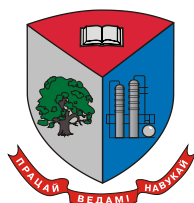


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»



**76-я НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ УЧАЩИХСЯ,
СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ**

14–30 апреля 2025 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

В 4-х частях

Часть 2

Минск 2025

УДК 005.745:378.662(476)(06)(0.034)

ББК 66.75

С 30

76-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов : в 4-х ч. – Минск, 14–30 апреля 2025 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск : БГТУ, 2025. – Ч. 2. – 240 с.

Сборник составлен по итогам 76-й студенческой научно-технической конференции Белорусского государственного технологического университета, проведенной с 14 по 30 апреля 2025 г. Тезисы докладов содержат результаты научных исследований студентов, посвященные актуальным вопросам лесоводства, лесоустройства, лесозащиты, технологии и техники лесной промышленности, химической технологии и техники, неорганических веществ, вяжущих материалов, технологии стекла и керамики, технологии электрохимических производств, экологии, синтеза новых органических и неорганических материалов, экономики, издательского дела и полиграфии, информационных технологий. Также представлены доклады, посвященные энергосбережению, безопасности технологических процессов и производств, контролю качества и безопасности веществ, материалов и изделий.

Сборник предназначен для использования специалистами соответствующих отраслей народного хозяйства, научными работниками и преподавателями, а также студентами и магистрантами.

Рецензенты:

декан факультета ХТиТ, канд. техн. наук
декан факультета ТОВ, канд. техн. наук

Ю.А. Климош
Ю.С. Радченко

Редакционная коллегия:

профессор кафедры ТСКиВМ, д-р техн. наук
профессор кафедры ХПД, д-р техн. наук
зав. кафедрой Х,ТЭПиМЭТ, канд. хим. наук
доцент кафедры БТ, канд. техн. наук
доцент кафедры ПЭ, канд. техн. наук

И.А. Левицкий
Н.В. Черная
А.А. Черник
М.В. Рымовская
О.С. Залыгина

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2025

**Секция
ТЕХНОЛОГИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

ФАРМАКОГНОСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРЫ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СОСНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОАНТОЦИАНИДИНОВ

Кора сосны является полезным источником проантоцианидинов, обладающих высокой антиоксидантной активностью, что дает основание считать ее ценным сырьем для получения биологически активных добавок к пище и лекарственных препаратов.

Цель работы – проведение фармакогностических исследований коры различных видов сосны. В настоящее время в Государственной фармакопее Республики Беларусь [1] отсутствует фармакопейная статья на кору сосны. Объектами исследования являлись кора сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), кора сосны кедровой (*Pinus cembra*), кора сосны Банкса (*Pinus banksiana*). Проведена отработка методик и установлены критерии приемлемости по показателям качества, представленным в таблице. Содержание проантоцианидинов в коре сосны определяли методом рН-дифференциальной спектрофотометрии. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица – Результаты фармакогностических исследований коры сосны

Наименование образца	Потеря в массе при высушивании (норма – не более 15,0 %)	Коэффициент набухания	Общая зола (норма – не более 8,0 %)	Зола, нерастворимая в хлористоводородной кислоте (норма – не более 0,5 %)	Количественное содержание проантоцианидинов, %
Сосна обыкновенная (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	8,85	1,90	5,45	0,20	0,44
Сосна кедровая (<i>Pinus cembra</i>)	8,20	1,81	7,12	0,44	2,23
Сосна Банкса (<i>Pinus banksiana</i>)	9,22	2,02	7,32	0,44	0,06

Установлено, что наиболее перспективной для дальнейших исследований является кора сосны кедровой (*Pinus cembra*), содержащая наибольшее количество проантоцианидинов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная фармакопея Республики Беларусь : в 2 т. Т. 2. Контроль качества субстанций для фармацевтического использования и лекарственного растительного сырья / М-во здравоохр. РБ, УП

«Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред.
С. И. Марченко. – Молодечно: Победа, 2016. – 1368 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ АЭРАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Нитчатое вспухание активного ила негативно влияет на процесс биологической очистки сточных вод. Изменение свойств ила (увеличение объема и ухудшение седиментации) приводит к его выносу из вторичных отстойников, сокращению необходимого прироста его биомассы и, как следствие, снижению эффективности очистки. В конечном итоге, описанные процессы станут причиной возникновения ряда серьезных экологических проблем [1].

Целью данной работы являлось установление влияния режимов аэрации на эффективность биологической очистки сточных вод.

Для проведения экспериментальной была разработана лабораторная модель, включающая три идентичных биореактора-аэротенка (БР), имитирующих процессы, протекающие в сооружениях биологической очистки. Каждый БР был заполнен 500 дм³ синтетической сточной воды и 500 дм³ суспензии активного ила.

В каждом БР был установлен различный режим аэрации: в БР1 концентрация растворенного кислорода поддерживалась на уровне $5,5 \pm 0,5$ мг О₂/дм³, в БР2 – $4,8 \pm 0,3$ мг О₂/дм³, а в БР3 – $2,6 \pm 0,4$ мг О₂/дм³. Эффективность биологической очистки оценивалась на основании определения показателей химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода (БПК) с использованием стандартных методик, описанных в [2].

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что поддержание оптимального уровня аэрации (в условиях данного эксперимента – в диапазоне $4,8 \pm 0,3$ мг О₂/дм³) способствует достижению высокой степени очистки как по ХПК, так и по БПК. Избыточная аэрация (БР1) может приводить к деструкции хлопьев активного ила, а недостаточная (БР3) – к развитию нитчатых микроорганизмов, что негативно сказывается эффективности очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркевич, Р. М. Биотехнологическая переработка промышленных отходов : электронный курс лекций / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова, М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2018. – 301 с.
2. Маркевич, Р. М. Биотехнологическая переработка промышленных отходов. Лабораторный практикум / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова, М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2019. – 153 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПЕКТИНСОДЕРЖАЩЕГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ БЕЛКОМ ОДНОКЛЕТОЧНЫХ

При переработке сельскохозяйственной продукции образуются отходы растительного происхождения, чаще всего используемые в кормовых целях, реже – для извлечения ценных компонентов и получения других видов продукции. Многочисленными и распространенными отходами являются свекловичный и яблочный жомы. Они содержат пектиновые вещества, полисахариды целлюлозолигнинового комплекса, свободные сахара, что делает их хорошим сырьем для извлечения пектина и отличным субстратом для производства белкового кормового продукта методом микробной ферментации. Целью работы является предложение и обоснование технологических решений при обогащении пектинсодержащего сырья белком одноклеточных.

Процесс производства белка одноклеточных на растительных отходах включает в себя следующие технологические операции: подготовка растительного субстрата для процесса ферментации (промывка, измельчение, предварительная обработка); приготовление раствора биогенных элементов; стерилизация питательной среды; инокуляция выбранного микроорганизма-продуцента; ферментация; концентрирование биомассы после ферментации; сушка концентрированного продукта; упаковка, маркировка и хранение готового продукта.

Для предварительной обработки яблочного жома наиболее эффективным методом является обработка ультразвуком при номинальной мощности генератора 400 Вт, рабочей частоте излучателя 22 кГц и времени выдержки 30 мин. Для предварительной обработки свекловичного жома рекомендуется использование ферментного препарата «Ровабио» при рекомендуемой производителем дозировке при температуре 42 °С в течение 1 ч. Суммарный прирост по доступным для утилизации углеводам составил 15,6 %. В качестве микроорганизмов-продуцентов рекомендуется использование пробиотических штаммов рода *Bacillus* в виде консорциума. Наиболее эффективной является организация полунепрерывной ферментации. Для концентрирования продукта следует использовать фильтрование для отделения плотной части от жидкой фазы и бактофугирование для отделения клеток продуцента в составе концентрата. Для сохранения

кормового белка и активности ферментов в продукте следует использовать мягкие условия сушки.

РАЗРАБОТКА МЯГКОЙ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ФОРМЫ ВАНКОМИЦИНА И ОЦЕНКА ЕЕ СВОЙСТВ

Ванкомицин является важным полипептидным антибиотиком, который играет ключевую роль в лечении серьезных бактериальных инфекций. Разработка новых лекарственных форм антибактериальных средств полипептидной природы представляет собой перспективное направление, которое может значительно улучшить качество жизни пациентов и повысить эффективность лечения. Благодаря возможности прямого нанесения на кожу и слизистые оболочки организма мягкие лекарственные формы широко применяются в медицинской практике при лечении различных заболеваний [1].

Целью данной работы явилось получение мягкой лекарственной формы ванкомицина гидрохлорида и оценить ее свойства.

Для получения гидрофильной мази ванкомицина в качестве гелеобразователя выбран карбопол, растворителя – вода, пенетратора – диметилсульфоксид. В лабораторных условиях получен образец разработанной мягкой лекарственной формы ванкомицина и проанализированы основные свойства: органолептические показатели, pH, микробиологическая чистота, кинетическая устойчивость, намазываемость геля, структурно-механические характеристики.

Полученный образец геля был прозрачным, однородным, без механических включений. При анализе реологических свойств геля наблюдалась обратно пропорциональная зависимость вязкости от скорости сдвига во всем диапазоне скоростей. Постепенное снижение вязкости с ростом скорости сдвига связано с разрушением структуры и свидетельствует о хорошей намазываемости. Образец геля проявил кинетическую стабильность: после центрифугирования образца не наблюдалось расслоения.

Установлено, что в течение 90 суток в режиме ускоренного исследования стабильности образцы геля были стабильны по показателю «Микробиологическая чистота».

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблематика использования антибиотиков в составе мягких лекарственных форм / О.А. Миняева [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24845>. – Дата обращения: 13.04.2025.

**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
*CORDYCEPS MILITARIS***

Cordyceps militaris (*C. militaris*) – лекарственный гриб, обладающий широким спектром действия: антиоксидантным, антимикробным, иммуномодулирующим и др. Являясь нутрицевтиком, он представляет интерес с точки зрения фармакологии [1]. Основной его метаболит – кордицепин [2].

Нами проведён эксперимент по влиянию pH среды на прирост биомассы *C. militaris* и на накопление кордицепина. Инкубирование проводилось на среде Сабуро (pH = 5; 6; 7; 8) при T = 25°C в аэробным условиях (130 об/мин).

Кордицепин – нуклеозид, содержащий аденин и рибозу. Его характерные ИК-полосы (см⁻¹): первичный амин (-NH₂) – 3500-3300, углеводородные связи (C-H) – 3000-2800, углеводородные связи в ароматах (C_{ар}-C_{ар}) – 1600-1500, гликозидные связи (C-O) – 1200-1000. Результаты ИК-Фурье спектроскопии представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Описание пиков ИК-спектров исследуемых образцов

Образец	ИК-сигналы, см-1 и интенсивность валентных колебаний			
Стандарт	3331,3 (br)	2922,9 (m)	1575,7 (s)	1175,5; 1039,1 (m)
pH 5	3279,0 (br)	2923,7 (s)	–	1244,9; 1075,1(m)
pH 6	3302,6 (br)	2923,7 (s)	1541,9 (s)	1197,9; 1095,3 (m)
pH 7	3315,7 (br)	2922,7 (m)	1580,7 (s)	1114,0; 1049,6 (m)
pH 8	3326,2 (br)	2923,7 (m)	1605,1 (s)	1197,4; 1094,8 (m)

Примечание: br – обозначение широкой полосы, s – полосы с сильной интенсивностью, m – со средней интенсивностью.

На основании анализа ИК-спектров установлено, что оптимальное значение pH для биосинтеза кордицепина в исследуемых образцах равно 7, что подтверждается совпадением сигналов пиков кордицепина в ИК-спектрах с архивными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lee, H. *Cordyceps militaris* as a Bio Functional Food Source: Pharmacological Potential, Anti-Inflammatory Actions and Related Molecular Mechanisms / H. Lee [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2022. – P.1039.
2. He, Y. Extraction and in vitro antioxidant properties of cordycepin from cultivated *C.militaris* / Y. He, X. Zhang, M. Xie // Advanced Materials Research. – 2013. – P. 750.

Студ. А.Д. Хохлова

Науч. рук. канд. биол. наук, ст. преп. Н.Ю. Адамцевич
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

АНАЛИЗ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННОЙ ПЛЕНКИ И ГЕЛЯ ВАНКОМИЦИНА

Оценка антимикробной активности является ключевым этапом в разработке эффективных лекарственных форм антибактериальных препаратов. Ванкомицин – антибиотик группы гликопептидов, оказывает бактерицидное действие, нарушая синтез клеточной стенки, проницаемость цитоплазматической мембраны и синтез РНК бактерий; активен в отношении грамположительных бактерий.

Цель работы – анализ антимикробной активности новых лекарственных форм (ЛФ) ванкомицина: лекарственной пленки и геля.

Гель ванкомицина получали по разработанной ранее рецептуре [1], для получения лекарственной пленки в качестве матрицы носителя использовали поливиниловый спирт (раствор 10 %), содержание ванкомицина в полученных ЛФ составляло 1 %.

Оценку биологической активности полученных ЛФ ванкомицина выполняли согласно методу диффузии антимикробных веществ в агаризованную питательную среду. В качестве тест-культур использовали грамположительные бактерии *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*. Контролем являлся стерильный 1 %-ный раствор ванкомицина.

Результаты исследований представлены в таблице.

**Таблица – Результаты определения антимикробной активности
новых лекарственных форм ванкомицина**

Тест-штамм	Диаметр зоны ингибирования, мм		
	гель	лекарственная пленка	контроль
<i>B. subtilis</i>	23 ± 2	27 ± 2	29 ± 2
<i>S. aureus</i>	19 ± 2	20 ± 1	21 ± 1

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что ванкомицин высвобождается из исследуемых лекарственных форм (лекарственная пленка и гель) и проявляют антимикробное действие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гняздицкая, Д.А. Анализ биологически активных веществ в плодах ирги круглолистной / Д.А. Гняздицкая, А.Д. Хохлова // Наука – шаг в будущее : тез. докл. XVIII студенческой науч.-практ. конф.

факультета технологии орган. в-в, Минск, 5–6 дек. 2024 г. – Минск : БГТУ, 2024. – С. 43.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПЕКТИНАТОВ ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНА

Пектин – это полисахарид растительного происхождения, состоящий преимущественно из частично этерифицированной метанолом полигалактуроновой кислоты. Свекловичный пектин относится к низкоэтерифицированным пектинам, т.е. содержание метоксилированных кислотных групп в цепи менее 50 %. Такие пектины и их соли характеризуются высокой комплексообразующей способностью и используются в медицине в качестве энтеросорбентов [1].

Объектом исследования являлся пектинат кальция – соль, получаемая взаимодействием пектина с солями кальция. Цель работы – подобрать условия для получения водорастворимых пектинатов кальция из свекловичного пектина.

В работе использовался пектин, полученный из свекловичного жома кислотным гидролизом лимонной кислотой при разных условиях, степень этерификации которого составляла от 39 % до 54 %, а молекулярная масса – от 9 до 48 кДа.

Для получения пектинатов кальция 1 % раствор пектина вливали в двукратный избыток 5 % раствора хлорида кальция при перемешивании. Нерастворимый в воде пектинат от растворимого отделяли центрифугированием. Растворимую часть осаждали и промывали этанолом, нерастворимую часть промывали дистиллированной водой. Полученные образцы лиофильно высушивали и исследовали с использованием ИК-спектроскопии и электронного микроскопирования.

В результате исследования было установлено, что обратный порядок вливания растворов пектина и хлорида кальция улучшает степень перемешивания реакционной смеси; наличие спирта в смеси увеличивает выход нерастворимого пектината кальция по отношению к растворимому и в целом уменьшает выход продукта, поэтому рекомендуется использование бесспиртовой технологии. Физико-химический анализ подтвердил связывание пектина с ионами кальция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Celus, M. Influence of Pectin Structural Properties on Interactions with Divalent Cations and Its Associated Functionalities / M. Celus [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2018. – V. 17, № 6. – P. 1576–1594.

ЭКСТРАГИРОВАНИЕ АНТОЦИАНОВ ИЗ ПЛОДОВ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Арония черноплодная (*Aronia melanocarpa*) является одним из богатейших источников антоцианов – природных пигментов, обладающих выраженными антиоксидантными свойствами.

Актуальность темы выделения антоцианов из аронии обусловлена растущим интересом к использованию натуральных фитопрепаратов в медицине и фармацевтической отрасли промышленности. Антоцианы, благодаря своим мощным антиоксидантным и противовоспалительным свойствам, становятся перспективным компонентом для создания фитопрепаратов, направленных на профилактику и лечение различных заболеваний [1].

Цель работы – выполнить сравнительный анализ методов экстрагирования антоцианов из плодов аронии черноплодной.

Объектом исследования являлись плоды аронии черноплодной, культивируемые в Бобруйском районе (урожай 2024 г.).

Для сравнительного анализа получены экстракты из плодов аронии черноплодной различными методами: мацерация, настаивание при повышенной температуре, вихревая экстракция (при перемешивании), УЗ- и СВЧ-экстракция, УЗ-экстракция с СВЧ предобработкой.

Количественное определение антоцианов в полученных экстрактах выполняли согласно ГОСТ 32709-2014.

Установлено, что максимальный выход антоцианов наблюдается при экстрагировании 80 %-ным этиловым спиртом, подкисленным хлористоводородной кислотой.

Максимальная массовая концентрация антоцианов в экстракте плодов аронии черноплодной (259,20 мг/см³) была зафиксирована при ультразвуковой экстракции с предварительной СВЧ-обработкой плодов. Высокие значения массовой концентрации антоцианов (250,95 мг/см³) также были получены при мацерации в течение 24 ч в 80 %-ном этаноле, подкисленном хлористоводородной кислотой, при комнатной температуре, однако данный метод длителен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломинова, Л.В. Извлечение и исследование антоцианов растительного сырья / Л.В. Соломинова, С.А. Онина, Г.Г. Козлова // Бюллетень науки и практики. – 2019. – С. 69–75.

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОЗЕЛЕНИ, ВЫРАЩЕННОЙ ПРИ РАЗНЫХ СПЕКТРАХ СВЕТА

Микрозелень – это продукт, который с каждым годом завоевывает все больше сторонников. Она богата целым комплексом биологически активных веществ, но потребители, в большинстве своем любят этот продукт за его своеобразный вкус и эстетическую составляющую, которую придают эти растения блюдам.

Для выращивания микрозелени можно использовать многие растения: свеклу, руколу, редис, мангольд, базилик, горчицу, дайкон, красную капусту, кресс-салат, горох, сою, чечевицу и другие. Однако из пасленовых (картофель, томат, баклажан, перец) микрозелень не выращивают, поскольку ботва этих растений содержит соланин – токсичное алкалоидное соединение.

Целью нашей работы было определить влияние спектров света, при которых выращивали микрозелень, на ее вкусовые качества.

В качестве объектов исследования выбрали семена гороха посевного (*Lathyrus oleraceus*), свеклы обыкновенной (*Beta vulgaris*), базилика душистого (*Ocimum basilicum*), руколы (*Eruca vesicaria*) и подсолнечника (*Helianthus annuus*).

Семена выращивали на джутовых ковриках в лабораторных установках обеспечивающих варьирование спектров света.

В таблице представлены результаты по оценке вкуса, выращенной микрозелени (6 – самая низкая оценка, 1 – самая высокая оценка).

Таблица – Органолептическая оценка биомассы микрозелени

Микрозелень	Спектр света					
	Зеленый	Красный	Синий	Желтый	Белый	Дневной
Горох	6	5	3	2	1	4
Свекла	6	3	5	1	2	4
Базилик	6	3	4	1	2	5
Рукола	6	4	5	1	3	2
Подсолнечник	6	4	5	1	4	3

Из таблицы видно, что наиболее ярким, насыщенным вкусом обладали растения, выращенные под желтым спектром светом, безвкусными были растения, рост которых осуществляли под зеленым спектром света.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ОБРАЗЦОВ, ВЫСУШЕННЫХ НА РАЗНЫХ ПОЛКАХ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШИЛКИ

В настоящее время в различных отраслях производства остро стоит вопрос хранения скоропортящихся товаров и сырья. Порчу пищевых продуктов вызывает целый ряд факторов, уменьшение их воздействия позволяет не только увеличить срок хранения продуктов, но и сохранить их полезные свойства и качества. Лиофильная сушка – один из эффективных способов увеличения срока хранения пищевых продуктов. В работе [1] было отмечено, что разница в значениях массовой доли влаги материала, высушенного на разных полках сублимационной сушилки, являлась статистически значимой, т. е. материал был неоднородным. Это может привести в конечном итоге к недостаточному удалению влаги и, как следствие, к уменьшению срока хранения продукции. Поэтому нами был проведен эксперимент по определению влияния сушки растительного материала на разных полках лиофильной сушилки Cool Safe 100-9 PRO (Дания). Сушку осуществляли в течение 7,5 ч. Для проведения исследований использовали мякоть тыквы мускатной (*Cucurbita moschata*) (2024 г.).

Таблица – Влажность образцов

Образец	до заморозки	после сушки	Номер полки сушилки			
			1	2	3	4
Влажность, %	96,7±0,0	75,3±0,1	57,5±0,1	85,9±0,2	83,6±0,2	74,2±0,1

Из таблицы видно, что влажность высушенных образцов на разных полках сушилки действительно существенно отличается. Таким образом для получения однородного материала необходимо проводить дополнительную процедуру гомогенизации: измельчение на лабораторной мельнице, просеивание через сито, тщательное перемешивание. Дальнейшая работа будет направлена на определение физико-химических показателей качества высушенных образцов и определения их срока годности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение системы лиофильной сушки для подготовки материала стандартных образцов состава пищевых продуктов /М.Ю. Медведевских [и др.] // Эталоны. Стандартные образцы. – 2021. Т. 17. № 1. – С. 35–45. <http://dx.doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-1-35-45>.

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ

Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) – это важная сельскохозяйственная культура для Республики Беларусь. Лузга является много тоннажным отходом при производстве гречки.

В настоящее время в научной литературе, патентах приведен ряд способов ее использования. На рисунке представлены направления переработки лузги гречихи.

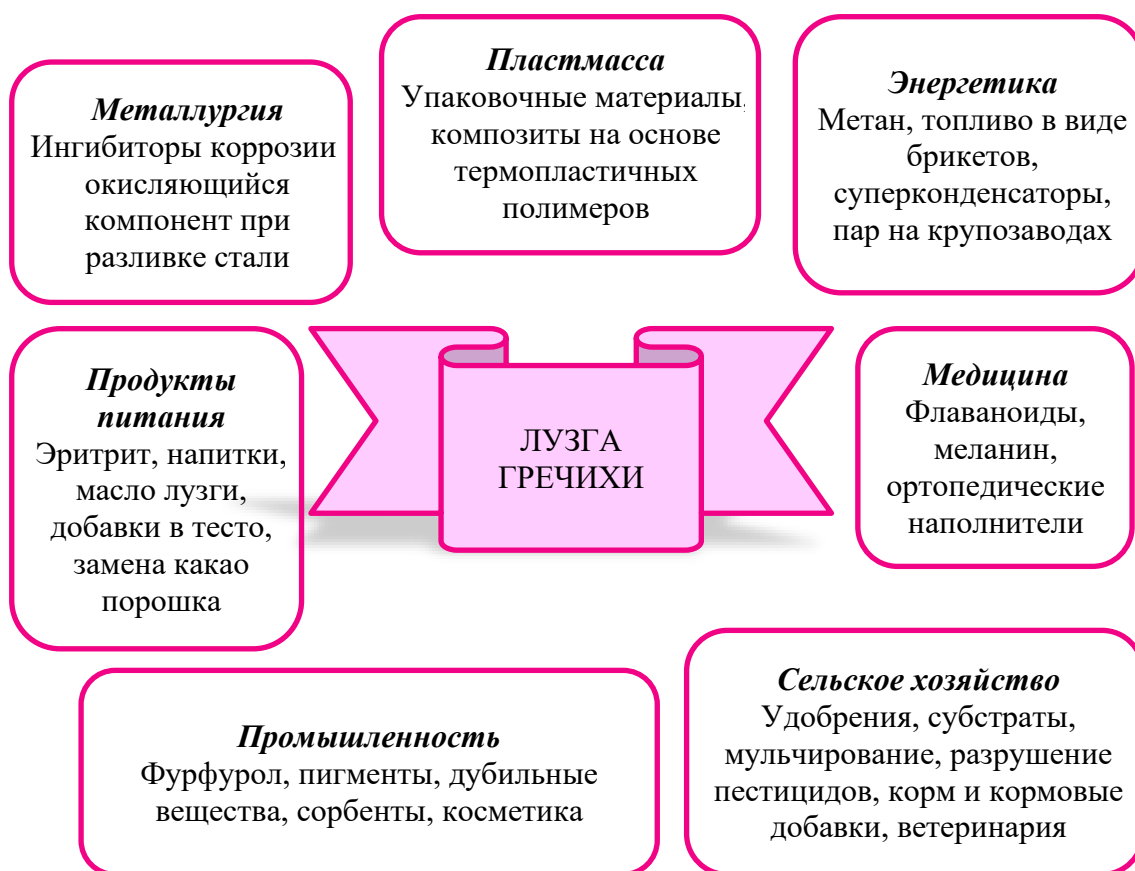


Рисунок – Применение лузги гречихи

Таким образом, проанализировав имеющиеся в открытом доступе литературные источники можно сделать следующий вывод: использование лузги гречихи для получения разнообразных продуктов ее переработки является весьма перспективным направлением.

Дальнейшая работа будет направлена на разработку новых способов применения лузги.

УДК 371.84

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» Д.В. Богданович

Науч. рук. доц. Е.А. Флюрик
(кафедра ТНВиОХТ, БГТУ)

РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «БИОТЕХНОЛОГИИ»

В Национальном детском технопарке в настоящее время проводятся занятия с одаренной молодежью по 15 научным направлениям, одним из которых является «Биотехнологии». Занятия проводятся в рамках смены, которая длится 24 дня, учащиеся осваивают учебную программу и выполняют исследовательский проект.

В настоящее время в нашей стране имеется большое количество высокомотивированных ребят, которые задумываются о своей будущей профессии заранее. Но в процессе обучения многие из них теряют интерес к занятиям в целом и к научным исследованиям в частности, одной из причин этого является большой объем информации, который необходимо изучить. Зачастую данная информация преподается сухо, лаконично и неинтересно.

Для обеспечения оптимального соотношения практических и теоретических занятий в течение смены, а также предоставления учащимся дополнительных возможностей по изучению материала, необходимо усовершенствовать имеющийся учебно-методический комплекс (УМК).

УМК – система нормативной и учебно-методической документации, средств обучения и контроля, необходимых и достаточных для качественной организации основных и дополнительных образовательных программ, согласно учебному плану.

Целью нашей работы было отобрать наиболее сложные для освоения темы по направлению «Биотехнологии» и разработать практические средства обучения, предназначенные для повышения интереса к теоретическим и практическим исследованиям.

Для разработки была выбрана тема «Основы микробиологии». В ходе выполнения научно-исследовательской работы был разработан набор «Бактериография», который оснащен всем необходимым для проведения работы по культивированию микроорганизмов и созданию с их помощью картин на питательных средах.

Наглядность, красочность и возможность самому провести первые настоящие эксперименты с микроорганизмами, точно не

оставят равнодушных, как взрослых, так и детей, особенно если это имеет не только развлекательное, но и познавательное содержание.

СВОЙСТВА ПЛЕНОК ИЗ СВЕКЛОВИЧНОГО ПЕКТИНА И ЕГО КАТИОННЫХ СОЛЕЙ

Природный пектин и его модификации, полученные посредством образования катионных солей, находят свое применение при получении материалов с уникальными физико-химическими характеристиками и особенно интересны при получении защитных покрытий, востребованных в пищевой и фармацевтической промышленности благодаря биоразлагаемости, биосовместимости, барьерным характеристикам и возможности управления высвобождением веществ.

Цель работы – получить пленочные материалы из свекловичного пектина и его катионных солей и оценить их качество. Объектами исследования являлись четыре образца свекловичного пектина, полученные при разных условиях извлечения пектина из свекловичного жома, и один образец водорастворимой кальциевой соли свекловичного пектина (пектината кальция).

Пленки получали путем растворения образцов пектина и пектината кальция в дистиллированной воде с получением 1 % растворов и розлива их в чашки Петри по 5, 10, 15, 20 см³, высушивания в мягких условиях (40 °С, 1–2сут) до воздушно-сухого состояния. Расчетная толщина пленок 7, 13, 20 и 26 мкм соответственно. Результат оценивали визуально по прозрачности, наличию и количеству включений, обуславливающих неомогенность, прочности адгезии к поверхности стекла, механическим свойствам пленок.

Прозрачность полученных пленок из водорастворимого пектината кальция была выше, чем прозрачность пленки, полученной из любого из образцов пектина. Количество включений, представляющих собой фрагменты нерастворившихся, хоть и набухших, полисахаридов было меньше в пленке, полученной из пектината кальция. Мы связываем это с упрощенным набуханием и растворением пектината кальция из-за равномерного распределения ионов кальция в молекуле полисахарида. Прочность адгезии была удовлетворительной для образцов пленки, полученных из пектината кальция и пектина, полученного при низких концентрациях лимонной кислоты и хорошо отмытого. Механическую прочность пленок, прочно закрепленных на поверхности стекла, оценить сложно, поскольку можно отделить только фрагменты очень малого размера. Пленки,

легко отделяемые от стеклянной поверхности, гибкие, разламываются и разрываются при приложении усилия.

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ДАНСИЛИРОВАНИЯ

Дансилхлорид (рисунок 1) широко применяют в биохимических исследованиях в качестве флуоресцентной метки. При взаимодействии с $-\text{NH}_2$, $-\text{RNH}$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$ группами различных соединений дансилхлорид образует интенсивно флуоресцирующие производные.

Цель работы – изучить реакцию дансирования β -лактамного антибиотика пенициллинового ряда амоксициллина (рисунок 2).

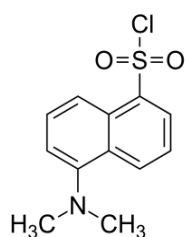


Рисунок 1 – Химическая структура дансилхлорида

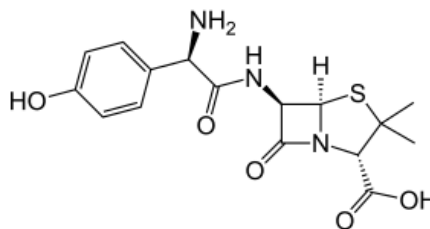


Рисунок 2 – Химическая структура амоксициллина

Установлено, что при проведении реакции дансирования в водно-ацетоновой среде (рН 9,5) протекает гидролиз дансилхлорида с образованием дансилсульфоновой кислоты (рисунки 3 и 4).

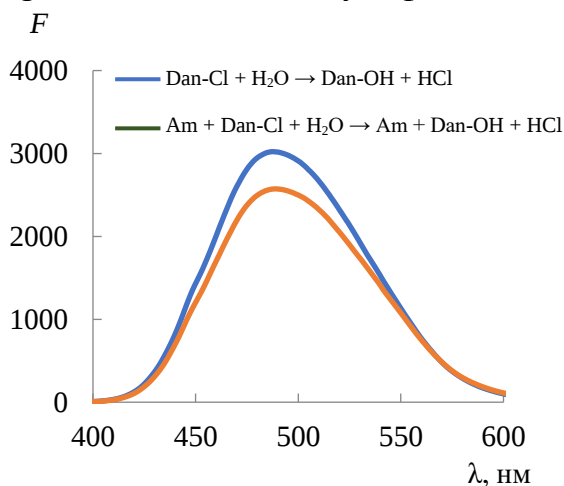


Рисунок 3 – Спектры флуоресценции реакционной смеси ($\lambda_{\text{возб}} = 350 \text{ нм}$; $\lambda_{\text{исп}} = 489 \text{ нм}$; 30 мин)

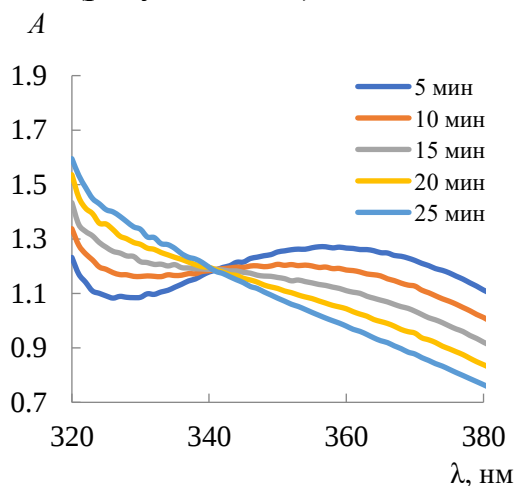


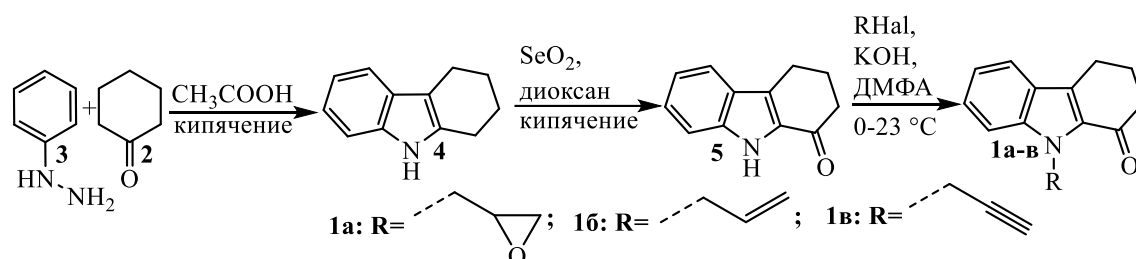
Рисунок 4 – Спектры поглощения, отражающие кинетику гидролиза дансилхлорида

Предполагаем, что преобладание гидролиза дансилхлорида над реакцией дансирования амоксициллина обусловлено стерическими препятствиями, а также кето-енольной таутомерией амидной связи в молекуле антибиотика.

**ПРОТИВООПУХОЛЕВАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ
2,3,4,9-ТЕТРАГИДРО-1Н-КАРБАЗОЛ-1-ОНА**

Механизм действия ряда противоопухолевых препаратов основан на их способности взаимодействовать с нуклеофильными группами нуклеиновых кислот. Объектами исследования являются производные 2,3,4,9-тетрагидро-1Н-карбазол-1-она, замещенные по атому азота функциональными группами, которые обеспечивают им алкилирующую способность.

Соединения **1a-1в** получены согласно представленной ниже схеме:



Противоопухолевую активность соединений **1a-1в** изучали на клеточной линии аденокарциномы молочной железы человека MCF-7. Жизнеспособность клеток оценивали через 24 ч инкубации с помощью реагента PrestoBlue™.

Таблица 1 – Процент повреждения клеток при различных концентрациях синтезированных соединений в ДМСО

Соединение	0 мкМ	10 мкМ	50 мкМ	100 мкМ	200 мкМ
1a	0±6,5	0±3,4	28,9±6,4	60,4±4,1	92,6±2,7
1b	0±5,1	0±5,6	0±8,7	16,3±7,6	61,2±7,0
1v	0±5,1	0±8,2	0±8,1	4,2±13,1	44,7±5,4

Полученные результаты свидетельствуют о том, что все соединения ингибируют развитие аденокарциномы. Однако наибольшей активностью обладает соединение **1a**, которое начинает оказывать противоопухолевое действие уже при концентрации 50 мкМ, а при 200 мкМ – приводит к гибели ~ 93 % клеток.

Можно предположить, что тетрагидрокарбазолонны за счет плоской структуры скелета интеркалируют в спираль ДНК и алкилируют азотистые основания, взаимодействуя в первую очередь с их аминогруппами.

Master's degree student Bi Shuchang
 Scientific supervisor Ph. D. (Engineering),
 Associate Professor A. Feskova
 (Department of Biotechnology, BSTU)

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS FOR CREATING NEW DRUGS

The pharmaceutical industry has historically relied on labor-intensive and expensive methods of the discovery new drugs, their testing and get them approved clinically. It is currently undergoing a transformational era and is at a point in its development where innovation meets the advanced capabilities of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) [1].

Drug discovery applications use ML algorithms such as neural networks, deep learning and natural language processing. Neural networks have an outstanding ability to analyze data, recognize patterns and make predictions. The process of drug discovery using AI involves many tools and programs (table).

Table – AI tools and programs using for the drug discovery [2 – 4]

Features	Tools and programs
1	2
Prediction of the protein space structure	AlphaFold (protein structure database)
Assessment of the affinity of protein binding to a ligand	DeltaVina, NNScore (neural-network-based scoring function for the characterization of protein-ligand complexes), PotentialNet
Prediction of molecular attributes and analysis of molecular structures	Conv_qsar_fast
Prediction chemical, physical and biological properties	QSAR (quantitative structure-activity relationship), InnerOuterRNN (inner- and outer recursive neural networks for chemoinformatics), Neural Graph Fingerprints models
Searching for or designing molecules with the most optimal specified properties	chemical_VAE (chemical variational autoencoder), JunctionTree VAE (junction tree variational autoencoder for molecular graph generation), ORGANIC
Synthesis of new compounds and molecular modeling	Chemputer, ODDT (open drug discovery toolkit), SCScore (synthetic complexity learned from a reaction corpus)

Continuation of the table

1	2
Prediction the effect of a particular substance on the human body	PPB2 (the polypharmacology browser 2)
Toxicological effect assessment	DeepTox (deep learning for toxicity prediction), Tox21 (the toxicology in the 21st century)

Thus, AI systems can process vast molecular databases to predict new drugs that will work effectively while avoiding toxic side effects. The integration of AI and ML in the pharmaceutical industry can change the approach to drug discovery, improving both the speed and efficiency of drug development.

REFERENCES

1. Medium. AI in Drug Discovery: Transforming Pharmaceutical R&D in 2023. Available at: <https://blog.diphyx.com/revolutionizing-pharmaceutical-r-d-with-ai-and-machine-learning-269a6c2f8a9e> (accessed 31.03.2025).
2. Artificial intelligence and machine learning technology driven modern drug discovery and development / C. Sarkar [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2023. – Vol. 24(3). – DOI: 10.3390/ijms24032026
3. GitHub Copilot. Build and ship software on a single, collaborative platform. Available at: <https://github.com/> (accessed 31.03.2025).
4. *In silico* exploration of the potential inhibitory activity of DrugBank compounds against CDK7 kinase using structure-based virtual screening, molecular docking, and dynamics simulation approach / A. Hussain [et al.] // Arabian Journal of Chemistry. – 2023. – Vol. 16(2). – DOI:10.1016/j.arabjc.2022.104460.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «САВУШКИН ПРОДУКТ» В ОБЛАСТИ СНИЖЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПОТЕРЬ И ОТХОДОВ

ОАО «Савушкин продукт» – один из крупнейших производителей натуральной молочной продукции Восточноевропейского региона, объединяющий 7 высокотехнологичных площадок, которые выпускают более 350 наименований молочной продукции. В компании функционирует система менеджмента безопасности пищевых продуктов, сертифицированная в международной схеме сертификации FSSC 22000 v. 6.0. Одним из требований этой схемы является наличие стратегии по сокращению продовольственных потерь и пищевых отходов.

Цель нашей работы: изучить деятельность ОАО «Савушкин продукт» в области сокращения продовольственных потерь и пищевых отходов. Нами было установлено, что в процессе изготовления молочных продуктов образуется два вида вторичного молочного сырья: сыворотка и обезжиренное молоко. Из сыворотки изготавливают напитки торговой марки «Свежесть», а ее большая часть направляется на сушку. Обезжиренное молоко сушат, используют для выпуска нежирной цельномолочной продукции (зерненный творог «101-зерно», творог «Савушкин хуторок», творог мягкий «Нежный») и нормализации молока. Однако, помимо образования вторичного сырья на этапах производства возможно наличие производственных или неизбежных (остатки сырья в молокопроводах, емкостях и аппаратах, температурная обработка молока, пробы для проверки качества) и непроизводственных (производственный брак, утечки из трубопроводов, потери из-за неисправности оборудования) потерь. Одним из способов сокращения производственных потерь, например, при изготовлении йогуртов, творожков и творожных паст с вкусовыми наполнителями, является выпуск так называемых «переходов». Они образуются при выпуске одной и той же группы молочных продуктов при переходе с одного вида наполнителя на другой в фруктопитателе, где новый наполнитель вытесняет старый. Продукция со смесью предыдущего и нового наполнителя фасуется в потребительскую упаковку и маркируется как «Переход». Количество «переходов» зависит от вида наполнителя, его вязкости и плотности. Они реализуются во внутренних магазинах компании по себестоимости.

Таким образом, в ОАО «Савушкин продукт» применяется система мер по сокращению продовольственных потерь и пищевых отходов.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В ФОРМЕ АЭРОЗОЛЕЙ

ИПТУП «Реб-Фарма» – это перспективное предприятие нового поколения, которое занимает значимую позицию среди белорусских производителей лекарственных препаратов (далее – ЛП). Ассортимент весьма широк – это более 75 уникальных ЛП, представляющих различные фармакотерапевтические группы, в том числе не имеющих аналогов в Республике Беларусь.

Цель работы – валидация процесса производства ЛП. Необходимость проведения валидации технологического процесса производства заключалась в увеличении объёма производимой серии почти в 2 раза за счет увеличения объёма загружаемого сырья в оборудование. Объект исследования – ЛП «Пефсал-Реб», аэрозоль для ингаляции дозированный 25 мкг/250 мкг/доза в ингаляторе 120 доз – предназначен для постоянной терапии бронхиальной астмы пациентов.

В процессе валидации вначале осуществляется контроль нерасфасованной продукции, а затем – выходной контроль. Контролю по разным группам показателей качества подверглись образцы трех серий ЛП. Контроль качества производился по следующим показателям: «Испытание аэрозольной упаковки: число доз в баллоне», «Однородность высвобождаемой дозы», «Средняя высвобождаемая доза», «Массовое равновесие мелких частиц», «Концентрация мелких частиц», «Сопутствующие примеси», «Количественное определение», «Абсолютная общая масса содержимого».

Так как планируется увеличение нагрузки оборудования необходимо было оценить показатели возможностей процесса. Был рассчитан индекс воспроизводимости процесса (C_p), который показывает насколько процесс удовлетворяет техническим требованиям. Результаты оценки показали, что индекс воспроизводимости процесса производства ЛП колеблется от 1,68 до 2,71 и полностью соответствует требованиям – не менее 1,33.

Кроме того, для анализа технологического процесса были использованы контрольные карты Шухарта, которые показали стабильность и статистическую управляемость процесса производства лекарственного препарата.

Таким образом, валидация подтвердила возможность выпуска качественной продукции при увеличении объемов его выпуска.

ВЫДЕЛЕНИЕ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ЭФИРНОГО МАСЛА ЕЛИ КАНАДСКОЙ

Канадская ель (белая) *Picea glauca* – важное хвойное дерево для лесной промышленности Канады. Достигает 15–20 м в высоту, может жить более 200 лет.

