минтруда № 632н (далее – Приказ Минтруда), его общие положения, рекомендации и приложения [6].

Сперва были проанализированы «Общие положения» Приказа Минтруда, а именно пункт 3, в котором введен общий порядок учета и рассмотрения обстоятельств и причин, приведших к возникновению микроповреждений работников в организации, во исполнение статьи 226 Трудового кодекса.

Далее была изучена вторая часть Приказа Минтруда, где был структурирован порядок действий всех вовлеченных лиц при получении микроповреждения работником в форме списка и схемы.

Последним этапом были проанализированы приложения 1 и 2 Приказа Минтруда по формату заполнения и по приведенной внутри информации.

После каждого этапа были сделаны выводы о сложностях интеграции рекомендованной системы. В конце же все выводы были вынесены в отдельный список, и был подведен итог с предложениями по дальнейшей работе.

Таким образом в рекомендованном порядке учета микроповреждений Приказа Минтруда были обнаружены следующие пункты, которые можно улучшить (табл.).

Таблица. Пункты рекомендаций Минтруда, требующие улучшения, по учету микротравм

№	Сложности интеграции рекомендаций
1	Оповещающее лицо сообщает избыточное количество информации в моменте, при передаче информации о случае микроповреждения работника специалисту по охране труда
2	Внешние и внутренние обстоятельства получения микроповреждения учитываются только при создании перечня мероприятий по устранению подобных случаев
3	Специалисту по охране труда требуется вести два новых вида документации
4	Журнал включает информацию из Справки, которая является избыточной для простого учёта [9, 10]
5	Отсутствует способ фиксации реализованных мероприятия по устранению возникновения случаев микроповреждений

Так цель работы была достигнута. Аналитический обзор рекомендаций Минтруда по учету микроповреждений выявил сложности интеграции в организации порядка учета микротравм. Был сделан вывод, что рекомендации имеют готовый вид для внедрения в любую организацию. Однако для упрощения деятельности специалиста по охране труда и повышения эффективности проведения им мероприятий, обнаруженные недочеты имеет смысл доработать.

Так как совершенствование внутренних процессов управления охраной труда в организации, предупреждение производственного травматизма являются целями введения учета микроповреждений, в данной работе недочеты в рекомендациях Минтруда были выделены исходя из критериев логики проведения процедуры, рациональности использования

времени, как ресурса, а также из необходимости энергозатрат, которые требуются для выполнения того или иного действия.

Анализ рекомендаций был произведен с учетом физического обращения пострадавшего работника к оповещаемому лицу за помощью. В этой схеме последнее лицо моментально реагирует на ситуацию, что является идеализированной моделью работы данной системы. Это и является слабой стороной проведенного анализа.

Также анализ предполагал, что каждый пункт рекомендаций будет выполнен строго в предложенном виде и порядке. Но несмотря на то, что Минтруд рекомендует вести учет посредством осуществления сбора и регистрации информации о микротравмах, работодатель вправе самостоятельно выбирать способы учета микроповреждений работников, исходя из специфики своей деятельности, достижений современной науки и наилучших практик.

Рекомендуются два способа улучшения порядка учета для организации. Так как обнаруженные недочеты системы рекомендаций носят субъективный характер, их обоснованность можно установить только на практике. Для этого нужно внедрить систему в рекомендованном виде, и проверить её пригодность в условиях реального производства. Это первый способ.

Вторым способом может стать адаптированная под организацию с учетом выявленных сложностей система учета микроповреждений. Она будет включать в себя улучшенный порядок учета микротравм на производстве, измененный формат регистрации происшествий и дополнения в виде фиксации проведенных мероприятий по устранению случаев микроповреждений. Оба способа могут быть опробованы в рамках любой организации.

Внедрение улучшенного порядка учета микроповреждений будет опробовано и проанализировано в следующих исследованиях.

### **Библиографический список**

1. Федеральный закон от 02.07.2021 № 311-ФЗ «О внесении изменений в Трудовой Кодекс Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации, № 27 (ч. I), 05.07.2021, ст. 5139.
2. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 14.07.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 25.07.2022) // Собрание законодательства Российской Федерации, № I, (часть I), 07.01.2002, ст.3.
3. Приказ от 24 апреля 2008 г. № 194н «Об утверждении Медицинских критериев определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека» (с изменениями на 18 января 2012 года) // Российская газета, № 188, 05.09.2008.
4. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2022) // Собрание законодательства Российской Федерации, № 48, 28.11.2011, ст. 6724.
5. ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения» / Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2019.
6. Приказ Минтруда России от 31.01. 2022 № 36 «Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей».
7. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков», Бюллетень трудового и социального законодательства Российской Федерации, № 3, 2022 год.
8. Приказ Минтруда России от 15.09.2021 № 632н «Об утверждении Рекомендаций по учету микроповреждений (микротравм) работников», Бюллетень трудового и социального законодательства Российской Федерации, № 2, 2022 год.
9. Приложение № 1 к Рекомендациям по учету микроповреждений (микротравм) работников, утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 сентября 2021 г. N 632 [Электронный ресурс], КонсультантПлюс – URL:

[https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_407362/19819a83e955abed590dcfbcafc1b11ac857aa88/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_407362/19819a83e955abed590dcfbcafc1b11ac857aa88/) (дата обращения: 27.11.2022).

10. Приложение № 2 к Рекомендациям по учету микроповреждений (микротравм) работников, утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 сентября 2021 г. № 632 [Электронный ресурс], КонсультантПлюс – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_407362/17857d0058cf042c31814b65902af7e43e4f9d1f/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_407362/17857d0058cf042c31814b65902af7e43e4f9d1f/) (дата обращения: 27.11.2022).

**УДК 614.8**

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА**

Соколова Е. А.

*Санкт-Петербургский Политехнический университет*

*e-mail: Sokolova6.ea@edu.spbstu.ru*

## **METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF NOISE REDUCTION**

Sokolova E.A.

*Saint Petersburg Polytechnic University*

*В данной статье описывается пример расчета эффективности применения выбранной облицовки. В машинном зале, где находится компрессорная установка, выявилось превышение уровня шума. Поэтому из всех возможных мероприятий по его снижению была выбрана шумопоглощающая облицовка.*

*Ключевые слова: шум, компрессорная станция, облицовка, эффективность, метод.*

От продолжительного негативного влияния шума на слуховой аппарат со временем может развиваться такая профессиональная болезнь, как тугоухость.

На начальном этапе у человека появляется повышенная раздражительность, плаксивость, утомляемость, нарушение сна, снижение памяти и внимания. Изменения происходят и в сердечно-сосудистой системе. Появляются частые колющие ощущения в области сердца, повышенная зябкость, неустойчивый пульс и неустойчивое артериальное давление. Спустя некоторое время проявляются уже специфические признаки: звон и писк в ушах, снижение слуха, постоянное головокружение.

Тугоухость имеет 4 степени, в зависимости от уровня восприятия речи. На первой стадии человек не слышит речевые звуки 26-40 дБ. На второй стадии диапазон увеличивается до 41-55 дБ. На третьей это уже 56-70 дБ. Четвертая степень характеризуется как 71-90 дБ. Выше уже ставится диагноз глухота [1]. При интенсивности производственного шума в 85 дБА профессиональная тугоухость выявляется у 5 % работников, при 90 – у 10 %, при 100 – у 12 %, при 110 – у 34 % [2].

Для предотвращения негативного влияния шума на организм работника существует ряд методов. Методы и средства борьбы с шумом принято подразделять на: методы снижения шума на пути распространения его от источника; методы снижения шума в источнике его образования; средства индивидуальной защиты от шума [3]. Часть из них обеспечивает снижение передачи вибрации от оборудования виброизоляцией и вибропоглощением.

В рассматриваемой компрессорной станции практически невозможно заменить двигатель и другие части, являющиеся источником шума. Исходя из всех данных видов снижения уровня шума на рабочем месте, выбираем звукопоглощающую облицовку [4].

С помощью акустической обработки снижают уровень шума. Для этого используют облицовку, которой закрывают части внутренних поверхностей ограждений помещений.

Самым эффективным применением будет в точках отраженного звука, но это зависит от акустических параметров помещения до обработки и параметров самой облицовки.

В основном облицовку размещают на потолке и стенах. При этом покрываемая площадь должны быть не менее 60 % площади помещения для максимального эффекта. Стоит учитывать и спектр шума, чтобы выяснить, на каких именно частотах необходима шумоизоляция.

На средних и высоких частотах с помощью звукопоглощающей облицовки можно снизить уровень шума на 7-16 дБ [5].

Облицовка делается в виде жесткой и перфорированной стенок, а между ними находится звукопоглощающий элемент [5].

Этот элемент состоит из двух слоев. Первый прилегает к жесткой стенке и состоит из звукопоглощающего материала. Второй прилегает в перфорированной стенке, сделан из звукоотражающего материала. Он имеет сложную конструкцию и профиль в виде равномерно распределенных тетраэдров. Именно они своей формой отражают падающие со всех сторон звуковые волны.

Используется звукопоглощающий материал в виде плит из минеральной ваты, базальтовой ваты или стекловаты.

Целью исследования было проанализировать рабочие места с компрессорной станцией на наличие уровня шума и применить мероприятия по снижению их негативного влияния на работников.

Для этого были решены следующие задачи:

1. Проанализировать уровень шума, который влияет на работника компрессорной станции.
2. Рассчитать применяемую звукопоглощающую облицовку для снижения уровня шума.
3. Обосновать эффективность предложенных мероприятий.

Звукопоглощение в помещении характеризуется величиной  $B$ , называемой постоянной помещения и определяемой по формуле:

$$B = B_{1000} \cdot \mu,$$

где  $B_{1000}$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, м<sup>2</sup>. Находится в зависимости от объема  $V$  и типа помещения. Наше помещение относится к помещению с небольшим количеством людей, поэтому  $B_{1000} = V/20$ ;

$h = 14,7$  м – высота машинного зала;

$\mu$  – частотный множитель.

Таблица 1. Уровни звукового давления в машинном зале до обработки

Параметр	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления, дБ	62	65	71	80	76	77	82	93

Объем вычисляется путем перемножения площади помещения и высоты:

$$V = 122,6 \cdot 15,1 \cdot 14,7 = 27213,522 \text{ м}^3$$

$$B = \frac{27213,522}{20} = 1360,68 \text{ м}^2$$

Величина снижения уровней звукового давления в результате применения звукопоглощающей облицовки имеет следующий вид:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{B_1}{B}$$

Постоянная помещения после акустической обработки  $B_1$ :

$$B_1 = \frac{A_1 + \Delta A}{1 - \alpha_1},$$



где  $A_1$  – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой, м<sup>2</sup>; где  $\Delta A$  – величина суммарного добавочного поглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, м<sup>2</sup>;  $\alpha_1$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения.

$$A_1 = \alpha_{\text{ср}} \cdot (S - S_{\text{обл}}) ,$$

где  $\alpha_{\text{ср}}$  – средний коэффициент звукопоглощения помещения до его акустической обработки;  $S$  – общая суммарная площадь звукопоглощения поверхностей, м<sup>2</sup>;  $S_{\text{обл}}$  – площадь звукопоглощающей конструкции, м<sup>2</sup>;

$$S = 122,6 \cdot 15,1 + 2 \cdot 15,1 \cdot 14,7 + 2 \cdot 122,6 \cdot 14,7 = 5899,64 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{обл}} = (122,6 \cdot 15,1 + 2 \cdot 15,1 \cdot 14,7 + 2 \cdot 122,6 \cdot 14,7) - (2 \cdot 2 \cdot 1 + 6 \cdot 2,1 \cdot 2,465 + 21 \cdot 5,1 \cdot 0,3 + 118,6 \cdot 1,2 + 6 \cdot 122,6 \cdot 0,3 + 3,9 \cdot 21 \cdot 0,3) = 5442,9 \text{ м}^2.$$

где  $\Delta A$  – величина суммарного добавочного поглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, м<sup>2</sup>:

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}} ,$$

где  $\alpha_{\text{обл}}$  – коэффициент звукопоглощения выбранной конструкции.

По дальнейшим формулам проводим все расчеты. Уровень звукового давления после акустической обработки:

$$L_{\text{после}} = L_{\text{до}} - \Delta L$$

Для среднегеометрической частоты 63 Гц уровень звукового давления равняется:

$$L_{\text{после}} = 55 - 3,6 = 51,4 \text{ дБ}$$

Аналогично рассчитываем для других среднегеометрических частот октавных полос. Итоговые расчеты в таблице 2.

Таблица 2. Уровни звукового давления после акустической обработки

Параметр	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	250	500	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления	51,4	52,7	50	51,1	52,4	62,4	70,9	83

Рассчитываем эквивалентный уровень звука после внедрения мероприятий.

$$L_{\text{экв}} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \sum_{i=0}^n 10^{0,1L_i} ,$$

где  $T$  – период времени, за которые снимаются показатели уровни звукового давления  $L_i$ .

Итоговое значение эквивалентного уровня звукового давления из значений таблицы 2 равно 74,28 дБА.

**Вывод.** В нашем случае превышение показателя по шуму с помощью предпринятых мероприятий удалось снизить на 6,32 дБА. В итоге имеющийся класс условий труда понизился до 2.

### Библиографический список

1. Hwang, W. J., Yang, H. K., & Kim, J. H. (2020). What are the experiences of emotional labor and workplace violence that are more harmful to health in Korean workforce? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 1-17. doi:10.3390/ijerph17218019
2. Косарев В. В., Бабанов С. А. Тугоухость [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.rmj.ru/articles/nevrologiya/Professionalynaya\\_neyrosensornaya\\_tugouhosty/](https://www.rmj.ru/articles/nevrologiya/Professionalynaya_neyrosensornaya_tugouhosty/)

3. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 27.12.2019) «О специальной оценке условий труда». Статья 14. Классификация условий труда [Электронный ресурс]. URL:[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_156555/4a4183762b40bc594a54f8ae5656a21be2633daf/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_156555/4a4183762b40bc594a54f8ae5656a21be2633daf/)
4. Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 № 302н (ред. от 18.05.2020) «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда» (Зарегистрировано в Минюсте России 21.10.2011 № 22111) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.07.2020). [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_120902](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120902)
5. Mustchin, S., & Martínez Lucio, M. (2020). The evolving nature of labour inspection, enforcement of employment rights and the regulatory reach of the state in Britain. *Journal of Industrial Relations*, 62(5), 735-757. doi:10.1177/0022185620908909
6. Тимофеева С. С., Методы и технологии оценки производственных рисков: учебное пособие для магистрантов по направлению 28.07.00 «Техносферная безопасность». – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – 177 с.

## УДК 654.924.5

### ПЕРСПЕКТИВЫ СВЕРХРАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ САМОВОЗГОРАНИЯ УГЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Тимофеева С. С., Смирнов Г. И.  
ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»  
e-mail: [smirnovgi@ex.istu.edu](mailto:smirnovgi@ex.istu.edu)

### PROSPECTS FOR SUPER EARLY DETECTION OF COAL SPONTANEOUS COMBUSTION WITH THE USE OF MODERN TECHNOLOGIES

Timofeeva S.S., Smirnov G.I.  
FGBOU VO "IRNITU"

*Одним из наиболее перспективных методов снижения пожарных рисков является реализация принципов сверхраннего обнаружения загораний, то есть выявление загорания на той стадии, когда его можно ликвидировать без привлечения специальных противопожарных подразделений. Этот метод особо актуален для веществ, склонных к самовозгораниям. Предлагается принцип реакции на результаты измерений контролируемых параметров специализированного пожарного извещателя, разработанного авторами.*

*Ключевые слова: самовозгорание, факторы пожара, самонагревание, извещатель, наноэнергетика.*

Целью настоящей статьи является обсуждение возможностей реализации в одном изделии современных инновационных решений – сверхраннего обнаружения загораний, Energy harvesting (накопление энергии малыми порциями), и искусственного интеллекта применительно к сфере пожарной безопасности.

Принцип сверхраннего обнаружения загораний впервые был предложена на I межведомственном семинаре «Физические и физико-химические методы и средства сверхраннего обнаружения загораний» (в настоящее время Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, в 1993 году – Санкт-Петербургская высшая пожарно-техническая школа МВД России) в ноябре 1993 года. Было предложено введение термина «сверхраннего обнаружения загораний», который буквально значит “установление с заданной

достоверностью факта, времени и места начавшихся предпламенных и пламенных процессов, ведущих к начальной стадии пожара, когда еще имеется возможность подавления загораний переносными или встроенными в защищаемый объект автоматическими средствами пожаротушения до прибытия к очагу пожара подразделений государственной противопожарной службы” [1].

Одними из наиболее сложных для надежного, своевременного обнаружения и оперативного тушения являются пожары веществ, склонных к самовозгоранию. Такими веществами является уголь, торф, опилки, зерно и другие. Трудность обнаружения подобного пожара заключается в том, что эндогенный пожар никогда не начинается на поверхности массы, например, угля, а на некотором заглублении. Условиями самовозгорания угля является достаточное количество кислорода и плохие условия теплоотвода, что и обуславливает место очага пожара. На поверхности уголь проветривается, на значительном заглублении для возникновения самовозгорания не хватает кислорода. Трудность тушения заключается в том, что от момента обнаружения пожара (то есть, когда огонь уже вырвется на поверхность) может пройти значительное время, пожар займет значительное пространство и пламя достигнет высокой температуры.

В то же время, несмотря на недостаточно полную информацию о процессе самовозгорания, имеется ряд закономерностей, установленных с достаточной степенью надежности. Основным является тот факт, что никогда самовозгорание не возникает внезапно, всегда этому явлению предшествует процесс самонагревания угля, который занимает некоторое время.

Обязательное наличие самонагревания вещества перед началом эндогенного пожара и знание мест наиболее вероятного возникновения самовозгорания дало возможность авторам разработать специализированный пожарный извещатель для обнаружения самовозгораний угля [2]. В основном извещатель рассчитан на применение в угольных складах, в зависимости от исполнения он может быть использован как на открытых, так и закрытых складах. Учитывая значительное количество таких складов в России (угольные склады имеются на более 90 ТЭЦ, около 25000 угольных котельных, в местах добычи и перегрузки угля), можно предположить востребованность такого устройства.

Конструкция извещателя позволяет контролировать состояние угля непосредственно в месте наиболее вероятного возникновения самовозгорания. Температура измеряется в глубине массы угля, а газодымовоздушная смесь посредством аспиратора подается в измерительную камеру с находящимися в ней измерительными приборами, осуществляющими контроль концентрации индикаторных газов (окись углерода, водород и другие или комбинация измерительных приборов) и концентрации дымовых частиц.

Еще одной особенностью извещателя является способ его энергообеспечения – электроэнергия вырабатывается за счет тепла, выделяющегося в процессе самонагревания угля. Причем, чем выше температура, тем больше электроэнергии вырабатывается блоком питания, состоящим из элемента Пельтье, устройства управления и аккумуляторов. Это позволяет при более высоких температурах сократить время между циклами измерений, что способствует большей надежности работы устройства. Дело в том, что мощность блока питания невелика и не позволяет непосредственно обеспечивать работу всех блоков извещателя. Еще одно отличие извещателя от других состоит в том, что контроль осуществляется не непрерывно, а циклами, между которыми и происходит накопление энергии, реализуя основной принцип наноэнергетики – Energy harvesting (накопление энергии малыми порциями) [3].

Также отличается и реакция на контролируемый признак пожара. Как известно, по характеру реакции извещатели подразделяются на максимальные, дифференциальные и максимально-дифференциальные. Описываемый извещатель реагирует на измеряемые параметры несколько другим образом. Последовательность его действий такова:

1. Извещатель устанавливается в массу угля, тепловая энергия передается к генератору термоЭДС, начинается накопление энергии.

2. После накопления достаточного количества энергии запускается электродвигатель аспиратора, газодымовоздушная смесь поступает в измерительную камеру, считываются данные измерительных приборов и сравниваются с контрольными значениями. В случае, если измеренные значения не превышают контрольных, результаты измерения записываются во внутреннюю память, если превышают – формируется сигнал тревоги и осуществляется его передача по радиоканалу на центральное устройство. Прибор переходит в состояние ожидания и продолжает накопление энергии для следующего цикла измерений.

3. При последующих циклах измерений новые данные сравниваются не только с контрольными значениями, но и с предыдущими показаниями. При этом осуществляется контроль не только за динамикой процесса, но и за скоростью изменения этой динамики.

В результате получаем следующее: если извещатели максимального действия контролируют значение некой функции (температура, концентрация дыма или индикаторных газов), то извещатели дифференциального действия контролируют производную этой функции, максимально-дифференциальные – оба этих параметра. Описываемый прибор в состоянии контролировать, кроме описанных параметров, еще и вторую производную этой функции, а также комбинацию всех переменных, что позволяет повысить надежность и точность результата измерения.

Кроме того, как правило, основная масса существующих извещателей настроена на жесткие контрольные цифры, зачастую без возможности перенастройки, а в предлагаемом извещателе задание контрольных параметров осуществляется программным путем. При этом появляется возможность создания постоянно пополняемой базы данных, причем для разных видов, сортов и месторождений угля контрольные цифры будут разными. Пополнение базы данных возможно как путем лабораторных испытаний, так и путем регулярной передачи информации с реальных объектов, на которых находятся такие извещатели. После анализа новых данных будут корректироваться контрольные цифры и с определенной периодичностью обновленные параметры будут передаваться для перепрограммирования уже установленных извещателей, запоминаться во вновь изготовленных. Готовая система будет самообучаемой и, без преувеличения, такую систему можно считать обладающей искусственным интеллектом. Подобный подход можно также внедрять и для других конструкций извещателей.

Выводы. Таким образом, на одном примере технического решения нами показано, что сочетание двух и более инновационных технологий возможно и, вероятно, может являться перспективным подходом к решению и других задач. При этом, кроме ожидаемого эффекта, не исключены и дополнительные положительные результаты, что же касается возможных негативных последствий, они могут быть без особых затрат рассчитаны и устранены.

### **Библиографический список**

1. Артамонов, В. С. Сверхраннее и раннее обнаружение загораний: понятия, границы применения и единство / Артамонов В. С., Поляков А. С., Иванов А. Н. – Текст : непосредственный // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – № 25. – С. 78–83. – DOI: 10.18322/PVB.2016.25.09.78-83.
2. Патент № 2580816 Российская Федерация, МПК G08B 17/10 (2006.01), G08B 17/117 (2006.01), G08B 19/00 (2006.01). Пожарный извещатель аспирационного типа: № 2015108099/08: заявл. 06.03.2015: опубл. 10.04.2016 / Тимофеева С. С., Смирнов Г. И.; заявитель ИРНИТУ. – 10 с.: ил. – Текст: непосредственный.
3. Нечай О. Energy harvesting: энергия из ничего. – Текст: электронный // URL: <http://www.computerra.ru/65628/energy-harvestingenergiya-iz-nichego/> (дата обращения: 10.03.2023).

## СЕКЦИЯ 3. ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 66.0

### ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВЫХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

Александрова Л. В., Ишевский А. Л., Успенская М. В.

*Университет ИТМО*

*e-mail: lidia.aleksandrova97@gmail.com*

### THE OBTAINING FOOD BIODEGRADABLE POLYMER COATINGS BASED ON CHITOSAN

Aleksandrova L.V., Ishevsky A.L., Uspenskaya M.V.

*ITMO University*

*Хитозан находит широкое применение благодаря таким своим свойствам, как нетоксичность, биосовместимость с тканями и способность к биодegradации. Рассмотрены методики получения пленок из хитозана/желатина/трансглутаминазы (в качестве сшивающего агента) с добавлением экстрактов и масел, обладающие улучшенными физико-химическими характеристиками и антибактериальными свойствами. Предложена методика получения пленки с экстрактом семян грейпфрута.*

*Ключевые слова: хитозан, желатин, трансглутаминаза, масла, экстракты, механические свойства.*

Применение биодegradируемых упаковок (с использованием природных биополимеров) в пищевой продукции является альтернативой использованию упаковочных материалов из синтетических пластических масс. Упаковка для пищевых продуктов должна обладать влагозащитными и бактерицидными свойствами, сохранять и пролонгировать срок годности продукта. Однако механические свойства чистых пленок из природных биополимеров плохи – они разрушаются от внешних нагрузок, быстро растворяются в атмосферной влаге [1].

Наличие трансглутаминазы в композиции хитозан–желатин способствует ускорению гелеобразования смеси, из которой можно формировать пленки по своим характеристикам, не уступающим пленкам из полиэтилена. Внедрение эфирных масел и их экстрактов в композицию пленок позволяет эффективно контролировать рост различного рода патогенных и гнилостных бактерий и грибков [2, 3]. Одним из масел, показывающих многообещающие результаты в отношении микроорганизмов семейств сальмонелл, стафилококков, является эфирное масло базилика. Оно также обладает бактерицидными свойствами в отношении *Aeromonas*, *Hydrophila* и *Pseudomonas fluorescens*. Масло мануки было самым перспективным по антибактериальному потенциалу среди масел: эвкалипта, розмарина, лаванды и масла чайного дерева [4]. Однако основными недостатками использования эфирных масел являются их низкая растворимость, высокая летучесть, нежелательный аромат и возможность отрицательного влияния на органолептические свойства продуктов. Перспективными добавками для создания антимикробных биополимерных упаковок являются экстракты различного рода лекарственных растений и плодов, обладающие активными антимикробными и антиоксидантными свойствами [5]. В качестве добавки в данной работе предложен экстракт семян грейпфрута.

Целью работы являлось получение пленок состава: желатин/хитозан/трансглутаминаза(ТГМ)/экстракт семян грейпфрута, обладающих улучшенными физико-химическими (и антибактериальными) свойствами для применения в качестве упаковочного материала. Основными задачами были: изучение теоретических основ по теме;

выбор исходных компонентов; определение технологических и рецептурных параметров, разработка методики получения пленок; исследование физико-химических характеристик; анализ полученных результатов.

Объекты исследования:

- желатин Rokogel 2400G, INDUSTRIAS ROKO, Астурия, Испания;
- хитозан 900 кДа, SigmaAldrich, США;
- уксусная кислота ООО “Бастион”, Россия;
- трансклутаминаза TG-M101 “Белстар”, Россия (100 единиц активность);
- водный экстракт семян грейпфрута, “Сintamini”, Польша;
- ксилит пищевой, “Сладкий мир”, Россия.

Методы и приборы:

1. Исследование морфологии поверхности с помощью микроскопа OLYMPUS STM6 (USA).
2. Исследование состава, структурных изменений методом ИК-спектроскопии с помощью Tensor 37 FTIR with TGA-IR (Германия).
3. Исследование влияния растягивающей деформации с помощью испытательной системы Instron 5943 (США).
4. Ультрафиолетовая спектроскопия: спектрофотометр UNICO 2804 (United products & instruments, USA). Исследование прозрачности пленки.

На рисунке 1 представлена схема получения пленки.

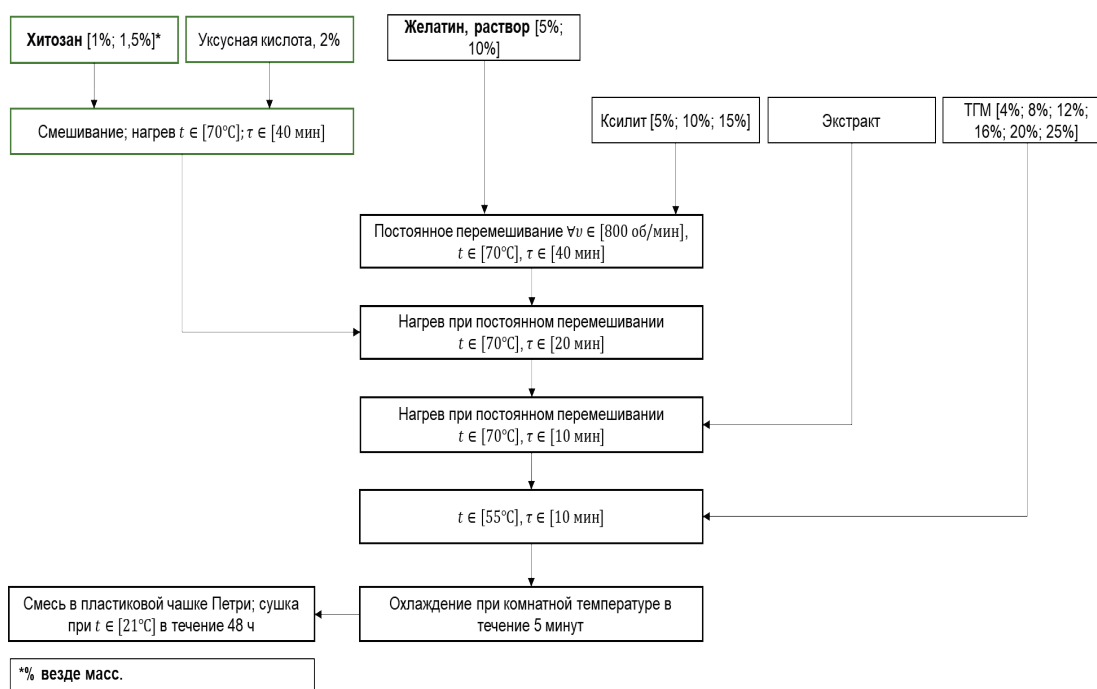


Рис. 1. Схема получения пленки

Для характеристики структурных и спектроскопических изменений, связанных с включением экстракта в матрицу пленки, была проведена НПВО/ИК-Фурье-спектроскопия (рис. 2).

Спектр пленки показал характеристическую полосу при 1631 см<sup>-1</sup> (амид-I), обусловленную валентным колебанием ν(C=O). Сильный пик при 1631 см<sup>-1</sup> можно рассматривать как свидетельство присутствия значительного количества β-вторичных структур желатина в пленке. Пик при 1540 см<sup>-1</sup> (амид-II) соответствует комбинированной

полосе валентных колебаний  $\nu(\text{C-N})$  и деформационных колебаний  $\delta(\text{NH})$ , а слабая полоса около  $1245 \text{ см}^{-1}$  соответствует (амид III).

Широкая полоса поглощения между примерно  $3600$  и  $3200 \text{ см}^{-1}$  соответствует валентным колебаниям  $\nu(\text{OH})$  и  $\nu(\text{NH})$  функциональных групп  $\text{O-H}$  и  $\text{NH}$ , связанных водородными связями. Дублет полосы при  $2933/2874 \text{ см}^{-1}$  может быть отнесен к антисимметричным и симметричным валентным колебаниям функциональных групп  $\text{CH}_3$  и  $\text{CH}_2$ .

Спектр модифицированных пленок показан на рисунке 3. Видно, что процент пропускания полос амида I и II в обработанных пленках снижается при добавлении более высокой концентрации фермента.

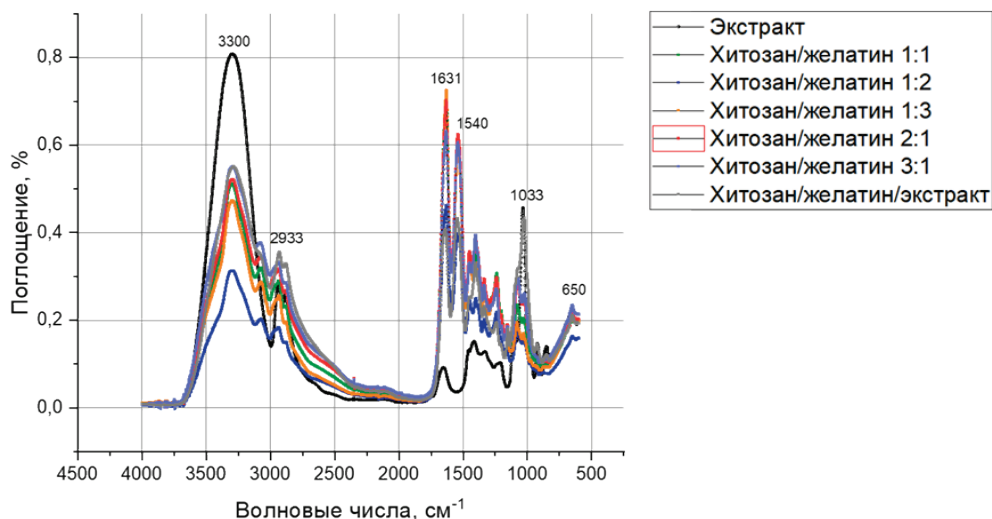


Рис. 2. Спектры исходных составов

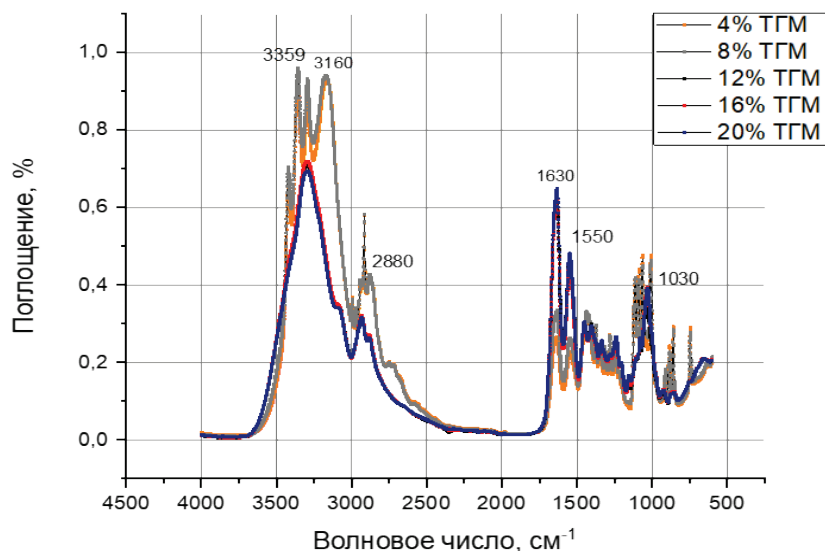


Рис. 3. Спектры модифицированных пленок

Прозрачность определяли с помощью спектрофотометра. Регистрировали спектр пропускания в диапазоне длин волн от  $200$  до  $1200 \text{ нм}$  (рис. 4). Пленки с соотношением хитозан/желатин  $2:1$  имели наилучшую прозрачность. Композитные пленки с добавлением ТГМ от  $4$  до  $16$  масс. % показали наилучшую прозрачность.



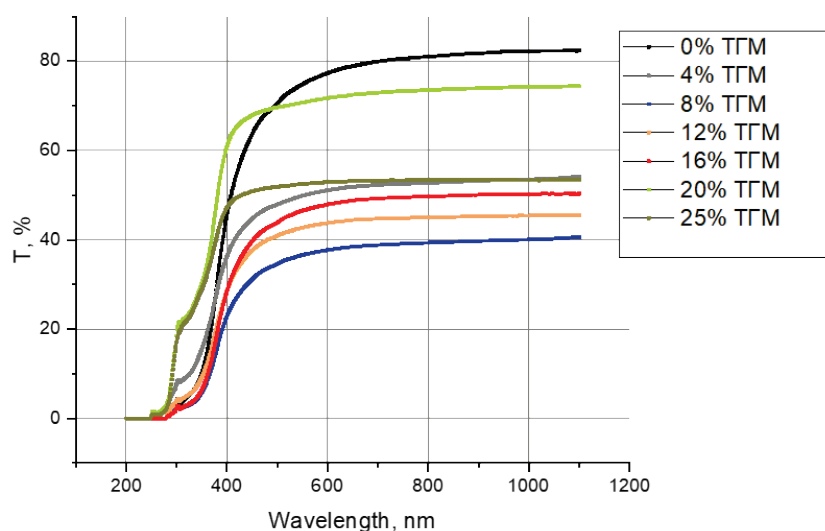


Рис. 4. Зависимость степени пропускания от длины волны

Было исследовано влияние растягивающей деформации для композитных пленок, содержащих ТГМ (рис. 5). Введение ТГМ от 4 до 8 масс. % позволит получить пленки с наилучшими характеристиками прочности на разрыв.

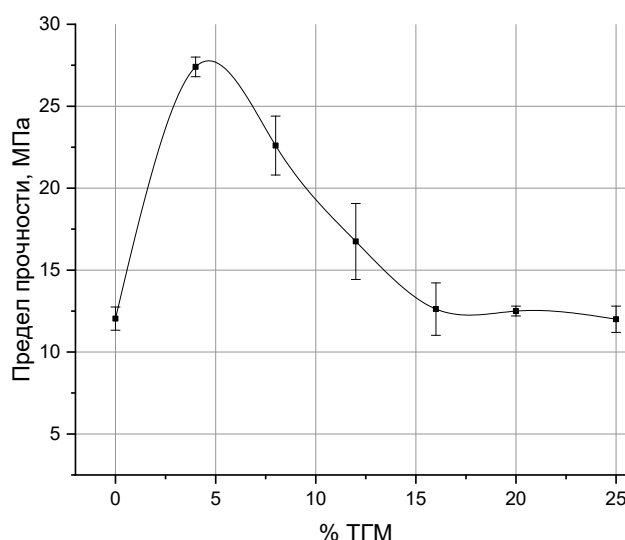


Рис. 5. Зависимость предела прочности на разрыв от % масс. содержания ТГМ

Представлена методика, позволяющая получать пленки с улучшенными механическими свойствами (по сравнению с исходными). Введение ТГМ от 4 до 8 масс. % позволит получить пленки, обладающие лучшими физико-механическими свойствами (прозрачность, прочность на разрыв). Необходимо провести дальнейшее исследование антибактериальных свойств.

### Библиографический список

1. Dai, H. Improved properties of gelatin films involving transglutaminase cross-linking and ethanol dehydration: The self-assembly role of chitosan and montmorillonite, 2022. – V. 122. – N. 107870. – P. 1-10.
2. Zhang, X. Emerging chitosan-essential oil films and coatings for food preservation // Carbohydrate Polymers, 2021. – V. 273. – N. 118616. – P. 1-16.

3. Shahbazi, Y. The properties of chitosan and gelatin films incorporated with ethanolic red grape seed extract and Ziziphora // International Journal of Biological Macromolecules, 2016. – N. 99. – P. 746-753.
4. Ali, B. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2015. – V. 5. – N. 8. – P. 601-611.
5. Yang, C. Evaluation of chitosan coatings enriched with turmeric and green tea extracts on postharvest preservation of strawberries // LWT, 2022. – V. 165. – N. 113551. – P. 1-12.

УДК 634.0.861

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОЛИЗАТА, ПОЛУЧЕННОГО ПРИ ГИДРОЛИЗЕ МАКУЛАТУРЫ МС-5Б КРЕПКИМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ, НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТАРНОГО КАРТОНА**

Анисимова М. А., Синчук А. В., Демьянцева Е. Ю., Ерохина О. А.  
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна  
e-mail: [nisimar.rus@gmail.com](mailto:nisimar.rus@gmail.com)

**RESEARCH STUDY OF THE HYDROLYZATE OBTAINED BY HYDROLYSIS OF MS-5B WASTE PAPER WITH STRONG MINERAL ACIDS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PARAMETERS OF CONTAINERBOARD**

Anisimova M.A., Sinchuk A.V., Demyantseva E.Yu., Erokhina O.A.  
St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Development

*Традиционно в производстве тарного картона в качестве упрочняющего агента используется импортный модифицированный крахмал, а для обеспечения проклейки – алкилкетендимера (АКД). Известны различные способы переработки макулатуры. В данной работе рассмотрен гидролиз вторичных волокон минеральными кислотами. В результате предполагаемый способ, при использовании азотной кислоты, позволяет увеличить физико-механические показатели, такие как: разрывная длина, сопротивление разрыву, максимальное усилие и удлинение при разрушении по сравнению с исходным материалом на 16–24 %.*

*Ключевые слова: макулатура, гидролизат, физико-механические показатели (ФМП), минеральные кислоты.*

В настоящее время актуальной темой в химической промышленности является замещение импортных химических вспомогательных веществ (ХВВ). Резерв повышения прочности бумаги при добавке эффективных ХВВ оценивается в 15–20 %. Наиболее широко применяется крахмал и его модификации. Так, например, катионные крахмалы не только повышают прочность бумаги, но при определенных условиях способны значительно повысить удержание мелочи на сетке бумагоделательной машины (БДМ) и естественно снизить содержание взвешенных веществ в подсеточной воде, улучшить работу отстойников для избыточной оборотной воды, а также имеют ряд других преимуществ. Однако есть и недостатки. Использование крахмала в производстве приводит к повышению слизееобразования и загрязнению технологических потоков продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, снижению белизны, непрозрачности и лоску бумаги, вспениванию меловальной пасты [1].

Во время выполнения научной работы был проведён гидролиз макулатуры МС-5Б минеральными кислотами с последующей нейтрализацией суспензии до рН 6-7 водным раствором аммиака. Полученная система была разделена путем фильтрации на воронке Бюхнера на модифицированные волокна и фильтрат.

Целью исследовательской работы является рассмотрение возможности использования полученного фильтрата в качестве упрочняющего агента.

Было выполнено три серии экспериментов – изготовление отливок образцов тарного картона с добавлением фильтрата в качестве упрочняющего и проклеивающего ХВВ из расчета 6 кг фильтрата на тонну картона.

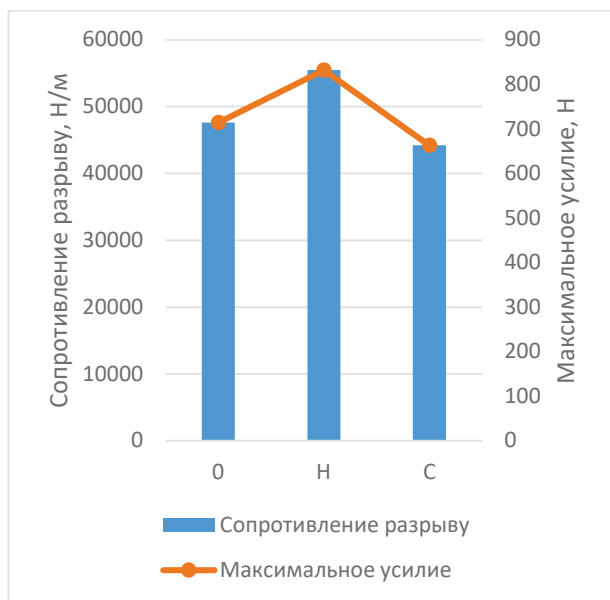
В первой серии были изготовлены образцы варианта «0» – чистая макулатурная масса без добавок и варианта «Н» – макулатурная масса с добавкой фильтрата, полученного при гидролизе макулатуры азотной кислотой. Испытания по определению физико-механических показателей выполняли на горизонтальной разрывной машине, поверхностную впитываемость – по методу Кобба [2]. Для более точных характеристик параметры сравниваются с помощью введенного индекса.

Таблица. Результат первой серии экспериментов

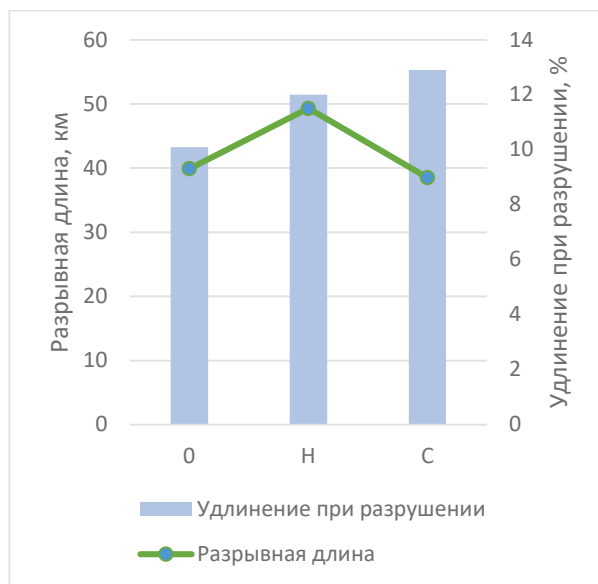
Показатели	Прочность при растяжении (кН/м)			Поверхностная впитываемость (г/см <sup>2</sup> )		
	значение	индекс	процент, %	значение	индекс	процент, %
Образец варианта «0»	7,37	0,065	100	129,28	1,143	100
Образец варианта «Н»	8,57	0,071	109	124,80	1,031	90

По результатам таблицы можно заметить, что добавка фильтрата «Н» в бумажную массу привела к увеличению прочности картона на разрыв, относительно варианта «0» на 9 %, а также снижению показателя впитываемости на 10 %.

С целью определения зависимости изменения ФМП от добавки фильтрата в макулатурную композицию были проведены вторая серия опытов с использованием фильтрата «Н», полученного при гидролизе азотной кислоты, и третья серия с использованием фильтрата «С» – при гидролизе серной кислоты. Сравнительный анализ ФМП результатов представлен на рисунке.



(а)



(б)

Рис. Зависимость сопротивления разрыву и максимального усилия (а), удлинения при разрушении и разрывной длины (б) от фильтрата с добавками образцов: «0» – без обработки; «Н» – после обработки фильтратом азотной кислоты; «С» – после обработки фильтратом серной кислоты

Как видно из рисунка, физико-механические показатели фильтрата «С» являются наименьшими, но при этом значение удлинения при разрушении наибольшее, что говорит о том, что волокна образца обладают гибкостью. По сравнению с образцами без обработки «0», значения показателей с фильтратом «Н» увеличились: разрывная длина возросла на 24 %, сопротивление разрыву – на 17 %, максимальное усилие – на 17 % и удлинение при разрушении – на 19 %.

С экономической точки зрения использование серной кислоты более выгодно, так как она практически в два раза дешевле азотной. В дальнейшем планируется проведение исследований при разных параметрах концентрации кислоты, времени и температуры гидролиза с целью разработки оптимальной методики применения серной кислоты для увеличения прочностных свойств образцов макулатуры.

В результате проведенного исследования была предложена методика по получению и использованию фильтрата, полученного при гидролизе макулатуры МС-5Б минеральными кислотами, в качестве упрочняющего агента.

### **Библиографический список**

1. Слатунин, Д. В. Повышение прочности бумаги, изготовленной из макулатурной массы / Д. В. Слатунин, М. В. Теплоухова, Р. Э. Андраковский // Вестник ПНИПУ. – 2018. – № 1. – С. 113-134.
2. ГОСТ 12605-97. Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба): национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2001-07-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Минск, 2001. – 6 с.

**УДК 53.092:665.63**

#### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОВАРНЫХ КОНДИЦИЙ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ**

Антонюк С. Н., Торховский В. Н., Дворецков П. А., Рыбьянец Е. А.

*МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова)*

*e-mail: Antonyuk2006@yandex.ru*

#### **WAYS TO IMPROVE THE COMMODITY CONDITIONS OF HEAVY OIL**

Antonyuk S.N., Torkhovskiy V.N., Dvoretzkov P.A., Rybyanets E.A.

*MIREA – Russian Technological University (Institute of fine chemical technology named after M. V. Lomonosov)*

*В лабораторных условиях реализован вариант системного подхода к проведению экспериментов, предусматривающих сочетание активации и компаундирования нефтяного сырья перед первичной переработкой. Исследовано влияние предварительной активации сырьевых потоков (одного из них или обоих) в дезинтеграторе ДА-1 на фракционный состав компаундированного сырья с одинаковым соотношением смешиваемых нефтей. Установлена возможность приоритетного получения из различных смесей сырьевых потоков наиболее востребованных фракций. Закономерности изменения фракционного состава анализировали с помощью комплексной характеристики нефтяного сырья – текучести.*

*Ключевые слова: компаундирование, активация, перегонка, топливные дистилляты, плотность, текучесть, синергизм.*

Целью настоящей публикации является анализ результатов предварительной активации сырьевых потоков в дезинтеграторе ДА-1 на фракционный состав компаундированного сырья

для выявления наиболее эффективной технологии модифицирования сырья, приводящей к увеличению глубины переработки тяжелой нефти.

Одной из основных проблем при добыче и переработке тяжелых нефтей являются высокая вязкость. Запасы тяжелых нефтей составляют более 80 % существующих нефтяных ресурсов [1, 2, 3].

Согласно межгосударственному стандарту [4] тяжелые и битуминозные нефти характеризуются плотностью, превышающей  $870 \text{ кг/м}^3$  (при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), при этом кинематическая вязкость может достигать  $90 \text{ мм}^2/\text{с}$  и более.

Данные отечественной справочной литературы [5] позволяют установить, что при перегонке под атмосферным давлением выход из таких нефтей топливных фракций, как правило, не превышает 44-49 % от массы нефти. Более высокие выходы топливных фракций 60-65 % масс. получают из легких и особо легких нефтей, имеющих плотность не выше  $850 \text{ кг/м}^3$  с вязкостью до  $15\text{-}20 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Повышение глубины переработки нефти с увеличением выхода дистиллятных фракций достигается за счет модификации (активации) путем создания смесевых нефтяных систем или воздействием физических методов на нефтяные дисперсные системы. Сочетание упомянутых методов активации позволяет расширить вариативность получаемых результатов.

В этом направлении ранее был реализован комплексный подход по подготовке тяжелой нефти к переработке с использованием гидродинамической кавитации и компаундирования с легкой нефтью [6, 7]. В качестве объектов исследования выбраны нефти [6]: тяжелая нефть с плотностью ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) –  $873,7 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) –  $27,87 \text{ мм}^2/\text{с}$ .; легкая нефть с плотностью ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) –  $821 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) –  $4,361 \text{ мм}^2/\text{с}$ .

Кавитационное воздействие на нефтяное сырье осуществляли в дезинтеграционном аппарате ДА-1 с однократным воздействием с давлением сжатия  $20 \text{ МПа}$  во всех экспериментах. В [6, 7] использовали смеси различного состава. В этой статье проанализированы результаты исследований, касающихся смесей только определенного состава: тяжелой нефти – 80 % и легкой – 20 % по массе.

В таблице приведены материальные балансы, полученные при перегонке тяжелой нефти (Т), легкой нефти (Л), их смеси (Т+Л), активированной тяжелой нефти (Та), их смеси (Т+Л)а после активации, смеси легкой нефти с активированной тяжелой (Та+Л).

Анализ приведенных данных позволяет наметить пути улучшения товарных свойств тяжелой нефти. Так, активация тяжелой нефти увеличивает выход фракции вакуумного газойля ( $360\text{-}500 \text{ }^\circ\text{C}$ ) на 5 % масс. (23 % отн.), что расширяет сырьевую базу каталитического крекинга и гидрокрекинга.