Важным компонентом, получаемым из хвои и молодых побегов белой ели, является эфирное масло. Оно имеет прозрачный или желтоватый цвет и выраженный хвойный аромат с камфорными и сладковатыми нотами.

Благодаря богатому составу масло широко применяется в медицине, ароматерапии, парфюмерии, фармацевтической промышленности, пищевой промышленности в качестве ароматизатора продуктов и напитков;

Состав эфирного масла существенно зависит от многочисленных факторов, таких как место произрастания, сезона, техногенного загрязнения территории произрастания растений.

Цель работы – выделение эфирного масла из ели канадской, произрастающей на территории Республики Беларусь, определение его состава и свойств.

Древесную зелень отбирали в ноябре с деревьев ели колючей, произрастающих на ул. Петруся Бровки в Минске.

Для выделения эфирного масла из белой ели использовали метод гидродистилляции. Выделение эфирного масла из древесной зелени ели канадской в среднем составило до 2%, что существенно превышает содержание в других видах елей. Далее мы провели качественный и количественный анализ состава полученного эфирного масла методом газожидкостной хроматографии на хроматографе «Кристалл 5000.1»

В результате проведения анализа было установлено, что в масле, содержится значительное количества камфоры (23 %), β -пинена (15 %), борнилацетата (13,5 %), лимонена (10 %), камфена (6,5 %) а также небольшие количества, α -пинена (6,7 %), мирцена (2,3 %), борнеола (3,85 %), 1,8 цинеол (3 %), сабинена (1,8 %).

Многие из этих веществ обладают широким спектром биологической активности и благодаря этому могут использоваться для изготовления различных лекарственных, косметических, парфюмерных препаратов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ «STATISTICA» ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В настоящее время повышение уровня качества продукции из-за высокой конкуренции на рынке является основной стратегической задачей предприятий. Возникает необходимость более активно применять и внедрять системы менеджмента качества (СМК) на основе международных стандартов ИСО серии 9000, в которых сделан упор на процессный подход в управлении качеством и на переход от устранения несоответствий к профилактике их возникновения. При этом большая роль в управлении процессами отводится статистическим методам.

Цель нашей работы: использование программы «STATISTICA» для предотвращения возникновения несоответствий путём анализа стабильности технологических процессов производства.

Для оценки технологических процессов можно использовать следующие статистические методы: контрольные карты, показатели возможностей процесса, семь японских методов и др. Наибольшее распространение для анализа и регулирования технологического процесса получили контрольные карты, предложенные Шухартом в 1924 году, позволяющие изучить вариации процесса и при условии выхода за границы собственной изменчивости осуществить регулирование.

Нами был проведен анализ с использованием статистических методов технологического процесса производства хлопкового рафинированного дезодорированного отбеленного масла. Данными послужили результаты контроля на различных этапах производства таких показателей как кислотное число и цветность.

Для анализа данных была использована программа «STATISTICA», вкладка «Промышленная статистика», позволяющая проводить анализ больших объёмов производственных данных.

С использованием программы «STATISTICA» были построены: временные ряды, гистограммы, карты Шухарта и проведен анализ воспроизводимости процессов.

Результаты позволили дать оценку состояния технологического процесса производства хлопкового рафинированного дезодорированного отбеленного масла и выявить критические точки в производстве.

ЭФИРНОЕ МАСЛО ЕЛИ КОЛЮЧЕЙ, ЕГО ПОЛУЧЕНИЕ, СОСТАВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ

Ель колючая (голубая) *Picea pungens Engelm.* – северо-американский вид хвойных растений, широко применяющийся в качестве декоративной культуры как за рубежом, так и в Беларуси благодаря уникальному окрасу хвои, а также высокой толерантности к городским условиям.

Цель работы – исследование состава эфирного масла ели колючей и фармакологической активности его компонентов с целью дальнейшего применения для производства фармацевтической продукции.

Древесную зелень отбирали в ноябре с деревьев ели колючей, произрастающих на ул. Ульяновской в центре Минска.

Эфирное масло отгоняли из хвои методом гидродистилляции и вольюметрически определяли количественный выход.

Качественный и количественный анализ состава масла осуществляли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой – 100 %-ным диметилсилоксаном.

Идентификацию компонентов масла осуществляли с помощью эталонных соединений и по индексам удерживания, представленным в литературных источниках.

Анализ хроматограммы позволил установить порядка 60 компонентов, основными из которых являлись α -пинен (3,30 %), камфен (6,06 %), β -пинен (0,72 %), мирцен (1,24 %), лимонен (20,25 %), терпинолен (0,85 %) камфора (34,73 %), борнеол (3,22 %), терпинен-4-ол (0,60 %), α -терпинеол (1,71 %), борнилацетат (8,45 %).

Также стоит отметить, что содержание лимонена и камфоры значительно выше, чем в эфирных маслах других видов елей, произрастающих на территории Беларуси.

Таким, образом, эфирное масло ели колючей и его компоненты обладают высокой биологической активностью, что делает его перспективным сырьем для производства фармацевтической продукции.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ТРЕБОВАНИЕ FSSC 22000 V. 6.0
«КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА» И ЕГО ВЫПОЛНЕНИЕ
В ОАО «МИНСКИЙ МОЛОЧНЫЙ ЗАВОД № 1»**

Согласно дополнительному требованию FSSC 22000 v. 6.0 «Контроль качества», Организация должна установить, внедрить и поддерживать политику, цели и параметры качества в соответствии со спецификациями на конечную продукцию; проводить анализ и оценку результатов параметров контроля качества; установить и внедрить процедуры контроля количества, в том числе по изделиям, весу и объему, для обеспечения соответствия продукции применимым требованиям заказчика и законодательным требованиям.

Цель нашей работы: изучить деятельность ОАО «ММЗ № 1» по соблюдению данного дополнительного требования. Для достижения поставленной цели нами была проанализированы системные документы Организации, а также записи, в которых регистрируются результаты деятельности в области контроля качества. Было установлено, что предприятие поддерживает параметры качества для всех продуктов в соответствии с техническими и нормативными документами. Контроль осуществляется по схемам производственного контроля и схемам контроля готовой продукции.

Регулярный мониторинг включает испытания и проверку соответствия продукции установленным стандартам на всех этапах производства. Процедуры контроля веса, объема продукции и единиц измерения внедрены для соответствия законодательным и клиентским требованиям. Применяется программа калибровки и поверки оборудования. Контроль массы продукции осуществляют сотрудники производственной лаборатории с использованием поверенных электронных весов. Результаты регистрируются и обрабатываются согласно требованиям национальных стандартов. Разработаны и внедрены процедуры запуска и переналадки линий: проверка линии на остатки упаковки и визуальный осмотр оператором перед началом нового производственного цикла для предотвращения ошибок и несоответствий.

Таким образом, ОАО «Минский молочный завод №1» реализует комплексную систему управления качеством, включая политику, цели, контроль параметров, анализ результатов и внутренний аудит. Это обеспечивает безопасность и высокое качество молочной продукции.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА LEAN В УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ БГТУ

В современных образовательных учреждениях внедрение принципов Lean (бережливого производства) в учебную лабораторию становится не только актуальным, но и необходимым. Суть данного подхода заключается в оптимизации процессов обучения, минимизации потерь времени и ресурсов, а также в повышении качества образования.

Цель данной работы – повысить качество учебного процесса, его эффективность и результативность, обеспечить комфорт и удобство во время работы. Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих процессов в лаборатории;
- выявлены «узкие места» и источники потерь;
- разработаны и внедрены Lean-инструменты;
- оценены результаты внедрения.

В учебную лабораторию №112-3а кафедры ФХМиОК БГТУ были внедрены такие инструменты «бережливого производства», как: 5S, визуализация и всеобщее обслуживание оборудование. Было проведено зонирование лаборатории. В каждой зоне рабочее пространство оборудовали всеми необходимыми для работы материалами, что сокращает трудозатраты и время проведения экспериментов. Стандартизация работ в части хранения химических реактивов, калибровки и мойки химической посуды завершилась разработкой соответствующих стандартных операционных процедур.

Для оптимизации работы в лаборатории была внедрена электронная база, включающая в себя: руководства по эксплуатации оборудования, тесты для допуска работы с приборами, что позволит повысить качество подготовки к лабораторным работам, а также предотвратить поломки от неправильного обращения. Для быстрого доступа и удобства использования материалами электронной базы возле каждого средства измерений были размещены QR-коды со ссылками на инструкции и тесты.

Применение принципов Lean улучшило организацию труда в лаборатории и повысило мотивацию студентов, создавая более

комфортные условия для их обучения и развития практических навыков.

ЭКСТРАКТЫ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ, ИХ ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПАРФЮМЕРНО- КОСМЕТИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Ввиду богатства Республики Беларусь хвойными лесами, вследствие вырубки которых образуется огромное количество отходов, содержащих множество полезных для человека веществ, изготовление и использование хвойных экстрактов в различных отраслях промышленности является перспективной возможностью для более полной реализации природного потенциала нашей Республики.

Цель исследования – рассмотреть перспективы использования экстрактов хвойных растений в производстве парфюмерно-косметической продукции.

Хвойный экстракт – концентрированная смесь различных веществ, извлечённых из хвойного растения, представляющее собой подвижные, вязкие жидкости или сухие массы. Экстрагентами могут быть вода, спирт, водно-спиртовые растворы, эфир, углекислота и многие другие.

Существуют различные способы экстрагирования, из основных можно выделить: мацерацию, ремацерацию, перколяцию, рекперколяцию и циркуляцию. Состав и концентрация извлекаемых веществ будут во многом зависеть от выбора экстрагента и метода получения.

С целью увеличения выхода экстракта, дополнительно применяют физические и химические воздействия: электрический ток, ультразвук, давление, магнитное поле, вакуум, ферменты и др.

Ввиду нарастающего тренда на натуральные ингредиенты, производители косметики всё больше обращают внимание на возможность применения растительного сырья, обладающего обширным химическим составом. Это также относится и к хвойным экстрактам.

Парфюмерно-косметическая промышленность широко использует экстракты, так как они обладают смягчающим, увлажняющим и омолаживающим действием на кожу. Они способствуют выравниванию ее текстуры, сужению пор, устранению воспалений и раздражений, защищают кожу от различных вредных ферментов, а также помогают коже восстановить эластичность.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о перспективности расширения использования экстрактов хвойных растений.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ БУФЕРНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ ЯЧЕЕК ХАРНЕДА

В настоящий момент существует большой спрос на стандартные образцы, обеспечивающие метрологическую прослеживаемость для средств измерения водородного показателя. В силу особенностей метода селективной рН-метрии, подобные измерения являются каждодневными для огромного числа лабораторий.

По причине того, что рН представляет из себя шкальную физическую величину, её по определению проще устанавливать в сравнении с стандартными образцами рН, представляющими из себя буферные растворы. Существует один метод абсолютного измерения значения водородного показателя, имеющий прослеживаемость до основных единиц измерения системы СИ. Этот метод основан на потенциометрии с использованием особых электрохимических ячеек, называемых ячейками Харнеда.

Целью настоящей работы является использование методики абсолютного измерения рН для определения значений рН буферных растворов.

Метод основан на измерении разности потенциалов электродов в электрохимической ячейке без переноса. Водородный электрод чувствителен к рН раствора, в котором находится, а внешний хлорсеребряный является электродом сравнения.

Для стабильной работы хлорсеребряного электрода в растворе необходимо наличие хлорид-ионов, а так как они влияют на потенциал системы, на практике потенциал измеряют сразу в трёх ячейках с различным добавлением в характеризуемый буферный раствор хлорида калия. Экстраполяция полученных значений функции кислотности к молярной концентрации хлорид-ионов, равной нулю, даёт возможность вычислить рН измеряемого буферного раствора.

Таким образом использование ячеек Харнеда позволяет измерять водородный показатель стандартных образцов буферных растворов с достаточной точностью, так как неопределённость метода ограничивается погрешностью вольтметра и приписанными значениями неопределённости термодинамических допущений метода.

**АРОМАТИЗАЦИЯ 4-ЭТИЛ-4''-ПЕНТИЛ-5,6-ДИГИДРО-
[1,1':4',1''-ТЕРФЕНИЛ]-3(4Н)-ОНА**

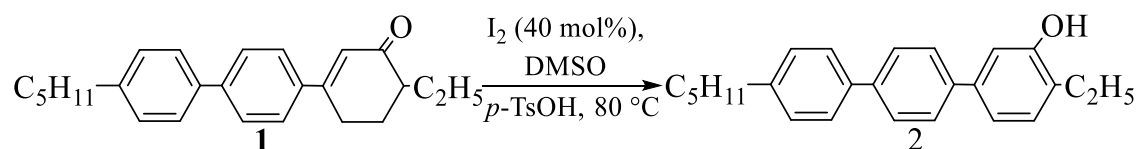
На сегодняшний день замещенные фенолы являются важным сырьем для производства ценных лекарственных препаратов, агрохимикатов, жидкокристаллических веществ и иных продуктов органического синтеза.

Однако существующие методы их получения требуют использование высоких температур, сильных кислот и дорогостоящих переходных металлов, что создает экологические и технологические сложности для производств. Это обуславливает необходимость в совершенствовании безметалловых стратегий получения замещенных фенолов из циклогексенонов.

Распространенными катализаторами дегидрирования циклогексенонов являются токсичные и дорогие соединения палладия, производные пиридина, что выгодно выделяет использование вместо них йода за счет дешевизны и легкости очистки/регенерации [1].

Кроме того более мягкие условия проведения реакции позволяют работать с широким спектром функциональных групп, при этом минимизируя нежелательные побочные реакции.

Цель настоящей работы : провести поиск литературы по вопросу альтернативных способов синтеза замещенных фенолов, выяснить оптимальную методику, выполнить синтез целевого соединения и оценить эффективность выбранного метода.



Ароматизацию 4-этил-4''-пентил-5,6-дигидро-[1,1':4',1''-терфенил]-3(4Н)-она **1** осуществляли нагреванием на водяной бане в диметилсульфоксиде (DMSO) с 40% мольным количеством йода в присутствии *p*-толуолсульфокислоты. Ход реакции контролировали с помощью ТСХ. Образование 4-этил-4''-пентил-[1,1':4',1''-терфенил]-3-ола **2**, который был выделен в качестве основного продукта (86%) сопровождалось ароматизацией и иодированием по фенольному циклу 4-этилнезамещенного субстрата, присутствующего в качестве примеси в исходном кетоне **1**.

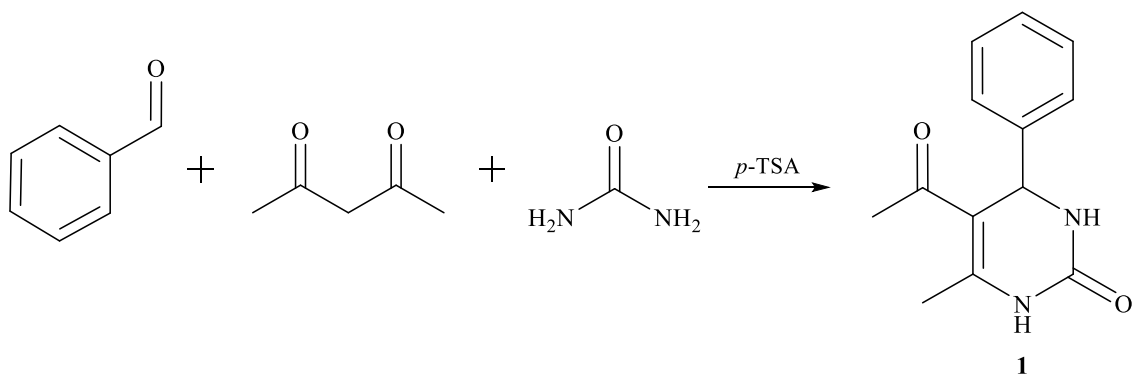
**СИНТЕЗ 5-ФУНКЦИОНАЛЬНОЗАМЕЩЁННЫХ
4-ФЕНИЛ-3,4-ДИГИДРОПИРИМИДИН-2(1H)-ОНОВ
РЕАКЦИЕЙ БИДЖИНЕЛЛИ**

3,4-Дигидропиримидин-2(1H)-оны и соединения этого ряда обладают широким спектром биологической активности: противоопухолевой, противовоспалительной, антибактериальной [1], что объясняет устойчивый интерес к их изучению.

Многие методы синтеза этих соединений, приведенные в литературе, предполагают использование дорогих катализаторов, токсичных растворителей, микроволнового излучения [2]. В рамках настоящей работы был выбран метод, исключаяющий все перечисленные недостатки.

В основе синтеза лежит трехкомпонентная реакция, названная реакцией Биджиннели, в ходе которой из ацетоуксусного эфира, ароматического альдегида и мочевины в присутствии катализатора (*n*-толуолсульфокислоты) образуются 3,4-дигидропиримидин-2(1H)-оны.

Для синтеза 5-ацетилзамещенного-3,4-дигидропиримидин-2(1H)-она (**1**) вместо ацетоуксусного эфира был использован ацетилацетон.



Выход целевого продукта **1** составил 53%, физико-химические и спектральные характеристики соответствуют литературным данным.

ЛИТЕРАТУРА

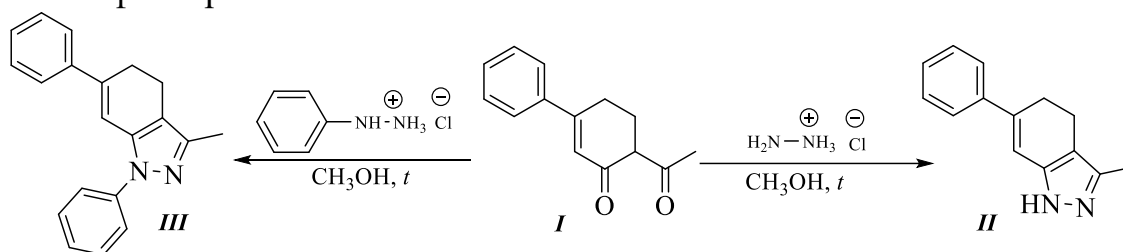
1. Беликов В.Г. Фармацевтическая химия: учебн. пособие: в 2 ч. / В.Г. Беликов. – 3-е изд. – М. : МЕДпресс-информ, 2009. – 616 с.
2. Siva S.P., Pankaj K., Leena K. Beginelli Reaction: A Green Perspective // Current Organic Chemistry. – 2012. – Vol. 16, № 4. – P. 507–519.

Студ. Д.И. Макуценя,
 учащиеся Е.А. Богданов, Н.С. Толстенков
 Науч. рук. доц. Н.М. Кузьменок
 (кафедра органической химии, БГТУ),
 учитель химии Т.Н. Василевская
 (ГУО «Гимназия №3 г. Бобруйска им. Митрополита Филарета (Вахромеева)»)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 6-АЦЕТИЛ-3-ФЕНИЛЦИКЛОГЕКС-2-ЕНОНА С ГИДРАЗИНОМ И ФЕНИЛГИДРАЗИНОМ

Целью данной работы является исследование реакции 6-ацетил-3-фенилциклогекс-2-енона **I** с бифункциональными *N*-нуклеофилами: гидразином и фенилгидразином. Полагалось, что введение гетероциклического фрагмента по месту карбонильных функциональных групп позволит расширить спектр практического применения синтезированных нами ранее 3-арил-6-ацетилциклогекс-2-енонов [1].

Для синтеза целевых соединений проводилась реакция между вышеупомянутым дикетоном **I** и *N*-нуклеофилами в среде кипящего метанола по приведённой ниже схеме. Реакция велась в течение 30 мин, промежуточный контроль за её ходом осуществлялся при помощи тонкослойной хроматографии. После протекания реакции смесь охлаждалась до температуры минус 15 °С, при этом протекала кристаллизация продуктов **II** и **III**, которые отделились от реакционной смеси фильтрованием.



В результате описанных экспериментов были выделены 3-метил-6-фенил-4,5-дигидро-1*H*-индазол **II** и 3-метил-1,6-дифенил-4,5-дигидро-1*H*-индазол **III** с выходами 78% и 69% соответственно. Структуры полученных соединений подтверждены спектрально ¹H и ¹³C ЯМР спектрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмина М. М. Синтез 3-арил-6-ацетилциклогекс-2-енонов реакций солей Манниха с ацетилацетоном / М.М. Кузьмина, Д.И. Макуценя // 73-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов : сб. науч. работ, Минск, 18–23 апреля 2022 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2024. – С. 251–253.

ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКОГО РАСТВОРИТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ЭКСТРАГЕНТА ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ АНИЛИНА ИЗ ЕГО СОЛЕЙ

Целью данной работы явился выбор оптимального растворителя для извлечения анилина из его соли, получаемой при восстановлении нитробензола металлами в кислой среде, и его регенерация после экстракции с оценкой выхода целевого продукта.

Для проведения эксперимента был использован 0.75 М раствор анилиний гидрохлорида, точный объём которого после нейтрализации рассчитанным количеством 20%-ного водного раствора гидроксида натрия и отделения выделившегося анилина подвергался экстракции для извлечения дополнительного количества анилина, оставшегося в растворе.

В качестве экстрагентов были выбраны три различных органических растворителя: бензол, толуол, метиленхлорид. Растворители ряда аренов были выбраны исходя из наличия в молекуле экстрагента и экстрагируемого вещества общего структурного фрагмента, а хлористый метилен был использован как апротонный полярный растворитель, часто используемый как экстрагент в студенческих синтезах. Объём каждого растворителя составлял 100 мл, и экстракция в каждом опыте осуществлялась тремя равными порциями экстрагента. По завершении экстракции после отделения осушителя растворитель отгонялся простой перегонкой, при этом часть отогнанного растворителя использовалась для промывки осушителя. Окончательную очистку и выделение анилина осуществляли ректификационной перегонкой.

Из полученных данных следует, что наиболее высокую степень извлечения анилина с выходом 72–88% обеспечивает применение хлористого метилена, а наиболее низкую (23–38%) – толуола. При регенерации использованных растворителей с большим выходом выделен толуол (81–98%), а с меньшим (53–67%) – хлористый метилен. Это связано с тем, что толуол имеет наиболее высокую температуру кипения из представленных растворителей и поэтому самую низкую летучесть.

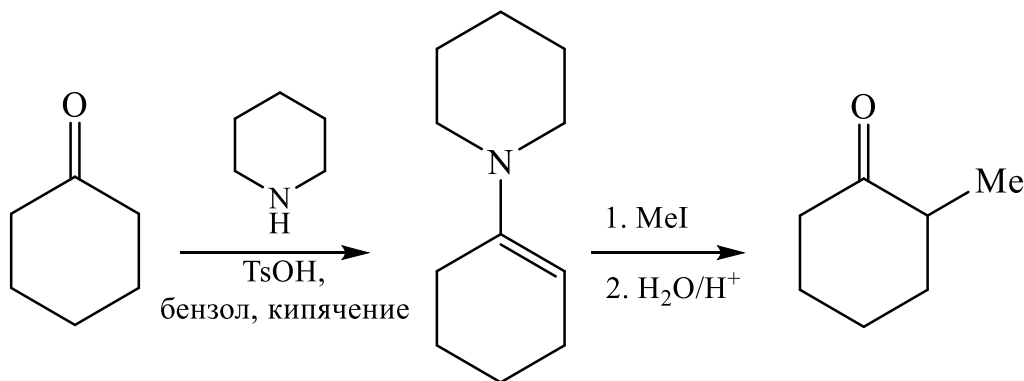
В заключение следует отметить, что, несмотря на высокую эффективность использования хлористого метилена в процессе извлечения анилина, рекомендовать его в качестве промышленного экстрагента не представляется возможным в связи с его потерями в

процессе экстракции, что представляет опасность ввиду его токсичности для человека и окружающей среды.

СИНТЕЗ 2-МЕТИЛЦИКЛОГЕКСАНОНА С ПОМОЩЬЮ РЕАКЦИИ СТОРКА

2-Метилциклогексанон используется как ароматизатор, растворитель при производстве лаков и пластмасс, а также в качестве промежуточного продукта в синтезе более сложных органических веществ. Методы синтеза 2-метилциклогексанона включают гидрирование *o*-крезола, метилирование циклогексанона в присутствии оснований или метилирование енаминов циклогексанона по реакции Сторка. В этой работе 2-метилциклогексанон был получен с использованием реакции Сторка [1].

Реакция Сторка представляет собой алкилирование енамина кетона алкилгалогенидами с образованием соли иминия, которая подвергается гидролизу превращаясь в замещённый кетон. Такой метод получения 2-метилциклогексанона был выбран из-за доступности реактивов и отсутствия необходимости в использовании реактора, работающего под давлением, и дорогих катализаторов.



На первой стадии синтеза кипячением циклогексанона с пиперидином с азеотропной отгонкой воды был получен енамин циклогексанона, который в последствии ввели в реакцию Сторка. Были выделены целевой продукт и побочный – 2,6-диметилциклогексанон. Структуры были подтверждены с помощью ¹H и ¹³C ЯМР спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

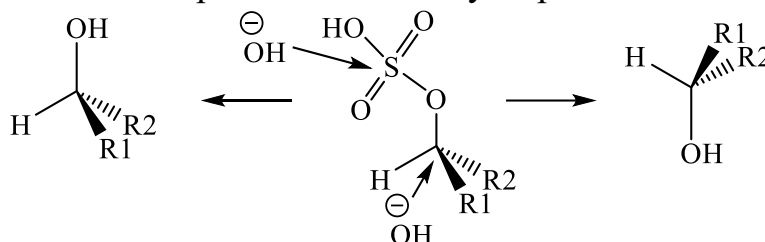
1. Stork G. The Enamine Alkylation and Acylation of Carbonyl Compounds / Stork G. [et al] // J. Am. Chem. Soc. – 1963. – Vol. 85. – № 2. – P. 207–222.

УДК 547.1-315

Студ. А.В. Заяц, Д.С. Матусков, А.Н. Пашкевич
Науч. рук. зав. кафедрой С.Г. Михалёнок,
ассист. А.И. Савельев
(кафедра органической химии, БГТУ)

ЭФИРЫ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Эфиры серной кислоты входят в состав моющих средств, используются в качестве реагентов, а также выступают в качестве источника серы для некоторых живых организмов. Учитывая важную роль органических сульфатов в природной среде актуальным вопросом остается их механизм гидролиза и аминолитиза, который может происходить по механизмам S_N1 и S_N2 двумя различными путями: с расщеплением либо связи C-O, либо связи S-O. В оптически активных молекулах при этом может происходить обращение или сохранение конфигурации асимметрического атома углерода.



Известны также исследования, например, процесса гидролиза сульфата 1-(2-хлорфенил)этанола с помощью изотопной метки, при этом выход продукта при атаке атома серы по S_N2 механизму составил 4 % [1]. Разрыв связи S-O также описан при аминолитизе 2,4-динитрофенил сульфата. В этом случае продукты реакции отличаются по химическому составу в зависимости от атакованного атома. Расщепление связи C-O приводит к образованию производного анилина, а расщепление связи S-O к образованию производного фенола. Преимущественное расщепление связи S-O достигается с помощью ферментов сульфатаз. Связывание алкилсульфатов аминокислотами ферментов позволяет гидролизироваться с сохранением исходной конфигурации субстрата [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Toesch M. Stereochemistry and Mechanism of Enzymatic and Non-Enzymatic Hydrolysis of Benzylic *sec*-Sulfate Esters / Toesch M. [et al] // European J. Org. Chem. – 2014. – № 18. P. 3930–3934.

2. Boltes I. 1.3 Å Structure of Arylsulfatase from *Pseudomonas aeruginosa* Establishes the Catalytic Mechanism of Sulfate Ester Cleavage in the Sulfatase Family / Imke Boltes [et al]// Structure – 2001. – Vol. 9. –№ 6.– P. 483–491.

СЕЛЕКТИВНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЦИКЛОГЕКСАНОНА ДИОКСИДОМ СЕЛЕНА

Циклогексан-1,2-дион широко используется как прекурсор для синтеза фармакологически активных соединений, а также придаёт жженые и ореховые ноты продуктам питания.

Наиболее известными методами получения циклогексан-1,2-диона являются окисление циклогексанона диоксидом селена, нагревание дивинилгликоля с медью, бромирование циклогексанона и обработка полученного 2,6-дибромциклогексанона водным гидроксидом калия с получением дигидроксисоединения, которое теряет воду с получением диона.

Последние два метода характеризуются низкими выходами, менее 20%. Более эффективным методом получения циклогексан-1,2-диона является окисление циклогексанона диоксидом селена. Выход продукта достигает 60%. Главными недостатками метода являются токсичность SeO_2 и проблема удаления коллоидного селена из раствора.

Использование диоксида селена для окисления реакционноспособных метиленовых групп до карбонильных групп предложил Райли, Морли и Френд.

Для окисления циклогексанона до циклогексан-1,2-диона раствор диоксида селена в смеси диоксан/вода добавляют в течение 1 часа при перемешивании и охлаждении к взятому в большом избытке циклогексанону. Реакционную смесь оставляют при постоянном перемешивании на 20 часов при комнатной температуре. Продукт перегоняют дважды и собирают фракцию при 75–79°C/16 мм.рт.ст.

Химизм реакции протекает следующим образом:



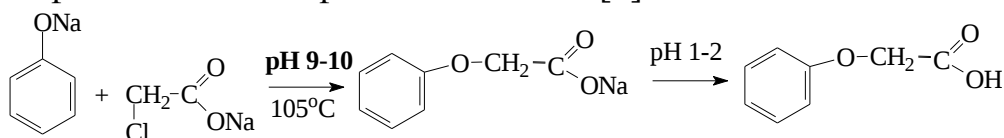
Выход циклогексан-1,2-диона составил 34,8 г (50% в пересчёте по диоксиду селена). Его индивидуальность подтверждена методом

газожидкостной хроматографии, а структура доказана ЯМР и ИК-спектроскопией.

СИНТЕЗ ФЕНОКСИУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Производные феноксиуксусной кислоты обладают рядом биологической активности. В настоящее время широко применяются гербициды, медицинские препараты, полученные на основе данного соединения.

Целью данной работы было осуществить синтез феноксиуксусной кислоты взаимодействием монохлоруксусной кислоты и фенола в щелочной среде. В литературе известны методы твердофазного и жидкофазного синтезов [1].



Нами были изучены два способа проведения реакции. По первому способу для уменьшения степени образования побочного продукта – гликолевой кислоты, хлоруксусную кислоту переводили в соль в мягких условиях, применяя для этого гидрокарбонат натрия вместо щелочи. Фенолят натрия и соль хлоруксусной кислоты нагревали в круглодонной колбе 1 час, контролируя pH 9-10. Реакционную смесь подкислили концентрированной соляной кислотой, выпавший осадок отфильтровали. Выход целевого продукта составил 35%, что можно объяснить образованием побочного продукта реакции.

Второй способ предполагает проведение реакции без непосредственного смешивания хлоруксусной кислоты и щелочи. Реакцию проводили в трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником и двумя капельными воронками, из которых прикапывали насыщенный раствор гидроксида натрия и раствор хлоруксусной кислоты в этаноле. В колбу предварительно добавили раствор фенолята. Нагревали реакционную смесь в течение 3 часов. Выход целевого продукта составил 69%. Таким образом, данный способ проведения реакции позволяет увеличить выход продукта. Дальнейшие исследования будут направлены на синтез гетероциклических соединений на основе феноксиуксусной кислоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Novel pyrazolone derivatives and corresponding europium(III) complexes: Synthesis and properties research/ Li, Dewei; Xiong, Suhao;

Xiao, Haihua; Li, Guizhi; Guo, Dongcai // Dyes and Pigments – 2018 – P. 28–35.

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ОЛИГОПЕПТИДОВ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «ЦЕРЕБРОЛИЗИН»

«Церебролизин» – это лекарственный препарат, состоящий из низкомолекулярных пептидов и свободных аминокислот, который получают с помощью ферментативного расщепления обезжиренных белков головного мозга свиней. Клиническая эффективность «Церебролизина» доказана в отношении лечения ишемического инсульта, деменции и травматического повреждения головного мозга. Также препарат применяют при задержке умственного развития, дефиците внимания и гиперактивности у детей.

Цели данной работы: а) провести примерный аминокислотный анализ препарата «Церебролизин» с использованием качественных реакций; б) установить возможность использования препарата в лабораторном практикуме по дисциплине «Фармацевтическая химия».

Так, в результате осуществления реакции Руэмманна (нингидриновая проба на α -аминокислоты, пептиды и белки) зафиксировано появление яркого синего окрашивания. При взаимодействии пробы препарата с азотистой кислотой наблюдали выделение азота, что подтверждает присутствие первичной алифатической аминогруппы. По положительному результату в реакции Фоля (выпадение осадка сульфида свинца (II) чёрного цвета) сделали вывод о присутствии в образце серосодержащих аминокислот. Биуретовой реакцией подтвердили наличие пептидных группировок. В ксантопротеиновой реакции наблюдали ярко-жёлтое окрашивание, что подтверждает присутствие в образце ароматических аминокислот (фенилаланин, тирозин или триптофан). Наличие L-триптофана и L-тирозина было доказано положительными результатами в реакциях Адамкевича и Миллона соответственно.

В то же время не было обнаружено структурных фрагментов с первичной ароматической аминогруппой, что согласуется с теоретическими данными, так как аминокислоты не являются биогенными. Были также проведены реакции на аминокислоты с раствором щёлочи в присутствии индикатора, на свободную карбоксильную группу с гидрокарбонатом натрия, на обнаружение α -аминокислот с оксидом меди (II).

Установление примерного качественного состава препарата позволяет использовать его в лабораторном практикуме.

ФАРМАКОПЕЙНЫЙ АНАЛИЗ ПРЕПАРАТОВ ГРУППЫ *n*-АМИНОБЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

Анестезин (этиловый эфир *n*-аминобензойной кислоты) – один из первых синтетических анестетиков. Он зарегистрирован и разрешён к применению в Республике Беларусь для поверхностной анестезии кожи и слизистых оболочек. Химический синтез анестезина включает стадии введения ацильной защиты по аминогруппе *n*-толуидина, окисление метильной группы, снятие ацильной защиты и получение этилового эфира *n*-аминобензойной кислоты. Подлинность устанавливается по результатам таких испытаний, как определение температуры плавления, кислотности, родственных примесей, потери в массе при высушивании, сульфатной золы, остаточных органических растворителей, тяжёлых металлов, а также на основании соответствия инфракрасного спектра полученной субстанции по положению полос поглощения с ИК-спектром фармакопейного стандартного образца.

Действие анестезина основано на блокировании передачи болевых сигналов. Проникая в нервную клетку, он связывается с натриевыми каналами, не даёт им открыться, следовательно, через них в клетку не поступают ионы натрия, не возникает электрический импульс, и сигнал о болевых ощущениях не передаётся в мозг.

Действие анестезина обусловлено наличием в его молекуле таких фрагментов, как бензольное кольцо (взаимодействует с липидными молекулами мембраны, что облегчает его перемещение к натриевым каналам), электроноакцепторная сложноэфирная группа и электронодонорная аминогруппа (способствуют связыванию анестетика посредством водородных связей с каналом, имеющим белковую природу). Анестезин действует быстро и эффективно, но непродолжительно. Аналогичным действием обладают: прокаин (его влияние менее продолжительное и более слабое по сравнению с анестезином), лидокаин, тетракаин (оказывают более быстрый и продолжительный эффект, чем прокаин), мепивакаин (в сравнении с лидокаином обладает меньшей токсичностью), бупивакаин (используется для более длительной анестезии), артикаин.

Несмотря на появление новых местных анестетиков, анестезин сохраняет свою популярность, благодаря доступности, относительно низкой токсичности, а также разнообразным и удобным лекарственным формам.

ПОЛУЧЕНИЕ ФУРФУРОЛА И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

Одним из основных продуктов гидролизного производства при переработке растительной биомассы является фурфурол. В настоящее время в мире производится более 1600 продуктов на основе фурфурола, из них около 200 – лекарственные препараты [1, с. 6]. Применение нашли и производные фурфурола: фурфуриловый спирт, тетрагидрофуран, фуран, тетрагидрофурфуриловый спирт. Мировое производство фурфурола составляет более 430000 т/год. Основными странами производителями фурфурола являются: ЮАР, Китай, Доминикана.

Фурфурол получают из пентозансодержащего растительного сырья (древесина лиственных пород, шелуха овса, лузга гречки, стержни кукурузных початков и др.), которое должно соответствовать следующим критериям: большой выход фурфурола, низкая стоимость сырья, большие запасы сырья [2, с. 346–347].

Для получения 5-нитрофурфурола фурфурол нитруют азотной кислотой в присутствии уксусного альдегида, который защищает альдегидную группу от окисления. После этого 5-нитрофурфуролдиацетат гидролизуют серной кислотой с получением 5-нитрофурфурола. Он вступает в реакции конденсации, при этом получают производные 5-нитрофурфурола. Некоторые из них обладают биологической активностью и относятся к лекарственным препаратам группы нитрофуранов.

Нитрофураны – это желтые и оранжевые порошки, труднорастворимые в воде. Они нарушают процессы клеточного дыхания микроорганизмов, подавляют цикл трикарбоновых кислот, а также ингибируют биосинтез нуклеиновых кислот микроорганизмов, при этом происходит разрушение их оболочки или цитоплазматической мембраны.

На полках аптек можно встретить следующие лекарственные препараты, получаемые из 5-нитрофурфурола: «Фуразидин», «Фурадонин», «Фурацилин», «Фуразолидон».

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевчук М.О. Ресурсосберегающая технология фурфурола с использованием комплексных катализаторов: дис. канд. техн. наук: 05.21.03 / М.О. Шевчук; БГТУ. – Минск, 2008. – 136 с.

2. Холькин Ю. И. Технология гидролизных производств. Учебник для вузов / Ю.И. Холькин. – М.: Лесная пром-сть, 1989. – 490 с.

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ РЕАГИРОВАНИЯ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Цель работы – сравнение используемых в настоящее время в промышленных и научных организациях систем ознакомления работников о степени опасности веществ и их смесей.

В странах Европейского союза распространение получила RS-система. Согласно её правилам, опасности, которые могут представлять вещества, закодированы буквенно-цифровой комбинацией. Буква R в начале кода означает «Risk». Ещё один код, присваиваемый веществу, начинается с буквы S (от слова «Safety») и означает меры предосторожности, которые необходимо соблюдать при работе с веществом. RS-система маркировки подробна, но она не является достаточно наглядной, то есть перед началом работы с веществами требуется чтение расшифровок. Это не всегда удобно, например, в экстренных случаях.

Международной системой маркировки опасностей является GHS (глобальная гармонизированная система), разработанная ООН в 2003 году с целью замены разрозненных национальных систем, в частности, RS-системы. В основе GHS лежат 9 интуитивных пиктограмм (например, восклицательный знак используется для маркировки раздражающих веществ). Это делает код более наглядным. Система HP (Hazardous Products) аналогична GHS-системе, получила распространение в Канаде. Такое кодирование опасностей и мер предосторожностей удобно использовать для маркировки упаковок, а также в инструкциях.

Ещё одна система интуитивно понятного кодирования опасных свойств веществ – NFPA 704 (National Fire Protection Association). Этот стандарт был разработан в 1957 году в США на основе анализа аварий на промышленных предприятиях, он дополняется в настоящее время. Разработчики стандарта руководствовались необходимостью быстро оценить риски, например, при чрезвычайной ситуации. Система подразумевает графическую маркировку веществ ромбом, состоящим из четырёх секторов разного цвета, и цифрой, показывающей уровень опасности. Такая маркировка, несмотря на её простоту, не отражает свойства веществ во всей полноте.

Таким образом, очевидно, что RS-, HP-, GHS системы и NFPA 704 не заменяют, а дополняют друг друга.

АНАЛИЗ ПЕНООБРАЗУЮЩИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЛОС

Поверхностно-активное вещество (ПАВ) – химическое соединение, которое вызывает снижение поверхностного натяжения, концентрируясь на поверхности раздела термодинамических фаз (двух различных жидкостей). Наиболее распространенными представителями ПАВ, которые используются в косметической промышленности, являются лауретсульфат натрия (SLES), лаурилсульфат натрия (SLS), алкилглюкозид, кокамидопропилбетаин, диэтаноламиды жирных кислот кокосового масла, кокоамфодиацетат динатрия. SLES является анионным моющим средством и поверхностно-активным веществом, входящим в состав разнообразных косметических гигиенических средств (мыло, шампунь, зубная паста и т. д.) и широко используемым в косметическом производстве. SLES является недорогим и очень эффективным пенообразователем.

Пенообразующие свойства ПАВ – пенообразующая способность (пенное число), устойчивость пены, плотность пены, являются основными показателями, характеризующими качество пеномоющих средств.

Определение пенного числа и устойчивости пены трех образцов SLES разных производителей (соответственно Индия, Венгрия, Китай), предоставленных ООО «Альнилам», осуществлялось на приборе Росс-Майлса согласно ГОСТ 222567.1. Измерения проводились при стандартной температуре. Результаты анализа пенообразующих свойств образцов ПАВ приведены в таблице:

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Значение по ГОСТ, не менее
Пенное число, мм	76	62	100	100
Устойчивость пены, %	91,25	90,63	88,89	80
Плотность пены г/см ³	0,042	0,064	0,052	–

Таким образом, образец 3 SLES (производство Китай) соответствует требованиям ГОСТ 222567.1.

Студ. Е.И. Стремleckая, О.А. Маршалова
 Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Н.А. Герман
 (кафедра химической переработки древесины, БГТУ);
 Зав. кафедрой, доц., канд. техн. наук Д.В. Куземкин
 (кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ И ПОЛИТЕРПЕНОВЫХ СМОЛ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Древесно-композиционный материал (ДКМ) – это вид отделочного и конструкционного материала, который производят из различного древесного сырья с применением связующих, химикатов и с добавлением различных модификаторов.

Цель данной работы – изучить свойства политерпеновой смолы и опытным путем определить условия и возможность использования данной смолы в качестве связующего компонента в производстве ДКМ.

В настоящее время используемые смолы в производстве ДКМ имеют большое содержание свободного формальдегида. Формальдегид – опасное вещество для человека, является канцерогеном и раздражителем. Существуют и безформальдегидные смолы, такие как PMDI, но они очень дорогостоящие, поэтому их редко используют в производстве.

Политерпеновая смола является полностью природным веществом, получаемым из скипидара и камфары. Основными продуктами синтеза политерпеновой смолы являются: α -, β -пинен и d-лимонен.

На кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии была получена политерпеновая смола (ПС), свойства которой сравнили по основным показателям качества с карбамидоформальдегидной смолой (КФС).

Таблица – Сравнительная характеристика КФС и ПС

Наименование параметра	КФС	ПС
Цвет	От бесцветной до светло-желтой	От светло-желтой до темно-коричневой
Тип	Термореактивная	Термопластичная
Плотность, г/см ³	1,1-1,3	0,9-1,1
Вязкость (по ВЗ-4), с	40-80	40-100
Смешиваемость с водой	1:10	Ограниченная смешиваемость
Содержание свободного формальдегида, %	0,12-0,15	-
pH	6-8	6-7
Содержание сухих веществ, %	65-67	30-60

Результаты испытаний показали, что политерпеновую смолу вполне возможно использовать в качестве связующего в композиции ДКМ.

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Древесный наполнитель – это дискретные частицы, получаемые из технологической щепы, которые применяются для получения различных композиционных материалов, заданной формы и размеров.

Цель работы – исследовать влияние геометрических характеристик древесного наполнителя на его способность к получению формованных изделий. Для этого навеску древесного наполнителя поэтапно измельчали, увеличивая циклы, и анализировали фракционный состав (рисунок).



Рисунок – Распределение частиц древесного наполнителя по фракциям

Полученные фракции древесного наполнителя испытывались на таблетированность, текучесть и плотность. Оптимальным получилось восьмикратное и девятикратное измельчение технологической щепы для наружного и внутреннего слоев трехслойной ДСтП.

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ С ПРЕДОБРАБОТКОЙ РАСТВОРИТЕЛЕМ

В настоящее время в Республике Беларусь единственным способом получения целлюлозы из древесины является сульфатная варка, имеющая множество недостатков. Это обуславливает необходимость рассмотрения возможности получения целлюлозы из древесины при атмосферном давлении.

В качестве сырья была выбрана щепа осины обыкновенной.

Варку целлюлозы при атмосферном давлении в лабораторных условиях осуществляли в несколько стадий: стадия 1 – предобработка растворителем (азотно-спиртовая делигнификация); стадия 2 – фильтрование полупродукта; стадия 3 – варка; стадия 4 – фильтрование целевого продукта; стадия 5 – сушка. Варочный раствор состоял из 25 мас. % уксусной кислоты, 5 мас. % пероксида водорода, 0,5–1,0 % от массы полупродукта катализатора (диоксида титана). Гидро модуль варочный раствор : щепа составлял 20 : 1. Варку проводили при температуре около 100°C (кипение реакционной массы) в течение 3,5 ч.

Выход целевого продукта составил 43% от массы исходного сырья. Содержание α -целлюлозы – 42% от абсолютно сухого волокна, что обусловлено агрессивным воздействием азотно-спиртовой смеси.

Дополнительно изучали влияние катализатора и отсутствие предобработки на протекание процесса варки и сравнивали с известным способом получения целлюлозы (таблица).

Таблица – Сравнительная характеристика процессов получения целлюлозы

Способ получения целлюлозы	Параметры процесса			Содержание α -целлюлозы в конечном продукте, %	Выход целлюлозы, %	Возможность регенерации отходов
	продолжительность, ч	температура, °C	давление, атм			
сульфатная варка	5,5	160–180	7–12	>98	30–40	+
варка при атмосферном давлении	5–6	90–100	1	~40	~40	–

Наличие катализатора не повлияло на качество и скорость протекания процесса варки целлюлозы. Отсутствие предобработки отрицательно влияло на протекание процесса.

УДК 634.53

Учащ. В.А. Красовская (ГУО «Узденская районная гимназия»);
учащ. З.Д. Безбородько
(ГУО «Узденская средняя школа № 1 им. А. С. Пушкина»);
Науч. рук. О.М. Красовская, учитель химии
(ГУО «Узденская средняя школа № 1 им. А. С. Пушкина»);
Науч. рук. доц., зав. кафедрой Е.А. Флюрик,
(ТНВиОХТ, БГТУ)

ЭКСТРАКЦИЯ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛОДОВ КОНСКОГО КАШТАНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В настоящее время поиск новых источников возобновляемых ресурсов является одной из важнейших задач. Растительное сырье – относится к возобновляемым ресурсам, которые можно использовать в различных отраслях промышленности. Кроме того, важно создавать технологию, которая бы являлась безотходной.

Конский каштан (лат. *Aésculus hippocástanum*) – широко распространенное растение. Это не только декоративное дерево, но и весьма богатое различными биологически активными веществами растение, которые обнаружены во всех частях растения (цветах, коре, плодах, листьях). Химический состав плодов конского каштана богат и многообразен: эскулин, пектины, сапонины, флавоноиды, органические кислоты, лецитин, дубильные вещества, витамины, микроэлементы, крахмал, жирные маслянистые вещества и др.

Цель исследования: изучить особенности экстракции природных соединений на примере крахмала и дубильных веществ из плодов конского каштана.

В ходе работы изучили особенности экстракции природных соединений на примере извлечения крахмала и дубильных веществ из плодов каштана конского.

Содержание дубильных веществ исследовали методом окислительно-восстановительного титрования. В качестве индикатора применяли индигосульфокислоту, титровали содержимое раствором перманганата калия. Расчет вели на дубильные вещества.

На следующем этапе исследований, изготовили образцы биопленок на основе крахмала, извлеченного из плодов, проверили свойства полученных образцов, исследовали разложение биопленок в различных условиях. В ходе работы убедились, что крахмал каштана можно использовать как материал для получения биоупаковки.

Таким образом, в работе предложены варианты использования плодов каштана. Дальнейшая работа будет направлена на разработку технологии безотходного использования каштана конского.

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЛЕСОХИМИЧЕСКИМИ И ВЫСОКОДИСПЕРСНЫМИ ДОБАВКАМИ

Канифоль сосновая и ее производные широко используются в эластомерных материалах для регулирования их клейкости и пластоэластических свойств [1]. Разработка новых заменителей канифоли является актуальным направлением научных исследований, позволяющим расширить ассортимент применяемых повысителей клейкости и обеспечить необходимый комплекс свойств эластомерным композициям. В наше время наноматериалы все активнее внедряются в резиновую промышленность благодаря оказываемому влиянию на структуру и свойства резин [2].

Целью работы являлась оценка совместного влияния лесохимических материалов и высокодисперсных добавок на вулканизационные свойства наполненных эластомерных композиций на основе комбинации каучуков общего назначения. В данные композиции вводились канифолетерпеностирольномалеиновые аддукты, различающиеся соотношением используемых при синтезе терпентина и стирола. Дозировка аддуктов составляла 1 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Образцом сравнения являлась смесь с канифолью сосновой, которая применялась в равнозначной дозировке с опытными аддуктами. В качестве наноразмерного компонента применяли образец ультрадисперсного алмаза УДА СП (НП АО «Синта») в дозировке 0,1 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучука. Установлено, что природа канифолесодержащей добавки оказывает некоторое влияние на кинетические параметры вулканизации исследуемых смесей. Показано, что введение опытных аддуктов индивидуально или совместно с нанодобавкой приводит к увеличению значений минимального крутящего момента соответственно до 8,9% и 5,0% по сравнению с образцом сравнения. Определено, что время достижения оптимальной степени вулканизации смесей с аддуктами до 4,6% выше, чем у композиции с канифолью, при этом использование наномодификатора оказывает незначительное влияние на данный показатель.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пучков, А. Ф. Влияние модифицированной канифоли на свойства эластомерных композиций // А. Ф. Пучков, И. И. Боброва, В. Ф. Каблов // Известия ВолгГТУ. – 2014. – № 7. – С. 158–161.

2 Araby S., Meng Q., Zhang L., Zaman I., Majewski P., Ma J. Elastomeric composites based on carbon nanomaterials. *Nanotechnology*, 2015, vol. 26, no. 11, pp. 3–33.

Студ. Т.М. Зданкевич, М.М. Репчик
Науч. рук. доц. Р.М. Долинская
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ);
ст. преп. Усевич В.А.
(кафедра экономической теории и маркетинга, БГТУ)

ПСИХОЛОГИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И ПОЛИМЕРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Полимерные изделия стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Их популярность заключается не только соответствующими им функциональными свойствами, но и тем, как они воспринимаются потребителями.

Цель работы: изучить влияние различных свойств (такие как цвет, текстура и форма полимерных продуктов, влияют на решения о покупке) и определить, как маркетинг использует эти элементы восприятия для создания привлекательных предложений и повышения продаж. Использование полимеров связано с социальными трендами, такими как минимализм и практичность, что делает их привлекательными для широкой аудитории. Восприятие полимерных изделий играет ключевую роль в процессе принятия решений потребителями.

Три основных элемента – цвет, текстура и форма – оказывают значительное влияние на эмоциональное восприятие и, как следствие, на выбор покупателя. Цвет – один из первых факторов, привлекающих внимание, и способен вызывать определённые эмоции и ассоциации. Яркие цвета ассоциируются с энергией и молодостью, в то время как пастельные оттенки создают чувство спокойствия и надёжности. Производители полимерных изделий используют цветовые палитры для формирования имиджа бренда и привлечения целевой аудитории. Текстура также важна, так как разные текстуры могут вызывать различные эмоции. Это влияет на восприятие продукта и готовность потребителей за него платить. Форма изделий существенно влияет на удобство использования и эстетическое восприятие. Удобные и инновационные формы привлекают внимание и создают положительный опыт взаимодействия. Эстетически привлекательные изделия чаще воспринимаются как более качественные, что также влияет на решение о покупке.

Таким образом, понимание того, как восприятие различных аспектов полимерных изделий влияет на потребительский выбор, позволяет компаниям разрабатывать более эффективные маркетинговые стратегии. Учитывая цвет, текстуру и форму, производители могут создавать привлекательные продукты, которые

удовлетворяют потребности потребителей и способствуют их лояльности к бренду.

Магистранты Е.А. Меренкова, Е.А. Острохижко
Науч. рук. зав. кафедрой, д-р техн. наук О.В. Карманова
(кафедра ТОСиПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ СТЕАРАТА ЦИНКА И ОКСИДА ЦИНКА НА КИНЕТИКУ СЕРНОЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ ПОЛИИЗОПРЕНА

Глубокое понимание различных этапов механизма вулканизации, особенно с указанием роли оксида цинка как активатора вулканизации и природы промежуточных комплексов, которые образуются в его присутствии и оказывают благоприятно влияние на кинетику, являются актуальными до сих пор несмотря на долгую историю вулканизации [1].

Целью работы является изучение совместного влияния стеарата и оксида цинка в составе комплексного активатора вулканизации, представляющего собой сплав оксида цинка и стеариновой кислоты, адсорбированной на минеральном носителе, на кинетику вулканизации изопренового каучука. Исследование проводилось в несколько этапов: 1) синтез комплексных активаторов вулканизации с промежуточным отбором проб с целью определения зависимости образования стеарата цинка от времени синтеза; 2) изготовление опытных резиновых смесей на основе СКИ-3; 3) определение вулканизационных характеристик резиновых смесей; 4) оценка кинетических параметров вулканизации с использованием программы ЭВМ [2]. В предыдущих работах получены результаты оценки физико-механических свойств резин с комплексным активатором вулканизации, которые показали улучшение ряда ключевых показателей резин благодаря лучшему диспергированию сплава в резиновой смеси и более эффективному образованию действительных агентов вулканизации. В настоящей работе уточнен и обоснован процесс взаимодействия компонентов вулканизирующей группы в присутствии комплексного активатора в ходе образования действительного агента вулканизации и на следующих ее стадиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова О. В., Калмыков В. В. Особенности формирования структуры вулканизатов // Конденсированные среды и межфазные границы. 2006. Т. 8, № 2. С. 112-116.
2. Тихомиров С. Г., Карманова О. В., Битюков В. К., Маслов А.А. Программное обеспечение задачи определения оптимального времени вулканизации резиновых смесей // Вестник Воронежского

государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 4. С. 108-116.

УДК 678.7 – 036

УДК 678

Маг. Е.А. Чепелевич

Науч. рук. доц. Л.А. Ленартович (кафедра ПКМ, БГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОКРАСКИ ПЭТ-ВОЛОКОН, СОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦЫ ОКСИДОВ ТИТАНА И ЦИНКА

Изучение устойчивости окраски полиэфирных волокон имеет большое значение в текстильной промышленности, так как от этого зависят эксплуатационные и эстетические свойства готовых изделий. Важным аспектом является соответствие международным стандартам качества, обеспечивающим необходимость сохранения цвета изделий в течение длительного времени.

При выполнении предыдущего этапа исследований было изучено влияние наночастиц оксидов титана и цинка, добавленных на стадии синтеза, на способность к окрашиванию ПЭТ-волокон фталоцианиновым зеленым. Целью данной работы является изучение устойчивости полученных окрашенных волокон к воздействию водного мыльного раствора, имитирующего стадии стирки, а также к воздействию ультразвука.

Для оценки устойчивости окраски фрагменты ПЭТ волокон длиной $1,0 \pm 0,2$ см помещали в центрифужные пробирки, добавляли 5%-ный раствор мыла нагревали до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдерживали при постоянном перемешивании 1 ч, после чего отбирали пробы раствора для определения оптической плотности. Для моделирования интенсивного воздействия на волокна образцы помещали в ультразвуковую ванну Elma Elmasonic S10H и подвергали воздействию ультразвука в течении 1 мин при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Дополнительно оценивали интенсивность окраски, используя относительные значения в цветности, полученные при анализе фотографий волокон.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что воздействие водного мыльного раствора с последующей обработкой ультразвуком приводит к снижению интенсивности окраски для всех исследуемых композиций, что, возможно, связано с разрушением агломератов колоранта, адсорбированных на поверхности волокна, а также связано с интенсификацией протекания процессов его десорбции под действием ультразвука.

Для немодифицированного ПЭТ наблюдается снижение интенсивности окраски от 2 до 28%; для ПЭТ, содержащего ZnO , от 11 до 44%; для ПЭТ, содержащего TiO_2 , от 2 до 24%. Наиболее устойчивы

к вымыванию колоранта композиции, содержащие наночастицы диоксида титана, окрашенные фталоцианиновым зеленым в течение 4 ч.

ВЛИЯНИЕ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Ингибитор коррозии – это химическое вещество или смесь веществ, которые при достаточной концентрации взаимодействуют на молекулярном уровне с агрессивной средой, заметно ослабляя или нейтрализуя ее воздействие на металлические поверхности. Ингибиторы коррозии добавляют в лакокрасочные материалы для повышения долговечности покрытий на их основе. Но ингибиторы коррозии как органические соединения могут оказывать влияние не только на защитные свойства покрытий, но и на их физико-механические показатели.

В работе исследовано влияние промышленного ингибитора коррозии Wetspers 230 (ИН-1), который представляет собой смесь моноэфира ортофосфорной кислоты и длинноцепочечного спирта, на свойства лакокрасочных покрытий и на замедление коррозионных процессов на солевой поверхности под ними. Ингибитор в количестве 0,5 %, 1,0 % и 2,0 % добавляли двухкомпонентный эпоксидный лакокрасочный материал, пигментированный пластинчатыми пигментами и наполнителями, отвержденный стехиометрическим количеством аминного отвердителя изофорондиамин. Составы наносили аппликатором на подготовленные металлические подложки из стали марки 08кп, формировали покрытия в течение 7 суток, после чего оценивали их свойства.

Добавление ингибиторов коррозии привело к изменению показателей физико-механических свойств покрытий. Твердость модифицированных покрытий увеличилась более чем на 0,1 отн. ед., при этом отмечено уменьшение прочности при ударе на 5–15 см в зависимости от концентрации ингибитора. Добавление ингибитора Wetspers 230 привело к снижению водопоглощения более чем в 2,5 раза и к повышению солестойкости с 20 до 45 сут. при всех исследуемых концентрациях.

В работе также исследовано влияние ингибиторов коррозии на электрохимические свойства лакокрасочных покрытий при постоянном воздействии 3%-ого раствора хлорида натрия в течение 30 суток. Введение ингибитора приводит к изменению потенциала разомкнутой цепи в сторону менее отрицательных значений, что свидетельствует о снижении коррозионной активности. При концентрации 1,0 % проявляет особенно высокую эффективность, смещая потенциал

разомкнутой цепи в положительную сторону, что указывает на его значительные ингибирующие свойства по сравнению с другими концентрациями.

Студ. А.А. Невинская, Д.В. Волкова
Науч. рук. доц., канд. хим. наук Е.В. Чурилина
(кафедра ТОСиПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОАГУЛЯЦИИ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО ЛАТЕКСА СОПОЛИМЕРАМИ НА ОСНОВЕ НЕПРЕДЕЛЬНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Уменьшение загрязнения сточных вод неорганическими солями и бионеразлагаемым лейканолом возможно за счет применения в процессах коагуляции латексов полимеров, содержащих четвертичный ион аммония, особенно на основе N,N-диаллил-N,N-диметиламмоний хлорида (ДАДМАХ) [1]. Сополимеризация которого с непредельными карбоновыми кислотами за счет появления отрицательно-заряженных звеньев способствует получению продуктов с амфотерными свойствами, что повлияет на их флокулирующую способность. Цель работы – синтез водорастворимых сополимеров N,N-диаллил-N,N-диметиламмонийхлорида с такими непредельными кислотами как: акриловая (АК), малеиновая (МК), итаконовая (ИК) и оценка их коагулирующей способности при исследовании процесса выделения каучука СКС–30АРК из латекса.

Сополимеры синтезированы в водном растворе в условиях термоинициирования (60 °С) с применением $K_2S_2O_8$ в качестве инициатора. Продукты высаживали ацетоном и сушили в вакуумном сушильном шкафу при 60 – 65 °С. Полнота коагуляции из латекса СКС–30АРК флокулянтom со звеньями итаконовой кислоты достигается при расходе 0,5 кг на тонну каучука, 0,8 кг для сополимера с малеиновой кислотой и 1,8 кг для продукта, содержащего акриловую кислоту. Меньший расход сополимера с ИК, по-видимому, связан с присутствием в строении большего количества карбоксильных групп, поскольку итаконовая кислота является более активным сомономером в отличие от других кислот. Установлено, что физико-механические свойства получаемых каучуков, выделенных с помощью синтезируемых сополимеров, соответствуют показателям, которые указаны в ГОСТ 15627–2019.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коагулирующая способность сополимеров на основе N,N-диаллил-N,N-диметиламмонийхлорида в процессах выделения каучуков разных марок / Е. В. Чурилина, С. С. Никулин, В. Н. Вережников [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2023. – Т. 96, № 1. – С. 53-59.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОПЛАСТОВ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ С ДРУГИМИ ВИДАМИ ПЛАСТМАСС

В настоящее время ежегодно в мире производится более 400 миллионов тонн пластмасс и, за исключением кризисных периодов 2008-го и 2020-го годов, объем производства растет, начиная с 1950-х годов [1].

В большинстве случаев одним из главных критериев при выборе вида пластмасс производители считают экономическую эффективность. В этом направлении термопласты обладают рядом преимуществ и поэтому они достаточно популяризированы: полиэтилен низкой и высокой плотностей, поливинилхлорид, полистирол и полипропилен занимали долю производства около 45% в 2019 году [2].

Отличительной особенностью полимеров-термопластов является способность размягчаться при повышении температуры и затвердевать при ее понижении. Подобное свойство обеспечивает значительное преимущество – возможность многократной переработки термопласта, что сильно удешевляет совокупные затраты на производства за счет сбора или скупки использованного пластика для производства новой продукции [3].

Другим важным параметром для оценки экономической эффективности является энергопотребление при производстве. При сравнении эластомеров, реактопластов и термопластов самыми эффективными по параметрам энергопотребления оказываются термопласты и реактопласты, а самыми энергозатратными – эластомеры. Но реактопласты не могут быть повторно переработаны, что снижает их энергоэффективность при производстве в сравнении с термопластами в долгосрочной перспективе [4].

При этом, термопласты могут использоваться для большинства характерных для пластмасс задач: производства тары и упаковок, деталей для различных механизмов.

Стоимость мономеров, необходимых для производства термопластов (например, пропилен, этилен), также в 1,5-2 раза ниже, чем у остальных видов пластмасс (эпихлоргидрин, формальдегид, бутадиен, стирол). Реактопласты, такие как фенолформальдегидные и эпоксидные смолы, требуют более сложных мономеров, например,

эпихлоргидрина и формальдегида. Эпихлоргидрин получают из пропилена и хлора, что делает его производство более затратным. Формальдегид синтезируют из метанола, но его использование требует строгого контроля из-за токсичности. Сложность синтеза и дополнительные меры безопасности увеличивают стоимость этих мономеров.

Эластомеры, включая синтетические каучуки, производятся из мономеров, например, бутадиен и стирол. Бутадиен получают из нефти экстракцией или димеризацией ацетилен, а стирол — из бензола и этилена. Хотя эти мономеры дешевле, чем те, что используются для реактопластов, их производство требует значительных энергетических затрат и сложных технологических процессов, что отражается на общей стоимости.

Сравнительный анализ показывает, что термопласты обладают наибольшей экономической эффективностью в контексте тепловых затрат. Их производство требует меньших энергозатрат, а возможность многократной переработки снижает общий энергетический след. Реактопласты и эластомеры, напротив, характеризуются более высокими тепловыми затратами и ограниченными возможностями переработки, что делает их менее экономичными в долгосрочной перспективе.

Таким образом, при выборе материала для производства следует учитывать не только его физико-химические свойства, но и энергетические затраты на его производство и переработку, что напрямую влияет на экономическую эффективность и экологическую устойчивость производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мировое производство пластика (1950-2022) – Enviraaj [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oer.enviraj.com/charts/global-plastic-production/> – Дата доступа: 10.04.2025

2. Мировое производство пластика (1950-2022) – Our World Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oer.enviraj.com/charts/global-plastic-production/> – Дата доступа: 10.04.2025

3. Симогостицкий, А. А. Основные виды термопластичных полимеров. Влияние их свойств и характеристик на процесс вакуумного формования / А. А. Симогостицкий. // Молодой ученый. – 2017. – № 48 (182). – С. 48-51.

4. Ротарь О.В. Введение в специальность «Химическая технология высокомолекулярных соединений». Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 83 с

Е.А. Хромина, магистрант П.С. Москалев
Науч. рук. зав. кафедрой О.В. Карманова
(кафедра ТОСиПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСНОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ

Применяемый в настоящее время в резиновой промышленности оксид цинка проявляет негативное влияние на окружающую среду на всем протяжении жизненного цикла резиновых изделий. На сегодняшний день для замены цинковых белил можно использовать комплексные активаторы вулканизации. Известно, что их применение позволяет улучшить технологичность изготовления резиновых смесей, повысить скорость вулканизации и упруго-прочностные показатели резин [1].

Цель работы: изучить возможность применения комплексного активатора вулканизации с пониженным содержанием оксида цинка, модифицированного фталевым ангидридом в маслобензостойких резинах (МБС) на основе бутадиен-нитрильных каучуков.

Для увеличения индукционного периода в рецептуры вводят замедлители подвулканизации. С целью сокращения дозировки ингредиентов синтезирован комплексный активатор вулканизации на основе оксида цинка и стеариновой кислоты, адсорбированной на минеральном носителе, который модифицировали фталевым ангидридами.

Опытный продукт испытан в резине на основе каучука СКН-40. В качестве аналога применяли активаторную группу: оксид цинка + стеариновая кислота.

В ходе испытаний установлено, что при использовании опытного продукта увеличивается время подвулканизации резиновых смесей, несколько повышаются модули и прочность при растяжении по сравнению с эталоном.

При оценке стойкости к воздействию жидкой агрессивной среды (СЖР-3) в ненапряженном состоянии (ГОС9.030-74, метод В) отмечено незначительное снижение упруго-прочностных свойств полученных резин после воздействия: условной прочности при растяжении на 1,5 %, относительного удлинения при разрыве на 17 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова О.В., Попова Л. В., Пойменова О. В., Гусев Ю. К. Создание активирующих систем для эффективной вулканизации

эластомеров // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 3(61). – С. 126-129.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

Полимерные покрытия защищают металлы от коррозии, но со временем разрушаются, пропуская влагу и кислород. Для повышения срока эксплуатации в покрытия добавляют инкапсулированные ингибиторы коррозии, пигменты и другие компоненты, улучшающие адгезию и контролирующие высвобождение защитных веществ. Выбор полимерной основы зависит от требуемых характеристик покрытия [1].

Цель работы – исследование свойств и сравнительный анализ эксплуатационных характеристик порошковых покрытий на основе полиэфирных и эпоксидных смол для определения областей их оптимального применения.

Исследованы образцы покрытий на основе полиэфирных и эпоксидных смол, нанесенных на стальные подложки стандартными методами. Для оценки адгезии использовался метод решетчатых надрезов, твердость определялась по карандашу, ударопрочность – по прибору ударного типа. Коррозионная стойкость оценивалась в соляном тумане, УФ-стойкость – в камере QUV. Методики испытаний соответствовали ГОСТ и ISO.

Полиэфирные порошковые краски обладают устойчивостью к УФ-излучению, имеют относительно низкую стоимость, однако не имеют такой стойкости к химическим воздействиям, какую проявляют эпоксидные порошковые краски. Основным недостатком эпоксидных красок является неустойчивость к ультрафиолету, на солнце эти краски быстро выцветают.

Проведены испытания по основным прочностным и адгезионным показателям полимерных покрытий. На основании изученных данных сделан вывод о том, что эпоксидные и полиэфирные порошковые краски незначительно отличаются по физико-механическим характеристикам и адгезионным свойствам, следовательно, область их применения определяется исключительно эксплуатационными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Могнонов Д.М., Заяханов М.Е., Буянтуев С.Л., Балханова Е.Д. Порошковые краски на основе эпоксидных связующих // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2023. – № 5(554). – С. 34-37.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Усовершенствование строительных технологий ускоряет возведение зданий и сооружений из легких металлоконструкций, включая как огнеопасные, так и огнестойкие материалы. Внедряются инновационные смеси, новые методы монтажа и стеновые системы. Российские специалисты активно используют передовые разработки, среди которых выделяется технология сэндвич-панелей с эффективными утеплителями, являющаяся прорывом на строительном рынке [1].

Цель работы – исследование свойств сэндвич-панелей с разными наполнителями, выявление их недостатков и целесообразности их применения. В качестве наполнителей сэндвич-панелей выбраны минеральная вата (МВ) и пенополиизоцианурат (PIR).

Известно [2], что минеральные плиты отличаются высокой огнестойкостью, что делает их идеальными для обеспечения безопасности. С другой стороны, пенополиизоцианурат создает комфортный микроклимат в помещениях и обеспечивает дополнительную защиту фасадов от влаги. Следует отметить, что минеральная вата характеризуется хорошими экологическими свойствами, так как не относится к канцерогенным веществам, пенополиизоцианурат гипоаллергенен и не выделяет вредных веществ при нагревании. Определены основные технические свойства наполнителей: плотность, теплопроводность, горючесть, влагопоглощение. Сопоставительный анализ результатов исследований показал, что МВ тяжелее PIR, что важно для расчета нагрузок на конструкции, а также МВ имеет большее водопоглощение, что потребует дополнительных средств по защите от влаги. Основным недостатком PIR является высокая дымообразующая способность. В отличие от панелей с МВ, для PIR-панелей требуется дополнительный контроль геометрических размеров и подбор технологических параметров для формирования панелей с заданными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристов Д. И., Матьков К. В., Глотова Ю. В. Сэндвич-панели в современных строительных системах // Кровельные и изоляционные материалы. 2015. № 6. С. 18-22.

З. Жуков А. Д., Аристов Д. И., Глотова Ю. В., Сазонова Ю. В., Тюленев М. Д. Пенополиизоцианурат в системах изоляции фундаментов // Научное обозрение. 2016. № 8. С. 42-46.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ВУЛКАНИЗАЦИИ
ПОЛИИЗОПРЕНА ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
КОМПЛЕКСНОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ И
ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ПОДВУЛКАНИЗАЦИИ**

В настоящее время проводится ряд исследований по созданию и применению различных активаторов вулканизации, которые могли бы обеспечить преимущество по сравнению с оксидом цинка. [1] Одним из таких направлений является разработка комплексных активаторов вулканизации, проявляющих полифункциональные свойства, которые могут заменять в рецептурах оксид цинка и стеариновую кислоту. Данные продукты ускоряют вулканизацию в целом, но для ряда резин сокращение индукционного периода не всегда приветствуется. Поэтому целью работы являлось изучение вулканизационных свойств резиновых смесей при совместном применении комплексного активатора вулканизации и антискорчинга. Антискорчинг вводили на стадии синтеза комплексного активатора вулканизации (сплав оксида цинка и стеариновой кислоты). Испытания проведены в резиновых смесях на основе каучука СКИ-3 (вулканизирующая группа – сера+сульфенамид Ц). В качестве объектов исследования использованы резиновые смеси, в которые вводили: I - активаторы вулканизации (цинковые белила, стеариновую кислоту); II - активаторы вулканизации цинковые белила, стеариновую кислоту) и антискорчинг; III – комплексный активатор вулканизации, содержащий антискорчинг.

Установлено, что при раздельном введении активаторов и антискорчинга время начала подвулканизации увеличивалось на $\approx 15-20\%$ при сохранении высокого уровня физико-механических показателей. Испытания модифицированного активатора вулканизации показали, что его использование приводит к улучшению свойств резиновых смесей и вулканизатов, а свойства, предотвращающие преждевременную вулканизацию сохраняются. Таким образом, его применение позволяет не только заменить оксид цинка и стеариновую кислоту, но и обеспечить стойкость к скорчингу резиновых смесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Создание активирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров / О. В. Карманова, Л. В. Попова, О. В.

Пойменова, Ю. К. Гусев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 3(61). С. 126-129.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДОНАБУХАЮЩИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ПОЛИАНИОННУЮ ЦЕЛЛЮЛОЗУ

Особенностью современных тенденций в строительстве, особенно в мегаполисах, является заглубление подземных частей конструкций, при котором качественная гидроизоляция по всему периметру сооружения является залогом долговечности и надежности возводимых конструкций.

Целью работы является разработка водонабухающих эластомерных материалов, содержащих полианионную целлюлозу в качестве водонабухающей добавки, и изучение их свойств.

В качестве полимерной основы был выбран бутадиен-стирольный каучук СКС-30АРК. Были получены две серии образцов: 1- резиновые смеси содержащие 100 мас.ч. каучука СКС-30АРК, 2 – резиновые смеси содержащие 80 мас.ч. каучука СКС-30АРК и 20 мас.ч. бутилрегенерата. Резиновые смеси изготавливали на вальцах. Смеси содержали 50 мас.ч. полианионной целлюлозы, технологические добавки-диспергаторы, серную вулканизующую группу.

Важнейшим свойством разрабатываемых материалов является их способность к набуханию в воде. Для таких материалов важно подобрать технологические режимы получения с одной стороны, обеспечивающие высокую степень набухания, с другой сохранение упруго-прочностных свойств на должном уровне в течение всего срока эксплуатации. Далее при различных режимах вулканизации получали образцы (компрессионным методом) в виде шайб диаметром 50 мм и толщиной 6 мм, которые помещали в воду и определяли степень набухания в течение 168 ч.

Степень набухания разработанных образцов после 24 ч испытания составила в среднем 35 - 75 %, после 168 ч - 160-250 % в зависимости от режима вулканизации. Отмечено, что образцы 1-й и 2-й серии имеют близкие показатели степени набухания.

Определены физико-механические показатели полученных образцов. Установлено, что образцы содержащие 20 мас.ч. бутилрегенерата имеют лучшие показатели условной прочности при растяжении (на 20 %) и относительного удлинения при разрыве (на 15 %).

Таким образом, показана целесообразность применения бутилрегенерата в составе водонабухающих эластомерных материалов.

Студ. А.С. Чумаченко, Ю.А. Гайворонская
 Науч. рук. доц., канд. хим. наук Е.В. Чурилина
 (кафедра ТОСиПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СШИВАТЕЛЕЙ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ

Последнее время в медицине активно развивается направление, связанное с применением клеевых композиций [1]. Перспективными являются исследования по изменению составов компонентов биологических клеев для уменьшения их побочного действия и для усиления адгезионных и когезионных свойств.

Цель работы – изучение влияния различных сшивателей, как синтетических (глутаровый альдегид – ГА, метилен-бисакриламид – МБАА), так и натурального (лимонная кислота – ЛК) на процесс отверждения белковой композиции на основе человеческого альбумина и коллагена.

Проведена сравнительная оценка эластичности и адгезионной прочности клеевых соединений (табл.) на разрывной машине «РМ-50».

Таблица – Сравнительная оценка эластичности и адгезионной прочности

биополимер	сшиватель	соотношение	прочность, МПа	относительное удлинение, %
коллаген (40 %)	ГА 10%	4:1	51,7	7,02
коллаген (30 %)	ГА 10%	4 : 1	44,3	8,03
коллаген (30 %)	ГА 10%	3 : 1	37,1	4,68
коллаген(40 %)	ГА 5%	4 : 1	45,1	10,18
коллаген (30 %)	ГА 2,5%	4 : 1	25,9	10,32
коллаген (30 %)	МБАА 2%	4 : 1	23,9	10,36
коллаген (20%)	ГА 10%	4 : 1	26,8	7,78
коллаген (40%)	МБАА 2%	3 : 1	23,1	9,12
альбумин+ коллаген	ГА 5%	4 : 1	40,6	8,34
коллаген (30 %)	ЛК 20 %	3 : 1	41,1	8,36
альбумин 20%	МБАА 2%	3 : 1	23,2	7,81

Установлено, что значительной адгезионной прочностью и эластичностью обладают клеевые композиции, полученные в присутствии глутарового альдегида в качестве сшивателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демина Н.Б., Чернова Л.В., Козлова Ж.М. Применение клеевых композиций в хирургии. Хирургия Журнал им. Н.И. Пирогова. 2019.– № 3(1). – С. 129-134.

Студ. Н.М. Сотникова, В.А. Бабина
Науч. рук. доц., канд. техн. наук М.С. Щербакова,
доц., канд. техн. наук А.С. Казакова
(кафедра ТОСиПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЧИСЛА ВЯЗКОСТИ ВТОРИЧНОГО ПЭТФ

Определение предельного числа вязкости ПЭТФ, соответствующего требованиям стандарта ГОСТ Р 51695, позволяет оценить качество вторичного полимера и выбрать метод переработки.

В работе в качестве растворителя использовали смесь фенола с 1,1,2,2-тетрахлорэтаном (50:50 по объему), что допускается ГОСТ Р 51695. При использовании вискозиметра ВПЖ-2 с диаметром капилляра 0,99 мм время истечения чистого растворителя меньше 80 с (26,9 с), однако постоянная вискозиметра соответствует ГОСТ 10028 и равна $0,1 \text{ мм}^2/\text{с}^2$. Исходя из ранее полученных данных [1] готовили раствор с концентрацией полимера в смеси фенола с 1,1,2,2-тетрахлорэтаном (50:50) равной $0,007 \text{ г/см}^3$. Процедура пошагового уменьшения концентрации повторялась не менее 5 раз, шаг уменьшения концентрации $0,0005 \text{ г/см}^3$. Конечная концентрация составила $0,005 \text{ г/см}^3$.

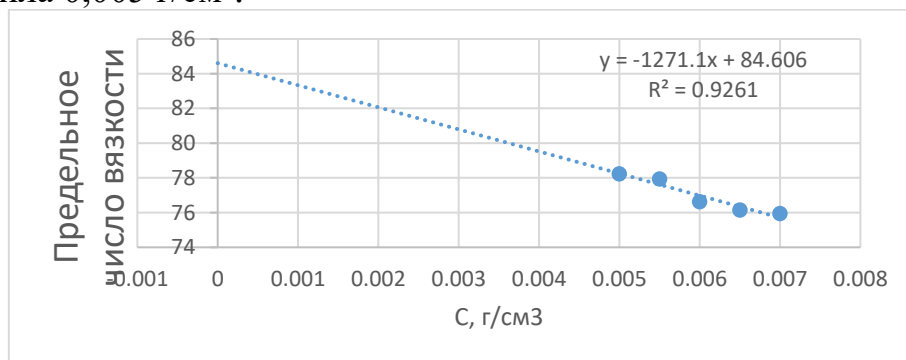


Рисунок 1 – Зависимость предельного числа вязкости от концентрации ПЭТФ

Определены необходимые условия замера предельной вязкости раствора вторичного ПЭТФ применительно к смеси фенола с 1,1,2,2-тетрахлорэтаном (50:50) и вискозиметра ВПЖ-2, а именно: подобран диаметр капилляра вискозиметра равный 0,99 мм; установлена начальная максимальная концентрация ПЭТФ для смеси фенола с 1,1,2,2-тетрахлорэтаном (50:50) позволяющая добиться увеличения продолжительности истечения в 1,2 – 1,4 раза по сравнению со смесью растворителей; характеристическая вязкость вторичного ПЭТФ составила 84,6 дл/г по сравнению с первичным 81,0 дл/г.

ВЛИЯНИЯ ПРИРОДЫ РАСТВОРИТЕЛЯ АДГЕЗИОННОГО ГРУНТА НА ПРОЧНОСТЬ СВЯЗИ СОЕДИНЕНИЯ РЕЗИНЫ К МЕТАЛЛУ

Современное машиностроение и строительство невозможно представить без применения резинометаллических композиционных материалов. Для крепления резины из синтетических каучуков общего назначения к поверхности стали применяют полимерные клеи. Важнейшими техническими характеристиками полимерных клеев являются прочность при отслаивании и срок хранения.

Цель работы – исследовать влияние растворителя на адгезионные свойства и жизнеспособность грунта для клеевой композиции горячего крепления резины к металлу.

Исследуемый грунт представляет собой раствор резиновой смеси на основе полихлоропрена, модифицированный триизоцианатом.

Между собой сравнивали составы на чистом дихлорэтано (Гр1), дихлорэтано и метилизобутилкетоне в соотношении 80/20 (Гр2), дихлорэтано и метилизобутилкетоне в соотношении 50/50 (Гр3). Испытания прочности при отслаивании проводились с использованием свежеприготовленного грунта.

В ходе испытаний обнаружена закономерность увеличения клеящей способности при росте содержания метилизобутилкетона. Прочность при отслаивании для состава Гр3 составила 17 кН/м, Гр2 – 9 кН/м, Гр1 – отс. Установлено, что время жизни грунта обратно пропорционально его клеящей способности. Время гелеобразования для состава Гр1 составило 21 сутки, Гр2 – 7 суток, Гр3 – 4 суток.

Предполагается, что уменьшение жизнеспособности грунта, как и увеличение клеящей способности связано с изменением в надмолекулярной структуре полихлоропрена.

Существуют работы, указывающие на значительное влияние природы растворителя на кинетику реакций изоцианатов [1]. Поскольку механизм этого взаимодействия не известен, нельзя сделать выводы о специфическом взаимодействии с растворителем.

ЛИТЕРАТУРА

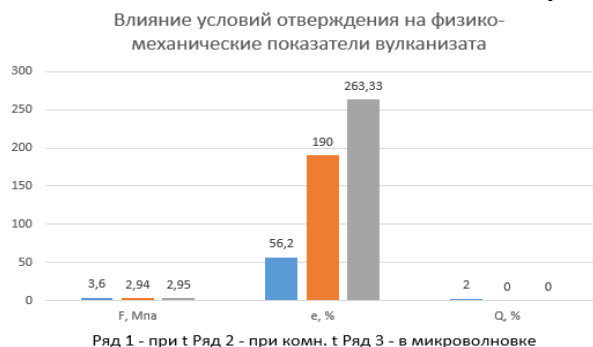
1. Douglas A. Wicks. Blocked isocyanates III: Part A. Mechanisms and chemistry / Douglas A. Wicks, Zeno W. Wicks // Progress in Organic Coatings – 1999. – P. 148 – 172.

ВЫБОР УСЛОВИЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ СИЛИКОНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Адаптация уровня качества сырья и технологии применения силиконовой композиции китайского производства к отечественным условиям использования сохраняет свою актуальность. В частности отработка элементов технологии отверждения вулканизатов важнейшая задача процесса изготовления эластомерных изделий [1].

Целью работы заключалась в усовершенствовании стадии вулканизации процесса получения силиконовых эластомеров низкотемпературного отверждения.

Силиконовые вулканизаты холодного отверждения, представленные компонентами А и В марки SilcoPlat-40, смешивались без предварительного вакуумирования в различных условиях. Первый тип вулканизата был отвержден при 70 °С в термостате в течение 1 ч; второй – при комнатной температуре (17 °С) при продолжительности выдержки 24 ч; третий тип вулканизата получен также спустя 24 ч при температуре 17 °С после предварительного прогрева токами высокой частоты при 40 °С в течении 1,5 мин. Гистограмма физико-механических показателей силикона SilcoPlat-40 представлена на рис.



**Рисунок – Влияние условий отверждения силикона SilcoPlat-40
 на упруго-прочностные показатели вулканизатов**

Показано, применительно к силикону SilcoPlat-40, что режим отверждения 70 °С в термостате в течение 1 ч обеспечивает наибольшую прочности при растяжении при меньших показателях относительного удлинения при разрыве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котова, С. В. Сырье и материалы для производства изделий из эластомеров: / С. В. Котова, и [др.] – Москва : РТУ МИРЭА, 2021 – 68 с.

Студ. И.А. Писарева, А.В. Мякишева
Науч. рук. проф. С.С. Никулин, доц. Н.Ю. Санникова
(кафедра технологии органических соединений
и переработки полимеров, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНАКТИВИРОВАННЫХ ДРОЖЖЕЙ В ГИБРИДНОМ КОАГУЛЯНТЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ

Производство эмульсионных каучуков связано с большим потреблением водных ресурсов и расходом хлорида натрия, что приводит к загрязнению сточных вод солевыми компонентами. Поэтому для выделения каучуков из латекса начинают находить применение гибридные коагулянты на основе хлорида натрия в сочетании с другими компонентами.

Отходы, образующиеся на предприятиях пищевого профиля, могут представлять интерес для промышленности, производящей каучуки эмульсионной полимеризации, например, инаktivированные пивоваренные дрожжи. Они включают в свой состав белковые компоненты, а также азотсодержащие органические соединения.

Цель работы – применение инаktivированных дрожжей в комбинированном коагулянте при производстве эмульсионных каучуков.

Для выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса СКС-30 АРК готовили дисперсию инаktivированных дрожжей в водном растворе с концентрацией 20 %.

Исследования по влиянию температуры на процесс выделения каучука из латекса показали, что в случае применения индивидуальных компонентов хлорида натрия и инаktivированных дрожжей расход их на выделения каучука из латекса составил 150 и 10 кг/т каучука при 1-2 °С. Повышение температуры коагуляции до 60 °С увеличивает расход компонентов до 170 и 15 кг/т каучука соответственно.

Применение гибридного коагулянта позволило снизить расходы коагулирующих агентов как при пониженной, так и при повышенной температуре. Установлено, что расход хлорида натрия снижается почти в 5-15 раз, а инаktivированных дрожжей – в 1,5-5 раз. В данном случае наблюдается явление синергизма в действии коагулирующих агентов

Таким образом, технологическом в процессе производства эмульсионного каучука может быть использован побочный продукт гибридный коагулянт, включающий в свой состав побочный продукт пивоваренного производства, в сочетании с хлоридом натрия.

Студ. Л.М. Игнатченко, Д.С. Горобцова
Науч. рук. доц. Е.В. Комарова
(кафедра ТОС и ПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКСТРАКТОВ БАС

Различные косметические и фармакологические средства, содержащие экстракты из природного растительного сырья, пользуются большим спросом и конкурентоспособностью на рынке.