В технологической схеме современного НПЗ, работающего по топливному варианту, содержатся установки по каталитическому крекингу и гидрокрекингу, повышающих глубину переработки нефти. В. Н. Нельсоном предложена шкала коэффициентов сложности технологических установок. По этой шкале коэффициент сложности каталитического крекинга составляет – 6,0, а гидрокрекинга – 10,0. Для сравнения: коэффициент Нельсона прямой перегонки равен 1,0 [8, С. 292 – 299]. В связи с этим увеличение доли нефти, вовлеченные в рассматриваемые процессы, повышает коммерческую привлекательность НПЗ.

Таблица. Характеристика объектов исследования [6, 7]

Показатели	Объекты исследования					
	Т	T <sub>a</sub>	Л	Т+Л 80/20 % масс	(Т+Л) <sub>a</sub> 80/20 % масс	T <sub>a</sub> +Л
Текучесть (20 °С) Φ <sub>20</sub> , Па <sup>-1</sup> ×с <sup>-1</sup>	41	44,0	279	67	76	73
Температура начала кипения (НК), °С	73	72	30	53	58	54
Выход фракций при перегонке, % масс						
НК-150 °С	8,8	8,7	20,9	11,4	11,8	11,9
150-250 °С	17,8	18,2	22,4	19,0	19,3	20,7
250-360 °С	20,1	22,1	19,3	21,4	21,1	20,4
360-500 °С	21,3	26,3	17,1	18,9	21,9	19,9
>500 °С	32,0	24,7	20,3	29,3	25,9	27,1
Всего, в т.ч.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Σ (НК-360 °С)	46,7	49,0	62,6	51,8	52,2	53,0
Σ (НК-500 °С)	68,0	75,3	79,7	70,7	74,1	72,9

При добавлении к тяжелой нефти легкого сырьевого потока (Л) возрастает выход бензиновой фракции на 2,6 % масс. (29 % отн.), а кавитационная обработка смеси обеих нефтей (Т+Л)<sub>a</sub> также приводит к увеличению выхода бензиновых фракций на 3 % масс. (34 % отн.).

Наиболее эффективным путем модификации тяжелой нефти следует считать смешение активированной тяжелой нефти (T<sub>a</sub>) с легкой (Л). В этом случае помимо повышения отбора бензиновой фракции в 1,35 раза происходит существенное увеличение выхода керосиновой фракции. Оно составляет 2,9 % масс., или 16,3 % отн. Отмеченные следующие преимущества выделенного пути повышения кондиций тяжелой нефти, по нашему мнению, обусловлены наличием явления синергизма. Это объясняется тем, что комбинированное воздействие двух факторов на тяжелую нефть (кавитация и компаундирование) оказалось эффективнее, чем сумма эффективности каждого из факторов по отдельности [9].

Как видно из данных таблицы, наличие в сырьевой смеси легкой нефти вызывает заметное увеличение реологического показателя (текучести, Па<sup>-1</sup>×с<sup>-1</sup>).

Приводим расчет коэффициента синергизма для показателей, для которых выявляется синергизм: текучести смеси (T<sub>a</sub>+Л) и выхода из этой смеси при перегонке фракций НК-150 °С и 150-250 °С.

$$K = \frac{(T_a + Л) - Т}{(T_a - Т) + ((Т + Л) - Т)}$$

Коэффициент синергизма для показателя «Текучесть» смеси нефтей (T<sub>a</sub>+Л):

$$\frac{(73 - 41)}{(44 - 41) + (67 - 41)} = \frac{32}{29} = 1,1.$$

Коэффициент синергизма для показателя «Выход фракции НК-150°С» из смеси нефтей (Та+Л):

$$\frac{(11,9 - 8,8)}{(8,7 - 8,8) + (11,8 - 8,8)} = \frac{3,1}{2,9} = 1,06.$$

Коэффициент синергизма для показателя «Выход фракции 150-250 °С» из смеси нефтей (Та+Л):

$$\frac{(20,7 - 17,8)}{(18,2 - 17,8) + (19,3 - 17,8)} = \frac{2,9}{1,9} = 1,52.$$

**Выводы.** В результате анализа приведенных данных показано, что наиболее эффективная технология предварительной активации сырьевых потоков с последующим компаундированием приводит к увеличению выхода дистиллятных фракций до 72,9 %, в том числе топливных фракций до 53,0 %. Следует отметить, что достижение наибольшей эффективности переработки нефти обусловлено, в значительной мере, наличием эффекта синергизма.

#### Библиографический список

1. M.Z. Hasavand, M.A. Ahmadi, R.M. Behbahani. Solving asphaltene precipitation issue in vertical wells via redesigning of production facilities, *Petroleum 1*, 2015, P.139 – 145.
2. M. Mohammadpoor, F. Torabi. Extensive experimental investigation of the effect of drainage height and solvent type on the stabilized drainage rate in vapour extraction (VAPEX) process, *Petroleum 1*, 2015, P.187 – 199.
3. M.H. Badizad, A.R. Zanganeh, A.H.S.D. Dehaghani. Simulation and assessment of surfactant injection in fractured reservoirs: a sensitivity analysis of some uncertain parameters. *IJOGST 5*, 2016, P.13 – 26.
4. ГОСТ 31378-2009. Межгосударственный стандарт «Нефть. Общие технические условия». – Москва: Стандартинформ, 2012. – 8 с.
5. Нефти СССР: Справочник в 4 т. / Ред. З. В. Дриацкая и др. – Москва: Химия, 1971.
6. Торховский В. Н., Антонюк С. Н., Чижевская Е. В., Воробьев С. И., Николаева М. В., Арнацкий В. А. //Активация компаундированного нефтяного сырья. Технологии нефти и газа. – 2019. – № 4. С. – 3-11.
7. Торховский В. Н., Антонюк С. Н., Голованов А. Б., Воробьев С. И., Николаева М. В., Дворецков П. А. Переработка компаундированного нефтяного сырья с предварительной активацией исходных сырьевых потоков// Технологии нефти и газа. – 2021. – № 2. – С. 3-7.
8. Капустин В. М., Гуреев А. А. Технология переработки нефти в 2 ч. Часть вторая. Деструктивные процессы. – Москва: КолосС, 2007. – 344 с.
9. Наумова, Ю. А. Синергизм и синергетические эффекты в технологии переработки полимеров// Вестник МИТХТ. – 2013. – Т. VIII, № 3. – С. 76-86.



**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БУМАГИ РУЧНОГО ОТЛИВА  
ДЛЯ ХУДОЖЕСТВЕННЫХ РАБОТ**

Белозеров С. П., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: maf.fam.44@gmail.com*

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING HAND-CAST PAPER  
FOR ARTWORK**

Belozеров S.P., Malyutina D.I., Smirnova E.G.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В работе было исследовано влияние композиционного состава на физико-механические показатели бумаги для акварельных красок. Выявлено, что добавка лиственной целлюлозы повышает плотность и механические показатели бумаги.*

*Ключевые слова: хлопок, бумага для акварели, лиственная целлюлоза, ручной отлив, впитываемость.*

Бумага для акварели из хлопковой целлюлозы – самый распространенный выбор среди профессиональных художников. Она обладает рядом преимуществ, таких как влагопрочность и впитываемость, способность не деформироваться во влажном состоянии. Особым спросом среди профессиональных художников пользуется бумага из хлопковой целлюлозы ручного отлива. Такая бумага вырабатывается за рубежом под известными торговыми марками Fabriano, Fontaine и др. В связи со сложностью логистики вышеуказанную бумагу не поставляют в Россию, но спрос на данный вид бумаги остаётся. Поэтому целью работы являлась разработка технологии получения бумаги ручного отлива для работы акварельными красками с применением хлопковой целлюлозы.

В исследованиях использовали хлопковую целлюлозу (Китай), сульфатную беленую лиственную целлюлозу марки ЛС-1 (Архангельский ЦБК). Роспуск и размол целлюлозы проводили отдельно в лабораторном ролле Валлей до  $25 \pm 2$  °ШР. Изготавливались образцы из хлопковой целлюлозы и смеси хлопковой и лиственной целлюлоз в соотношении 30/70; 50/50; 70/30 соответственно, с добавлением химических вспомогательных веществ: катионный крахмал при расходе 3 % от массы а.с. волокна, клей АКД с расходом 2 кг/т.

Определение структурно-размерных показателей, механической прочности и показателя впитываемости бумаги проводились в соответствии с действующими стандартами.

Как видно из рисунка 1, бумага из 100 % хлопковой целлюлозы обладает низкой плотностью, по сравнению с бумагой из лиственной целлюлозы. По мере увеличения в композиции бумаги хлопковой целлюлозы плотность снижается.

Хлопковая целлюлоза – самая прочная и чистая среди природных волокон, состоит из альфа-целлюлозы более чем на 90 %. Повышенная кристалличность, а также нативные особенности хлопка затрудняют его фибриллирование [2]. Поэтому механические свойства бумаги из хлопковой целлюлозы ниже, чем бумаги, полученной из смеси хлопковой и лиственной целлюлозы (рис. 2). Добавление в композицию бумаги 30 % лиственной целлюлозы увеличивает показатель механической прочности в 1,5 раза. Повышение доли лиственной целлюлозы в композиции бумаги с 30 % до 70 % не приводит к снижению механической прочности бумаги.

Поверхностная впитываемость всех исследованных образцов бумаги находится в пределах  $15 - 17$  г/м<sup>2</sup> и полностью соответствует требованиям к данному виду бумаги.

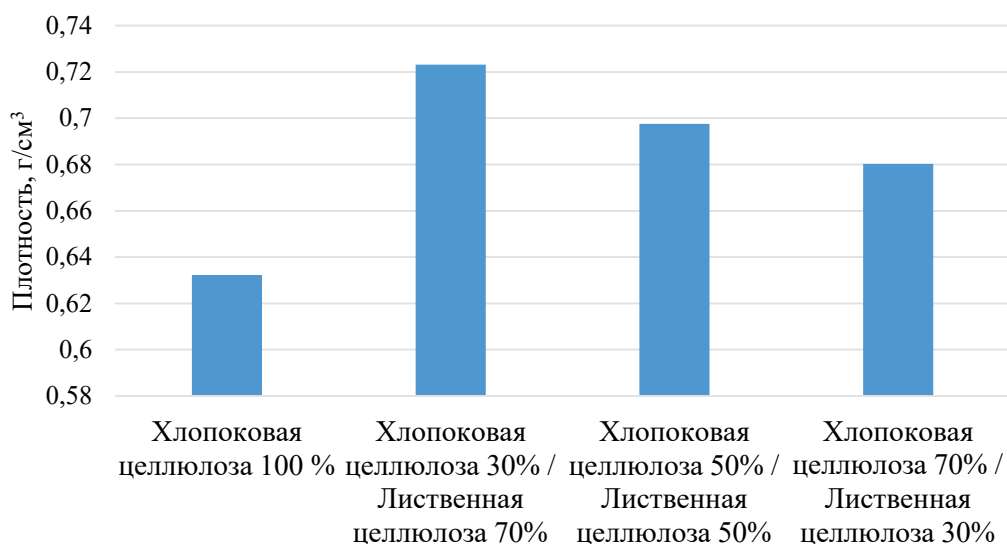


Рис. 1. Влияние композиции на плотность бумаги

Бумага была испытана профессиональным художником в Санкт-Петербургской академии художеств имени Ильи Репина. Из рисунка 3а видно, что у бумаги из 100 % хлопка необходимая плотность, краска легко ложится и легко расходуется при рисовании мокрым способом. Мазок кисти держит форму с мягким контуром, возможны плавные градиентные заливки. Бумага на рисунке 3б из лиственной целлюлозы – заметна деформация бумаги, а также скатывание поверхности листа.

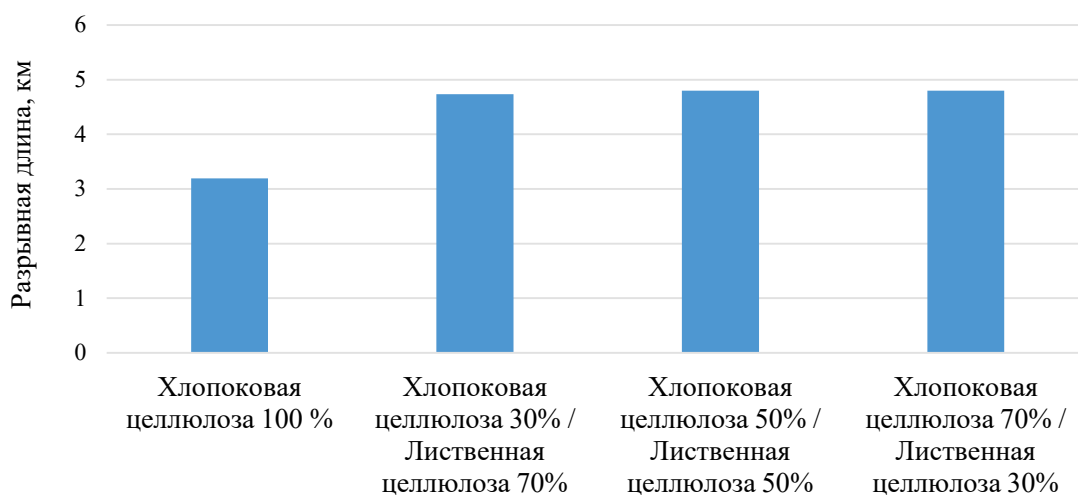


Рис. 2. Влияние композиции на разрывную длину бумаги



а



б

Рис. 3. Фото образцов:

*а* – образцы из хлопковой целлюлозы 100 %; *б* – образец из лиственной целлюлозы 50 % и хлопковой целлюлозы 50 %

**Заключение.** Проведенные исследования по влиянию композиционного состава бумаги для работы акварельными красками на ее свойства показали, что добавление в композицию бумаги из хлопковой целлюлозы сульфатной беленой лиственной целлюлозы способствует повышению плотности и механической прочности бумаги. Так, показатель разрывной длины бумаги увеличился в 1,5 раза при добавлении в композицию бумаги 30 % лиственной целлюлозы. Несмотря на увеличение прочности и плотности бумаги с добавлением лиственной целлюлозы, бумага из хлопковой целлюлозы предпочтительнее по потребительским свойствам.

### Библиографический список

1. Смирнова, Е. Г., Малютина, Д. И. Изготовление лабораторных образцов бумаги и картона испытания бумаги и картона. Выполнение лабораторных работ: метод. указания / 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. – Текст: электронный. Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/metod/kaftbik/1656616529.pdf>
2. Куркова Е. В., Иванов Г. Е. Бумага с повышенной влагопрочность: Материалы I Международной научно-технической конференции «Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов». – 2011. – С. 207-212.

**ПОЛИМЕРНЫЙ КЛЕЙ НА ОСНОВЕ СУБЕРИНА**

Бобожонов Э. И., Мандыбура С. С., Третьяков С. И.

*Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова  
e-mail: elmur.96@mail.ru*

**POLYMERIC ADHESIVE BASED ON SUBERIN**

Bobozhonov E.I., Mandybura S.S., Tretyakov S.I.

*Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov*

*Данная статья посвящена комплексной переработке древесной коры. Рассматриваются способы уменьшения отходов производства, повторное использование отходов целлюлозного бумажного производства. Производство биополимерных продуктов на основе суберина. Оценка качества данных полимеров.*

*Ключевые слова: береста, суберин, полимерный клей, адгезия, химическая промышленность*

В связи с тем, что ископаемые запасы все больше и больше истощаются, разработка экологичных и экономически выгодных продуктов является приоритетным направлением. Так же приходится думать об отходах производства и их правильной утилизации. Учитывая вышесказанное, разработка технологий и продуктов на основе природных запасов, в частности, возобновляемых, является первостепенным.

В Архангельской области при обработке и производстве целлюлозо-бумажных продуктов накапливается огромное количество отходов. Один из них береста. Сейчас береста используется для производства паллетов. Но из-за развития химической промышленности, химической технологии целлюлозы выгодно использовать бересту для производства биологически активных веществ. Одним из таких направлений может стать производство лакокрасочных материалов на основе суберина. Суберин является сопутствующим продуктом при получении бетулина из бересты, он является природным полимером, содержание его в бересте достигает до 25 %. Суберин можно получить с помощью гидролиза коры березы.

Целью нашей работы было исследование получения лакокрасочного материала из суберина и определения его адгезионных свойств.

Для извлечения суберина из березовой коры был использован метод водно-щелочного гидролиза при оптимальных условиях. Гидролиз проводился в СВЧ-камере, где проходил процесс экстрагирования.

Визуально определялся внешний вид полученного продукта, а для его идентификации применялся метод ИК-спектроскопии.

Для изучения кинетики извлечения суберина были отобраны пробы через каждые 2 минуты в течение 15 минут. Отобранная проба в объеме 5 мл была нейтрализована 1М раствором соляной кислоты (HCl) до pH 4-6. Выделившийся осадок суберина отфильтровывался, промывался водой до нейтральной реакции и сушился при комнатной температуре до постоянной массы.

Горячий раствор, прошедший фильтрацию через тканевый фильтр на воронке Бюхнера после проведения гидролиза, содержал целлюлигин в качестве осадка, который был высушен до постоянной массы. Фильтрат был нейтрализован с использованием 1М раствора HCl для достижения pH 4-6. Суберин, полученный в результате процесса, был также отфильтрован, промыт водой до нейтральной реакции и высушен при комнатной температуре над прокаленным CaCl<sub>2</sub> до постоянной массы.

Для получения пленкообразующих лаковых смол были использованы образцы суберина, полученные водно-щелочной и спирто-щелочной экстракцией бересты березы повислой.

Поликонденсацию суберина проводили во вращающемся стеклянном реакторе объемом 500 мл при температурах 110–160 °С. Контроль и поддержание заданной температуры осуществляли с помощью хромель-алюмелевой термопары.

При этом способе поликонденсацию суберина можно оценить по растворимости в скипидаре. Полученные образцы полимерного клея близки показателям товарного клея ПФ-060 [1]. Гидролиз бересты проводили с помощью СВЧ печи при 600 °С, продолжительность гидролиза зависит от размера измельченной бересты, в среднем 15-20 минут [2].

После получения полимерного клея для оценки качества определяли адгезионные свойства. Адгезионные свойства полученного полимерного клея определяли на бумажных и стальных образцах. На бумажных образцах использовали методику, которая приводится в ГОСТ 28966.1–91 «Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании» [3], а на стальных образцах ГОСТ 14759–69 «Клеи. Метод определения прочности при сдвиге» [4]. Динамику изменений усилия при расслаивании на бумажных образцах и при сдвиге на стальных образцах можно увидеть на рисунках 1 и 2.

Как видно из графика, адгезионные свойства выражены более ярко при нанесении полимерного клея на стальной образец. Из этого можно сделать вывод, что клейкообразующие свойства суберина более ярко выражены при нанесении его на металл.

Так же было проведено исследование, при котором в полимерный клей добавляли клей на основе глицерина и желатина в разных концентрациях. Было выявлено, что полимерный клей повышает характеристики данного клея. Динамику изменений усилия при сдвиге на стальных образцах можно увидеть на рисунке 3.

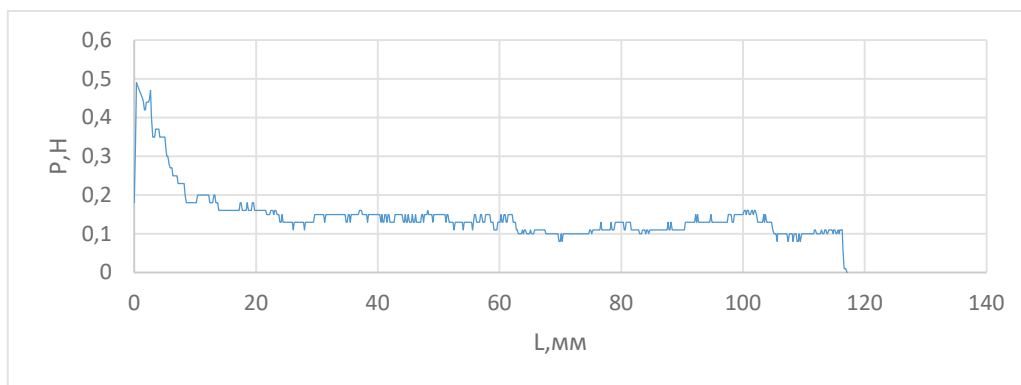


Рис. 1. Изменения усилия расслаивания бумажных образцов

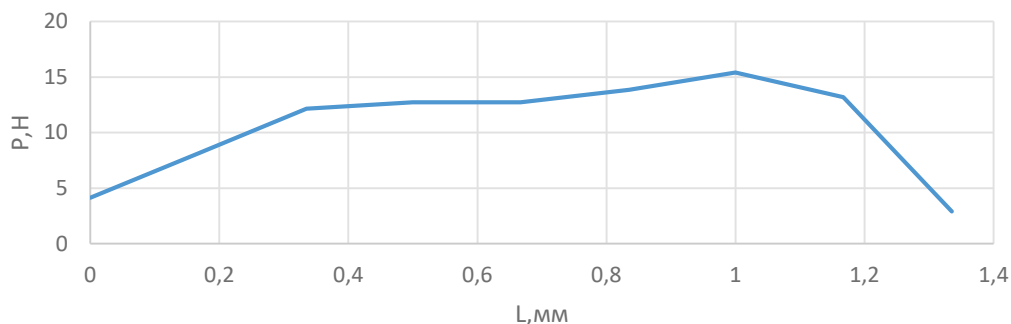


Рис. 2. Динамика усилия при сдвиге стальных образцов

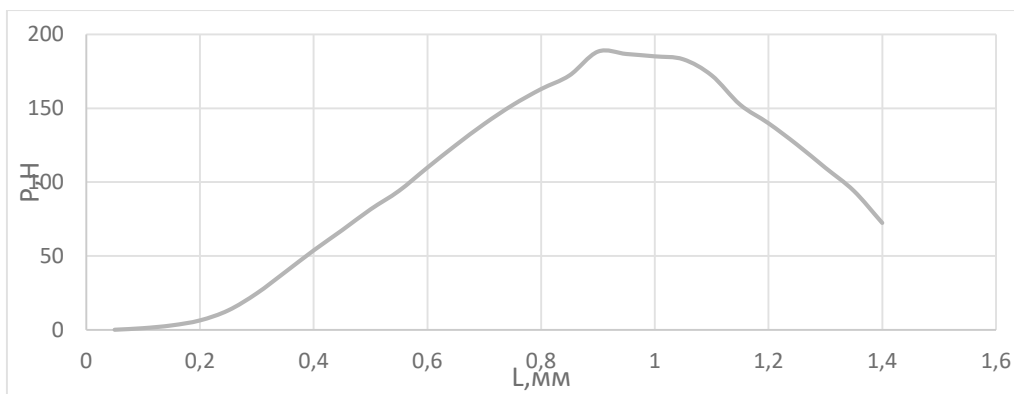


Рис. 3. Динамика усилия при сдвиге стальных образцов

В результате проведенных исследований можно сделать **вывод** о том, что что клейкообразующие свойства полимерного клея на основе суберина более ярко выражены при нанесении его на металл. Субериновые покрытия характеризуются достаточно высокой прочностью. Поверхность покрытия отличается хорошей шероховатостью и низким скольжением. Результаты исследования подтверждают целесообразность использования суберина как лакокрасочного материала, в частности, при окрашивании элементов лестниц, а также в качестве напольных покрытий на металлических поверхностях.

### Библиографический список

1. Коптелова Е. Н., Кутакова Н. А., Третьяков С. И. Извлечение экстрактивных веществ и бетулина из бересты при воздействии СВЧ-поля // Химия растительного сырья. – 2013. – № 4. – С. 159–164.
2. Безумова А. В., Третьяков С. И., Кутакова Н. А., Коптелова Е.Н. Извлечение субериновых кислот из бересты при воздействии СВЧ-поля // Химия растительного сырья. – 2018. – № 1. – С. 21-28.
3. Клеи полимерные. Метод определения прочности при расслаивании [Электронный ресурс]: ГОСТ 28966.1–91 – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200021040> (дата обращения: 05.03.2023).
4. Клеи. Метод определения прочности при сдвиге [Электронный ресурс]: ГОСТ 14759–69 – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020781> (дата обращения: 05.03.2023).

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА РЯДА НОВЫХ АЗОПРОИЗВОДНЫХ ПИРАЗОЛОНА-5

Борисова К. Е.<sup>1</sup>, Васильева М. И.<sup>1</sup>, Полянская Н. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов  
e-mail: ksenia.bor91@mail.ru

## SYNTHESIS AND PROPERTIES OF A NUMBER OF NEW PYRAZOLONE-5 NITROGEN DERIVATIVES

Borisova K.E.<sup>1</sup>, Vasil'eva M.I.<sup>1</sup>, Polyanskaya N.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art)

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia

В работе был произведен синтез новых азопроизводных на основе 3-метил-1-фенил-4,5-дигидро-1H-пиразол-5-оне и 3-метил-1-(*n*-толил)-4,5-дигидро-1H-пиразол-5-оне. Структуры веществ подтверждены методами ИК- и <sup>1</sup>H ЯМР-спектроскопии. С помощью компьютерного моделирования проведена оценка биологической активности и токсичности.

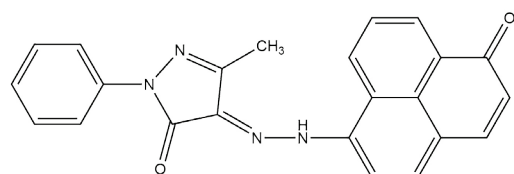
Ключевые слова: пиразол-5-он, диазотирование, азосочетание, спектральные характеристики, биологическая активность, токсичность.

Производные пиразола имеют высокую биологическую активность, поэтому являются объектом многих исследований в качестве соединений с жаропонижающими, противовоспалительными, антимикробными и анальгетическими свойствами [1].

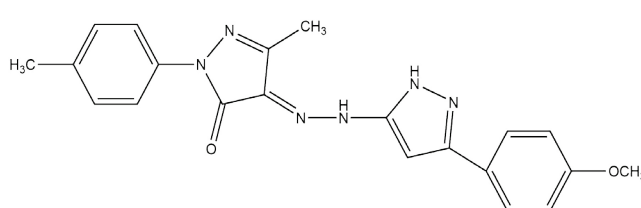
Азокрасители на основе пиразолонна обладают хорошими колористическими свойствами, прочностными характеристиками в отношении света и трения. За счет простоты синтеза интерес к данному классу сохраняется и в настоящее время. Особое значение красители желтой гаммы нашли в качестве оптически молекулярных сенсоров в отношении цианид-ионов [2]. Единственным недостатком данных красителей является отсутствие разнообразия цветовой гаммы. Так в основном цвета колеблются от желтого до оранжевого. Для увеличения цветовой палитры можно производить введение дополнительных фрагментов, которые будут способствовать смещению полосы поглощения в длинноволновую часть спектра. Также введение карбо- и гетероциклических фрагментов может приводить к появлению у красителей на их основе дополнительной высокой биологической активности.

Целью работы явился синтез новых азопроизводных и изучение их свойств и строения. Синтез основывался на классической методике последовательного применения двух химических реакций: диазотирования и азосочетания [3].

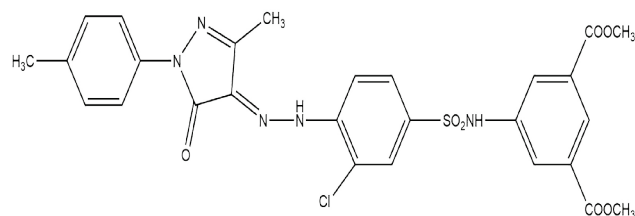
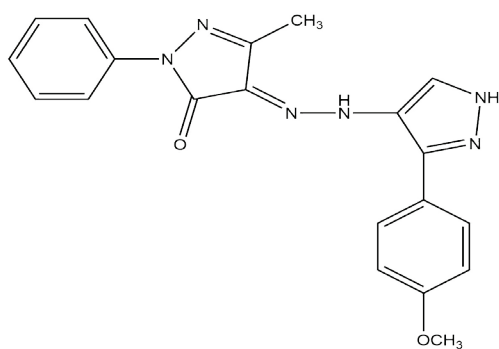
В рамках исследовательской работы было получено 5 новых азосоединений с различными карбоциклическими 1, 4 и гетероциклическими 2, 3, 5 фрагментами (рис.).



1.

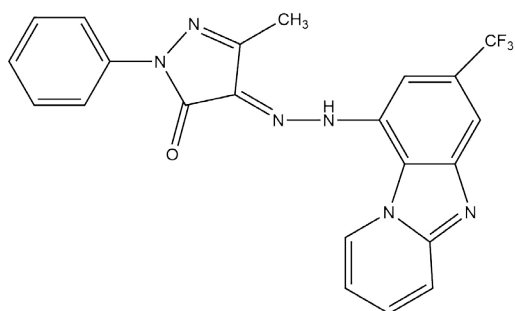


2.



4.

3.



5.

Рис. Азосоединение с различными карбоциклическими 1, 4 и гетероциклическими 2, 3, 5 фрагментами

Чистоту соединений подтверждали с помощью определения температуры плавления и ТСХ. Для проведения тонкослойной хроматографии использовались специально подобранные – элюент1 (бензол:этанол:уксусная кислота = 6:1:1) и элюент2 (бензол:этанол = 5:1). Строение веществ доказано методом <sup>1</sup>H ЯМР и ИК-спектроскопии. Некоторые полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-химические свойства азосоединений

Вещество	Выход, %	T <sub>плав</sub> , °C	Rf
1	40	215	Rf <sub>1</sub> =0,76 элюент <sup>2</sup>
2	55	260	Rf <sub>1</sub> =0,57; Rf <sub>2</sub> =0,70; Rf <sub>3</sub> =0,78 элюент <sup>1</sup>
3	65	260	Rf <sub>1</sub> =0,78; Rf <sub>2</sub> =0,88 элюент <sup>1</sup>
4	35	210	Rf <sub>1</sub> =0,57 элюент <sup>1</sup>
5	40	273	Rf <sub>1</sub> =0,67 элюент <sup>1</sup>

Для прогноза биологической активности объектов исследования использовали компьютерное моделирование в системе PASS [4]. Прогноз осуществлялся на основе двумерных структурных формул. Оценка фармакологических свойств показала, что для соединений с вероятностью более 70 % характерны такие виды биологической активности, как жаропонижающая активность, усиление экспрессии HMGCS2, ингибирование аминокептидазы PfA-M1.



При сравнении жаропонижающей активности полученных азосоединений с исходными производными пиразолона наблюдалось резкое увеличение вероятности проявления данного свойства у синтезированных веществ.

Токсичность соединений при внутривенном и внутрибрюшинном способах введения рассчитывали по программе GUSAR [5]. Для генерации моделей использовался алгоритм самосогласованной регрессии. Оценка токсичности азосоединений показала, что все вещества являются малотоксичными при внутрибрюшинном методе введения либо полностью нетоксичными. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Оценка токсичности при внутривенном и пероральном способах введения

Соединение	Rat IP LD50 Путь введения: внутрибрюшинный	Rat IV LD50 Путь введения: внутривенный
1	5	4
2	5	4
3	5	4
4	Нетоксичное	4
5	5	4

Таким образом, в работе синтезировано пять новых азосоединений на основе производных пиразолона-5, строение которых доказано спектральными методами анализа. Компьютерным моделированием установлено, что все соединения являются малотоксичными при внутривенном и пероральном способах введения и проявляют с вероятностью более 70 % жаропонижающую биологическую активность.

### Библиографический список

1. Faruk A., Ruhul A. Synthesis and Pharmacological Activity of Some Pyrazolone Derivatives // J. Pharmaceutical Research International. - 2020. - №10. - P. 46-55.
2. Garzon L., Portilla J. Synthesis of novel D-π-A dyes for colorimetric cyanide sensing based on hemicyanine-functionalized N-(2-pyridyl)pyrazoles // J. Organic Chemistry. - 2019. - №42. - P. 7079-7088.
3. Нгуен В. Синтез и физико-химические исследования комплексных соединений переходных металлов с N-гетероциклическими производными азопиразолона-5: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.01. – М., 2015. – 182 с.
4. PASS Online [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.chem.msu.su/rus/teaching/diazo/glava3\(9\).html](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/diazo/glava3(9).html). (дата обращения: 20.03.2023).
5. GUSAR [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.way2drug.com/gusar/acutoxpredict.html> (дата обращения: 22.03.2023).

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИРОДЫ ПОЛИМЕРОВ

Буранбаева М. М., Столярова П. С., Козлов А. М.  
*РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*  
*e-mail: [buranbaeva.mil@yandex.ru](mailto:buranbaeva.mil@yandex.ru)*

## APPLICATION OF VOLTAMMETRY IN DETERMINING THE NATURE OF POLYMERS

Buranbaeva M.M., Stolyarova P.S., Kozlov A.M.  
*National University of Oil and Gas «Gubkin University»*

*Целью работы является изучение применения вольтамперометрии в определении природы полимеров. Объектами исследования выбраны полистирол (ПС) и поливинилхлорид (ПВХ). Продукты их термической деструкции подверглись анализу на полярографе TEA 4000 компании NORDANTEC GmbH, по полученным потенциалам полуволн проводилась идентификация полимера. К преимуществам предлагаемого метода относятся быстрота, универсальность, лёгкость обработки результатов, что делает его весьма конкурентоспособным. Для подтверждения достоверности полученных результатов также проведены ИК-спектроскопия и синхронный термический анализ (СТА).*

*Ключевые слова: идентификация полимеров, природа полимеров, высокомолекулярные соединения, вольтамперометрия.*

Растущая роль полимерных материалов в современной технике и технологии обусловлена их уникальными механическими, температурными, деформационными и электрическими свойствами. Очевидно, что эксплуатационные свойства готовых изделий будут зависеть от природы составляющих их полимеров: там, где применим один, невозможно применение иного. По этой причине определение природы полимерных макромолекул является важной составляющей экспериментальных исследований в области технологий их производства, применения и переработки.

С целью облегчения переработки полимеров Таможенный союз утвердил Технический регламент ТС ТР 005/2011 «О безопасности упаковки», который предъявляет требования к маркировке упаковки: производитель обязуется указывать материал изготовления с помощью цифрового кода или аббревиатуры [1]. Однако при переработке полимерных материалов данная маркировка может быть утеряна, или же производитель мог недобросовестно задекларировать товар. К тому же данный регламент не распространяется на сырьевую продукцию, а лишь на готовую.

Известные на сегодняшний день методы идентификации полимеров, такие как ИК- и УФ-спектроскопия, масс-спектрометрия, термогравиметрия (ТГ), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) и т. д. занимают продолжительное время и требуют глубоких знаний в области анализа высокомолекулярных соединений (ВМС). К тому же полученные результаты могут указывать сразу на несколько видов полимера, поэтому необходимо проведение ряда испытаний на характер горения, растворимость в различных растворителях, специфические качественные реакции и т. д., что достаточно трудоёмко.

В полимерной промышленности стоит острый вопрос разработки быстрых, универсальных, достаточно точных и легко обрабатываемых методов идентификации полимерных материалов. В качестве такого метода предложен вольтамперометрический анализ.

Таким образом, целью работы является изучение применения вольтамперометрии при идентификации полимеров, а также сопоставление полученных результатов с результатами ИК-спектроскопии, термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК).

Термическая деструкция полимеров (ПС и ПВХ) проводится на установке, состоящей из колбы Вюрца, горелки, пробки с термометром, прямого холодильника, аллонжа, приёмника и бани со льдом. Продукты пиролиза вновь перегоняют с целью устранения продуктов частичного разложения.

Продукты деструкции полимеров способны восстанавливаться на поверхности рабочего электрода (в нашем случае ртутного капающего), поэтому именно они анализируются на полярографе TEA 4000 компании NORDANTEC GmbH. В полярограф помещают 0,1 мл, полученных в результате пиролиза соединений, и 10 мл 0,05 н. раствора четвертичных солей аммония в 50 %-м метаноле.

По полученным данным строится зависимость силы тока от приложенного напряжения и определяется потенциал полуволны, который измеряется по отношению к стандартному электроду – каломельному. Установлено, что продукты деструкции ПС характеризуются потенциалом, равным  $E_{1/2} = -2,34$  В, а ПВХ –  $E_{1/2} = +0,30$  В. Полученный в ходе вольтамперометрического анализа потенциал полуволны зависит от качественных характеристик соединений, но не зависит от количественных, следовательно, может быть использован для их идентификации. Предлагается создать базу данных показателей, по которым в последующем и устанавливать тождественность неизвестного образца полимера известному.

Также проведены ДСК и ТГ на приборе STA NETZSCH STA 449F1 со скоростью нагрева образцов 10 °С/мин в атмосфере азота, подача которого составила 50 мл/мин. Полученные ДСК и ТГ- кривые представлены на рисунках 1 и 2.

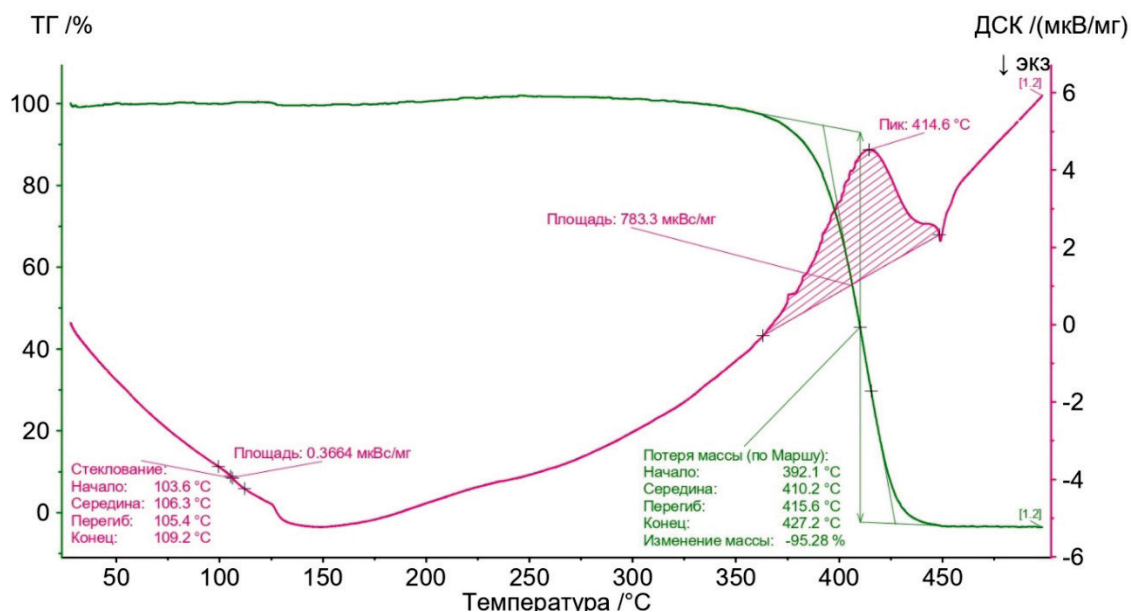


Рис. 1. ДСК и ТГ- кривые полистирола

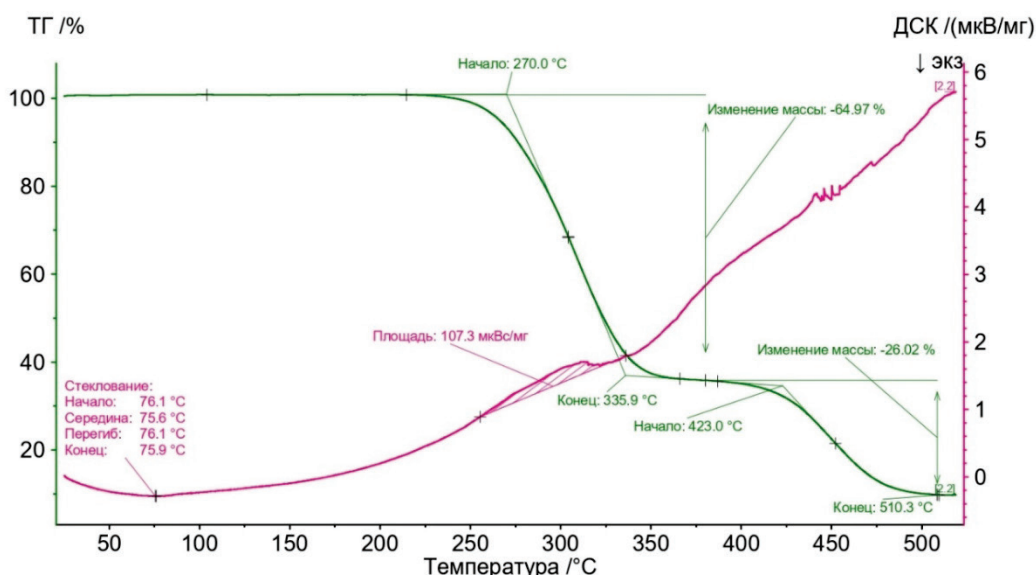


Рис. 2. ДСК и ТГ- кривые поливинилхлорида

Анализ полученных ДСК и ТГ- кривых показывает, что температура стеклования полистирола равна 103,6 °С. Максимальный пик на ТГ- кривой показывает 95,28 % потери массы. Для ПВХ же температура стеклования составила 76,1 °С. Максимальная потеря массы, равная 64,97 %, соответствует деструкции ПВХ – основного компонента смеси. Наличие второго пика на кривой ТГ свидетельствует о том, что в образце ПВХ содержится добавка, предположительно, краситель TiO<sub>2</sub>. Полученные температуры стеклования соотносятся с литературными данными и подтверждают достоверность полученных в ходе вольтамперометрического анализа результатов.

Проведён анализ образцов полимеров на ИК-спектрометре. В полученном ИК-спектре ПВХ присутствуют следующие полосы: 2973, 2938 и 2909 см<sup>-1</sup>, относящиеся к валентным колебаниям остаточных СН<sub>2</sub>- и СН-групп, 553-695 см<sup>-1</sup>, отвечающие за валентные колебания связи С-Cl, 1457, 906 см<sup>-1</sup> и 1364, 1243, 1065 см<sup>-1</sup>, характерные для деформационных колебаний СН<sub>2</sub>- и СН-групп, соответственно. Аналогичная расшифровка проведена и для полистирола на основании литературных данных [2]. Полученные результаты определения природы полимера идентичны с результатами вольтамперометрического анализа, что подтверждает надёжность последнего.

Выводы по проделанной работе:

- Продукты деструкции ПС характеризуются потенциалом, равным  $E_{1/2} = -2,34$  В, а ПВХ –  $E_{1/2} = +0,30$  В., следовательно, при последующих определениях природы полимеров вольтамперометрией можно ориентироваться на полученные значения.

- Обработка результатов ИК-спектроскопии, ДСК и ТГ показала достоверность результатов, полученных в ходе вольтамперометрического анализа.

Таким образом, в ходе проведённых исследований показана перспективность и целесообразность применения вольтамперометрического анализа при идентификации полимерных молекул ввиду его точности, универсальности и быстроты проведения, что делает возможным его успешную интеграцию в полимерную промышленность.

### Библиографический список

1. Технический регламент Таможенного союза: ТР ТС 005/2011. О безопасности упаковки [Текст]: нормативный материал. – Москва: [б. и.], 2011. – 35 с.
2. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных; Пер. с англ. – Москва: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ 3,5-ДИМЕТИЛ-4-ФЕНИЛ-1Н-ПИРАЗОЛОАЗО(БЕНЗОТИАЗОЛ-2-ИЛ)-3-МЕТИЛ-1Н-ПИРАЗОЛ-5-ОНА С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Васильева М. И.<sup>1</sup>, Борисова К. Е.<sup>1</sup>, Полянская Н. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)*

<sup>2</sup> *Российский Университет Дружбы Народов  
E-mail: dodokina\_96@mail.ru*

**STUDY OF THE FEATURES OF COMPLEXATION OF 3,5-DIMETHYL-4-PHENYL-1H-PYRAZOLO AZO(BENZOTHAZOLE-2-YL)-3-METHYL-1H-PYRAZOLE-5-ONE WITH RARE EARTH METALS**

Vasilyeva M.I.<sup>1</sup>, Borisova K.E. <sup>1</sup>, Polyanskaya N.A. <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Kosygin Russian State University (Technologies.Design. Art)*

<sup>2</sup> *Peoples' Friendship University of Russia*

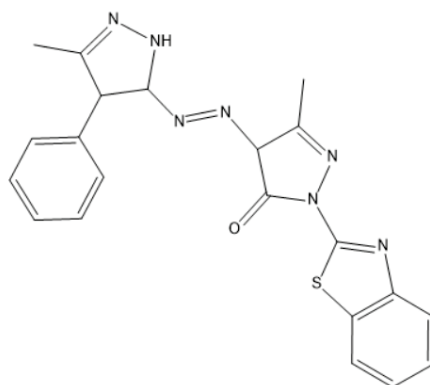
*В данной статье описывается изучение комплексообразования 3,5-диметил-4-фенил-1Н-пиразолоазо(бензотиазол-2-ил)-3-метил-1Н-пиразол-5-она с некоторыми катионами редкоземельных металлов ( $Sc^{3+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $La^{3+}$ ,  $Pr^{3+}$ ,  $Nd^{3+}$ ,  $Sm^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$ ). Изучена потенциальная биологическая активность и токсичность гетероциклического азосоединения, содержащего бензтиазольный фрагмент, при помощи компьютерного прогнозирования в программах PASS и GUSAR. Изучены процессы комплексообразования исследуемого соединения с катионами РЗЭ ( $Sc^{3+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $La^{3+}$ ,  $Pr^{3+}$ ,  $Nd^{3+}$ ,  $Sm^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$ ). Рассчитаны константы устойчивости металлокомплексов с редкоземельными элементами, а также состав комплексов в растворах.*

*Ключевые слова: азокрасители, пиразолоновые циклы, комплексообразование, биологическая активность, редкоземельные элементы.*

Цель работы – изучить комплексообразование 3,5-диметил-4-фенил-1Н-пиразолоазо(бензотиазол-2-ил)-3-метил-1Н-пиразол-5-она с некоторыми катионами редкоземельных металлов ( $Sc^{3+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $La^{3+}$ ,  $Pr^{3+}$ ,  $Nd^{3+}$ ,  $Sm^{3+}$ ,  $Eu^{3+}$ ,  $Dy^{3+}$ ), провести компьютерное прогнозирование биологической активности и токсичности получаемых комплексных соединений.

Азосоединения, включающие пиразолоновые циклы, – это широко известный класс соединений, включающий в себя простоту синтеза, дешевизну производства конечного продукта и хорошие колористические характеристики. Кроме того, пиразолоновый цикл имеет биологическую активность, например, пирамидон, антипирин [1]. Производные, содержащие азопиразолоновый фрагмент, – это лекарственные средства, т. е. сам краситель на основе пиразолона-5 может дополнительно обладать биологическими свойствами.

Фрагменты бензтиазола нашли применение среди биологически активных веществ, поскольку они обладают противоопухолевой и противовоспалительной активностью [2, 3]. Также производные бензтиазола используют для диагностики болезни Альцгеймера, обнаружения менингита головного мозга [4], а также в качестве электролюминесцентных материалов и ингибиторов коррозии для стали [5].



1

Рис. Строение 3,5-диметил-4-фенил-1Н-пиразолоазо(бензотиазол-2-ил)-3-метил-1Н-пиразол-5-она (соединение 1)

Методом спектрофотометрического титрования изучено взаимодействие соединения 1 с катионами РЗЭ, а именно со скандием, иттрием, лантаном, празеодимом, неодимом, самарием, европием, диспрозием.

Рассчитанные константы устойчивости приведены в таблице 1.

Таблица 1. Константы устойчивости комплексов соединения 1 с катионами РЗЭ

$M^{3+}$	$\lambda_{max}$ , нм	Состав комплекса	$lg \beta$	$\frac{lg \beta}{n}$
$Sc^{3+}$	420	$ML_3$	10,70	3,565
$Y^{3+}$	423	$ML_2$	6,92	3,46
$La^{3+}$	420	$ML_3$	10,5	3,50
$Pr^{3+}$	421	$ML_2$	7,292	3,646
$Nd^{3+}$	426	$ML_3$	10,46	3,486
$Sm^{3+}$	409		10,484	3,495
$Eu^{3+}$	401		10,485	3,495
$Dy^{3+}$	425		10,841	3,613

Проведен скрининг биологической активности и токсичности с использованием таких общедоступных программ, как PASS и GUSAR, для органических соединений и их комплексов (табл. 2).

Таблица 2. Данные по биологической активности и токсичности соединения 1 и выделенных комплексов

Pa(Pi), %	L	$Sc^{3+}$	$Y^{3+}$	$La^{3+}$	$Pr^{3+}$	$Nd^{3+}$	$Sm^{3+}$	$Eu^{3+}$	$Dy^{3+}$
Ингибитор аминопептидазы Pfa-M1	89,4(0,1)	80,0(0,2)							
Антагонист Mc1-1	72,6(0,4)	62,5(0,5)							
Токсичность									
Rat IP LD50	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rat IV LD50	4	4	4	4	4	Non toxic	4	Non toxic	4
Rat Oral LD50	5	5	5	4	4	4	5	4	5
Rat SC LD50	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Добавление металла уменьшает биологическую активность, в то время как токсичность комплексных соединений незначительно уменьшается.

Таким образом можно сделать следующий **вывод**. Проведено изучение комплексообразования изучаемого соединения с некоторыми катионами редкоземельных металлов ( $\text{Sc}^{3+}$ ,  $\text{Y}^{3+}$ ,  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$ ,  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\text{Sm}^{3+}$ ,  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Dy}^{3+}$ ), рассчитаны константы устойчивости получаемых комплексных соединений, определён их состав, также проведено компьютерное прогнозирование с целью выявления характерной биологической активности и токсичности.

### Библиографический список

1. Добрынина Н.А. Бионеорганическая химия. – Москва, 2007. – С. 33-34.
2. Bozec L. L., Moody C. J. Naturally Occurring Nitrogen-Sulfur Compounds. The Benzothiazole Alkaloids // Aust. J. Chem. – 2009. – Vol. 62, № 7. – P. 639–647.
3. Interactions with polynucleotides and antitumor activity of amidino and imidazolinylyl substituted 2-phenylbenzothiazole mesylates / L. Racané [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2014. – Vol. 86. – P. 406–419.
4. Treatment of meningiomas using phenylbenzothiazole, stilbene, biphenylalkyne. Patent: US 2015/0157744 A1 Int. Cl. A61K 51/04, A61K 49100. Inventors: G. B. Johnson [et al.]. Date of publication: 11.06.2015.
5. Enhanced corrosion resistance of mild steel in 1 M HCl solution by trace amount of 2-phenylbenzothiazole derivatives: Experimental, quantum chemical calculations and molecular dynamics (MD) simulation studie / Z. Salarvand [et al.] // Corrosion Science. – 2017. – Vol. 114. P. 133–145.