Нами проводились исследования спектрофотометрическим методом экстрактов натуральных пигментов, которые обладают антиоксидантными, омолаживающими и ранозаживляющими свойствами.

Экстракты биологически активных соединений получали из термообработанного растительного сырья (травы череды, крапивы двудомной, валерианы лекарственной) в различных соотношениях нагретым до 60⁰С этанолом с объемной долей 96%. При проведении исследований образцы хранились в темном месте при комнатной температуре в течение 180 суток.

Внешний вид экстрактов – прозрачные, ярко окрашенные жидкости зеленого цвета. По литературным данным содержат биологически активные вещества: каротиноиды (ксантофиллы), антоцианы, флавоноиды, витамины А, С, Е, органические кислоты.

Полученные экстракты биологически активных соединений анализировали спектрофотометрическим методом на приборе СФ – 56 в течение 180 суток. Исследование показало, что в полученных экстрактах обнаружены биологически активные пигменты: ксантофиллы (максимумы пиков находятся при длинах волн 428, 450, 476 нм), а также антоцианы и флавоноиды, о чем свидетельствуют пики в диапазоне длин волн 490-550 нм и 665 нм. Изучение спектральных характеристик показало, что сохранность пигментов стабильна на протяжении всего срока хранения экстрактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.М. Болотов, Е. В. Комарова, Е.С. Филатова, В.В. Хрипушин. Цветометрические характеристики композиционных каротиноидно-антоциановых экстрактов растительного сырья. Химия растительного сырья, 20165 – № 1. – С. 127-134

2. Комарова Е.В., Болотов В.М., Парашкин М.Ю. Перспективы применения экстрактов каротиноидных и антоциановых пигментов в технологии косметических средств. «Проблемы и инновационные

решения в химической технологии» : материалы международной научно-практической. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – С. 7-10.

Студ. П.О. Гусева, И.А. Комаров
Науч. рук. доц. Е.В. Комарова
(кафедра ТОС и ПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ХИМИЧЕСКОМ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Целью данной работы является разработка цветометрических методик определения концентрации каротиноидных и антоциановых пигментов в водных и этанольных экстрактах из растительного сырья. Аналитическим сигналом, связанным с концентрацией определяемого компонента, в этом методе служат цветометрические характеристики анализируемого образца (координаты цвета в различных системах, светлота, насыщенность цвета, цветовой тон и другие). С распространением цифровой фотографии, настольных сканеров и компьютерных программ обработки цветового изображения появился быстрый, объективный и автоматизированный способ оценки цветометрических характеристик окрашенных образцов.

В качестве аналитического прибора для измерения цветометрических характеристик окрашенных растворов в работе применяли цифровую фотокамеру (ЦФК) Olympus SP-500UZ и планшетный сканер HP Scanjet 3570C со слайд-адаптером и специальной насадкой. Определение цветовых параметров окраски в параметрах цветовой модели RGB выполняли с применением программы, разработанной в среде математического пакета MathCAD. Исходными данными для программы являлись графические файлы в формате JPG.

По усреднённым значениям цветовых параметров в программе строился калибровочный график и рассчитывались регрессионные и статистические параметры. Дополнительную математическую обработку результатов осуществляли с использованием программных пакетов Statgraphics Plus 3.0 и Excel 2003.

Экономичный вариант количественной интерпретации данных ТСХ с использованием персонального компьютера и неспециализированного оборудования по оцифровке изображений представляет несомненный интерес для внедрения в аналитическую практику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; Пер.с англ. – М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. –752 с.

Студ. А.А. Цинов, А.В. Широбокова
Науч. рук. проф. В.М. Болотов
(кафедра ТОС и ПП, ВГУИТ, Воронеж, Россия)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАКЦИИ МАЙЯРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКСТРАКТОВ СОЛОДА

Современные технологии позволяют использовать новые ингредиенты и добавки, что позволяет улучшить качество и долговечность хлеба. Например, вместо традиционного экстракта солода можно использовать различные концентраты, которые улучшают текстуру и вкус изделий, а также увеличивают их срок хранения.

Целью исследования является изучение свойств основных ингредиентов и процессов их приготовления для импортозамещения солодового концентрата при производстве хлеба.

Образование меланоидинов (реакция Майяра) – один из возможных путей образования красящих веществ в процессе термической переработки углеводов. Она широко распространена в пищевой технологии.

Образование меланоидинов всегда происходит при нагревании пищевых продуктов, содержащих в своем составе карбонильные соединения (например, редуцирующие углеводы) и аминокислоты (например, первичные амины и аминокислоты). Реакция сопровождается образованием высоко-конденсированных азотсодержащих красящих веществ и легколетучих соединений, часто обуславливающих цвет и аромат пищевых продуктов.

Проведенные исследования показали, что наиболее результативно процесс гидролиза белков сои с последующим проведением реакции Майяра необходимо выполнять при температуре 150 °С в течение 3 часов при следующих соотношениях реагентов: 10 г протеина, 20 мл 10 % NaOH, 200 мл дистиллированной воды.

Последующее смешение гидролизата аминокислот с 200 мл углеводсодержащего экстракта солода и последующей термообработки смеси при температуре 150 °С в течение 3 часов позволяет получить меланоидинсодержащий экстракт солода темно-коричневого цвета с соответствующими спектральными и цветометрическими RGB - характеристиками.

Следует иметь в виду, что термообработка реакционной массы менее 3 часов снижает содержание красящих веществ.

ПОЛУЧЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ФЛАВОНОИДСОДЕРЖАЩЕГО НИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА

Для замены используемых в настоящее время синтетических фенольных соединений в качестве антиоксидантов гидрофобных полимерных материалов медицинского назначения (например, урологические трубки) нами проводятся исследования возможности применения в качестве ингибиторов окислительных процессов полимеров флавоноидных соединений.

Природные флавоноидные соединения в виде водорастворимых гликозидных форм широко применяются в пищевой промышленности в качестве красителей с антиоксидантными свойствами.

С целью обеспечения совместимости молекул природных гидрофильных флавоноидов с гидрофобной структурой каучуков нами разработан способ повышения гидрофобности флавоноидов удалением из структуры природного соединения гидрофильного углеводного фрагмента молекулы реакцией гидролиза гликозидной связи с использованием в качестве катализатора концентрированной ортофосфорной кислоты.

На примере нитрильного каучука СКН-26 показано, что введение в состав стандартной рецептуры полимера выделенного из состава реакционной массы и высушенного флавоноидного гидролизата луковой шелухи (*Allium* сера) с последующей вулканизацией влияет на физико-механические свойства получаемой резиновой смеси (табл.).

**Таблица – Средние показатели физико-механических свойств
для каждого вида резиновой смеси**

Типы образцов	F ₁₀₀ , МПа	F ₃₀₀ , МПа	F _p , МПа	ε, %	е, %
без флавоноидов	0,940	1,735	3,110	540	4
с флавоноидами при температуре смешения 80 °С	0,770	1,200	3,453	1475	36
с флавоноидами при температуре смешения 105 °С	0,590	0,725	3,075	1555	90

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ НАБУХАНИЯ ПОЛИАКРИЛАМИДОВ В ВОДНО-СОЛЕВЫХ РАСТВОРАХ

Широкое применение полиакриламидов обеспечено уникальными свойствами полиэлектролитов, позволяющие применять их в качестве гелеобразователей, плёнообразователей, флокулянтов и коагулянтов. Полученные методом радикальной полимеризации в водной среде, гидрогели на основе акриловой кислоты и акриламида способны накапливать и удерживать огромное количество воды – до нескольких килограмм на 1 г сухого геля. При этом на набухание полимера огромное значение оказывает рН и состав раствора [1].

Цель исследования – установить закономерности набухания полиакриламидов в водно-солевых растворах. В качестве объектов исследования нами выбраны соли низкомолекулярных соединений: хлорид натрия, сульфат натрия, сульфат аммония, сульфат железа (II), иодид калия, нитрат серебра, с концентрациями 0,01 – 0,1 моль/дм³, в зависимости от растворимости соли. Изучено влияние времени набухания на изменение массы полиакриламидов в водно-солевых растворах. Произведены замеры массы гидрогелей с интервалом в полчаса в первые 3 часа и затем через сутки.

Установлено, что для всех растворов солей в первые три часа наблюдается увеличение массы полимера. Через сутки в растворах нитрата серебра и сульфата железа наблюдается резкое падение массы полимера коллапс [2], что связано со структурой соли.

Установлено, что наибольшая степень набухания полиакриламидов наблюдается в растворах сульфата аммония, хлорида и сульфата натрия, однако она несколько ниже, чем в дистиллированной или водопроводной воде. Полученные результаты могут быть применены при разработке методик разделения компонентов водных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.В. Маслова. Исследование кинетики набухания гидрогелей на основе сополимеров акриламида и акрилата калия/ Н.В. Маслова, Ж.Ю. Кочетова, П.Т. Суханов // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2022. – Т. 65. – Вып. 3. 27-34 с.

2. Е.В. Воробьева. Набухание гидрогеля на основе полиакриламида в водных растворах низкомолекулярных солей / Е.В.

Воробьева // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020-
Т. 63. – № 3. – 293-299 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САХАРНЫХ КОЛЕРОВ

Сахарный колер E150d – является одним из наиболее востребованных пищевых красителей. В связи с этим в настоящее время интересны способы повышения качества получаемого продукта. В данной работе предлагается использование серной кислоты в роли катализатора, что может улучшить свойства сахарных колеров.

Для проведения анализа были получены два образца на основе глюкозо-фруктозного сиропа. В первый добавляли 2 % бисульфита аммония, во второй 2 % бисульфита аммония и конц. серной кислоты.

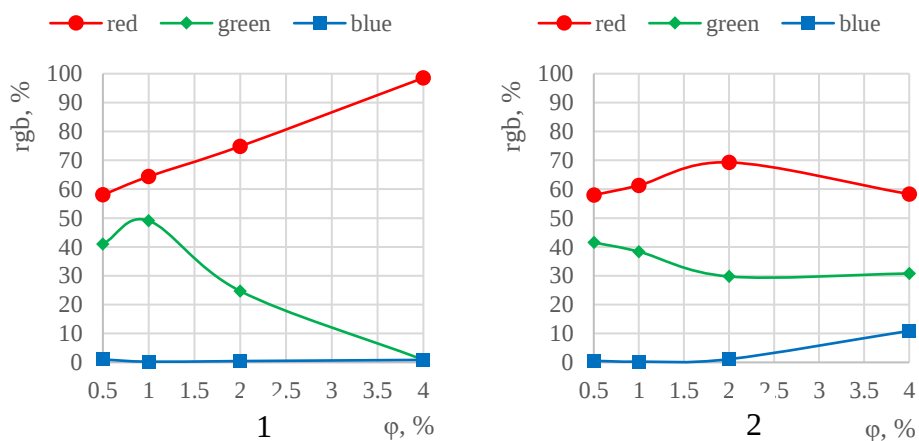


Рисунок 1 – Цветометрические характеристики

Согласно цветометрическим свойствам для карамелей характерно преобладание «red» и «green» составляющей и коричневый оттенок раствора, а для меланоидинов характерно преобладание «red» составляющей и красноватый оттенок раствора. Из этого делаем вывод, что первый образец имеет в своем составе преимущественно меланоидины, а второй образец – карамели, что также видно из цветометрических характеристик (рис. 1).

Однако технология приготовления с использованием серной кислотой более сложная, а также менее безопасная и экологичная.

Таким образом, применение серной кислоты при производстве сахарного колера целесообразно только в том случае, если необходимо получить в составе готового продукта преимущественно карамели.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСТРАГИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

При очистке масел, извлечении ароматических углеводородов и в процессах деасфальтизации нефтяного сырья широко применяют экстракцию в системе жидкость-жидкость. Экстракцией называется массообменный процесс избирательного извлечения компонентов жидкой или твердой фазы при помощи селективного растворителя, в котором хорошо растворяются извлекаемые компоненты и мало растворяются остальные компоненты. Несмотря на то, что экстракционные процессы давно используются в процессах нефтепереработки, разработка новых экстрагентов или установления оптимальных условий экстракции являются трудно прогнозируемыми. В связи с этим, актуальным является проведение исследований в области доэкспериментальной оценки, моделирования и синтеза селективных растворителей для экстракции ароматических углеводородов из продуктов нефтепереработки.

В настоящее время существует незначительное количество методов, которые позволяли бы прогнозировать поведение системы при замене растворителя и изменении условий экстракции, так как нефтяные фракции представляют собой многокомпонентные системы и теоретически рассчитать поведение каждого компонента трудоёмко. Предложено на первом этапе проводить экстракцию на модельных смесях.

В данной работе была проведена экстракция модельной смеси гексан-бензол, в качестве растворителя-экстрагента предложено использовать диметилсульфоксид. Условия экстракции: соотношение модельная смесь : растворитель составляло 1 : 1 и 1 : 2, температура процесса – 20°C.

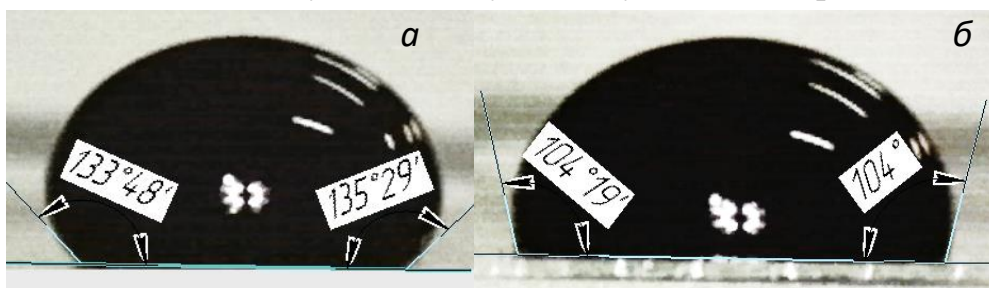
Увеличение кратности растворитель : модельная смесь приводит к увеличению степени извлечения ароматического компонента, о чём свидетельствует увеличение выхода экстрактивного раствора на 14,8 мас. %, снижение показателя преломления на 1% и плотности рафината на 2,5%. При кратности модельная смесь : растворитель равном 1 : 2 коэффициент селективности применяемого экстрагента составил 5,6.

Установлено, что диметилсульфоксид может применяться для экстракции ароматических углеводородов.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ ДИЭТИЛЕНТРИАМИНА НА АДГЕЗИОННЫЕ И КОГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА БИТУМОВ

В процессе эксплуатации дорожных покрытий в результате недостаточного сцепления битумного вяжущего с минеральной составляющей асфальтобетона возникают различные деформации, приводящие к последующему разрушению дорожного полотна. Для повышения долговечности дорожного покрытия рекомендуется использовать специальные адгезионные модификаторы, улучшающие когезию битума и его сцепление с минеральным наполнителем.

Целью работы являлось изучение влияния добавок диэтилентриамина на адгезионные и когезионные характеристики битумных вяжущих и определение оптимальной концентрации предлагаемой добавки и наиболее подходящего способа ее смешения с нефтяными битумами. Для модифицированных битумных вяжущих определяли эксплуатационные свойства (температура размягчения, пенетрация, температура хрупкости), адгезию, краевой угол смачивания, относительную работу когезии и адгезии. Массовые концентрации предлагаемой добавки составляли 0,1–1,5 мас. %. С увеличением концентрации адгезионной добавки значение угла смачивания снижается (рисунок), что свидетельствует об улучшении качества сцепления битумного вяжущего и увеличении работы адгезии.



a – чистый битум; *б* – битумное вяжущее с 0,8% мас. добавки;

Рисунок – Изменение краевого угла смачивания битумного вяжущего

Применение модификатора на основе диэтилентриамина незначительно влияет на эксплуатационные характеристики битума и обеспечивает улучшение его адгезионных характеристик.

Маг. М.В. Амелькович, студ. Жерело
Науч. рук. доц., канд. хим. наук А.И. Юсевич
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ СЕРНОКИСЛОТНОЙ ОЧИСТКИ КЕРОСИНОВЫХ ФРАКЦИЙ ОТ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Необходимость разработки эффективных способов получения деароматизированных углеводородных растворителей продиктована широким их применением в производстве лакокрасочных материалов, автохимии, напольных покрытий и др. Ранее значительный объем таких растворителей поставлялся из-за рубежа, что обусловило сильную зависимость от внешних поставщиков. Поэтому возникла необходимость создания собственных технологий, которые позволят производить растворители высокого качества.

Целью исследования является получение деароматизированного растворителя из керосина методом сернокислотной очистки. Объекты исследования: прямогонный керосин гидроочищенный и керосиновая фракция процесса гидрокрекинга вакуумного газойля ОАО «Нафтан».

Проведена оценка эффективности деароматизации керосиновых фракций серной кислотой при температурах 25 °С и 95 °С. Установлено, что в результате одноступенчатой очистки при 25 °С степень извлечения ароматических углеводородов из керосиновых фракций составила 70,1% для прямогонного керосина и 85,1% для керосиновой фракции процесса гидрокрекинга. При повышении температуры до 95 °С степень деароматизации увеличилась до 91,4% и 91,9%, соответственно. Содержание ароматических углеводородов в керосиновых фракциях определяли по методике [1].

Предложена схема многоступенчатой очистки керосина при температуре 95 °С. В результате ее реализации удалось снизить содержание аренов в керосине до 1,2%, что близко к нормативному значению в 1%, предъявляемому к растворителям типа D40, но все же не соответствует требованиям. Очевидно, для получения деароматизированных растворителей из керосиновых фракций одной сернокислотной очистки недостаточно и требуется привлечение дополнительных методов, например, обработки олеумом или гидрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Determination of aromatic hydrocarbons in petroleum fractions by infrared spectroscopy / Abdul-Halim A.-K. Mahammed, Karim Hankish // Analyst. – 1985. – Vol. 110. – P. 1477–1480.

Студ. Е.Д. Житкевич, О.О. Раковец
 Науч. рук. доц. А.И. Юсевич, ассист. К.И. Трусов
 (кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ 2-ЭТИЛГЕКСАНОАТА МОЛИБДЕНА НА ГИДРОКРЕКИНГ АСФАЛЬТА

Одним из наиболее эффективных путей повышения глубины переработки тяжелых нефтяных остатков является проведение процесса гидрокрекинга в присутствии наноразмерных гетерогенных катализаторов. Наиболее простым способом получения таких катализаторов считается синтез *in situ* из маслорастворимых прекурсоров.

Цель работы – увеличение глубины переработки тяжелых нефтяных остатков на отечественных нефтеперерабатывающих заводах. В качестве объекта исследования выступал асфальт пропановой деасфальтизации нефтяного гудрона ОАО «Нафтан». Гидрокрекинг асфальта в среде бензола проводили в качающемся автоклаве Parr 4923 при температуре 420–430 °С в течение 2 ч. Начальное давление водорода в автоклаве – 100–102 бар. Катализатор гидроконверсии, наноразмерный сульфид молибдена, получали *in situ* в реакционной смеси в результате разложения 2-этилгексаноата молибдена (1 мас. % на сырье).

Таблица – Выход и характеристика продуктов гидрокрекинга

Наименование продукта	Выход продукта, мас. %, при катализе	
	без кат-ра	MoS ₂
Летучие вещества	35,1	33,5
Гидрогенизат	58,9	65,4
Кокс	5,9	1,2
Средняя молекулярная масса гидрогенизата	352	482

По сравнению с некатализированным процессом гидрокрекинга асфальта в присутствии наночастиц дисульфида молибдена привел к увеличению выхода жидких продуктов (гидрогенизата) на 5,5 мас. % прежде всего за счет снижения выхода кокса и низкомолекулярных продуктов деструкции (табл.). Молекулярная масса гидрогенизата в каталитическом опыте была выше за счет гидрирующей активности дисульфида молибдена, заключающейся в стабилизации первично образующихся радикалов и предотвращении их дальнейшего распада.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синтез и свойства наноразмерных систем – эффективных катализаторов гидроконверсии тяжелого нефтяного сырья / С. Н. Хаджиев, Х. М. Кадиев, М. Х. Кадиева // Нефтехимия. – 2014. – Т. 54. – № 5. – С. 327.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРНОСТИ ПОЛИМЕРА НА СВОЙСТВА БЕНТОНИТСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ

Полимерные композиты на основе слоистых силикатов представляют собой перспективный класс материалов. Слоистые силикаты, такие как бентонитовые глины, используются как дисперсный наполнитель для полимерных материалов благодаря своим физико-химическим свойствам, таким как высокая адсорбционная способность и значительная площадь поверхности.

Для повышения эффективности глинистых наполнителей необходима модификация их поверхности, чтобы сделать глину органophilной. Это достигается заменой ионов натрия и калия в межслойном пространстве на органические катионы, что улучшает совместимость глины с полимерной матрицей.

Проблема совместимости наполнителей с полимерами также связана с полярностью последних. Например, полиамиды, благодаря полярным амидным группам, легко взаимодействуют с модифицированными силикатами. В отличие от них, неполярные полиолефины требуют введения компатибилизаторов для усиления адгезии с наполнителями [1].

В данной работе планируется сравнить эффективность введения глины в полиамидную и полиэтиленовую матрицу. Причем для эксперимента с полиэтиленовой матрицей бентонитовая глина была модифицирована четвертичной аммониевой солью – хлоридом кокотриметиламмония. В то время как для полиамидной матрицы использовалась обогащенная, подвергнутая термообработке и измельченная немодифицированная бентонитовая глина.

Для оценки необходимости модификации и эффективности введения глинистого наполнителя планируется проведение испытаний деформационно-прочностных свойств с последующим сравнением полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmidt, D. New Advances in Poly-mer/Layered Silicate Nanocomposites / D. Schmidt, D. Shah, E. Giannelis // Curr. Opin. Solid State Mater. Sci. – 2002. – № 6. – P. 205–212.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ НА СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ СКИ-3

На стадии изготовления резиновой смеси наблюдается ряд трудностей, связанных с особенностями свойств каучука – высокая вязкость, различие плотностей ингредиентов и каучука, что приводит к нестабильности смесей при хранении (к примеру, выцветанию серы на поверхность смеси). Поиск решения данных проблем приводит к разработке и применению новых компонентов и веществ – технологически активных добавок, которые могут выступать как диспергаторы, наполнители, пластификаторы, активаторы вулканизации, а иногда и как вулканизирующие агенты.

В работе исследовано влияние технологически активной добавки на основе смеси жирных кислот, полученных путем рафинации масла подсолнечника, и природного бентонита с введением сернокислого алюминия и ферментного препарата для гидролиза и расщепления жиров (ТАД-ЖК) на реологические, кинетические, физико-механические свойства и структурные характеристики пространственной сетки вулканизатов на основе синтетического изопренового каучука (СКИ-3). Исследуемая технологическая добавка характеризуется аналогичным набором элементов присущим известным глинистым минералам (каолинит, шунгит, палыгорскит и т.д.), однако отличает ее наличие высокого количества углерода, который в достаточном количестве присутствует в масле подсолнечника (40,5–50,9%), входящего в состав ТАД-ЖК, а также наличие металлов (до 13,0%) и серы (более 3,0%).

В рецептурах исследуемых модельных резиновых смесей осуществлялась различная процентная замена (30%, 60% и 100% от общей дозировки) вулканизирующей группы (сера, альтакс, цинковые белила, гуанидиф Ф, стеариновая кислота и Ц) на ТАД-ЖК.

Определена целесообразность замены 30% вулканизирующей группы на ТАД-ЖК, т.к. в данном случае улучшаются кинетические параметры переработки резиновых смесей (стойкость к подвулканизации улучшается до 2,6 раза, а время достижения оптимума вулканизации сокращается до 5,1 раза) и сохраняются упруго-прочностные характеристики исследуемых вулканизатов.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ
ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ
ХОЗЯЙСТВ**

Подход нацеленный на минимизацию материально-финансовых затрат и гибкость переобучения персонала организаций водопроводно-канализационных хозяйств (ВКХ) позволит поддерживать: эффективное управление объектами водоснабжения и водоотведения, включая оценку качества сточных вод; повышать ресурсо- и энергоэффективность технологических процессов; обеспечивать экологическую безопасность систем водоснабжения и водоотведения, включая оптимизацию функционирования очистных сооружений; более качественно планировать операции и выполнять работы по техническому обслуживанию и ремонту; оценку рисков и раннее предупреждение потенциальных чрезвычайных ситуаций техногенного характера и недопущение их возникновения на объектах ВКХ, например, в случае попадания опасных токсикантов на очистные сооружения (ОС); адекватное формирование технических заданий на строительство, реконструкцию или модернизацию объектов [1].

На основе описанных подходов на КУПП «Водоканал» г. Барановичи» была выполнена апробация методики цифровизации систем водоотведения с учётом критерия экологической эффективности ОС. Результатами практического использования проведённых исследований стали: повышение качества экспертной оценки показателей водоотведения и адекватности принятия управленческих решений; обоснованное определение предприятий-абонентов сети водоотведения, которые оказывают наибольшее негативное воздействие на работу очистных сооружений; формирование статистической и методической базы для перспективного построения единой математической модели (цифрового двойника) сети водоотведения исходя из экологической эффективности функционирования ОС; улучшение качества создания технических заданий на модернизацию и реконструкцию элементов сети водоотведения, включая очистные сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. О задачах цифровизации систем водоотведения коммунально-промышленных объектов / И.В. Войтов [и др.] // Нефтегазохимия - 2023: материалы VI Международного научно-технического форума по

химическим технологиям и нефтегазопереработке, Минск, 1-3 ноября 2023 г. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 147-151.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ УСТАНОВКИ ТУРНИКЕТОВ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

В наше турбулентное время большое внимание уделяется вопросам безопасности. Если раньше в учреждение высшего образования (далее – УВО) можно было попасть, просто пройдя через вахтера, слившись с толпой, то теперь сделать это очень сложно: необходимо иметь пропуск. Для контроля над этим устанавливаются турникеты. Они помогают автоматизировать фейсконтроль, вести статистику посещаемости, избегать самовольного ухода учащихся и так далее.

В мире есть как сторонники турникетов, так и их противники. В данной работе будет рассмотрен вопрос о надобности турникетов через призму пожарной безопасности и стрельбы в некоторых странах в УВО.

Изначально кажется, что турникеты явно будут мешать эвакуации. Однако этот вопрос требует более глубокого рассмотрения. В УВО очень много корпусов и выходов из здания. Иногда не каждый из них оснащен турникетами. Бывает такое, что некоторые корпуса университета закрыты на вход/выход, и чтобы попасть в них необходимо делать большой круг и заходить в них через другой корпус. Студенты и сотрудники привыкли, что выход из первого корпуса закрыт, поэтому в случае пожарной эвакуации они даже не подумают идти в сторону главного выхода. Вкупе с тем, что пожарные выходы могут быть закрыты они пойдут в маленький переход в другой корпус, тем самым они могут образовать давку. Учитывая то, что студенты из других корпусов будут стекаться лишь к одному рабочему корпусу, это может создать давку. Во избежание этого необходимо в первую очередь открывать пожарные выходы, а во-вторых, иметь все рабочие выходы открытыми. Студенты в экстренной ситуации не побегут к пожарному выходу: они просто не знают где он.

Кто-то может возразить и сказать, что турникеты не нужны: можно просто открыть двери и все. Однако в современных реалиях требования к организации безопасности обязывают устанавливать турникеты для безопасности. Поэтому отсутствие турникетов является тождеством отсутствия выхода: никто вручную не будет в большом университете в ручном режиме проверять пропуск у студентов.

Хочется развеять миф о том, что турникеты будут тормозить людей на выходе из зданий: рядом с турникетами есть ограждение, которое легко снимается и люди бы прошли через него.

Если во время пожара у людей будет чуть больше времени эвакуироваться, то в случае стрельбы в УВО каждая секунда на счету. Отсутствие одного выхода может стоить студентам жизни. Зная, что в каком-то корпусе закрыт главный выход, террористы могут этим воспользоваться и нанести намного больше вреда. В случае стрельбы пожарные выходы могут быть закрыты: террористы могли убить вахтера, или последний просто испугается или растеряется, и не сможет открыть запасные выходы. Можно вспомнить массовое убийство в Керченском политехническом колледже (2018 г., Республика Крым), когда наличие турникетов и металлоискателей не уберегли 20 человек от смерти [1].

При пожаре в ТЦ «Зимняя вишня» (2018, г. Кемерово, Россия), когда пожарные выходы были просто закрыты, люди побежали к единственному выходу [2]. Это тоже в какой-то степени смежно с нашим случаем: студенты побегут к единственному выходу и создадут давку. Наличие же турникетов сделало выход открытым и помогло бы разгрузить наплыв людей.

После небольшого анализа можно также сделать вывод, что люди, устраивавшие стрельбу в УВО – учащиеся. Их не смогли остановить турникеты, пожарные выходы и вахтеры.

Само наличие турникетов является заведомо провальной идеей. Любой человек и с ними может попасть в здание университета. Достаточно попросить добрых студентов пропустить тебя со словами «я забыл пропуск». Можно банально найти пропуск, попросить вахтера пропустить тебя, зайти через столовую – вариантов масса. Тем более турникеты явно не смогут защитить студентов от террористов: они легко смогут обойти их. Поэтому в учреждении высшего образования, я считаю, необходимо демонтировать турникеты. Или устанавливать их на всех входах/выходах и не обделять какие-то корпуса. Также можно установить систему экстренной эвакуации, при которой все эвакуационные выходы будут оборудованы магнитными замками, отрывающимися после нажатия на кнопку «ЧС» любым сотрудником.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кряжев А. МЧС рассказало, что в «Зимней вишне» были закрыты все аварийные выходы // РИА Новости [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://ria.ru/20180329/1517550813.html>. Дата доступа: 30.09.2024.

2. При нападении на керченский колледж пострадали 67 человек
// РИА Новости [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа:
<https://ria.ru/20181031/1531859155.html>. Дата доступа: 30.09.2024.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ

Изменение климата, активно проявляющееся в последние 50 лет, представляет собой одну из самых серьезных экологических проблем современности. Водные ресурсы являются одним из уязвимых компонентов природной среды и подвергаются значительному воздействию в результате изменения климата с обширными последствиями для человеческого общества и экосистем.

В Республике Беларусь на протяжении последних 10 лет объем речного стока фиксируется ниже средних многолетних значений. Так, повышение температуры способствует более раннему таянию снега и увеличению испарения, что приводит к снижению уровня рек и озер в летний период. Повышение вероятности наступления длительных маловодных периодов увеличивает риски существенного уменьшения стока малых рек со снижением в них уровня воды и ухудшением ее качества. Одновременно ожидается резкая дифференциация по объемам речного стока между северной и южной частями республики. В среднем за год на период до 2030 года прогнозируется увеличение стока на 9 % в бассейне реки Западная Двина, на 5 % – в бассейне реки Неман, а также снижение стока на 10 % в бассейне реки Припять, на 5 % – в бассейне реки Днепр и на 1,5 % – в бассейне реки Западный Буг.

Повышение температуры способствует росту водорослей и ухудшению качества воды, что негативно воздействует на здоровье населения и экосистемы. Увеличение интенсивности ливней приводит к смыву загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий в водоемы, что также ухудшает качество воды. В зоне риска может оказаться эксплуатация нецентрализованных систем питьевого водоснабжения из-за понижения уровня подземных вод и изменений их качества в шахтных колодцах.

Таким образом, необходимы комплексные меры по адаптации к новым условиям, чтобы сохранить экологическое равновесие и обеспечить устойчивое развитие страны. Эффективное управление водными ресурсами станет ключевым фактором в борьбе с последствиями климатических изменений.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 февр. 2022 г., № 91.

Студ. А.А. Гриневич, А.С. Пикиловский
Науч. рук. ст. преп., канд. техн. наук Д.М. Кузьменков
(кафедра безопасности жизнедеятельности БГТУ)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ФОСФОГИПСА

Редкоземельные металлы (РЗМ) представляют собой группу из 17 элементов, включая 15 элементов из ряда лантаноидов, а также скандий и итрий. Они обладают уникальными физическими и химическими свойствами, что делает их ценными для различных высоких технологий, включая электронику, энергетику, магнитные материалы и катализаторы. Технология извлечения РЗМ из фосфогипса представляет собой актуальную научно-исследовательскую область, которая направлена на утилизацию отходов фосфатной промышленности и извлечение ценных ресурсов. Фосфогипс, побочный продукт производства фосфорных удобрений, содержит относительно значительное количество РЗМ (до 1000 ppm). Извлечение РЗМ из фосфогипса может быть экономически выгодным, особенно в условиях растущего спроса на эти металлы в различных отраслях, включая производство магнитов, катализаторов, оптики и других высоких технологий.

В процессе извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса используются различные химические и физико-химические методы, включая кислотное выщелачивание, флотацию и экстракцию. Наиболее распространенным подходом является применение кислот, таких как серная или соляная, для растворения редкоземельных элементов из матрицы фосфогипса. После извлечения металлов из раствора осуществляется их очистка и осаждение, что позволяет получать высокочистые соединения редкоземельных металлов, пригодные для дальнейшего использования в электронной, энергетической и других отраслях. В дальнейшем, обедненный металлами отход можно использовать в строительной отрасли, в частности для производства гипсовых вяжущих.

Внедрение данной технологии может значительно улучшить экономическую эффективность переработки фосфогипса и снизить зависимость от традиционных источников редкоземельных металлов. Кроме того, успешное извлечение этих элементов способствует развитию устойчивых технологий и уменьшению воздействия на окружающую среду. Исследования в этой области продолжаются, и новые достижения могут привести к созданию более эффективных и экологически безопасных процессов переработки, что в свою очередь

откроет новые горизонты для использования редкоземельных металлов.

ПРОБЛЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ФОСФОГИПСА

Загрязнение окружающей среды в Гомельском районе, вызванное накоплением фосфогипса, представляет собой серьезную экологическую проблему для почвы, водоемов и здоровья местных жителей. За период деятельности Гомельского химического завода накоплено более 20 млн. т фосфогипса, который складироваться в отвалах на территории завода и в таком количестве является источником загрязнения грунтов, поверхностных и подземных вод. Этот побочный продукт производства фосфорных удобрений содержит в себе опасные вещества, такие как радионуклиды (U-238, Ra-226) и тяжелые металлы (кадмий, хром, кобальт, ртуть, медь, свинец и др.).

Одной из основных проблем является отсутствие эффективных методов утилизации фосфогипса. Многие накопители находятся вблизи населенных пунктов, что создает риск загрязнения питьевой воды и ухудшения качества воздуха. При дождливой погоде токсичные вещества могут вымываться в почву и водоемы, что угрожает экосистеме региона и биологическому разнообразию. Это также может привести к долгосрочным последствиям для сельского хозяйства, так как загрязненные земли становятся непригодными для ведения сельскохозяйственной деятельности. Кроме того, влияние фосфогипса на здоровье населения вызывает серьезные опасения. Исследования показывают, что длительное воздействие токсичных веществ может привести к различным заболеваниям, включая онкологические. Местные жители часто жалуются на ухудшение состояния здоровья, что подчеркивает необходимость принятия мер по улучшению ситуации. Общественность и экологические организации активно выступают за более строгие меры контроля и очистки территории от накопленных отходов.

Для решения проблемы загрязнения фосфогипсом в Гомельском районе необходимо разработать комплексную стратегию, включающую как меры по утилизации отходов, так и программы по восстановлению экосистемы. Например, одно из наиболее перспективных направлений утилизации промышленных отходов – это использование их в производстве строительных материалов. Также важно повысить информированность населения о рисках, связанных с фосфогипсом, и вовлечь местные сообщества в процесс принятия

решений. Только совместными усилиями можно достичь устойчивого экологического баланса и защитить здоровье будущих поколений.

ВЛИЯНИЕ КАТИОННОЙ СТЕХИОМЕТРИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ФЕРРОКУПРОКОБАЛЬТИТА НЕОДИМА–БАРИЯ

В настоящее время кислороддефицитные слоистые двойные перовскиты, которые характеризуются особыми электротранспортными и электрохимическими свойствами, рассматриваются как перспективные материалы для создания устройств различного назначения, в том числе среднетемпературных твердооксидных топливных элементов [1]. Перспективным способом улучшения функциональных свойств перовскитов может служить создание в их структуре дефицита катионов.

Цель работы – получение производных $\text{NdBaFeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, имеющих 5- и 10%-ный дефицит катионов одновременно в подрешетках неодима и бария, исследование влияния дефицита катионов на кристаллическую структуру и электрофизические свойства слоистых перовскитов.

Методом твердофазных реакций был проведен синтез образцов состава $\text{NdBaFeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, $\text{Nd}_{0.95}\text{Ba}_{0.95}\text{FeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, $\text{Nd}_{0.90}\text{Ba}_{0.90}\text{FeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$ из Nd_2O_3 (НО-Л), BaCO_3 (ч.), Fe_2O_3 (ос.ч.), CuO (ч.д.а.), Co_3O_4 (ч) при температуре 1173 К в течение 40 ч. Спекание образцов осуществляли при 1273 К в течение 10 ч. Параметры кристаллической ячейки составили $a = 3.918 - 3.921 \text{ \AA}$, $c = 7.698 - 7.707 \text{ \AA}$. Относительная плотность, рассчитанная как отношение кажущейся плотности к рентгенографической, составила 90–98%, увеличиваясь при создании в $\text{NdBaFeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$ дефицита катионов неодима и бария. Дефицитные по неодиму и барию феррокупрокобальтиты характеризовались более высокими значениями коэффициента Зеебека при комнатной температуре и при $T > 900 \text{ К}$. Энергия активации электропроводности ($E_\sigma = 0.270 - 0.305 \text{ эВ}$) снижалась при создании дефицита катионов. Катиондефицитные феррокупрокобальтиты неодима–бария являлись проводниками p -типа, т.к. коэффициент Зеебека во всем изученном температурном интервале был положительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Layered oxygen-deficient double perovskites as promising cathode materials for solid oxide fuel cells / A.I. Klyndyuk [et al.] // Materials.– 2022.– V. 15, N.1.– P. 141.

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КАЛЬЦИЙЗАМЕЩЕННОГО
ФЕРРОКУПРОКОБАЛЬТИТА НЕОДИМА–БАРИЯ**

Феррокупрокобальтиты, характеризующиеся уникальными электротранспортными и электрохимическими свойствами, рассматриваются как перспективные материалы для разработки электродов среднетемпературных твердооксидных топливных элементов [1]. Перспективным способом улучшения функциональных свойств перовскитов может служить замещение ионов в их кристаллической структуре.

Цель работы – получение производных $\text{NdBaFeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, в которых 5- и 10% ионов неодима и бария замещено кальцием, исследование их кристаллической структуры, микроструктуры и электрофизических свойств.

Синтез образцов состава $\text{NdBaFeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, $\text{Nd}_{0.95}\text{Ba}_{0.95}\text{Ca}_{0.1}\text{FeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$, $\text{Nd}_{0.90}\text{Ba}_{0.90}\text{Ca}_{0.2}\text{FeCo}_{0.5}\text{Cu}_{0.5}\text{O}_{5+\delta}$ осуществляли по стандартной керамической методике из Nd_2O_3 (НО-Л), BaCO_3 (ч.), CaCO_3 (ч.), Fe_2O_3 (ос.ч.), CuO (ч.д.а.), Co_3O_4 (ч) при температуре 1173 К в течение 40 ч. Спекание образцов осуществляли при 1273 К в течение 10 ч. Параметры кристаллической структуры несколько уменьшались при замещении неодима и бария кальцием и составили $a = 3.908\text{--}3.921 \text{ \AA}$, $c = 7.688\text{--}7.707 \text{ \AA}$. Полученная керамика была достаточно плотной (общая пористость составила 7–12%). Удельная электропроводность изученных образцов менялась в пределах 0.17–53.3 См/см, увеличиваясь с ростом температуры и проходя через максимум при $T = 972\text{--}1052 \text{ К}$. Энергия активации электропроводности составила $E_\sigma = 0.282\text{--}0.305 \text{ эВ}$, снижаясь при замещении неодима и бария кальцием. Энергия активации носителей заряда «дырок» (т.к. коэффициент термо-ЭДС для всех изученных образцов был положительным, то образцы являлись проводниками *p*-типа) составила 0.066–0.143 эВ, энергия активации их миграции – 0.146–0.239 эВ; концентрация носителей заряда составила $(0.1\text{--}20.0) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ в интервале температур 300–700 К.

ЛИТЕРАТУРА

1. Double substituted $\text{NdBa}(\text{Fe}, \text{Co}, \text{Cu})_2\text{O}_{5+\delta}$ layered perovskites as cathode materials for intermediate-temperature solid oxide fuel cells – correlation between structure and electrochemical properties / A.I. Klyndyuk

[et al.]/ Electrochimica Acta. 2022. P. 140062.

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ
СЛОИСТОГО КОБАЛЬТИТА КАЛЬЦИЯ,
МОДИФИЦИРОВАННОГО ВИСМУТОМ И МЕДЬЮ**

Тепло, выделяемое при работе предприятий и автотранспорта, является высокопотенциальным источником электрической энергии, получить которую возможно благодаря *термоэлектрическим материалам*, одним из которых является слоистый кобальтит кальция $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$. В данной работе было изучено влияние комплексного подхода по улучшению свойств керамики на основе слоистого кобальтита кальция.

Композиционную керамику состава $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}/3$ мас. % Me (Me = Bi, Cu) получали полимерным методом из нитратов Ca и Co с добавлением лимонной кислоты и этиленгликоля, а спекание керамики проводили с применением двухстадийной методики. Удельную электропроводность (σ) и коэффициент термо-ЭДС (S) изучали на воздухе по методикам, описанным в работе [1]. Значения фактора мощности рассчитывали по формуле $P = \sigma \cdot S^2$.

Полученные материалы являлись полупроводниками *p*-типа, что следует из положительного знака коэффициента термо-ЭДС. Значения удельной электропроводности образцов композиционной керамики были в 1,9–3,9 раза выше, чем для базовой керамики на основе слоистого кобальтита кальция, а фактора мощности – в 2,5–3,5 раза.

Таким образом, в работе продемонстрирована возможность получения керамических материалов на основе слоистого кобальтита кальция с улучшенными термоэлектрическими характеристиками путем введения частиц металлов в сочетании с полимерным методом синтеза и двухстадийной методикой спекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние добавки частиц меди на термоэлектрические свойства керамики $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$, полученной методом двухстадийного спекания / А.И. Клындюк [и др.] // Журн. неорган. химии. – 2022. – Т. 67, № 2. – С. 248–256.
2. Redox-promoted tailoring of the high-temperature electrical performance in $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thermoelectric materials by metallic cobalt addition / G. Constantinescu [et al.] // Materials. – 2020. – Vol. 13, № 5. – P. 1060.

КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ СПЛАВОВ МАГНИЯ В РАСТВОРАХ NaCl, СОДЕРЖАЩИХ МОЛИБДАТ-ИОНЫ

Использование растворимых ингибиторов коррозии является одним из наиболее практичных методов защиты металлов и сплавов от негативного воздействия окружающей среды и по сравнению с другими методами обладает рядом преимуществ: отсутствием необходимости в специальном дорогостоящем оборудовании, простотой в эксплуатации и низкой стоимостью. Методом линейной вольтамперометрии были получены поляризационные кривые (ПК) литийсодержащих сплавов магния AZ31-xLi ($x = 4, 8$ и 12 масс.%) в $0,05$ М растворе NaCl с различным содержанием Na_2MoO_4 . Установлено, с увеличением концентрации молибдат-ионов в исследуемой системе наблюдается смещение потенциала коррозии в область более положительных значений, что свидетельствует о замедлении коррозионных процессов. Для сплава AZ31-4Li на анодных ветвях ПК излома, характеризующего потенциал пробоя, не наблюдается. Для образцов с содержанием лития 8 и 12 масс. % и выше на анодных ветвях ПК при содержании Na_2MoO_4 более 50 мМ присутствует излом, соответствующий E_{br} . Значения потенциала пробоя E_{br} при концентрации $50, 100$ и 150 мМ Na_2MoO_4 в растворе составляют соответственно $-1,187, -1,059$ и $-1,045$ В (для AZ31-8Li) и $-1,070, -1,038$ и $-0,930$ В (для AZ31-12Li). Возрастание величины потенциала пробоя с ростом концентрации Na_2MoO_4 в коррозионной среде свидетельствует об увеличении защитных свойств формируемого на поверхности образцов пассивного слоя. Катодные ветви ПК для всех сплавов AZ31-xLi линейны в исследуемой области потенциалов, и их ход практически не зависит от содержания ингибитора в растворе.

Таким образом, с использованием метода линейной вольтамперометрии установлено, что с ростом содержания ингибитора в коррозионной среде ингибирующий эффект возрастает, и при концентрации 150 мМ Na_2MoO_4 превышает 90% .

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта БРФФИ X24MB-008 «Экологически безопасные ингибиторы коррозии литийсодержащих сплавов магния на основе растворимых соединений молибдена (VI)».

ИНГИБИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ СОЕДИНЕНИЯМИ МАРГАНЦА

Годовые потери от коррозии магния и его сплавов составляют около 30% от объемов производства. В связи с этим актуальным является проведение научных исследований, направленных на изучение процессов коррозии, протекающих при контакте сплавов магния с окружающей средой. Методом линейной вольтамперометрии были получены поляризационные кривые (ПК) литийсодержащих сплавов магния AZ31-xLi ($x = 4, 8$ и 12 масс.%) в $0,05$ М растворе NaCl с различным содержанием KMnO_4 . Согласно полученным данным, с увеличением содержания лития от 4 до 12 масс. % в исследуемых сплавах наблюдается смещение потенциала коррозии в область более положительных значений, что обычно свидетельствует о замедлении анодных процессов и увеличении коррозионной стойкости образцов. Введение перманганата калия в коррозионную среду способствует еще большему облагораживанию значений $E_{\text{корр}}$.

Значения плотности токов, рассчитанные путем экстраполяции тафелевского участка катодной ветви ПК к $E_{\text{корр}}$, составляют $6,45 \cdot 10^{-5}$, $8,32 \cdot 10^{-5}$ и $1,26 \cdot 10^{-4} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ для магниевых сплавов AZ31-4Li, AZ31-8Li и AZ31-12Li соответственно. Введение в коррозионную среду 5 мМ KMnO_4 приводит к возрастанию значений $i_{\text{корр}}$, что свидетельствует о частичной пассивации поверхности образца, приводящей к интенсификации анодных процессов на открытых участках. С возрастанием количества KMnO_4 от 10 до 150 мМ происходит монотонное уменьшение токов коррозии. Минимальные значения плотности тока коррозии, которые составляют $5,45 \cdot 10^{-6}$, $5,74 \cdot 10^{-6}$ и $8,12 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ для образцов сплавов AZ31-4Li, AZ31-8Li и AZ31-12Li соответственно, наблюдались в растворах, содержащих 150 мМ KMnO_4 .

Таким образом, с использованием метода линейной вольтамперометрии установлено, что для сплавов магния AZ31-xLi ($x = 4, 8$ и 12 масс.%) введение в $0,05 \text{ М}$ раствор NaCl перманганата калия эффективно тормозит коррозионные процессы, а защитный эффект при содержании в растворе 150 мМ KMnO_4 превышает 90%.

Выполнение исследований финансировалось в рамках гранта БРФФИ X24MB-008 «Экологически безопасные ингибиторы коррозии

литийсодержащих сплавов магния на основе растворимых соединений молибдена (VI)».

СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СЛОИСТОГО ФЕРРОКУПРОКОБАЛЬТИТА НЕОДИМА– БАРИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

В настоящее время высок интерес к твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ), работающим на водороде и производящим электроэнергию с высокой эффективностью (КПД $\approx 60\text{--}80\%$) для бытовых и промышленных нужд. Улучшение свойств катодов ТОТЭ – слоистых кобальтитов ($\text{LnBaCo}_2\text{O}_{5+\delta}$, $\text{Ln} = \text{Y}, \text{Nd}, \text{Pr}$ и т.д.) – осуществляют различными методами, например, замещением кобальта другими 3d-металлами. В данной работе изучено влияние ионов никеля и марганца на структуру и свойства керамики $\text{NdBa}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu})_2\text{O}_{5+\delta}$.

Образцы $\text{NdBa}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Ni}, \text{Mn})_2\text{O}_{5+\delta}$ получали с помощью метода «золь-гель». Комплексообразователь – лимонная кислота. Величину $\text{pH} = 8\text{--}9$ задавали раствором аммиака. Гель сушили при температурах $130\text{--}190^\circ\text{C}$. Порошок отжигали при условиях: 600°C (4 ч), 900°C (9 ч). Спекали при 1000°C (9 ч). Образцы исследовали с помощью рентгенофазового анализа, расчет кажущейся плотности выполняли согласно [1], а размеров кристаллитов – по формуле Шеррера [1]. Измерения удельной электропроводности (σ) вели по методике [2].

Полученные материалы имели структуру тетрагонально искаженного перовскита (пр. гр. симм. $P4/mmm$), параметры элементарной ячейки которого уменьшились при добавлении ионов никеля и марганца. Спекаемость керамики при добавлении этих ионов уменьшилась (кажущаяся плотность упала от $4,83$ до $3,61\text{ г/см}^3$), а размер кристаллитов уменьшился от 33 до 25 нм . Электропроводность возросла при добавлении ионов никеля, и уменьшилась для состава, содержащего никель и марганец. Максимум σ отмечен для состава $\text{NdBaCo}_{1/2}\text{Fe}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}\text{Ni}_{1/2}\text{O}_{5+\delta}$ – $81,2\text{ См/см}$ при температуре 665 К .

ЛИТЕРАТУРА

1. Structural, thermal and electrical properties of the ceramics in the $\text{NdBaFe}_{2/3}\text{Co}_{2/3}\text{Cu}_{2/3}\text{O}_{6-\delta}\text{--NdSrFe}_{2/3}\text{Co}_{2/3}\text{Cu}_{2/3}\text{O}_{6-\delta}$ system / Ya.Yu. Zhuravleva [et al.] // Solid State Sciences. – 2025. – Vol. 163. – P. 107906.

2. Klyndyuk, A.I. Structure, Thermal Expansion, and Electrical Properties of $\text{BiFeO}_3\text{--NdMnO}_3$ Solid Solutions / A.I. Klyndyuk, E.A. Chizhova // *Inorg. Mater.* – 2015. – Vol. 51. – P. 272–277.

Студ. В.О. Шалесная, студ. А.Д. Бирич
Науч. рук. зав. кафедрой, канд. хим. наук, доц. И.И. Курило
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА СПЛАВАХ МАГНИЯ НА ОСНОВЕ PLA

Использование в медицинской практике биорезорбируемых имплантационных материалов на основе сплавов магния позволит избежать необходимости повторного хирургического вмешательства с целью удаления металлического имплантата, что ускорит процесс восстановления после травмы и сократит реабилитационный период пациентов. Однако без дополнительной обработки магний в биологических средах подвергается быстрой коррозии, что может приводить к нарушению механической целостности имплантата до того, как произойдет заживление кости. Целью работы было исследование защитных свойств биоразлагаемых биосовместимых полилактидных покрытий на сплавах магния WE43.

При нанесении на поверхность исходного и фосфатированного образцов сплава пленки полилактида методом окунания в 5% раствор полилактида в хлороформе формируются однородные и бездефектные полимерные покрытия (PLA), толщина которых составляет около 20 мкм, а элементный состав не зависит от исходного состояния подложки. Методом линейной вольтамперометрии были получены поляризационные кривые (ПК) образцов в растворе Хэнка. Установлено, что нанесение на поверхность сплава WE43 полимерного покрытия PLA в начальный момент времени приводит к снижению его скорости коррозии в растворе Хэнка в ≈ 100 раз. Однако из-за высокой водопроницаемости и низкой адгезии к подложке покрытие PLA не обеспечивает длительной защиты магниевых сплавов от коррозии. Был предложен способ получения на сплаве магния биосовместимых двухслойных покрытий с внутренним фосфатсодержащим слоем и внешним биополимерным слоем PLA. Формирование внутреннего слоя проводили методом нанесения на поверхности образцов конверсионных фосфатсодержащих покрытий, которые на порядок снижают скорость коррозии сплава.

Полученные двухслойные покрытия позволяют снизить скорость коррозии сплава магния более чем в 2000 раз и обеспечить долговременную антикоррозионную защиту сплавов магния в физиологических средах. Покрытия могут быть рекомендованы для разработки биоразлагаемых имплантационных материалов.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ФОСФАТСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ НА СПЛАВАХ МАГНИЯ WE43

Несмотря на огромный потенциал магния и его сплавов как материала для получения биоразлагаемых имплантатов, их широкое применение ограничено ввиду быстрой и неконтролируемой деградации в биологических средах, сопровождающейся высвобождением водорода, а также неоднородной степенью разрушения с образованием локальных дефектов. Одним из способов повышения коррозионной устойчивости сплавов магния является нанесение на их поверхность кальций-фосфатных, биополимерных и других функциональных покрытий, характеризующихся высоким биологическим сродством к нативной кости и обеспечивающих биосовместимость, а также контролируемую скорость биodeградации.

Целью работы являлось получение фосфатных конверсионных покрытий на сплаве магния WE43 и изучение их фазового состава, структуры и защитных свойств.

Формирование конверсионных фосфатсодержащих покрытий на поверхности образцов осуществляли в течение 30 мин при температуре 50 °С в растворах следующих составов, моль/дм³: H_3PO_4 – 0,2; $\text{Me}(\text{NO}_3)_2$ (где Me – Mg, Ca и Zn) – 0,4; 2M NaOH – до pH 2,8.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что в растворах фосфатирования формируются покрытия на основе гидрофосфатов: $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (MgP) и $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (CaP), а также фосфата цинка – $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ZnP).

Установлено, что наиболее однородной и мелкозернистой структурой характеризуются покрытия CaP и MgP. Покрытия ZnP имеют игольчатую и крупнокристаллическую структуру и характеризуются наличием большого количества трещин и отслоений.

Методами линейной вольтамперометрии изучены защитные свойства сформированных на его поверхности конверсионных фосфатсодержащих покрытий. Установлено, что защитный эффект синтезированных фосфатсодержащих покрытий уменьшается в ряду CaP (93%) > MgP (72%) > ZnP (7%). Наиболее высокий защитный эффект покрытия на основе гидрофосфата кальция обусловлен однородной и бездефектной структурой сформированного конверсионного слоя. При этом наблюдается снижение скорости коррозии исследуемого сплава в растворе Хэнка практически в 10 раз.

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ PLA-БИОСТЕКЛА НА ФОСФАТИРОВАННЫХ СПЛАВАХ МАГНИЯ

Несмотря на огромный потенциал магния и его сплавов как материала для получения биоразлагаемых имплантатов, его применение ограничено ввиду быстрой и неконтролируемой деградации в биологических средах, сопровождающейся высвобождением водорода, а также неоднородной степенью разрушения с образованием локальных дефектов. Для решения этой проблемы на поверхность сплава магния наносят различные функциональные покрытия [1].

Целью работы являлось получение на фосфатированном сплаве магния WE43 композиционного покрытия на основе полилактида, модифицированного полидисперсными частицами биостекла.

Покрyтия получали путем окунания предварительно фосфатированных образцов сплава магния WE43 в 5 % раствор полилактида (PLA) в хлороформе, содержащий 1, 3 и 6 мас. % порошка биоактивного стекла, синтезированного на основе системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ с последующей модификацией оксидами Nb_2O_5 , TiO_2 и CeO_2 . Скорость извлечения образцов из суспензии составляла 60 мм/мин, сушку образцов осуществляли в течении 48 ч при комнатных условиях.

Модификация полилактидного покрытия полидисперсными частицами биостекла способствует формированию композиционного полимерного покрытия толщиной около 20 мкм с включениями размером 10–50 мкм. Установлено, что наиболее качественные покрытия формируются при использовании раствора полилактида, содержащего 3 мас. % частиц биостекла.

Электрохимические исследования коррозии образцов позволили установить, что модификация полилактидной матрицы частицами биостекла приводит к смещению потенциала коррозии образца в область электроотрицательных значений на 250 мВ и незначительному снижению (на 10 %) защитных свойств покрытий. При этом наблюдается повышение шероховатости и неоднородности покрытия, что будет положительно влиять на процесс остеоинтеграции костной ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maier P., Hort N. Magnesium Alloys for Biomedical Applications /
P. Maier // Magnesium Biomat. – 2020. – Vol. 10. – P. 2–4.

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА НА СПЛАВЕ МАГНИЯ AZ91

В биоинженерии ортопедических имплантатов в последние годы повышенный интерес проявляют к разработке биоразлагаемых материалов на основе сплавов магния. Для обеспечения контролируемой скорости биodeградации поверхность магниевых сплавов подвергают различным способам модификации. Наиболее эффективным способом повышения антикоррозионных свойств магния является плазменно-электролитическое оксидирование (ПЭО). Нанесение на анодно-оксидный слой биополимера хитозана позволяет не только повысить коррозионную устойчивость материала в биологических средах, но и увеличить его антибактериальные свойства.

Цель работы заключалась в исследовании антибактериальной активности композиционных покрытий ПЭО|хитозан на сплаве магния AZ91.

ПЭО образцов проводили осуществляли в пиррофосфатном электролите в импульсном режиме при анодной плотности тока импульса 20 А/дм² и длительности обработки 300, 450 и 600 с. Хитозановое покрытие на оксидированные образцы наносили электрохимически при постоянном напряжении 30 В в течение 240 с.

В качестве тест-микроорганизмов для исследования антимикробной активности использовали штаммы бактерий *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ATCC 8739. Установлено, что все исследуемые образцы проявляют высокие антибактериальные свойства по отношению к исследуемым штаммам бактерий, что обусловлено относительно высокими скоростями коррозии сплава магния AZ91 в жидких биологических средах и увеличением pH среды на границе раздела фаз электрод|электролит. При этом после испытаний микробная концентрация lg КОЕ/мл штамма бактерий *E. coli* ATCC 8739 в среднем $\approx$ в 1,6 раз ниже, чем концентрация *S. aureus* ATCC 6538.

Полученные результаты антимикробных испытаний коррелируют с результатами электрохимических испытаний коррозионных свойств исследуемых образцов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта
Министерства образования Республики Беларусь 25-034.

ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПЭО\ХИТОЗАН НА МАГНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Современные исследования демонстрируют растущий интерес к применению сплавов магния в биомедицине, обусловленный выдающимися механическими характеристиками и биологической совместимостью. Тем не менее, интенсивная коррозия в физиологических средах препятствует широкому внедрению магниевых сплавов в биоинженерию. Одним из ключевых направлений в решении этой проблемы выступает инженерия поверхности, направленная на управление процессами биокоррозии и улучшение эксплуатационных свойств материалов.

Цель работы – исследование скорости коррозии композиционных покрытий ПЭО\хитозан в модельной физиологической жидкости электрохимическими методами.

Плазменно-электролитическое оксидирование (ПЭО) проводили в импульсном режиме (скважность 2, частота 2 Гц) при анодной плотности тока 20 А/дм² в течение 300, 450 и 600 с. В качестве катода использовали нержавеющую сталь Х18Н9Т, площадь анода составляла 1,0 см². Обработку осуществляли в пирофосфатном электролите (10 г/дм³ Na₄P₂O₇; 1 г/дм³ NaOH).

На оксидированные образцы электрохимически наносили хитозан из электролита следующего состава, г/дм³: этанол – 474; хитозан – 5; уксусная кислота – 0,3.

Защитные свойства полученных покрытий оценивали в модельной физиологической жидкости (раствор Хэнка) с использованием потенциостата/гальваностата AUTOLAB PGSTAT в трехэлектродной электрохимической ячейке. Скорость коррозии оценивалась методом линейной вольтамперометрии. Согласно результатам исследований установлено, что осаждение низкомолекулярного хитозана на образцы сплава серии AZ после ПЭО способствует снижению скорости коррозии. Наименьшими значениями плотности тока коррозии (8,08 мкА/см²) характеризуются образцы AZ91 после ПЭО в течение 450 с и последующего нанесения хитозана. Таким образом, модификация поверхности магниевого сплава покрытием ПЭО\хитозан позволяет снизить скорость коррозии примерно в 10 раз по сравнению с чистым сплавом AZ91.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Министерства образования Республики Беларусь 25-034.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЦИВИЛИЗАЦИЯ: СОХРАНИТСЯ ЛИ ЧЕЛОВЕК В ЦИВИЛИЗАЦИИ БУДУЩЕГО?

В последние десятилетия человечество переживает беспрецедентный технологический скачок, который не только трансформирует общественные структуры, но и ставит под вопрос фундаментальные аспекты человеческой идентичности. Возникает насущный вопрос: сохранится ли человек в привычном понимании в условиях стремительного развития технологий, глобализации и изменения окружающей среды? Рассмотрение данного вопроса требует междисциплинарного подхода, объединяющего философию, этику, социологию, науку и технологические исследования. Альтернативная цивилизация – это концепция, рассматривающая возможные пути развития человечества в условиях новых реалий.

Возможно ли в принципе предсказывать будущее? Учёные утверждают что, если в конкретный момент мы знаем положение и скорость всех частиц во Вселенной, то можно вычислить их поведение в любой момент прошлого и будущего. Однако, Принцип неопределенности Гейзенберга указывает на то, что невозможно одновременно точно определить положение и импульс частицы, что накладывает ограничения на точность наших предсказаний на микроскопическом уровне. [1]

Философский анализ предсказания будущего затрагивает вопросы экзистенциального характера. Стоит ли стремиться к детальному прогнозированию, или важнее сосредоточиться на способности адаптироваться к изменениям? Несмотря на шансы «угадать» некоторые события, человеческая возможность влиять на будущее через принятие решений остаётся главным фактором, который нельзя полностью свести к формальным законам. Попытки манипулировать будущим могут породить как положительные, так и опасные последствия, связанные с нарушением естественного хода развития общества. Важно сохранить баланс между наукой, этикой и культурными ценностями.

Рассмотрим основные угрозы.

Технологический прогресс. Технологии играют ключевую роль в формировании будущего общества. За последние десятилетия мы стали свидетелями значительных достижений в области биотехнологий, искусственного интеллекта, робототехники и квантовых вычислений.

Технологии открывают огромные возможности, но также несут в себе риски. Искусственный интеллект, биотехнологии и нанотехнологии могут привести к созданию оружия массового уничтожения нового поколения. Вопрос контроля над этими технологиями становится критически важным. Возможный конфликт между людьми и сверхразумными машинами также представляет серьезную угрозу.

Экологические вызовы и устойчивость. Экология становится одним из главных факторов, определяющих выживание цивилизации. Изменение климата, истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды требуют от нас радикальных изменений в образе жизни и производственных процессах. Альтернативная цивилизация должна будет найти способы сосуществования с природой, используя возобновляемые источники энергии, внедряя принципы циркулярной экономики и развивая устойчивые сельскохозяйственные практики. Глобальное потепление, таяние ледников, повышение уровня моря и экстремальные погодные явления уже сегодня оказывают разрушительное воздействие на экосистемы планеты. Если темпы выбросов парниковых газов не снизятся, через 300 лет мир может столкнуться с катастрофическими последствиями: засухи, наводнения, исчезновение видов животных и растений, нехватка продовольствия и воды.

Космические угрозы. Вселенная — жестокое место. Звезды поглощают планеты, сверхновые звезды испускают в пространство смертоносное излучение, черные дыры сталкиваются, астероиды носятся со скоростью в десятки километров в секунду. Хотя вероятность столкновения Земли с крупным астероидом или кометой невелика, такие события могут произойти. Астрономические исследования показывают, что наша планета уже переживала подобные катаклизмы в прошлом. На данный момент учёные изучают возможные способы предотвращения катастрофы в таком случае, но они не проверены на практике и не дают никакой гарантии спасения. Это не научная фантастика, это гарантировано физическими законами и теорией вероятности. [1]

Ядерная угроза. Ядерная угроза представляет собой одну из самых серьёзных опасностей для существования человеческой цивилизации. Она включает в себя риск применения ядерного оружия в военных конфликтах и потенциальные катастрофы, связанные с авариями на ядерных объектах. Современные геополитические конфликты и рост напряжённости между ядерными державами увеличивают вероятность случайного или преднамеренного применения ядерного оружия.

Пандемии. Человечество неоднократно сталкивалось с эпидемиями и пандемиями, такими как чума, испанский грипп и COVID-19. С увеличением плотности населения и глобализацией риски распространения инфекционных заболеваний возрастают. Будущие пандемии могут быть еще более смертоносными, особенно если человечество не сможет разработать эффективные методы профилактики и лечения.

Влияние искусственного интеллекта. Системы искусственного интеллекта несут с собой массу соблазнов, реализация которых может сделать человека «ненужным». Возникает опасность «расчеловечивания» человека. Другая опасность состоит в том, что ИИ будет определять и оценивать людей по заданным параметрам. Еще один соблазн ИИ, а именно передача роботам трудовых функций, чреват появлением глобального хаоса.

Возможные сценарии и пути решения этих проблем.

Развитие устойчивых технологий. В условиях «новой реальности» биотехнология заняла лидирующие позиции в сфере естествознания и техно-науки, любые научно производственные действия людей могут повлечь за собой угрозу жизни на Земле. Человечество все более осознает хрупкость жизни и угрозы биосфере, исходящие от неподконтрольного развития технологий. Переход на экологически чистые источники энергии, разработка эффективных методов переработки отходов, внедрение принципов устойчивого развития помогут снизить нагрузку на природу и уменьшить экологические риски. [2]

Международное сотрудничество. Решение глобальных проблем возможно только через объединение усилий всех стран мира. Создание международных организаций, направленных на борьбу с изменением климата, предотвращение войн и распространение знаний, станет ключевым фактором выживания человечества и поспособствует выравниванию уровней развития. [2]

Сценарии нашего будущего могут быть разные:

Оптимистический сценарий. В этом сценарии человечество успешно справляется с технологическими и экологическими вызовами. Мы достигаем устойчивого баланса между развитием технологий и охраной природы. Культурные различия сохраняются и обогащаются благодаря взаимному уважению и сотрудничеству. Человечество выходит на новый уровень межпланетарного взаимодействия, осваивает другие планеты и расширяет границы своего существования.

Пессимистический сценарий. Этот сценарий предполагает, что человечество не сможет справиться с экологическим кризисом и

технологической гонкой вооружений. Конфликты, вызванные борьбой за ресурсы, приводят к разрушению цивилизации. Человеческий вид оказывается на грани вымирания, и лишь небольшие группы людей смогут выжить в постапокалиптическом мире.

Смешанный сценарий. Здесь сочетаются элементы оптимизма и пессимизма. Некоторые регионы мира достигают высокого уровня технологического и социального развития, тогда как другие страдают от бедности и экологических катастроф. Цивилизация делится на различные уровни, где одни живут в комфорте и безопасности, а другие борются за выживание.

Заключение. Альтернативная цивилизация будущего зависит от множества факторов, включая технологические инновации, экологическую устойчивость и социальные преобразования. Человечество стоит перед выбором: либо оно найдет путь к гармоничному развитию, либо окажется в состоянии кризиса.

Для успешного перехода к новой форме цивилизации необходимы международные усилия, направленные на сохранение культурных ценностей, защиту окружающей среды и справедливое распределение ресурсов. Философия учит нас, что знание будущего, пусть и в виде вероятностных предположений, должно служить инструментом для осмысленного выбора, а не заменой ответственности за происходящие события.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краткие ответы на большие вопросы / Стивен Хокинг; [пер. с англ. С. Бавина]. – Москва: Эксмо, 2020. – 115-208 сс.
2. Фролова М. И. Альтернативы цифровизации: сохранится ли человек в цивилизации будущего? // Человек: Том 35 № 1 (2024).

УДК 324

Студ. А.Р. Пасюкова

Науч. рук. доц. П.М. Бурак
(кафедра философия и права, БГТУ)

НАУКА И ФИЛОСОФИЯ О ФРАКТАЛЬНОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ БЫТИЯ

Фрактальная самоорганизация представляет собой один из фундаментальных принципов, лежащих в основе устройства мироздания. Фракталы – это геометрические структуры, обладающие свойством самоподобия: их части, повторяют целое в различных

масштабах, создавая сложные паттерны, которые можно наблюдать при любом увеличении.

Это явление, впервые систематически исследованное математиком Бенуа Мандельбротом в 1970-х годах, вышло далеко за рамки чистой математики, став ключевым объектом изучения в физике, биологии, экономике и даже социальных науках.

Суть фрактальности проявляется в способности природных, социальных и технологических систем воспроизводить сходные структуры на разных уровнях – от атомарных взаимодействий до галактических кластеров, от клеточных мембран до экосистем, от индивидуального поведения до глобальных сетевых процессов. Такое масштабируемое подобие указывает на глубинную связь между хаотической динамикой и упорядоченностью, между случайностью и закономерностью.

Философское осмысление фрактальной самоорганизации ставит вопросы о единстве мироздания, о природе сложности и простоте скрытых правил, порождающих бесконечное разнообразие форм. Если мир действительно структурирован фрактально, то это означает, что за кажущимся хаосом скрывается универсальный алгоритм бытия – от микро- до макрокосмоса.

С философской точки зрения, фрактальность бросает вызов традиционным представлениям о простоте и сложности, предлагая принципиально новый взгляд на организацию реальности. Как отмечал российский философ Дмитрий Плесецкий в своей работе "Фрактальная онтология", "фрактальная организация бытия свидетельствует о глубинном единстве всех уровней реальности, где каждая часть содержит в себе целое, а целое проявляется в каждой части". Этот взгляд удивительным образом перекликается с древними философскими концепциями – от платоновских идей и аристотелевской концепции энтелехии до лейбницевских монад, получая при этом строгое научное обоснование в современных теориях сложных систем.

Фрактальность как феномен обладает несколькими ключевыми характеристиками, которые делают ее универсальным языком описания реальности. Во-первых, это свойство самоподобия – способность сохранять структурное единство при любом масштабе рассмотрения. Во-вторых, это дробная размерность – математическая характеристика, описывающая степень сложности и "изрезанности" объекта. В-третьих, это рекурсивность – способность генерировать сложные структуры через повторение простых правил. Эти свойства в совокупности создают ту удивительную гармонию, которую мы

наблюдаем в природных системах, и которая все чаще сознательно воспроизводится в технологических разработках.

Философское значение фрактальности трудно переоценить. Она предлагает решение одной из центральных проблем философии – проблемы соотношения части и целого. В традиционной философии это соотношение понималось либо как примат целого над частями (холизм), либо как редукция целого к сумме частей (механицизм). Фрактальный подход снимает это противоречие, показывая, что часть и целое находятся в отношении взаимного отражения и взаимного порождения. Как отмечал Эдгар Морен, "фрактальность – это не просто геометрическое свойство, а фундаментальный принцип организации сложных систем, где уровни реальности не сводятся друг к другу, но отражают друг друга" [1].

Особую глубину фрактальному подходу придает его связь с концепцией самоорганизации, разрабатываемой в синергетике. Нобелевский лауреат Илья Пригожин показал, что сложные системы вдали от равновесия спонтанно формируют упорядоченные структуры, причем эти структуры часто обладают фрактальными свойствами. Это наблюдение позволяет по-новому взглянуть на проблему возникновения порядка из хаоса - одну из центральных проблем как науки, так и философии [2]. Фрактальность оказывается тем "мостиком", который соединяет детерминизм и случайность, порядок и хаос, необходимость и возможность.

Фрактальный подход в современной науке раскрывает глубинные принципы организации материи, жизни и разума, демонстрируя удивительное единство законов на всех уровнях реальности. В физике элементарных частиц фрактальные структуры проявляются в квантовой пене пространства-времени, где при сверхмалых масштабах возникает дробная размерность. Квантовая запутанность напоминает фрактальные связи, простирающиеся через различные масштабы бытия. В термодинамике неравновесных процессов фрактальные паттерны спонтанно возникают в точках перехода между порядком и хаосом, что особенно ярко проявляется в химических реакциях Белоусова-Жаботинского, где сложные волновые структуры демонстрируют свойства самоподобия.

Представьте, что наш мозг устроен по тому же принципу, что и ветвистое дерево или извилистая река. Маленькие группы нейронов повторяют структуру целых отделов мозга – как веточка напоминает по форме всё дерево. Именно благодаря такой "матрёшечной" организации мы можем одновременно думать о глобальном и деталях, переключаться между абстрактными идеями и конкретными образами.

Удивительно, но даже наша память и творчество работают по фрактальному принципу. Если измерить их активность во времени, получится не хаотичный график, а особая ритмичная структура с показателем 0,75 по шкале Херста. Это как золотая середина: достаточно стабильно, чтобы сохранять информацию, но достаточно гибко, чтобы адаптироваться к новому.

Для сравнения: 0,5 – это полный хаос (как броуновское движение пылинок), а 1 – жёсткая предсказуемость (как метроном). Тот же узор повторяется в природе. Леса, коралловые рифы и степи достигают идеального баланса, когда их "извилистость" оценивается в 1,7-1,9 по шкале фрактальной размерности. Если представить: 1 – это прямая дорога, 2 – сплошное пятно, то 1,8 – это как раз оптимальная сложность ветвящихся структур. Речные системы с показателем 1,6-1,8 наиболее эффективно переносят воду и питательные вещества.

Получается, природа миллионы лет оттачивала эти формулы, а теперь мы обнаруживаем их и в работе мозга, и в устройстве экосистем. Это как универсальный рецепт гармонии – не слишком жёсткий, не слишком хаотичный, а ровно такой, чтобы система могла и развиваться, и сохранять устойчивость. Понимая эти принципы, мы можем создавать более совершенные технологии и решать экологические проблемы, учась у самой природы. Современные технологические системы неосознанно воспроизводят фрактальные принципы, выработанные природой за миллионы лет эволюции. Интернет как глобальная коммуникационная сеть обладает scale-free топологией с характерными фрактальными свойствами. Блокчейн-технологии используют фрактальные криптографические алгоритмы для обеспечения безопасности. В урбанистике города с оптимальной фрактальной размерностью инфраструктуры около 1.7 демонстрируют повышенную устойчивость к кризисам и катастрофам. Искусственные нейронные сети заимствуют фрактальные принципы организации у биологических прототипов, что обеспечивает их адаптивность и способность к обучению.

Фрактальная парадигма предлагает принципиально новый взгляд на проблему единства научного знания. Она создает концептуальный мост между физикой и биологией, между естествознанием и гуманитарными науками. В эпоху антропоцена, когда человеческая деятельность становится геологическим фактором, фрактальный подход помогает понять глубинные связи между технологическими системами и природными процессами. Он дает не только новые методы исследования, но и новое мировоззрение, в

котором сложность и многообразие мира предстают как проявления единых организационных принципов.

Философское осмысление фрактальности приводит нас к принципиально новому пониманию классических проблем. Фрактальный подход предлагает оригинальное решение проблемы части и целого, показывая, что часть может содержать в себе целое (голографический принцип), раскрывает диалектику простого и сложного, демонстрируя, как сложные структуры возникают из повторения простых правил, и снимает противоречие между детерминизмом и случайностью через концепцию "детерминированного хаоса". Концепция Д. Плесецкого о "фрактальной онтологии" развивает эти идеи, рассматривая реальность как иерархию самоподобных уровней организации, где фрактальность выступает не как математическая абстракция, а как фундаментальное свойство бытия, проявляющееся от квантовых процессов до структуры Вселенной. [3] Эта парадигма находит практическое применение в различных областях: в урбанистике – при проектировании более удобных и устойчивых городских пространств, в медицине – при анализе фрактальных характеристик биологических сигналов (ЭЭГ, ЭКГ), в экологии – для прогнозирования динамики экосистем, в технологиях – для создания более эффективных вычислительных систем. Фрактальная парадигма продолжает развиваться, предлагая уникальный междисциплинарный инструмент познания в эпоху возрастающей сложности и неопределенности, раскрывая глубинное единство природных, социальных и технологических систем и открывая новые перспективы для создания устойчивых систем будущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мандельброт Б.Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 65 с.
2. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
3. Плесецкий Д.А. Фрактальная онтология: единство микро- и макрокосмоса. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2015. – 328 с.

УДК 316.648.43

Студ. М.А. Желдакова, Я.А. Лагун
Науч. рук. доц. П.М. Бурак
(кафедра философии и права, БГТУ)

ТЕНДЕНЦИИ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ЗДОРОВЬЕМ СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЁЖИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПАНСИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рост экспансии цифровых технологий оказывает двоякое влияние на здоровье – с одной стороны, предоставляет возможности для самовыражения и коммуникации, с другой – способствует появлению манипулятивных форм воздействия на психику молодежи.

1. Манипуляция через визуальные и информационные образы Социальные сети способствуют созданию и распространению идеализированных образов внешности и стиля жизни, что ведет к самообъективации, снижению самооценки и даже развитию расстройств пищевого поведения.

2. Несбалансированное потребление цифровых медиа Чрезмерное взаимодействие с онлайн-контентом может привести к интернет-зависимости, изоляции и недостаточному развитию навыков реального межличностного общения.

3. Нарушения в коммуникационных моделях Преобладание сетевой коммуникации и асинхронного общения снижает возможности для полноценного вербального, невербального и паравербального взаимодействия, отрицательно влияя на эмоциональный интеллект и способность к эмпатии.

4. Риски для социальной адаптации Отсутствие реальных социальных контактов приводит к развитию межличностных конфликтов, агрессии, затруднениям в командной работе и проблемам в семейных и дружеских отношениях.

5. Особенности сетевого взаимодействия Анонимность, мультиканальность и изменённая невербальная коммуникация в интернете позволяют гибко управлять своей виртуальной идентичностью, но одновременно способствуют развитию кибербуллинга, стереотипизации и асоциального поведения.

6. Физическая сторона проблемы Увеличение времени, проводимого за экранами, ведет к снижению физической активности, что негативно сказывается как на физическом, так и на психоэмоциональном состоянии молодых людей.

7. Необходимость баланса между офлайн и онлайн Реальное социальное общение, которое включает личностные контакты, взаимодействие вне зоны контроля взрослых и участие в коллективных активностях, является незаменимым для формирования навыков самостоятельного принятия решений, регуляции конфликтов и развития эмоционального интеллекта.

8. **Образовательные и профилактические меры** Важность формирования критического мышления и медиаграмотности через образовательные программы, направленные на осознание рисков цифровых технологий и развитие навыков эмоциональной саморегуляции.

9. **Стратегии снижения негативного влияния цифровых технологий** Разработка рекомендаций по балансированию времени онлайн и офлайн, формирование здоровых цифровых привычек (цифровой детокс), активизация физической активности и создание безопасных онлайн-сообществ.

10. **Роль родителей, педагогов и общественных институтов** Для формирования устойчивых позитивных цифровых стратегий важно, чтобы родители, образовательные учреждения и государственные органы участвовали в создании открытых и поддерживающих информационных и эмоциональных пространств для молодежи.

11. **Непрерывный мониторинг и междисциплинарные исследования** Постоянное наблюдение и анализ влияния цифровых технологий на психику молодых людей, а также проведение дополнительных исследований, помогут корректировать меры профилактики и адаптировать стратегии воспитания и поддержки.

12. **Интеграция традиционных культурных элементов** Использование традиционных ценностей и компонентов (например, элементов белорусского дизайна, принципов биофильного подхода) в цифровых пространствах может способствовать созданию более “человечного” и гармоничного онлайн-окружения, поддерживающего психическое здоровье.

УДК 111.8:378

Студ. Н.Д. Гринюк
Науч. рук. доц. П.М. Бурак
(кафедра философии и права, БГТУ)

МОЖЕТ ЛИ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПОДЧИНИТЬ ЧЕЛОВЕКА

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) выводит его за пределы инструмента, превращая в автономного участника социальных процессов. ИИ влияет на повседневные решения, поведение и ценностные ориентиры человека, что ставит под сомнение традиционные представления о свободе воли, субъектности и морали [1].

Исторически разум рассматривался как уникальная способность человека: от античных концепций Платона и Аристотеля до картезианского разделения духа и материи. С появлением вычислительных машин и кибернетики возникает возможность технического моделирования разума, что радикально меняет философскую перспективу [2]. В этих условиях встает вопрос: остаётся ли человек автономным субъектом в эпоху ИИ или постепенно подчиняется алгоритмическим системам [3]? Цель исследования – философский анализ процессов подчинения человека интеллектуальным технологиям и поиск возможностей для сохранения свободы и ответственности в цифровую эпоху.

Подчинение в философском контексте – это не только прямое принуждение, но прежде всего утрата автономии, способности самостоятельно определять свои цели и нормы. Согласно Канту, автономия является основой моральной свободы; её утрата приводит к включению человека в чужие системы целей.

Современные алгоритмы действуют через мягкий контроль: они формируют предпочтения и поведение без открытого насилия, что напоминает концепцию биовласти у Фуко. ИИ управляет вниманием и желаниями, незаметно подменяя человеческий выбор [4].

Проблема усиливается феноменом цифрового отчуждения: человек создаёт системы, которые затем формируют его повседневность, лишая инициативы и превращая в объект анализа и управления. Если ИИ берёт на себя функции мышления и оценки, возникает риск потери человеческой субъектности.

Таким образом, развитие ИИ вызывает новые, скрытые формы подчинения, которые подрывают автономию человека через незаметное изменение его восприятия, мышления и действий.

Искусственный интеллект остаётся техническим объектом: он лишён сознания, интенциональности и саморефлексии. Несмотря на сложность поведения, ИИ не обладает подлинным пониманием смысла и не может быть субъектом в классическом философском смысле.

Тем не менее, концепция сильного ИИ предполагает возможность появления машин, способных к самостоятельному целеполаганию [5]. Кроме того, даже без сознания ИИ уже сегодня влияет на коллективные решения, нормы и поведение, функционально выполняя субъектоподобные роли.

Таким образом, неопределённость статуса ИИ усиливает риск: человек воспринимает технологии как нейтральные, тогда как их влияние становится всё более глубоким и структурным.

Подчинение человека ИИ проявляется в алгоритмическом формировании предпочтений, цифровой зависимости, автоматизации решений в экономике и управлении, а также в системах социального контроля.

ИИ не навязывает решения напрямую, но незаметно перестраивает поведение и мышление людей, ограничивая их свободу через удобство, рекомендации и мягкое давление.

Эти процессы ведут к постепенной утрате критического мышления и способности к автономному выбору, превращая человека в объект алгоритмического управления [6].

Будущее взаимодействия человека и ИИ может развиваться по нескольким сценариям, каждый из которых несёт собственные риски и перспективы. Возможные сценарии развития отношений человека и искусственного интеллекта:

Полное подчинение. В этом сценарии человек передаёт ИИ принятие большинства решений, теряя способность к критическому мышлению и моральной рефлексии. Алгоритмы управляют поведением, контролируют социальные сферы, формируя «алгоритмическую диктатуру», основанную не на принуждении, а на незаметном управлении [7].

Козволюция и сотрудничество. Здесь ИИ рассматривается как инструмент расширения возможностей человека. Сохранение контроля над технологиями, прозрачность алгоритмов и приоритет этических принципов позволяют использовать ИИ для усиления автономии, а не её разрушения.

Техносимбиоз. Более радикальный путь предполагает слияние человека и машины через нейроинтерфейсы и усиление когнитивных способностей. Появляется постчеловек — кибернетическое существо, для которого границы между биологическим и цифровым утрачивают значение.

Ограничение и регулирование. Ответом на угрозы может стать сознательное замедление развития автономных ИИ-систем, введение международных норм и механизмов этического контроля [8]. Такой путь требует глобального сотрудничества и защиты базовых прав человека.

Человек перед вызовом искусственного интеллекта. Подчинение человека ИИ проявляется через постепенную утрату автономии: алгоритмы формируют внимание, поведение и предпочтения без явного принуждения. Главная угроза заключается не в активности ИИ, а в добровольном отказе человека от ответственности в пользу удобства и автоматизации [9]. Тем не менее, человек остаётся

носителем смыслов, способным к критическому мышлению и моральному выбору. Сохранение свободы требует развития цифровой осознанности, этики технологий и активного контроля над ИИ-системами. Будущее зависит от готовности человека защищать свою субъектность в цифровом обществе, сохраняя способность мыслить, сомневаться и выбирать в условиях стремительного технологического развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искусственный интеллект в современном обществе: шаги, вызовы, стратегии / В. А. Цвык, И. В. Цвык, Г. И. Цвык // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Философия. – 2024. – № 2. – С. 589–600.
2. Капитал. Т. 1 / К. Маркс. – М.: Политиздат, 1983.
3. Человеческое использование человеческих существ / Н. Винер. – М.: Наука, 1968.
4. Искусственный интеллект. Начало новой технологической революции / Р. С. Маков. – М.: Альпина Паблишер, 2022.
5. Суперинтеллект: пути, опасности, стратегии / Н. Бостром. – М.: Альпина нон-фикшн, 2016.
6. 21 урок для XXI века / Ю. Н. Харари. – М.: Синдбад, 2019.
7. Биолог спрогнозировал влияние ИИ на эволюцию человека [Электронный ресурс] / Р. Брукс // Hightech.plus. – 2024. – Режим доступа: <https://hightech.plus> – Дата доступа: 18.04.2025.
8. Совместимость: Как контролировать искусственный интеллект / С. Рассел. – М.: Альпина Паблишер, 2021.
9. Искусственный интеллект: философский анализ [Электронный ресурс] // Философия и социальные науки. – 2023. – № 3. – Режим доступа: <https://journals.bsu.by/index.php/philosophy/article/view/3930/5000> – Дата доступа: 18.04.2025.

УДК 316.773

Студ. Ю.В. Бровко
Науч. рук. доц. П.М. Бурак
(кафедра философии и права, БГТУ)

ИСТИНА И ЛОЖЬ В СОВРЕМЕННОЙ СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Современные цифровые технологии, включая социальные сети и мессенджеры, существенно ускоряют распространение дезинформации, значительно превышая скорость традиционных

каналов коммуникации. Это приводит к экспоненциальному росту объемов ложной информации и затрудняет её идентификацию. Вирусный характер распространения дезинформации способствует её быстрой интеграции в общественное сознание, даже при наличии опровержений, что создаёт иллюзию общественной поддержки ложных утверждений.