УДК 678:049.167

### ВЛИЯНИЕ УМЕРЕННОГО УРОВНЯ pH НА РАСТВОРИМОСТЬ И ПЛЕНКООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КАРРАГИНАНА-КАППА

Дударева Е. А., Осовская И. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: [iraosov@mail.ru](mailto:iraosov@mail.ru)

### EFFECT OF MODERATE PH ON SOLUBILITY AND FILM-FORMING CAPACITY OF CARRAGEENAN KAPPA

Dudareva E.A., Osovskaya I.I.

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

*Сегодня медицина и фармацевтика заинтересованы в исследовании свойств водорослей. В работе определена температура гелеобразования, которая составила 40 °С. Исследования показали нерастворимость каррагинана-каппа в органических растворителях, но хорошую растворимость в воде при 80 °С, время растворения – 40 минут. Определена зависимость времени растворения каррагинана-каппа от pH среды.*

*Ключевые слова: морские водоросли, каррагинан, растворение каррагинана-каппа в воде и органических растворителях, температура.*

Развитие химии полимеров за последние два десятилетия привело к тому, что высокомолекулярные соединения начали с успехом использовать в медицине как конструкционные материалы – искусственные органы и ткани, покрытия, клеи и т. д. В наше время медицина и фармацевтика заинтересованы в исследовании свойств многих водорослей. Пока лишь несколько десятков видов водорослей из нескольких десятков тысяч находят



применение в медицине. Наиболее часто морские водоросли применяют для нормализации обменных процессов. Витаминные комплексы в составе морских водорослей всасываются быстро благодаря йоду, которым они обогащены. Кальций строит кости, магний улучшает регенерацию тканей и обновляет кровь. В результате метаболизации токсических веществ в организме человека может ускоряться процесс образования свободных радикалов, которые оказывают токсическое действие на мембраны клеток организма. Клинически доказана эффективность водорослевых препаратов как радиопротекторов. Нейтрализуя образующиеся пероксидные соединения и стимулируя иммунную систему, возможно добиться защиты организма от радиационного поражения. В целом все эти вещества быстро очищают захламлённый организм. Отсутствие необходимых новых физико-химических свойств для ещё большего расширения практических приложений, безусловно, является актуальным [1-3].

Красные водоросли стали основным источником для получения многих полисахаридов, один из которых является каррагинан, востребованный во многих отраслях промышленности [3].

Целью данной работы является исследование физико-химических свойств каррагинана для его практического применения в медицине и фармацевтике.

Каррагинан представляет собой сульфатированный галактан, состоящий из D-галактозы и 3,6-ангидро-D-галактозы. На сегодняшний день известно более 18 разновидностей данного полисахарида, каждый из которых отличается по физико-химическим свойствам. Каррагинаны занимают важное место в производстве фармацевтических средств, являясь аналогами гепарина, обладают противосклеротическим действием, подавляют рост опухолевых метастазов, обладают противовирусным действием, используется в текстильной промышленности [4, 5]. Коммерческий каррагинан-каппа, с которым мы работали, – это порошок белого цвета.

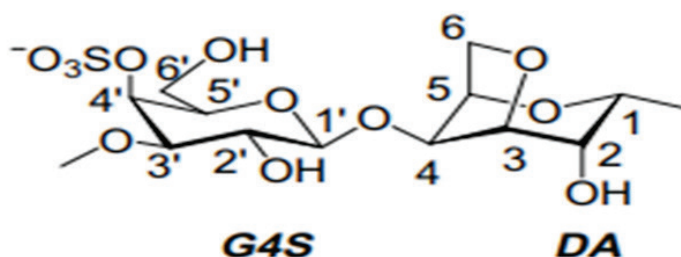


Рис. Фрагмент каррагинан-каппа

Каррагинан в основном состоит из чередующихся 3-связанной б-D-галактопиранозы (G-звенья) и 4-связанной а-D-галактопиранозы (D-звенья) или 4-связанной 3,6-ангидро-а-D-галактопиранозы (DA-звенья), образующих дисахаридную повторяющуюся единицу каррагинанов.

Каррагинан обладает пленкообразующей способностью. Для получения пленок 25 мл 1 %-ого раствора наливали в специальную емкость из фторопласта. Образующиеся пузырьки воздуха удаляли прокалыванием. Раствор оставляли на воздухе на 120 мин. для удаления растворителя и образования пленки. Визуально пленки прозрачные, без видимых дефектов. Гидрофильные свойства пленок определяли по набуханию пленки в воде весовым методом по изменению массы пленки до и после максимального набухания. Максимальная степень набухания пленки при времени 60 мин. составила 130 %. По истечении указанного времени степень набухания понижается, в связи с растворением полимера. Способность поглощать пары H<sub>2</sub>O оценивали изопиестическим методом по методике [6]. Сорбция паров воды при P/P<sub>0</sub>=1 составила 0,38 г H<sub>2</sub>O/г каррагинана. Насыпная плотность каррагинана составила 0,462 г/см<sup>3</sup>. Определена температура гелеобразования, которая составила 40 °С. Исследования показали нерастворимость каррагинана в органических растворителях, но хорошую растворимость в воде при 80 °С, время растворения – 40 минут. В работе впервые получена



зависимость влияния времени растворения каррагинана при умеренных  $3 < \text{pH} < 9$ . pH регулировали 0,1н HCl и 4 % раствором NaOH. Выбор pH обусловлен применением каррагинана в практике его использования в этом интервале pH. В основном щелочную обработку используют в промышленности для повышения гелеобразующих свойств. Полученные результаты приведены в таблице.

Таблица. Зависимость времени растворения каррагинана-каппа от pH среды

№	pH	Время растворения, мин. Температура растворения = 75°C
1	3.62	30.0
2	4.0	32.0
3	4.37	34.0
4	5.23	35.0
5	6.10	36.0
6	6.68	36.5
7	7.00	38.0
8	8.64	40.0
9	9.69	45.0
10	10.0	54.0

Как видно из таблицы, в кислой среде время растворения каррагинана соизмеримо со временем растворения при pH = 7 в то время, как время растворения в щелочной среде увеличивается с 40 до 50 минут при pH = 9.

**Основные выводы.** В работе впервые измерено поглощение паров H<sub>2</sub>O при различных значениях P/P<sub>0</sub> изопиестическим методом. Исследования показали нерастворимость каррагинана в органических растворителях и хорошую растворимость в воде при 80 °C. Изучение физико-химических свойств каррагинана: пленкообразующей способности и растворения каррагинана в широком диапазоне pH показало возможность его использования в биоинженерии для доставки лекарственных препаратов.

#### Библиографический список

1. Подкорытова А. В. Водоросли и морские травы морей России: состояние и перспективы // Рыбная промышленность. – 2004. – № 2. – С.40-43.
2. Подкорытова А. В. Морские водоросли-макрофиты и травы. – М.: ВНИРО, 2005. – 175 с.
3. Приходько А. А., Осовская И. И., Баранова А. Е. Выделение полифенольных экстрактов из биомассы бурых фукусковых водорослей рода *Fucus Vesiculosus*// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2001. – № 2. – С. 117-120. DOI: 10,46418/2079-8199-2021-2-19.
4. Antonin Chevenier, Diane Jouanneau, Elizabeth Ficko-Blean, Carrageenan biosynthesis in red algae: A review, 2023. 34 p.
5. Vanessa Leiria Campo, Daniel Fábio Kawano, Dílson Braz da Silva Jr., Ivone Carvalho, Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review, 2009. 180 p.
6. Осовская И. И., Бородина А. М., Курзин А. В., Роцин В. И. Синтез и свойства модифицированной ксантановой камеди // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 95-104. DOI: 10.14258/jcprm.2021049525.

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА ПРОКЛЕЙКУ БУМАГИ С МИНЕРАЛЬНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ**

*Истомина Л. Г., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: lyuda.istomina2017@yandex.ru*

## **THE EFFECT OF BACTERIAL CELLULOSE ADDITIVES ON THE SIZING OF PAPER WITH MINERAL FILLER**

*Istomina L.G., Malyutina D. I., Smirnova E. G.*

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

*Исследовано влияние бактериальной целлюлозы, синтезируемой штаммом *Komagataeibacter rhaeticus* на степень проклейки бумаги с высоким содержанием минерального наполнителя. Было установлено, что при проклейке бумаги с высоким содержанием наполнителя клеем АКД добавка бактериальной целлюлозы дополнительно снижает впитывающую способность бумаги, причем впитывающая способность снижается в большей степени при предварительном взаимодействии бактериальной целлюлозы и минерального наполнителя перед введением в бумажную массу.*

*Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, клей АКД, карбонат кальция, наполнение, проклейка, метод Кобб.*

Многие виды бумаги изготавливают с применением минеральных наполнителей. Они улучшают печатные свойства бумаги – гладкость, впитывающую способность, белизну и непрозрачность [1].

О содержании наполнителей в бумаге можно судить по её зольности. Условно, по зольности бумаги делятся на четыре группы:

1. Бумага с естественной зольностью волокна (т. е. без наполнителей).
2. Малозольная, с содержанием золы до 5 %.
3. Средней зольности (до 12-15 % золы).
4. Высокозольная бумага, с содержанием золы выше 15 % [2].

Применение минеральных наполнителей экономически выгодно, так как позволяет заменить часть волокна на более дешевые минеральные компоненты. Однако минеральные наполнители увеличивают толщину и пористость бумаги, тем самым отрицательно влияют на показатели проклейки, так же ухудшаются показатели механической прочности бумаги. Во избежание придания отрицательных свойств, количество вводимых в бумагу наполнителей ограничено.

Цель работы – изучить влияние бактериальной целлюлозы на впитывающую способность бумаги с высоким содержанием наполнителя.

Для проведения испытания выполняли роспуск и размол сульфатной листовенной беленой целлюлозы, определение степени помола бумажной массы, в соответствии с действующими стандартами. На листоотливном аппарате Репид-Кеттен изготавливали образцы бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup> из подготовленной сульфатной листовенной беленой целлюлозы марки ЛС-1 с добавлением бактериальной целлюлозы, синтезируемой штаммом *Komagataeibacter rhaeticus* [3]. Бактериальную целлюлозу (БЦ) размалывали в дезинтеграторе при 15000 ±10 об/мин при концентрации суспензии 0,1–0,11 % в течение 10±1 мин. БЦ добавляли в количестве 0-1 – 2,5-5 % к массе а.с. волокна, карбонат кальция в количестве 15 и 30 % к массе а.с. волокна и клей АКД - в количестве 2 и 7 кг/т бумаги. Образцы изготавливали при введении всех компонентов последовательно и с предварительным смешиванием

бактериальной целлюлозы и карбоната кальция перед введением в бумажную массу по схемам:

Вариант 1: СФА листов. цел-за + БЦ + Карбонат кальция + клей АКД;

Вариант 2: СФА листов. цел-за + [БЦ + Карбонат кальция] + клей АКД.

У образцов бумаги определяли степень проклейки по методу Кобба. Как видно на рисунке 1, увеличение расхода клея АКД приводит к снижению впитывающей способности – это закономерно и известно, добавка БЦ в количестве 5 % к массе а.с. волокна дополнительно понижает впитывающую способность бумаги, примерно, на 30 %. Исследовано влияние добавления бактериальной целлюлозы на впитываемость бумаги при введении клея АКД, без наполнителя (рис.1).

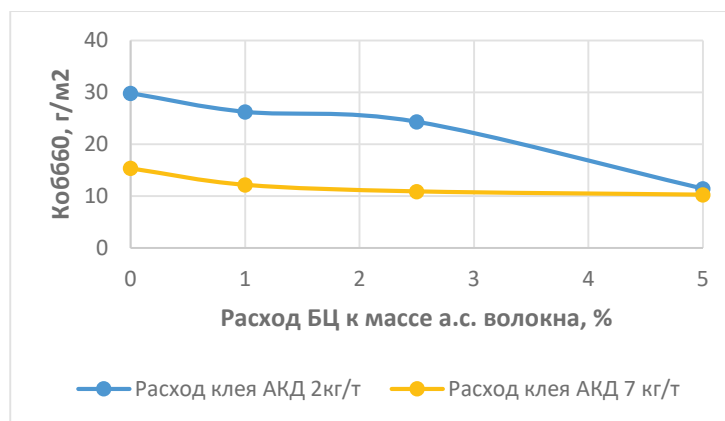


Рис. 1. Зависимость впитывающей способности бумаги от количества добавляемой БЦ

Исследовано влияние добавления бактериальной целлюлозы, карбоната кальция и клея АКД на степень проклейки бумаги. Компоненты вводились в бумажную массу по варианту 1 и варианту 2 (рис. 2).

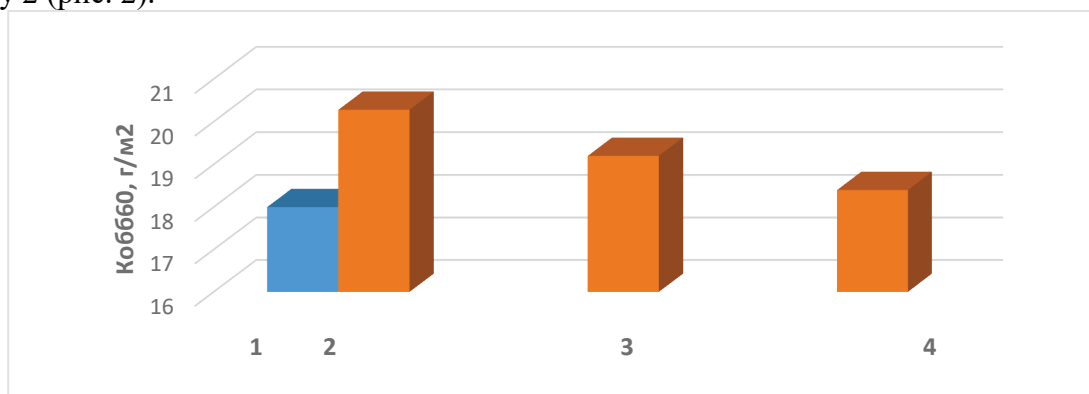


Рис. 2. Зависимость впитывающей способности бумаги от расхода карбоната кальция и БЦ при применении для проклейки бумаги клея АКД в количестве 7 кг/т:

- 1 – расход карбоната кальция 15 %, БЦ – 0 %;
- 2 – расход карбоната кальция 30 %, БЦ – 0 %;
- 3 – расход карбоната кальция 30 %, БЦ – 5 % (вариант 1);
- 4 – расход карбоната кальция 30 %, БЦ – 5 % (вариант 2)

Как видно на рисунке 2 (1, 2), увеличение содержания наполнителя с 15 до 30 % к массе а.с. волокна приводит к повышению впитывающей способности бумаги. Добавление БЦ в количестве 5 % к массе а.с. волокна (рис. 2, вариант 3, 4) снижает впитывающую способность бумаги, причем в большей степени при введении компонентов по варианту 2, при котором БЦ перед подачей в бумажную массу предварительно смешивается с суспензией наполнителя.

**Выводы.** Одной из основных проблем использования минеральных наполнителей является снижение показателя проклейки бумаги. Это связано с тем, что частицы наполнителей адсорбируют частицы клея, а также увеличивают пористость.

Добавление БЦ позволяет снизить впитывающую способность бумаги при высоком расходе минерального наполнителя, что позволит сократить расход клея АКД. В большей степени впитывающая способность снижается при предварительном смешивании БЦ с суспензией наполнителя перед подачей в бумажную массу.

### Библиографический список

1. Фляте, Д. М. Технология бумаги: Учебник для вузов / Д. М. Фляте. – М.: Лесная Промышленность, 1988. – 432 с.
2. Мишурина, О. А. Тагаева, К. А. Исследование влияния композиционного состава по волокну на влагопрочностные свойства исходного сырья при производстве картонных втулок // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2013. – С. 286–289.
3. Патент ЕАПО 201700517 Штамм *Комagataeibacter (Gluconacetobacter) rhaeticus* calu - 1629, синтезирующий наноцеллюлозу/ Ткаченко А. А., Райко М. П., Мигунова А. В., Бюл. 06, 2018 г.

УДК 676.034.81

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА ВЫСОКОГО ВЫХОДА ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАРТОНА

Коваленко Е. А., Черноус А. С., Кейзер П. М.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

*e-mail: [helena2002hello@yandex.ru](mailto:helena2002hello@yandex.ru)*

### INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCT OF HIGH YIELD FROM SUNFLOWER HUSK ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF CARDBOARD

Kovalenko E.A., Chornous A.S., Keizer P.M.

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Development*

*В данной статье были рассмотрены теоретические и практические аспекты изучения прочностных характеристик картона с добавлением волокнистого полуфабриката высокого выхода из лузги подсолнечника. Это позволяет в дальнейшем использовать шелуху подсолнечника для удешевления производственного процесса и внедрения однолетних растений в изготовлении бумаги и картона.*

*Ключевые слова: лузга подсолнечника, перекись водорода, гидроксид натрия, щелочь, пропаривание, разрывная длина, индекс сопротивления продавливанию, полуфабрикат высокого выхода, картон.*

При производстве растительного масла из семян подсолнечника остаются такие отходы, как лузга (шелуха), шрот, жмых, которые составляют 35 % от массы семян. Помимо использования в комбикормах (путем добавления размола лузги в композицию корма для животных) шелуху подсолнечника применяют для создания фильтров, чтобы адсорбировать нефть, как органическое удобрение для рыхления и улучшения почвы, а также для получения фурфурола, этилового спирта, кормовых дрожжей. Также лузгу семян применяют для синтеза биогаза, изготовления декоративных и звукоизоляционных плит, производства пеллетного топлива [1].

Но даже при такой активной переработке шелухи остается довольно много, утилизация в таких объемах является затруднительной и дорогой, поэтому необходимо искать новые способы ее переработки.

Одним из таких новых способов может стать производство картона, в шелухе подсолнечника содержится от 20 до 67 % целлюлозы.

При различных методах обработки выход целлюлозы может достигать до 50 % [2].

Цель работы: получить полуфабрикат высокого выхода, исследовать прочностные характеристики картона с добавлением волокнистого полуфабриката высокого выхода из лузги подсолнечника для оценки возможности использования шелухи от семечек подсолнечника в производстве бумаги и картона.

Для получения картона с добавлением шелухи семян были использованы картон марки МС-5Б; волокно, полученное из лузги.

В эксперименте были использованы отливки с содержанием МС-5Б и волокна из лузги с соотношением в композиции (в процентах): 95/5; 90/10; 85/15; 80/20.

Методика получения волокон предусматривает пропаривание исходного сырья при температуре 100 °С в течение 10 мин. Затем лузга помещается в раствор гидроксида натрия соответствующей концентрации с температурой 25 °С, в котором выдерживается в течение 10 мин для обеспечения диффузии химикатов в лузгу (I ступень пропитки). Пропитанная лузга отжимается в гидравлическом прессе, после этого сливается раствор гидроксида натрия и заполняется раствором перекиси водорода, затем снимается давление пресса и выдерживается в течение 10 мин. После этого лузга в растворе нагревается до 80 °С и размалывается на лабораторном рафинёре (10 мин роспуск, 3 мин размол). Гидромодуль 1:10. Для серии экспериментов было отобрано 3 образца лузги по 65,5 г в.с.в., концентрации растворов гидроксида натрия 1, 5 и 10 %, концентрация перекиси водорода 4 %.

В ходе проведенной работы были получены три вида образцов волокнистых полуфабрикатов с различной степенью помола и проведено исследование физико-механических характеристик (табл.1).

Таблица 1. Показатели волокнистых полуфабрикатов

№ образца	$C_{\text{NaOH}}$ , %	$C_{\text{H}_2\text{O}_2}$ , %	$T_{\text{в NaOH}}$ , мин	$T_{\text{в H}_2\text{O}_2}$ , мин	Степень помола, °ШР
1	1	4	10	10	54
2	5	4	10	10	36
3	10	4	10	10	40

Данные, полученные при исследовании разрывной длины и индекса сопротивления продавливанию, представлены ниже в виде графиков (рис. 1 и рис. 2).

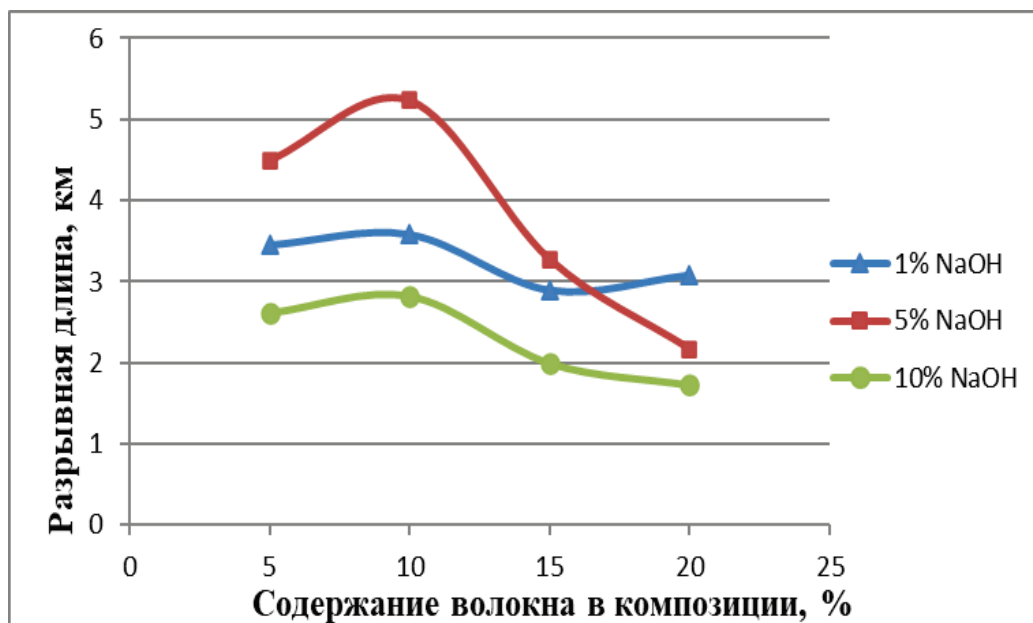


Рис.1. Зависимость разрывной длины от содержания волокна в композиции

Образец, состоящий из 10 % волокна, обработанного 5 % раствором щелочи, имеет наибольшую разрывную длину, чем другие образцы.

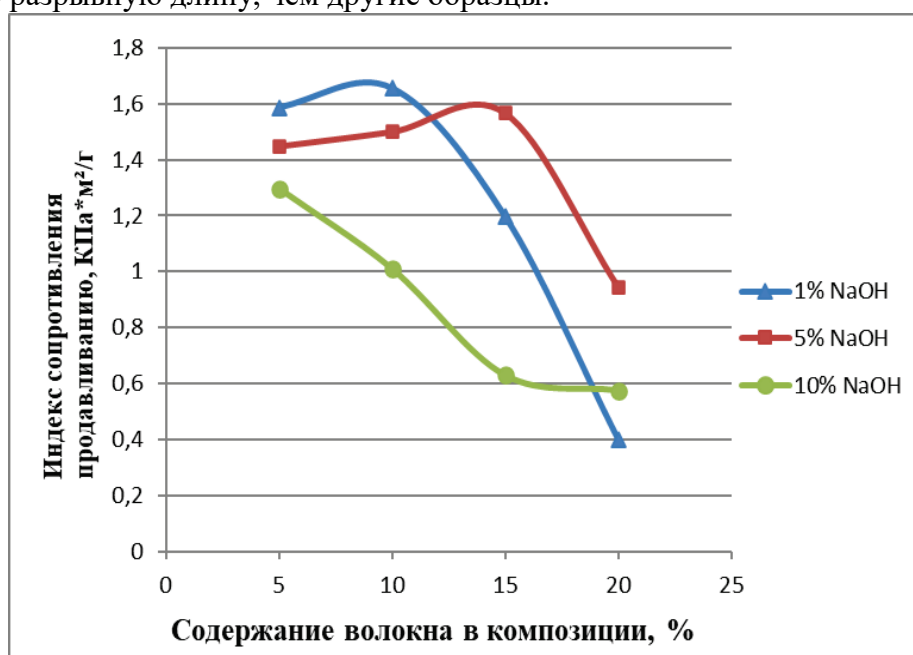


Рис. 2. Зависимость индекса сопротивления продавливанию от содержания волокна в композиции

Образцы, состоящие из 10 % и 15 % волокна, обработанные 1 % и 5 % раствором щелочи, имеют наибольший индекс сопротивления продавливанию.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие **выводы**:

1. Лузгу подсолнечника можно пропитать раствором гидроокиси натрия под атмосферным давлением и перекиси водорода при небольшой степени сжатия, используя стандартное оборудование.
2. Среди полученных образцов наибольшую разрывную длину имеет образец с содержанием волокна 10 % (обработка 5 % раствором щелочи), максимальный индекс

сопротивления продавливанию имеют образцы с содержанием 10 % (обработка 1 % раствором щелочи) и с содержанием 15 % волокна (обработка 5 % раствором щелочи).

3. С увеличением расхода NaOH прочностные характеристики полученных образцов картона (разрывная длина, индекс сопротивления продавливанию) постепенно снижаются.

4. Химико-механическая масса из лузги подсолнечника, полученная с помощью низкотемпературной щелочной обработки, может использоваться в композиции флютинга в количестве от 5 до 15 % без существенного снижения прочностных показателей.

### Библиографический список

1. Ковехова, А. В. Особенности химического состава плодовых оболочек подсолнечника и продуктов их переработки: специальность 03.02.08 «Экология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук/Ковехова Анна Васильевна; Дальневосточный федеральный университет. – Владивосток, 2016. – 19 с.
2. Имашева А. А., Кабдрахманова С. К., Ибраева Ж. Е., Кудайбергенов С. Е., Акатан К., Абилев М. Б. Исследование возможности получения целлюлозы из отходов масляных культур органосольвентным методом // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – С. 35-39 .

УДК 678.049

### СВОЙСТВА СУЛЬФАТИРОВАННОГО ПОЛИСАХАРИДА ИЗ КРАСНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ

Криворотова Е. А., Осовская И. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

*e-mail: iraosov@mail.ru*

### PROPERTIES OF SULFATED POLYSACCHARIDE FROM RED ALGAE

Krivorotova E.A., Osovskaya I.I.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*Красные морские водоросли – важное сырье для получения агарозы – природного гелеобразующего вещества, загустителя и стабилизатора. Определена условная вязкость 1 % раствора полимера. Измерены температуры растворения и начала гелеобразования. Получена зависимость степени набухания от времени. Выявлена пленкообразующая способность агарозы.*

*Ключевые слова: морские водоросли, агароза, растворение, гелеобразование, набухание, температура, пленкообразование.*

Изучение морских водорослей является столь изученным, сколь и изучаемым объектом исследования многих ученых, как в России, так и за рубежом. Помимо антибактериальных свойств, благодаря обогащению серебром, они оказывают антимикробное и тонизирующее воздействие на организм [1-3]. Основным продуктом, полученным из морских водорослей, является агар, из которого выделяют ценный продукт агарозу. Она представляет собой линейный полимер.

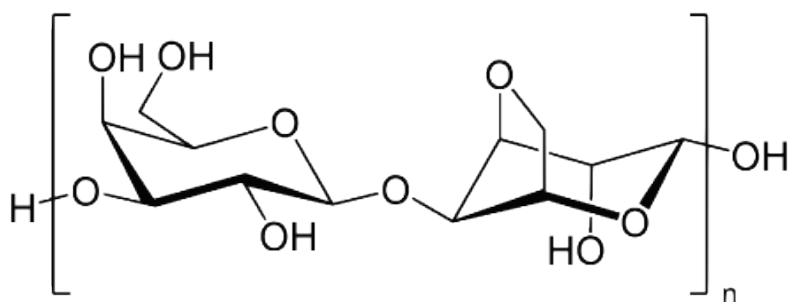


Рис. Фрагмент агарозы

Объектом данного исследования была импортная агароза (AppliChem, Германия). В России агароза не производится. На сегодняшний день в научной литературе недостаточно сведений о физико-химических свойствах агарозы.

Целью данной работы является получение важных физико-химических свойств изучаемого продукта для пополнения как теоретических данных, так и для расширения возможных практических приложений.

В работе были поставлены следующие задачи: определить гидрофильные свойства изучаемого полимера, найти условную вязкость полимера, определить температуру студнеобразования, получить зависимость степени набухания студней от времени.

Методы исследования: метод равновесной сорбции паров воды, условная вязкость, определение начальной температуры гелеобразования, набухание.

Способность поглощать пары  $H_2O$  оценивали изопиестическим методом. Для определения сорбции паров агарозу массой 1 г, высушенную до абсолютно сухого состояния, помещают в эксикаторы с растворами солей с различными давлениями насыщенных паров воды ( $P/P_0$ ) [4]. Для более быстрого достижения равновесной сорбции навески обдуваются воздухом. Сетчатые карманы с навесками агарозы оставляют в эксикаторах в течение 7-10 дней. В течение всего опыта проводится систематическое взвешивание образцов до равновесной сорбции. После установления равновесия полимер извлекают из эксикатора, взвешивают ( $m_1$ ) и сушат до абсолютно сухого состояния ( $m_2$ ). В таблице 1 представлены полученные результаты.

Таблица 1. Равновесная сорбция паров воды при различных  $P/P_0$

Агароза	Сорбция паров воды, г $H_2O$ /г а. с. агарозы		
	$p/p_0 = 0,65$	$p/p_0 = 0,84$	$p/p_0 = 1$
	0,18	0,27	0,38

Важной характеристикой полимера для использования в производстве является вязкость, которую определяли по методике, описанной в работе. Сущность метода заключается в растворении навески агарозы массой 1 г в 100 мл дистиллированной воды при нагревании. При 80 °С происходит растворение полимера. Измерение условной вязкости (времени истечения) полученного 1 %-ого раствора агарозы проводили на вискозиметре ВЗ-246 ГОСТ 9070-75. Согласно этому ГОСТ, вязкость измеряется в секундах. Чашу заполняли до краев исследуемой жидкостью, которую пропускали через сопла размером 0,2 и 0,4 мм и измеряли время истечения жидкости. Условная вязкость при диаметре 0,2 равна 63 секунды, при 0,4 мм – 12 секунд. В работе установлена пленкообразующая способность агарозы. Для получения пленок 25 мл раствора полимера помещали в чашку Петри; полученная в течение 24 часов пленка визуально была прозрачной, без видимых дефектов.

Для определения начальной температуры гелеобразования 1 %-й раствор полимера, полученный при температуре 80 °С, охлаждали при комнатной температуре (25 °С). Начальное помутнение и увеличение вязкости раствора происходит при 35 °С и соответствует началу



гелеобразования. Небольшое расхождение температуры гелеобразования агарозы с источником [5], по-видимому, можно объяснить разными фирмами, выпускающими агарозу (Condalab, Испания; Servicebio, Китай). Объектом исследования в настоящей работе была агароза фирмы AppliChem (Германия). Гелеобразование происходит за счёт построения пространственной структуры из пучка полимерных нитей, на основе водородной связи [6, 7].

Для получения студней готовили 1,0 %-й раствор агарозы. Растворение проводили в колбе при постоянном перемешивании на водяной бане. Способность агарозы к полному растворению, как указано выше, происходит при температуре 80 °С. При охлаждении полученного раствора при 25 °С в течение 3-х часов происходит застудневание полимера. Из образовавшихся студней вырезают образцы прямоугольной формы, одинаковые по толщине, их помещают в H<sub>2</sub>O. Образцы взвешивают первоначально, а затем – через каждые 30 минут. Количественной характеристикой набухания полимера является степень набухания ( $\alpha$ ), определяемая весовым методом. Она выражается количеством поглощенной образцом полимера воды, отнесенное к единице массы полимера и определяется по формуле:  $\alpha = (m - m_0) / m_0$ ,

где  $m$  – первоначальная масса полимера, г;  $m_0$  – масса набухшего полимера, г.

Зависимость степени набухания от времени показана в таблице 2. Результаты, приведенные в таблице 2, характерны для неограниченного набухания, типичное для большинства белков и полисахаридов (агар-агар, желатин). Увеличение набухания происходит в течение 90 минут, достигает максимума и понижается в связи с растворением полимера. Следовательно, при времени набухания >90 минут, скорость растворения преобладает.

**Заключение.** В работе впервые была определена сорбция паров воды при различных P/P<sub>0</sub>. Впервые представлены результаты эксперимента по изучению условной вязкости раствора полимера. Найдена начальная температура гелеобразования. Впервые получена зависимость степени набухания студней агарозы от времени. Физико-химические свойства изучаемого продукта важны для пополнения как теоретических данных, так и для расширения возможных практических приложений.

Таблица 2. Зависимость степени набухания студня агарозы от времени

Время набухания, мин.	Степень набухания, %
30	8,4
60	10,7
90	13,2
120	11,7
150	9,0
180	7,8

### Библиографический список

1. Подкорытова А. В. Водоросли и морские травы морей России: состояние и перспективы // Рыбная промышленность. – 2004. – № 2. – С. 40-43.
2. Подкорытова А. В. Морские водоросли-макрофиты и травы. – М.: ВНИРО, 2005. – 175 с.
3. Приходько А. А., Осовская И. И., Баранова А. Е. Выделение полифенольных экстрактов из биомассы бурых фукусовых водорослей рода *Fucus Vesiculosus* // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2021. – № 2. – С. 117-120. DOI: 10.46418/2079-8199-2021-2-19

4. Краткий справочник физико-химических величин некоторых неорганических и органических соединений/ Сост.: Л. Ю. Брусенцева, А. А. Кудряшова. – Самара: НОУ ВПО СМИ «РЕАВИЗ», 2011. – 68 с.
5. Электронно-микроскопические исследования структурных изменений полисахаридного гелеобразователя при формировании низкоконцентрированных водных гелей агарозы // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2005. – № 1. – С. 269. – EDN HUQOED.
6. Тагер А. А. Физико-химия полимеров. – Издание 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Научный мир, 2007. – 576 с.
7. Lapasin R. Rheology of Industrial Polysaccharides Theory and Applications. Springer Verlag, 2013. 632 p.

УДК 541.182.023

### КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОТРАБОТАННОГО РАСТВОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД

Крутиков А. С., Демьянцева Е. Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

*e-mail: [andr.crutikoff@yandex.ru](mailto:andr.crutikoff@yandex.ru)*

### COLLOIDAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE SPENT SOLUTION OF LOW-TEMPERATURE PROCESSING OF HARDWOOD

Krutikov A.S., Demiantseva E.Yu.

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

*Переработка отходов и неликвидной древесины в химико-термомеханическую массу при низких температурах является экономически эффективным способом рационального использования природных ресурсов, особенно для применения на малотоннажных заводах. В научно-исследовательской работе определен компонентный состав отработанного раствора после низкотемпературной обработки древесины лиственных пород, рассматриваются его коллоидно-химические свойства.*

*Ключевые слова: экструзионная химико-термомеханическая масса, отработанный раствор низкотемпературной обработки.*

В соответствии со «Стратегией развития лесного комплекса до 2030 года» одна из главных целей – рациональное использование древесины [1]. В настоящее время одной из проблем лесоперерабатывающего комплекса (ЛПК) является наличие древесных отходов и неликвидной древесины, которые должны быть утилизированы. Одним из возможных способов утилизации отходов – возможность производства твердого формованного топлива (пеллеты, брикеты и др.). Однако из-за сложной логистики не все предприятия ЛПК могут использовать данный способ. Альтернативным решением данной проблемы может быть организация малотоннажных цехов по переработке древесных отходов и неликвидной древесины в химико-термомеханическую массу экструзионным способом [2]. Данное производство характеризуется высокой рентабельностью, компактностью, отсутствием дурнопахнущих отходов и не требует большого количества чистой воды [2]. Свойства продукта и отработанного раствора, полученных по данной технологии, изучены недостаточно, поэтому целью исследования является определение основных коллоидно-химических характеристик отработанного раствора, полученного при низкотемпературной обработке древесины осины.

В данной работе был определён состав отработанного раствора. Количество сухих веществ составило 0,48 %, минеральных веществ 36 % от содержания сухих веществ, в том

числе общей щелочи 23 %; органических веществ 64 %, в том числе лигнина 3 %. Делигнификация проходила при низких температурах, поэтому в щелок в основном переходят легкогидролизуемые полисахариды, частично лигнин и экстрактивные вещества. Тензиометрическим методом на приборе дю Нуу были определены поверхностные натяжения отработанного раствора различных концентраций. Полученная изотерма поверхностного натяжения представлена на рисунке.

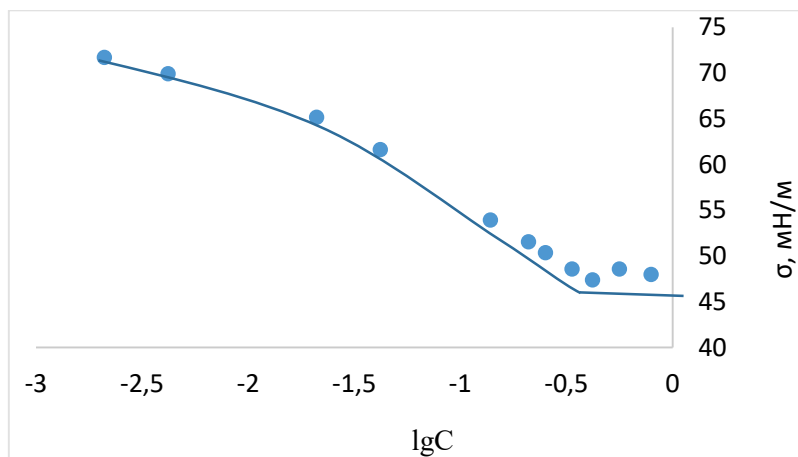


Рис. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации сухих веществ в растворе

По изотерме была определена депрессия поверхностного натяжения, которая составила 27 мН/м, что свидетельствует о незначительном количестве в растворе компонентов, обладающих поверхностно-активными свойствами, такими как производные экстрактивных веществ и лигнина. Критическая концентрация мицеллообразования соответствует 0,3 %. На основании данных характеристик была оценена доля гомогенно- и гетерогенно-растворенных веществ [3]. Доля коллоидно-растворенных частиц составляет примерно 30 %. Методом макроэлектрофореза был определен электрокинетический потенциал частиц. Он составил -2 мВ, что свидетельствует о незначительной агрегативной устойчивости данных систем. Размер коллоидных частиц, определенный методом спектров мутности [3], составил 65 нм.

Таким образом, были определены основные коллоидно-химические характеристики отработанного раствора низкотемпературной обработки древесины лиственных пород. Было доказано, что данный раствор представляет собой ультрамикрорегетерогенную систему, с низкой устойчивостью и малой скоростью седиментации.

### Библиографический список

1. «Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года»: Распоряжение Правительства РФ от 11 февраля 2021 г. №312-р. – М., 2021. – 77 с.
2. Ковернинский И. Н., Прокопенко К. Д. Перспективные малотоннажные заводы переработки балансов и отходов лесопиления в высокорентабельную химико-термомеханическую массу для бумаги и картона// Лесной комплекс. – 2019. – № 2 (36). – С. 64–69.
3. Бронников С. В., Демьянцева Е. Ю. Статистическое распределение размеров частиц смолы древесины и сульфатного лигнина в водно-щелочном растворе // Журнал прикладной химии. – 2005. – Т. 78. – С. 498-501.

**ИОННООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЛИСТВЫ,  
АКТИВИРОВАННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТОЙ**

Ленивцев П. И., Дягилева А. Б.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: lenivcev-pavel@rambler.ru*

**ION-EXCHANGE PROPERTIES OF MATERIALS BASED ON FOLIAGE ACTIVATED  
WITH PHOSPHORIC ACID**

Lenivtsev P.I., Dyagileva A.B.

*Saint Petersburg University of Industrial Technologies and Design*

*На основе анализа литературы установлено, что природные сорбенты используются для очистки воды как в неизменном виде, так и в модифицированных формах. Приводится оценка ионообменной способности адсорбентов на основе природного материала в виде палой листвы, модифицированной с помощью ряда технологических приемов: химической активации, карбонизации и активации. Установлено, что карбонизация снижает обменную емкость, а сами процессы карбонизации и активации являются энергозатратными и не всегда их целесообразно использовать для получения материала с заданными свойствами.*

*Ключевые слова: карбонизация образцов, химическая модификация, обменная емкость, природные иониты и адсорбенты.*

Целью данной работы является изучение адсорбентов на основе природного материала в виде палой листвы, модифицированной с помощью ряда технологических приемов: химической активации, карбонизации и активации.

Для сорбционного извлечения ценных компонентов или доочистки воды от специфических примесей используют различные сорбенты, которые разделяют на углеродные и минеральные, чаще всего на практике применяют активированный уголь [1]. В последние годы для адсорбции применяют природные сорбенты, как естественного происхождения, так и специально подготовленные. В качестве основы для адсорбентов используют минеральные матрицы в виде горных пород или органические – биосорбенты, в виде воспроизводимого растительного сырья. К горным породам и минералам относятся цеолиты, глаукониты, бентонитовые и пылгорскитовые глины, вермикулит, диатомиты, трепел, опока, кристобалитовые породы, перлит и другие. К биосорбентам – сапропель, шелуха сельскохозяйственных культур, пшеничная солома, шерсть, пектиновые гели из сахарной свеклы, кожура цитрусовых, бананов и апельсинов, остатки моркови, отходы маниоки, морские водоросли, листовой опад и т. д. [2, 3]. Природные сорбенты используются для очистки воды как в неизменном виде, так и в модификациях. Последние наиболее широко применимы для модификации, которая, как правило, направлена на свойства для целевых задач последующего их использования в конечном продукте. Наряду с широко применяемыми способами, такими как термическая и химическая обработка, существуют и другие методы современной модификации сорбентов, как воздействие ультразвука, микроволновой и гидротермальной обработки.

Модифицированные сорбенты на основе опоки использованы в качестве сорбента в технологии очистки вод для удаления фосфора, железа, марганца, алюминия [4]. Модифицированный цеолит как сорбент для удаления загрязняющих примесей из влажных сточных вод изучен и использован в Швейцарии [5]. Проведенные в Китае исследования доказали эффективность удаления ионов металлов из сточных вод таких адсорбентов, как глинистые минералы и модифицированные глины: галлуазит, бентонит, монтмориллонит, вермикулит и аттапульгит [6]. Использование модифицированных сорбционными материалами на основе листового опада [7] показано в технологии очистки воды.

Лимитирующим фактором в использовании сорбентов является их регенерация и утилизация. Стоимость природных сорбентов в десятки раз ниже, чем искусственных, поэтому их чаще всего не регенерируют. Одним из способов утилизации является применение цеолитов в качестве добавок к строительным материалам различного назначения [8], однако с реформированием системы оборота отходов эти отработанные материалы имеют высокий класс опасности и требуют дополнительных исследований для рекомендаций по их использованию.

В данной работе рассмотрено влияние различных способов обработки органического материала в виде палой листвы на обменную емкость полученного сорбента. В качестве активирующего агента использовалась ортофосфорная кислота  $H_3PO_4$  (ГОСТ 6552-80) с концентрацией 40 % мас. Сухие листья измельчались, просеивались через сито,  $\varnothing$  отверстий 0,1 см, затем смешивались в кристаллизаторе в соотношении 1:1 по массе при постоянном перемешивании при температуре 90 °С до однородного состояния. Прессование производилось при давлении 17 МПа с последующей сушкой материала при температуре  $130 \pm 5$  °С. Таблетированные формы направлялись для последующей обработки и перевода в форму активированного угля при различной температуре карбонизации и активации по известной технологии [9] с последующей отмывкой водопроводной водой и сушкой в естественных условиях.

Таким образом были получены следующие образцы: таблетированный фосфорнокислый катионит (ФК) из листвы; активный уголь фосфорнокислый (АУФ<sub>800 850</sub>) из листвы при температуре карбонизации 800 °С, активации 850 °С; активный уголь фосфорнокислый (АУФ<sub>600 750</sub>) температура карбонизации 600 °С, активации 750 °С. В качестве образца для сравнения и оценки достоверности полученных результатов был взят промышленный сульфуголь марки СМ-1. Растворы в контакте с испытуемыми образцами находились в течение 48 ч, после чего определяли рН равновесного раствора с помощью лабораторного рН-метра.

Результаты исследования полученных образцов представлены на рисунке.

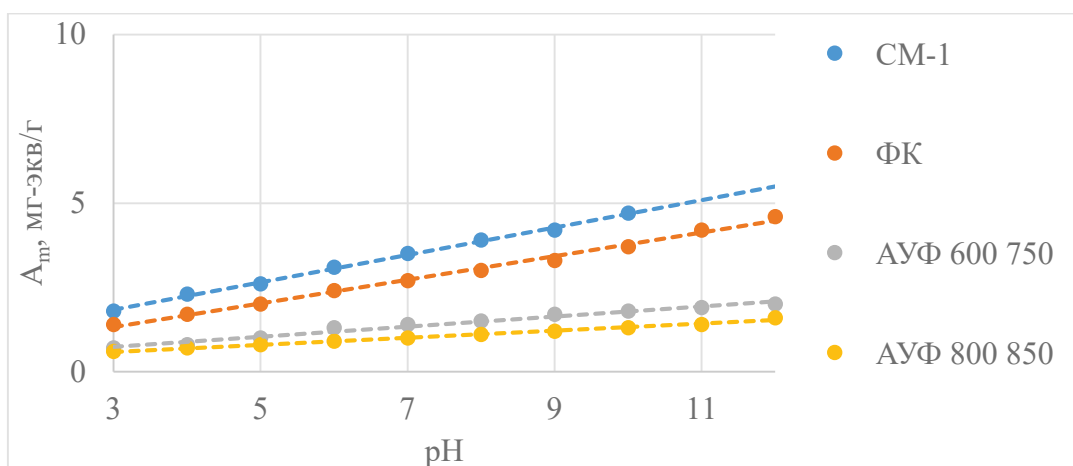


Рис. Зависимость величины обменной емкости адсорбентов на основе опада от рН раствора, полученных в лабораторных условиях

Как видно из представленных зависимостей, можно сделать следующий вывод: все полученные формы по обменной ёмкости меньше, чем реперный объект СМ-1. Следует особо отметить, что исходная таблетирования форма ФК обладает более высокой обменной емкостью по сравнению с карбонизированными и активированными формами АУФ<sub>600 750</sub> и АУФ<sub>800 850</sub>, причем повышение температуры карбонизации и активации приводит к снижению обменных свойств адсорбентов на основе органической матрицы в виде палой листвы, обработанной  $H_3PO_4$ . Таким образом, если доминирующим свойством для адсорбционного материала является обменная емкость, то использование энергозатратных

стадий карбонизации и активации подготовки материала нецелесообразно. Это необходимо учитывать при разработке целевых мероприятий и кастомизации процесса получения товарного продукта.

### Библиографический список

1. Горелкина А. К., Тимошук И. В., Голубева Н. С. [и др.] Адсорбция хлор- и кислородсодержащих загрязняющих веществ из сточных вод активными углями // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 4. – С. 28 – 37.
2. Багров В. В., Камруков А. С. и др. Природные сорбенты и их использование для очистки сточных вод. // Журнал «Вода Magazine». – 2017. – № 8. – С. 38 – 43.
3. Sapronova Zh. A., Sverguzova S., Sulim K., Svyatchenko A. and Chebotaeva E. Sewage treatment in megacities by modified chestnut tree waste / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018 – № 365. – P. 7.
4. Падалкин Н. В., Евшин П. Н. Модифицированные сорбенты на основе опоки для очистки вод // Труды Кольского научного центра РАН. – 2019. – С. 262 – 269.
5. Mohau Moshoeshe. A review of the Chemistry, Structure, Properties and Applications of Zeolites / Mohau Moshoeshe, Misael Silas Nadiye-Tabbiruka, Veronica Obuseng // American Journal of Materials Science. – 2017. – № 7. – P. 196 – 221.
6. Clay mineral adsorbents for heavy metal removal from wastewater: a review / Shiqing Gu, Xiaonan Kang, Lan Wang [et al.] // Environmental Chemistry Letters – 2019. – № 17. – P. 629 – 654.
7. Алексеева, А. А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды / А. А. Алексеева, С. В. Степанова // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – С. 304 – 306.
8. Обуздина, М. В. Способы утилизации отработанных сорбентов на основе цеолитов в строительные материалы / М. В. Обуздина, Е. А. Руш // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2014. – № 3. – С. 158 – 165.
9. Кинле, Х. Активные угли и их промышленное применение / Х. Кинле, Э. Бадер; пер. с нем. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.

УДК 691.3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОВ, НАПОЛНЕННЫХ ФИБРОЙ

Лысенко В. А., Кротова Н. В.

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

### RESEARCH OF THE STRENGTH OF CONCRETE FILLED WITH FIBER

Lysenko V.A., Krotova N.V.

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

*Исследовано влияние дисперсных наполнителей: металлических, стеклянных, полимерных фибр на прочность промышленно выпускаемого бетона марки В25 для использования в объемном строительстве. Установлено, что добавка всего 1 грамма фибры на 1 литр сухой смеси приводит к увеличению прочности на сжатие бетонов на 57–67 %. Показано, что введение фибры является эффективным способом упрочнения бетонов, применяемых в объемном строительстве.*

*Ключевые слова: композит, бетон, фибра, высокая прочность, промышленное строительство.*

Бетоны как композиционные материалы имеют широкое применение в строительстве. Для упрочнения бетонов используют их пространственное армирование: стержневое (арматура из металла, стеклопластиков, углепластиков), сеточное, дисперсное.

В последние годы для изготовления строительных изделий применяют бетоны, армированные фиброй [1]: металлической, стеклянной, базальтовой, углеродной и др.

Большое внимание уделяется фибрам из поливинилспиртовых волокон, обладающих высокой кислотной и щелочной устойчивостью, высокой прочностью связывания с цементной матрицей и относительно низкой стоимостью [2].

К таким строительным изделиям относятся: стеновые блоки (для малоэтажного строительства); фундаментные блоки; фасадные панели; дорожные плиты; стяжки и пр.

Вместе с тем в строительстве широко применяют монолитные конструкции, т. е. изготовленные непосредственно на строительной площадке путем укладки бетонной смеси и элементов армирования в предварительно подготовленную опалубку, что позволяет расширить номенклатуру изделий, которые тоже возможно изготавливать с применением фибры.

Целью настоящего исследования являлось определение опытным путем влияния различных типов фибры в качестве наполнителя для бетонов, применяемых не только для изготовления блоков, стеновых плит, стяжек, но и для производства монолита и сборного железобетона, на их прочность.

В качестве объекта исследования был выбран широко применяемый в объемном строительстве бетон марки В25 с наполнителями из различных фибр: полипропиленовой (марка Cemmix Cemfibra 12 мм), стекловолоконной (марка GOODHIM 12 мм), металлической анкерной (марка Dramix 45/50) и аморфной из стального тонкого листа (марка «Химмет» 50 мм).

Изготовление экспериментальных образцов проводилось в соответствии с ГОСТ 10180-2012. Согласно рекомендациям производителей фибры, в сухую смесь для изготовления бетона В25 вводились дисперсные наполнители в виде фибр в следующем количестве: полипропиленовая – 1 г на литр сухой смеси; стекловолоконная – 0,9 г/л; металлическая анкерная – 40 г/л; металлическая аморфная – 30 г/л. Вес одного литра сухой смеси бетона марки В25 составил 2295 г.

Также были изготовлены образцы бетонной смеси с содержанием полипропиленовой фибры – 10 г/л; металлической анкерной – 1 г/л.

Исследовалась прочность образцов на сжатие согласно ГОСТ 18105-2018. Определялась прочность бетонов в процессе созревания на 7, 14 и 28 суток.

Исследования показали, что прочность бетонов закономерно вырастает по мере их созревания. Увеличение содержания фибры в испытуемом бетоне приводит к увеличению прочности бетонов, однако для бетонов, наполненных полипропиленовой фиброй, наблюдается обратная зависимость.

Например, прочность бетона с концентрацией полипропиленовой фибры 1 г/л бетона составила 59,34 МПа, в то время как концентрация фибры 10 г /1 л дает прочность равную 23,86 МПа.

При определении прочности бетонов в пересчете на 1 г дисперсного наполнителя, наилучший результат на 28 суток показали: стекловолоконная фибра – 70,31 МПа и полипропиленовая фибра – 59,34 МПа. При том, что прочность бетона В25 без дисперсного наполнителя составляет 37,75.

Прочность бетонов, изготовленных при введении стекловолоконной фибры в бетон марки В25 в соответствии с таблицей прочности [3], аналогичны показателям бетона марки В50 – В55. При введении полипропиленовой фибры прочность изготовленного и исследованного в настоящей работе бетона соответствует не наполненному бетону марки В45.

В таблице показаны экспериментальные данные по изменению прочности бетонов в процессе созревания в расчете на 1 г наполнителя.

Таблица. Прочность бетона в процессе созревания на 1 г наполнителя

Вид фибры в бетоне марки В25	Время созревания бетонов, сутки		
	7	14	28
	Прочность бетонов в процессе созревания, МПа		
Без фибры, бетон марки В25	31,45	34,21	37,75
Полипропиленовая - 1 (1 г/1 л)	49,6	54,56	59,34
Стекловолоконная (0,9 г/1 л)	55,6	62,2	70,31
Металлическая анкерная (1 г/1 л)	1,04	1,41	1,51
Металлическая аморфная (30 г/1 л)	1,77	2,05	2,2

Таким образом, показано, что введение всего 1 г фибры на 1 л бетона приводит к увеличению прочности бетонов на 57–67,6% в зависимости от ее вида и фактически позволяет изготавливать бетоны, соответствующие по прочности более высоким маркам бетонов.

Исследования влияния марки и концентрации фибры на прочность бетонов будут продолжены.

### Библиографический список

1. Баженов, Ю. М. Технология бетонов XXI в./ Ю. М. Баженов / Новые научные направления строительного материаловедения. Часть 1. – Белгород, 2005. – 341 с.
2. Zuyun Luo, et al. Carbonation Model and Prediction of Polyvinyl Alcohol Fiber Concrete with Fiber Length and Content Effects. International Journal of Concrete Structures and Materials, v. 16, article number 9, 2022, pp. 1-14.
3. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 13 с.

УДК 53.08+544

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗА-СЕРЕБРО МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ФОТОЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Михаилиди А. М.<sup>1</sup>, Иванова М. В.<sup>1</sup>, Шахмин А. Л.<sup>2</sup>, Котельникова Н. Е.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

<sup>3</sup>Институт высокомолекулярных соединений Российской Академии наук  
e-mail: [amikhailidi@yahoo.com](mailto:amikhailidi@yahoo.com)

### STUDY ON COMPOSITE HYDROGELS CELLULOSE-SILVER BY X-RAY PHOTOELECTRON SPECTROSCOPY

Mikhailidi A.M.<sup>1</sup>, Ivanova M.V.<sup>1</sup>, Shakhmin A.L.<sup>2</sup>, Kotelnikova N.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

<sup>2</sup>Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

<sup>3</sup>Institute of Macromolecular Compounds of the Russian Academy of Sciences

Гидрогели из порошковой целлюлозы льна использованы в качестве матриц для прямого синтеза частиц серебра при восстановлении ионов серебра методом Туркевича, в результате чего получены композитные гидрогели целлюлоза-серебро. Методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) установлено присутствие в композитных



гидрогелях нульвалентного серебра  $Ag(0)$ , при этом энергия связи основной линии  $Ag3d5/2$  составила  $368,59 \pm 0,13$  эВ. Показано, что содержание серебра в композитных гидрогелях увеличивается с увеличением количества восстановителя при синтезе.

*Ключевые слова:* композитный гидрогель, порошковая целлюлоза, серебро.

Гидрогели представляют собой современные трехмерные материалы, способные удерживать воду в больших количествах, и находят применение в различных областях, в частности в медицине, фармакологии и косметологии. Композиционные материалы полимер-металл сочетают свойства металла и полимерной основы, которая обеспечивает композиту биосовместимость, легкость, пластичность, прозрачность, устойчивость к коррозии и т. п. Так, композиционные материалы целлюлоза-серебро (Ц/Ag) уже несколько десятилетий привлекают внимание исследователей в качестве антимикробных покрытий в медицине, исследование свойств которых продолжается и в настоящее время [1–3]. В нашей работе [2] были получены антимикробные композиционные порошковые лигноцеллюлозы (ПЦ) и гидрогели на основе целлюлозы, модифицированные наночастицами серебра, путем химического восстановления ионов металла в матрице целлюлозы с помощью цитрата натрия (тринатриевая соль лимонной кислоты). При исследовании параметров восстановительного процесса варьировали концентрацию растворов  $AgNO_3$  и мольные соотношения (МС) Ц/Ag<sup>+</sup>, при этом концентрацию восстановителя не изменяли. В работе [4] было показано прямое влияние соотношения концентраций растворов  $AgNO_3$  и восстановителя цитрата натрия на размер, форму, дисперсность и агрегативную устойчивость получаемых наночастиц серебра. Цель работы – исследование методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) влияния количества восстановителя на содержание нульвалентного серебра в композиционных гидрогелях целлюлоза-серебро.

**Экспериментальная часть.** Получение гидрогеля осуществляли путем растворения при температуре 50 °С навески ПЦ, выделенной из коротковолокнистого льняного волокна, в растворяющей системе ДМАА/LiCl (концентрация LiCl в растворителе 8 масс. %). Раствор выдерживали при комнатной температуре 5-7 суток до формирования органогелей. Гидрогели получали после их промывки дистиллированной водой до полного удаления растворителя.

Композиционные гидрогели ПЦ/Ag синтезировали по методу Туркевича [2]. На первой стадии восстановительного процесса при температуре 70° С в течение 30 мин гидрогель помещали в 5 мМ водный раствор  $AgNO_3$ , при этом ионы серебра диффундировали в матрицу гидрогеля. На второй стадии вводили раствор восстановителя цитрата натрия для химического восстановления  $Ag^+$ . Мольные соотношения ионы серебра/цитрат-ионы (МС Ag/cit) применяли 1:1, 1:3, 1:5. Объемное соотношение раствора  $AgNO_3$  к раствору цитрата натрия составляло 5:1 [4]. Через 20 мин реакции гидрогель ПЦ/Ag промывали водой.

Анализ химического состава поверхности образцов гидрогелей, высушенных на воздухе, проводили методом РФЭС на спектрометре SECS (ФРГ). Использовали излучение линии  $MgK\alpha$  1253.6 эВ. Область анализа на поверхности образца имела диаметр 1 мм, глубина анализа – ~100 Å. Калибровку по энергии проводили по линии 4f7/2 золота с энергией связи 84.00 эВ. Учет зарядки проводили после разложения линии углерода C1s на компоненты. Энергию связи компоненты, соответствующей C-H связям, устанавливали равной 285.0 эВ.

**Результаты и их обсуждение.** Гидрогели, полученные из льняной ПЦ, представляют собой непрозрачные материалы бежево-коричневого цвета, стабильно сохраняющие форму и цвет при хранении в воде. Водоудерживающая способность (ВУС) гидрогелей, содержащих 3 % ПЦ, составляет 25 г/г. Гидрогели ПЦ/Ag окрашены в коричневый или темно-коричневый цвет. Окраска образцов на поверхности и во внутренней части (на срезе) отличается: внутренняя часть окрашена менее интенсивно, чем внешняя. Потемнение исходного гидрогеля подтверждает восстановление ионов металла как в объеме, так и на поверхности матрицы гидрогеля. Более интенсивная окраска наружной части свидетельствует о преобладающем восстановлении ионов серебра на поверхности и/или в приповерхностных слоях гидрогеля.

Присутствие серебра на поверхности композитных гидрогелей ПЦ/Ag подтверждено при анализе РФЭС спектров. На спектральных линиях Ag присутствуют две компоненты – результат мультиплетного расщепления. Энергия связи основной линии  $Ag3d5/2$  составляет  $368,59 \pm 0,13$  эВ (инструментальная погрешность метода 0,1 эВ) и незначительно отличается в образцах. Наиболее близкую энергию связи имеют линии  $3d5/2$  нульвалентного серебра (368,4 эВ). Это свидетельствует о том, что серебро в гидрогелях находится в химическом состоянии Ag(0). Линии серебра в образце, полученном при МС Ag/cit 1:1, являются менее интенсивными по сравнению с линиями в образце, полученном при МС Ag/cit 1:3, что согласуется с более высоким содержанием Ag на поверхности этого образца гидрогеля (табл.). Содержание серебра увеличивается при изменении МС Ag/cit от значения 0,84 % (МС 1:1) до значения 2,08 % (МС 1:3). В образце с МС Ag/cit 1:5 серебро не обнаружено. Это показывает, что на поверхности образца в области пятна анализа ~1 мм на глубине 100-150 Å серебро присутствует в меньшем количестве, чем 0,1 ат.%. Предположительно, этот результат связан с тем, что частицы серебра неравномерно распределены на поверхности гидрогелей, для выяснения чего требуются дополнительные исследования с привлечением других методов анализа.

Таблица. Элементный состав на поверхности гидрогелей  
(в масс. % атомов каждого вида)

Элемент	Мольное соотношение ионов серебра к цитрат-ионам (МС Ag/cit)		
	1:1	1:3	1:5
С	61,59	60,69	62,75
О	36,70	31,43	31,72
Ag	0,84	2,08	0

**Заключение.** Гидрогели порошковой целлюлозы льна получены путем растворения и последующей регенерации из растворов ДМАА/LiCl и использованы в качестве матриц для синтеза частиц серебра. Синтез осуществляли методом Туркевича с помощью восстановителя цитрата натрия при МС Ag/cit 1:1, 1:3, 1:5. Методом РФЭС подтверждено присутствие серебра в нульвалентном состоянии с энергией связи основной линии  $Ag3d5/2$   $368,59 \pm 0,13$  эВ. Содержание серебра увеличивается при увеличении количества восстановителя в три раза в реакции синтеза Ag(0) в матрице гидрогеля. Из-за неравномерности содержания серебра в матрице необходимо использование дополнительных методов анализа.

#### Библиографический список

1. Куличихин В. Г., Антонов С. В., Макарова В. В., Семаков А. В., Singh P. Нанокompозитные гидроколлоидные адгезивы для биомедицинского применения // Российские Нанотехнологии. – 2006. – № 1. – С. 170–182.
2. Михаилиди А. М., Котельникова Н. Е., Шахмин А. Л. и др. Получение, характеристика и антибактериальные свойства нанокompозитов целлюлозы – Ag, полученных из растворов в ДМАА/LiCl // Химические волокна. – 2015. – № 4. – С. 40–44.
3. Jutakridsada P., Suwannaruang T., Kasemsiri P., Weerapreeyakul N., Knijnenburg J.T.N., et al. Controllability, antiproliferative activity, Ag<sup>+</sup> release, and flow behavior of silver nanoparticles deposited onto cellulose nanocrystals // Int. J. Biol. Macromol. 2023. № 225. P. 899–910.
4. Богачева Н. В., Тарбеева К. А., Огородова Н. Ю. Разработка пошаговой методики получения наночастиц серебра цитратным методом // Известия ВУЗов. Серия Химия и химическая технология. – 2020. – № 63. – С. 65–69.

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АКРИЛАТНЫХ ЛАТЕКСОВ И КАУЧУКОВ**

Мишунин С. В., Суханова Т. Е.

*Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева (ФГУП «НИИСК»)  
e-mail: sergeymishunin@mail.ru*

**SOLVING THE PROBLEM OF WASTEWATER POLLUTION BY SURFACTANTS DURING THE PRODUCTION OF ACRYLATE LATEXES AND RUBBERS**

Mishunin S. V., Sukhanova T. E.

*Scientific Research Institute of Synthetic Rubber*

*Производство эмульсионных акрилатных каучуков связано с применением поверхностно-активных веществ, которые при завершении технологического цикла попадают в сточные воды. Разделение и качественная очистка производственного стока требует значительных затрат. Эффективным решением проблемы является исключение из рецептур синтеза химически насыщенных эмульгаторов и их замена на поверхностно-активные мономеры, входящие в полимерную цепь и обеспечивающие стабильность коллоидных дисперсий.*

*Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, эмульсионная полимеризация, поверхностно-активные мономеры, стабилизаторы дисперсий.*

Экологической проблемой при производстве каучуков эмульсионной полимеризацией является попадание в сточные воды при выделении каучука синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), использующихся в качестве стабилизаторов дисперсий. Очистка сточных вод, содержащих СПАВ, не теряет своей актуальности в связи с динамичным развитием современной промышленности и постоянным увеличением их использования в бытовых целях. Требования по снижению негативного влияния стоков на окружающую среду постоянно ужесточаются, допустимые значения концентраций загрязняющих веществ в сточных водах пересматриваются в сторону снижения и утверждаются на законодательном уровне. Поскольку одной из глобальных проблем является кризис водных ресурсов, новое природоохранное регулирование становится приоритетом экологического блока правительства.

Промышленные производства эмульсионных каучуков, в том числе акрилатных (АК), оснащены установками разделения и очистки стоков, загрязненных продуктами выделения каучуков из латексов. Однако, несмотря на множество известных регенеративных методов очистки стоков от ПАВ (флотация, сорбция, ионный обмен, обратный осмос, экстракция и др.), не всегда удается достичь требуемой степени очистки воды. Комплексные методы очистки позволяют достичь наилучшего результата, однако это приводит к усложнению и удорожанию эмульсионного процесса получения акрилатных сополимеров, который итак характеризуется многостадийностью, высокими трудозатратами и сложным аппаратным оформлением. Все это заставляет производителей искать пути совершенствования технологий получения АК, снижающих экологическую нагрузку.

Эмульсионный полимерный синтез АК предполагает использование эмульгаторов, чаще всего анионных СПАВ, которые обеспечивают прохождение радикальных процессов полимеризации и стабилизируют полимерные дисперсии.

Согласно локальным нормативам ФГУП «НИИСК» (Санкт-Петербург) (Декларация о составе и свойствах сточных вод на 2022-2023 год), фактический показатель концентрации СПАВ в сточных водах не должен превышать 2,1 мг/дм<sup>3</sup>, в связи с чем потребовалось

кардинальное изменение технологии производства АК с исключением из рецептур синтеза химически насыщенных СПАВ.

Целью работы являлось усовершенствование методики эмульсионного синтеза АК с полным исключением из рецептуры синтеза стабилизаторов, обладающих низкой степенью биоразложения. При традиционном эмульгаторном способе синтеза АК ранее использовалась стабилизирующая система на основе эмульгатора алкилсульфоната натрия и диспергатора НФ (лейканола). Общая масса серума и первых промывных вод (объединённый неочищенный сток), образующаяся при электролитной коагуляции и последующей промывке каучуков от эмульгаторов и электролитов, содержит в качестве водорастворимых примесей в основном хлористый натрий ( $15,5 - 16,6 \text{ г/дм}^3$ ), алкилсульфонат натрия ( $0,30 - 0,33 \text{ г/дм}^3$ ) и лейканол ( $0,04 - 0,05 \text{ г/дм}^3$ ). Варьирование содержания примесей в серуме и промывных водах зависят от марки получаемого полимера, условий синтеза и выделения. Несмотря на то, что установка локальной очистки производственного стока комплексным методом обеспечивает снижение суммарного содержания СПАВ до требуемых норм, в сточных водах содержатся следовые количества лейканола (сульфопроизводного нафталина), что недопустимо, поскольку он не подвергается биоразложению и обладает высокой токсичностью [1]. Известные способы улавливания лейканола [2], основанные на применении коагулянтов направленного действия (например, полидиаллилдиметиламмоний хлорида) в количествах 5-10 мг/л сточной воды, не позволяют в полной мере провести очистку.

Задача по улучшению качества сточных вод при производстве АК может быть решена путем исключения химически насыщенных СПАВ из технологического цикла. В нашей работе сополимеры бутилового эфира акриловой кислоты – *n*-бутилакрилата (БА) с нитрилом акриловой кислоты (НАК) и метакриловой кислотой (МАК) получали без использования эмульгаторов [3]. Роль стабилизаторов в этом случае выполняли анионные поверхностно-активные мономеры (ПАМ) различной структуры: фосфатный эфир этоксилата жирного спирта (Maxemul 6112, Croda, Англия); аммонийная соль аллилполиалкиленгликолевого эфирсульфата (APS-100, Clariant, Германия); натриевая соль нафтолсульфоната глицидилметакрилата (СНГ-МА, ФГУП «НИИСК», Россия [4]). Подобно традиционным анионным эмульгаторам, ПАМ объединяют в своей структуре гидрофильный фрагмент (фосфат, сульфат, сульфонат), гидрофобный фрагмент и группу, способную к участию в процессах радикальной полимеризации. Ненасыщенная группа позволяет стабилизатору ковалентно встраиваться в полимерную цепь. Вклад в коллоидную стабильность латексов в обоих вариантах синтеза вносит инициатор персульфатного типа, образуя на первичных олигомерных структурах концевые ионизирующиеся группы с поверхностной активностью. В таблице приведены характеристики дисперсий мономерного состава БА/НАК/МАК=72/23/5, стабилизированных: 1) традиционными ПАВ – алкилсульфонатом натрия и лейканолом; и 2) анионными ПАМ – APS-100 и СНГ-МА.

Таблица. Характеристики синтезированных акрилатных дисперсий состава БА/НАК/МАК=72/23/5

№	Стабилизатор	$M_w, 10^3$	$M_w/M_n$	Размер частиц, нм	Отн. дисперс-ть	$\xi$ -потен-л, мВ	Поверхн. натяжение, мН/м
1	Алкилсул-т + лейканол	85	2,8	58	0,11	-62,2	39,1
2	APS-100 + СНГ-МА	164	4,65	300	0,07	-59,5	42,9

Анализ характеристик полученных дисперсий показал, что коллоидная устойчивость безэмульгаторных латексов при высоких глубинах конверсии ( $\geq 98 \%$ ) может быть достигнута при использовании APS-100 и СНГ-МА, в сочетании с оригинальными технологическими приёмами на разных стадиях сополимеризации. Значения показателей коллоидной стабильности дисперсий (поверхностное натяжение и  $\xi$ -потенциал) синтезированных

образцов близки между собой. Разница в размерах латексных частиц в образцах связана с кинетическими особенностями безэмульгаторного синтеза и механизмом образования полимерно-мономерных частиц. Хранение полученных традиционным и безэмульгаторным способом образцов дисперсий в объёме при комнатной температуре в течение 12 месяцев показало, что латексы седиментационно устойчивы и не образуют осадка. В течение времени хранения дисперсность латексных частиц практически не изменяется.

Проведённые нами исследования показали, что безэмульгаторный синтез дисперсий, с введением в качестве стабилизаторов ПАМ различного строения, дает возможность получения коллоидно-устойчивых акрилатных латексов и выделенных из них каучуков с требуемыми характеристиками. Отсутствие свободного эмульгатора в дисперсиях обеспечивает требуемую чистоту производственных сточных вод и позволяет значительно снизить количество потребляемой воды.

Таким образом, разработанная методика безэмульгаторного синтеза АК позволила решить проблему загрязнения сточных вод поверхностно-активными веществами при производстве акрилатных латексов и каучуков.

### Библиографический список

1. ГОСТ 32509-2013. Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде. Введ. 01.01.2015 – М., Стандартинформ, 2014.
2. Патент РФ № 2443635С1. Способ очистки сточных вод производства эмульсионных каучуков и латексов от лейканола / Иванов К. М. и др., 10.11.2010.
3. Мишунин С. В., Баранец И. В., Корнеева С. А., Агибалова Л. В., Береснев В. Н. Влияние химической природы эмульгатора на структурообразование карбоксилосодержащих латексов на основе *n*-бутилакрилата // Каучук и резина. – 2022. – Т. 81, № 2. – С. 76-81.
4. Патент РФ № 2745264С1. Натриевые соли 2-гидрокси-6-нафтолсульфокислоты и глицидилового аддукта в качестве диспергатора эмульсионной полимеризации и способ получения латексов с их использованием / Береснев В. Н. и др.

УДК 691.178

### **КСАНТАНОВАЯ КАМЕДЬ – МАТЕРИАЛ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ ПРИ РАБОТЕ С МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫМИ ГРУНТАМИ**

Мошков А. И., Осовская И. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

*e-mail: [iraosov@mail.ru](mailto:iraosov@mail.ru)*

### **XANTHAN GUM AS MATERIAL FOR STABILIZING CEMENT MORTARS FOR WORKING WITH PERMAFROST SOILS**

Moshkov Artem Igorevich, master's student

*Osovskaya Iraida Ivanovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor  
Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*Исследование направлено на применение ксантановой камеди в качестве добавок в композицию на основе цементного вяжущего при применении в технологии струйной цементации грунтов. Изучено влияние различных концентраций ксантановой камеди на реологические и физико-механические свойства композиционного материала, применяемого в технологии струйной цементации. Посредством различных физико-химических методов дано научное обоснование полученных результатов. Практическая значимость работы –*

*оптимизация состава на основе цементного вяжущего, при применении ксантановой камеди, увеличивающих эффективность и экологичность процесса.*

*Ключевые слова: ксантановая камедь, цементные вяжущие, многолетние мерзлые грунты, реологические свойства, противоморозные добавки.*

Основным материалом для изготовления геотехнических элементов (свай, анкеров, тяжей и др.) методом буроинъектирования является цемент [1, 2], содержащий дополнительные добавки, в том числе противоморозные. Из-за температурной и химической агрессии такого цемента использование данной технологии в условиях многолетних мерзлых грунтов ограничено. Специфичность многолетнемерзлых грунтов заключается в содержании льда, который при повышении температуры выше 0 °С оттаивает, снижая прочность грунта.

Последствия применения цементных растворов с противоморозными добавками:

1. Повышение температуры в процессе приготовления и в течение 5–6 часов набора прочности с созданием зоны временного оттаивания мерзлоты [4-5].

2. Повышение содержания противоморозных добавок в массиве растаявшего грунта, ведущего к невозможности промерзания, и как следствие, падение несущих характеристик, а также прямой и косвенный вред окружающей среде.

Ксантановая камедь известна своей способностью предотвращать потерю воды из буровых растворов [6], но не существует литературных данных, учитывающих влияние различных факторов на данный процесс, поэтому в настоящее время композиции составляются эмпирическим путем.

Целью данной работы является изучение физико-механических и реологических свойств и оптимизация состава материала на основе цементного вяжущего с добавлением ксантановой камеди в различном соотношении для оптимизации технологии струйной цементации.

В таблице представлена характеристика исследуемых образцов.

Таблица. Характеристика исследуемых образцов

Номер образца	Камедь	Содержание камедей, %
1	Цемент марки 42,5(М500)	0
2	Цемент марки 42,5(М500) с добавкой ксантановой камеди	0,1
3	Цемент марки 42,5(М500) с добавкой ксантановой камеди	1

*\*дальнейшее увеличение содержания ксантановой камеди вело к чрезмерной скорости потери подвижности, делая материал не применимым.*

Важным свойством для материалов с цементным связующим являются условная вязкость и седиментационная устойчивость раствора. Для их определения были приготовлены водные растворы по рецептуре, указанной в таблице. Для приготовления раствора применялась техническая вода в количестве 80 % от массы твёрдой фракции [7]. Все измерения проводились при температуре 20 °С и влажности 80 %.

Для определения условной вязкости применяется вискозиметр Марша [8]. Результаты испытания получены при трех повторениях, с точностью ±1 сек/кварт и представлены на графике 1 (в состоянии динамического перемешивания).

Седиментационная устойчивость раствора в статических условиях характеризуется коэффициентом водоотделения цементного раствора [9]. Измерения проводят с помощью 250 мл мерного цилиндра. Результаты испытаний раствора представлены на рисунке 2.

Коэффициент водоотделения цементного раствора рассчитывается по формуле:

$$n_{в\%} = \frac{V_{в}}{V_{р}} * 100, \%$$

где  $\nu\%$  - коэффициент водоотделения цементного раствора;

$V_v$  – объем выделившейся жидкости, мл;

$V_p$  – объем испытуемого цементного раствора, мл.

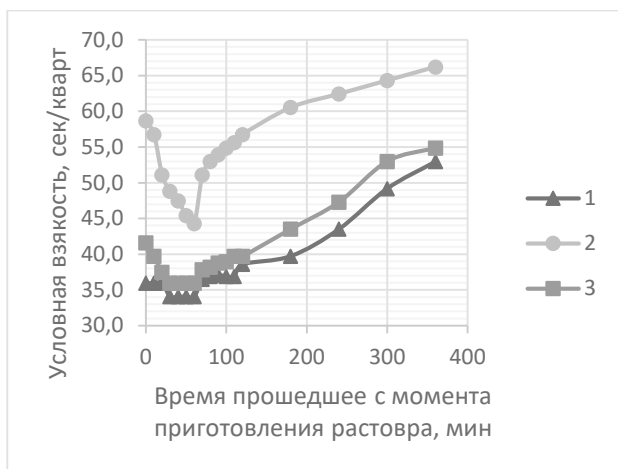


Рис 1. Зависимость условной вязкости образцов от времени.

1 – без добавления камеди; 2 – Цемент марки 42,5 (M500) с добавкой ксантановой камеди 1 %; 3 – Цемент марки 42,5 (M500) с добавкой ксантановой камеди 0,1 %

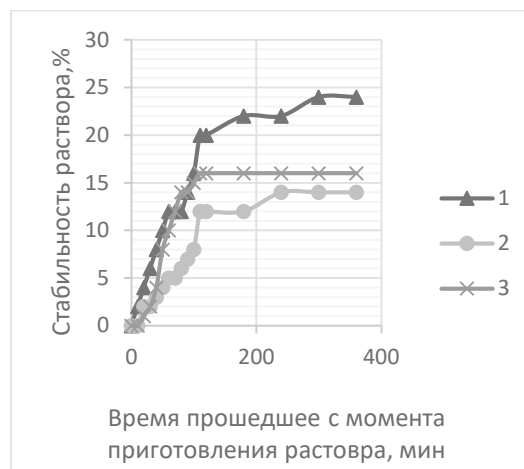


Рис 2. Зависимость коэффициента водоотделения от времени.

1 – без добавления камеди; 2 – Цемент марки 42,5 (M500) с добавкой ксантановой камеди 1%; 3 – Цемент марки 42,5 (M500) с добавкой ксантановой камеди 0,1 %

Из рисунка 1 видно повышение изначального и общего значения вязкости, по сравнению с чистым раствором, при повышении концентрации ксантановой камеди. Наблюдаемое падение вязкости материалов с ксантановой камедью, по-видимому, связано с прекращением гелеобразующего действия ксантановой камеди, при перемешивании раствора. Из рисунка 2 видно снижение скорости роста и конечного значения коэффициента водоотделения, при увеличении концентрации ксантановой камеди, достигаемого за счет гидрофильной способности камеди, а также увеличения вязкости раствора.

#### Выводы:

1. В результате исследования цементного вяжущего при содержании 1 % ксантановой камеди условная вязкость составила 59 сек/кварт, в то время как у чистого цемента эта величина составила 35 сек/кварт.

2. В результате исследования цементного вяжущего при повышении концентрации ксантановой камеди показано снижение водоотделения раствора с 24 % до 14 %.

3. Материал с добавлением ксантановой камеди в качестве добавки можно рекомендовать для использования в технологии технической мелиорации, для укрепления и стабилизации грунтов.

#### Библиографический список

1. Ибрагимов М. Н., Семкин В.В., Шапошников А.В. Закрепление грунтов инъекцией цементных растворов. – 1-е изд. – Москва: Изд-во АСВ, 2012. – 257 с.
2. Свод правил «СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87» от 25.12.2012 (с изм. и доп. в ред. от 30.12.2020 г.). – М.: Росстандарт, 2012.
3. Несветаев Г. В., Фан Т. В. Тепловыделение при гидратации и предел прочности цементного камня //Вестник евразийской науки. – 2013. – №. 3 (16). – С. 129.

4. Сердюкова А. А., Рахимбаев И. Ш. Влияние водоцементного отношения на кинетику тепловыделения цементов //Цемент и его применение. – 2012. – №. 3. – С. 123–126.
5. Lee S. et al. Xanthan gum biopolymer as soil-stabilization binder for road construction using local soil in Sri Lanka //Journal of Materials in Civil Engineering. – 2019. – Т. 31. – №. 11. – С. 06019012.
6. «ГОСТ 23732–2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия (с Поправкой)» от 01.10.2012 № 23732–2011 (с изм. и доп. в ред. от 01.06.2022) / Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2019.
7. «ГОСТ 33762–2016 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к инъекционно-уплотняющим составам и уплотнениям трещин, полостей и расщелин (с Поправкой)» от 23.05.2016 № 33762–2016 (с изм. и доп. в ред. от 01.02.2023) / Официальное издание. – М.: Стандартинформ, 2016.
8. Нормантович А. С. Регулирование процесса водоотделения цементно-водных дисперсных систем: автореф. дис... канд. тех. наук: 05.17.11. – Белгород, 2005. – 16 с.

УДК 676.046

### **ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ СУБЛИМИРОВАННОЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С МИНЕРАЛЬНЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ НА СВОЙСТВА ОФИСНОЙ БУМАГИ**

Назимова В. В., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [tataroch4hka@mail.ru](mailto:tataroch4hka@mail.ru)*

### **INFLUENCE OF SUBLIMATED BACTERIAL CELLULOSE WITH MINERAL FILLER ON OFFICE PAPER PROPERTIES**

Nazimova V.V., Malyutina D.I., Smirnova E.G.

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

*В данной работе было исследовано влияние добавки сухой бактериальной целлюлозы, применяемой для модификации карбоната кальция на механические показатели и зольность офисной бумаги. Выявлено, что добавка бактериальной целлюлозы в количестве 3% к массе а.с. волокна улучшает показатель удержания минерального наполнителя и компенсирует потерю прочности бумаги при ее наполнении.*

*Ключевые слова: бактериальная целлюлоза, зольность, механические показатели, карбонат кальция, модифицированный наполнитель.*

Многие виды бумаги вырабатывают с минеральными наполнителями, которые сообщают бумаге определенные свойства, такие как непрозрачность, белизна, мягкость, гладкость, впитывающую способность и др. Бумага лучше воспринимает краску из печатной формы. Однако наполнители придают бумаге и отрицательные свойства: понижают механическую прочность и степень проклейки бумаги. Понижение этих показателей качества бумаги ограничивает количество вводимых в нее наполнителей [1].

Бактериальная целлюлоза представляет собой чистую целлюлозу, которая обладает уникальными свойствами. Бактериальная целлюлоза может иметь большую среднюю молекулярную массу по сравнению с целлюлозой растительного происхождения. Относительно растительной целлюлозы бактериальный аналог даёт более высокую степень чистоты, улучшенные механические и влагоудерживающие свойства, высокую степень кристалличности [2].



Цель работы: изучить влияние модифицированного бактериальной целлюлозой карбоната кальция на свойства офисной бумаги.

Бактериальная целлюлоза, синтезируемая штаммом *Komagataeibacter rhaeticus* CALU 1629 [3], была подвергнута сублимационной сушке и далее смешивалась в массе с наполнителем (карбонатом кальция). В качестве полуфабриката использовали сульфатную лиственную беленую целлюлозу марки ЛС-1. Подготовка массы, роспуск, размол, определение механической прочности и показателя зольности бумаги проводились в соответствии с действующими стандартами.

Для испытаний изготавливали образцы массой 80 г/м<sup>2</sup>. В полученную суспензию дозировали минеральный наполнитель с расходами 5 %; 15 %; 30 %; 50 %, БЦ в виде порошка добавляли в массу в количестве 3 % от массы абсолютно сухого вещества.

Исследовано влияние добавления бактериальной целлюлозы на показатель зольности бумаги с разным расходом минерального наполнителя (рис.1).

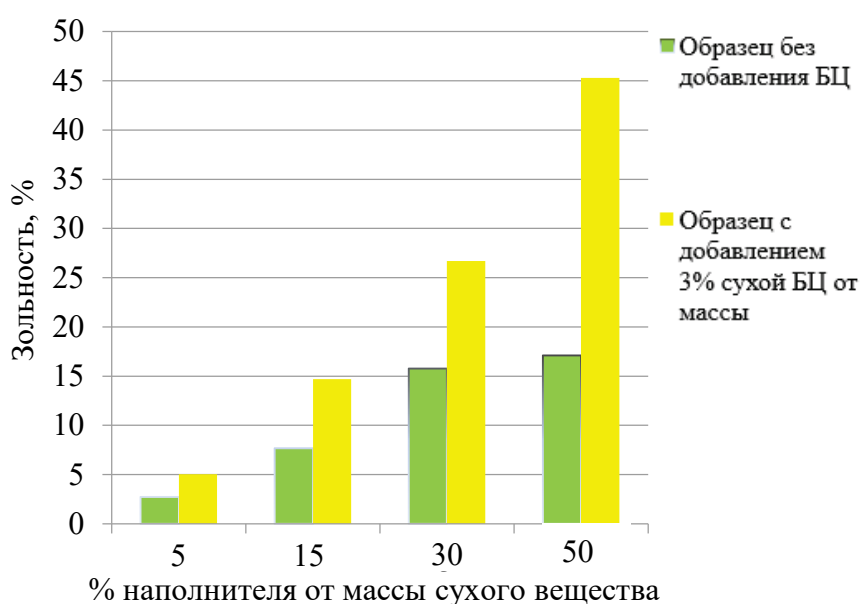


Рис. 1. Влияние добавления наполнителя с БЦ на показатель зольности бумаги

Из графика видно, что добавление БЦ увеличивает зольность бумаги.

Исследовано влияние добавления бактериальной целлюлозы на показатель разрывной длины бумаги с разным расходом минерального наполнителя (рис. 2).

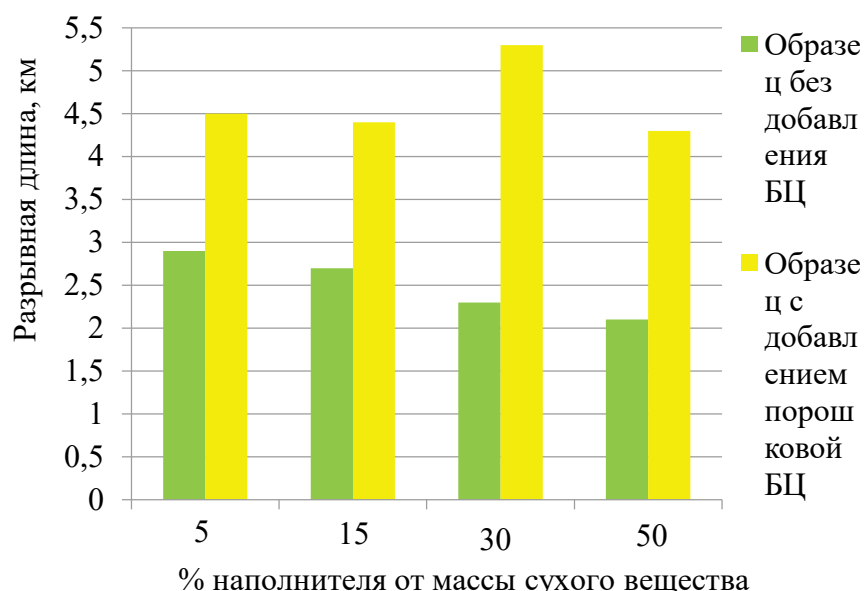


Рис. 2. Влияние добавления наполнителя с БЦ на разрывную длину бумаги

Из рисунка видно, что добавление БЦ компенсирует снижение механической прочности бумаги.

**Выводы:**

1. По показателю зольности судили о содержании наполнителя. Бактериальная целлюлоза улучшает удержание наполнителя в бумаге примерно в 2 раза.

2. Главной проблемой использования минеральных наполнителей является снижение механической прочности бумаги. Это связано с тем, что частицы наполнителя блокируют образования водородных связей между волокнами целлюлозы. Разрывная длина бумаги без добавления БЦ около 2-3 км. Благодаря добавлению бактериальной целлюлозы механическая прочность увеличивается примерно на 55 %, за счет ее высокой сорбционной активности.

**Библиографический список**

1. Фляте, Д. М. Технология бумаги: учебник для вузов / Д. М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 432 с.
2. Бактериальная целлюлоза [Электронный ресурс]. – URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/334476681.pdf>. (дата обращения: 20.02.2022).
3. Патент ЕАПО 201700517 Штамм Komagataeibacter (Gluconacetobacter) rhaeticuscalu -1629, синтезирующий наноцеллюлозу/ Ткаченко А. А., Райко М. П., Мигунова А. В., № 201700517, 2018 г.

**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](mailto: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 хроматомасс спектрометрии, установить претендентов на маркеры порчи рыбы и рыбных продуктов, для составления безопасного состава биоразлагаемых пленок.

**Материалы и методы.** 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 получения образцов пленок реакцией полимеризации был получен поливинилацетат, растворенный 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 мороженая 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 хромато-масспектрометрии. 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 счёт уменьшения микробиологической обсемененности образцов.



Рис. 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)

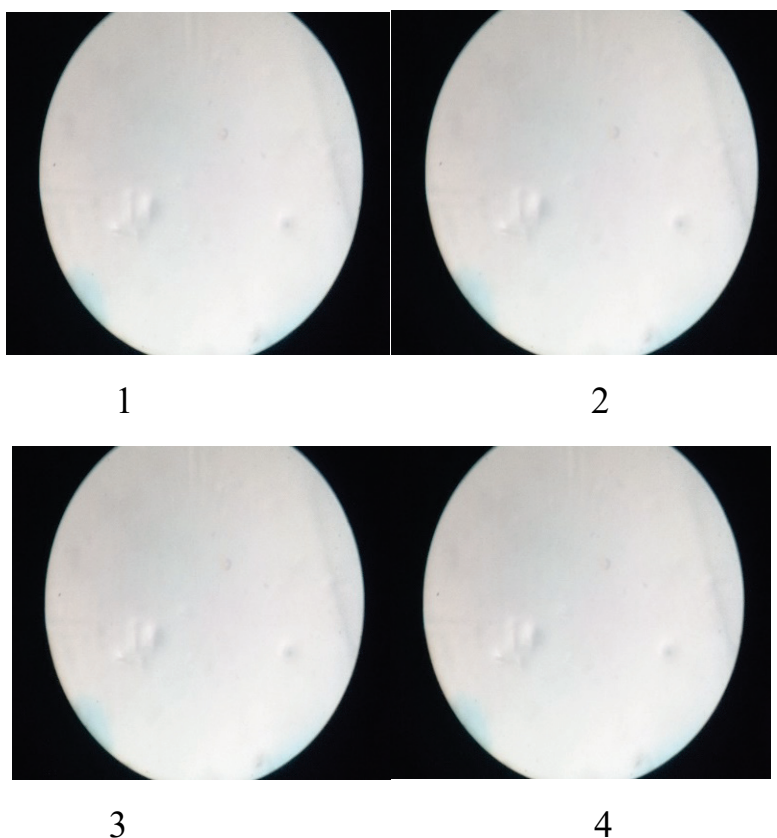


Рис. 2. Образцы пленок под микроскопом (разрешение 0,20 мкм)  
 (Образец 1 – ПВХ+МКЦ, Образец 2 – ПВХ+МКЦ+сорбат калия, Образец 3 –  
 ПВХ+МКЦ+аскорбат калия, Образец 4 – ПВХ+МКЦ+молочная кислота)

**Выводы.** В настоящей работе проведено исследование порчи рыбы и рыбных полуфабрикатов методом газо-жидкостной хромато-масс-спектрометрии. 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., Хритonenко 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.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛОКОН, ПОЛУЧЕННЫХ  
В ХОДЕ ГИДРОЛИЗА МАКУЛАТУРЫ МАРКИ  
МС-5Б МИНЕРАЛЬНЫМИ КИСЛОТАМИ**

Пахомкова М. А., Синчук А. В., Демьянцева Е. Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: pakhomkovamaria@gmail.com*

**RESEARCH OF MODIFIED FIBERS OBTAINED BY HYDROLYSIS OF MS-5B WASTE  
PAPER WITH MINERAL ACIDS**

Pakhomkova M.A., Sinchuk A.V., Demyantseva E.Yu.

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design*

*Рассмотрен процесс получения гидролизованного продукта волокон макулатуры с перспективой их использования в качестве функциональных материалов. Выявлено процентное содержание структурных компонентов в исходном и готовом образце. Обнаружен более интенсивный гидролиз макулатуры азотной кислотой, чем серной. Определены коллоидно-химические свойства полученных гидролизатов.*

*Ключевые слова: гидролиз, поверхностное натяжение, переработка макулатуры, микрокристаллическая целлюлоза, вторичное волокно.*

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ) широко используется в пищевой, медицинской и косметической промышленности. Ее получают путем гидролиза волокнистых материалов минеральными кислотами до предельной степени полимеризации (СП) [1].

Развивающиеся страны, такие как Китай, Бразилия и Индия, являются быстрорастущими рынками, которые способствуют увеличению спроса на микрокристаллическую целлюлозу. В настоящее время в РФ она не производится. Однако, в период с 2020 по 2028 год, ожидается ускорение темпов роста данной отрасли, что обусловлено в первую очередь увеличением инвестиций в фармацевтику [2].

В данной работе оценивается возможность производства МКЦ из вторичных волокон, так как в литературе крайне мало информации по данному направлению.

Цель исследования – разработка методики получения МКЦ и изучение свойств волокон и гидролизатов.

В качестве исходного материала использовалась макулатура марки МС-5Б (гофрированный картон и бумага для гофрирования) ГОСТ 10700-97, азотная (Н) и серная (С) кислоты. Макулатура предварительно была распущена и обезвожена. В результате гидролиза были получены суспензии с рН 1, далее осуществлена нейтрализация до рН 6-7 водным раствором аммиака. Затем полученные растворы разделили с помощью воронки Бюхнера на модифицированное волокно и фильтрат.

Тензиометрическим методом Дю-Нуи определены зависимости поверхностного натяжения от концентрации, рассчитаны депрессии поверхностного натяжения растворов [3, 4]. Вискозиметрическим методом определена средняя степень полимеризации образцов. Процентное содержание лигнина и целлюлозы в полученных волокнах установлены по методикам, изложенным в литературе [2].

По изотермам поверхностного натяжения (рис.) рассчитаны депрессии растворов гидролизата, которые составили 17 мН/м; 31 мН/м; 15 мН/м соответственно.



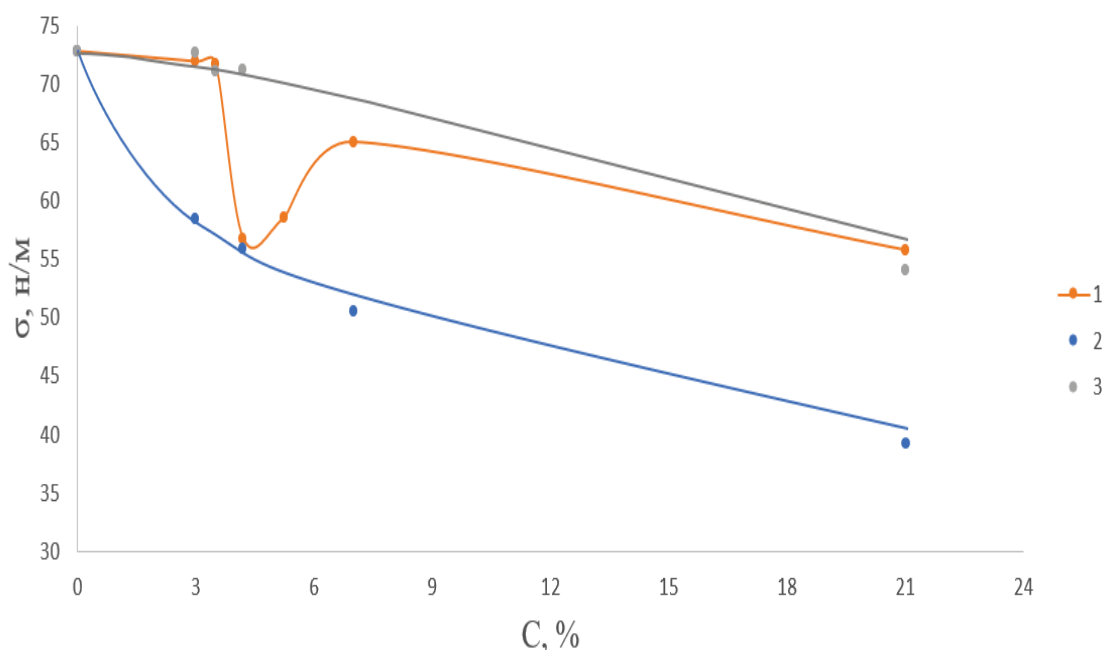


Рис. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворов:  
1, 3 – гидролизат серной кислоты; 2 – гидролизат азотной кислоты

Как видно из рисунка, азотная кислота сильнее действует на полуфабрикат, чем серная, и способствует выходу веществ, обладающих поверхностно-активными свойствами – остаточный лигнин, продукты гидролиза клеевых частиц и экстрактивных веществ, это также подтверждается нижеследующими результатами. Наличие минимума на кривой 1 свидетельствует о многокомпонентном составе полученного фильтрата (C), с содержанием продуктов, сильно различающихся по поверхностной активности.

Показано, что в волокнах, модифицированных азотной кислотой содержание целлюлозы, соответствует 86%, снижение лигнина в 2 раза по сравнению с исходным образцом макулатуры и уменьшение СП в 7 раз, свидетельствующее о порошковой структуре волокна.

Таким образом, на данном этапе исследования выявлена возможность получения микрокристаллической целлюлозы путем гидролиза волокон макулатуры серной и азотной кислот, с целью замены дорогостоящего первичного сырья, что в дальнейшем, может привести к расширению импортозамещения, а также к снижению себестоимости продукции.

### Библиографический список

1. Аутлов, С. А. Микрокристаллическая целлюлоза: структура, свойства и области применения: (обзор) / С. А. Аутлов, Н. Г. Базарнова, Е. Ю. Кушнир. - (Обзоры). - Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. – 2013. – № 3. – С. 33-41.
2. Сунайт, В. Н. Получение порошковой целлюлозы из древесной массы: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / Сунайт Виктория Николаевна. – СПб.: СПбГУПТД, 2019. – 134 с.
3. Демьянцева Е. Ю., Лысогорская Н. П. Коллоидно-химические характеристики водно-щелочных растворов органических компонентов древесины сосны и березы // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75, № 7. – С. 1193-1195.
4. Хабаров Ю. Г. Методы определения лигнинов // Известия ВУЗов. Лесной журнал. – 2004. – № 3. – С. 86-102.

**ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА ВЫХОД БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ХВОЙНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [kateri.petrova2018@yandex.ru](mailto:kateri.petrova2018@yandex.ru)*

**INFLUENCE OF SOLVENTS ON THE OUTPUT OF BIOLOGICALLY ACTIVE  
SUBSTANCES FROM SOFTWOOD WASTE**

Petrova.E.A., Demiantseva E.Yu.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В современной деревообрабатывающей и лесохимической промышленности одной из основных задач является комплексное использование древесины. При переработке древесного сырья появляется значительное количество отходов, в их число входит древесная зелень, богатая ценными веществами, поэтому одним из наиболее перспективных направлений использования древесной зелени является ее безотходная химическая переработка с получением различных биологически активных продуктов. Определен выход экстрактивных веществ в зависимости от применяемого растворителя.*

*Ключевые слова: биорефайнинг, химическая переработка, древесные отходы, хвоя, биологически активные вещества.*

В настоящее время биорефайнинг – одно из важнейших направлений целлюлозно-бумажной промышленности. Глубокая химическая переработка отходов древесины, в том числе хвои, позволяет расширить ассортимент товаров с полезными свойствами и высокой добавленной стоимостью. Основную массу хвои составляют нерастворимые полисахариды и лигнин, но наибольшую ценность представляют экстрактивные вещества, значительная часть которых обладает биологически активными свойствами [1].

Основные критерии, определяющие выбор объекта исследования:

- доступность сырья на территории России;
- дешевизна исходных материалов;
- возможность использования во многих сферах промышленности;
- экологичное сырье.

Цель данной исследовательской работы – изучить влияние различных растворителей на извлечение биологически активных веществ из древесной зелени хвойных пород, произрастающих на территории Северо-Западного региона.

В работе были получены хвойные экстракты на основе растительного масла, этилового спирта и воды. Экстракция проводилась на водяной бане при 100 °С в течение 3 часов. Было определено содержание биологически активных веществ.

Основными водорастворимыми веществами хвои являются: арабиногалактан – природный полисахарид, обладающий бактерицидной способностью и влагоудерживающими свойствами; пектин – природный полисахарид, образованный остатками галактуроновой кислоты, применяется как загуститель; витамин С – водорастворимое органическое соединение, является антиоксидантом. Общее содержание водорастворимых веществ составило: в экстракте лиственницы – 19 %, ели – 21 %, сосны – 11 % (рис. 1) [2].