Анонимность и псевдонимность в интернете снижают ответственность за распространение ложной информации, поощряя создание и распространение дезинформационных кампаний. Экономические стимулы, такие как монетизация контента, мотивируют создание и распространение дезинформации, независимо от её правдивости. Низкий порог входа в производство и распространение контента в цифровом пространстве делает доступным создание и распространение дезинформации для широкого круга субъектов, включая отдельных лиц и организованные группы.

Алгоритмы персонализированной подачи информации в социальных сетях создают "эхо-камеры", усиливающие существующие убеждения пользователей и ограничивающие доступ к альтернативным точкам зрения. "Эхо-камеры" способствуют поляризации общества и затрудняют продуктивный диалог, усиливая экстремизм и радикализацию.

Фильтрационные алгоритмы, направленные на оптимизацию пользовательского опыта, могут невольно способствовать распространению дезинформации, выдвигая её на передний план. Отсутствие прозрачности в алгоритмах социальных сетей затрудняет понимание механизмов формирования информационного поля и затрудняет борьбу с дезинформацией.

Использование статистических данных и графической информации для создания ложного впечатления или искажения реальности стало распространенным инструментом дезинформации. Дипфейки и другие технологии создания реалистичной, но ложной визуальной информации представляют серьезную угрозу для доверия к информации и создают возможность для манипуляции общественным мнением. Сложность проверки достоверности визуального контента требует развития новых методов верификации и повышения медиаграмотности.

Социальные сети играют ключевую роль в формировании общественного мнения, но их децентрализованная природа делает невозможным эффективный контроль за достоверностью информации. Трудности в идентификации достоверных источников информации в интернете создают благоприятную среду для распространения дезинформации. Многие источники дезинформации преднамеренно маскируют свою принадлежность и предвзятость, затрудняя оценку

достоверности информации. Скорость распространения информации в сети не оставляет времени для тщательной проверки достоверности, что способствует распространению непроверенных данных.

Распространение концепции "постправды" приводит к снижению значимости фактов и объективной истины в пользу эмоций и личных убеждений. Дезинформация активно используется в качестве инструмента информационной войны, влияя на политические процессы, экономические отношения и социальную стабильность. Целенаправленные кампании по дезинформации могут быть использованы для манипулирования выборами, подрыва доверия к институтам власти и дестабилизации общественно-политической ситуации. Транснациональные и государственные факторы все чаще используют дезинформацию как инструмент внешней политики и геополитической борьбы.

Развитие критического мышления и медиаграмотности является ключевым фактором противодействия дезинформации и обеспечения информационной безопасности. Необходимость обучения населения навыкам проверки информации, идентификации источников и критического анализа контента становится все более актуальной. Обсуждение необходимости государственного регулирования онлайн-платформ и саморегулирования медиа остается актуальной проблемой, требующей взвешенного подхода. Поиск баланса между свободой слова и необходимостью защиты от дезинформации является сложной задачей, требующей международного сотрудничества и разработки эффективных механизмов регулирования.

Среди стратегий противодействия дезинформации выделяют:

- Развитие и внедрение технологий фактологической проверки информации и автоматического детектирования дезинформации;
- Создание и распространение достоверной информации через авторитетные и проверенные источники;
- Разработка и внедрение образовательных программ по медиаграмотности для разных возрастных групп;
- Повышение прозрачности алгоритмов социальных сетей и предоставление пользователям инструментов контроля за информационным потоком;
- Развитие сотрудничества между государствами, международными организациями и частным сектором для противодействия распространению дезинформации на международном уровне.

Проблема дезинформации является одним из главных вызовов современности, требующим комплексного подхода и сотрудничества всех заинтересованных сторон. Успешное противодействие дезинформации возможно только при условии развития

медиаграмотности населения, совершенствования технологий детекции и регулирования, а также международного сотрудничества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техносфера как фактор становления молодежи / М. Б. Завадский [и др.]. Минск: БГТУ, 2024. С. 45 – 48.
2. Роль информационных технологий во взаимодействии общества и государства / В. Е. Пузатко. Минск: БГТУ, 2021. С. 147 – 151
3. Информационное общество. Информационная безопасность. Информационные войны / А. А. Марков [и др.]. Санкт-Петербург: СПбГЭУ, 2019. 124 с.
4. Мир информации (история и перспективы) / Ф. П. Суханов. Москва: «Мысль», 1986. 204 с.
5. Техника дезинформации и обмана / Я. Н. Засурский. Москва: «Мысль», 1978. 246 с.

**Секция
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИКИ**

КОНСТРУКЦИОННОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЖИДКИХ СРЕД

Над решением задач конструкционного совершенствования оборудования для диспергирования компонентов (мелких твердых частиц или капель) в жидкостях усердно работают специалисты в сфере машиностроения, химической технологии и смежных областей для достижения следующих целей: 1) повышение эффективности процесса; 2) снижение энергозатрат и повышение производительности 3) продление срока службы оборудования 4) повышение надежности и точности процесса.

Такие улучшения особенно важны в следующих отраслях: химическая промышленность (равномерное распределение наполнителей, катализаторов или других добавок в жидкие компоненты); фармацевтика (при производстве суспензий и лекарственных эмульсий важно, чтобы активные компоненты равномерно распределялись в жидкости); косметология (для производства кремов, лосьонов и прочих смесей, где требуется стабильная текстура и консистенция); пищевая промышленность (для создания эмульсий, например, соусов или кремов, где важна однородная структура продукта) и др.

Для совершенствования конструкций диспергирующих устройств применяются такие методы, как: использование вычислительной гидродинамики (CFD-моделирование – Computational Fluid Dynamics modeling – внутри устройства позволяет определить оптимальные размеры, формы, углы рабочих поверхностей и др.); экспериментальное тестирование (проведение лабораторных испытаний с различными конфигурациями мешалок или лопастей для практического определения наиболее эффективной конструкции); анализ материалов (подбор более износостойких и коррозионностойких материалов для изготовления элементов устройства, что может увеличить срок службы оборудования); эргономика и практическая эксплуатация (учет удобства обслуживания, чистки и замены изношенных частей, что также влияет на общую эффективность работы).

Эти подходы в совокупности направлены на то, чтобы создать более эффективное, экономичное и надежное устройство для диспергирования твердых частиц в жидких средах или самих жидких сред, удовлетворяющее специфическим требованиям конкретного производства или отрасли.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ В СОПЛАХ ДЛЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ РЕЗКИ

Гидроабразивная резка (ГАР) – это высокоэффективная технология обработки материалов, основанная на использовании струи воды с добавлением абразивных частиц. Важнейшим элементом системы является сопло, в котором формируется высокоскоростная двухфазная струя. Моделирование гидродинамики в соплах позволяет оптимизировать процесс резки, повысить качество обработки и снизить энергозатраты.

Движение воды в сопле: Истечение воды через сопло описывается уравнениями Навье-Стокса с учетом сжимаемости и турбулентности. Используются модели турбулентности (k-ε, SST) для учета вязких эффектов и пограничного слоя.

Взаимодействие воды и абразива:

1. Моделирование двухфазных потоков (Euler-Lagrange или Euler-Euler подходы).
2. Учет ускорения абразивных частиц, их столкновений и трения.

Формирование струи:

1. Анализ влияния геометрии сопла (диаметр, конусность) на скорость и кинетическую энергию струи.
2. Исследование кавитационных эффектов и их влияния на стабильность струи.

Методы моделирования

1. CFD-моделирование (ANSYS Fluent, OpenFOAM) – наиболее распространенный подход.
2. Дискретные методы (DEM, SPH) для учета динамики частиц.
3. Экспериментальная верификация (PIV-визуализация, высокоскоростная съемка).

Современные методы моделирования гидродинамики в соплах ГАР позволяют оптимизировать конструкцию сопел, повысить эффективность резки и снизить износ оборудования. Дальнейшие исследования направлены на учет нестационарных эффектов и разработку адаптивных систем управления параметрами струи.

ЛИТЕРАТУРА

Бреховских Л.М., Гончаров В.В. Введение в механику сплошных сред (в приложении к теории волн). – М.: Наука, 1982. – 336 с.

GAS DYNAMIC IN THE D40 CYCLONE WITH IMPROVED EXHAUST PIPE

The study of how exhaust pipe geometry affects gas flow velocity is a critical task in aerodynamics and mechanical engineering. The shape and dimensions of the pipe can significantly influence flow characteristics, which in turn impacts the efficiency of engines and other gas exhaust systems.

Figure 1 illustrates the velocity contours of the gas flow for different geometric configurations of the exhaust pipe. The images show the velocity distribution in both cross-sectional and longitudinal sections of the pipe, allowing visualization of zones with maximum and minimum velocities, as well as areas of turbulence.

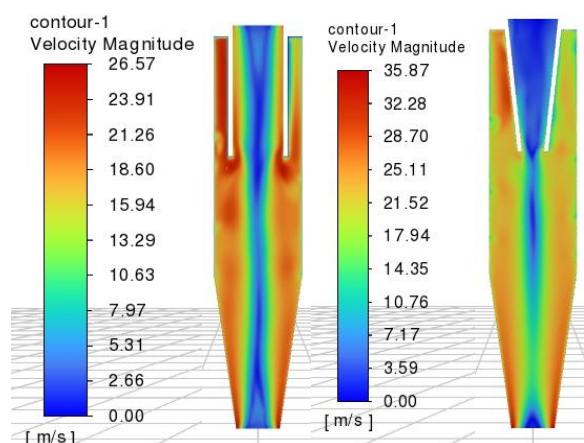


Figure 1 – Gas Flow Velocity Contours

The presented Figure 1 shows two gas flow velocity contours obtained through numerical simulation.

The pipe geometry directly affects flow velocity—narrowing or bends lead to an increase in maximum velocity (from 26.57 m/s to 35.87 m/s) and alter the flow behavior.

Energy losses – Regions with sharp velocity gradients (particularly near walls and bends) reduce system efficiency, necessitating design optimization.

ЛИТЕРАТУРА

Dziubak, T. Experimental Investigation of Possibilities to Improve Filtration Efficiency of Tangential Inlet Return Cyclones by Modification of Their Design. *Energies* 2022, 15, 3871. <https://doi.org/10.3390/en15113871>

МНОГОКРАТНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКЕ

В промышленности строительных материалов применяется большое разнообразие измельчающих машин. Их выбор для той или иной технологии обусловлен, прежде всего, механическими свойствами измельчаемого материала и требуемой крупностью готового продукта [1].

Не менее важным вопросом является снижение содержания переизмельченного материала в готовом продукте, поскольку его наличие, как правило, является негативным фактором [2]. Следует создавать условия щадящего нагружения, при котором минимально необходимая разрушающая нагрузка прикладывается к материалу необходимого количество раз. Такие конструкции известны, в основном, это мельницы ударного действия [2].

Цель нашей работы – организовать многократное измельчение отходов производства стройматериалов (керамического кирпича, плитки и ячеистого бетона) в валковой дробилке с целью их повторного использования. Известно, что валковые дробилки применяются для измельчения материалов мягких и средней твердости (глина, известняк, мел), а также материалов с повышенной влажностью.

Экспериментальные исследования показали, что для керамического кирпича и ячеистого бетона многократное измельчение вполне применимо. За 3-4 цикла крупность материала существенно уменьшается, при этом, как и предполагалось, в готовом продукте не накапливается избыточное количество мелких фракций.

Что касается боя керамической плитки, то этот материал оказался слишком прочным для измельчения в валковой дробилке. Крупность его при многократном воздействии менялась незначительно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учебник для вузов / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Альянс, 2014. – 367 с.
2. Левданский, Э.И. Ударное измельчение материалов и некоторые направления его дальнейшего совершенствования / Э.И. Левданский, А.Э. Левданский, П.С. Гребенчук // Химическая промышленность. – 2005. – Т. 82, № 12. – С. 617–626.

ПЕРЕМЕШИВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ В ДВУХВАЛЬНОМ СМЕСИТЕЛЕ

В настоящее время процесс приготовления однородных по составу смесей порошкообразных и зернистых материалов применяется во многих отраслях промышленности. не является исключением в этом плане и промышленность строительных материалов. в технологических процессах производства большинства строительных материалов, а также цемента, сухих строительных смесей, фарфора, фаянса и т . д. смесительные аппараты занимают одно из ответственных мест. во многих случаях процесс смешения является подчиненным, но, тем не менее, имеющим большое значение для основных технологических процессов и, в конечном счете, часто определяющим качество готовой продукции.

Основным рабочим органом двухвального лопастного смесителя непрерывного действия являются горизонтальные валы с лопастями, размещенные внутри корытообразного корпуса.

Лопатки смесителя нужны для перемещения и смешения различных веществ. На эффективность работы смесителя влияет форма, размер и угол расположения перемешивающей лопасти.

В смесителе для перемещения частиц в заданном направлении, интенсивного взаимодействия компонентов смеси, равномерного распределения веществ по всему объёму необходимо чтобы частицы двигались касательно, радиально и аксиально, т.е. в трех координатах.

Можно выделить два основных типа движения по лопатке:

1. Скольжение – когда частицы перемещаются вдоль поверхности лопатки под действием инерции силы тяжести.
2. Отбрасывание – при высокой скорости вращения частицы могут отрываться от лопатки, попадая в зону активного смешивания.

Значительное влияние на перемешивание оказывает линейная скорость лопатки. Если лопатка крутится слишком быстро, частицы могут столкнуться друг с другом, отбросить слишком далеко и смесь не перемешается.

Изучая движение частиц на лопатке смесителя, мы можем лучше понять, как работает смеситель.

Для повышения эффективности смешивания необходимо:

- подбирать оптимальную форму лопатки
- регулировать скорость вращения в зависимости от свойств смеси,
- учитывать коэффициент трения между частицами и материала лопатки.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF CONSTRUCTIVE IMPROVEMENT OF EQUIPMENT FOR HYDRODYNAMIC PROCESSING OF MATERIALS

Equipment for hydrodynamic processing of materials processing has been widely applied in multiple fields, including chemicals, pharmaceuticals, food, and environmental protection. The material processing often involves complex interactions between fluids and solids, or liquids and gases.

Traditional processing methods frequently suffer from low efficiency, high energy consumption, and operational complexity. Therefore, developing efficient and precise fluid dynamics processing equipment has become a key approach to improving production efficiency, reducing energy consumption, and enhancing product quality. Particularly in applications such as emulsification, dispersion, and homogenization, conventional equipment often faces the following issues:

Uneven Processing: Traditional equipment struggles to achieve efficient and uniform mixing, leading to unstable product quality.

High Energy Consumption: Many existing devices require high energy input, increasing production costs.

Complex Operations: Existing equipment is difficult to operate and maintain, requiring skilled technicians, which increases the production burden for enterprises.

To address these issues, the development of modern fluid dynamics processing equipment is gradually focusing on optimizing equipment structure, improving process flow, and adjusting fluid dynamics parameters to enhance processing efficiency and product quality.

In recent years, many new devices, such as high-pressure homogenizers, ultrasonic emulsifiers, and jet mixers, have emerged, offering higher processing efficiency, lower energy consumption, and more stable performance, which has driven the rapid development of fluid dynamics processing technology.

ЛИТЕРАТУРА

1. Petrov, O.A. Development of a Static Supercavitator with Minimal Cavitation Erosion / O.A. Petrov, V.I. Kozlovskiy, D.N. Borovskiy // Oil and Gas Chemistry – 2022: Proceedings of the V International Scientific and Technical Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing, Minsk, November 2-4, 2022. – Minsk: BSTU, 2022. – Pp. 238-242.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ДИМЕРИЗАЦИИ ПРОПИЛЕНА

При димеризации пропилена используются насосные агрегаты Р-101 А/В и Р-106 А/В типа VLT 2x9x11 производства «Ruhrumpren GmbH» для подачи сырья в установку, представляющие собой многоступенчатые вертикальные полупогружные насосные агрегаты, изготовленные согласно требований API 610.

Средний эксплуатационный (безаварийный) пробег данных насосных агрегатов составляет 2500-3000 ч. Выход из строя данных насосных агрегатов сопровождается критическим падением расхода и давления нагнетания, появлением вибрации и постороннего шума. Снижение рабочих характеристик данных насосных агрегатов приводит к невозможности ведения регламентного технологического процесса и остановке установки, что в свою очередь значительно влияет на экономические показатели по выпуску продукции.

Насосные агрегаты оборудованы системой вибромониторинга. Однако из-за конструкции насосного агрегата датчики системы на корпусе расположены не оптимально и соответственно работа системы не отличается высокой точностью. С момента пуска установки по настоящее время ремонт насосных агрегатов Р-101 А/В и Р-106 А/В проводился 28 раз.

Выявлен повышенный износ щелевых уплотнений корпуса, рабочего колеса, межступенчатых втулок и дроссельной втулки, втулки подшипника, разрушение пленок втулок, а также износ шейки вала. При проведении балансировки вала выявляется его прогиб на станке до 0,5 мм.

В настоящее время, технические специалисты производства, совместно с конструкторами и технологами компании ЗАО «Бобруйский сборочно-механический завод» ведут реинжиниринг всех составных деталей проточной части данных насосных агрегатов с целью ликвидации «слабых мест» в оборудовании путем изменения конструкции деталей и узлов, применения более прочных материалов, повышения износостойкости поверхности деталей, повышения ремонтопригодности и снижения трудозатрат на обслуживание оборудования, с сохранением совместимости и работоспособности проектируемых деталей и узлов в составе действующего оборудования при сохранении существующих эксплуатационно-технических параметров.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО КИСЛОРОДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «КРИОН»

Для получить O_2 используют 2 метода: из воздуха путем сжатия и разделения; из воды с применением электролиза и разложением молекул воды на водород и кислород. Метод получения кислорода из воздуха считают более экономичным. При производстве 1 м^3 технического кислорода из воздуха расход электричества составит $0,5\text{--}1,5\text{ кВт/ч}$, а при электролизе — $10\text{--}20\text{ кВт/ч}$. Разница больше, чем в 10 раз.

Основным аппаратом для получения технического жидкого кислорода является колонна низкотемпературной ректификации, предназначенная для разделения охлажденного жидкого воздуха на кислород, азот и аргонную фракцию. Основной целью процесса является получение технического кислорода концентрации $99,7\text{--}99,8\%$.

Процесс начинается с подачи жидкого воздуха из основного теплообменника в сборник, после чего он распределяется по различным колоннам системы. В нижней колонне происходит предварительное разделение воздуха, где образуется кубовая жидкость, грязная азотная флегма и чистый газообразный азот. Кубовая жидкость проходит этап переохлаждения и направляется в верхнюю колонну, обеспечивая дальнейшее разделение компонентов.

Грязная азотная флегма, содержащая кислород в пределах $0,27\text{--}1,0\%$, также подвергается обработке и подается в верхнюю колонну, либо направляется в конденсатор колонны чистого аргона. Газообразный азот, выделенный в процессе, конденсируется благодаря кипению жидкого кислорода верхней колонны. Полученный жидкий азот подвергается переохлаждению и далее его часть выводится как продукт, а другая часть используется для орошения нижней колонны.

Заключительный этап включает отбор жидкого кислорода из куба верхней колонны, его переохлаждение и направление потребителю. Концентрация кислорода контролируется по датчику Q355 и вручную регулируется клапаном Б318. Модернизация предусматривает использование датчика Q355 и клапана Б318 для построения системы автоматического регулирования концентрации и увеличения за счет этого качества выходного продукта. Основным параметром, который определяет эффективность, является стабилизация давления

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА АБСОРБЦИЯ И ОТБЕЛИВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ГРОДНО-АЗОТ»

Процесс абсорбции нитрозных газов является ключевым этапом в производстве азотной кислоты, обеспечивающим поглощение оксидов азота (NO_2) технологической водой и кислыми конденсатами. Основной аппарат процесса – абсорбционная колонна (12C001), где происходит экзотермическая реакция с последующим охлаждением и разделением продуктов.

Особенности процесса:

- Многоступенчатая абсорбция на 28 ситчатых тарелках с регулируемым орошением (техническая вода, кислые конденсаты).
- Теплоудаление через змеевики с оборотной водой для предотвращения перегрева.
- Контроль состава и расхода потоков (NO_2 , HNO_3 , вторичный воздух) для предотвращения выбросов и обеспечения качества кислоты.
- Система сигнализации и блокировок при отклонениях уровня, давления, температуры и концентрации.

Отбелочная колонна (12C003) завершает процесс, удаляя растворенные оксиды азота из кислоты с помощью вторичного воздуха. Далее продукт направляется на склад, а отходящие газы проходят каталитическую очистку (12R003) для снижения вредных выбросов.

Цели автоматизации:

- Повышение стабильности процесса за счёт каскадных систем регулирования (например, LIC 12017 + LV 12017).
- Минимизация выбросов NO_x через точное дозирование аммиака и воздуха в реакторе (12R003).
- Снижение влияния человеческого фактора за счёт алгоритмов блокировок (Z12B2, I1203) и сигнализации.

Автоматизация абсорбции и очистки нитрозных газов обеспечивает надёжную работу установки, соответствие экологическим нормам и высокое качество азотной кислоты. Внедрение современных систем управления (каскадные САР,) снижет риски аварий и повышает экономическую эффективность производства. Применение статистической обработки трендов позволит качественно настроить систему

**МОДЕРНИЗАЦИИ САУ СУШИЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫМИ
ПРОЦЕССАМИ ДЛЯ КОЖЕВЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ
В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
ОАО «МИНСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ КОЖЕВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ»**

Для создания корректно работающей схемы автоматизации сушильно-увлажнительного процесса кожи, проводится его анализ как объекта управления.

Цель разбивки - придание полуфабрикату повышенной мягкости и эластичности в барабане. Перед разбивкой полуфабрикат увлажняют до влажности 24 - 26%.

Кожи должны быть хорошо разделаны, наполнены, не жесткие на ощупь, кожи из спилка - хорошо прошлифованы. Содержание массовой доли влаги в кожах перед загрузкой:

Кожи из спилка от 14 % до 16%; кожи для верха обуви и галантерейных изделий от 16 % до 18 %; кожа легкодрапирующаяся – от 18 % до 20 %. Кожа подается в барабан вручную, после закрываются двери в барабан, а также защитная дверь перед всей установкой. Без данных процедур барабан не начнёт вращаться т.к. на дверях стоят датчики положения. Далее через панель оператора запускается барабан при помощи двигателя $M_1(n = 8-10 \text{ об/мин})$.

С помощью рекуператора подаётся воздух в барабан для регулирования температуры и влажности ($t = 45^\circ\text{C}$, $A=55\%$). Направление в барабане изменяется каждые 40 минут для того чтобы кожа не прилипла. Также в барабан обеспечено поступление воды с помощью насоса, которая необходима для того, чтобы кожа не пересыхала и поддержания влажности.

При сушке определённого вида кожи, может использоваться химия, которая подаётся из бочки с помощью насоса под давлением ($P = 1,5 \text{ бар}$) и расходом ($F = 1.2 \text{ л/мин}$).

После завершения процесса барабан возвращается в исходное положение, что регулируется датчиком положения на самом барабане, и на панели оператора нажимается кнопка слива.

Таким образом, автоматизация процесса находится в примитивном состоянии и проста минимизация зависимости технического процесса от оператора может обеспечить эффективность модернизации.

Студ. М.С. Старовойтов, М.Л. Бажко
Науч. рук. ст. преподаватель Н.М. Олиферович
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Главными реакциями углеводов, определяющими выход и свойства целлюлозы, являются:

- ступенчатое отщепление концевых звеньев, содержащих карбонильную группу;
- стабилизация углеводов к щелочной деструкции;
- щелочной гидролиз β -глюкозидных связей.

Цель нашего процесса – получение целлюлозы заданной концентрации ($A_{цл} = 10 \%$).

Участок стабилизации концентрации целлюлозы состоит из выдувного резервуара. Из варочного котла заданное количество целлюлозы, регистрируемое расходомером и поддерживаемое клапаном, поступает в выдувной резервуар. Объем выдувного резервуара составляет 2000 м^3 . Резервуар оборудован уровнемером. Для поддержания заданного уровня посредством частотного преобразователя он управляет скоростью отводящего насоса. Когда уровень достигает верхнего предельного блокировочного значения, подача массы в резервуар прекращается отключением подающего насоса. Также на верху выдувного резервуара имеется датчик перелива, при срабатывании которого останавливается подающий насос. Нижняя часть выдувного резервуара оснащена разгрузочным скребком с датчиком токовой нагрузки. При достижении заданного уровня тока, подается жидкость для разбавления целлюлозы, тем самым уменьшая нагрузку на донный шабер. Масляный насос обеспечивает смазку скребка, который оснащен сигнализатором давления масла.

Жидкость для разбавления поступает в резервуар через клапан и представляет собой целый ряд спрысковых труб, снабженных регулирующими и обратными клапанами.

Поток разбавляющей жидкости в опускную трубу нижней части выдувного резервуара регулируется контуром концентрации. Если концентрация становится выше значения уставки, открывается клапан.

Разбавление производится путем открытия клапана в опускную трубу нижней части выдувного резервуара на 50–100 % на короткое время (3–5 минут).

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
СЖИГАНИЯ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА
ОАО «СВЕТЛОГОРСКИЙ ЦКК»**

Цель процесса – обеспечение условий полного сгорания органической составляющей черного щелока путем регулирования его параметров, получение плава черного щелока, а также получение пара. Черный щелок подается на выпарной аппарат и выпаривается до достижения количества сухого вещества приблизительно 70%, путем регулирования подачи пара, перекачивается в смесительный резервуар, в котором зола, поступающая из экономайзеров и электрофильтров, смешивается с черным щелоком. Черный щелок, смешанный с золой, называют крепким щелоком. Расход черного щелока на входе в смесительный резервуар поддерживается клапаном с возмущением по концентрации. Зола подается конвейером. Испарения в смесительном резервуаре имеют в составе большое количество пыли, потому отводятся через скруббер при помощи вакуумного насоса, обороты которого регулируются датчиком давления.

Перелив из смесительного резервуара и грязная вода из скруббера сливаются в местную канализацию. Канализация снабжена подачей пара для подогрева до необходимой температуры и дополнительного разбавления с целью препятствования образования отложений. При помощи насоса и резервного насоса крепкий щелок перекачивается в теплообменник. Его расход регулируется клапаном в зависимости от уровня в смесительном резервуаре с возмущением по расходу. Температура щелока регулируется подачей греющего пара в теплообменник.

После теплообменника крепкий щелок направляется на хранение в бак крепкого щелока, где при помощи пара поддерживается его температура, а также контролируется уровень. Регулированием оборотов насоса крепкий щелок под давлением $P_{кщ}$ поступает на кольцевой коллектор разделяясь на 4 зоны. В каждой зоне при помощи клапанов обеспечивается оптимальное давление и расход, перед подачей на форсунки.

Сама система автоматизации сделана оптимально для процесса, однако сам процесс имеет недостаток в виде большого расхода пара для двойного подогрева. Решением данной проблемы станет применение каскадной системы управления нагревом в теплообменнике.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЖИДКОГО
АЗОТА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА ОАО «КРИОН»**

Беларусь активно развивает газовую отрасль, которая обеспечивает высокие стандарты жизни и безопасность населения. Наша страна занимает лидирующие позиции в СНГ по уровню газификации. Сегодня протяженность газопровода, составляющая более 68 тыс. км, обеспечивает подачу природного газа в 118 районных центров, 3735 сельских населенных пунктов республики, 194 города и городских поселка.

Открытое акционерное общество "Крион" является специализированным предприятием по выпуску продуктов разделения воздуха: кислорода, азота, аргона как в жидком, так и в газообразном состоянии, а также пищевых и технических газовых смесей.

Газообразный технический аргон из колонны технического аргона АП336 конденсируется в конденсаторе АП338 за счет испарения кубовой жидкости. Основная часть жидкого аргона из конденсатора поступает в колонну технического аргона, другая часть под давлением, создаваемым гидростатическим столбом жидкости, подается в среднюю часть колонны чистого аргона для очистки от азота. Жидкая аргонная фракция из куба колонны технического аргона насосами Н301 (Н302) подается в сборник АП345, далее основная часть подается в верхнюю колонну, другая часть возвращается в куб колонны технического аргона.

Система управления двигателя насоса сталкивается с важной проблемой, связанной с перегрузкой двигателя, что отрицательно влияет на общую эффективность работы установки. Для устранения этого недостатка предлагается модернизировать управление, внедрив частотные преобразователи. Эти частотные преобразователи будут установлены в шкафу автоматизации. Такая инновация позволит регулировать скорость движения двигателя, повышая КПД и предотвращая перегрузку двигателя. В результате модернизации будет достигнута повышенная эффективность работы насосов Н301(Н302) и стабильность производственного процесса, сохраняя при этом высокое качество ректификации продукции. Использование нейронных сетей также позволит оптимизировать режимы работы системы управления.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СУШКИ
КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»**

Для принятия оперативных решений отслеживаются показания температуры, давления в барабане, расхода топлива.

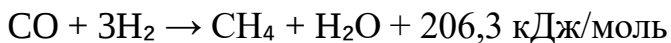
Барабанная сушилка представляет собой барабан, наклоненный к горизонту под углом 30. Барабан приводится во вращение с помощью венцовой ведомой шестерни большого диаметра, которая в свою очередь вращается с помощью ведущей шестерни малого диаметра, укрепленной на валу привода. Для восприятия давления от веса всех вращающихся частей аппарата барабан снабжен бандажами, которые опираются на опорные ролики опорной станции. Бандажи выполнены в виде колец прямоугольного или коробчатого сечения. Бандажи крепятся с помощью чугунных башмаков. Сушильный барабан работает в комплексе с топкой, в которой происходит сжигание топлива.

В процессе сушки регулируют: подачу топлива и воздуха (первичного и вторичного) в соответствии с коэффициентом избытка его на горелках и температурой отходящих газов, которая должна выдерживаться в пределах 90 – 120 °С. Производительность вентиляторов и дымохода в соответствии с необходимым количеством подаваемого воздуха и разрежением в топке сушильного барабана, которое должно поддерживаться в пределах (-500 + 300) Па. Температуру газов в камере смешивания сушильного барабана, которую необходимо поддерживать не более 1000°С. Процесс сушки ведется в режиме автоматизированного управления. По заданной температуре отходящих газов регулируется расход топлива. Безопасность обеспечивается блокировками и отсечками. Недостатком данной системы управления является неравномерность сушки, пересушивание, недосушивание.

Для улучшения системы управления будут добавлены лопасти и рифления внутри барабанов которые помогут улучшить перемешивание материала, обеспечивая более равномерное распределение температуры и влажности. Установка датчиков влажности для мониторинга состояния внутри барабана позволит быстро изменять параметры сушки. Эти меры помогут улучшить равномерность сушки в сушильном барабане и повысить качество конечного продукта.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МЕТАНИРОВАНИЕ НА АММИАК-4 ОАО «ГРОДНО АЗОТ»

Неочищенная азотоводородная смесь, поступающая после абсорбционной очистки МДЭА, содержит остаточные количества окиси углерода (СО) и двуокиси углерода (СО₂) в объемных долях не более 0,65 % и 0,03 % соответственно по показаниям газоанализаторов поз.А141 и поз.А301. Поскольку указанные компоненты являются каталитическими ядами для синтеза аммиака, для их удаления применяется процесс метанирования, протекающий по следующим реакциям:



Реакции осуществляются при избытке водорода и температуре ниже 400 °С, что обеспечивает их практически необратимое протекание. Температурный прирост газа вследствие экзотермичности составляет ~74 °С на 1% СО и ~60 °С на 1% СО₂.

Для проведения реакции в метанаторе поз.501 (полочного типа) используется никелевый катализатор. Смесь предварительно подогревается до 280–320 °С по прибору поз.Т501. На входе в метанатор установлены электрозадвижка поз.НС501 и отсекающая заслонка поз.НСV502, управляющиеся дистанционно для отключения установки в режимах пуска, останова и при авариях. Давление на входе регулируется автоматическим регулятором поз.Р1С501 путем сброса газа через клапан поз. РСV501 на факел до задвижки поз.НС501. После прохождения слоя катализатора объемные доли СО и СО₂ снижаются до значений не более 10 и 5 млн⁻¹ соответственно. Температура газа на выходе из метанатора составляет не более 380 °С. Контроль температур осуществляется в трёх зонах (верхняя, средняя, нижняя) с помощью приборов поз.ТS502–504, ТS505–507, ТS508–510, ТS511–513. Соппротивление аппарата контролируется перепадамером поз.DP510 и не должно превышать 50,0 кПа.

Тепло газовой смеси после метанирования утилизируется в подогревателе деаэрированной питательной воды поз.502, где газ охлаждается до 130–160 °С, нагревая воду, поступающую в паросборник. Температура воды на выходе регулируется по прибору поз.Т515 изменением подачи воды через клапан поз.НСV503. Для предотвращения пере-

грева при экзотермических пиках предусмотрена блокировка группы «С»: при достижении 420 °С в любой из зон срабатывают приборы, автоматически отключающие подачу газа (закрытие НС501 и НСV502), воды (НСV503), а также останавливают компрессор синтез-газа поз.401, предотвращая тепловой удар в оборудовании.

Вторая ступень теплоутилизации осуществляется в подогревателе поз.503, где смесь охлаждается до 65 °С, подогревая недеаэрированную питательную воду до 100 °С. Окончательное охлаждение до 45 °С с конденсацией пара происходит в аппарате воздушного охлаждения поз.504. Температура газа регулируется автоматикой по прибору TIC519 путем изменения частоты вентилятора поз.504_3. В холодный период предусмотрены жалюзи и секционирование АВО с возможностью отключения секций. В линию АВС до и после АВО поз.504 могут подаваться: водород из метанольного цеха и возвратный газ от установки выделения водорода (фирма "Monsanto").

Перед подачей в компрессор I-й ступени синтеза аммиака смесь проходит влагоотделитель поз.505, где освобождается от конденсата. Уровень регулируется прибором LIC501 с отводом конденсата на отпарную колонну поз.150. При достижении уровня 90 % по приборам LS501/LS502 срабатывает блокировка компрессора поз.401.

Давление после влагоотделителя регулируется по прибору PIC418 изменением частоты вращения турбины компрессора поз.401. В аварийных режимах давление стабилизируется сбросом смеси через клапан PCV502 по сигналу регулятора PIC502.

Состав азотоводородной смеси после метанатора контролируется по объёмным долям CO, CO₂, H₂ и CH₄ автоматическими анализаторами А501–А504. От 2000 до 6700 м³/ч смеси по расходомеру Q102 отбирается после влагоотделителя и подается на дозировку в природный газ на линию всасывания компрессора поз.403.

Для связывания CO₂ при отклонениях в метанировании предусмотрен впрыск жидкого аммиака от насоса поз.425 перед АВО поз.504 с образованием углеаммонийных солей, удаляемых с конденсатом.

Метанатор подключён к системе циркуляционного азота и имеет подвод пара и воздуха через съёмные участки для охлаждения и окисления катализатора перед выгрузкой.

Модернизация предполагает введение контура регулирования расхода воды в теплообменники в зависимости от температуры продукта после метанатора. Данное решение позволит более экономично расходовать электроэнергию на аппаратах воздушного охлаждения. Система регулирования будет использовать дискретно непрерывный режим управления.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ВЫПАРИВАНИЕ РАСТВОРА КАРБАМИДА
НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «ГРОДНО АЗОТ»**

В настоящее время на производстве управление процессом выпаривания водного раствора карбамида осуществляется с помощью оператора-технолога, который поддерживает в допустимых пределах режимные параметры, обеспечивая, таким образом, необходимое значение показателя качества раствора карбамида на выходе: концентрация раствора карбамида $Q_{рк}$.

В условиях многомерности процесса по выходным показателям, возмущающим и управляющим воздействиям, существования сильных взаимосвязей между технологическими элементами объекта, редких замеров показателя качества выходного продукта (раз в сутки), выбор направления и размеров изменения управляющих воздействий, а также косвенная оценка текущих значений показателей качества являются сложными для технолога задачами.

Следующим недостатком является то, что на данном этапе производства карбамида нет каскадного регулирования по всем каналам обоих выпарных аппаратов. Использование локального регулирования на аналоговых регуляторах тоже является существенным недостатком.

Показателем эффективности процесса является концентрация упаренного раствора. Цель управления выпарной установкой состоит в получении раствора заданной концентрации, а также в поддержании материального и теплового балансов, поэтому проектируемая система автоматического регулирования должна поддерживать заданные значения температуры и давления в выпарных аппаратах, расходов раствора карбамида и греющего пара, температур упаренного раствора карбамида и конденсата на выходе из выпарных аппаратов.

В процессе выпаривания контролируют расходы раствора карбамида, упаренного раствора, пары теплоносителя; температуру, давление и расход греющего пара; давление и температуру в аппарате. Целью системы управления может быть энергоэффективность. Сигнализации подлежат отклонение температуры раствора карбамида на выходе из выпарных аппаратов от заданного значения и прекращение подачи раствора. В последнем случае устройство защиты должно отключить линию теплоносителя для предотвращения порчи продукта и аварии.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОПАРОЧНОГО КОТЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «БОРИСОВДРЕВ»

В настоящее время в Беларуси с учетом мелких лесопилок функционирует более 2500 предприятий деревообработки, связанных с заготовкой, механической и химической обработкой древесины. Каждое предприятие имеет свою направленность, использует разные технологии производства, выпускает продукцию разного ассортимента.

БорисовдREV – одно из крупнейших предприятий деревообрабатывающей промышленности в РБ и единственный производитель спичек в стране. Помимо спичек, предприятие специализируется на производстве плит МДФ (ХДФ), фанеры, которые поставляются в страны как ближнего, так и дальнего зарубежья.

На Борисовском заводе в пропарочном котле происходит пропаривание щепы при давлении пара от 7 до 10 бар. В пропарочном котле происходит пропаривание щепы (0,7-1 МПа), за счет подаваемого нагретого пара (6 т/ч). Температура щепы на выходе регулируется путем изменения величины подачи нагретого пара. Щепа пропаривается в котле в течение 2-5 мин. Существующая система управления поддержания температуры пропаренной щепы на выходе из пропарочного котла не является достаточно точной и эффективной.

Цель автоматизации – повышение эффективности и производительности труда, улучшение качества продукции, оптимизация планирования и управления.

Поэтому был произведен анализ работы пропарочного котла и сделали вывод о том, что для поддержания стабильного качества получаемой продукции требуется поддерживать температуру пропаренной щепы в требуемом диапазоне, чего можно достичь путем автоматического регулирования данного показателя с помощью изменения скорости подачи пара в пропарочный котел с использованием инвариантной системы управления температурой пропаренной щепы на выходе из котла. Где в качестве возмущения будет использоваться расход пластифицированной щепы на входе в аппарат.

С помощью экономических расчетов определили экономическую целесообразность модернизации системы автоматизации пропарочного котла при производстве плит МДФ. Проектная и утвержденная мощность производства 10500 плит в год. В результате этого мероприятия расход пара уменьшилась с 4175 Гкал до 3750 Гкал.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В г.ХОЙНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ УП «БЕЛКОММУНПРОЕКТ»

В настоящее время в г. Хойники действует централизованная система бытовой канализации, которая решена по полной раздельной схеме с отводом бытовых и производственных сточных вод на общегородские очистные сооружения.

По проекту сточные воды проходят через следующие сооружения:

- усреднитель, куда поступают сточные воды;
- приемную камеру;
- решетки;
- осветлители;
- аэротенк;
- вторичные отстойники;
- контактный резервуар.

Цель процесса – полная механическая и биологическая очистка с доочисткой на биологических прудах.

Площадка станции очистки сточных вод состоит из усреднителя, приёмной камеры, решётки, осветлителей, аэротенков, вторичных отстойников и контактных резервуарах. Основной процесс очистки сточной воды происходит в аэротенке. В данном проекте используется 2 секции аэротенка, где каждая сетка состоит из 3 коридоров, шириной 6,00 м каждый. Аэротенк предназначен для полной биологической очистки с использованием технологий удаления азота и фосфора. Суть технологии заключается в предварительной (перед подачей в аэробную зону) подготовке активного ила, путем выдерживания его в анаэробных условиях при высоких нагрузках по органическим загрязнениям. Помещенный потом в аэробную среду активный ил начинает энергично накапливать фосфор, извлекая его из сточной жидкости в количествах, значительно больших, чем это необходимо для его жизненной деятельности (в 2-2,6 раза).

Технической задачей модернизации является повышение качества процесса за счет стабилизации и автоматического поддержания оптимальной температуры и кислорода в рабочей зоне аэротенка для поддержания необходимого уровня жизнедеятельности микроорганизмов.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ВОДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ РУП «МИНСКАЯ ТЭЦ-3»

Минская ТЭЦ-3 - старейшее предприятие энергосистемы Республики Беларусь. Оно обеспечивает электроэнергией, технологическим паром и горячей водой крупнейший промышленный узел страны - МАЗ, МТЗ, ММЗ, ГПЗ и другие заводы, снабжает теплом более 30 % жителей Минска.

Основными ресурсами потребляемыми в процессе эксплуатации являются вода и природный газ.

Для обеспечения безнакипного режима и защиты от коррозии системы оборотного охлаждения блока ПГУ, предусмотрен перевод системы оборотного охлаждения на подпитку сырой (речной) водой с дополнительной обработкой реагентом, обладающим антинакипными и антикоррозионными свойствами.

В схеме обработки воды циркуляционной системы дозирование реагента-антинакипина осуществляется непрерывно пропорционально согласно заданному оператором количеству. Подпитка системы осуществляется из трубопровода резервного подвода технической воды. Для повышения давления в системе используются повышающие насосы. Ввод подпитки в циркуляционную систему осуществляется в коллектор слива технической воды в градирни.

Отбор воды на станцию дозирования реагентов для контроля водно-химического режима осуществляется из трубопровода подачи циркуляционной воды после конденсатора. Сброс воды после контроля осуществляется в дренажный коллектор. Предлагаемая технология обработки оборотной воды обеспечивает непрерывную стабильную работу цикла (отсутствие образования отложений на поверхности стенок трубопроводов, теплообменного оборудования и градирен).

В отличие от существующего проект предусматривает замену регулирования оператором на автоматическое регулирование, достигающиеся при помощи установки датчика общего расхода оборотной воды, и регулирования процесса дозирования реагентов соотношением расходов, этим обеспечивается стабильное качество воды, а также происходит экономия дорогостоящего реагента. Хорошим решением может быть установка датчика коррозионной активности воды.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВАНИЯ
ПРЯМОГОННОГО МАЗУТА НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «МОЗЫРСКИЙ НПЗ»**

Вакуумная перегонка мазута является одним из ключевых процессов, широко применяемых в нефтеперерабатывающей промышленности. Для того, чтобы начать процесс разделения мазута на фракции, его предварительно необходимо нагреть до высокой температуры, чтобы в нем произошли процессы термического разложения и испарения.