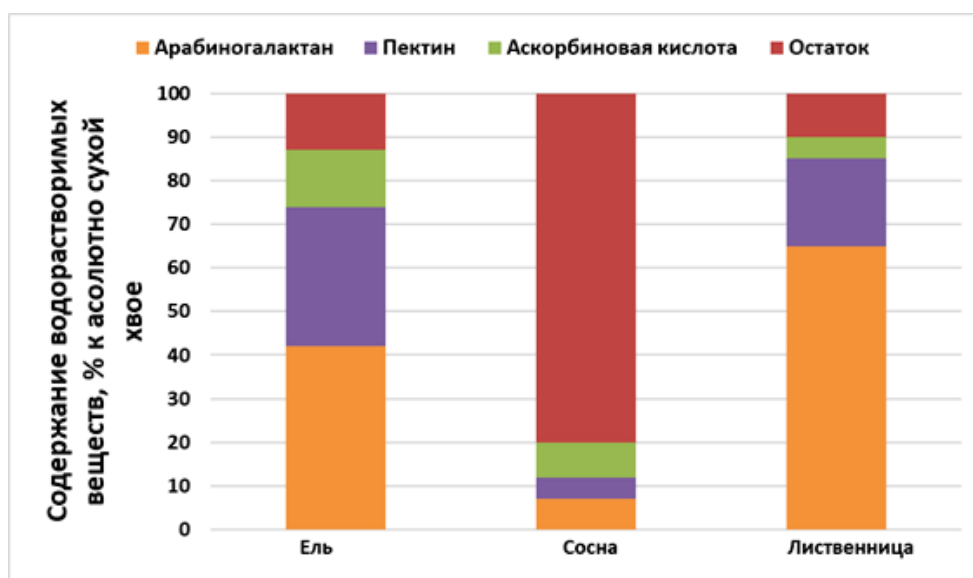


Рис. 1. Содержание водорастворимых веществ в экстрактах

Основным жирорастворимым веществом хвои являются каротиноиды – полиненасыщенные углеводороды терпенового ряда. Основными представителями этого класса соединений являются ксантофиллы и каротин, который может существовать в 4-х формах. Общий выход маслорастворимых экстрактивных веществ (рис. 2) в зависимости от вида древесины находится в диапазоне 0,78 – 0,86 % к абсолютно сухому сырью (а.с.с), в том числе 0,18 % бета-каротина.

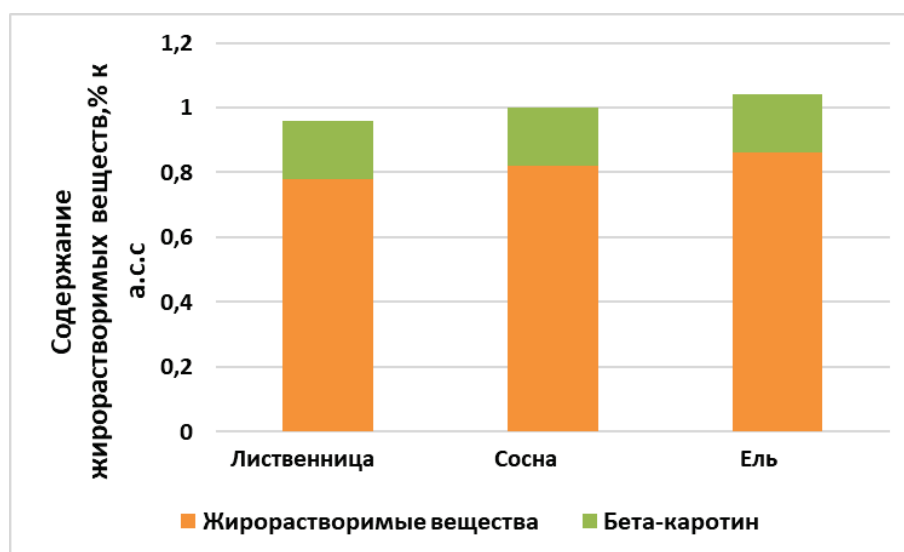


Рис. 2. Содержание жирорастворимых веществ в экстрактах

Спирторастворимыми биологически активными веществами являются каротиноиды и терпены. Терпены – ароматические соединения, обладающие антибактериальными и антиоксидантными свойствами. Содержание спирторастворимых соединений в зависимости от вида древесины составляет 2 – 3,7 % (рис. 3), в том числе бета-каротина в спиртовом экстракте лиственницы – 0,16 %, сосны – 0,22 %, ели – 0,24 %.

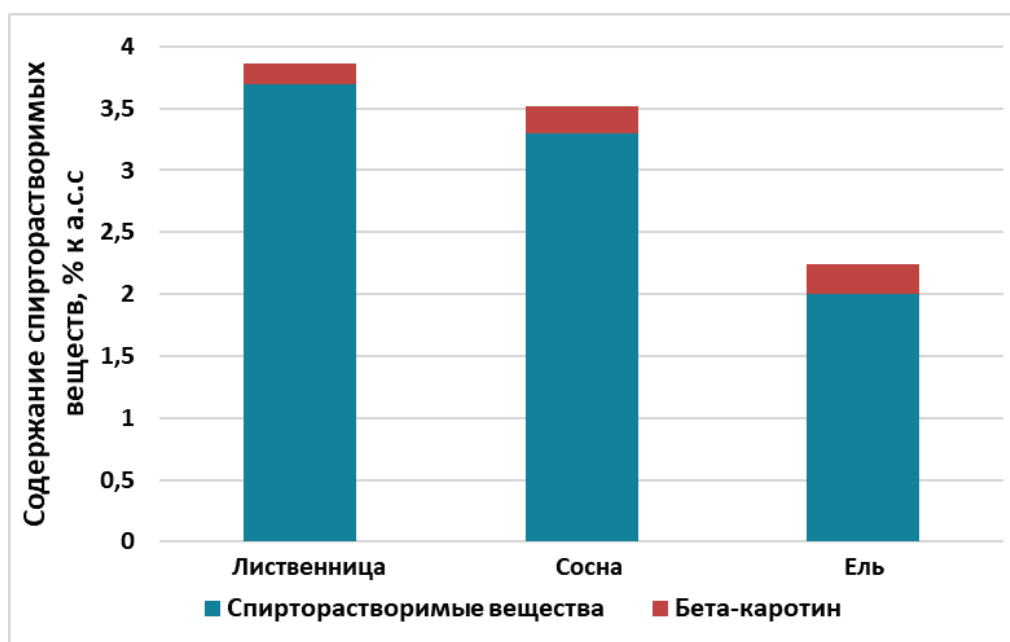


Рис. 3. Содержание спирторастворимых веществ в экстрактах

В работе было изучено влияние различных растворителей на извлечение биологически активных веществ из древесной зелени хвойных пород. Исходя из данного исследования, экстракция этанолом является более эффективной, чем маслом. При этом водорастворимых экстрактивных соединений содержится больше всего в экстрактах лиственницы, жирорастворимых – в ели, спирторастворимых – в лиственнице. Бета-каротином содержится больше всего в этанольных экстрактах сосны.

Таким образом, используя последовательную обработку различными растворителями, можно получить экстракты, обогащенные различными биологически активными веществами. Данные экстракты могут быть использованы в различных сферах промышленности.

### Библиографический список

1. Аким Э. Л. Био-рефайнинг древесины и проблемы развития био-энергетики [Электронный ресурс]. – URL: [https://paper.narfu.ru/upload/medialibrary/24d/1\\_-Akim.pdf](https://paper.narfu.ru/upload/medialibrary/24d/1_-Akim.pdf)
2. Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Петрова Е. А., Якубова О. С., Диева А. Д., Барина Е. И. Исследование компонентного состава водных экстрактов из отходов переработки хвойной древесины// Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т. 70, № 6. – С. 81-86. DOI:10.37952/ROI-jbc-01/22-70-6-81

## ПОЛУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ОРГАНОСОЛЬВЕНТНЫМ СПОСОБОМ

Попов А. С., Симонова Е. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна  
e-mail: [vecha1337@gmail.com](mailto:vecha1337@gmail.com)*

## PRODUCTION OF TECHNICAL CELLULOSE FROM SUNFLOWER HUSK BY OXIDATIVE-ORGANOSOLVENT METHOD

Popov A.S., Simonova E.I.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В настоящее время актуальны поиски альтернативного сырья для целлюлозно-бумажного производства. Таким источником могут стать отходы сельскохозяйственных производств, в частности, маслоэкстракционных заводов. Одним из экологически малоопасных способов получения целлюлозы является органосольвентный. Этот способ делигнификации позволяет получать целлюлозу с высокими потребительскими свойствами. В данной работе дана оценка возможности получения технической целлюлозы из лузги подсолнечника.*

*Ключевые слова: лузга подсолнечника, органосольвентная делигнификация, техническая целлюлоза.*

Лузга подсолнечника в значительных объемах накапливается на маслоэкстракционных заводах. В зависимости от сорта масличной культуры, процент шелухи может достигать 30 % от массы неочищенного семени [1]. Урожайность подсолнечника в России выросла с 2018 по 2022 год более чем на 40 %. После лущения семян образуется около 3 млн. т лузги. В настоящее время в переработку направляют не более 40 % лузги, большую часть утилизируют путем сжигания или захоронивания. Использование подсолнечной лузги в качестве альтернативного источника волокон для целлюлозно-бумажной промышленности позволит сократить количество образующихся отходов.

Ранее проведенные исследования показывают, что выделение целлюлозы возможно из отходов однолетних растений [2]. Исходя из этого, исследование подсолнечной лузги, как дополнительного источника сырья для целлюлозно-бумажной промышленности, является актуальным.

Получение технической целлюлозы из отходов сельскохозяйственной промышленности возможно как традиционными щелочными способами делигнификации, так и современными, например, органосольвентными. Окислительно-органосольвентные варки, являясь экологически малоопасными, позволяют получать техническую целлюлозу с достаточно высоким выходом и ценными свойствами в одну стадию при отсутствии серосодержащих выбросов и стоков и низких энергозатратах [2].

В связи с этим целью работы является получение и анализ свойств технической целлюлозы, полученной из лузги подсолнечника.

Использовали лузгу подсолнечника из Краснодарского края урожая 2022 года (предварительно сырье промывали и просеивали от посторонних включений). Компонентный состав используемого сырья приведен в таблице 1.

Отличительными особенностями подсолнечной лузги являются высокое содержание целлюлозы, лигнина и веществ, растворимых в горячей воде, в которые входят красители, пигменты. Полученные данные позволяют рассматривать лузгу подсолнечника, как сырье для получения волокнистых полуфабрикатов окислительно-органосольвентным способом.

Таблица 1. Компонентный состав исследуемого сырья

Показатели	Лузга подсолнечника	Методика исследования
Массовая доля целлюлозы	63 %	[3]
Лигнин	28,1 %	ГОСТ 11960
Вещества, растворимые в горячей воде	20,5 %	[3]
Вещества, растворимые в органических растворителях	1,7 %	ГОСТ 6841
Зольность	8 %	ГОСТ 18461

Техническую целлюлозу из лузги получали путем предварительной щелочной обработкой водным раствором КОН 1 н. (56 г/л), при гидромодуле 1:10, температуре 90 °С в течение 60 минут и дальнейшей окислительно-органосольвентной делигнификацией равновесной перуксусной кислотой с расходом 0,8 г на 1 г от массы а.с.с., при гидромодуле 1:10, температуре 90 °С в течение 90 минут.

Полученную техническую целлюлозу промывали водой до нейтральной среды, высушивали и проводили анализ по основным показателям, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Показатели технической целлюлозы из лузги подсолнечника

Показатели технической целлюлозы	Ед. изм	Техническая целлюлоза из лузги подсолнечника
Выход технической целлюлозы	% от а.с.с.	49,5 %
Содержание лигнина	% от а.с.с.	2 %
Зольность	%	0,07 %
Жесткость целлюлозы	ед. Каппа	19,1

Анатомические элементы полученной технической целлюлозы из подсолнечной лузги исследовали микроскопическим способом. Данные представлены на рисунке 1.

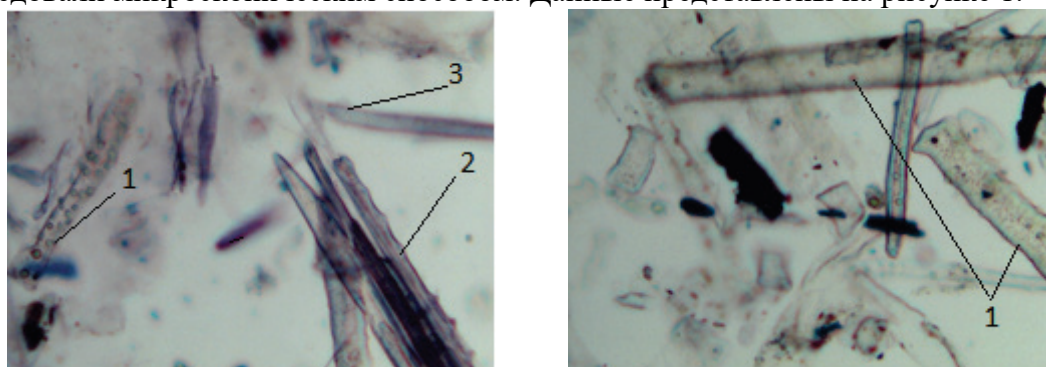


Рис. 1. Анатомические элементы технической целлюлозы из лузги подсолнечника: 1 – спиралевидный сосуд; 2 – клетки эпидермиса в виде пилок; 3 – лубяные волокна

Из представленного рисунка видно, что техническая целлюлоза из лузги подсолнечника состоит из паренхимных клеток, спиралевидных сосудов и клеток эпидермиса с заостренными

краями. Был проведен анализ морфологии волокна полученной технической целлюлозы на анализаторе MorFi. Данные представлены на рисунках 2-3.

Из полученных данных можно сделать вывод, что волокна технической целлюлозы характеризуются при высокой ширине низкой длиной волокна.

Важным показателем качества волокна является показатель скручиваемости, он указывает на деформацию волокна. Показатель скручиваемости технической целлюлозы из лузги подсолнечника составляет 5,9 %, что свидетельствует о возможности получения из полуфабриката листа с хорошими механическими свойствами.

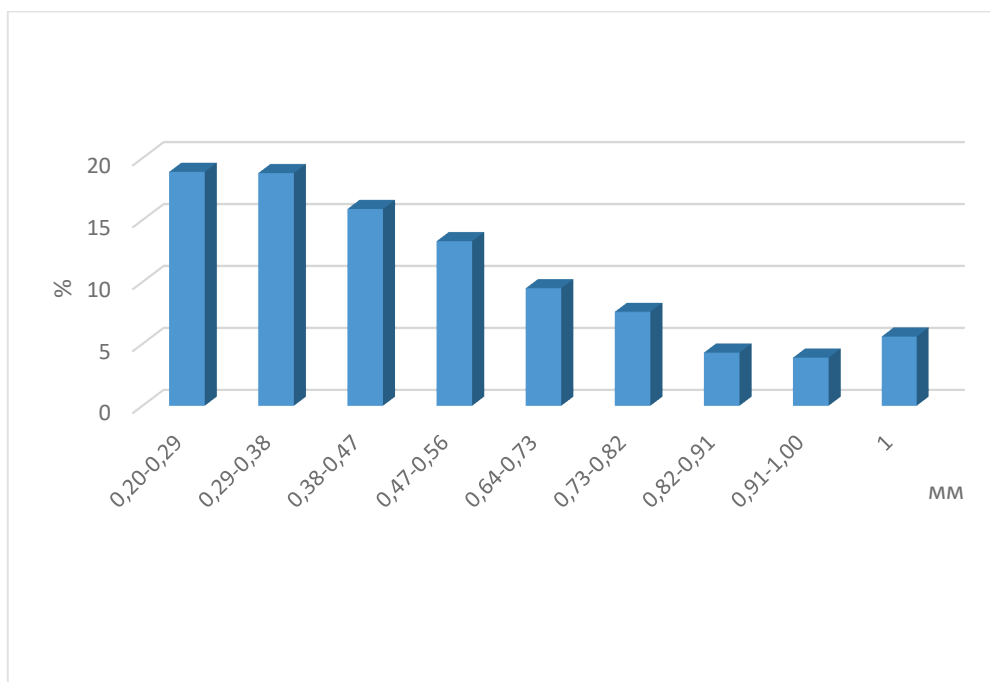


Рис. 2. Распределение волокон технической целлюлозы из лузги подсолнечника по длине

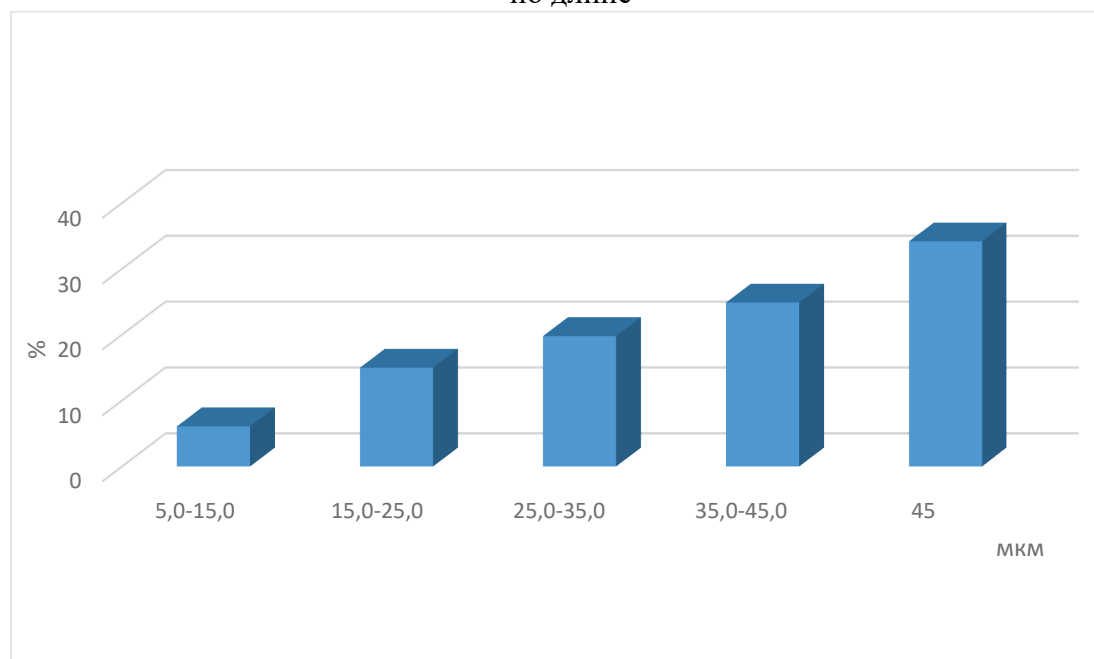


Рис. 3. Распределение волокон технической целлюлозы из лузги подсолнечника по ширине

Таким образом, можно сделать вывод, что подсолнечная лузга является альтернативным сырьем для получения технической целлюлозы окислительно-органоцветным способом и последующего использования ее в целлюлозно-бумажном производстве.

### Библиографический список

1. Фоменко, И. А. Комплексная биоконверсия подсолнечной лузги в препаратах кормового и пищевого назначения: дисс. ... на соискание кандидата технических наук / Фоменко, И. А.; Московский государственный университет пищевых производств. – Москва, 2022. – 158 с.

2. Вураско, А. В. Ресурсосберегающая технология получения технической целлюлозы из недревесного растительного сырья и области ее применения / А. В. Вураско, Е. И. Симонова, И. Г. Первова, А. Р. Минакова // Вестник Пермского национально исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 2 (30). – С. 21-32.

3. Оболенская А. В., Ельницкая З. П., Леонович А. А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М., 1991. – 320 с.

УДК 676.022.1:668

### ПРИМЕНЕНИЕ В КОМПОЗИЦИИ БУМАГИ И КАРТОНА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ЛУЗГИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

Попов А. С., Симонова Е. И.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна*

*e-mail: [bliznyakova1989@mail.ru](mailto:bliznyakova1989@mail.ru)*

### APPLICATION IN THE COMPOSITION OF PAPER AND CARDBOARD CELLULOSE FROM SUNFLOWER HUSK

Popov A.S., Simonova E.I.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В настоящее время наблюдается значительный рост производства тарного картона, к которому относят бумагу для гофрирования, картон для плоского слоя и сам гофрокартон. Полуфабрикатами для производства этих видов продукции является как первичное волокно, так и вторичное. Научно доказано, что использование вторичного волокна ограничено количеством циклов использования. В связи с этим актуальной является проблема поиска альтернативных источников волокнистых полуфабрикатов, как добавки первичных волокон к макулатуре.*

*Ключевые слова: бумага для гофрирования, гофрированный картон, техническая целлюлоза, отходы маслопроизводства.*

В связи с увеличением производства растительных масел как в нашей стране, так и в мире, возрастает количество таких отходов на маслозаводах, перед которыми остро встает проблема их утилизации. Подсолнечная лузга, как сырье для химической промышленности, в настоящее время используется мало, и в основном сжигается.

Подсолнечная лузга, образующаяся на масложировом производстве, представляет собой плодую оболочку семян подсолнуха и составляет 30 % от объема перерабатываемых семян. Это одревесневшая растительная ткань, однородная по физической структуре с постоянством физико-химических свойств. По своей структуре подсолнечная лузга достаточно упругая и практически не уплотняется. Длина фрагментов лузги составляет 6-8 мм, ширина – 4-5 мм,

насыпная масса – 100 кг/м<sup>3</sup>. В лузге подсолнечника содержится 1,4 % богатого углеродом, стойкого пигмента фитомеланина [1].

Цель работы – изучить возможность использования технической целлюлозы из подсолнечной лузги в производстве бумаги и картона.

Техническую целлюлозу из лузги подсолнечника получали окислительно-органо-солевой варкой при следующих условиях:

- первая ступень: обработка лузги водным раствором КОН при следующих условиях: жидкостный модуль – 10:1; концентрация КОН – 1 н.; температура обработки – 90 °С; продолжительность щелочной обработки – 60 минут;

- вторая ступень (окислительно-органо-солевая варка): обработка равновесной перуксусной кислотой (рПУК) при условиях: жидкостный модуль – 10:1; температура обработки – 90 °С; продолжительность обработки – 90 мин; расход варочной композиции в перерасчете на рПУК 0,8 г на 1 г от массы а.с.с [2].

Для образцов технической целлюлозы из лузги подсолнечника определяли структурно-морфологические характеристики волокон (размерные показатели, фракционный состав и грубость). Результаты представлены в таблице.

Таблица. Характеристики волокон технической целлюлозы из лузги подсолнечника

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение
Средняя длина волокна	мкм	498
Средняя ширина волокон	мкм	37,9
Изогнутые волокна	%	3,3
Грубость	мг/м	37,9
Скручиваемость	%	5,9
Площадь мелочи к общей площади объектов	%	45,6
Фактор формы	%	85

Полученная техническая целлюлоза обладает низкой длиной волокна, однако данные характеризующие фактор формы позволяют рассматривать этот полуфабрикат, как сырье в производстве бумаги. Из технической целлюлозы лузги подсолнечника и макулатуры марки МС-5Б в различных соотношениях изготавливали образцы бумаги массой 80 г/м<sup>2</sup>.

Полученные образцы бумаги анализировали и подвергали физико-механическим испытаниям, данные представлены на рисунках 1-3.

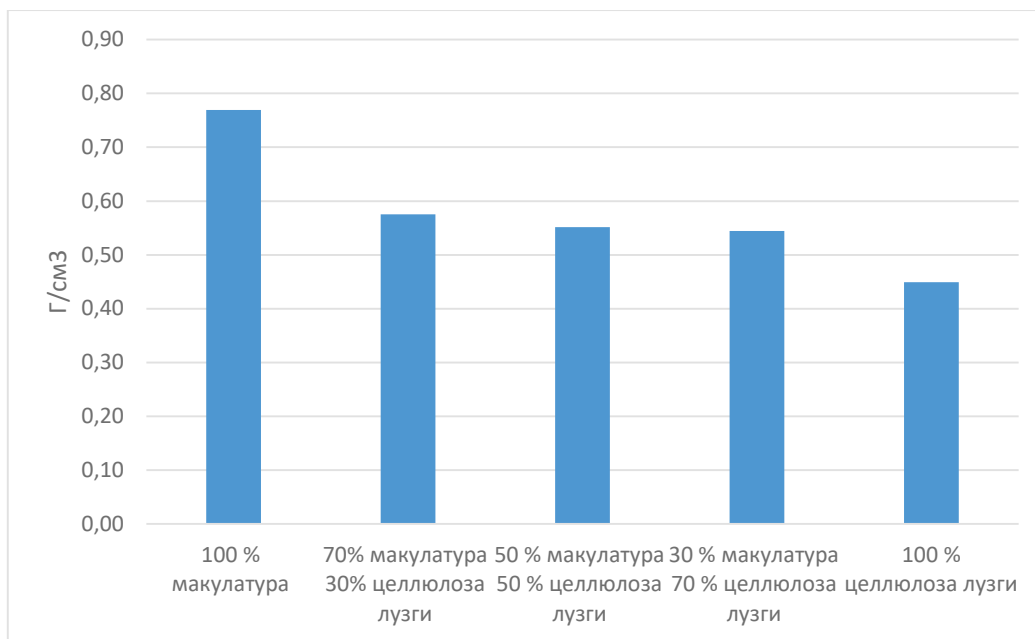


Рис. 1. Зависимость плотности от композиции исследуемых образцов

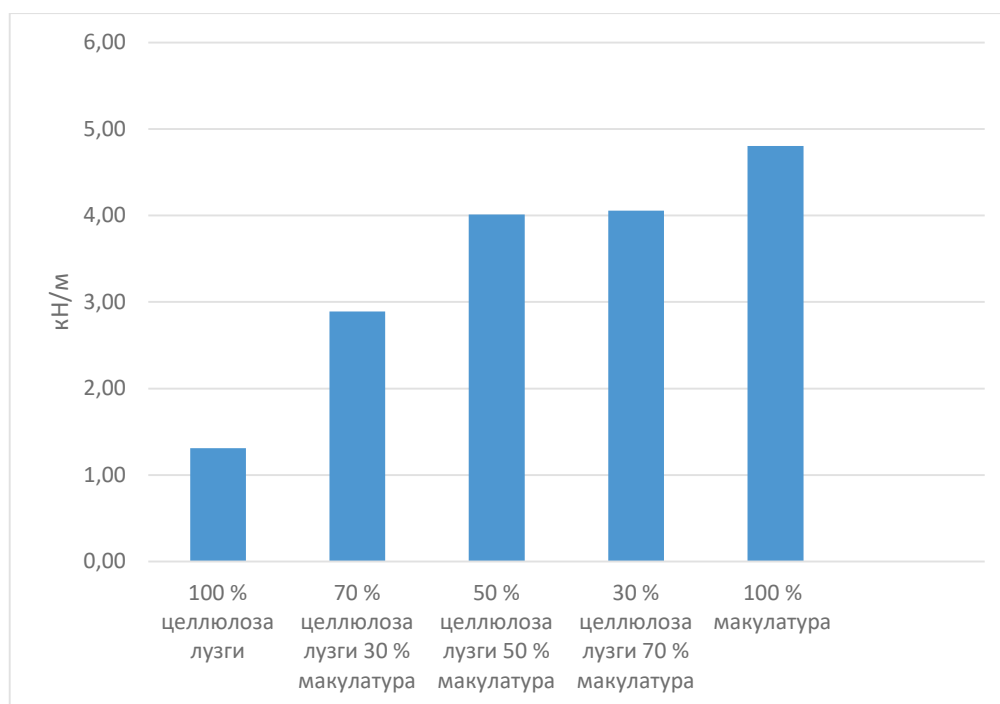


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления разрыву от композиции исследуемых образцов



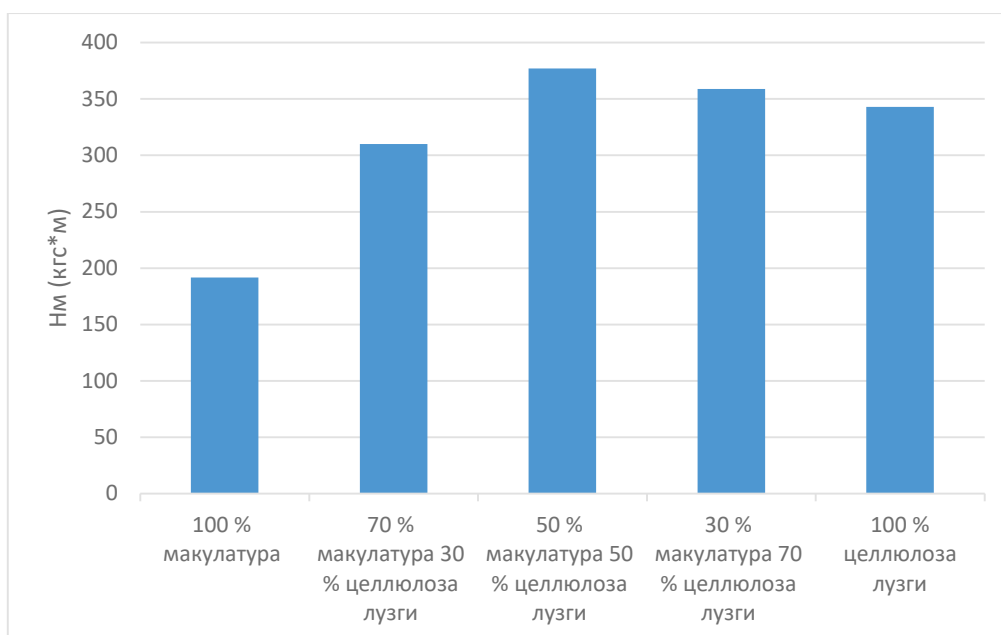


Рис. 3. Зависимость относительного разрушающего усилия при сжатии кольца от композиции исследуемых образцов

Из представленных графиков видно, что добавление в композицию бумаги технической целлюлозы из лузги подсолнечника значительно снижает плотность образцов. Данные по физико-механическим испытаниям позволяют сделать выводы, что техническая целлюлоза из лузги подсолнечника в количестве до 50 % сохраняет физико-механические показатели в пределах, рекомендованных ГОСТ Р 53206-2008 «Бумага для гофрирования», и может быть рекомендована как волокнистый полуфабрикат в производстве гофрированного картона.

### Библиографический список

1. Плотников, Н. П. Исследование свойств теплоизоляционных материалов на основе лузги подсолнечника / Н. П. Плотников, И. Н. Челышева // Системы. Методы. Технологии. – 2021. – № 1. – С. 86-89.
2. Вураско, А. В. Совершенствование технологии получения целлюлозы окислительно-органо-растворительным способом из недревесного растительного сырья / А. В. Вураско, Е. И. Симонова, А. Р. Минакова, В. П. Сиваков // Химия растительного сырья. – 2019. – № 3. – С. 269-276.

**СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО МАТЕРИАЛА  
ИЗ НЕДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ ПОСЛЕ ПЕРОКСИДНОЙ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ**

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

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: rita.romasheva@gmail.com*

**SORPTION PROPERTIES OF CELLULOSE MATERIAL FROM NON-WOODEN RAW  
MATERIAL AFTER PEROXIDE DELIGNIFICATION**

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

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*Изучена возможность использования топинамбура для получения целлюлозного сорбционного материала методом пероксидной делигнификации в присутствии и отсутствии неионогенных поверхностно-активных веществ (нПАВ). Установлено, что нПАВ не влияют на выход целлюлозы и делигнификацию стеблей топинамбура, однако их введение при пероксидной варке увеличивает удельную площадь и сорбционную ёмкость относительно метиленового голубого полученных волокнистых материалов.*

*Ключевые слова: пероксидная делигнификация, топинамбур, неионогенный ПАВ, анионный ПАВ.*

Один из экологически чистых способов получения целлюлозного материала – это пероксидная делигнификация. Использование недревесного сырья для пероксидной варки представляется оптимальным из-за малого содержания лигнина и эфирорастворимых веществ в исходном материале.

Целью работы является получение пероксидного целлюлозного материала и определение его сорбционной способности.

Объектом исследования является топинамбур, собранный в черте города Санкт-Петербурга в октябре 2022 года. Содержание в стеблях кислоторастворимого лигнина по методу Комарова составляет 14 %; водорастворимых веществ – 60 %, 16 % из которых – редуцирующие вещества, при этом содержание эфирорастворимых веществ незначительно.

Пероксидную делигнификацию предварительно размолотых стеблей топинамбура проводили при температуре 80 °С в течение 3 часов [1] в отсутствие и присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) в количестве 0,1 % а.с.с.

В качестве добавок использовали неионогенные поверхностно-активные вещества неонол АФ 9-10 (оксиэтилированный моноалкилфенола на основе тримеров пропилена  $C_9H_{19}C_6H_4O(C_2H_4O)_9H$ ) и ОС-20 (смесь полиэтиленгликолевых эфиров синтетических первичных высших жирных спиртов,  $RO(CH_2CH_2O)_{20}H$ ) [2].

Выход целлюлозного материала в зависимости от применяемого нПАВ находился в диапазоне от 86 до 99 % а.с.с. Для полученных образцов содержание остаточного лигнина (число Каппа) составило от 31 до 50 ед.Каппа. Использование ПАВ при пероксидной варке не способствовало увеличению степени делигнификации растительного материала. Вероятно, совместное присутствие пероксида и молекул неонола АФ 9-10 при варке приводит к разложению ПАВ [3].

Фотометрическим методом была определена предельная сорбционная ёмкость относительно метиленового синего полученных целлюлозосодержащих материалов, и рассчитана их удельная поверхность [4]. Статическое равновесие устанавливалось в течение 48 часов. Результаты представлены в таблице.

Таблица. Сорбционные свойства волокнистых полуфабрикатов

Образец	Максимальная сорбция, моль/г·10 <sup>6</sup>	Удельная площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г
Без обработки ПАВ	11,4	14,2
ОС-20	14,3	17,8
Неонол 9-10	12,1	15,1

Присутствие поверхностно-активных веществ неионогенного типа способствует увеличению удельной поверхности целлюлозного материала на 10 % и предельной сорбции на нём метиленового синего, обладающего антисептическим действием, на 25 %. Результаты работы показывают, что полученный при пероксидной варке волокнистый полуфабрикат является перспективным материалом для изготовления антибактериальных раневых повязок.

### Библиографический список

1. Дорощева Л. А., Рязанова Т. В., Чупрова Н. А. Оптимизация процесса выделения целлюлозы // Химия растительного сырья. – 1998. – № 2. – С. 59-62.
2. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества: Справочник / А. А. Абрамзон, В. В. Бочаров, Г. М. Гаев. – Л.: Химия, 1979. – 376 с.
3. Курилкин А. А., Морозов А. Р., Родионов А. И., Каменчук И. Н., Адсорбция неионогенных поверхностно-активных веществ типа неонол АФ 9-10 на активных углях различных марок // Успехи химии и химической технологии. – 2008г. – XXII, № 14 (93). – С. 54-58.
4. ГОСТ 33622-2015 Уголь активированный, Стандартный метод определения сорбционных характеристик абсорбентов. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.

УДК 676.164.3.023.1

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ АМИЛАЗА И ЛИПАЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОТБЕЛКИ ДРЕВЕСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

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

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

e-mail: [hello31089@yandex.ru](mailto:hello31089@yandex.ru)

### THE USE OF AMYLASE AND LIPASE ENZYMES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THE WOOD PULP BLEACHING PROCESS

Svetloolobov A.Yu., Fedoskin I.A., Odintsova S.E., Tarachenkova M.N. Lipin V.A.

*Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В данном исследовании изучалась способность ферментов амилаза и липаза повышать эффективность отбеливания целлюлозы. Образцы целлюлозы предварительно обрабатывались ферментным препаратом, после чего проводилась отбеливание пероксидом водорода в присутствии щелочи. Были найдены оптимальные параметры предварительной делигнификации: для амилазы – концентрация 0,5 % мас., время – 120 мин. и температура – 80 °С; для липазы – концентрация 4,5 %, время – 120 мин. и температура – 80 °С. Снижение числа Каппа в обоих случаях было 11-12 ед.*

*Ключевые слова: делигнификация, целлюлоза, отбеливание, число Каппа, фермент, амилаза, липаза.*

Последние инновации в процессах отбеливания целлюлозы исключают использование хлора и его производных, чтобы свести к минимуму их негативное воздействие на окружающую

среду, а именно: образование токсичных химических веществ, входящих в состав адсорбируемых органических галогенидов (АОХ). Текущая тенденция в отбелке крафт-целлюлозы без элементарного хлора (ECF-технология) и полностью без хлора (TCF-технология) повысила интерес к поиску новых и эффективных заменителей. Возможным решением этой проблемы является замена хлора на кислородсодержащие реагенты для делигнификации (например, озон, кислород, пероксид водорода) или использование микроорганизмов и ферментов [1]. Внедрение ферментов в производство является перспективным направлением развития химической технологии, так как способствует повышению таких показателей процессов, как селективность, эффективность и интенсивность. Являясь биокатализаторами, ферменты уже успешно применяются в целлюлозно-бумажной промышленности на разных этапах производства белой целлюлозы, облегчают размол, участвуют в процессах облагораживания макулатуры. Применение ферментов в отбелке целлюлозы представляет интерес не только с экологической точки зрения, но и с экономической, так как это позволяет снизить расход отбеливающих реагентов [2-4].

Целью исследования являлось изучение способности ферментов класса гидролаз, представленных амилазой и липазой, повышать эффективность отбелки. Для оценки эффекта, производимого ферментным препаратом на степень делигнификации целлюлозы, определяли число Каппа методом, основанным на йодометрическом определении марганцовокислого калия, затраченного на окисление лигнина. Целлюлозу обрабатывали растворами ферментов при различных параметрах процесса для выявления их оптимальных значений. Параметры варьировали следующим образом: концентрацию ферментного препарата от 0,5 до 5 % масс., температуру обработки – от 20 до 80 °С и время реакции – от 30 до 120 мин. После предварительной обработки целлюлозы ферментными препаратами, образцы обрабатывали раствором пероксида водорода в присутствии гидроксида натрия. В ходе исследования было выявлено, что оба фермента способны повышать степень делигнификации целлюлозы, а также определены оптимальные значения параметров предварительной обработки целлюлозы ферментными препаратами.

Для фермента амилаза установлены оптимальные значения: концентрация – 0,5 % мас., время – 120 мин., температура – 80 °С. При этом снижение числа Каппа составило 12 ед. Для фермента липаза оптимальными оказались следующие условия: концентрация – 4,5%, время – 120 мин. и температура – 80 °С. В данном случае число Каппа уменьшилось на 11 ед. Таким образом, ферменты амилаза и липаза можно использовать в качестве делигнифицирующего компонента, так как они позволяют снижать число Каппа, что введет к уменьшению расхода белящих реагентов на 20-30 %.

### Библиографический список

1. Valtcheva, E., Veleva, S., Radeva, G., Valtchev I. Enzyme action of the laccase-mediator system in the pulp delignification process. // *Reaction Kinetics and Catalysis Letters* 2003. Vol. 78. P. 183–191. DOI: 10.1023/A:1022538621950
2. Shukla P. *Microbial Enzymes and Biotechniques. Interdisciplinary Perspectives* / Singapore: Springer Singapore, 2020. P. 43-56 DOI: 10.1007/978-981-15-6895-4
3. Болотова К. С., Новожилов Е. В. Применение ферментных технологий для повышения экологической безопасности целлюлозно-бумажного производства // *Химия растительного сырья*. – 2015. – № 3. – С. 5-23. DOI:10.14258/jcprm.201503575.
4. Lipin V.A., Fedoskin I.A., Demyantseva E.Yu. Delignification of craft cellulose with lipases // *Fibre Chemistry*, 2021. Vol. 53. N. 3. P. 149-154. DOI:10.1007/s10692-021-10256-4

**ИССЛЕДОВАНИЯ ОБМЕННЫХ СВОЙСТВ НИЗКОСОРТНОГО  
ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ И МХА**

Смирнова А. И., Дягилева А. Б., Смирнова В. А., Федюченко Н. Р.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: smirnova\_nasty87@mail.ru*

**INVESTIGATIONS OF THE EXCHANGE PROPERTIES OF LOW-GRADE POTENTIAL  
WOOD AND MOSS**

*Smirnova A.I., Dyagileva A.B., Smirnova V.A., Fedyuchenko N.R.*

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В работе рассмотрена модификация природных материалов, таких как древесина березы, подверженная биодеструкции с разной степенью поражения трутовыми грибами (*Inonotus obliquus*, *Fomes fomentarius*, *Phellinus igniarius*, *Piptoporus betulinus*, *Fungus betulinus*) в естественных условиях, и сфагнового мха (*Sphagnopsida*), с целью регулирования обменной емкости всех этих материалов. Установлено существенное увеличение обменной емкости модифицированных образцов по сравнению с исходными материалами в широком диапазоне рН.*

*Ключевые слова: неделовая древесина, мох, природный сорбент, модификация поверхности, обменная емкость, сорбция.*

Лесопромышленные корпорации предпочитают не использовать в технологии целевой переработки низкосортную древесину, она относится к неделовой части воспроизводимого сырья. Количество неделовой древесины на подтапливаемых территориях и делянках лесозаготовок достаточно много. Эта древесина, как правило, остаётся на корню и является органической составляющей при формировании почвенного слоя в сочетании со мхом в лесных массивах. При глубокой деструкции этих материалов происходит формирование торфяного слоя [1, 2]. В естественных условиях каждый из этих материалов обладает индивидуальными ионообменными свойствами и является природным адсорбентом.

Таким образом, целью работы является исследование ионообменных свойств древесины березы и сфагнового мха.

На рисунке 1 представлены фотоматериалы деструкции древесины березы в естественных условиях от поражения грибами (А), разрыхление структуры биоматериала древесины (Б) под воздействием грибов (*Inonotus obliquus*) и формирование покрова сфагнового мха (*Sphagnopsida*) на остатках древесины. Как показали наши исследования, обменная ёмкость приведенных природных материалов невелика (рис. 2, кривые 1, 2 и 3). Для активации ионообменных свойств этих материалов была проведена кислотная модификация поверхности образцов.



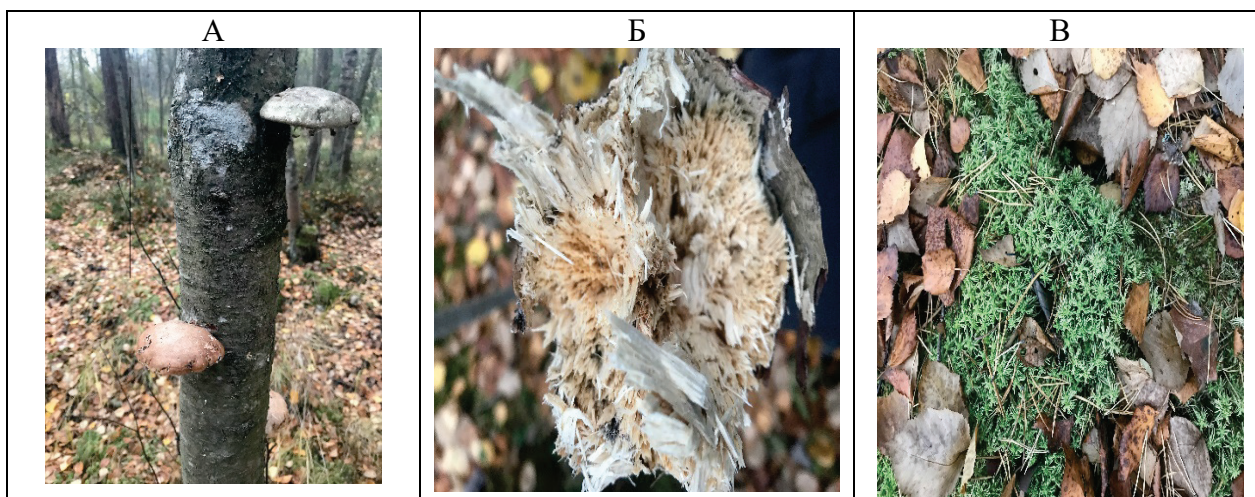


Рис. 1. Неделовая древесина на корню, пораженная грибами (А), структура на изломе этой древесины (Б), мох на остатках древесного материала (В)

Объектами исследования являлись образцы древесины, подверженные биодеструкции под воздействием трутовых грибов (*Inonotus obliquus*), которые по мере разрушения структуры с разной степенью деградации фиксировались по разным показателям, в том числе по качественному показателю цвета образца – 1 «светлый», 2 – «темный» (рис. 2). Мох, произрастающий в зоне влияния этой древесины, при исследовании использовался полностью без дифференциации по интенсивности окраски.



Рис. 2. Образцы древесины, пораженные трутовым грибом (*Inonotus obliquus*): а – «светлая» древесина; б – «темная» древесина

«Светлый» образец древесины имеет более хрупкую структуру, легко растирается в руках в отличие от «темного» образца, который имеет более твердую структуру и высокие механические характеристики, такие как прочность, твердость и жесткость. Это обусловлено деятельностью трутовых грибов, а именно: разложением древесины на более простые вещества и перераспределением лигнинных компонентов в массе образца древесины.

Выбранные и подготовленные материалы были исследованы методом кислотно-основного потенциометрического титрования [3]. В качестве примера представлен кислотный метод активации с помощью обработки HCl 0.1N перед исследованием. Предпочтение кислотному методу модификации отдано в связи с тем, что природная вода в зоне избыточного увлажнения в климатической зоне северо-запада имеет выраженный кислотный характер  $pH = 3,5-5,5$ . Также использование такого способа модификации обусловлено возможным применением данных материалов в медицинской сфере в качестве энтеросорбентов, работа которых происходит в кислой среде желудка [4].

В результате исследования были получены зависимости величины обменной емкости  $OH^-$  и  $H^+$  ионов при различных значениях  $pH$  системы ( $\Delta G = f(pH)$ ) (рис. 3).

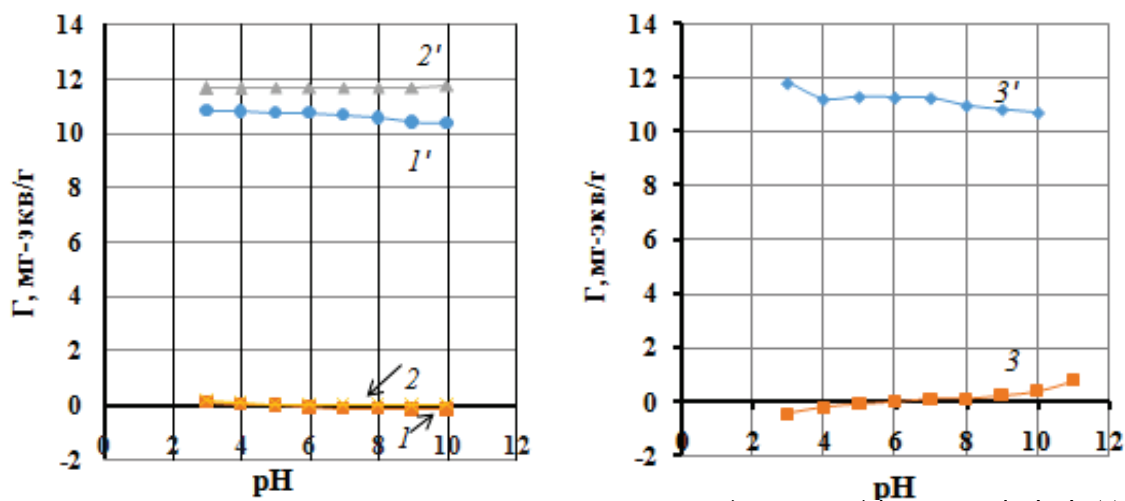


Рис. 3. Зависимость обменной емкости  $\Delta G$  ( $H^+$  и  $OH^-$ ) [мг-экв/г] природных материалов: А) неделовой березовой древесины без химической модификации: 1 – светлой части древесины; 2 – темной части древесины; с химической модификацией: 1' – светлой древесины, 2' – темной древесины; Б) 3 – необработанный образец мха, 3' – модифицированный образец мха

В результате исследования можно сделать **вывод**, что кислотная модификация поверхности выбранных природных материалов с помощью соляной кислоты приводит к существенному увеличению ионообменных свойств за счет замещения ионов водорода в составе гидроксильных и карбоксильных групп сорбентов.

Для более конкретных выводов по потенциальному использованию данных материалов необходимы дополнительные комплексные исследования, которые проводятся в настоящее время.

### Библиографический список

1. Веревкин А. Н., Кононов Г. Н., Сердюкова Ю. В., Зайцев В. Д. Биодegradация древесины ферментными комплексами дереворазрушающих грибов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2019. – Т. 23, № 5. – С. 95-100.  
DOI: 10.18698/2542-1468-2019-5-95-100.
2. Сафонов М. А., Шамраев А. В., Дубский Е. В. Способность ткани гриба *Fomes Fomentarius Fr.* к сорбции нефти // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2017. – № 12 (212). – С. 23-25.
3. Кретьова М. К., Макурин К. С., Смирнова А. И., Дягилева А. Б. Особенности изменения обменной емкости древесины под действием трутовых грибов: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с участием молодых ученых «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности» (7 – 8 апреля 2022, Санкт-Петербург). – СПб., 2022. – С. 178-180.
4. Богданович Н. И., Короткий В. П., Великанов В. И., Носков Д. К. Переработка низкосортной и мелкотоварной древесины в энтеросорбенты для сельского хозяйства методом совмещенного процесса карбонизации-активации на модульных установках в полевых условиях // ИВУЗ. Лесной журнал. – 2010. – № 4. – С.126-131.

## МЕТОДЫ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Столярова П. С., Буранбаева М. М., Козлов А. М.  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
e-mail: stolyarpolina@icloud.com

## VOLTAMMETRY METHODS FOR DETERMINATING THE MOLECULAR WEIGHT OF SYNTHETIC POLYMERS

Stolyarova P.S., Buranbaeva M.M., Kozlov A.M.  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»

*В рамках исследования поставлена задача по адаптации вольтамперометрии для определения молекулярной массы полимеров. Анализировались образцы, полученные в ходе полимеризации метилметакрилата и стирола. Молекулярная масса синтезированных полиметилметакрилата (ПММА) и полистирола (ПС) определялась вольтамперометрией с золотым рабочим электродом и полярографией с применением ртутного каплюющего электрода. Калибровочные графики получены с помощью криоскопии. Представленные способы по сравнению с традиционными методами имеют такие преимущества, как быстрота и простота анализа.*

*Ключевые слова: синтетические полимерные соединения, молекулярная масса, вольтамперометрия, полярография, криоскопия.*

Синтетические полимеры, крупномасштабное производство которых началось в прошлом веке, нашли применение во многих отраслях. В настоящее время полимеры являются двигателем прогресса в нашей жизни. В связи с чем их разнообразие и производство с каждым годом возрастает. Механические свойства полимеров и их перерабатываемость зависят от молекулярной массы [1]. Так, с ростом длины полимерной цепи увеличивается механическая прочность изделий, но вместе с тем увеличивается вязкость расплава полимера, что осложняет процесс его переработки и получения товарной продукции. Исходя из этих соображений, важной задачей является определение молекулярной массы полимеров во время их получения, модификации или деструкции [2].

Стандартные методы нахождения молекулярной массы имеют различные недостатки, такие как значительное время анализа, большой объем образца, а также трудоемкость. Целью данной работы является адаптация метода вольтамперометрии для определения молекулярной массы в ходе полимеризации различных мономеров.

В работе проводилась радикальная полимеризация метилметакрилата и стирола. Во время проведения синтеза ПММА и ПС отбирались образцы для определения их молекулярных масс.

С помощью классического метода криоскопии в осушенном бензоле найдены молекулярные массы полимерных соединений, значения которых использовались для построения калибровочных графиков. В таблицах 1 и 2 приведены значения молекулярных масс образцов ПММА и ПС.

Таблица 1. Результаты криоскопии образцов ПММА

№ пробы	Среднее значение температуры застывания раствора, °С	Молекулярная масса, г/моль
1	5,422	10782
2	5,424	19671
3	5,426	40184



Таблица 2. Результаты криоскопии образцов ПС

№ пробы	Среднее значение температуры застывания раствора, °С	Молекулярная масса, г/моль
1	5,424	21016
2	5,425	34812
3	5,426	85276

Определение молекулярной массы ПММА осуществлялось с помощью циклической вольтамперометрии с применением золотого рабочего электрода. В используемом методе анализа измеряется стационарный ток, величина которого зависит от коэффициента диффузии окисленной и восстановленной форм металлоценового соединения. В свою очередь, уменьшение диффузии соответствует повышению вязкости, а, следовательно, увеличению молекулярной массы полимерного соединения. На рисунке 1 представлен калибровочный график, с помощью которого можно определить молекулярную массу ПММА по величине стационарного тока.

Также в исследовании в процессе синтеза ПС проводилось определение его молекулярной массы с использованием ртутного капяющего электрода. В основе полярографического метода лежит зависимость степени подавления кислородного максимума первого рода полярограммы от изменения молекулярной массы полимера [3]. На рисунке 2 представлена зависимость значения молекулярной массы ПС от степени подавления максимума первого рода.

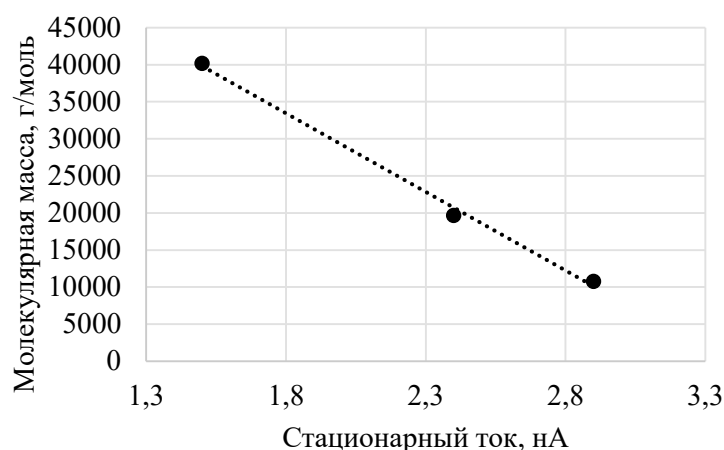


Рис. 1. График зависимости молекулярной массы ПММА от силы тока

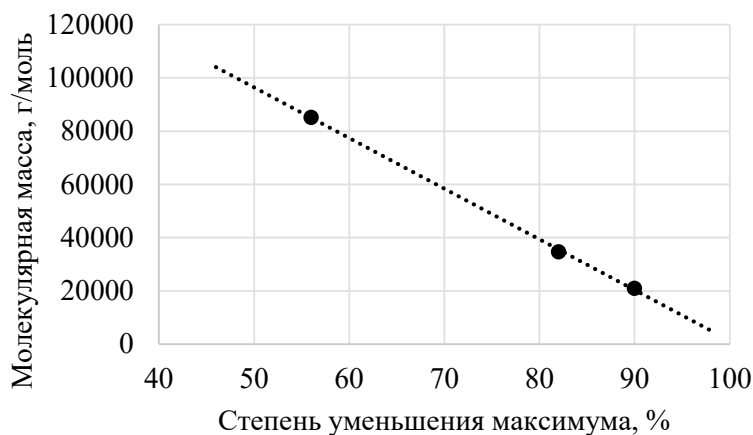


Рис. 2. График зависимости молекулярной массы ПС от уменьшения максимума

Результаты, полученные с помощью вольтамперометрических методов, обладают хорошими воспроизводимостью и сходимостью. Предложенные способы определения молекулярной массы синтетических полимеров характеризуются быстротой, универсальностью, требуют малого объема образца и могут быть применены в качестве экспресс-метода во время синтеза высокомолекулярных соединений.

### Библиографический список

1. Ronald W. Nunes, John R. Martin, Julian F. Johnson. Influence of molecular weight and molecular weight distribution on mechanical properties of polymers // Polymer Engineering and science. – 1982. – №22 (4). – p. 205-228. DOI: 10.1002/pen.760220402.
2. Столярова П. С., Буранбаева М. М., Карпов А. Б. Пути химической модификации СКИ-3 для улучшения когезионных свойств // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т.71, № 9. – С.40-46. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/22-71-9-40.
3. Хенце Г. Полярография и вольтамперометрия. Теоретические основы и аналитическая практика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 284 с.

УДК 661.185.3+541.6+504.06+544.473

### КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИАМФОЛИТ-МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Фадин А. Ф.<sup>1</sup>, Липин В. А.<sup>1</sup>, Федорова К. А.<sup>1</sup>, Пошвина Т. А.<sup>1</sup>, Вишневецкая Т. А.<sup>2</sup>,  
Мальцева Н. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный технологический институт

### CATALYTIC PROPERTIES OF POLYAMPHOLITE - METAL COMPLEXES

Fadin A.F.<sup>1</sup>, Lipin V.A.<sup>1</sup>, Fedorova K.A.<sup>1</sup>, Poshvina T.A.<sup>1</sup>,  
Vishnevskaya T.A.<sup>2</sup>, Maltseva N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

<sup>2</sup>Saint-Petersburg State Institute of Technology

*Получены катализаторы на основе полиамфолит-металлических комплексов и псевдобемита. Гетерогенность и состав продуктов термодеструкции полиамфолит-металлических комплексов и катализаторов на их основе подтверждались рентгенофазовым анализом. Каталитическая активность полученных образцов оценивалась в процессе окисления СО в СО<sub>2</sub>. Полученные катализаторы обладают большей производительностью, чем образцы сравнения, а катализ начинается при меньших температурах.*

*Ключевые слова: полимеры, полиамфолиты, катализаторы, алифатические диамины, металл-полимерные комплексы, термодеструкция.*

Полиамфолит-металлические комплексы образуются при взаимодействии полиамфолитов с ионами металлов. Такие комплексы не растворимы, обладают высокой селективностью и каталитической активностью, что обуславливает их возможное применение в сфере гетерогенного катализа [1].

Целью настоящей работы является получение полиамфолит-металлических комплексов и катализаторов на их основе, определение их каталитической активности.

Полиамфолиты синтезировали из полиакриловой кислоты и алифатических диаминов: этилендиамина, 1,3-диаминопропан или 1,4-диаминобутан. Компоненты смешивали и нагревали в течение 1 часа [2]. Полученные полиамфолиты высушивались до постоянной

массы. Степень замещения карбоксильных групп на амидные в полиамфолитах рассчитана по данным потенциометрического титрования и составляет: ЭДА = 4,8 %, ПДА = 5,2 %, БДА = 7,4 %. Амфотерная структура полученных полимеров подтверждена ИК-спектроскопией. Изоэлектрические точки полиамфолитов установлены методом измерения мутности при различных значениях pH [3].

Получены полиамфолит-металлические комплексы. Проведен термогравиметрический анализ полиамфолит- $\text{Cu}^{2+}$  комплексов. По данным термического анализа установлено, что термоокислительная деструкция комплексов проходит трехступенчато, заканчивается при 380-390 °С, а потеря массы составляет 76 %. Каждой ступени деструкции соответствует значение энергии активации, которое колеблется от 22 до 99 кДж/моль. Энергия активации  $E_a$  термодеструкции полиамфолит- $\text{Cu}^{2+}$  комплексов вычислялась по данным кривых изменения потерь массы от температуры нагрева, при этом использовался графический метод определения.

В процессе создания катализаторов использовали измельченный полиамфолит- $\text{Cu}^{2+}$  комплекс. Его прокачивали при 400 °С для получения продукта термодеструкции комплекса. Продукт термодеструкции смешивали с псевдобемитом  $\text{AlOON} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , добавлением воды получали формовочную пасту, формовали пластины толщиной 2-3 мм и высушивали. После пластины измельчали и фракционировали.

Определен фракционный состав кристаллического продукта термодеструкции. Продукт термодеструкции полиамфолит- $\text{Cu}^{2+}$  комплекса представлял собой бимодальную дисперсную систему частиц, распределение которых по размерам имеет максимумы в области 0,03-0,1 мкм и 30 мкм. По данным сканирующей электронной микроскопии было установлено, что поверхность продукта термодеструкции является шероховатой и неоднородной.

Образцы катализатора на основе продукта термодеструкции и псевдобемита проанализированы дифрактометрически. Установлено, что в образце катализатора присутствуют фазы оксидов меди (I и II), а также металлической меди. Определен объем пор с диаметром менее 773 нм, соответствующих сорбции азота при его относительном давлении  $P/P_0=0.9975$ , который составил 0,83 см<sup>3</sup>/г. Определена удельная поверхность образцов катализаторов, равная 349-351 м<sup>2</sup>/г. Определен эквивалентный диаметр пор, соответствующий максимуму дифференциальной кривой распределения объема пор по их размерам и равный 6,2-6,3 нм. Объем пор, удельная поверхность и эквивалентный диаметр пор рассчитаны по изотермам адсорбции азота.

Каталитическая активность образцов оценивалась на проточной установке.

УД-СО по конверсии СО в СО<sub>2</sub> [4]. Установлено, что при использовании катализатора на основе продукта термодеструкции полиамфолит-металлического комплекса катализ начинается при меньших температурах, чем при использовании образца сравнения, которым выступал катализатор на основе оксида меди (I). Данные о производительности катализаторов представлены в таблице.

Таблица. Данные о производительности катализаторов

Образец	$P_m \cdot 10^3$ , моль СО/ч·г при 250 °С
10% CuO+ЭДА + 90% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 500 °С	4,8
10% CuO+ЭДА + 90% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 600 °С	4,6
10% CuO + 90% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 600 °С	1,7

**Выводы.** Получены полиамфолит-металлические комплексы на основе полиамфолитов и  $\text{CuSO}_4$ . Проанализированы физико-химические свойства полученных комплексов методом термогравиметрического анализа. Установлено, что изменение энергии активации полиамфолит- $\text{Cu}^{2+}$  комплекса не систематично и не зависит от процесса, происходящего на той или иной ступени термодеструкции, и от строения углеводородной цепи алифатического

диамина. Получены катализаторы на основе продуктов термодеструкции полиамфолит-металлических комплексов. Их каталитическая активность оценивалась по реакции окисления СО в СО<sub>2</sub>. В качестве образца сравнения выступал аналогичный катализатор, не имеющий в своем составе полимерной составляющей. Полимерный катализатор успешно работал, начиная со 180 °С, а его производительность в 2,8 раза выше, чем у образца сравнения.

### Библиографический список

1. Патент РФ 2714670. Способ получения полиамфолита /Липин В. А., Сустанов Т. А., Евдокимов А. Н., Горкина Т. Е. Способ получения полиамфолита // Б.И. 2020. №5.
2. Mart H. Oxidative polycondensation reaction // *Designed Monomers and Polymers*. 2006. № 6. Pp. 551-588.
3. Kaushik P., Rawat K., Bohidar H. Heat-induced coacervation of elastin and its possible thermoreversibility // *Colloid and Polymer Science*. 2019. № 297. Pp. 947-956.
4. Кам Т. Ш. Нанокompозиты на основе CuO/CeO<sub>2</sub> для каталитического окисления СО: синтез, строение и функциональные свойства: дис... канд. хим. наук: 01.04.01. – СПб., 2022. – 111 с.

УДК 621.039.327

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСТРАКТОВ РОЗЫ БЕЛОЙ *ALBA*

Шванёва А. А., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна*

E-mail: [alinashvanyova@mail.ru](mailto:alinashvanyova@mail.ru)

### COMPARATIVE ANALYSIS OF EXTRACTS OF WHITE ROSE *ALBA*

Shvanyova A.A., Demyantseva E.Yu., Smith R.A.

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

*Экстракция лепестков роз различными растворителями позволяет получить ценные биологически активные вещества. В научно-исследовательской работе определен выход экстрактивных веществ, УФ-спектрометрией оценены возможности органических растворителей для экстракции индивидуальных компонентов.*

*Ключевые слова: экстракция, розовое масло, гераниол, цитронеллол, фенилэтиловый спирт.*

В мировом агропромышленном комплексе эфиромасличная отрасль является одной из самых прибыльных. За последние 40 лет мировое производство эфирных масел увеличилось с 50 до 250 тыс. тонн в год, для чего используется 300 видов культурных и дикорастущих эфирносов. Производство розового масла одно из тех, что занимает наибольший вес в производстве эфирных масел [1].

Известны попытки фальсификации розового эфирного масла и масла абсолют путем добавления синтетических продуктов. Даже квалифицированные парфюмеры не всегда могут обнаружить подделки по запаху. Поэтому необходимо проводить тщательный инструментальный анализ пробных образцов и производственных партий [2].

Целью данной работы является изучение влияния растворителя на выход индивидуальных компонентов УФ-спектрометрией.

Методом экстракции различными растворителями проведено выделение экстрактивных веществ из лепестков розы белой *Alba*, произрастающей на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Данные экстракционного анализа представлены на рисунке 1.

Роза содержит сахара, органические кислоты, пектиновые вещества, пантотеновую кислоту, витамины В1, В2, РР, К, танины, гликозиды, смолистые, дубильные вещества, флавоноиды, фенолокислоты, большое количество микроэлементов, поэтому, как видно из рисунка 1, наибольшее количество веществ экстрагируется водой, и незначительное количество – 0,08-0,12 % петролейным эфиром [3].

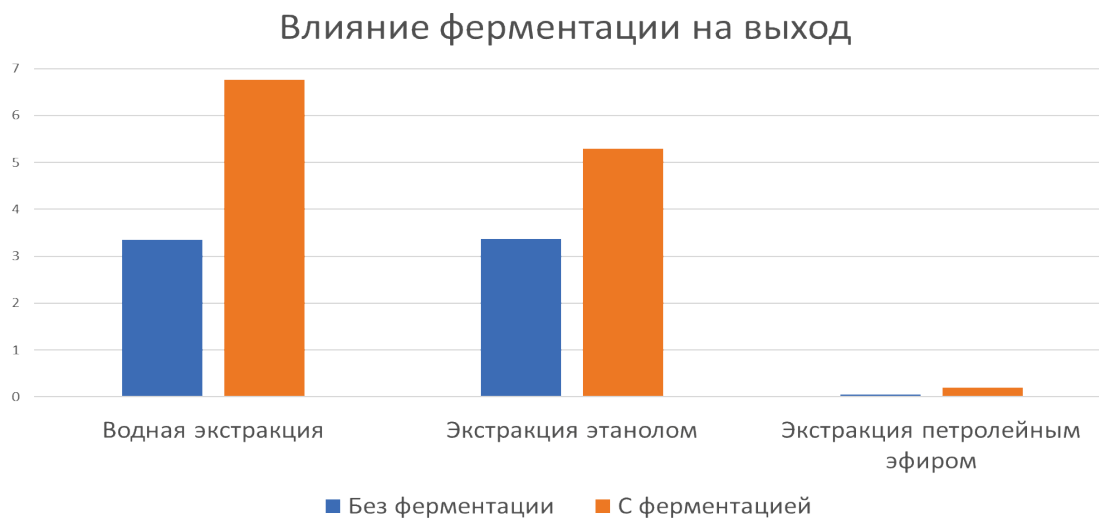


Рис. 1. Зависимость выхода экстрагируемых веществ от применяемого растворителя до и после ферментации

Наиболее ценные биологически активные вещества, обладающие противобактериальными, противогрибковыми, антисептическими, противовоспалительными, антиоксидантными свойствами, содержащиеся в розе, – это гераниол и цитронеллол, которые можно использовать для идентификации получаемых эфирных масел.

Методом УФ-спектрометрии проведен анализ содержания гераниола, цитронеллола и фенилэтилового спирта в полученных экстрактах органических растворителей. В качестве стандарта использованы УФ-спектры данных веществ. Данные представлены на рисунках 2-4.

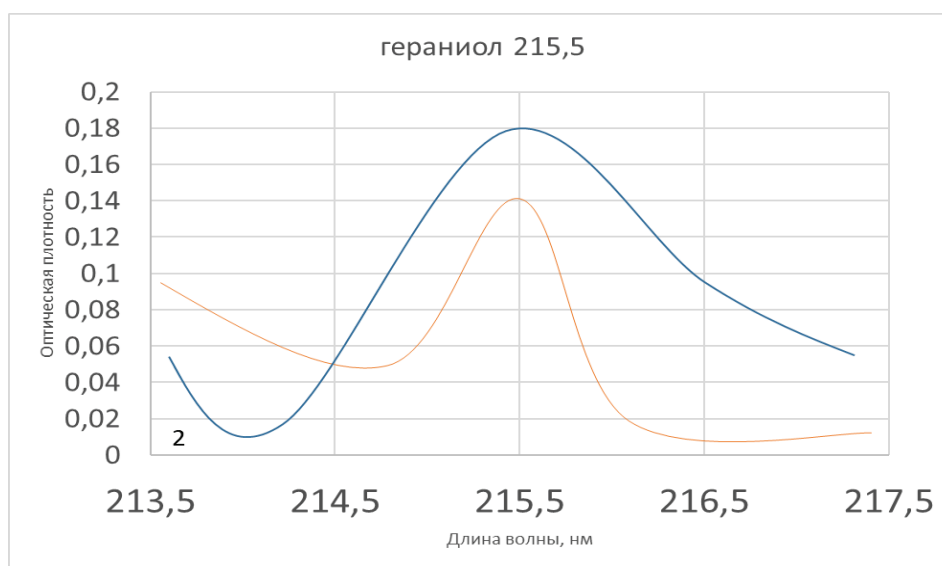


Рис. 2. Зависимость оптической плотности гераниол от длины волны:  
1 – петролейный эфир, 2 – этанол

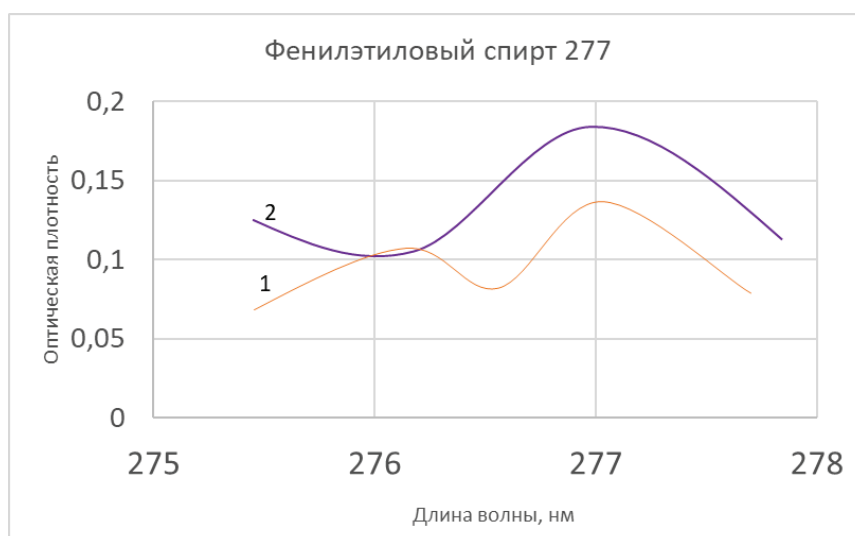


Рис. 3. Зависимость оптической плотности фенолэтилового спирта от длины волны:  
1 – петролейный эфир, 2 – этанол

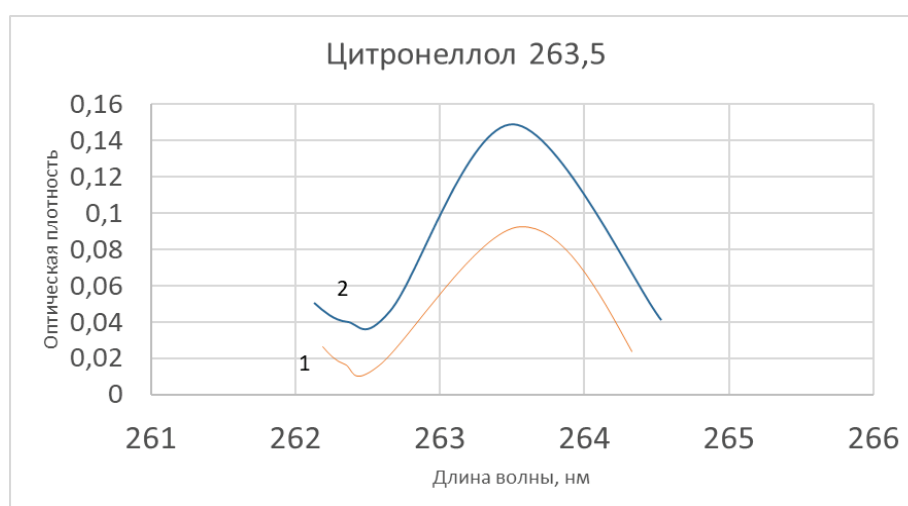


Рис. 4. Зависимость оптической плотности цитронеллола от длины волны:  
1 – петролейный эфир, 2 – этанол

Из результатов спектрофотометрических исследований можно сделать **вывод**, что наилучшим экстрагентом для выделения фенолэтилового спирта, гераниола и цитронеллола является этанол. Из рисунков 2-4 следует, что выход терпеновых спиртов и фенолэтилового спирта в этиловом спирте выше в 26 раз, чем в петролейном эфире. После ферментации выход водной экстракции увеличился с 3,4 % до 6,8 %, выход экстракции этанолом – с 3,4 % до 5,3 %, выход экстракции петролейным эфиром – с 0,1 % до 0,2 %.

### Библиографический список

1. Войткевич С. А. Эфирные масла для парфюмерии и ароматерапии. – Санкт-Петербург: Питер, 2017. – 56 с.
2. Писаренко А. П., Хавин З. Я. Курс органической химии. – М.: Высшая школа, 2010. – 369 с.
3. Пучкова, Т. В. Энциклопедия косметических ингредиентов / Т. В. Пучкова [и др.]. – М.: Школа косметических химиков, 2007. – 320 с.

## ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИМЕНЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АЗОПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛИДИН-4-ОНА

Янбарисова Я. Ф.<sup>1</sup>, Полянская Н. А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов  
E-mail: [yanbarisova@mail.ru](mailto:yanbarisova@mail.ru)

## CHARACTERIZATION AND APPLICATION OF DYES BASED ON AZO-THIAZOLIDIN-4-ONE DERIVATIVES

Ianbarisova I.F.<sup>1</sup>, Polyanskaya N.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Kosygin Russian State University (Technologies. Design. Art)

<sup>2</sup>RUDN University

Проведено спектрофотометрическое титрование красителей на основе тиазолидин-4-она солями рядом *d*-металлов ( $Ni^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ). Изучена токсичность и колористические свойства красителей и их металлокомплексов.

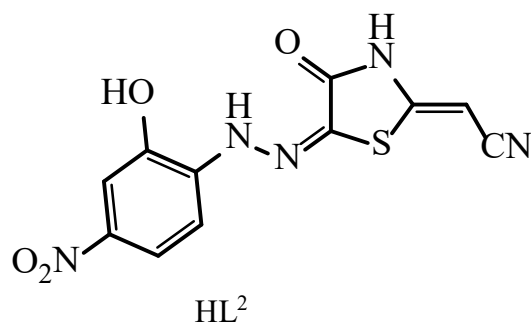
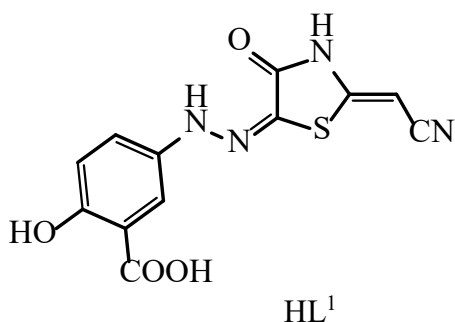
Ключевые слова: комплексообразование в растворах, спектральные характеристики, колористические свойства.

Металлокомплексные красители являются преобладающим классом красителей для окрашивания шерсти, нейлона и шелка благодаря их превосходной стойкости к стирке и воздействию света по сравнению с неметаллическими. Металлизация обычно приводит к получению ярких красителей и в основном используется для получения глубоких оттенков, обладающих стойкостью, недостижимой при использовании обычных кислотных красителей, что удовлетворяет высоким требованиям потребителей.

Металлокомплексные азокрасители представляют собой преимущественно комплексы Cr (III), Co (II, III) и Cu (II). Однако процессы изготовления и применения, связанные с обработкой металлизированных красителей ионами Co (II), Cr (III), представляют большую экологическую проблему из-за того, что используемые металлы считаются приоритетными загрязнителями [1].

Эта концепция привела к рассмотрению других менее токсичных металлов, таких как соли Fe, Zn в качестве металлизующих агентов. В связи с этим целью настоящей работы является синтез металлокомплексных красителей (Ni-, Fe- и Zn-комплексы) на основе азопроизводных тиазолидин-4-она в качестве заменителей Cr- и Co-комплексных кислотных азокрасителей с меньшей токсичностью и определение красящей способности синтезированных веществ.

Объектами исследования являются азопроизводные 2-цианометил-4-тиазолидинона ( $HL^1$  и  $HL^2$ ):



Синтез азопроизводных проводили путём последовательного применения двух химических реакций: диазотирования и азосочетания. Чистоту выделенных азосоединений контролировали методом тонкослойной хроматографии. На основании совокупности экспериментальных данных (ЭСП, ЯМР, ИК, масс-спектрокопия) установили строение полученных соединений.

Взаимодействие HL<sup>1</sup> и HL<sup>2</sup> с катионами двухвалентных металлов Ni<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> и Zn<sup>2+</sup> изучено методом спектрофотометрического титрования. При постепенном добавлении растворов солей двухвалентных металлов к растворам красителей происходит батохромное смещение длинноволновой полосы поглощения и появления изобестических точек, что свидетельствует о протекании процесса комплексообразования в растворе (рис. 1, рис. 2). Ранее нами было проведено спектрофотометрическое титрование HL<sup>1</sup> и HL<sup>2</sup> 0,1 М раствором NaOH. Характер спектров, полученных при титровании щелочью, аналогичен спектрам титрования красителей ионами металлов. Данный факт позволяет предполагать, что HL<sup>1</sup> и HL<sup>2</sup> вступают в реакцию комплексообразования в анионной форме.

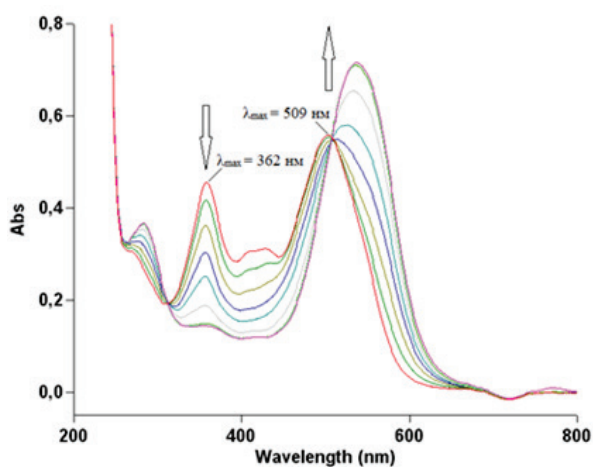


Рис. 1. Титрование HL<sup>1</sup> ( $C = 2 \times 10^{-5}$  моль/л) раствором соли NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O ( $C = 10^{-3}$  моль/л)

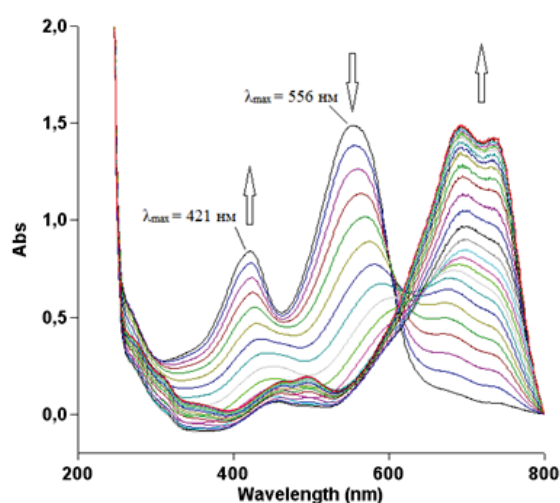


Рис. 2. Титрование HL<sup>2</sup> ( $C = 2 \times 10^{-5}$  моль/л) раствором соли NiCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O ( $C = 10^{-3}$  моль/л)

На основе программы GUSAR была рассчитана токсичность соединений при внутривенном и пероральном введении [2]. Согласно расчетным значениям, металлокомплексные красители относятся к группе малотоксичных соединений (табл.).

Таблица. Данные токсичности красителей на основе тиазолидин-4-она и их комплексов

Лиганд Путь введения	L <sup>1</sup> (Ni <sup>2+</sup> )	L <sup>1</sup> (Fe <sup>2+</sup> )	L <sup>1</sup> (Zn <sup>2+</sup> )	L <sup>2</sup> (Ni <sup>2+</sup> )	L <sup>2</sup> (Fe <sup>2+</sup> )	L <sup>2</sup> (Zn <sup>2+</sup> )
	Rat IP LD50 Внутрибрюшинный	5	5	5	4	4
Rat IV LD50 Внутривенный	5	5	5	5	5	5
Rat Oral LD50 Пероральный	4	4	4	4	4	4
Rat SC LD50 Подкожный	4	4	4	4	4	4



В качестве определения колористических свойств было проведено тест-крашение из этанольных растворов образцов обесцвеченных волос с добавлением солей металлов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  при нейтральном значении pH.

В течение нескольких секунд после добавления соли металла волокна изменяют цвет, что говорит о том, что общее время, обычно необходимое для процесса окрашивания волос, может быть значительно сокращено. Например, краситель HL<sup>1</sup> в комплексе с  $\text{Ni}^{2+}$  изменился с красно-оранжевого на розовый, в то время как волокна красителя HL<sup>2</sup> в комплексе с  $\text{Ni}^{2+}$  изменили цвет с баклажанового на аквамариновый. Цвет раствора HL<sup>2</sup> изменился с баклажанового до темно-синего, но не закрепился на тест-пряди (рис. 3). Полученные образцы выкрасок устойчивы к 6 мойкам с шампунем.

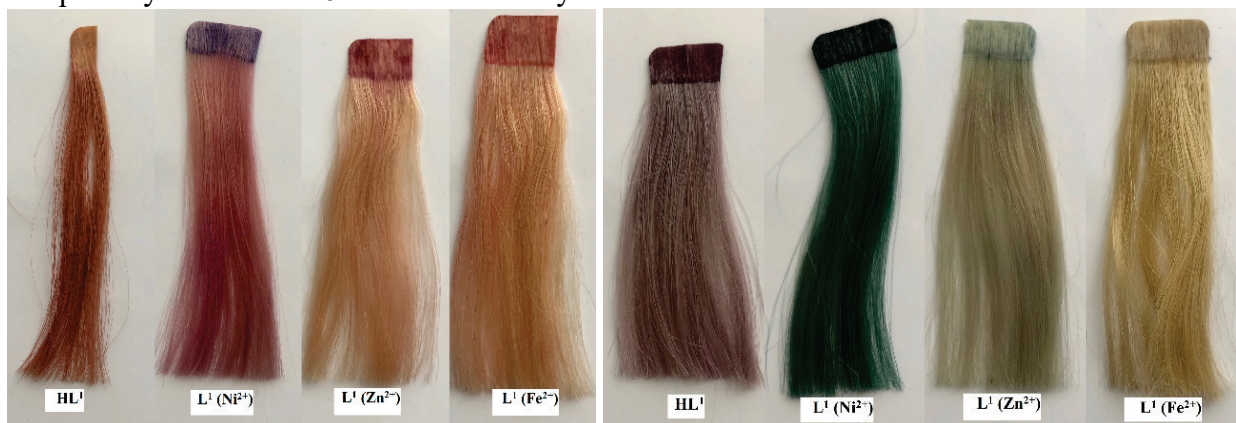


Рис. 3. Результаты тестового исследования колористических свойств красителей и их металлокомплексов

Малая токсичность, использование экологически безопасных ионов металлов [1, 3], устойчивость к смыванию позволяют предполагать, что синтезированные красители и металлокомплексы на их основе могут быть использованы в качестве альтернативы традиционной технологии окрашивания волос.

#### Библиографический список

1. Zarkogianni M., Eleftheriadis I., Nikolaidis N., and Tsasaroni E. Synthesis, characterization and application of anionic metal complex azo dyes as potential substitutes for Cr-complex dyes //Textile Research Journal. 2014. V. 84. №. 19. P. 2036-2044.
2. Institute of Biomedical Chemistry [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.way2drug.com/gusar/acutoxpredict.html>.
3. Wu, Y., Pang, H., Liu, Y., Wang, X., Yu, S., Fu, D., Wang, X. Environmental remediation of heavy metal ions by novel-nanomaterials: A review //Environmental Pollution. 2019. V. 246. P. 608–620. doi: 10.1016/j.envpol.2018.12.076

## СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 662.818:676.0

### **ТОПЛИВНЫЕ ГРАНУЛЫ: НОВШЕСТВА И ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ**

Артамонов И. С., Тверитина А. В.

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: [peet.777@mail.ru](mailto:peet.777@mail.ru)*

### **FUEL PELLETS: INNOVATIONS AND APPLICATION TRENDS**

Artamonov I. S., Tveritina A.V.

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

*В последние годы одним из самых инновационных направлений в науке стала биоэнергетика. Повышенный интерес к отрасли вызвал изменения на законодательном уровне и необходимость поиска наиболее оптимальных методов работы. В статье мы рассмотрим все преимущества перевода современных котельных на топливные гранулы по сравнению с традиционным мазутом и углем, а также влияние этого процесса на экологию.*

*Ключевые слова: биотопливо, технический гидролизный лигнин, брикеты, пеллеты, отходы.*

В настоящее время экономика России постоянно меняется. Инновационным направлением является биоэнергетика. Это комплексное использование возобновляемых природных ресурсов как конкурентоспособного источника тепла и энергии. Сырьем для производства тепловой энергии в этом случае являются топливные брикеты, которые имеют большую энергоэффективность и положительно влияют на экологическую обстановку.

На территории Северо-Западного федерального округа действует 9 ЦБК, а также множество предприятий по производству пиломатериалов, фанеры, ДВП и ДСП [1]. При механической переработке древесного сырья образуется наибольшее количество древесных отходов (опилки, щепа, стружка). Кроме того, на данный момент на бывших территориях гидролизных предприятий СССР образованы отвалы технического гидролизного лигнина (ТГЛ), который до сих пор не утилизирован.

Все вышеперечисленные отходы могут брикетироваться и использоваться в качестве биотоплива (брикетов, пеллет), что позволит утилизировать такие техногенные образования.

На данный момент Президентом РФ и Правительством Ленинградской области предложена стратегия перевода котельных на топливные пеллеты, которая основана на инвестиционной привлекательности региона [2].

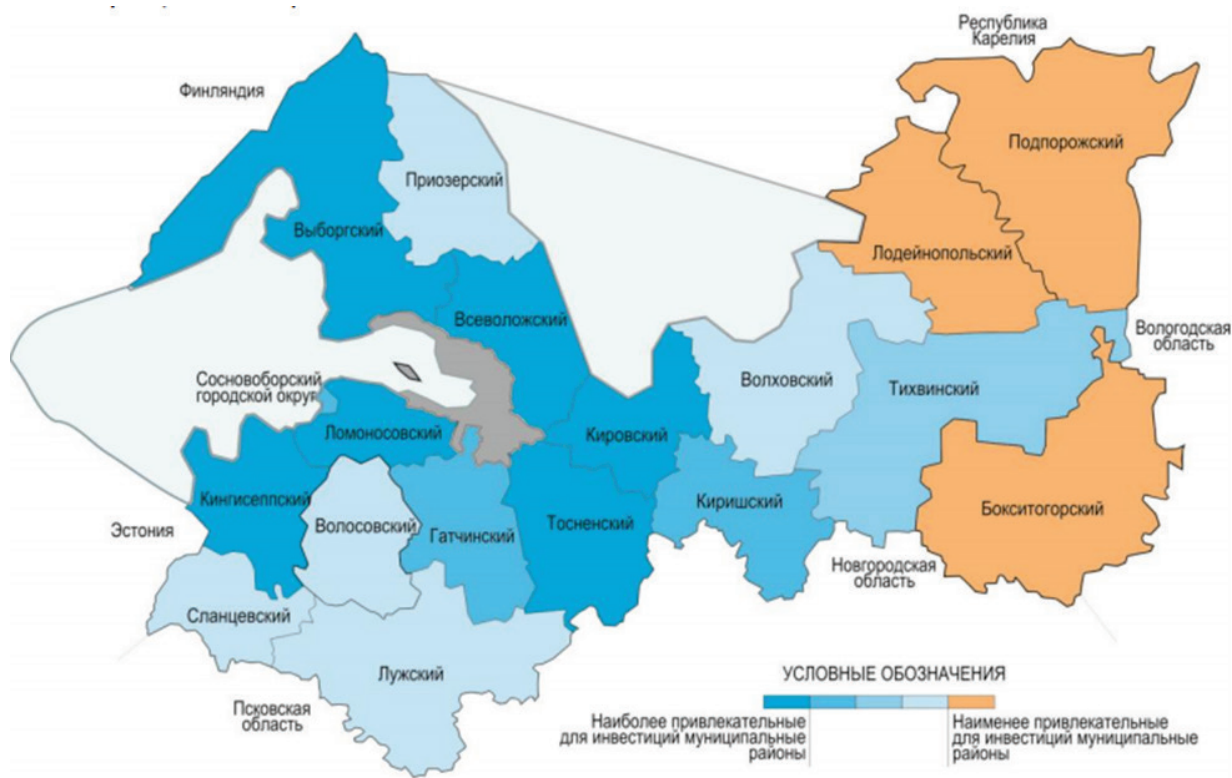


Рис. 1. Инвестиционная привлекательность муниципальных районов Ленинградской области

Правительство выпустило постановление о переводе котельных на топливо в виде древесных пеллет. На данный момент потенциал имеют минимум 60 муниципальных котельных [2].

Как показывает опыт некоторых котельных, работающих в тестовом режиме на топливных пеллетах, стоимость производства энергии снижается в 1,5-2 раза, по сравнению с мазутом.

Ранее было выявлено, что, если ТГЛ подвергать механоактивации, его теплотворная способность вырастает и способствует повышению эксплуатационных качеств брикета [3].



Рис. 2. Лигнин до и после механоактивации

Целью данной работы является поиск наиболее оптимального состава топливных брикетов, для использования их в качестве биотоплива – перспективного «зелёного» источника энергии.



Нами были исследованы брикеты (рис. 3) с разным процентным содержанием гидролизованного механоактивированного лигнина в агатовой ступке и планетарной мельнице, выбран наиболее оптимальный способ обработки лигнина, а также наиболее оптимальное давление.



Рис. 3. Полученные брикеты из сосны и лигнина (давление прессования в кг/см<sup>2</sup>)

Эксперимент выявил, что плотность брикетов наиболее зависима от давления прессования, количества и способа обработки лигнина. Самый оптимальный был получен при механоактивации лигнина в планетарной мельнице при давлении прессования 1800 кг/см<sup>2</sup> и композиционным составом 50 % лигнина и 50 % опилки сосны. С помощью него мы получили прочные оплавленные поверхности, которые защищают брикеты от разрушения, впитывания влаги и расквашивания.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что в условиях трансформации Российской экономики такое инновационное направление, как биоэнергетика, является очень перспективным. Перевод котельных на топливные гранулы поможет заключать взаимовыгодные контракты как для производителей тепловой энергии, так и для деревообрабатывающих производств. Биотопливо является более экологичным и эффективным по сравнению с традиционными мазутом и углем, так как при сжигании данного биотоплива снизятся выбросы CO<sub>2</sub>. Это, в свою очередь, позволит уменьшить парниковый эффект и положительно повлияет на экологию.

#### Библиографический список

1. Администрация Президента России [Электронный ресурс] / Перечень поручений по итогам совещания по вопросам развития лесопромышленного комплекса. – URL: <http://kremlin.ru/catalog/keywords/63/events/70764>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Производство топливных пеллет в России [Электронный ресурс] // Журнал ЛесПромИнформ. – 2017. – №6 (128). – URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html>. – Загл. с экрана.
3. Александров А. В., Афанасова А. В., Руденко А. П. Исследование механоактивации технического гидролизованного лигнина как компонента топливного брикета // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 355-363. DOI: 10.14258/jcprm.2020016678.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ МАЛОГО ВОДОТОКА И ПОЧВ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО РАЙОНА г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Владими́рова Е. Ю., Лозовая А. С., Цянь Дэн  
*Санкт-Петербургский Горный университет*

## ECOLOGICAL MONITORING OF SMALL WATERCOURSE AND SOILS OF THE VASILEOSTROVSKY DISTRICT OF ST. PETERSBURG

Vladimirova E.Y., Lozovaya A.S., Qian Deng  
*Saint Petersburg Mining University*  
s200178@stud.spmi.ru

*Санкт-Петербург за последние десятилетия подвергается высоким темпам урбанизации. Город наравне со статусом «культурной столицы» становится удобным и развитым местом жительства для населения. Однако высокие темпы урбанизации влекут за собой повышение антропогенной нагрузки на компоненты окружающей среды. Особенно актуальна эта проблема для Василеостровского района с его активно застраиваемыми намывными территориями и проходящим Западным скоростным диаметром. Данная работа посвящена оценке экологического состояния Василеостровского района.*

*Ключевые слова: мониторинг, река Смоленка, гидрологические характеристики, атомно-эмиссионный анализ, метод капиллярного электрофореза, загрязнение почв, рентгено-флуоресцентный анализ.*

Цель работы – дать оценку антропогенной нагрузки на природные компоненты Санкт-Петербурга на примере мониторинга почв и малого водотока Василеостровского района.

### *Мониторинг реки Смоленка*

Река Смоленка протекает в Санкт-Петербурге и разделяет Васильевский остров и остров Декабристов, через реку перекинута пять мостов, с которых производился отбор проб. На рисунке 1 изображены места отбора проб.

На реке Смоленка отсутствует организованный сброс сточных вод и участки отбора проб являются незагрязненными, поэтому на каждом месте отбора проб был установлен один створ. При этом рассматриваемый водоток характеризуется однородным химическим составом, исходя из этого была установлена одна вертикаль (на стрелке водотока) на каждом мосту. Так как средняя глубина реки Смоленка составляет примерно 3 м, отбор проб производился с одного горизонта (0,3 м) [1].

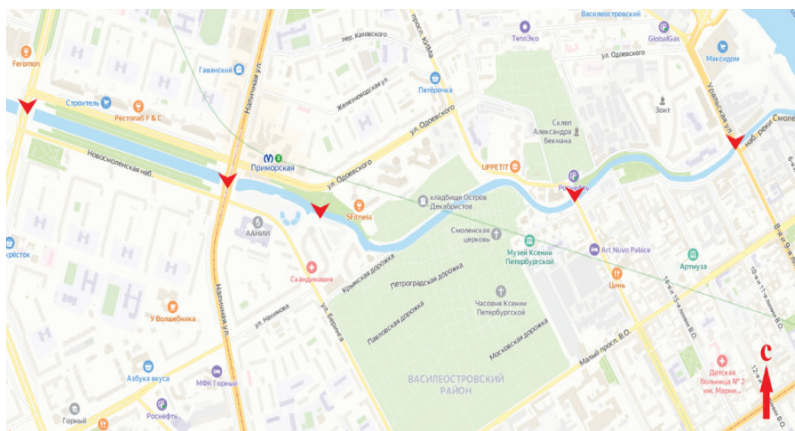


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб: 1 створ – мост Кораблестроителей; 2 створ – Наличный мост; 3 створ – Ново-Андреевский мост; 4 створ – Смоленский мост; 5 створ – Уральский мост

В рамках обязательной программы отбора проб были определены следующие гидрохимические показатели: температура; цветность; мутность; запах, концентрация растворенного кислорода, электропроводность, минерализация, водородный показатель; концентрация главных ионов – хлоридных, сульфатных, кальция, магния, натрия, калия; концентрация биогенных элементов – аммонийных, нитритных и нитратных ионов, фосфатов, концентрация широко распространенных загрязняющих веществ – металлов.

В результате исследования было выяснено, что в исследуемых пробах есть превышение ионов аммония примерно в 4 раза, алюминия – в 2 раза, марганца – в 3 раза, железа – в 6 раз, меди – в 10 раз. При этом метод капиллярного электрофореза оказался более чувствительным в сравнении с АЭС.

Основной причиной появления аммония и марганца в природной воде является разложение живых организмов и продуктов их жизнедеятельности, органики растительного происхождения.

Алюминий и железо являются одними из главных породообразующих элементов в природе, они могут образовывать различные соединения и растворяться в воде. Техногенными источниками поступления алюминия могут быть сточные воды со строительных площадок. Стоит отметить, что при отборе проб было зафиксировано несколько стройплощадок на берегах реки Смоленки. Железо поступает в природные воды не только со сточными водами, но и при коррозии чугунных и стальных, однако необходимо отметить, что пробы отбирались и летом, и осенью, поэтому повышенное содержание железа (как и марганца) может быть вызвано стагнацией вод.

Источниками поступления меди в природные воды могут быть выбросы транспорта.

Так как в воде содержатся аммоний и марганец, а также некоторые металлы, состояние реки уже можно характеризовать как «неудовлетворительное», однако по содержанию химических элементов в природных водах сложно сделать заключение о качестве водотока, для более точной экологической оценки необходим анализ зообентоса [2].

Для того, чтобы определить качество воды на исследуемом объекте по различным группам беспозвоночных, обитающих в воде, был произведен расчет индексов, показывающих уровень загрязненности водоема.

В реке Смоленка обнаружены следующие организмы: личинки комаров-звонцов, живородки и малощетинковые черви.

Таким образом, для р. Смоленки индекс Майера равен 3, следовательно, водоем характеризуется как «грязный». А по индексу Скотта, равному 4, состояние водоема оценивается как «плохое».

#### *Мониторинг почв*

Отбор проб почвы проводился на всей территории Василеостровского района, на 20 пробных площадках, расположенных по всей территории острова с шагом приблизительно в 1 км. На рисунке 2 цифрами 1-20 обозначены площадки отбора точечных проб.

На каждой пробной площадке было отобрано 10 точечных проб с горизонтов 0-5 и 5-20 см соответственно, массой не более 200 г каждая. Точечные пробы отбирались методом конверта. Объединенные пробы (по 2 с каждого участка соответственно) составлялись путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Для последующего анализа в лаборатории производилась подготовка проб к анализу. Пробоподготовка включала в себя следующие этапы: высушивание до воздушно-сухого состояния, измельчение пробы, просеивание через сито диаметром ячеек 1 мм, сокращение и усреднение пробы методом квартования.

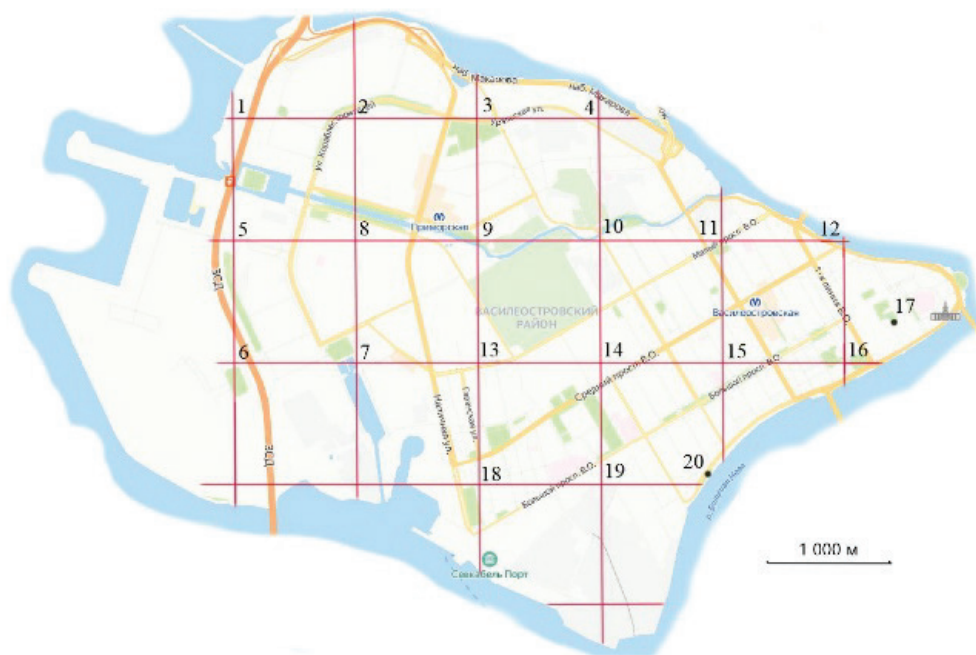


Рис. 2. Площадки отбора проб на территории Василеостровского района

Дальнейший анализ проб почвы был проведен с помощью рентгено-флуоресцентного анализа. С помощью анализа в пробе определено содержание следующих элементов: Zr, Sr, Rb, P, Zn, Cu, Fe, Mn, Ti, Ca, K.

Полученные концентрации элементов сравнивались со значениями ПДК [3] или фоновыми значениями [4]. По результатам анализа превышения относительно ПДК были выявлены по содержанию в почвах меди (Cu), цинка (Zn) и свинца (Pb). По содержанию марганца (Mn) превышений относительно ПДК не выявлено.