Объект автоматизации – печь нагрева мазута установки вакуумной перегонки мазута. Нагретое в теплообменниках сырье направляется в печи, где нагревается за счет сжигания газообразного и жидкого топлива. Для турбулизации потока сырья в змеевиках печи и предотвращения коксообразования, в каждый ход печи в начало зоны испарения мазута подается перегретый водяной пар среднего давления. Далее частично испаренный мазут поступает на вход колонны.

С точки зрения управления имеет ряд особенностей:

- необходимость работы при высоких температурах;
- постоянный контроль параметров теплообмена и точное регулирование подачи топлива для поддержания стабильной температуры;
- интеграция с системами подачи мазута и последующей ректификационной колонной для оптимизации технологического процесса.

В отличие от существующего проект предусматривает замену регулирования оператором на автоматическое регулирование температуры на выходе из печи за счет применения каскадной САР, внутренним параметром которым может быть давление топливного газа на горелку.

Внедрение каскадной системы управления обеспечивает оптимизацию процесса вакуумной перегонки. Благодаря более стабильному температурному режиму на выходе из печи и при подаче в колонну достигается повышение качества выходных потоков. Это позволяет избежать переработки некондиционной продукции, что снижает производственные затраты и повышает эффективность работы установки.

Автоматизация процесса регулирования исключает влияние человеческого фактора, минимизируя вероятность ошибок и упрощая эксплуатацию оборудования. Кроме того, точное регулирование давления топливного газа способствует экономии энергоресурсов, что снижает затраты на топливо. Современным трендом для данного объекта является использование цифровых двойников для оптимизации.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МОЗЫРСКИЙ НПЗ»

Вакуумная перегонка мазута является одним из ключевых процессов, широко применяемых в нефтеперерабатывающей промышленности. Она необходима для получения вакуумного газойля, используемого в качестве сырья для дальнейшей переработки и производства высококачественных продуктов, таких как базовые масла и топливные компоненты.

Процесс вакуумной перегонки позволяет разделять мазут на отдельные фракции, включая вакуумный газойль, вакуумную дизельную фракцию и другие компоненты. Благодаря снижению давления в колонне, перегонка проводится при относительно низких температурах, что предотвращает термическое разложение сырья и образование нежелательных продуктов, таких как кокс.

Объект автоматизации – ректификационная колонна установки вакуумной перегонки мазута. С точки зрения управления имеет ряд существенных особенностей:

- необходимость работы в условиях низкого давления для предотвращения термического разложения сырья;
- постоянный контроль температурных режимов для обеспечения стабильности фракционирования;
- тесная взаимосвязь с системами подачи сырья, циркуляционного орошения и отбора продуктов перегонки;
- работа в условиях высоких нагрузок, требующих точной регулировки параметров.

Модернизация вакуумной ректификационной колонны для перегонки мазута направлена на автоматизацию регулирования температуры над зоной промывки. Целью системы управления является поддержание заданной температуры на требуемом уровне для обеспечения точного фракционирования вакуумного газойля.

Для достижения необходимой точности процесса используются датчики температуры и расхода, стратегически размещённые в системе. Такая схема позволяет минимизировать влияние внешних возмущений и оптимизировать расход тепловой энергии. В результате внедрения каскадной САР повышается точность разделения фракций вакуумного газойля, а также стабилизируется качество продукции.

Студ. П.Д. Петручук, Д.В. Маркевич
Науч. рук. ст. преп. О. И. Александров
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПАСТЕРИЗАЦИИ БАНОК НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «КРИНИЦА»

Процесс пастеризации предназначен для термической обработки продукта в жестяных банках, что повышает его биологическую стойкость, значительно увеличивая срок хранения при сохранении изначальных свойств, таких как вкус, цвет и запах.

Заполненные и укупоренные банки перемещаются от заполняющих машин к пастеризатору, где они могут орошаться водой для уменьшения трения. На загрузочном транспортере банки переходят на основной транспортер пастеризатора благодаря системе активной подачи, что устраняет необходимость в ручном вмешательстве.

Пастеризация проходит в шести температурных зонах, где банки орошаются водой разной температуры. Начальная температура продукта на входе составляет около $+25^{\circ}\text{C}$, а в зоне пастеризации поддерживается $+62^{\circ}\text{C}$. Это обеспечивает уничтожение микроорганизмов, ответственных за порчу продукта, что гарантирует его долговременную сохранность. После пастеризации банки проходят через охлаждающие зоны, которые делятся на подзоны для мягкого охлаждения тары. На выходе из пастеризатора банки перемещаются на разгрузочный транспортер.

Таким образом, процесс пастеризации обеспечивает эффективную термическую обработку и гарантирует долговечность и качество продукта.

Система управления пастеризатором сталкивается с важной проблемой, связанной с перегрузкой двигателя выходного конвейера, что отрицательно влияет на общую эффективность работы установки. Для устранения этого недостатка предлагается модернизировать управление, внедрив оптические датчики. Эти датчики будут установлены на входе и выходе конвейера и обеспечат точное подсчитывание количества банок. Такая инновация позволит регулировать скорость движения входного конвейера, оптимизируя поток банок и предотвращая перегрузку двигателя. В результате модернизации будет достигнута повышенная эффективность работы пастеризатора и стабильность производственного процесса, сохраняя при этом высокое качество термической обработки продукции. А также уменьшится количество срабатываний системы защиты из-за перегруза двигателя конвейера.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ПРОИЗВОДСТВА СЫРА НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «САВУШКИН ПРОДУКТ»**

В качестве объекта управления был выбран сыроварочный котел. Весь процесс изготовления продукта основан на временной программе, параметры которой могут изменяться при необходимости получения продукта другого качества.

Сыроварочный котел представляет собой аппарат, содержащий в составе: мешалку с возможностью управления частотой вращения и содержащую на одной стороне размешивающие наконечники, а с другой, разрезающие лезвия, производящие нарезку образовавшейся в результате варки сырной массы. Также в состав котла входит поплавков с фильтрующим ситом, при активации которого происходит откачка образовавшейся сыворотки, где сито выступает фильтром от попадания основного продукта в трубопровод. По окончании процесса изготовления предусмотрена возможность омыwania аппарата для поддержания нужного уровня высоких стандартов гигиены, используется принцип CIP (Cleaning In Place) мойки, что позволяет непрерывно управлять процессом и облегчает обслуживание. В аппарате предусмотрены следующие входные потоки: молоко, поступающее в котел; закваска и добавки, загружающиеся вручную оператором машины; тепловая вода для обогрева рубашки котла; моющий раствор для очистки аппарата. В качестве выходных потоков: сырный зерненный продукт (результат процесса варки); сыворотка, образовавшаяся в процессе и откачиваемая насосом. Расходомер фиксирует количество откачанной насосом сыворотки, количество которой на откачку задается программным путем; Датчик уровня радарный и датчик предельного уровня регистрирует уровень массы в котле и сигнализирует о превышении уровня соответственно; Термопреобразователь контролирует температуру продукта в котле, регулирует подачу тепловой воды для обогрева; количество же отправляемого молока фиксируется непосредственно перед процессом его пастеризации, далее уже пастеризованное молоко отправляется в котлы без регистрации расходомером на основании полученных до пастеризации сведений.

Система автоматизации установки достаточно современна, однако можно уменьшить энергозатраты если оптимизировать временные циклы работы.

Студ. Н.И. Подтероб, Н.Д. Гринюк
Науч. рук. ст. преп. Н.М. Олиферович
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СОРТИРОВКИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Цель процесса – получение целлюлозы без крупных частиц и загрязнений за счет проталкивания целлюлозы через сито при поддержании перепада давления на входе и выходе сортировщика ($P_{вх} = 2,87$ бар, $P_{вых} = 2,54$ бар) и поддержания расхода оборотной воды ($F_6 = 205$ л/мин).

Участок сортировки целлюлозы 3 ступени состоит из сортировщика модели Moduscreen A21 (процесс сортировки).

Влажная целлюлоза подается в сортировщик с помощью насоса (двигатель М1), насос также подает целлюлозу к остальным стадиям сортировки, где поддерживается постоянный расход целлюлозы до слива ($F_{цдс}^* = 1735$ л/мин) путем изменения частоты вращения насоса подачи целлюлозы ($S_{нпц}^* = 1450$ об/мин). Также в сортировщик подается вода при постоянном расходе ($F_6 = 205-210$ л/мин), за счет регулирования степени открытия клапана воды ($Z_{кв}^* = 0-100\%$), и уплотнительная вода (двигатель М2) при постоянном расходе ($F_{ув} = 10$ л/мин), путем поддержания скорости вращения двигателя М2.

В сортировщике происходит продавливание целлюлозной массы через сита при поддержании перепада давления на входе и выходе сортировщика ($P_{вх} = 2,87$ бар, $P_{вых} = 2,54$ бар) за счет изменения скорости вращения привода сортировщика (двигатель М3, $S_{нс}^* = 1170$ об/мин).

Расход целлюлозы после слива ($F_{цнс} = 1735$ л/мин) влияет на степень открытия клапана отсортированной целлюлозы ($Z_{коц}^* = 0-100\%$).

Очищенная сортированная целлюлоза выходит из сортировщика при постоянном расходе ($F_{сц} = 151$ л/мин) путем изменения степени открытия клапана сортированной целлюлозы ($Z_{ксц}^* = 0-100\%$) с учетом возникающих возмущений, вызванных турбулентностью расхода целлюлозы после слива ($F_{цнс} = 1735$ л/мин).

Из выполненного анализа очевидно, что в процессе есть много каналов слива целлюлозы, которые приводят к дополнительным сопротивлениям, в следствии чего повышается турбулентность и не постоянность подачи целлюлозы.

Расход целлюлозы после слива ($F_{цнс} = 1735$ л/мин) имеет сильное влияние на выходной расход сортированной целлюлозы ($F_{сц} = 151$ л/мин), изменение температуры целлюлозной массы, неоднородность

массы, наличие дополнительных сопротивлений в трубопроводе влияют на расход целлюлозы после слива, вследствие чего и на качество сортированной целлюлозы.

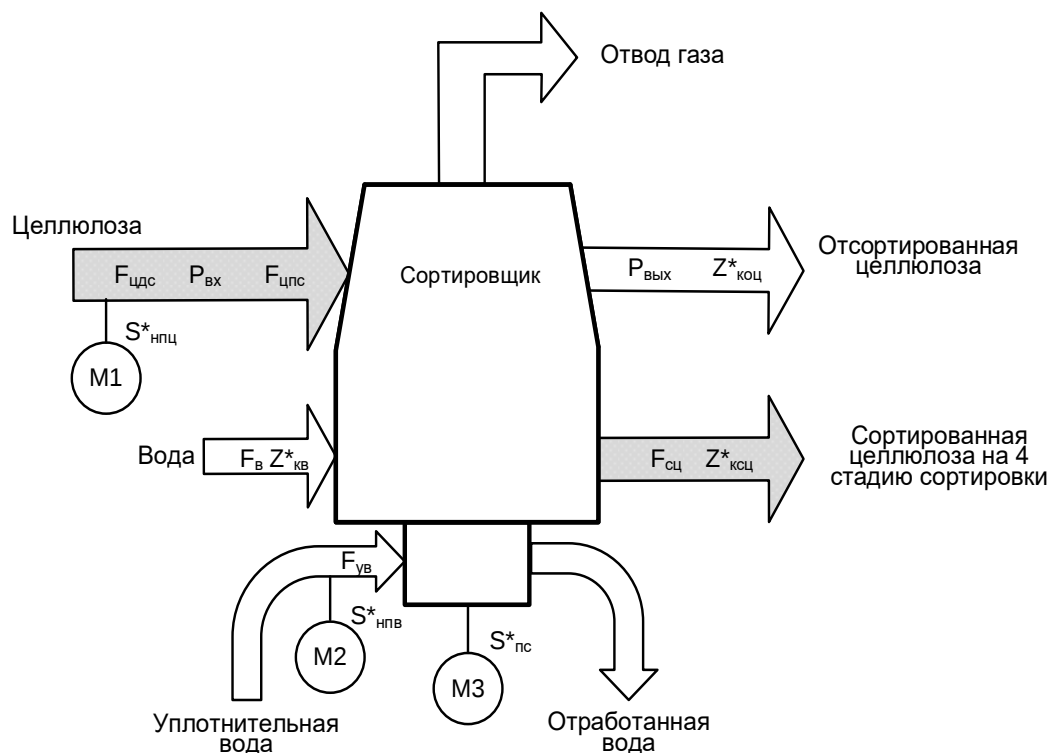


Рисунок – Схема анализа процесса сортировки целлюлозы как ОУ

Повышение энергоэффективности производства основное направление развития систем управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП. – Москва, 2008.
2. Барашко О.Г. Проектирование систем автоматизации. – Минск, 2012 г. - 242с.
3. Буйлов Г.П., Доронин В.А., Серебряков Н.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажных производств: учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1995. – 320 с.
4. Буйлов Г.П. Автоматизация оборудования целлюлозно-бумажного производства: учебное пособие по дипломному проектированию. СПб.:СПбГТУРП, 2013. – 164 с.
5. Лаптев, В. Н. Практикум по технологии и оборудованию целлюлозно-бумажного производства / В. Н. Лаптев, М. В. Ванчаков. – М.: Экология, 1991. – 208 с.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ОБЕСШЛАМЛИВАНИЯ (ПЕННОЙ СЕПАРАЦИИ)
НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»**

Обесшламливание — это технологический процесс, заключающийся в удалении шламов из пульпы полезных ископаемых для ее подготовки к обогащению. На ОАО «Беларуськалий» осуществляется в 4 стадии: 1) Разделение в гидроциклонах; 2) разделение в гидросепараторах; 3) разделение в гидросепараторах; 4) пенная сепарация. После пенной сепарации образуются пенный и камерный продукт соответственно. Камерный продукт поступает в основную машину флотации, а пенный на сгущение в сгуститель. После сгущения пенного продукта образуются шламы, которые выгружаются в шламохранилище. Машина пенной сепарации глубокая импеллерная МПСГИ представляет собой колонную машину, разделенную на 4 камеры, объемом каждая 38 мз. Нумерация камер начинается от загрузки питания. На трубопроводе подачи питания каждой машины установлены: запорная арматура, расходомер, плотномер и регулирующая задвижка. Из пульподелителя пульпа поступает в приемный карман машины МПСГИ, откуда перетекает в 1-ю камеру машины. В каждой камере расположен блок-импеллер (оснащен электроприводом), в который подается сжатый воздух. Количество подаваемого сжатого воздуха регулируется автоматически (определяется в период пуска-наладочных работ). Управление в системе автоматизации процесса происходит путем регулировки расходов маточника $F_{\text{мат}} = 30 \div 180$ мз/ч и флокулянта $F_{\text{флок}}$, подаваемых в пульподелитель. Подача маточника $F_{\text{мат}}$ в пульподелитель осуществляется по уровню пульпы $L = 20 \div 80\%$ в пульподелителе. Регулировка подачи флокулянта $F_{\text{флок}}$ в пульподелитель осуществляется по показаниям плотности питания МПСГИ $\rho_{\text{п}} \approx 1300 - 1400$ г/смз. Подача маточника регулируется в автоматическом режиме открытием или закрытием поворотного затвора на трубопроводе маточника. Недостатком данной системы управления является сложность обеспечения точного регулирования плотности пульпы, так как не существует точных математических моделей для определения влияния маточника и флокулянта на плотность пульпы. Для улучшения системы управления будет создана каскадная система управления по контуру расход флокулянта $F_{\text{флок}}$ — плотность питания $\rho_{\text{п}}$. Это позволит сократить необходимое количество флокулянта и, соответственно, денежные расходы на его изготовление.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ДУБЛЕНИЯ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ ОАО «МИНСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ КОЖЕВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ»

Цель процесса – обеспечения равномерного и эффективного проникновения дубящих веществ в структуру кожи, что позволяет достичь оптимального уровня прочности и устойчивости к воздействию внешней среды.

Оксид хрома и очищенная кожа подаются в барабан вручную, после чего люк барабана закрывается.

При помощи мешалки получаем раствор муравьиной кислоты с концентрацией 10% и температурой от 30°C до 40°C (необходимую температуру для раствора получают при помощи смешивания горячей и холодной воды), после чего полученный раствор отводится в мерный резервуар и далее поступает в дубильный барабан.

Привод барабана запускается, барабан будет вращаться 4 часа, направление вращения барабана меняется каждые 40 мин. По истечению 4 часов барабан возвращается в исходное положение при помощи датчика положения на барабане. Отработанный раствор сливается через 2 задвижки на барабане. После слива отработанного раствора муравьиной кислоты при помощи мешалки получаем раствор серной кислоты с концентрацией 5% и температурой от 20°C до 30°C. Далее процесс происходит идентично тому, что и с раствором муравьиной кислоты. Когда серный раствор будет слит из барабана необходимо промыть дубленую кожу, для этого холодная вода подается в мерный резервуар и далее поступает в барабан (барабан вращается 1 час, после чего вода сливается).

После промывки барабан при помощи датчика положения останавливается в положении выгрузки кожи. Кожа выгружается из барабана.

Сама система автоматизации старого поколения. Основные управления производятся оператором. Еще недостаток в виде того, что оксид хрома и очищенная кожа загружаются в барабан вручную. Решением данной проблемы станет применение дозирующего насоса для оксида хрома, а также применение конвейера для подачи кожи в барабан (для того, чтобы кожа могла подаваться в барабан через конвейер, нужно изменить исходное положение барабана так чтобы при исходном положении люк барабана находился под конвейером).

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ БИОМАСС В КОТЛЕ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Цель процесса – получение пародымовой смеси определённой температуры и давления ($P_{\partial} = -2$ мбар, $T_{\partial} = 620$ °С).

Участок сжигания биомасс в котле с псевдоожигенным слоем состоит из топливного бункера, бункера для песка, растопочной горелки и котла сжигания.

Топливо в виде биомасс из древесины, получаемых на различных стадиях производства поступает по конвейеру (привод М1) в бункер хранения топлива, где поддерживается уровень топлива ($L_m = 35\%$) путем изменения расхода биомассы ($F^*_{m1} = 25$ т/ч). Из бункера топливо распределяется по трем слоям котла с помощью конвейеров (приводы М2, М3, М4).

Одновременно с этим по конвейеру (привод М5) подается песок после сепарации в бункер песка, где поддерживается уровень песка после сепарации ($L_{nnc} = 80\%$) путем изменения расхода биомассы (F^*_{nnc}).

В котле поддерживается температура по всей площади котла на трех слоях, на нижнем слое температура ($T_{nnc} = 600...850$ °С, $T_{lnc} = 600...850$ °С) поддерживается путем изменения расхода топлива на нижний слой (F^*_{m4}), на среднем слое температура ($T_{ncc} = 600...850$ °С, $T_{lcc} = 600...850$ °С) поддерживается путем изменения расхода топлива на средний слой (F^*_{m3}), на верхнем слое температура ($T_{nvc} = 600...850$ °С, $T_{lvc} = 600...850$ °С) поддерживается путем изменения расхода топлива на верхний слой (F^*_{m2}).

В котле на каждом слое, с двух сторон котла поддерживается заданное давление ($P_{nnc} = -0,1...-2$ мбар, $P_{lnc} = -0,1 ... -2$ мбар, $P_{ncc} = -0,1 ... -2$ мбар, $P_{lcc} = -0,1... -2$ мбар, $P_{nvc} = -0,1 ... -2$ мбар, $P_{lvc} = -0,1... -2$ мбар) путем изменения расхода пародымовой смеси из котла (F^*_{∂}).

На выходе из котла получаем пародымовую смесь с определенными давлением и температурой ($P_{\partial} = -2$ мбар, $T_{\partial} = 620$ °С), регулируемых путем изменения степени открытия клапана подачи воздуха ($S^*_{\epsilon} = 0...90$ %), с учетом расхода воздуха (F_{ϵ}) с целью его экономии.

Растопка происходит при подаче природного газа в горелку с постоянным расходом (F_{ng}), с поддержанием расхода путем изменения степени открытия клапана природного газа ($S^*_{кг} = 0...90$ %).

Также в самой нижней части котла поддерживается определенное давление и температура ($P_{нпч} = 0,08$ бар, $T_{нпч} = 190$ °С), путем изменения степени открытия клапана удавления шлаков ($S_{ш}^* = 0...90$ %) для сохранения необходимой плотности.

Таким образом, система автоматического управления имеет 9 локальных систем управления.

Структурная схема САУ представлена на рисунке. На данной схеме приведены входные и выходные материальные потоки с указанием технологических переменных. Анализ технологического процесса сжигания биомасс в котле с псевдоожиженным слоем как ОУ позволяет обосновать выбор структуры системы автоматического управления.

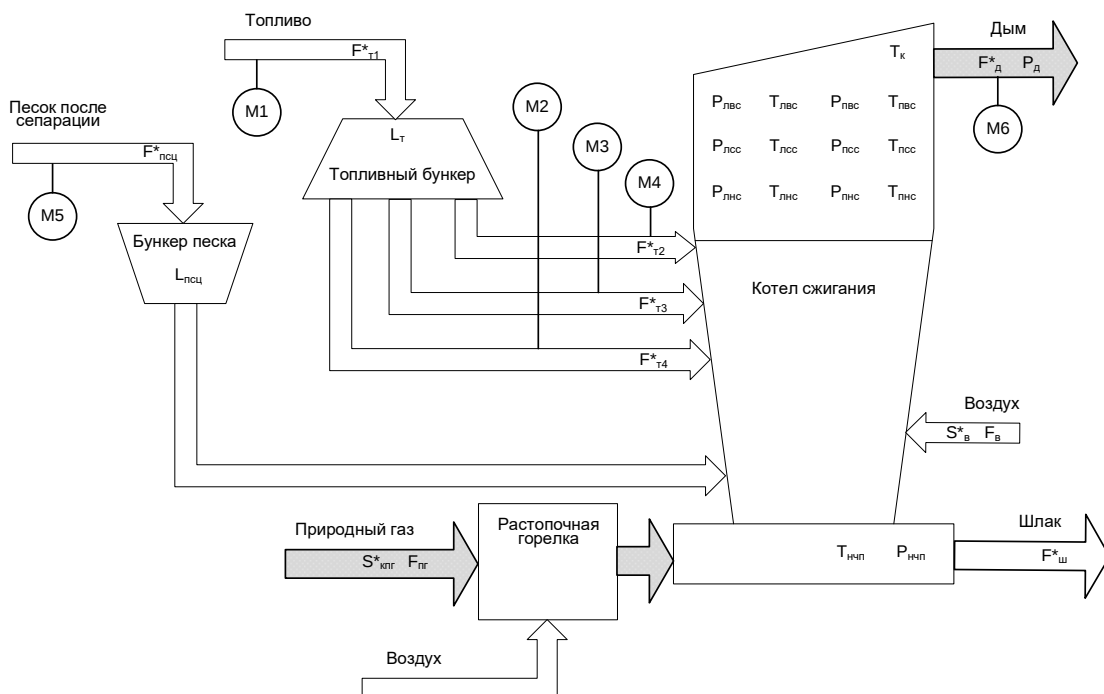


Рисунок – Схема анализа процесса сжигания биомасс в котле с псевдоожиженным слоем как ОУ

Кипящий слой как объект регулирования обладает специфическими свойствами и требует введения такого дополнительного (по сравнению с традиционными методами сжигания параметра регулирования, как температура кипящего слоя. А циркуляция песка еще больше усложняет процесс регулирования. С другой стороны, котел работает на отходах, которые представляют малую ценность для предприятия. Поэтому надежность функционирования котла и возможность экономия электроэнергии в дутьевых вентиляторах являются направлением для улучшения работы системы управления.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЗОЛЕНИЯ-ОБЕЗВОЛАШИВАНИЯ КОЖЕВЕННОГО СЫРЬЯ

Цель процесса – удаление волоса и изменение структуры дермы с целью придания коже нужных свойств при постоянном соотношении зольника и раствора соды, это соотношение косвенно связано с расходом раствора соды ($G_{рс} = 1$ кг/мин) и расходом зольника ($G_{з} = 25$ кг/мин).

Участок золения кожевенного сырья состоит из барабана (процесс золения), работающего по временной программе.

В барабан вручную загружается кожа на обработку, закрывается дверь барабана, что контролируется концевым выключателем ($Z_{двери}$), далее со SCADA-системы оператор подает сигнал на открытие клапанов подачи зольника и раствора соды, в трубопроводе контролируется расход зольника ($G_{з} = 25$ кг/мин) и расход раствора соды ($G_{рс} = 1$ кг/мин).

В барабане регулируется уровень жидкости ($L_{ж} = 0-500$ л), путем изменения степени открытия клапанов подачи зольника и раствора соды при достижении предельного уровня.

Начало работы барабана определяется нажатием кнопки на SCADA-системе оператором, после чего барабан раскручивается (двигатель $M1$) при определенных оборотах ($S_{б} = 1,8 - 3,6$ об/мин) и продолжает работу 72 часа. В процессе работы барабана в нем контролируется температура ($T_{б} = 30$ °C).

После окончания работы барабана, он останавливается на определенном положении, что определяется датчиком положения ($Z_{б}$). После полной остановки, оператор подает сигнал нажатием кнопки для слива жидкости из барабана, после чего кожа вручную достают из барабана и отправляют на следующий этап обработки.

Таким образом система автоматического управления процессом золения кожевенного сырья содержит 2 локальные системы управления.

Недостатками этого метода является повышенное электропотребление. Для избавления процесса от недостатка добавим частотный преобразователь, с помощью которого сможем регулировать скорость вращения барабана, тем самым позволит снизить потребление электроэнергии для предприятия.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ И ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Процесс промывки и обезжиривания заключается в мойке деталей, помещенных на конвейер, под высоким давлением теплым моющим раствором, промывке чистой водой, и сушка теплым воздухом.

Процесс происходит в туннельной мойке NPRZ-800 MMPS, которая оснащена конвейером, зоной мойки, двумя зонами полоскания и двумя зонами сушки.

Промывка начинается после процесса механической обработки деталей. На загрузочную ленту выкладываются детали. В бак зоны мойки подается моющий раствор, здесь он подогревается и при помощи насоса подается на форсунки. По истечению заданного времени детали перемещаются сначала в первую зону полоскания, где ополаскиваются водопроводной водой с температурой 65-75 °С. Затем детали перемещаются с помощью конвейера во вторую зону полоскания, здесь детали ополаскиваются водой с температурой 50-60 °С. По истечении необходимого времени детали перемещаются в две зоны сушки, где при помощи нагревательных элементов и вентиляторов обдуваются теплым воздухом (80 °С для первой зоны и 60°С для второй).

Влияние на качество продукта может оказать температура или же нагрев температуры в зонах сушки. В температурных зонах существуют контура регулирования от аналоговых температурных датчиков к дискретным электронагревателям. Таким образом, можно сделать предложение по подключению к электронагревателям регуляторов мощности и установки датчиков температуры в трубопровод подачи горячего воздуха

Данное решение может помочь на более ранней стадии обнаружить отклонение технологии. В итоге это поможет уменьшить количество unplanned планово-предупредительных ремонтов и улучшить экономику данного предприятия.

Модернизация поможет сократить расходы энергии и улучшить экономическую эффективность. При этом не потребует больших материальных затрат. Основные усилия необходимо сконцентрировать на совершенствовании алгоритмов управления. Капиталовложения в этом направлении обеспечивают, обычно, самый быстрый возврат денег.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «САВУШКИН ПРОДУКТ»**

На сегодняшний день применяются два метода производства сливочного масла: преобразование высокожирных сливок (ПВЖС) и метод непрерывного (МНС) и периодического сбивания сливок (ПСС).

На предприятии используют ПСС. Он Основан на выделении и концентрировании жировой фазы путем интенсивного механического воздействия (сбивания) охлажденных до определенной температуры сливок, с образованием в качестве промежуточного продукта масляного зерна. При производстве масла сбиванием сливок средней жирности весь процесс протекает в зоне температур 5 - 20 °С, т.е. ниже точки плавления основной массы глицеридов молочного жира. При этом пластификация продукта и равномерное распределение компонентов в нем проводится после отделения пахты от масляного зерна и достигается путем формирования пласта масла и выработки в него плазмы посредством механической обработки в маслобойке (маслоизготовитель периодического действия) МПД.

Метод ПСС применяется на небольших производствах при переработке малообъемного количества сливок. Имеет место критическая зависимость качества готовой продукции от квалификации персонала ввиду сложности контроля процесса физического созревания сливок и процесса сбивания. Технологический процесс имеет повышенные риски микробиологического обсеменения, возникновения штафа и плесени. Процесс с низким уровнем механизации.

Комплексная автоматизация процессов (аппаратов) пищевой и химической технологии предполагает не только автоматическое обеспечение нормального хода этих процессов с использованием различных автоматических устройств (контроля, регулирования, сигнализации и др.), но и автоматическое управление пуском и остановом аппаратов для ремонтных работ в критических ситуациях.

Модернизация заключается в усовершенствовании существующей системы управления и применении современных преобразователей частоты для управления работой приводов маслосбивательной машины что позволит улучшить качество продукта и сократит затраты электрической энергии.

МОДЕРНИЗАЦИЯ САУ ДЛЯ ПРОЦЕССА ПОДОГРЕВА ВОДЫ В БОЙЛЕРНОЙ

На ОАО «Интеграл» в производственных корпусах размещены бойлерные для подогрева дионизованной воды, технологической воды для нужд производств, а также воды, используемой для подогрева воздуха в промышленных кондиционерах.

Участок подогрева технологической воды состоит из следующих аппаратов: бак горячей воды (процесс накопления), водоводяной подогреватель (зима: процесс теплообмена), водоводяной подогреватель (лето: процесс теплообмена).

Цель процесса - получение технологической воды с заданной температурой $T_{гв1} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для зимнего периода) и $T_{гв2} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для летнего периода).

При зимнем режиме работы - горячая вода из тепловых сетей с температурой ($T_{гв} = 90 - 95\text{ }^{\circ}\text{C}$) и расходом ($F_{гв} = 35 - 40\text{ м}^3/\text{ч}$) подается на подогреватель (зимний), где, отдав тепло технической воде, поступает в тепловые сети. Подача обратной технической воды для охлаждения подогревателя осуществляется с бака горячей воды с помощью циркуляционного насоса (двигатель М1) под давлением ($P_{отв} = 0,75 - 0,8\text{ МПа}$). Стабилизация температуры в подогревателе до $T_{гв1} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит за счет изменения расхода горячей воды $F_{гв}$ из тепловых сетей. Далее техническая вода поступает в сети технологического горячего водоснабжения, где охлаждается до более низких температур и возвращается в бак горячей воды. При достижении верхнего аварийного уровня в баке ($L_{бгв} > 1,2\text{ м}$), обратная техническая вода сбрасывается в дренаж путем изменения расхода ($F^*_{отв}$).

При летнем режиме работы горячая вода из тепловых сетей с температурой ($T_{гв} = 90 - 95\text{ }^{\circ}\text{C}$) и расходом ($F_{гв} = 35 - 40\text{ м}^3/\text{ч}$) подается на подогреватель (летний), где, отдав тепло технической воде, поступает в тепловые сети. Подача обратной технической воды для охлаждения подогревателя осуществляется с бака горячей воды с помощью циркуляционного насоса (двигатель М1) под давлением ($P_{отв} = 0,75 - 0,8\text{ МПа}$). Стабилизация температуры в подогревателе до $T_{гв2} = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит за счет изменения расхода горячей воды $F_{гв}$ из тепловых сетей. Далее техническая вода поступает в сети технологического горячего водоснабжения, где охлаждается до более низких температур и возвращается в бак горячей воды. При достижении верхнего аварийного

го уровня в баке ($L_{бгв} > 1,2$ м), обратная техническая вода сбрасывается в дренаж путем изменения расхода ($F^*_{отв}$).

На бойлерной подогрева технологической воды отсутствует система автоматического регулирования технологических параметров. Регулирование осуществлялось вручную, путем открытия или закрытия задвижек, что в свою очередь негативно сказывалось на качестве выходных параметров.

Целью модернизации процесса подогрева воды в бойлерной перевод управления на промышленный микроконтроллер, что позволит повысить надежность и качество управления.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- исследовать тонкостенный теплообменный аппарат, интенсифицированный с реверсивным подключением типа ТТАИр-2-100/2200 как объект управления и разработать математическую модель получения горячей технологической воды, что позволит выбрать законы регулирования и параметры, которые необходимо контролировать;

- разработать функциональную схему автоматизации технологического процесса подогрева воды в бойлерной. Произвести выбор и обоснование средств автоматизации данного технологического процесса, а также произвести расчет надежности разработанной системы управления технологическим процессом подогрева воды в бойлерной;

- произвести разработку проекта, системы автоматизации технологического процесса подогрева воды в бойлерной. Разработать принципиальную электрическую схему сигнализации и управления, схему соединений и подключений внешних проводок, схему расположения оборудования и трасс, щит КИПиА с детальной проработкой мест установки микроконтроллерного комплекса;

Принимая во внимание специфику объекта регулирования (водяной теплообменник) и технологического процесса подогрева воды, приходим к выводу о необходимости синтеза инвариантной системы автоматического регулирования. Использование принципа инвариантного регулирования, а также реализация этого принципа с помощью современных микропроцессорных средств автоматики позволит значительно повысить качество управления процессом подогрева технологической воды, исключить риск возникновения так называемого «человеческого фактора», снизить расходы на обслуживание оборудования, свести к минимуму простои оборудования, что окажет положительное влияние на производство в целом.

Эффективное использование энергоресурсов предприятиями за счет построения усовершенствованных систем управления является современным трендом в промышленности.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ И СМЕШЕНИЯ СПИРТА С ВОДОЙ

Цель модернизации — рационализация использования оборудования и уменьшение участия человека в процессе производства. Путем создания непрерывного процесса приготовления водки в доводной емкости с поддержанием постоянной концентрации.

Приготовление водки с заданной концентрацией заключается в создании напитка с определённым уровнем алкоголя, который соответствует стандартам и предпочтениям потребителей. Спирт и вода подаются на линию приготовления. Спирт с водой постоянно смешиваются в емкости для приготовления водно-спиртовой смеси, а также отдельно в емкости для дозирования в доводную емкость.

В доводной емкости водно-спиртовая смесь постоянно перемешивается для однородности жидкости. Важно, чтобы температура и давление в этой емкости контролировались, что позволяет избежать образования осадков и гарантирует стабильное качество конечного продукта. После чего, если концентрация приготовленной водки не соответствует требуемой, происходит дозирование необходимых ингредиентов с последующим перемешиванием.

Этот этап требует высокой точности и автоматизации, чтобы минимизировать влияние человеческого фактора на конечный результат. После того как водка готова, трехпозиционный клапан открывается для подачи водки в емкость для отпуска, где продукция отдыхает и выдерживается перед фильтрацией. Этот процесс выдержки позволяет улучшить вкус и аромат напитка, обеспечивая его гармоничность.

После отпуска водка проходит через колонные фильтры, которые очищают её от возможных примесей и улучшают прозрачность. Фильтрация также способствует смягчению вкуса, что делает продукт более привлекательным для потребителей. Затем готовая водка уходит на блок розлива, где происходит разлив по бутылкам с использованием автоматизированных систем, что обеспечивает высокую скорость и точность упаковки.

В результате модернизации всего процесса достигается значительное повышение эффективности производства, улучшение качества продукции и снижение затрат на рабочую силу. Использование роботов также может позволить экономические показатели функционирования предприятия.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УЛЬТРА
ПАСТЕРЕЛИЗАЦИИ МОЛОКА НА ПРЕДПРИЯТИИ
ОАО «САВУШКИН ПРОДУКТ»**

Процесс ультравысокотемпературной обработки молока представляет собой сложную технологическую операцию, направленную на обеспечение длительной сохранности продукта. В секции термизации молоко подвергается кратковременному нагреву до 138-140°C с выдержкой в течение 4 секунд, после чего быстро охлаждается до температуры 20-24°C. Такая обработка позволяет добиться состояния промышленной стерильности, что особенно важно для продуктов с пониженной кислотностью, имеющих рН выше 4,5.

Конструкция современных установок для термической обработки отличается универсальностью, позволяя использовать одно и то же оборудование для различных видов продукции. При этом для кислых продуктов с рН ниже 4,5, таких как фруктовые соки, не требуется столь интенсивная тепловая обработка - достаточно пастеризации при 90-95°C в течение 15-30 секунд, поскольку в кислой среде развитие спор микроорганизмов невозможно.

Что касается влияния высоких температур на пищевую ценность молока, то основные питательные компоненты - жиры, лактоза и минеральные вещества - практически не изменяются. Наблюдаются лишь незначительные изменения в белковом составе и витаминах. При этом казеин, являющийся основным белком молока, сохраняет свои свойства, а денатурация сывороточных белков не приводит к снижению общей питательной ценности продукта.

Недостатком системы управления является наличие большого количества возмущений, которые, в свою очередь, значительно влияют на контролируемую величину, а именно температуру в пятой секции теплообменника. Для улучшения системы управления будет создана Инвариантная система управления с компенсацией возмущения по температуре теплоносителя. Это позволяет улучшить качество регулирования, а так же добавляет дополнительный каскад, которые благоприятно влияет на динамику регулирования.

Усовершенствование систем управления за счет усложнения алгоритмов, который обычно предусматривает только затраты на программное обеспечение и работу программистов, может обеспечить самый быстрый возврат денег.

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИКЕЛЕВЫХ ПЕН ПО ОТНОШЕНИЮ К РЕАКЦИИ КАТОДНОГО ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА

Водородная энергетика играет важную роль в переходе к устойчивому развитию, поскольку водород может быть получен из возобновляемых источников энергии и не производит вредных выбросов. Одним из наиболее экологичных методов производства водорода является электролиз воды, однако для повышения его эффективности требуются новые электродные материалы с высокой каталитической активностью, низкой стоимостью и долговечностью [1,2].

Получение электролитических пен никеля проводили в гальваностатическом режиме при нестационарных токовых нагрузках. Электролиз протекал в два этапа с использованием двух электролитов:

1 этап – в электролите Уоттса при плотности тока $0,05 \text{ А/см}^2$ и температуре электролита $50\text{--}60^\circ\text{C}$ в течение 3 мин;

2 этап – в хлоридном электролите при плотностях тока $0,9 \text{ А/см}^2$ и температуре электролита $18\text{--}21^\circ\text{C}$, с использованием импульсной подачи тока варьируя соотношение импульса к паузе и длительность амплитуды тока. Соотношения времени импульса к паузе составляли соответственно – $10^{-1}:10^{-1}$; $10^{-1}:10^{-2}$; $10^{-1}:10^{-3}$, $10^{-2}:10^{-2}$; $10^{-2}:10^{-3}$; $10^{-3}:10^{-3}$.³ Время электролиза для каждого образца составило 600 с.

Применение импульсного электролиза при осаждении пен никеля при длительностях импульса и паузы $10^{-1}:10^{-2}$ с соответственно, приводит к формированию более развитой морфологии осадков с размером пор $5\text{--}10 \text{ мкм}$ по сравнению со стационарным режимом электролиза ($50\text{--}80 \text{ мкм}$). Установлено, что электролитически синтезированные никелевые пены позволяют снизить перенапряжение выделения водорода на $0,4 \text{ В}$ по сравнению с гладким никелем при плотностях тока, используемых в промышленных электролизерах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова, Т. С. Структура электролитических никелевых пен и ее влияние на кинетику выделения водорода при электролизе раствора щелочи: дис. ... канд. хим. наук: 2.6.9. / Трофимова Тина-Тини Саулис Асули; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2023. – 171 л.

ХИМИЧЕСКОЕ НАСЛАИВАНИЕ СУЛЬФИДА КАДМИЯ НА СТЕКЛЯННЫЕ ПОДЛОЖКИ

Пленки CdS обладают уникальными оптическими и электронными свойствами, что делает их перспективными для применения в фоторезисторах, солнечных элементах, фотокатализаторах. CdS является прямозонным полупроводником с шириной запрещенной зоны около 2,4 эВ, что позволяет эффективно поглощать и преобразовывать солнечное излучение.

В работе представлены результаты опытов по химическому наплаиванию сульфида кадмия, которые отличались концентрацией ионов кадмия, режимом промывки и количеством циклов наплаивания. В целом, в рамках всех экспериментов концентрация ионов кадмия варьировалась от 0,02 до 0,1 моль/л. Концентрация использованного раствора сульфида натрия не варьировалась и составляла 0,1 моль/л. Полученные образцы исследовались методом оптической микроскопии, двухзондовым резистивным методом, гравиметрическим методом, спектрофотометрически.

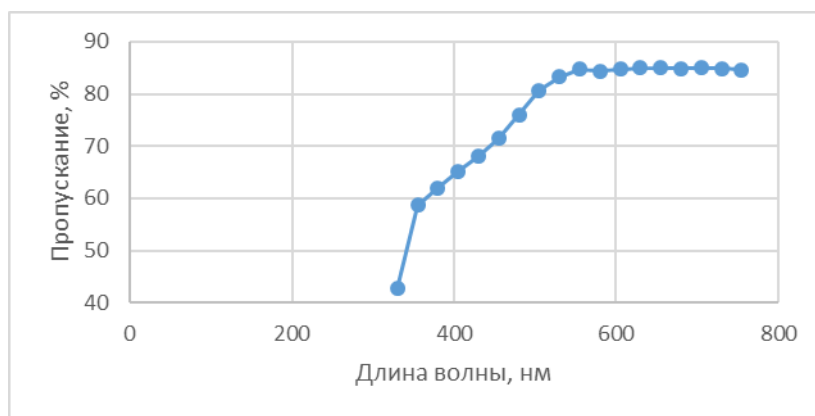


Рисунок 1 – Спектр оптического пропускания подложки CdS/стекло

Наибольшая скорость наплаивания зафиксирована в варианте трехстадийного осаждения по 10 циклов наплаивания при концентрации катионного прекурсора–0,05 М; анионного – 0,1 М. Спектрофотометрические данные указывают на образование пленки полупроводникового сульфида кадмия с шириной запрещенной зоны более 2,4 эВ, что может быть связано с проявлением квантоворазмерного уширения запрещенной зоны в наноструктурированном полупроводнике.

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА АНАЛИЗА

Газометрический метод – это метод, основанный на определении объема газа, образовавшегося в результате химической реакции. В современной лаборатории нелегко найти удобный прибор для анализа различных объектов и процессов. Газовые бюретки бывают разных форм, размеров, точности, дизайна и назначения. Форма бюретки зависит от состава анализируемого газа. Если газ состоит из одного компонента, используются бюретки с цилиндрической стеклянной трубкой. Такая форма удобна для подсчета объема в любой точке бюретки. Для газов, содержащих более половины примесей, которые не поглощаются в процессе, используются бюретки с расширением в верхней части.

Для заполнения бюретки газом используются сосуды с запирающей жидкостью. Она (запирающая жидкость) подбирается таким образом, чтобы исследуемый газ не растворялся в ней, или же запирающая жидкость предварительно насыщается газом, чтобы не поглощать его во время эксперимента. Резервуар с запирающей жидкостью опускают вниз так, чтобы жидкость полностью вошла в бюретку и вытеснила из нее весь воздух.