Высокие значения концентрации свинца объясняются активным попаданием свинца в почву от деятельности промышленных предприятий, также источником свинца является автотранспорт. На участках отмечены превышения по содержанию цинка в почвах от 8 до 30 раз относительно ПДК. Основным источником цинка в почве являются материнские породы. Дополнительными источниками служат атмосферные осадки (пыль и аэрозоли – коллоидные частицы в сухом состоянии или с дождями). Также серьезным источником поступления цинка в воду является вымывание его горячей водой из оцинкованных водопроводных труб. На исследуемых участках отмечено значительное превышение ПДК по содержанию меди – от 40 до 60 раз. Высокие концентрации меди в почве можно объяснить ежегодными поступлениями выбросов от транспорта, сжиганием топлива. Также источниками меди в почвах могут быть выбросы электротехнических производств производства красителей, керамики, кожевенных изделий.

**Выводы.** Анализ экологического состояния Василеостровского района показал, что природные компоненты Санкт-Петербурга находятся под сильным антропогенным воздействием, а основной источник загрязняющих веществ – автотранспорт.

В водах обнаружены продукты разложения живых организмов – аммоний и марганец, при этом видовое разнообразие зообентоса очень обеднено, эти факты указывают на неудовлетворительное экологическое состояние малых водотоков. Помимо этого, обнаружено превышение нормативных значений по железу и меди, источником которых является деятельность человека.



Основными источниками загрязнения почв являются выбросы в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом, промышленными предприятиями, а также противогололедное покрытие автодорог в зимний период.

### Библиографический список

1. ГОСТ 17.1.3.07-82 Правила контроля качества воды водоемов и водотоков: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 марта 1982 г. № 1115: дата введения 01.01.83. – Текст: электронный // КонсультантПлюс (дата обращения: 04.02.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Петров Д. С., Якушева А. М. Оценка экологического состояния малых водотоков Санкт-Петербурга по показателям зообентоса в 2019–2021 гг. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2022. – № 67 (3). – С. 529-544.
3. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утвержден Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 3: дата введения: 01.03.2021. – Текст: электронный // КонсультантПлюс (дата обращения: 04.02.2023). – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_375839/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/).
4. Петров Д. С., Данилов А. С. Оценка и анализ гидрохимического режима обводненных карьеров по добыче фосфоритовых руд // Вода и экология: проблемы и решения. – 2020. – № 3 (83). – С. 63-69.

УДК 614.7

### РИСК ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ НОВГОРОДСКОГО РЕГИОНА, СВЯЗАННЫЙ С ВЫБРОСАМИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ

Гладких С. Н.<sup>1,3</sup>, Семчук Н. Н.<sup>2</sup>, Ласкин Е. Ф.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,

<sup>2</sup>Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
e-mail: [gl\\_svetlana53@mail.ru](mailto:gl_svetlana53@mail.ru), [egorlaskin2001@mail.ru](mailto:egorlaskin2001@mail.ru), [snnecvo@mail.ru](mailto:snnecvo@mail.ru)

### THE RISK TO THE HEALTH OF THE POPULATION OF THE NOVGOROD REGION ASSOCIATED WITH EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES INTO THE ATMOSPHERE

Gladkikh S. N.<sup>1,3</sup>, Semchuk N.N.<sup>2</sup>, Laskin E.F.<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Yaroslav the Wise Novgorod State University

<sup>2</sup>Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture

*Проанализировано состояние атмосферного воздуха Новгородского региона и проведена оценка риска для здоровья населения, вызванное воздействием выбросов по материалам Федеральной службы Роспотребнадзора «Центр гигиены и эпидемиологии в Новгородской области» за период 2015-2020 годов. Показано, что заболевания населения напрямую связаны с загрязнением атмосферного воздуха. В структуре заболеваемости населения отмечена тенденция к увеличению болезней органов дыхания.*

*Ключевые слова: загрязнения, выбросы, атмосферный воздух, мониторинг, структура заболеваемости, оценка риска для здоровья.*

Улучшение качества жизни, вопросы здравоохранения и экологической безопасности являются приоритетными для государства. В России принят ряд правовых актов, определяющих национальные интересы государства. Тем не менее во многих промышленно развитых регионах сформировались зоны экологического неблагополучия с риском нанесения



экологического ущерба. По данным ФГБУ «ГТО», в Великом Новгороде и ряде городов области в 2017 году зарегистрирован высокий, а в 2018-м – низкий уровень загрязнения [1].

Промышленные предприятия и автомобильный транспорт – основные загрязнители атмосферного воздуха. Согласно исследованиям российских и зарубежных авторов, именно от содержания вредных веществ в воздухе в большей степени зависит уровень здоровья населения [2-4]. В мире 99 % населения проживает в районах с повышенным уровнем загрязнения воздуха.

Лишь 24 % населения Новгородского региона можно считать здоровыми.

Проведенная интегральная оценка состояния санитарно-эпидемиологического неблагополучия населения области показывает, что почти 84 % жителей проживает на территориях с уровнем гигиенической безопасности, который нельзя назвать оптимальным [5]. В связи с этим исследования, связанные с определением степени риска для здоровья населения, которое обусловлено качеством атмосферного воздуха Новгородского региона, представляются актуальными.

Цель исследования – анализ выбросов вредных веществ в атмосферный воздух территорий Новгородского региона и выявление связи между наличием в атмосфере загрязнений и заболеванием населения.

**Объекты и методы исследования.** Объектом обследования явилось население Новгородского региона с численностью 596 508 человек, которое дислоцировано на территории с высоким уровнем загрязнений атмосферного воздуха. В регионе развиты: химическая, деревообрабатывающая, пищевая промышленность; металлургия, машиностроение; сельское хозяйство и целлюлозно-бумажное производство. В области имеется большое количество автотранспорта. Все это, в совокупности, приводит к ухудшению атмосферы воздуха. Содержание загрязнений воздуха оценивалось по данным лабораторного контроля Новгородского ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Новгородской области». Определялся также индекс токсичности загрязняющих веществ [5]. Первоначально результаты лабораторных исследований сравнивались с нормативными, представленными в Гигиенических нормативах [6]. Затем производилась оценка риска здоровью населения по методам, закрепленным в руководстве [7].

**Результаты и обсуждение.** В регионе, по данным Росприроднадзора, наблюдается тенденция увеличения загрязнения атмосферы воздуха. В 2020 году в экосистему региона от стационарных источников районов области поступило более 63000 тонн веществ, которые являются опасными для среды и человека. В атмосферу области без очистки поступило 57634 тонны загрязняющих веществ [5]. Наибольший объем выбросов поступает от Великого Новгорода и Боровичского района.

За 2020 год выброс загрязняющих веществ в атмосферу от *передвижных источников* области превысил 23 тыс. тонн, что на 2,1 % больше, чем в 2019 г., в том числе от автотранспорта – 21,48 тысячи тонн (рост на 3,2 %) [5].

Санитарно-гигиеническое благополучие области определяется уровнем токсигенной нагрузки, большой вклад в которую приносят: Валдайский, Новгородский, Окуловский, Чудовский районы, г. Великий Новгород и Боровичи. Для большого количества жителей региона (около 75 %) неудовлетворительное состояние приземного слоя атмосферы представляет собой реальную угрозу и может рассматриваться в качестве объективного фактора риска, оказывающего влияние на высокую заболеваемость населения [5]. Причем одними из наиболее проблемных представляют собой болезни органов дыхания (табл.). Так, в общей структуре заболеваемости у детского населения они находятся на 1-м месте (среди взрослых – на 10-м месте). Новгородский регион имеет существенно худшую ситуацию. Количество граждан, которые обратились за помощью по поводу болезни органов дыхания, превышало средний показатель по России на 20,7 %. Выявлены также следующие болезни. У детей – заболевания нервной системы, кожи, органов чувств. У взрослых – новообразования, эндокринной и нервной системы, осложнения беременности.

Таблица. Состояние заболеваемости населения болезнями органов дыхания (на 1000 населения) в 2020 году [5]

Территория	Всего				Дети (0-14 лет)			
	Общая (по обращаемости)		Первичная		Общая (по обращаемости)		Первичная	
	заболеваемость	ранг	заболеваемость	ранг	заболеваемость	ранг	заболеваемость	ранг
Батецкий	298,13	18	207,65	21	871,90	16	471,07	21
Боровичский	547,42	4	506,91	3	1570,06	5	1546,85	5
Валдайский	419,18	9	398,14	9	1207,31	10	1185,42	10
Волотовский	290,12	19	260,86	16	708,15	21	693,33	20
Демянский	514,95	6	474,01	6	1537,46	6	1526,25	6
Крестецкий	402,06	10	368,60	10	941,38	15	885,27	15
Любытинский	274,13	20	251,93	18	1216,28	9	1191,61	9
Маловишерский	612,90	2	571,41	2	2166,74	1	2139,84	1
Маревский	298,56	17	260,12	17	842,36	18	771,76	17
Мошенской	218,76	22	205,19	22	723,08	20	707,69	19
Новгородский	428,30	8	398,58	8	1350,89	8	1306,68	8
Окуловский	648,90	1	621,90	1	2074,83	2	2048,64	2
Парфинский	341,33	16	318,58	12	1073,83	13	1071,66	12
Пестовский	516,08	5	482,15	5	1625,27	4	1603,94	4
Поддорский	229,50	21	207,85	20	763,74	19	756,41	18
Солецкий	548,89	3	505,42	4	2048,38	3	2025,36	3
Старорусский	371,05	11	331,33	11	1189,30	11	1084,47	11
Хвойнинский	347,39	14	313,53	13	999,07	14	963,60	13
Холмский	360,59	12	280,21	15	846,67	17	816,67	16
Чудовский	354,39	13	237,91	19	478,25	22	458,73	22
Шимский	346,28	15	310,99	14	1087,91	12	950,84	14
Великий Новгород	501,17	7	433,08	7	1380,32	7	1325,68	7
<b>Область</b>	<b>465,73</b>	<b>-</b>	<b>415,58</b>	<b>-</b>	<b>1361,61</b>	<b>-</b>	<b>1313,65</b>	<b>-</b>

Значительную роль в развитии болезней органов дыхания у населения области играет пыль (особенно мелкодисперсная), о чем свидетельствует прямая сильная корреляционная связь ( $r=0,9766$ ;  $P>95\%$ ) [5].

**Заключение.** Анализ выбросов в атмосферу Новгородского региона позволил оценить риск для здоровья населения, вызванное воздействием загрязнений. Болезни органов дыхания превалируют над другими заболеваниями населения.

### Библиографический список

1. Список городов России с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха/ Официальный сайт Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – URL: <http://voeikovmgo.ru/?id=681&lang=ru> (дата обращения: 02.02. 2023).
2. Ракитский, В. Н. Анализ риска здоровью при воздействии атмосферных загрязнений как составная часть стратегии уменьшения глобальной эпидемии неинфекционных

- заболеваний / В. Н. Ракитский, С. Л. Авалиани, С. М. Новиков // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 4. – С. 30–36.
3. Elbarbary M. Systemic Inflammation (C-Reactive Protein) in Older Chinese Adults Is Associated with Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution / M. Elbarbary, A. Oganessian, T. Honda, G. Morgan, Y. Guo // Int. J. Environ Res Public Health. – 2021. – №18(6). – P. 3258.
4. Vander H.S. Long-term exposure to outdoor air pollution and risk factors for cardiovascular disease within a cohort of older men in Perth / H. S. Vander, K. Murray, L. Nedkoff, G.J. Hankey, L. Flicker, B.B. Yeap // J. PLoS One. – 2021. – №16(3). – P. e0248931.
5. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения Новгородской области в 2020 году: Государственный доклад. – Великий Новгород: Управление Роспотребнадзора по Новгородской области, 2021. – 343 с.
6. ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест». – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 77 с.
7. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920–04). – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

**УДК 631.427: 665.6**

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И ЗДОРОВЬЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ПО КАТАЛАЗНОЙ АКТИВНОСТИ**

Горбунова Е. А.

*Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности  
Российской академии наук – обособленное структурное подразделение Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный  
исследовательский центр Российской академии наук»  
e-mail: [gea-93@mail.ru](mailto:gea-93@mail.ru)*

## **ASSESSMENT OF THE QUALITY AND HEALTH OF OIL CONTAMINATED SOILS BY CATALASE ACTIVITY**

Gorbunova E.A.

*Scientific Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences-Scientific  
Research Centre for Ecological Safety of the Russian Academy of Sciences*

*Нефтяное загрязнение является одним из основных видов антропогенного влияния на окружающую среду. Доля нефтезагрязненных почв с каждым годом увеличивается, что обуславливает актуальность изучения их биологических свойств. При изучении биологических свойств почвы и процессов функционирования очень важными являются свойства ферментативной активности, так как они характеризуют метаболические процессы, среди которых окислительно-восстановительные ферменты играют роль биохимических «буферов».*

*Ключевые слова: ферментативная активность почв, каталазная активность почв, нефтяное загрязнение, биодиагностика.*

Активность каталазы характеризует стабилизацию почвенных условий за счет снижения накопления вредной для клеток перекиси водорода. Таков механизм воздействия фермента каталазы на процесс самоочищения почвы [1].

Нефтяное загрязнение на длительное время ингибирует активность окислительно-восстановительных ферментов. Уровень активности окислительно-восстановительных

ферментов – один из важнейших критериев самоочищающей способности почвы от нефтяных углеводов.

**Объекты исследования.** В полевых условиях был заложен многолетний опыт по самовосстановлению почв разных типов после внесения нефти.

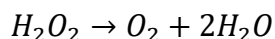
Дерново-подзолистая почва была выбрана как эталон наиболее устойчивой в экологическом отношении почвы, поскольку она характеризуется наиболее благоприятными для данной биоклиматической зоны свойствами – близкой к нейтральной реакцией среды, суглинистым гранулометрическим составом, высоким содержанием гумуса и основных питательных элементов – азота, фосфора и калия, имеет богатый по видовому составу и значительный по численности комплекс почвенных микроорганизмов и, вследствие этого, обладает повышенной буферностью, устойчивостью к разным видам нарушений и повышенной способностью к самовосстановлению.

Подзолистая почва была выбрана как пример наиболее уязвимой в экологическом отношении почвы. Кислая, бедная по минералогическому составу, песчаная, с низким содержанием гумуса и питательных элементов, эта почва характеризуется незначительным по видовому составу почвенным микробиоценозом, с преобладанием грибной микрофлоры. Следствием всех этих факторов является уязвимость данного типа почв ко всем видам техногенных (антропогенных) воздействий, и в том числе к различным видам загрязнений, и их крайне низкая способность к самовосстановлению.

Дозы внесенной нефти составили для дерново-подзолистой почвы – 0,7; 1,4; 4,0; 10,0 л/м<sup>2</sup>, для подзолистой почвы – 0,6; 1,2; 3,5; 8,5 л/м<sup>2</sup>.

**Метод исследования.** Методы определения каталазной активности почв основаны на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии ее с почвой.

Каталаза катализирует реакцию разложения перекиси водорода на воду и молекулярный кислород:



Каталазную активность определяли по методу Джонсона и Темпле, который основан на оценке скорости распада H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Неразложившуюся перекись водорода определяют перманганатометрическим титрованием [2].

**Полученные результаты.** По данным, полученным нами при определении каталазной активности в почвах многолетних опытов, выявлено достоверное уменьшение этого фермента при возрастании уровня нефтяного загрязнения относительно незагрязненной почвы (табл. 1, 2).

Снижение каталазной активности дерново-подзолистой почвы с повышением дозы внесения нефти происходит равномерно. Через 1 год после загрязнения дерново-подзолистой почвы нефтью наблюдается снижение каталазной активности на 16,7 % по сравнению с контролем – незагрязненной почвой. Через 15 лет показатели каталазной активности нефтезагрязненной дерново-подзолистой почвы возросли, что указывает на положительную динамику восстановительных процессов и улучшение плодородных функций (табл. 1).

В подзолистой почве снижение каталазной активности при повышении уровня нефтезагрязнения проявилось более резко, чем в дерново-подзолистой. Спустя год после внесения нефти в подзолистую почву в количестве 8,5 л/м<sup>2</sup> этот показатель был ниже контроля на 54 %. Через 15 лет каталазная активность была снижена относительно контроля на 40 %. Это означает, что подзолистая почва слабо восстановилась от влияния нефтезагрязнения (табл. 2).

Таблица 1. Влияние нефтяного загрязнения на каталазную активность КА дерново-подзолистой суглинистой почвы

Вариант опыта (дозы нефти, л/м <sup>2</sup> )	КА, <u>мл 0,1 М KMnO<sub>4</sub></u> г почвы за 20'	Сх ошибка выборочной средней	Критерий Стьюдента t <sub>st</sub>	Δ, % от контроля
1 год после нефтяного загрязнения				
0	3,18	0,06	-	-
0,7	2,88	0,43	-0,71	-9,4
1,4	2,75	0,18	-2,20	-13,5
4,0	2,73	0,10	-3,74	-14,2
10,0	2,65	0,03	-7,50	-16,7
15 лет после нефтяного загрязнения				
0	2,58	0,03	-	-
0,7	2,53	0,06	-0,79	-1,9
1,4	2,51	0,04	-1,31	-2,7
4,0	2,56	0,04	-0,37	-0,1
10,0	2,63	0,03	1,18	1,9

Таблица 2. Влияние нефтяного загрязнения на каталазную активность КА песчаного подзола

Вариант опыта (дозы нефти, л/м <sup>2</sup> )	КА, <u>мл 0,1 М KMnO<sub>4</sub></u> г почвы за 20'	Сх ошибка выборочной средней	Критерий Стьюдента t <sub>st</sub>	Δ, % от контроля
1 год после нефтяного загрязнения				
0	0,37	0,03	-	-
0,6	0,34	0,03	-0,86	-8,1
1,2	0,26	0,03	-2,81	-29,7
3,5	0,27	0,02	-2,72	-27,0
8,5	0,17	0,06	-3,12	-54,0
15 лет после нефтяного загрязнения				
0	0,48	0,04	-	-
0,6	0,41	0,06	-0,98	-14,5
1,2	0,36	0,06	-1,82	-25,0
3,5	0,31	0,04	-3,12	-35,4
8,5	0,29	0,04	-3,26	-39,6

Полученные данные характеризуют различную устойчивость исследуемых почв к негативным антропогенным воздействиям, которая обусловлена их химическим, минералогическим и гранулометрическим составом, а также функционированием микробного сообщества.

**Выводы:**

1. Изученные почвы существенно различались по уровню каталазной активности, что связано с их свойствами.

2. Нефтяное загрязнение оказывало достоверное угнетающее действие на уровень каталазной активности, которое было достоверным для дерново-подзолистых почв с 0,4 л/м<sup>2</sup> дозы нефти, а для песчано-подзолистой – с 0,6 л/м<sup>2</sup> дозы нефти.

3. Через 15 лет уровень каталазной активности в дерново-подзолистой почве полностью восстановился, а в подзолистой почве сохранилось достоверное угнетение.

4. Уровень активности окислительно-восстановительных ферментов – один из критериев самоочищающей способности почвы от нефтяных углеводородов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке программы РНФ № 22-24-00580 «Определение динамических параметров и критических значений стрессовых факторов при восстановлении нарушенных фундаментальных биологических процессов в нефтезагрязненных почвах подзолистого типа Северо-Запада РФ».*

### **Библиографический список**

1. Кочетков И. А., Лазарева И. О. Влияние некоторых загрязнителей на показатели биологической активности почвы // Вопросы экологии и охраны природы. Теоретическая и прикладная экология. – 2009. – № 2. – С. 12.
2. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 250 с.

**УДК 504.064.4**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАВ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ**

Старцева А. А.

*Санкт-Петербургский Горный университет*

*e-mail: [scaevola27@gmail.com](mailto:scaevola27@gmail.com)*

### **INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING AQUEOUS SOLUTIONS OF TECHNOLOGICAL SURFACTANTS FOR CLEANING OIL-CONTAMINATED SOILS**

Startseva A.A.

*Saint Petersburg Mining University*

*На нефтеперерабатывающих заводах проблеме загрязнения грунтов нефтепродуктами не уделяют должного внимания, так их не относят к отходам. Актуальным является вопрос их эффективной и доступной очистки. Предлагается рассмотреть вариант использования растворов, содержащих ПАВ. Для лабораторных исследований были выбраны два технических моющих средства – одно на основе солей нафтенных кислот, второе – имеющее в своем составе биоразлагаемые ПАВ.*

*Ключевые слова: грунт, нефтепродукты, очистка, ПАВ, сточные воды.*

Основные методы очистки нефтезагрязненных грунтов делятся на пять групп: механические, физико-химические, термические, биохимические и комбинированные [1]. Из группы физико-химических методов можно выделить промывку почвы. Реализуется данный метод в специальных барабанах с применением поверхностно-активных веществ. По окончании очистки промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, где впоследствии проводят их разделение и очистку. Этим способом можно удалить до 86 % нефти и нефтепродуктов.

Данный метод редко применяют в промышленных масштабах, когда речь идет об утилизации или обезвреживании значительных объемов нефтешламов или прочих нефтезагрязненных отходов [2]. Однако, в случае очистки небольшого количества грунта, где

содержание нефтепродуктов в несколько раз ниже, чем в отходах, данный метод наиболее целесообразен благодаря достаточно высокой эффективности, простоте своей реализации и низким затратах. Кроме того, затраты можно снизить еще больше вследствие применения для очистки сточных вод самого завода.

Цель исследования – изучить и оценить эффективность применения растворов технологических ПАВ для очистки нефтезагрязненных грунтов.

Чаще всего в производственный комплекс НПЗ входит установка по производству нафтената натрия. Нафтенаты натрия, называемые мылонафтами, обладают высокими моющими и обезжиривающими свойствами [3], из чего следует, что в сточных водах от данной установки содержится повышенное количество ПАВ.

Таким образом, рассмотрим возможность добавления ПАВ на основе солей нафтенновых кислот, которые производятся на НПЗ. Для этого часть стоков можно отвести в отдельный резервуар, куда также будет подаваться раствор с ПАВ. Затем, после смешения и отстаивания, жидкая фаза с эмульсией углеводородов и ПАВ будет повторно направлена на очистку, а осадок с отмытым грунтом – на просушку и впоследствии возможно его использование для технологических нужд самого предприятия. В упрощенном виде данная схема представлена на рисунке 1.

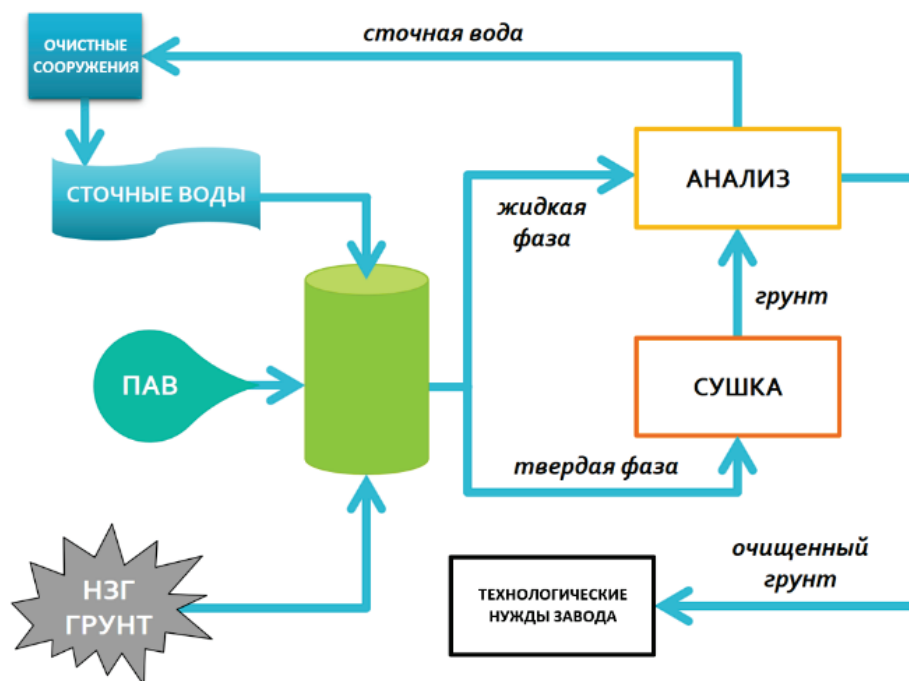


Рис. 1. Структурная схема рассматриваемой технологии

Важно отметить, что в таком случае вероятность вторичного загрязнения грунтов незначительная. Кроме того, очищенный грунт не планируется использовать в сельскохозяйственных или рекультивационных целях, что предоставляет некую свободу в части требований к его химическому составу, при доказательстве высокой эффективности его очистки от нефтепродуктов предлагаемым способом.

Лабораторные исследования были ориентированы на сравнение эффективности применения ПАВ для очистки нефтезагрязненных грунтов не только в зависимости от их концентрации в моющем растворе, но и от их состава. Были выбраны два технических моющих средства – промышленное на основе солей нафтенновых кислот, а также распространенное моющее средство, имеющее в своем составе биоразлагаемые ПАВ.

Для анализа были подготовлены две пробы, отобранные в местах локальных разливов, произошедших в марте и сентябре 2022 года. Определение содержания нефтепродуктов проводилось методом ИК-спектрии на анализаторе ОСМА-350.



Согласно «Порядку определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (утв. Минприроды РФ 18 ноября 1993 г.) в образце НГ-09 (сентябрьский разлив) уровень загрязнения нефтепродуктами можно охарактеризовать как высокий. В образце НГ-03 (мартовский разлив) уровень загрязнения будет считаться низким. Таким образом, можно изучить эффективность предлагаемого метода для очистки как сильнозагрязненных, так и слабозагрязненных нефтепродуктами грунтов.

На следующем этапе были подготовлены модельные растворы моющих средств с ПАВ двух видов – на основе мылонафта и на основе биоразлагаемых ПАВ. Из каждого моющего средства было подготовлено по 3 раствора – с концентрациями ПАВ 2, 3 и 4 г/л. Данные растворы добавлялись к навескам исследуемого грунта двух уровней загрязнения для их очистки.

Заключительным этапом исследования было определение концентрации нефтепродуктов в очищенных грунтах и сточных водах после очистки. Анализ осуществлялся описанным ранее методом ИК-спектроскопии с помощью анализатора ОСМА-350. Полученные результаты представлены на рисунках 2 и 3.

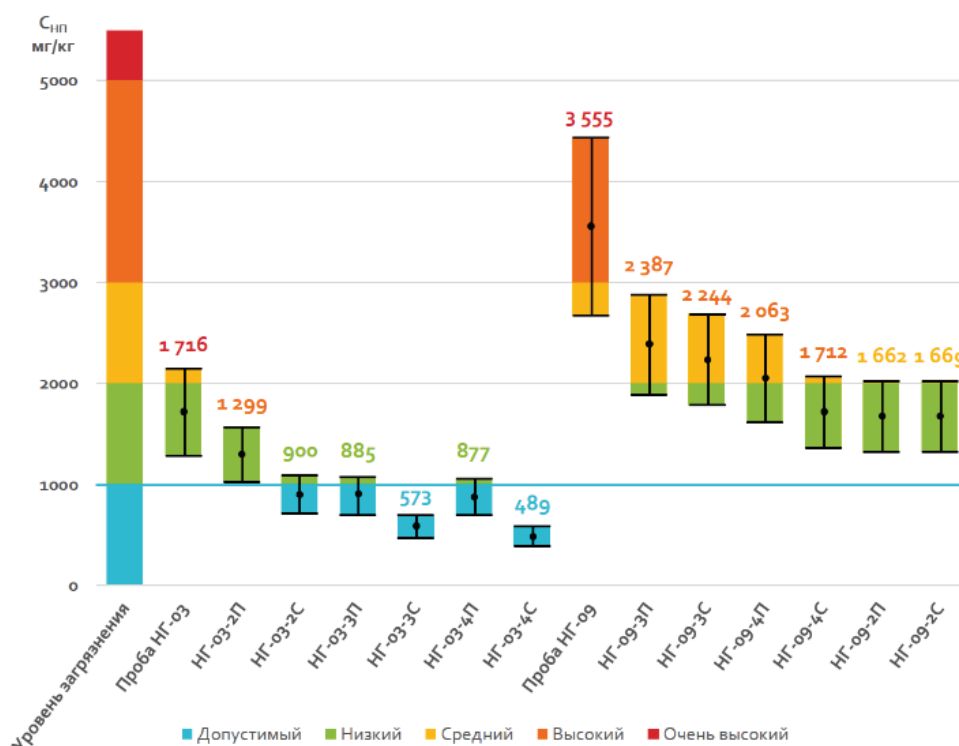


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов в очищенных пробах

После очистки грунтов с низким уровнем загрязнения, концентрация нефтепродуктов снизилась до допустимого значения только при использовании моющего средства с биоразлагаемыми ПАВ. Таким образом, выбранных концентраций ПАВ в составе моющих средств, используемых для очистки грунтов с высоким уровнем загрязнения, оказалось недостаточно и необходимо провести ряд дополнительных экспериментов.

По результатам анализа содержания нефтепродуктов в сточных водах наблюдается зеркальная картина относительно результатов анализа содержания нефтепродуктов в очищенном грунте. Данное явление вполне закономерно, так как чем меньше остаточное содержание НП в грунте, тем больше его будет в сточной воде.

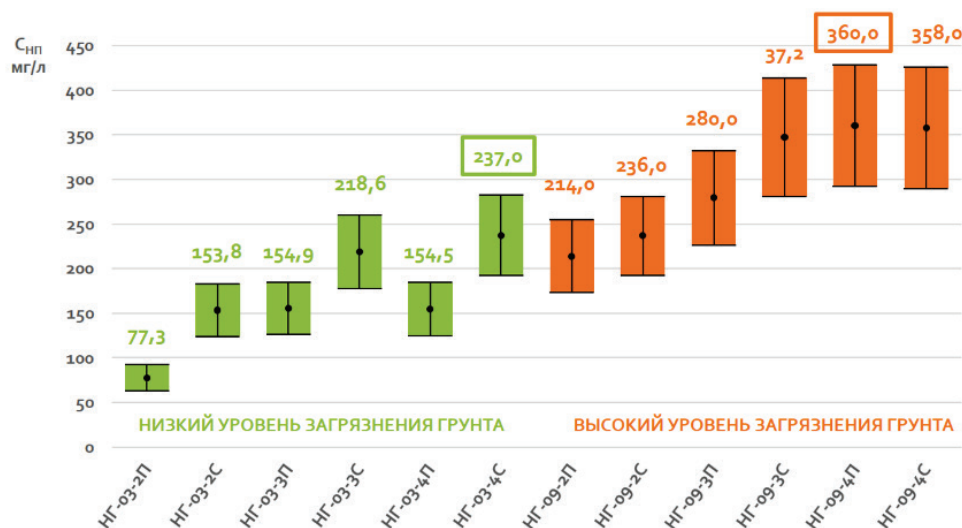


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в сточных водах

Предлагаемая технология предполагает сточные воды после промывки грунта направлять на очистные сооружения НПЗ. Независимо от того, будет ли изначально использоваться очищенная сточная вода или техническая, при передаче необходимо не допустить резкого повышения концентрации нефтепродуктов на входе, чтобы не нарушать режим работы очистных сооружений. Согласно результатам, полученным в ходе экспериментальной части и математическим расчетам на основании технических параметров, на очистку 1000 м<sup>3</sup> нефтезагрязненного грунта потребуется 25 суток. При этом увеличение концентрации нефтепродуктов в стоках при поступлении на ОС составит 2,16 %, что не должно негативно отразиться на режиме их работы.

#### Выводы:

1. После очистки нефтезагрязненных грунтов наблюдается снижение концентрации пропорционально увеличению содержания ПАВ в моющих растворах.
2. Эффективность от использования моющего средства с биоразлагаемыми ПАВ выше, чем от использования МС, имеющего в своем составе мылонафт.
3. Необходимо провести ряд дополнительных исследований для определения оптимальной концентрации ПАВ для очистки грунтов с высоким уровнем загрязнения.

Таким образом, экспериментально подтверждена эффективность применения растворов технологических ПАВ для очистки нефтезагрязненных грунтов.

#### Библиографический список

1. Утилизация нефтешламов: технологии переработки на базе УТД-2 // Установка пиролиза УТД // [Электронный ресурс]. – URL: <http://i-rec.ru/utilizaciya-nefteshlamov-technologii-pererabotki-utd-2> (дата обращения: 28.08.2022).
2. Исмаилов, Ш. Л. Рекультивация нефтезагрязненных земель / Ш. Л. Исмаилов // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения БГУ и 80-летию со дня рождения В.С. Аношко (Минск, 20–23 сентября 2018 года). – Минск: Белорусский государственный университет, 2018. – С. 242-246.
3. Моющие, чистящие и дезинфицирующие вещества. Прикладная органическая химия/ А. Т. Солдатенков, Т. А. Ле, Х. Х. Чьонг, А. И. Комарова, Т. К. Мандал, Н. М. Колядина; Под редакцией А. Т. Солдатенкова. – Ханой: Издательство Вьетнамского Национального Университета, 2014. – 274 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СТРАХОВАНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Толкачева О. П.

*Санкт-Петербургский университет МВД России*

*e-mail: [olg-ol@maul.ru](mailto:olg-ol@maul.ru)*

## ENVIRONMENTAL INSURANCE AS AN ELEMENT OF ENSURING ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SECURITY

Tolkacheva O.P.

*St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*

*В статье рассматриваются экологическая и экономическая безопасности с точки зрения их обеспечения. Цель данной статьи – проанализировать экологическое страхование с точки зрения обеспечения экологической и экономической безопасностей.*

*Ключевые слова: экономическая безопасность, экологическая безопасность, экология, окружающая среда, экологическое страхование.*

В современном мире, где промышленный сектор занимает ведущее место в экономике России, вопрос об экологической безопасности становится наиболее актуальным. Выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение вод, гибель растительного и животного мира – все это результаты техногенных катастроф. Хозяйствующие субъекты промышленного сектора наносят вред не только окружающей среде, но и негативно влияют на здоровье населения.

Экологические проблемы можно разделить на два вида:

1. Проблемы, связанные с взаимодействием природы и человека.
2. Проблемы, связанные с влиянием человека на природу.

Можно вспомнить такие страшные техногенные катастрофы, как:

- Кыштымская авария: взрыв на химкомбинате «Маяк» (1957 г.);
- Авария на Чернобыльской АЭС (1986 г.);
- Взрыв газа и крушение поездов под Уфой (1989 г.);
- Гибель атомной подводной лодки "Курск" (2000 г.);
- Взрыв метана на шахте "Ульяновская" (2007 г.);
- Разрушение гидроагрегата на Саяно-Шушенской ГЭС (2009 г.).

В результате этих катастроф в атмосферу в огромном количестве были выброшены ядовитые вещества, погибли люди. Все это негативно сказалось на экологической обстановке.

В современном мире существует множество экологических проблем, приведем некоторые из них:

1. Загрязнение атмосферы.
2. Вырубка лесов.
3. Уничтожение биоресурсов.
4. Перенаселение.
5. Нехватка пресной воды.
6. Глобальное потепление и т. д.

Все эти проблемы ведут к тому, что встала необходимость в обеспечении экологической и экономической безопасности как отдельно взятого хозяйствующего субъекта, так и страны.

Экологическая безопасность хозяйствующего субъекта – это снижение или отсутствие угроз предприятиям со стороны окружающей среды.

Экономическая безопасность хозяйствующего субъекта – это его состояние защищенности от внешних и внутренних угроз, для обеспечения себя стабильным функционированием [1].

В силу того, что ухудшение экологии напрямую воздействует на все сферы жизнедеятельности человека, в том числе на финансовую сторону хозяйствующего субъекта, проблема взаимосвязи экологической и экономической безопасности хозяйствующего субъекта на сегодняшний день очень актуальна.

Обеспечение экономической безопасности хозяйствующего субъекта представляет собой важнейшую задачу его руководства, сущность которой состоит в предотвращении всевозможных рисков наступления негативных для функционирования производства факторов, в том числе и экологических.

Для хозяйствующего субъекта экологическая безопасность как составляющая экономической безопасности проявляется в оптимизации своих финансовых затрат, таким образом, чтобы при действующем нормативном регулировании по вопросам экологии, осуществлять минимальные платежи от административных санкций за загрязнение окружающей среды и не терять рынки сбыта в странах с более жесткими нормами экологического законодательства.

Экологические угрозы, прежде всего, связаны с технологиями, которые используются хозяйствующим субъектом. Промышленные аварии влекут за собой не только человеческие жертвы, они наносят огромный вред природе, поэтому крупные компании все чаще страхуют риски ущерба окружающей среде. Такое страхование называется «экологическое страхование» [2].

Экологическое страхование – это эффективный экономический механизм, в котором сочетается проведение специальных мер по недопущению экологических аварий и создание стабильных страховых фондов денежных средств.

Существуют следующие виды экологического страхования:

- страхование ответственности юридических лиц, если они являются источниками повышенной опасности за причинение вреда окружающей среде, ответственность перевозчика (опасные грузы) и т. д.;

- имущественное страхование (страхование земельных объектов или других объектов недвижимости, включая здания) на случай нанесения им вреда вследствие экологической аварии или катастрофы;

- личное страхование граждан (страхование жизни и здоровья работников хозяйствующих субъектов, которые относятся к категории источников повышенной опасности, или граждан, находящихся на территории, потенциально подверженной влиянию источников повышенной опасности).

Такое страхование не защищает хозяйствующий субъект от других непредвиденных экономических убытков, поэтому финансово некрепкий субъект, попав в ситуацию с экологическими рисками, может попросту обанкротиться.

В такой ситуации помогло бы комплексное страхование экологических рисков. В настоящее время комплексное страхование экологических рисков в России не так развито. Преимущество данного страхования заключается в том, что оно покрывает любые убытки, с которыми может столкнуться хозяйствующий субъект, например, риски вреда окружающей среде в результате транспортировки опасного груза, риски по очистке от загрязнения производственной территории страхователя и территории за пределами его, риски в результате постепенного, а также внезапного и непредвиденного загрязнения, риски перерыва в работе и т. д. [3].

Исходя из вышесказанного, стоит отметить, что экологическая безопасность является важной составляющей экономической безопасности.

Можно предложить следующие мероприятия для соблюдения экологической и экономической безопасностей, которые в совокупности с экологическим страхованием должны дать положительный эффект:

1. Для соблюдения экологической безопасности хозяйствующий субъект должен:

- обеспечить свою деятельность информационными, техническими, правовыми, материальными и организационными мерами, направленными на ликвидацию уже имеющихся или же потенциальных угроз экологии;

- внедрить экологические технологии, которые помогут сберечь основные ресурсы субъекта, что повлияет на рентабельность производства, а также на его продуктивность и конкурентоспособность.

2. Для обеспечения экономической безопасности хозяйствующий субъект должен минимизировать внешние и внутренние угрозы. Для этого необходимо:

- прогнозировать и выявлять различные угрозы (внешние и внутренние);

- анализировать выявленные угрозы и оценивать их последствия;

- разрабатывать меры по их устранению или предотвращению.

Хозяйствующим субъектам стоит уделять должное внимание экологическим проблемам, так как они могут существенно повлиять на их экономическое состояние.

Итак, без рационального потребления природных ресурсов, постоянного контроля за состоянием природной окружающей среды и стимулирования природоохранных мероприятий невозможно повышение качества уровня жизни и экономического благосостояния, а значит, невозможно и обеспечение экономической безопасности как отдельно взятого хозяйствующего субъекта, так и страны в целом.

### **Библиографический список**

1. Толкачева О. П. Влияние налоговых преступлений на экономическую безопасность страны // Современные проблемы обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта: Материалы Всероссийской научной конференции, Москва, 24 февраля 2021 г. – М., 2021. – С. 181-183.

2. Самсонова Е. К. Обеспечение сбалансированности государственного бюджета в современных условиях: проблемы и пути решения // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2011. – № 1 (49). – С. 152-155.

3. Громова Н. Н. Особенности экологического страхования промышленных предприятий // Экологический менеджмент. – 2019. – № 6. – С. 44-49.

## СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

УДК 667.622

### ПОЛУЧЕНИЕ ПИГМЕНТОВ ИЗ ФОСФОГИПСА

Волобуева А. С., Логинов С. В.

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт*

*(технический университет)*

*e-mail: [nannuvol@mail.ru](mailto:nannuvol@mail.ru)*

### OBTAINING PIGMENTS FROM PHOSPHOGYPSUM

Volobueva A.S., Loginov S.V.

*Saint Petersburg State Institute of Technology (Technical University)*

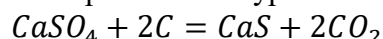
*Фосфогипс – отход, образующийся при производстве фосфорной кислоты. С его производством, накоплением, хранением, переработкой и использованием связан ряд экологических проблем. В статье приведен вариант из возможных технических решений по переработке данного массового отхода. Исследован химический состав исходного фосфогипса, приведены данные зависимости цветовой гаммы получаемых образцов от температуры прокали, соотношения компонентов, типа угля и наличия примесей. Исследован вклад фосфогипса в естественный радиоактивный фон, приведены данные по устойчивости полученного пигмента к гидролизу. Работа проводится с образцами фосфогипса от объединения «Фосфорит» (Кингисепп) и компании «ФосАгро».*

*Ключевые слова: фосфогипс, пигмент, гидролиз, отходы, маслостойкость.*

Фосфогипс – это отход, получаемый при переработке фосфоритов и апатитов на фосфорную кислоту. Фосфогипс – белый, твердый материал, состоящий в основном из сульфата кальция, полугидрата или дигидрата, а также ряда примесей, наличие и состав которых зависят от технологии обработки сырья и условий хранения. Мировые запасы фосфатов оцениваются в 69 млрд т. В Российской Федерации запасы фосфатов оцениваются в 217 млн. т в фосфоритах и около 708 млн. т в апатитах. В настоящее время в России существует четыре холдинга, занимающихся добычей и переработкой фосфатного сырья. У гипса, как у горной породы, есть определенная специфика, связанная с химико-минералогическим составом, процессами химического и физического взаимодействия. Фосфогипс, техногенный отход, может вести себя как сплошная, дискретная, трещиноватая или сыпучая порода. При взаимодействии с водой фосфогипс изменяет свое состояние и свойства [1].

Целью работы было нахождение возможного способа переработки фосфогипса в полезные для народного хозяйства материалы, в частности, пигменты для ЛКМ.

Одним из направлений переработки фосфогипса может стать получение пигментов для лакокрасочной промышленности путем его прокали в восстановительной среде. Например, в результате реакции фосфогипса с углем отмечено, что цвет получаемого продукта зависит от типа углей, соотношения компонентов, температуры прокали, а также примесей в шихте. Так, при прокали в муфельной печи при 900 °С в восстановительной среде с тонко измельченным каменным углем нами получен образец светло-розового цвета, а при 800 °С – светло-желтого. Взаимодействие основного вещества протекает по уравнению:



Избыток или недостаток углерода от стехиометрии также влияет на цвет пигмента.

В природе известен минерал ольдгамит, состав которого соответствует сульфиду кальция с примесями сульфидов магния, железа и меди, что и определяет различные оттенки минерала. Данный минерал имеет метеоритное происхождение в виде включений в пироксенах. По данным рентгено-флуоресцентного анализа исходного фосфогипса, образца

из отвалов в г. Кингисепп, отмечено присутствие заметного количества, кроме оксидов кремния и алюминия, также оксидов железа, стронция и бария, рисунок 1.

Условия измерений						
Прибор: EDX-8000 Атмосфера: Возд Коллиматор: 5(мм) Кювета:Полипропилен						
Аналит	Анод кВ	мкА	ФИ	Пр.(кэВ)	Анал.(кэВ)	Время(сек) МВ(%)
Al-U	Rh 50	108-Auto	----	0 - 40	0.00-40.00	Live- 20 30
C-Sc	Rh 15	676-Auto	----	0 - 20	0.00- 4.40	Live- 100 29
Качественный результат						
Аналит	Рез-т	[3-сигма]	Мет.расч.	Лин	Инт.(имп/с/мкА)	
SO3	49.723 %	[ 0.145]	Кол-ФП	S Ka	15.6872	
CaO	39.355 %	[ 0.066]	Кол-ФП	CaKa	48.2989	
SiO2	6.007 %	[ 0.110]	Кол-ФП	SiKa	0.3338	
Al2O3	2.410 %	[ 0.212]	Кол-ФП	AlKa	0.0368	
SrO	0.851 %	[ 0.005]	Кол-ФП	SrKa	110.3345	
Fe2O3	0.638 %	[ 0.011]	Кол-ФП	FeKa	11.9763	
BaO	0.305 %	[ 0.036]	Кол-ФП	BaLa	0.6084	
K2O	0.281 %	[ 0.009]	Кол-ФП	K Ka	0.2627	
P2O5	0.272 %	[ 0.484]	Кол-ФП	P Ka	0.0598	
Cr2O3	0.071 %	[ 0.009]	Кол-ФП	CrKa	0.6860	
CeO2	0.048 %	[ 0.029]	Кол-ФП	CeLa	0.1190	
CuO	0.017 %	[ 0.002]	Кол-ФП	CuKa	0.7447	
Y2O3	0.011 %	[ 0.001]	Кол-ФП	Y Ka	1.4236	
ZnO	0.010 %	[ 0.002]	Кол-ФП	ZnKa	0.5366	

Рис.1. Химический состав опытного образца фосфогипса

Наличие в составе фосфогипса оксидов d-элементов, потенциальных хромофоров, способно влиять на цвет и оттенки получаемых при прокалке пигментов.

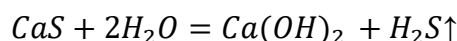
Главной опасностью использования фосфогипса является его потенциально возможная радиоактивность. Данное обстоятельство может осложнять использование фосфогипса в качестве строительного материала, при обустройстве дорог, в качестве мелиоранта или сырья для вторичного использования [2]. Нами установлено, что исследованные образцы фосфогипса дают радиационный вклад в пределах естественного фона, около 0,17 мкЗв/час. Проведенный анализ по определению радионуклидного состава образца выявил наличие изотопа калий-40, в пределах нормы.

Исследована устойчивость к гидролизу прокалённого в присутствии углерода при 900 °С фосфогипса. Методика заключалась в проведении контакта образца пигмента с дистиллированной водой в массовом соотношении 1:100 при перемешивании и температуре около 80 °С в течение 60 мин. Изменения свойств контактной воды приведены в таблице.

Таблица. Изменение свойств контактной воды при гидролизе

Показатели	До гидролиза	После гидролиза
рН	6,6	9,6
Редокс-потенциал контактной воды, мВ	478	424
Наличие растворенных солей по TDS контактной воды, ppm	6	104

Протекающая реакция:



показывает взаимодействие пигмента с водой при гидролизе с образованием гидроксида кальция и сероводорода. Полученные данные свидетельствуют о значительном гидролизе образца в жестких условиях гидролиза. Данное обстоятельство ограничивает область применения пигмента в водных системах.



Маслоемкость пигмента, полученного при 900 °С с тониной помола около 1 мкм, составила 36 г/100 г пигмента, а полученного при 800 °С – 41 г/100 г пигмента [3]. Таким образом, можно рекомендовать полученный из фосфогипса пигмент пастельных тонов для использования в масляных красках. Фотография пигмента до отмывки приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Вид прокаленного пигмента

По данным мониторинга на 1 т получаемой фосфорной кислоты, в зависимости от сырья и принятой технологии, образуется от 2 до 6 т фосфогипса. Однако для фосфогипса нет единого решения по переработке, вопросы его утилизации рассматриваются и обсуждаются еще со второй половины прошлого века. Из фосфогипса можно получать стеновые панели типа гипсокартона, можно использовать его в качестве подсыпки под основания дорожных покрытий, использовать в качестве мелиоранта, путем термической обработки – получать из него серную кислоту, а также соду, сульфат натрия, сульфат аммония. Все перечисленные способы являются весьма затратными.

Прямые затраты на производство пигмента из фосфогипса (предварительная оценка) составляют в текущих ценах около 100 рублей за кг, в том числе: на электроэнергию – около 30 рублей, углерод технический – 20 рублей, промывку, размол и сушку – 40 рублей. При рыночной цене, например, на натуральный пигмент «Ярозит», аналогичный по колористическим характеристикам, составляющей около 5000 рублей за кг, или на «Охру терракотовую» – около 3000 рублей за кг, можно предполагать высокорентабельную переработку фосфогипса на пигменты.

Найденное решение по получению пигментов служит дополнением к возможным методам переработки фосфогипса, а существующие вопросы по переработке фосфогипса указывают на комплексный и глобальный характер проблемы.

### Библиографический список

1. Недбаев, И. С. Обзор российского и мирового опыта решения экологических проблем производства, хранения, переработки и использования фосфогипса / И. С. Недбаев, Н. В. Цывкунова, Е. Ю. Елсукова // Вестник евразийской науки. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 13-14.
2. Камел, Н. Х. М. Естественная радиоактивность и защита от радиации при использовании продуктов на основе отходов фосфогипса / Н. Х. М. Камел // Радиохимия. – 2012. – Т. 54, № 1. – 86 с. (с. 54).
3. Беленький, Е. Ф. Химия и технология пигментов: учебное пособие / Е. Ф. Беленький, И. В. Рискин. – 3-е изд. – Ленинград: Госхимиздат, 1960. – 757 с .

## СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВАЛОЧНОГО ГАЗА

Гатаулина И. М.

*Казанский государственный энергетический университет*

*e-mail: [ttolin@inbox.ru](mailto:ttolin@inbox.ru)*

## LANDFILL GAS-BASED HEATING SYSTEM

Gataullina I. M.

*Kazan State Power Engineering University*

*В настоящее время особое внимание уделяется внедрению нетрадиционных источников энергии. Наиболее перспективными являются солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, биоэнергетика и пр. Особое место здесь занимает биоэнергетика, в частности, свалочный газ.*

*Ключевые слова: свалочный газ, метан, мусорный полигон, экология, теплоснабжение.*

Свалочный газ занимает третье место по способам получения метана после ископаемого топлива и сельскохозяйственного биогаза. Кроме решения энергетической задачи, решается также и проблема утилизации органических отходов на свалках различного уровня. Зачастую эта проблема на свалках решается с помощью прямого выделения свалочного газа в атмосферу или, в лучшем случае, сжигания на факельных системах с неконтролируемым выбросом вредных веществ [1]. В обоих случаях наносится значительный вред экологическому состоянию свалок, что только подчеркивает актуальность проблемы. Также следует отметить, что свалочный газ является главной причиной возгорания свалок, что может привести к настоящей экологической катастрофе. Необходимо отметить, что наличие в воздухе 5-15 % метана и 12 % кислорода приводит к образованию взрывоопасной смеси [2].

Таким образом, использование свалочного газа целесообразно по следующим причинам:

- применение свалочного газа как топлива для получения тепловой энергии;
- уменьшение вредных выбросов продуктов разложения отходов на свалках;
- значительное уменьшение массы мусора на свалках за счет утилизации органических отходов [3].

Технология выработки свалочного газа основана на процессе анаэробной ферментации – разрушении органических отходов естественным биоценозом различных бактерий. Теплота сгорания одного кубического метра свалочного газа значительна и может достигать 12 МДж, эта величина эквивалентна теплоте сгорания 0,6 литра бензина, 1,75 кг сухих дров, при этом можно получить до 2 кВт/ч электрической энергии.

Целью работы является исследование возможности применения свалочного газа для построения системы теплоснабжения трехэтажного административного здания с площадью помещения 1662 м<sup>2</sup>, объемом помещений 8668 м<sup>3</sup> и примерным количеством посещающих людей в 300 человек. Таким образом, для обеспечения тепловой энергии выбранное административное здание необходимо оборудовать автономной котельной с годовой выработкой тепловой энергии в размере 9211,52 МВт/год, для этой цели выбраны 2 котла мощностью по 200 КВт, работающих на свалочном газе.

Известно, что из одной тонны отходов может образовываться до 200 м<sup>3</sup> свалочного газа. Количество свалочного газа также зависит и от возраста отходов – в первые 15-20 лет при разложении одной тонны отходов может выделяться до 8 м<sup>3</sup> свалочного газа в год. В дальнейшем эксплуатация полигона приведет к снижению получаемого газа, поэтому в среднем срок эксплуатации одной скважины составляет не более 15 лет, при этом окупаемость полигона составляет 5 лет.

В таблице показано содержание метана в различных газовых смесях, данные скорректированы для региона Татарстана [4]. Видно, что свалочный газ содержит в себе значительное количество примесей, что делает его «грязным».

Таблица. Состав различных газов

Источник	Состав газа, % (об.)					
	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
Природный газ (стандартный)	96	2	0,84	1,05	-	-
Свалочный газ (биогаз)	66,75	0,05	31,75	0,48	0,425	0,06
Спиртзавод (биогаз)	69,3	-	30,2	0,2	0,3	-
Животноводческая ферма (биогаз)	69,14	-	30,36	0,09	-	0,11

Для эффективного сбора свалочного газа на свалочных полигонах необходимо обеспечение следующих условий:

- создание в толще захоронения необходимого разрежения при минимальном подсосе воздуха;
- обеспечение долговременной работы каждой скважины с учетом механических и динамических нагрузок;
- обеспечение длительного сбора свалочного газа;
- увязка работы системы дегазации со скоростью образования свалочного газа;
- возможность расширения добычи свалочного газа.

С экономической стороны наиболее эффективны полигоны, имеющие глубину залегания мусора более 10 метров и содержащие более 1 миллиона тонн отходов. Возраст отходов тоже имеет значение, желательно не более 10 лет. Тогда мусорный полигон обеспечит стабильное получение свалочного газа сроком до 20 лет.

Конечно, наиболее целесообразно закладывать газовые скважины в процессе наполнения мусорного полигона. Конечно, металлические газоотводные трубы предпочтительнее, обладают большим запасом прочности и возможностью проведения технической диагностики, но это экономически весьма затратно [5]. Применение пластиковых труб в процессе наполнения полигона мусором значительно удешевит процесс добычи газа. В противном случае газовые скважины необходимо бурить. Процесс бурения связан со множеством проблем: неоднородность слоев мусора, наличие в мусоре твердых отходов, но самое главное – повышенная опасность эксплуатации тяжелой буровой техники на полигоне [6].

Дальнобойность струи горения свалочного газа приводит к снижению устойчивости процесса горения газа и склонности к отрыву факела от горелки. Так же для обеспечения заданного расхода топлива необходимо увеличить диаметр сопловых отверстий горелочного устройства [7].

В итоге можно сделать **вывод**, что характеристики мусорного полигона позволяют обеспечить свалочным газом систему теплоснабжения трехэтажного административного здания в течение 20 лет, срок окупаемости составляет 5 лет.

## Библиографический список

1. Шарафисламова, Э. А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности / Э. А. Шарафисламова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2016. – № 2. – С. 256-258. – EDN YGGYGN.
2. Горбунов, К. Г. Законодательные проблемы теплоэнергетики / К. Г. Горбунов, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 111-113. – EDN LJVNRC.
3. Иванов, Д. В. Оборудование для использования свалочного газа / Д. В. Иванов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 690-692. – EDN DBWEAS.
4. Мустафина, Г. Р. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 88-90. – EDN NYXDPA.
5. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes / S. O. Gaponenko, R. Z. Shakurova, A. E. Kondratiev, R. Dimova // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Kazan, 18–20 сентября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 01021. – DOI 10.1051/e3sconf/201912401021. – EDN UXIYTB.
6. Кондратьев, А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка / А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В 2 томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 417-419. – EDN JFRHGG.
7. Мустафина, Г. Р. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II международная научная конференция, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 277-280. – EDN JJVOBP.

**ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЫБНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ**

Данилюк М. А., Ишевский А. Л.

Университет ИТМО

e-mail: [Madaniliuk@itmo.ru](mailto:Madaniliuk@itmo.ru)

**LIFE CYCLE ASSESSMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES FOR  
PRODUCING SEMI-FINISHED FISH PRODUCTS**

Daniliuk M.A., Ishevsky A.L.

ITMO University

*Питание населения является важной стратегической социальной политикой любого государства. При разработке продуктов питания для различных групп населения необходимо учитывать факторы пищевой и биологической ценности получаемого продукта, а также отвечать требованиям качества и пищевой безопасности. В последнее время важным становится получение экологической информации о продукте, и возможности применения ресурсосберегающих технологий при его производстве.*

*Ключевые слова: ресурсосбережение, рыбные полуфабрикаты, оценка жизненного цикла, экономика замкнутого цикла, питание.*

Питание населения является важной стратегической социальной политикой любого государства. Качественное рациональное питание населения является важнейшей социальной проблемой современного общества [1]. Разработка нового диетического продукта питания для пожилых людей имеет жизненно важное значение для социального и экономического развития.

На морепродукты приходится до 22 кг в РФ на душу населения в соответствии со статистикой, приведённой Росстат за 2021 год [2]. Белки рыбы легко усваиваются. Согласно рекомендациям ВОЗ, рыбу, особенно богатую полиненасыщенными жирными кислотами, следует употреблять пожилым людям, так как ее употребление является профилактикой сердечно-сосудистых заболеваний, как источник полиненасыщенных жирных кислот [3]. К сожалению, цены на рыбную продукцию постоянно растут, из-за чего не все граждане старшего поколения могут ее себе позволить.

Поэтому более рациональным является использование переработанных ресурсов гидробионтов для приготовления рыбного фарша, а именно: использование частей рыбы после получения филе для приготовления полуфабрикатов, чтобы значительно удешевить сырье и сохранить полезные свойства рыбы, а также такая технология производства относится к ресурсосберегающей, так как эти части рыбы не утилизируются и не поступают на полигон, что, в свою очередь, улучшает показатели воздействия на окружающую среду и соответствует принципам экономики замкнутого цикла. В соответствии с «Едиными нормами отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов» от 29 апреля 2002 года выход филе форели составляет всего 44,7 %, при этом 55,3 % отходы [4]. В полуфабрикатах, полученных по такой технологии, с заменой части фарша из филе на фарш, полученный после получения филе рыбы, в нем увеличивается количество полиненасыщенных жирных кислот, но снижается белок, из-за чего ухудшается пищевая ценность, а также ухудшаются функционально-технологические свойства фарша, такие как водоудерживающая способность (ВУС), влагосвязывающая способность (ВСС), жирудерживающая способность (ЖУР), рисунок 1.

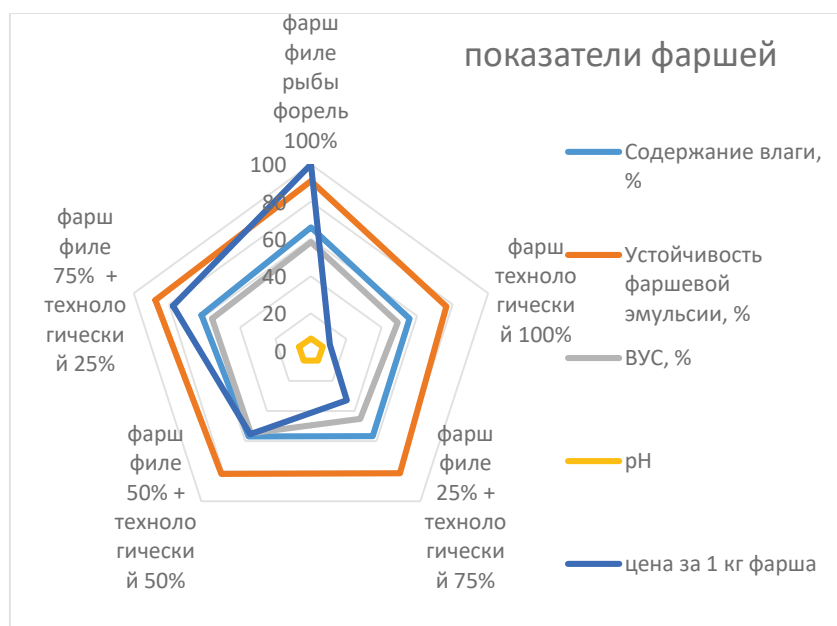


Рис. 1. Показатели свойств фаршей

При таком способе смешивания фаршей увеличивается количество рыбьего жира в готовом фарше и, соответственно, количество полиненасыщенных жирных кислот, таких как ОМЕГА 3, о пользе которых всем известно [5]. Полученные полуфабрикаты содержат легкоусвояемые белки и повышенное содержание полиненасыщенных жирных кислот, таким образом они могут быть рекомендованы для геронтологического питания.

В исследовании используется полужирная рыба (форель), так как в соответствии с основами геронтологического питания жирные сорта рыбы не рекомендуются для кормления старшего поколения из-за высокого содержания в них пуриновых оснований [6].

Для улучшения функционально-технологических свойств фаршей использовались сывороточные протеины и яичные белки в различных концентрациях, так как они образуют стабильную водно-жировую эмульсию, связывают влагу, улучшают органолептические характеристики и повышают биологическую ценность. Сывороточные белки (наиболее сбалансированные по аминокислотам, чем растительные белки) используются для получения баланса полуфабрикатов по белкам. Таким образом, используя рациональные способы переработки гидробионтов, мы могли бы производить рыбные полуфабрикаты со сбалансированным липидно-белковым составом для питания граждан старшего возраста. Такой способ позволяет уменьшить стоимость готовых полуфабрикатов, а также снизить воздействие на окружающую среду.

Для оценки воздействия на окружающую среду использовалась оценка жизненного цикла в соответствии с ГОСТ Р ИСО 14040, ГОСТ Р ИСО 14044. Целью этой оценки жизненного цикла является оценка различных рецептов рыбных полуфабрикатов [7, 8]. Для экологической оценки использовались программа Simapro 9.1.1.1 и база данных Ecoinvent 3.6. Граница системы была от «колыбели до могилы» (включает сырье, производство, транспорт, этап использования, конец жизни). В качестве функциональной единицы был выбран рыбный полуфабрикат массой 100 г в полиэтиленовом пакете, упакованный под вакуумом. Для оценки воздействия жизненного цикла рыбного полуфабриката использовался потенциал глобального потепления в кг CO<sub>2</sub> экв.

В исследовании сравнивался фарш филе форели, полученный по классической технологии, а также смесь фарша форели, полученной по классической технологии: 75 % в смеси с 25 % фарша, полученного по ресурсосберегающей технологии, и смесь фарша форели, полученной по классической технологии: 50 % в смеси с 50 % фарша, полученного по ресурсосберегающей технологии. Результаты представлены на рисунке 2.

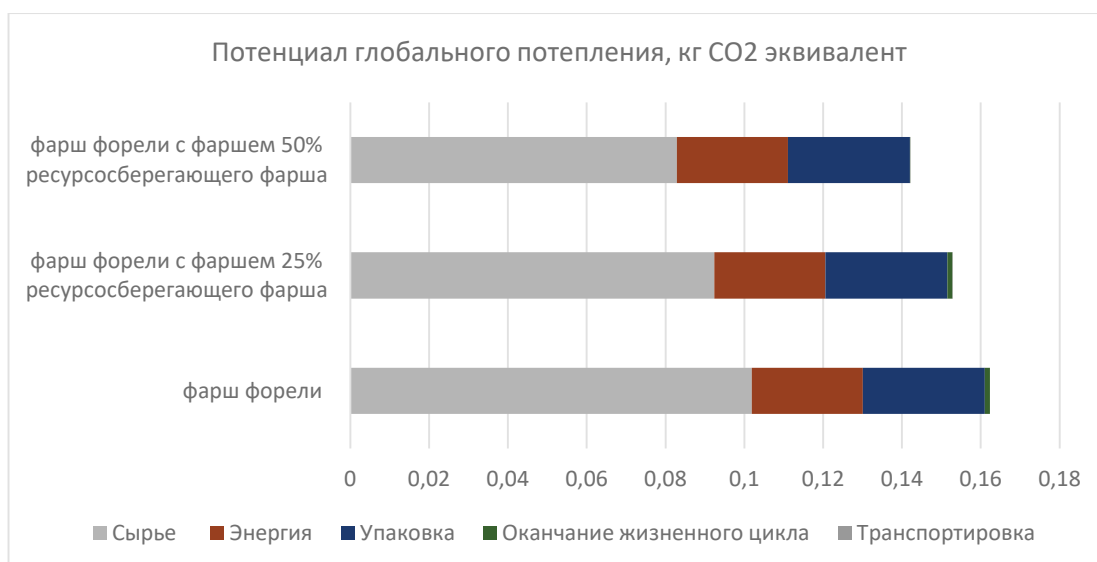


Рис. 2. Потенциал глобального потепления для разных видов фаршей форели

Основное воздействие на окружающую среду оказывает сырье для рыбных полуфабрикатов, что составляет более 58 % от общего воздействия. А также немаловажным является обратить внимание на использование электроэнергии для приготовления рыбных полуфабрикатов, которое составляет 17-20 %, и упаковку, которая составляет 18-21 % воздействия на глобальное потепление в жизненном цикле производства рыбных полуфабрикатов. Так как для улучшения функционально-технологических свойств рыбных полуфабрикатов в дальнейшем используются молочные и яичные белки, то становится очевидным, что необходимо в дальнейшем просчитать их влияние и сравнить с другими вариантами рецептов.

### Библиографический список

1. Распоряжение правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. №1364-р «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»
2. Росстат [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13292?print=1> (дата обращения: 02.02.2023).
3. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 02.02.2023).
4. Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству «Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов» от 29 апреля 2002 года. – М., 2022.
5. Calviello G., Serini S. Dietary Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cancer, Springer, 2010, p. 261
6. Погожева А. В. Ешь, пей, молодежь. Уникальные принципы геродиететики – здорового питания в пожилом возрасте. – Москва: АСТ, 2015. – 208 с.
7. ГОСТ Р ИСО 14040-2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. – М.: Стандартинформ, 2010. – 23 с.
8. ГОСТ Р ИСО 14044–2019 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. – М.: Стандартинформ, 2020. – 50 с.



**КИСЛЫЕ ПОЧВЫ И ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ИХ ВЛИЯНИЯ  
НА АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС**

Матвеева В. А., Лукьянова А. В.

*Санкт-Петербургский Горный университет*

*e-mail: [Matveeva\\_VA2@pers.spmi.ru](mailto:Matveeva_VA2@pers.spmi.ru), [lknnn99@gmail.com](mailto:lknnn99@gmail.com)*

**ACIDIC SOILS AND MAIN ASPECTS OF THEIR IMPACT ON AGRO-INDUSTRIAL  
COMPLEX**

Matveeva V.A., Lukyanova A.V.

*St. Petersburg Mountain University*

*В статье приводится краткое описание и объяснение проблемы деградации почв, более подробно рассмотрено одно из направлений деградации – закисление почвы. Рассмотрены основные негативные факторы, входящие в понятие кислых почв, а также кратко описан один из возможных вариантов решения проблемы.*

*Ключевые слова: деградация почв, кислые почвы, негативное воздействие, подвижный алюминий, мелиорация.*

Пахотные земли занимают около 10 % от общей площади Земли. В почвах обитает порядка 92 % всех известных нам животных и растений. В России на долю сельскохозяйственных земель приходится около 38 % почв [1]. Если вдуматься в эти масштабы, то станет ясно, что почва занимает крайне важное место в жизни людей, в частности, это определяется её способностью обеспечивать растения необходимыми элементами для их полноценного развития и получения достаточного количества урожая либо других не менее важных аспектов. Уровень развития и достойного состояния почвы, в свою очередь, влечет за собой успешность развития агропромышленного комплекса страны и обеспеченность населения продуктами питания.

Целью работы является рассмотрение существующей ситуации, связанной с закислением пахотных почв. Среди определенных задач можно перечислить проведение литературного обзора и анализа информации, а также рассмотрение существующих методов решения проблемы.

Если обобщить существующие понятия, описывающие суть деградации почв, то можно сказать, что это – процесс изменения качества земель в негативную сторону, вызванный различным природным или антропогенным воздействием. Причин для подобного достаточно, среди природных воздействий можно перечислить землетрясения, выветривание пород, заболачивание и прочее. Но не стоит забывать об антропогенном воздействии на почвы, которое часто играет гораздо более значительную роль в процессе деградации. Здесь можно отметить такие влияния, как неправильная обработка почв, чрезмерное использование удобрений и пестицидов, разработка полезных ископаемых, негативное воздействие, являющееся результатом работы различных заводов и предприятий, и многое другое [2].

Выяснено, что деградации в разной степени подвержено почти 2 млрд. га. А ежегодная потеря освоенных сельскохозяйственных почв равна 18 млн. га. Так, только на долю предприятий, добывающих полезные ископаемые открытым способом, приходится 500 тыс. га земель, изъятых из землепользования. А рекультивация требует достаточно большого количества времени, и потому процесс восстановления земель происходит значительно медленнее, чем процесс изъятия. Ухудшает ситуацию тот факт, что объёмы проводимых агрохимических работ очень низкие. Если сравнивать объёмы внесения минеральных удобрений в разные годы, то станет понятно, что сейчас объёмы внесения находятся на уровне 1960-х годов, при том, что уровень развития сельскохозяйственной техники и научной изученности специфики применения различных удобрений стал выше [1].

Почвы с повышенной кислотностью составляют треть от общего количества всех земель в РФ. Кислые почвы влекут за собой низкую урожайность, а также сильное угнетение и даже гибель различных культур. При этом многие вносимые удобрения будут иметь низкую эффективность. Проведенные расчеты прогнозируют, что площадь почв с кислой реакцией потенциально может увеличиться [3].

Кислотность почв подразделяется на три разных вида. Актуальную, обменную и гидролитическую кислотности. Актуальная кислотность – это кислотность почвенного раствора, т.е. рН водной вытяжки. Обменная кислотность в разных источниках определяется разными вариантами. Часть экспертов считает, что обменная кислотность определяется поглощенными ионами водорода, по другому мнению, она зависит от наличия в растворе подвижного алюминия, в третьем варианте обменная кислотность определяется наличием ионов водорода, и подвижного алюминия. При повышенной кислотности почв замедляется развитие корневой системы, которая становится чрезмерно утолщенной, без корневых волосков, что влечет за собой проблемы с ростом, наступлением вегетационного периода и урожайностью у растения.

Один из наиболее негативных аспектов, который влияет на плодородие и неразрывно связан с кислыми почвами, – это повышенная концентрация подвижного алюминия в почвах. Однако не все культуры одинаково плохо относятся к содержанию подвижного алюминия. Существует разделение растений на группы от 1-ой до 4-ой, которые характеризуют то, насколько негативно алюминий будет воздействовать на те или иные культуры. Распределение представлено в таблице.

Таблица. Разделение растений по устойчивости к подвижному алюминию

Номер группы	Наименование группы	Пример растений
Первая группа	Устойчивые культуры	Тимофеевка луговая, овес, кукуруза
Вторая группа	Среднеустойчивые культуры	Люпин, горох, фасоль, репа
Третья группа	Чувствительные культуры	Ячмень, яровая пшеница, лен, турнепс
Четвертая группа	Очень чувствительные культуры	Клевер луговой, столовая и кормовая свекла, озимая рожь, пшеница, люцерна

Помимо взаимосвязи с алюминием, кислотность почв влияет также на то, насколько подвижны и доступны будут для растений и другие, важные для развития химические элементы, например, фосфор и калий [4].

Ещё одним аспектом воздействия кислых почв является ухудшение уровня жизнедеятельности части микроорганизмов, особенно тех, которые участвуют в процессах, создающих надлежащий азотный режим. При снижении жизнедеятельности данных микроорганизмов доступность азотных форм для растений значительно снижается [4]. Всё это в совокупности делает проблему деградации почв и, в частности, закисления почв очень серьезной проблемой для агропромышленного комплекса.

Существует несколько основных вариантов решений данной проблемы. Здесь можно отметить такие способы, как налаживание грамотных механизмов обработки почвы и рациональное использование органических и искусственных удобрений. Ограничение воздействия промышленных предприятий на пахотные почвы. Проведение рекультивационных мероприятий. А также использование различных минеральных удобрений в качестве мелиоранта для кислых почв [2].

Среди существующих вариантов решения проблематики закисления почв есть несколько основных направлений. Это использование в качестве мелиорантов различных отходов производства, например, осадок сточных вод [5], зола от сжигания городских сточных вод, отходы различных промышленности [6] и многие другие.

Помимо этого, наиболее популярным, изученным и эффективным считается использование известняковых мелиорантов, в частности, флюсового известняка. Особенно, учитывая то, что на данный момент времени на части предприятий существует проблема сбыта невостребованных в металлургической отрасли фракций известняка, пригодного для использования в качестве мелиоранта [7].

В рамках работы были отобраны пробы флюсового известняка фракцией 8-25 мм, проведены анализы на нейтрализующую способность, содержание тяжелых металлов, а также проведены лабораторный и полевой эксперимент с использованием данного мелиоранта, с учетом расчета внесения доз.

Результаты проведенного литературного обзора, анализа имеющихся вариантов решения проблемы, а также проведенных экспериментов однозначно дали понять, что использование флюсового известняка, как мелиоранта для нейтрализации кислых почв – это эффективно и безопасно.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр FSRRW-2023-0002 Фундаментальные междисциплинарные исследования недр Земли и процессов комплексного освоения георесурсов).*

### **Библиографический список**

1. Стифеев А. И., Бессонова Е. А., Никитина О. В., Лукьянов В. А., Судженко Е. Н. Состояние почв Российской Федерации и основные направления стабилизации и повышения их плодородия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 49-52.
2. Абдусаламова Р. Р., Баламирзоева З. М. Деградация почв и её последствия // Вестник социально-педагогического института. – 2022. – № 2 (42). – С. 31-36.
3. Окорков В. В. Основные направления исследований по известкованию кислых почв // Владимирский земледелец. – 2011. – № 4 (58). – С. 17-22.
4. Тиво П. Ф., Филиппов В. Н. К вопросу известкования кислых почв // Мелиорация. – 2018. – № 2 (84). – С. 33-42.
5. Петрова, Т. А. Рекультивация техногенно-нарушенных земель с применением осадков сточных вод в качестве мелиорантов/ Т. А. Петрова, Э. Рудзиш // Записки Горного института. – 2021. – Т. 251. – С. 767-776. DOI: 10.31897/PMI.2021.5.16.
6. Yu. D. Smirnov, D. V. Suchkov, A. S. Danilov, T. V. Goryunova Artificial soils for restoration of disturbed land productivity. Eurasian mining. 2021. No. 2. pp. 92–96. DOI: 10.17580/em.2021.02.19.
7. Andrey Litvinovich, Olga Pavlova, Anton Lavrishchev, Vladimir Bure & Elmira Saljnikov Dynamics of Soil pH after Utilization of By-products of Industrial Rock Processing as a Calcareous Material in Acid Soils // Communications in Soil Science and Plant Analysis – 2020.

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НОВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ РЕАГЕНТОВ  
НА ОБМЕННУЮ ЕМКОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

*Суркова Т. Н., Дягилева А. Б., Смирнова А. И.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий  
и дизайна*

*e-mail: t\_surkov@bk.ru*

**THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF NEW COMPOSITE REAGENTS  
ON THE EXCHANGE CAPACITY OF CELLULOSE**

*Surkova T.N., Dyagileva A.B., Smirnova A.I.*

*St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design*

*В работе рассмотрено влияние концентрации композиционного реагента на обменные свойства целлюлозы при погружной пропитке, которую предполагается использовать при подготовке целлюлозы для аэродинамического формования. Установлено, что увеличение концентрации композиционного реагента приводит к существенному увеличению обменной емкости во всем исследованном диапазоне рН.*

*Ключевые слова: композиционный реагент, обменная емкость, сульфатная беленая целлюлоза (СБЦ), погружная пропитка.*

Исследование по применению новых реагентов для замены их в технологии аэродинамического формования на основе гелевой композиции является продолжением ряда работ по расширению рынка продуктов в условиях санкционного давления на химическую промышленность. Авторский способ [1] получения композиций с добавлением зольных компонентов (0-80 % масс) позволяет подготовить реагент для технологии аэродинамического формирования бумажного полотна. Использование таких реагентов является развитием принципов циркулярной экономики с целевым использованием минеральных вторичных материалов. Это способствует отказу от дорого сырья в производстве бумаги и организации перехода на более дешевые экологически безопасные реагенты, что делает конечный продукт бюджетным.

Следует подчеркнуть, что при выполнении научно-исследовательской работы по изучению способов пропитки целлюлозы перед применением для формования [2] было установлено, что использование капельного способа обработки целлюлозы новым композиционным реагентом не целесообразно. При этом достигается только незначительное отличие в обменной емкости образцов, но при этом дополнительно появляется возможность загрязнения рабочей зоны, что связано с дополнительным капельным уносом реагентов и увеличением риска для персонала. В данной работе использовался только погружной способ подготовки образцов СБЦ без предварительной ее активизации. Подготовленные образцы использовались как для оценки обменной емкости ее при различных концентрациях новых реагентов, так и для других технологических испытаний.

Как и следовало ожидать, величина поверхностного заряда существенно зависит от наличия в ее составе активных кислородсодержащих групп (кривая 1, рисунок), которые способны образовывать межволоконные связи в бумажной массе. Время хранения СБЦ не изменило величину обменной емкости материала в сравнении с ранее проведенными их исследованиями [1], что подтверждается корреляцией с ранее полученными результатами.

При применении наполнителей в технологии производства различных бумаг улучшаются следующие свойства: воздухопроницаемость, непрозрачность, печатные свойства, но ухудшаются прочностные показатели бумаги, появляется склонность к пылению при печати. Большинство наполнителей имеют меньшую стоимость, чем волокнистые полуфабрикаты, поэтому они выгодны с экономической точки зрения в этом производстве. Зола может являться наполнителем. В нашем композиционном реагенте роль наполнителя

может играть нерастворимая часть композиции при кислотном вскрытии, что дает дополнительное преимущество новому реагенту при введении его в массу для формирования полотна. Применение зольных компонентов в сочетании с другими структурообразующими реагентами, может позволить улучшить механические свойства целлюлозно-бумажного продукта. Помимо этого, применение золы затрагивает актуальный вопрос целевого использования зольных отходов, в том числе после сжигания бумажной продукции, не подлежащей вторичной переработке.

Зольность бумаги, как показатель качества, определяет содержание наполнителя в ней. Условно по этому показателю бумагу подразделяют на пять групп: естественная зольность (без наполнителей), малозольная (зольность до 6 %), средней зольности (зольность от 6 до 18 %), повышенной зольности (зольность от 18 до 23 %) и высокой зольности (зольность выше 23 %). Максимальное содержание наполнителя в бумаге обычно ограничивается зольностью 25-30 % [3]. При большом количестве наполнителей, бумага приобретает не только положительные свойства, но и становится хуже по некоторым параметрам, например, механической прочности, степени проклейки, увеличении пылимости. Поэтому необходимо экспериментально подобрать правильное соотношение элементов в композиции новых реагентов, с целью обеспечения заданных показателей новых видов бумаги при аэродинамическом способе ее получения. Важным достоинством среди потребительских свойств материалов на основе растительного сырья в сочетании с минеральными композициями является повышение их пожароустойчивости и прочности. Эти исследования планируется проводить отдельно для полученных образцов.

Основной наш научный и практический интерес направлен на решение комплексной проблемы использования вторичных материалов, а конкретные задачи при исследовании разбиты на определенные этапы с получением различной информации по исследуемым объектам.

Таким образом, для исследования на этом этапе использовался погружной способ обработки СБЦ новым композиционным реагентом с регулированием концентрации основных минеральных веществ путем разбавления рабочего раствора [1]. В исследовании использовался метод непрерывного потенциометрического титрования СБЦ и подготовленных образцов на ее основе с последующей оценкой величины обменной емкости.

Минеральную композицию нового реагента готовили по аналогии [4] с последующим разбавлением рабочего раствора: 1:1, 1:10 и 1:100. Концентрацию основных минеральных компонентов рабочего раствора определяли в аккредитованной лаборатории,  $Al^{3+}$ ,  $Si^{4+}$  составляла соответственно  $1,49 \pm 0,05$  мг/дм<sup>3</sup> и  $1,51 \pm 0,05$  мг/дм<sup>3</sup>.

Обработка целлюлозы композиционным реагентом проходила способом полного погружения образцов в реагент по ГОСТ 13648.5-78 и переносилась в сосуды с 50 см<sup>3</sup> воды, далее титровалась 0,1 N растворами HCl и NaOH. На основе экспериментальных данных были построены выходные кривые титрования и расчетным путем определены величины обменной емкости полученных образцов.

Полученные зависимости приведены на (рис.), которые свидетельствуют об изменении обменной емкости СБЦ и образцов на ее основе, обработанных минеральной гелевой композицией.

По характеру зависимостей видно, что обменная емкость обработанных образцов СБЦ выше, чем эти показатели для исходного материала. Точки нулевого заряда смещаются в кислую область (рН 2,2 – 2,4), причем, чем выше концентрация реагента, тем ниже рН<sub>тнз</sub>. При разбавлении 1:100 рН<sub>тнз</sub> обработанного и исходного материалов совпадают.

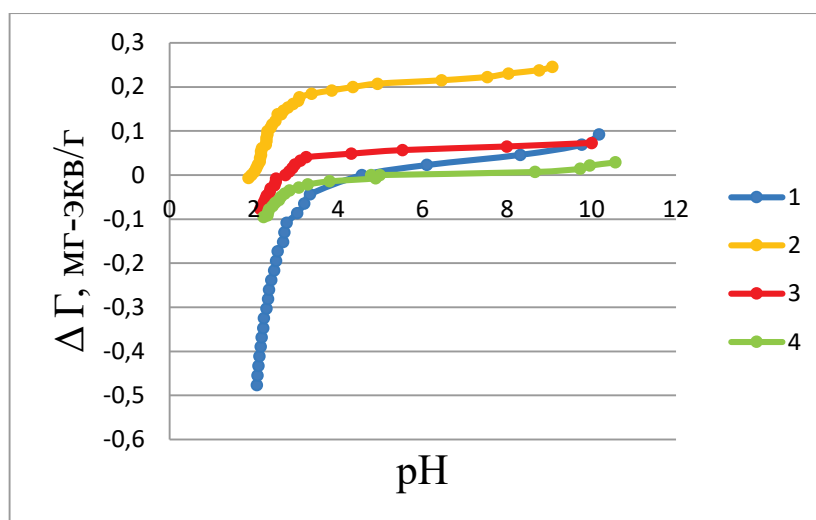


Рис. Зависимость обменной емкости  $H^+$  и  $OH^-$  ионов от pH образцов целлюлозы, обработанной погрузным способом при различных концентрациях композиционных реагентов, полученных разбавлением:  
1 – дистиллированная вода без реагента; 2 – 1:1 ; 3 – 1:10; 4 – 1:100

Дополнительный поверхностный заряд СБЦ связан с адсорбцией и ионизацией активных групп (Al-OH; Si-OH) реагента при их специфическом взаимодействии с функциональными группами целлюлозы.

Представляет наибольший интерес исследования, которые позволят оценить эффективность самоорганизации образцов при формировании листа в аэродинамических условиях. Введение композиционного реагента в систему увеличивает вес волокна за счет адсорбции, что может приводить к изменению межволоконных связей в режиме формирования бумаги. В данном случае наиболее интересным для исследования представляет образец 3 (рис., кривая 3), заряд которого увеличивается незначительно при условиях pH, соответствующей нейтральной области pH системы при формировании листа. Однако это требует дополнительного экспериментального подтверждения, что предполагается сделать в перспективе.

Таким образом, на основе исследования можно сделать следующие **выводы**, что обменная емкость СБЦ обработанной погрузным способом при увеличении концентрации выбранного реагента приводит к смещению  $pH_{тнз}$  СБЦ в кислую область, что необходимо учитывать в технологии подготовки массы перед формированием. Изменение поверхностного заряда целлюлозы объясняется привлечением в структуру целлюлозы дополнительных активных групп минеральной композиции. Однако для более полного понимания этого процесса требуются дополнительные исследования, такие как ИК-спектроскопия, позволяющие оценить изменение функциональных групп целлюлозы, отвечающих за изменения поверхностного заряда композиции от pH системы.

### Библиографический список

1. Пат. 2656305C2 RU, Способ получения низкоконцентрированного композиционного коагулянта-флокулянта на основе нефелинсодержащего сырья и золы / Дягилева А. Б.; заявитель и патентообладатель. заявл. 29.09.16; опублик. 04.06.18, Бюл. № 16. – 8 с.
2. Шатова Е. И., Смирнова А. И., Дягилева А. Б. Влияние способов обработки целлюлозы композиционным реагентом на основе нефелина на ее обменную емкость // Актуальные вопросы науки и практики: Сб. научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции. – Уфа, 2020. С. 20-27.

3. Акулов Б. В., Ермаков С. Г. Производство бумаги и картона: Учебное пособие /Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2010. – 440 с.
4. Смирнова А. И., Дягилева А. Б., Присмакова А. Е. Технология получения низкоконцентрированного композиционного коагулянта-флокулянта // Журнал прикладной химии. – 2018. – № 11. – С. 1633-1641.

УДК 620.92

## СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Якупова И. Д.

*Казанский государственный энергетический университет*

*e-mail: [26764@mail.ru](mailto:26764@mail.ru)*

## HEAT SUPPLY SYSTEM WITH THE USE OF A SOLAR COLLECTOR

Yakupova I. D.

*Kazan State Power Engineering University*

*В статье рассмотрены актуальные вопросы применения альтернативного источника получения тепла – солнечной энергии. Произведен расчет теплового потребления индивидуального жилого дома и произведен подбор основного оборудования для использования солнечной энергии.*

*Ключевые слова: солнечная энергетика, теплотребление, солнечный коллектор, окупаемость.*

Солнечное теплоснабжение является вторым по значимости направлением использования возобновляемых источников энергии в мире после ветровой энергетике. Для дальнейшего развития гелиоустановок в России определены меры государственного регулирования [1].

Целью работы является тепловой расчет и организация системы теплоснабжения индивидуального жилого дома от солнечной энергии.

На сегодняшний день применение в РФ солнечных коллекторов составляет только лишь 0,2 м<sup>2</sup>/1000 чел. (В Австрии этот показатель составляет 450 м<sup>2</sup>/1000 чел., в Германии – 140 м<sup>2</sup>/1000 чел.). Одна из главных причин – низкие цены на традиционные энергоносители.

В России гелиоустановки устанавливаются в основном в регионах с наибольшей долей инсоляции. Это южная часть Сибири и Дальнего Востока и юг европейской части России [2].

Для того, чтобы получить тепловую энергию из солнечной радиации, используются солнечные коллекторы. Они бывают плоского и вакуумного типа.

Применение солнечной водонагревательной установки в жилом доме актуально как дополнительный источник теплоты при наличии в доме газоснабжения. Солнечная установка для нагрева воды состоит из коллектора, теплообменного аппарата и теплового аккумулятора (обычно это емкость с водой). Через нагревательные элементы солнечного коллектора подается жидкий теплоноситель. Теплоноситель нагревается в солнечном коллекторе энергией Солнца и отдает затем тепловую энергию воде через теплообменник, смонтированный в бак-аккумулятор. В тепловом аккумуляторе находится подогретая вода до времени ее использования [3].

В качестве объекта теплотребления выбран индивидуальный жилой дом, для которого рассчитана система теплотребления, тепловые потери через ограждающие конструкции, добавочные теплотери. Отапливаемая площадь 117,9 м<sup>2</sup>. Далее приведены характеристики ограждающих конструкций [4].



Стены: силикатный кирпич ( $\delta = 0,12$  м,  $\sigma = 0,6$  Вт/(м·К)); пенопласт ( $\delta = 0,1$  м,  $\sigma = 0,04$  Вт/(м·К)); кирпич силикатный ( $\delta = 0,25$  м,  $\sigma = 0,25$  Вт/(м·К)).

Чердачное перекрытие: доска сосновая ( $\delta = 0,025$  м,  $\sigma = 0,15$  Вт/(м·К)); утеплитель из минеральной ваты ( $\delta = 0,2$  м,  $\sigma = 0,04$  Вт/(м·К)); опилки древесные ( $\delta = 0,15$  м,  $\sigma = 0,08$  Вт/(м·К)). Светопрозрачные конструкции: окна с двойным остеклением в ПВХ переплетах ( $\delta = 0,056$  м,  $\sigma = 0,4$  Вт/(м·К)). Высота потолков – 2,8 м.

Определен расход теплоты на отопление по каждому месяцу отопительного периода и расход теплоты на ГВС. Внутренние тепловыделения принимаются постоянными для каждого месяца. Отопительная нагрузка определяется как разность суммарных тепловых потерь и внутренних тепловыделений [5].

В результате расчета определен расход теплоты на отопление дома для обеспечения внутренней температуры 24 °С. Суммарный годовой расход теплоты на отопление составил 88,18 ГДж, на ГВС – 21,05 ГДж.

Для оборудования системы теплоснабжения осуществлен выбор вакуумного солнечного коллектора и произведен его расчет. Для полного обеспечения горячей водой в летний период был выбран солнечный коллектор ES 58-1800-30 с 30 вакуумными трубками и площадью поглотителя 3,797 м<sup>2</sup>. Наружный бак (манифольд) изготовлен из дюралюминия толщиной 1,5 мм. Рама коллектора также изготовлена из дюралюминия. Солнечный коллектор устанавливается с ориентацией на юг под углом 40°, так как такой угол расположения солнечного коллектора позволяет добиться максимальной производительности.

Был рассчитан реальный КПД солнечного коллектора по каждому месяцу и определена производительность солнечной системы. За год солнечный коллектор может выработать 13,46 ГДж теплоты. Применение двух таких коллекторов полностью обеспечит горячее водоснабжение в доме.

С учетом стоимости основного и вспомогательного оборудования системы солнечного теплоснабжения рассчитана годовая экономия газа и электроэнергии от внедрения в систему теплоснабжения вакуумного солнечного коллектора [6]. Годовой экономический эффект составил 11875 руб. Учитывая, что суммарные капитальные затраты составили 122750 руб., срок же окупаемости такой солнечной установки получился немного больше 10 лет (без учета роста тарифов).

**Вывод.** Применение солнечной энергии для системы теплоснабжения является экономически обоснованным в южном регионе России, также решаются экологические аспекты внедрения альтернативных источников энергии.

### Библиографический список

1. Горбунов, К. Г. Законодательные проблемы теплоэнергетики / К. Г. Горбунов, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2019. – № 2. – С. 111-113. – EDN LJVNRC.
2. Гилагова, Г. Р. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления / Г. Р. Гилагова, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 25-27. – EDN TBANLT.
3. Макуева, Д. А. Перспективы использования солнечных коллекторов в Республике Татарстан / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : Материалы VII Национальной научно-практической конференции, Казань, 09–10 декабря 2021 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 711-713. – EDN CGRJPN.
4. Сергеева, Д. В. Инфракрасная система отопления / Д. В. Сергеева, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: II международная научная конференция, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 284-287. – EDN GABWOQ.

5. Кондратьев, А. Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка / А. Е. Кондратьев // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно-практической конференции. В двух томах, Казань, 10–11 декабря 2020 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 417-419. – EDN JFRHGG.
6. Макуева, Д. А. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов / Д. А. Макуева, Я. О. Шайхутдинов, А. Е. Кондратьев // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики : II международная научная конференция, СУМГАИТ, 12–13 ноября 2020 года. – СУМГАИТ: Сумгаитский государственный университет, 2020. – С. 270-272. – EDN VOVGRG.

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ 1. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

<i>Анашкин Н. В., Помылка И. О.</i> Использование борщевика в качестве сорбента для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.....	3
<i>Дружакина О. П.</i> Внедрение отдельного сбора отходов как условия экологической безопасности.....	6
<i>Дягилева А. Б., Шанова О. А.</i> Промышленная экология – драйвер современной экономики.....	9
<i>Кузнецова К. А., Морева Ю. Л.</i> Локальная очистка сточных вод бумажной фабрики.....	12
<i>Мазурик Д. И., Дягилева А. Б.</i> Локальная система сбора и подготовки воды после стадии биологической рекультивации полигона.....	15
<i>Матвеева В. И.</i> Обоснование возможности использования металлургических шлаков в процессах нейтрализации промышленных сточных вод.....	18
<i>Николаева А. Д., Федченко П. В., Логинов С. В.</i> Особенности получения различных силикатов кальция из дистиллерной жидкости содового производства.....	21
<i>Рязанова А. А., Новокрещенова А. М., Бочкарев А. Б., Дружакина О. П.</i> Практика организации отдельного сбора отходов в ВУЗе.....	23
<i>Фигуркин А. А.</i> Выявление оптимальной толщины капиллярорывающего слоя цеолитов при рекультивации засоленных почв Крайнего Севера России.....	26
<i>Фомичева А. А., Бойкова Т. Е.</i> Очистка природных вод северных регионов с использованием коагулянтов.....	29
<i>Чугунов А. Д., Филатова Е. Г., Чебунин В. А.</i> Минеральные адсорбенты в решении проблем извлечения ценных металлов из водных растворов.....	32

### СЕКЦИЯ 2. ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Ганева Д. С., Дягилева А. Б.</i> Сравнение физико-химических свойств лигногуминовых веществ и лигносульфоната технического для использования в качестве пылеподавателя.....	36
<i>Дейнека И. Г., Родионова Н. Н., Ермоленко М. В.</i> Анализ влияния конструктивных особенностей боевой одежды пожарных на выполнение оперативно-тактических задач.....	39
<i>Ефимова А. В.</i> Разработка технологии управления процессом безопасности строгальщика.....	42

<b>Набокина Д. А.</b> Аналитический обзор новых требований законодательства по учету микротравм.....	45
<b>Соколова Е. А.</b> Метод оценки эффективности снижения шума .....	48
<b>Тимофеева С. С., Смирнов Г. И.</b> Перспективы сверххранного обнаружения самовозгорания угля с использованием современных технологий .....	51

### СЕКЦИЯ 3. ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

<b>Александрова Л. В., Ишевский А. Л., Успенская М. В.</b> Получение пищевых биодegradируемых полимерных покрытий на основе хитозана .....	54
<b>Анисимова М. А., Синчук А. В., Демьянцева Е. Ю., Ерохина О. А.</b> Исследование влияния гидролизата, полученного при гидролизе макулатуры МС-5Б крепкими минеральными кислотами, на физико-механические показатели тарного картона .....	58
<b>Антонюк С. Н., Торховский В. Н., Дворецков П. А., Рыбьянец Е. А.</b> Пути повышения товарных кондиций тяжелой нефти.....	60
<b>Белозеров С. П., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.</b> Разработка технологии получения бумаги ручного отлива для художественных работ .....	64
<b>Бобожонов Э. И., Мандыбура С. С., Третьяков С. И.</b> Полимерный клей на основе суберина.....	67
<b>Борисова К. Е., Васильева М. И., Полянская Н. А.</b> Синтез и свойства ряда новых азопроизводных пиразолона-5 .....	70
<b>Буранбаева М. М., Столярова П. С., Козлов А. М.</b> Применение вольтамперометрии при определении природы полимеров .....	73
<b>Васильева М. И., Борисова К. Е., Полянская Н. А.</b> Изучение особенностей комплексообразования 3,5-диметил-4-фенил-1H-пиразолоазо (бензотиазол-2-ил)-3-метил-1H-пиразол-5-она с редкоземельными металлами.....	76
<b>Дударева Е. А., Осовская И. И.</b> Влияние умеренного уровня рН на растворимость и пленкообразующую способность каррагинана-каппа .....	78
<b>Истомина Л. Г., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.</b> Влияние добавок бактериальной целлюлозы на проклейку бумаги с минеральным наполнителем.....	81
<b>Коваленко Е. А., Черноус А. С., Кейзер П. М.</b> Исследование влияния волокнистого полуфабриката высокого выхода из лузги подсолнечника на прочностные характеристики картона .....	83
<b>Криворотова Е. А., Осовская И. И.</b> Свойства сульфатированного полисахарида из красных водорослей.....	86

<b>Крутиков А. С., Демьянцева Е. Ю.</b> Коллоидно-химические свойства отработанного раствора низкотемпературной обработки древесины лиственных пород.....	89
<b>Ленивцев П. И., Дягилева А. Б.</b> Ионнообменные свойства материалов на основе листвы, активированной фосфорной кислотой .....	91
<b>Лысенко В. А., Кротова Н. В.</b> Исследование прочности бетонов, наполненных фиброй .....	93
<b>Михаилиди А. М., Иванова М. В., Шахмин А. Л., Котельникова Н. Е.</b> Исследование композиционных гидрогелей целлюлоза-серебро методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии .....	95
<b>Мишунин С. В., Суханова Т. Е.</b> Решение проблемы загрязнения сточных вод поверхностно-активными веществами при производстве акрилатных латексов и каучуков .....	98
<b>Мошков А. И., Осовская И. И.</b> Ксантановая камедь – материал для стабилизации цементных растворов при работе с многолетнемерзлыми грунтами .....	100
<b>Назимова В. В., Малютин Д. И., Смирнова Е. Г.</b> Влияние добавления сублимированной бактериальной целлюлозы с минеральным наполнителем на свойства офисной бумаги .....	103
<b>Наумова А. В., Ишевский А. Л.</b> Улучшенные барьерные свойства защитных пленок пищевых покрытий при использовании поливинилового спирта и микрокристаллической целлюлозы .....	106
<b>Пахомкова М. А., Синчук А. В., Демьянцева Е. Ю.</b> Исследование модифицированных волокон, полученных в ходе гидролиза макулатуры марки МС-5Б минеральными кислотами.....	109
<b>Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю.</b> Влияние растворителей на выход биологически активных веществ из отходов хвойной древесины.....	111
<b>Попов А. С., Симонова Е. И.</b> Получение технической целлюлозы из лужги подсолнечника окислительно-органо-солевым способом.....	114
<b>Попов А. С., Симонова Е. И.</b> Применение в композиции бумаги и картона целлюлозы из лужги подсолнечника.....	117
<b>Ромашева М. М., Смит Р. А., Демьянцева Е. Ю.</b> Сорбционные свойства целлюлозного материала из недревесного сырья после пероксидной делигнификации .....	121
<b>Светлолобов А. Ю., Федоскин И. А., Одинцова С. Е., Тараченкова М. Н., Липин В. А.</b> Использование ферментов амилаза и липаза для повышения эффективности процесса отбелки древесной целлюлозы.....	122

<b>Смирнова А. И., Дягилева А. Б., Смирнова В. А., Федюченко Н. Р.</b> Исследования обменных свойств низкосортного потенциального древесного сырья и мха .....	124
<b>Столярова П. С., Буранбаева М. М., Козлов А. М.</b> Методы вольтамперометрии для исследования молекулярной массы синтетических полимеров.....	127
<b>Фадин А. Ф., Липин В. А., Федорова К. А., Пошвина Т. А., Вишневская Т. А., Мальцева Н. В.</b> Каталитические свойства полиамфолит-металлических комплексов.....	129
<b>Шванёва А. А., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А.</b> Сравнительный анализ экстрактов розы белой <i>ALBA</i> .....	131
<b>Янбарисова Я. Ф., Полянская Н. А.</b> Характеристика и применение красителей на основе азопроизводных тиазолидин-4-она.....	134

#### СЕКЦИЯ 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<b>Артамонов И. С., Тверитина А. В.</b> Топливные гранулы: новшества и тенденции применения .....	137
<b>Владимирова Е. Ю., Лозовая А. С., Цянь Дэн</b> Экологический мониторинг малого водотока и почв Василеостровского района г. Санкт-Петербурга .....	140
<b>Гладких С. Н., Семчук Н. Н., Ласкин Е. Ф.</b> Риск здоровью населения Новгородского региона, связанный с выбросами вредных веществ в атмосферу .....	143
<b>Горбунова Е. А.</b> Оценка качества и здоровья нефтезагрязненных почв по каталазной активности.....	146
<b>Старцева А. А.</b> Исследование возможности использования водных растворов технологических ПАВ для очистки нефтезагрязненных грунтов ..	149
<b>Толкачева О. П.</b> Экологическое страхование как элемент обеспечения экологической и экономической безопасности.....	153

#### СЕКЦИЯ 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

<b>Волобуева А. С., Логинов С. В.</b> Получение пигментов из фосфогипса .....	156
<b>Гатауллина И. М.</b> Система теплоснабжения на основе свалочного газа .....	159
<b>Данилюк М. А., Ишевский А. Л.</b> Оценка жизненного цикла ресурсосберегающей технологии для получения рыбных полуфабрикатов ....	162
<b>Матвеева В. А., Лукьянова А. В.</b> Кислые почвы и основные аспекты их влияния на агропромышленный комплекс .....	165
<b>Суркова Т. Н., Дягилева А. Б., Смирнова А. И.</b> Влияние концентрации новых композиционных реагентов на обменную емкость целлюлозы .....	168
<b>Якупова И. Д.</b> Система теплоснабжения с применением солнечного коллектора.....	171

**МАТЕРИАЛЫ**  
**IV Всероссийской научно-практической конференции**

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

2023

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](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 07.07.2023\_ Рег. № 5020/23

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.