Газометрический метод можно воссоздать в лаборатории, используя имеющееся лабораторное оборудование для газовой бюретки. Газовую бюретку можно собрать из лабораторного штатива, уравнивательной банки, резиновой трубки для выхода газа, стеклянной трубки с делениями и пробки для колбы. Достоверность показаний воспроизведенной газовой бюретки можно проверить с помощью эталонного метода. Если бюретка герметична, то изменение количества газа и расчет массы вещества по уравнению Менделеева-Клапейрона покажут соответствующие результаты. В заключение можно подчеркнуть важность, преимущества и недостатки газометрического метода: исследования с его помощью проводятся быстро и достаточно точно. Этот фактор дополняют: простота оборудования, доступность и дешевизна реагентов, экологичность реакций. К недостаткам можно отнести ограниченный выбор объекта анализа и то, что не учитывается давление насыщенного водяного пара, которым, впрочем, можно пренебречь при комнатной температуре.

Студ. Д.П. Вабищевич
Науч. рук. ассист. А.В. Пянко, инж. В.П. Боуфал
(кафедра Х,ТЭХПиМЭТ, БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ Ni-Co

Электроосаждение сплавов Ni-Co является перспективным методом получения покрытий с улучшенными механическими, магнитными и коррозионными свойствами. В работе рассмотрены ключевые факторы, влияющие на процесс осаждения, такие как состав электролита, плотность тока, температура и pH.

Особое внимание уделено механизму соосаждения никеля и кобальта, а также влиянию легирующих добавок на структуру и свойства покрытий. Сплавы Ni-Co широко применяются в микроэлектронике, авиакосмической промышленности и гальванотехнике благодаря высокой твердости, износостойкости и магнитным характеристикам. Электрохимическое осаждение позволяет получать покрытия с контролируемым составом и морфологией поверхности, что делает этот метод технологически гибким.

В работе изучено влияние состава электролита. Установлено влияние концентрации ионов Ni^{2+} и Co^{2+} на состав сплава. Исследовано влияние присутствия органических добавок (сахарин, тиомочевина) на структуру получаемого покрытия. Исследование кинетики осаждения покрытий на основе сплава Ni-Co в хлоридном, сульфатном, а также сульфатно-хлоридном электролитах показало, что увеличение температуры от 50°C до 60°C не приводит к значительному изменению хода поляризационных кривых медного электрода. Потенциал начала осаждения покрытий в хлоридном и сульфатном электролитах составляет –0,58 и –0,5 В, соответственно. Потенциал начала осаждения сплава в сульфатно-хлоридном электролите составляет –0,38 В. Наилучшие технологические параметры гальванического осаждения сплава Ni-Co наблюдаются в хлоридном электролите. Выход по току составляет 99,5%, рассеивающая способность 34,4%, а удельная электропроводность 128,6 См·см. Формирование сплава в сульфатном и сульфатно-хлоридном электролитах протекает с эффектом деполяризации. В случае хлоридного электролита никель осаждается со сверхполяризацией, а кобальт с деполяризацией.

Таким образом электроосаждение сплавов Ni-Co позволяет получать покрытия с заданными свойствами за счет регулирования состава электролита и режимов осаждения.

Студ. А.С. Ушак, магистрант Тхет Ко Ко,
Науч. рук. доц. В.В. Жилинский (кафедра Х,ТЭХПиМЭТ, БГТУ)

ЕМКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Суперконденсаторы представляют собой класс электрохимических устройств накопления энергии, объединяющих высокую энергоёмкость, характерную для аккумуляторов, с способностью к быстрому выделению мощности, присущей классическим конденсаторам. Для повышения ёмкостных характеристик применяют углеродные нанотрубки (УНТ) в качестве электродов суперконденсаторов.

Изучение свойств новых углеродных материалов является актуальной задачей для совершенствования суперконденсаторов, расширения областей применения и повышения доступности составляющих.

Целью работы было повышение ёмкостных характеристик УНТ путем их обработки в окислительных средах, таких как концентрированные растворы азотной кислоты (HNO_3) и смеси HNO_3 с серной кислотой (H_2SO_4).

Установлено, что после химической функционализации УНТ смесью азотной и серной кислот происходит удаление аморфной фазы из материала, а на поверхности УНТ образуются кислородосодержащие группы $-\text{OH}$, $=\text{C}=\text{O}$ и $-\text{O}-\text{C}-\text{O}-$. Наличие на поверхности УНТ таких функциональных групп повышает гидрофильность этих нанотрубок, что способствует увеличению их смачиваемости и равномерному распределению в водных или других полярных средах.

С ростом концентрации серной кислоты в смеси при прочих постоянных условиях уменьшается массовая доля углерода. Увеличение температуры химической очистки до 90°C уменьшает долю углерода. Более того, при возрастании объема смеси химической очистки и постоянстве массы пробы скорость растворения УНТ превосходит такую для аморфного углерода.

С этих позиций объем должен быть минимален, а температуру активации целесообразно снизить до 70°C . Начиная с соотношения серной и азотной кислоты (20 % H_2SO_4 и 63 % HNO_3) из смеси удаляется не весь аморфный углерод и, возможно, крышки УНТ. Все это улучшает стабильность углеродного материала при циклировании в среде 20 % H_2SO_4 (обратимость 0,93) и 6 М NaOH (обратимость 0,922).

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ Ni–УНМ

Композиционные электрохимические покрытия на основе никеля с использованием ультрадисперсных наноматериалов (УНМ) представляют собой перспективное направление в области материаловедения и электрохимии. Эти покрытия находят широкое применение в различных отраслях, включая машиностроение, электронику и защиту от коррозии, благодаря своим уникальным свойствам, таким как высокая прочность, устойчивость к износу и коррозии, а также улучшенные электрические характеристики.

УНМ – материалы, состоящие из наноразмерных частиц углерода. К УНМ могут быть отнесены ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза, графен, углеродные нанотрубки и нановолокна. Однако, как правило, в технической литературе под УНМ подразумевают углеродные нанотрубки или нановолокна, а также их смесь или их смесь с аморфным углеродом, являющимся побочным продуктом их синтеза. Далее под термином УНМ будем подразумевать именно такой продукт.

Вне зависимости от способов синтеза УНМ, для их образования необходимо наличие катализатора. В качестве катализатора используется наноразмерные частицы металлов (железо, никель, медь кобальт и др.) и их смеси.

Цель работы: найти наилучшие условия для осаждения наиболее качественного и коррозионно-стойкого покрытия. Процесс получения композиционных покрытий на основе никеля с УНМ осуществляется методом электроосаждения, который позволяет контролировать состав и структуру покрытия. Этот метод обеспечивает равномерное распределение наночастиц в матрице никеля и позволяет достигать необходимых характеристик за счет изменения параметров осаждения.

В ходе работы было выявлено, что наиболее качественные образцы были получены при температуре электролита 50°C, концентрацией УНМ 4 г/л и плотностях тока 1–1,5 А/дм². Покрытие при этих условиях получилось наиболее качественным.

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ МЕДИ ИЗ ЩЕЛОЧНОГО ЦИТРАТНО-АММИАКАТНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Одним из широко используемых металлов в порошковой металлургии является медь. Порошки меди в сварочной технике применяют для наплавки, спечрезки, изготовления обмазок. В машиностроении и приборостроении, автомобилестроении медные порошки используют для изготовления износостойких деталей машин и механизмов, изделий с высоко- или антифрикционными свойствами. Метод порошковой металлургии позволяет снизить отходы от 20 до 50%.

Для получения медных порошков используют кислотные и щелочные электролиты. В данной работе исследования проводили в щелочном цитратно аммиакатном электролите, содержащем г/л: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос) – 90-150; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (сульфат аммиака) – 110-250; $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (лимонная кислота) – 45-65; NaOH - до $\text{pH} = 8,6$. В качестве анода применялась медная пластинка. В качестве катода – алюминиевая проволока.

Использование комплексных электролитов позволяет более точно регулировать условия осаждения, что способствует получению медного порошка с заданными размерами частиц и морфологией.

В данном исследовании было проведено опыты с плотностями тока, $\text{A}/\text{дм}^2$: 3,5,7,10,15,20,40,80. Площадь алюминиевой проволоки менялась в зависимости от объема электролита и размеров медных анодов.

Такие параметры как плотность тока и состав электролита могут существенно влиять на качество получаемого порошка. Варьируя исходные условия и параметры можно управлять размерами частиц, структурой и механическими свойствами.

Выход по току медных порошков из щелочных комплексных электролитов является одним из наиболее важным показателем, который необходимо учитывать при проектировании и оптимизации процессов электролиза. Понимание факторов, влияющих на этот выход, позволяет улучшить качество получаемого порошка и повысить общую эффективность процесса. Удовлетворительным показателем выхода по току для медного порошка считается 50% и более.

Из визуальной оценки медных порошков следует, что высокую чистоту от оксидов обеспечивают условия осаждения от 5 до 10 $\text{A}/\text{дм}^2$.

При этих условиях порошки меди имеют характерный красный оттенок с металлическим блеском. Выход по току 52,6-86,13%.

Также было изучено влияние ультразвука (УЗ) на процесс получения порошков меди. Использовалась ванна ультразвуковая ВУ-09-«Я-ФП»-02 (1,7л) 200ВА. Также проводилось исследование в цитратно-аммиачном электролите при концентрации всех компонентов в 2 и 4 раза меньше исходных.

Благодаря использованию УЗ был достигнут самый высокий показатель выхода по току в районе 90% при плотности тока 40 А/дм², что показывает эффективности использования ультразвука.

Морфологию полученных порошков меди исследовали с помощью оптического металлографического микроскопа Альтами МЕТ 1Д, который помог более детально изучить параметры порошков меди. Исследование порошков меди с помощью оптической микроскопии показывает, что можно получать порошки меди в диапазоне 1–10 мкм, Изображение частиц медного порошка при плотности тока 40 А/дм² на рисунке 1.

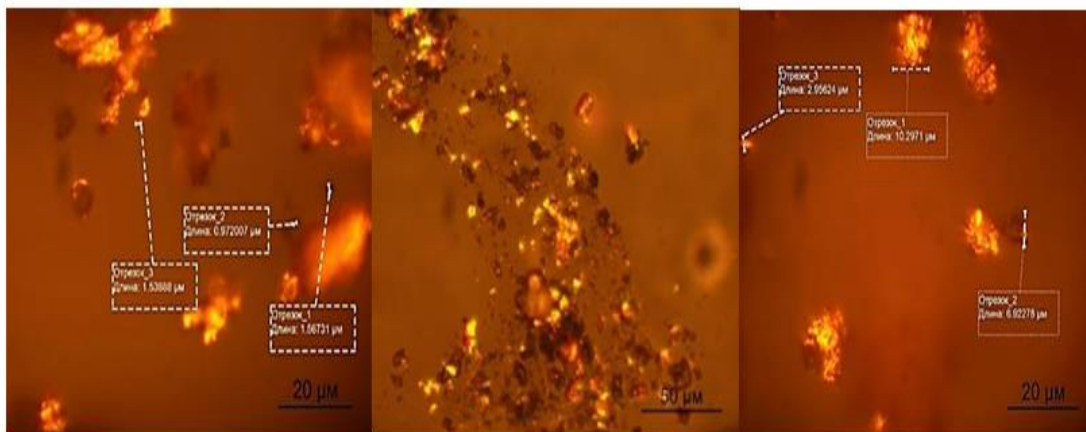


Рисунок 1 – Изображение частиц медного порошка, полученный при плотности тока 40 А/дм²

Получение медного порошка из щелочных комплексных электролитов представляет собой перспективное направление, которое может способствовать развитию новых технологий и улучшению существующих процессов в промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников К.Л. Развитие порошковой металлургии. "Цветная металлургия", №15, С. 15-19.
2. Помосов А.В. О некоторых проблемах производства медного порошка электролитическим способом. Труды института металлургии Уральского научного центра АН СССР, 1978, № 23, С. 17-21.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВА НИКЕЛЬ-ХРОМ ИЗ КОМПЛЕКСНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА

Среди многообразия известных композиций сплавов на основе никеля, сплавы никель-хром имеют ряд преимуществ. Кроме хорошей технологичности они обладают высокой жаропрочностью и коррозионной стойкостью в различных агрессивных средах, а также структурной устойчивостью в условиях радиационного воздействия. Это позволяет применять сплавы на основе никель-хром в существующих и перспективных конструкциях химического, авиакосмического и электронного машиностроения, а также для изготовления компонентов активной зоны термоядерных реакторов, использующих в качестве теплоносителей щелочные металлы в жидком состоянии. Обязательным легирующим элементом в таких сплавах является хром, обеспечивающий высокое сопротивление материалов окислению.

Цель работы заключалась в поиске эффективных и работоспособных электролитов для осаждения сплава никель-хром, с выявлением более эффективными для осаждения сплава.

Таблица 1 – Составы электролитов и условия электролиза

№	Компонент	Концентрация, г/л	Параметры
1	2	3	4
1	Cr(BF ₄) ₃ (в пересчете на Cr ³⁺) Ni(BF ₄) ₂ (в пересчете на Ni ²⁺) HBF ₄	60 – 85 12 – 20 250 – 650	T = 70 – 80 ⁰ C i = 40 – 90 А/дм ²
2	NiSO ₄ NiCl ₂ KCrS ₂ O ₈ C ₂ H ₅ NO ₂ (NH ₄) ₂ SO ₄ H ₃ BO ₃ 2-бутиндиол-1,4 сахарин	80 20 40 220 200 30 0,3 1,5	T = 40 – 60 ⁰ C i = 4 – 60 А/дм ²
3	CrCl ₃ ·6H ₂ O NH ₂ CH ₂ COOH AlCl ₃ ·6H ₂ O H ₃ BO ₃ NH ₄ C INaF NiSO ₄ ·7H ₂ O	160 60 190 35 55 5 30	T = 25 – 30 ⁰ C i = 10 – 50 А/дм ²

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
4	CrCl ₃ NiCl ₂ NH ₄ Cl NaCl NH ₂ CH ₂ COOH H ₃ BO ₃	150 20 50 10 100 30	T = 20 – 30 ⁰ C i = 15 – 50 А/дм ²
5	Cr ₂ (SO ₄) ₃ ·6H ₂ O NiSO ₄ ·7H ₂ O Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O Na ₂ SO ₄ Na ₂ C ₂ O ₄ NaF H ₃ BO ₃	150 50 100 60 20 15 30	T = 18 – 25 ⁰ C i = 7 – 40 А/дм ²
6	Cr ₂ (SO ₄) ₃ ·6H ₂ O NiSO ₄ ·7H ₂ O Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O Na ₂ SO ₄ NH ₂ CH ₂ COOH NaF	150 10 100 60 75 20	T = 20 – 30 ⁰ C i = 6 – 60 А/дм ²

Наилучшие результаты по осаждению покрытия никель-хром показал электролит № 2. Кроме того было изучено влияние температуры и плотности тока в электролите № 2 (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость выхода потока от параметров электролиза

Температура	Плотность тока	Выход металла по току
20 ⁰ C	2 А/дм ²	1,8%
	4 А/дм ²	4,3%
	6 А/дм ²	6%
	8 А/дм ²	4,8%
40 ⁰ C	2 А/дм ²	13,68%
	4 А/дм ²	23,37%
	6 А/дм ²	23,66%
	8 А/дм ²	25,62%
60 ⁰ C	2 А/дм ²	39,4%
	4 А/дм ²	54,6%
	6 А/дм ²	62,4%
	8 А/дм ²	57,81%

При повышении температуры выход по току увеличивался, а так же выход по току возрастал при повышении плотности тока от 2 до 8 А/дм². Однако на данном этапе покрытия получались достаточно хрупкие, что требует дальнейших исследований.

Студ. Д.Д. Боровицкий
Науч. рук. преп. высшей категории М.Б. Тарелкина
(Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)
Ярославский филиал ПГУПС, Россия)

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Солнечная энергетика – одна из самых быстрорастущих отраслей современной энергетики, и с каждым годом ее технологии становятся более эффективными и доступными. Инновации, внедряемые сегодня в солнечные батареи, могут значительно повысить их эффективность, долговечность и универсальность использования. Ученые и инженеры ищут новые материалы, экспериментируют со структурой панелей и создают решения, позволяющие получать больше энергии при меньших затратах.

Одной из главных проблем современных солнечных панелей является ограниченный коэффициент полезного действия.

Новые материалы для солнечных батарей:

- перовскиты – позволяют повысить эффективность панелей и снизить затраты на производство;
- органические соединения – обеспечивают гибкость и легкость, что позволяет интегрировать батареи в разные поверхности, в частности в окна и фасады зданий;
- tandemные материалы – сочетают разные типы фотогальванических элементов для достижения максимальной эффективности.

Благодаря этим материалам солнечные панели становятся более адаптивными к разным условиям использования, в частности, в городских условиях или в ограниченном пространстве. Перспективы их применения особенно интересны для архитектурных решений, где традиционные кремниевые панели часто не подходят из-за ограниченный в размере и внешнем виде.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ДРОЖЖЕЙ

Очистка сточных вод дрожжевых производств является важной задачей, так как позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. На ОАО «Дрожжевой комбинат» отсутствуют очистные сооружения и сточные воды направляются в городскую систему канализации.

Цель работы – разработка технологии очистки сточных вод дрожжевого производства. Сточные воды подаются на барабанное сито, где удаляются крупнодисперсные примеси. Отбросы с сита обезвоживаются и вывозятся на полигон ТКО. Далее стоки поступают в тонкослойный отстойник, где эффективно осаждаются мелкодисперсные взвешенные вещества. Образующийся осадок удаляется в блок обработки осадка. На следующем этапе сточные воды подаются в усреднитель, где происходит их выравнивание по расходу и составу.

Осветленная вода направляется в анаэробный биореактор UASB, используемый для очистки сточных вод с высоким содержанием органических веществ. Сепаратор в верхней части реактора служит для отделения биомассы от биогаза и сточных вод. Биогаз после очистки можно использовать для подогрева очищаемых сточных вод. Далее сточные воды поступают в пластинчатый сгуститель, где происходит отделение остаточного активного ила и биогаза. Завершающими этапами являются доочистка на механическом фильтре [1] и УФ-обеззараживание. Образующиеся осадки сгущаются, после чего обезвоживаются на центрифуге.

Таким образом, предлагаемая технология позволяет достичь требуемой степени очистки сточных вод при минимальных эксплуатационных затратах и низких объемах образующихся отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кичкайло, О. В. Использование глауконитсодержащего кварцевого песка Новодворского месторождения в процессах водоочистки / О. В. Кичкайло, В. А. Янушковская, А. А. Анисько // Химическая технология и техника: материалы 88-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, науч. сотрудников и аспирантов, Минск, 29 января – 16 февраля 2024 г. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 432–435.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В настоящее время очистка сточных вод ОАО «Глубокский молочноконсервный комбинат» осуществляется на перегруженных полях фильтрации, что создает угрозу загрязнения грунтовых вод, а впоследствии и поверхностных вод р. Березовка. Строительство современных очистных сооружений позволит повысить эффективность очистки сточных вод до нормативных показателей.

Разработанная схема очистных сооружений, основанная на НДТ очистки стоков молочных производств, выглядит следующим образом. Исходные сточные воды направляются на предварительную механическую очистку на барабанном сите. Образующиеся отбросы обезвоживаются на мешочных фильтрах. Так как сточные воды предприятия характеризуются значительными колебаниями объемов и загрязненности в течение суток, что вызвано залповыми сбросами стоков, моющих веществ и цикличностью технологических процессов, необходимым является усреднение с корректировкой pH среды.

Для удаления из сточных вод эмульгированных жиров, коллоидных веществ служит установка напорной флотации. За счет реагентной обработки происходит увеличение эффективности процесса очистки. Биологическая очистка сточных вод с удалением биогенных веществ осуществляется по технологии фильтрации через слой взвешенного осадка – USBF. Для доочистки стоков предпочтительно использование фильтров с регенерируемой загрузкой [1]. Обеззараживание производится в УФ-аппаратах непрерывного действия. Для механического обезвоживания осадков (флотошлам, избыточный ил) предпочтительно использование автоматических самоочищающихся шнековых дегидраторов, обеспечивающих максимальное снижение влажности отходов (с 95–98 до 70–75%) с минимальными энергозатратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кичкайло, О. В. Осветление природных вод фильтрованием с использованием глауконитсодержащего кварцевого песка / О. В. Кичкайло, В. А. Янушковская, А. А. Анисько // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Киров 23–24 апреля 2024 г. – Киров: ВятГУ, 2024. – С. 247–250.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

В статье представлены результаты исследования кинетических характеристик процесса электромембранного разделения сточных вод, образующихся в процессе производства органических пигментов. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки эффективных методов очистки промышленных стоков, содержащих пигменты.

Объектом исследования служили модельные растворы, имитирующие состав сточных вод пигментного производства, содержащие различные концентрации хлористого кальция. В ходе экспериментов были изучены зависимости скорости массопереноса от напряженности электрического поля, температуры, концентрации исходных растворов и характеристик используемых мембранных материалов [1].

Промышленность по производству пигментов является значительным источником загрязнения водных ресурсов. Сточные воды, образующиеся в процессе производства, содержат широкий спектр органических и неорганических веществ, включая пигменты, растворители, соли тяжелых металлов и другие токсичные соединения. Очистка этих сточных вод является актуальной задачей, требующей применения эффективных и экологически безопасных технологий [2].

В качестве объекта исследования использовались модельные сточные воды, имитирующие состав реальных сточных вод производства пигментов. Исследование проводилось с использованием лабораторной электродиализной установки с проточной камерой. В качестве ионообменных мембран использовались коммерчески доступные катионообменные и анионообменные мембрана ОПМН-П.

В процессе исследования определены основные кинетические параметры процесса: эффективная диффузионная проницаемость мембран, коэффициент массопередачи, время достижения стационарного режима разделения. Установлено влияние полярности мембран и их структурных характеристик на эффективность разделения компонентов сточной воды [3].

Данные теоретического расчета коэффициента удерживания при приложении электрического тока представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения эмпирических коэффициентов

Раствор	Мембрана	k_1	k_2	k_3
CaCl ₂	ОПМН-П (прианодная)	0,44	1,1	2726
	ОПМН-П (прикатодная)	0,53	1,0	-4033

Для теоретического расчёта удельного потока растворителя данные расчёта представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения эмпирических коэффициентов

Рас- твор	Мембрана	k_1	m	k_2	k_3	n	A
CaCl ₂	ОПМН-П (прианодная)	0,17	-0,43	-55,34	1,97	-0,13	9,62
	ОПМН-П (прикатодная)	-115,12	-0,25	253,21	1,67	-0,17	9,43

Расхождение экспериментальных и расчётных значений составляет не более 15%. Проведенные исследования показали, что электро-мембранное разделение является перспективным методом очистки сточных вод пигментного производства. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и внедрении промышленных очистных сооружений сточных вод пигментного производства.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Теоретические и экспериментальные исследования электрокинетических и структурных характеристик полимерных мембран посредством применения искусственных нейронных сетей в процессах электро-мембранной очистки промышленных растворов, содержащих ионы металлов» (FEMU-2024-0011).

ЛИТЕРАТУРА

1. Абоносимов О.А. Эффективность электрохимической мембранной очистки технологических растворов от сульфата меди и три-натрийфосфата / О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев, С.И. Котенев, И.В. Селиванов, К.К. Полянский // Известия вузов. Цветная металлургия. № 1. 2019. С. 75 – 81.
2. Лазарев С.И. Электробаромембранная очистка промывных вод производства 2,21 – дибензотиазолдисульфида. /Лазарев С.И., Ковалев С.В., Казаков В.Г. // Вестник ТГУ. – 2013. – Вып. 3. – С.614– 618.
3. Абоносимов, О. А. Баромембранные методы разделения при очистке сточных вод гальванотехники и химводоподготовки : монография / О. А. Абоносимов, С. И. Лазарев, К. К. Полянский. – 2016. – 116 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ
ФОРМОВОЧНОЙ ГОРЕЛОЙ**

В Республике Беларусь около 7% промышленного производства страны занимает металлургия. Самым крупнотоннажным отходом данного производства является земля формовочная горелая, которая образуется на стадии выбивки отливок из форм. В настоящее время основная масса земли формовочной горелой подвергается регенерации. Однако, в процессе регенерации образуется мелкодисперсная фракция, возврат которой в технологический процесс невозможен, вследствие чего она вывозится на полигоны.

В работе исследовалась возможность использования указанной фракции земли формовочной горелой (менее 0,5 мм) в качестве сорбента для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод. Насыпная плотность рассматриваемого отхода составила 1,437 г/см³, а удельная поверхность 13,12 м²/г.

Для исследования сорбционных свойств отхода растворы модельных сточных вод, загрязнённых ионами цинка или никеля, были оставлены на 30, 60, 120 и 180 минут с добавлением мелкодисперсной фракции земли формовочной горелой (соотношение сорбента к жидкой фазе 1:100) при периодическом перемешивании. Результаты исследования представлены в таблице.

**Таблица – Результаты исследования по очистке сточных вод
от ионов цинка и никеля**

Время сорбционной очистки, мин	Сорбция Zn^{2+}		Сорбция Ni^{2+}	
	Концентрация ионов Zn^{2+} , мг/л	Эффективность очистки, %	Концентрация ионов Ni^{2+} , мг/л	Эффективность очистки, %
30	202,7	11,45	129,1	4,37
60	196,2	14,29	123,2	8,74
120	180	21,41	111,5	17,41
180	157	31,41	102,7	23,93

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о возможности использования земли формовочной горелой в качестве сорбционного материала для очистки сточных вод от ионов цинка и никеля. При этом эффективность очистки от ионов никеля составляет около 24%, а от ионов цинка около 31%. Земля формовочная горелая может служить хорошей альтернативой дорогостоящим сорбентам, особенно в регионах с хорошо развитой металлургией.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЖЁСТКОСТИ ВОДЫ

Жесткостью воды называется совокупность свойств, обусловленных содержанием в ней щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция и магния. Эти элементы в природных условиях попадают в воду вследствие воздействия диоксида углерода (CO_2) на карбонатные минералы (мел, известняки, доломиты, гипс).

Жесткость воды является одним из основных показателей, характеризующим применение воды в различных отраслях жизнедеятельности человека. В соответствии с официальными рекомендациями ВОЗ жесткость питьевой воды должна быть не более 7 мг-экв/дм³. К жесткости воды, используемой на технические цели, часто предъявляются более высокие требования, чем для питьевой. Например, для сетевой и подпиточной вод для различных видов водогрейных котлов норма жесткости составляет 0,3 – 0,8 мг-экв/дм³, для питательных стационарных паровых котлов – 0,05 – 0,1 мг-экв/дм³ [1].

В практике водоподготовки для умягчения воды применяют различные методы: реагентный, ионный обмен, термический, сорбционный, диализ и др.

В работе была исследована возможность снижения жесткости воды методом сорбции с использованием в качестве сорбентов отходов производства. К модельной воде жесткостью 5 мг-экв/дм³ добавляли следующие отходы производства: опилки различных фракций, отходы формовочных смесей литейного производства, скоп (отход целлюлозно-бумажной промышленности) и золу от сжигания быстрорастущей древесины. Соотношение сорбента и очищаемой воды составило 1:100, время контакта 30 мин.

Было установлено, что при использовании золы от сжигания быстрорастущей древесины жесткость воды не изменяется. Наилучшее умягчение воды происходит при использовании опилок и отходов формовочных смесей литейного производства – жесткость воды снизилась на 40 и 23% соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевцов, Н.М. Водоснабжение промышленных предприятий: учеб. пособ. для вузов. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ. – 2010. – 127 с.

УДК 628.16.081.3:674.823

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» А.В. Поволанский
Науч. рук. доц. О.С. Залыгина (кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Древесина – важное во многих сферах сырьё. Однако в процессе деревообработки образуется большое количество отходов. Актуальным вопросом для предприятий остаётся возможность использования этих отходов (опилок, сучьев, коры и др.) [1]. Целью исследования является изучение сорбционных свойств опилок, которые образуются в процессе деревообработки.

Для исследования возможности использования опилок в качестве сорбента были отобраны три фракции: от 1 до 2 мм, от 0,5 до 1 мм, менее 0,5 мм. Удельная поверхность каждой фракции, определённая по сорбции фуксина из водного раствора, составила 23,5; 40,2 и 37,1 м²/г соответственно. Исходя из этого, дальнейшие исследования проводились с фракцией от 0,5 до 1 мм.

Далее были исследованы сорбционные свойства опилок по отношению к ионам цинка и никеля, которыми обычно загрязнены сточные воды гальванического производства. Для этого опилки помещали в химический стакан и приливали раствор с различной концентрацией Zn²⁺ или Ni²⁺. Соотношение сорбента к раствору составляло 1:100 (на 1 г сорбента 100 мл раствора). Пробы периодически перемешивали. По истечении 2 часов взаимодействия производили отделение сорбента от жидкой фазы и определяли концентрацию Zn²⁺ (титриметрическим методом с эриохромом черным Т) или Ni²⁺ (титриметрическим методом с использованием в качестве индикатора мурексида). Сорбционная ёмкость опилок оказалась низкой. Поэтому для повышения сорбционных свойств опилок они обрабатывались 5%-ной соляной кислотой в течение 24 часов, после чего отмывались от HCl дистиллированной водой и высушивались. После такой обработки сорбционная ёмкость опилок по отношению к Ni²⁺ значительно повысилась и составила 52 мг/г. Сорбционная ёмкость по отношению к Zn²⁺ повысилась незначительно.

Таким образом, опилки после соответствующей обработки могут быть рекомендованы в качестве сорбента для очистки сточных вод от ионов никеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Писецкая, Е. Н. Использование древесных отходов/ Е. Н. Писецкая // Экология на предприятии – 2014. – № 12 – С. 25-32.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящее время в Республике Беларусь большой вклад в загрязнение гидросферы вносят предприятия молочной отрасли, на которых сточные воды образуются в основном при мойке оборудования и которые характеризуются высоким содержанием органических веществ. Вместе с тем, на многих предприятиях молочной отрасли отсутствуют локальные очистные сооружения, и сточные воды без предварительной очистки сбрасываются в городские канализационные сети, тем самым значительно повышая нагрузку на них. На предприятиях молочной отрасли может быть реализована схема очистки, представленная на рисунке.

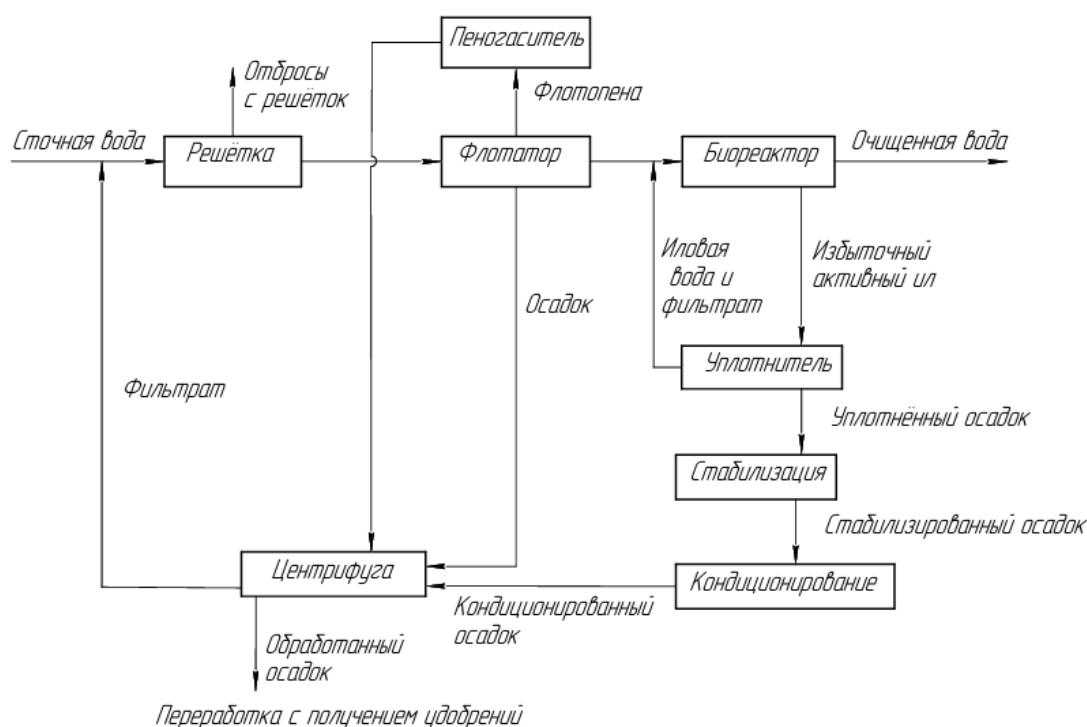


Рисунок – Принципиальная схема очистки сточных вод предприятия молочной отрасли

Основным аппаратом этой схемы является биореактор USBF, который объединяет отдельную аноксидную зону и осветлитель на основе восходящей фильтрации с помощью взвешенного осадка в единый блок биореактора и обеспечивает высокую эффективность очистки как от органических веществ, так и от биогенных элементов.

УДК 621.357.74:628.544

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» Е.В. Зенович,

Студ. И.Н. Хамицевич

Науч. рук. доц. О.С. Залыгина (кафедра промышленной экологии, БГТУ)

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В настоящее время в Республике Беларусь по данным Национального статистического комитета ежегодно образуется около 50 млн. т отходов производства, из которых используется только одна третья часть. Одними из наиболее опасных являются отходы гальванического производства, в состав которых входят соединения тяжёлых металлов, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами.

Основным отходом гальванического производства является осадок очистных сооружений (ООСГП), который образуется в результате очистки сточных вод реагентным, электро- или гальванокоагуляционным методом. Состав ООСГП зависит от вида наносимых на предприятии электрохимических покрытий и применяемых при очистке реагентов. В большинстве случаев они представляют собой смесь гидроксидов или гидроксокарбонатов тяжёлых металлов. Все виды ООСГП относятся к третьему классу опасности.

Также к отходам гальванического производства относятся отработанные технологические растворы и гальваношламы, которые образуются периодически и в гораздо меньшем количестве, чем осадки очистных сооружений.

Гальваношламы представляют собой влажный осадок, образующийся на дне гальванических ванн. Гальванические шламы делятся на группы по содержанию того или иного металла. Класс опасности гальваношлама зависит от группы, но все они относятся к опасным (от первого до третьего класса).

Отработанные технологические растворы представляют собой жидкие отходы – растворы различных солей и кислот. Самые опасные – отработанные электролиты (высокое содержание ионов тяжелых металлов). Они относятся к третьему классу опасности.

В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь (утверждённым постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 09.01.2019 № 3-Т), все отходы гальванического производства относятся к блоку 5 («Отходы химических производств и производств, связанных с ними»), разделу I («Отходы оксидов, гидроксидов, солей») и группе I («Шламы гальванические»).

УДК 621.357.74:628.544

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» К.В. Аврамчик,

Студ. И.Н. Хамицевич

Науч. рук. доц. О.С. Залыгина (кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В ГАЛЬВАНИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

В настоящее время в Беларуси насчитывается около 250 крупных и средних организаций машиностроения, и более половины из них имеют гальваническое производство (ГП) [1]. Основными отходами гальванического производства являются осадки очистных сооружений (ООС) сточных вод, отработанные технологические растворы и гальваношламы.

ООС образуются в ходе очистки сточных вод и характеризуются наибольшими объемами вследствие многочисленных межоперационных промывок при нанесении гальванических покрытий. Отработанные технологические растворы появляются вследствие загрязнения различными вредными примесями, которые образуются при химическом взаимодействии этих растворов с обрабатываемыми изделиями либо в результате поступления из предшествующих ванн. Гальваношлам образуется на дне гальванических ванн в процессе нанесения электрохимических покрытий.

Источники образования отходов ГП представлены в таблице.

Таблица – Источники образования отходов ГП

Вид отхода	Класс опасности	Источники образования
Шламы гальванические	1–3	Гальванические ванны
Осадки очистных сооружений гальванических производств	3	Очистные сооружения сточных вод
Отработанные технологические растворы	2–4, не установлен	Гальванические ванны, ванны травления и активации

Таким образом основными источниками образования отходов гальванического производства являются очистные сооружения сточных вод гальванического производства, ванны травления, активации, гальванические ванны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный статистический комитет Республики Беларусь: [сайт] URL:https://www.belstat.gov.by/ofitsialnayastatistika/publications/izdania/public_reviews/index_41516/ Минск, 1998–2024. (дата обращения: 04.04.2025).

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» А.И. Барановский,
К.В. Аврамчик

Науч. рук. доц. О.С. Залыгина (кафедра промышленной экологии, БГТУ)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОТХОДОВ ПИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сточные воды, загрязнённые ионами тяжёлых металлов, представляют опасность для окружающей среды. Наиболее распространённые реагентные, электро- и гальванокоагуляционные методы их очистки не обеспечивают возможность возврата очищенных вод в технологический процесс.

Для доочистки сточных вод в последнее время широкое распространение получили сорбционные методы. Работа посвящена изучению и сравнению отходов пивоварения с целью выявления эффективного адсорбента для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод.

В работе были определены физические свойства отходов пивного производства (пивной дробины, солодовых ростков, зерновых отходов и отходов от полировки солода), а также их сорбционные свойства по отношению к ионам Zn^{2+} и Ni^{2+} (таблица).

Было установлено, что для пивной дробины, зерновых отходов, отходов от полировки солода преобладает фракция с диаметром частиц более 1 мм, для ростков солодовых – более 0,16 мм. Насыпная плотность отходов составила: для пивной дробины – 700 кг/м^3 , ростков солодовых – 345 кг/м^3 , зерновых отходов – 280 кг/м^3 , отходов от полировки солода – 355 кг/м^3 .

**Таблица – Эффективность сорбции тяжелых металлов отходами
пивного производства и их сорбционная ёмкость**

Наименование отхода	Эффективность сорбции ионов Zn^{2+} , %	Эффективность сорбции ионов Ni^{2+} , %	Сорбционная ёмкость по цинку, мг/г	Сорбционная ёмкость по никелю, мг/г
Пивная дробина	8,571	51,351	3,923	11,151
Ростки солодовые	17,417	32,432	8,007	6,691
Отходы зерновые солодовенного производства	14,683	29,730	5,444	5,810
Отходы от полировки солода	16,667	35,135	6,539	7,630

Таким образом, наилучшими сорбционными свойствами по отношению к Ni^{2+} обладает пивная дробина, по отношению к Zn^{2+} – ростки солодовые.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА СВОЙСТВА СИНТЕЗИРУЕМЫХ МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

В настоящее время все чаще появляются исследования, направленные на получение магнитных частиц, используемых в качестве магнитных сорбентов (МС), а также для получения композиционных магнитных сорбентов на их основе. Магнитные частицы (МЧ) в основном получают посредством осаждения солей железа (II, III) концентрированным водным раствором щелочи. Полученные данным методом МЧ имеют размеры, лежащие в широком диапазоне значений (20-300 нм). Частицы размером 100 нм и более склонны к агрегации, что снижает их сорбционные свойства. Для предотвращения агрегации и получения частиц однородных по размеру все чаще прибегают к методам, основанным на ультразвуковых (УЗ) эффектах. Подобная обработка позволяет в некоторых случаях значительно улучшить сорбционные свойства материалов.

В работе получали композиционные магнитные сорбенты (КМС) на основе магнитных частиц (Fe_3O_4) и угля (предварительно получен из отхода тростника) в соотношениях 1:1 и 1:3. После соосаждения полученные частицы подвергли УЗ обработке. В качестве нулевого образца были выбраны частицы МС, полученные методом соосаждения без УЗ обработки.

Сорбционные свойства полученных материалов оценивали по значениям удельной поверхности, статической обменной емкости (СОЕ) по отношению к красителю фуксину и нефтеемкости. Результаты исследований представлены в сводной таблице.

Таблица – Результаты исследования сорбционных свойств полученных КМС

Сорбент	Нефтеемкость, г/г	СОЕ, мг/г	Удельная поверхность м ² /г
МС	1,1	0,67	12,40
1:1	5,8	1,89	24,08
1:3	3,4	0,81	18,50

Исследование показало, что адсорбент 1:1, подвергнутый УЗ обработке, обладает более высокой нефтеемкостью и развитой поверхностью.

Полученные композиционные магнитные сорбенты могут быть успешно использованы для очистки воды и почв от нефти, нефтепродуктов, и катионогенных органических загрязнителей.

Учащ. УО «Национальный детский технопарк» Н.А. Бочко
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

АНАЛИЗ ПОДЗЕМНЫХ ВОД МИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Подземные воды являются основным источником питьевого водоснабжения в Республике Беларусь. Поэтому контроль их качества является задачей первостепенной важности.

Целью данной работы являлся анализ качества подземных вод, разгружающихся в виде родников на территории Минской агломерации.

Объектами исследования являлись подземные воды, отобранные в источниках на территории Минской агломерации в: д. Витовка, д. Рогово, д. Птичь и в Свято-Елисаветинском монастыре, расположенном в г. Минске.

Анализ проб воды проводили по органолептическим (запах, вкус, цветность, мутность) и химическим (минерализация, жесткость, перманганатная окисляемость, реакция среды, концентрация F^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; NO_3^- ; CO_3^{2-} ; HCO_3^- , NH_4^+ ; Mg^{2+} ; Ca^{2+} , Cu^{2+} ; $Fe_{\text{общее}}$; Fe^{3+} ; Fe^{2+}) показателям качества воды

По результатам анализа проб воды установлено, что наиболее пригодной для употребления по всем показателям можно считать воду из источника в д. Витовка и в д. Птичь.

Немного хуже по качеству воды, отобранные из источников в д. Рогово и в г. Минске. Они более жесткие, по сравнению с другими пробами, так как имеет превышение нормативов по магнию и относительно высокие концентрации кальция. В этих пробах наблюдалось высокое содержание железа: превышение предельно допустимой концентрации железа в 1,06 и 1,4 раза соответственно. Поэтому пробы воды из данных источников могут иметь незначительные отклонения по цвету и привкусу.

Однако, надо отметить, что по нормативам, установленным Всемирной организацией здравоохранения, допустимая концентрация железа в воде составляет 2 мг/л. Эта величина нормирует токсическое воздействие железа на организм человека. Данный норматив в исследуемых водах не превышен.

На основании выполненных исследований можно сделать вывод, что все пробы пригодны для употребления, но необходимо периодически проводить наблюдения за качеством воды в данных источниках.

КЛАССИФИКАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Хозяйственная деятельность человека в результате вредного антропогенного воздействия приводит к нарушению земель, что сопровождается утратой ими своих природно-исторических признаков, ухудшением состояния и нарушения характера использования. В результате такие земли исключаются из эффективного использования по исходному целевому назначению.

Выполненный анализ информации, представленной на официальных сайтах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, главного информационного аналитического центра НСМОС и Национального статистического комитета Республики Беларусь, позволили классифицировать нарушенные земли Республики Беларусь и ранжировать их по площади нарушенных земель. Все нарушенные земли условно можно разделить на 2 группы:

- нарушенные земли, с разрушенным или уничтоженным почвенным и растительным покровами;
- территории с загрязненными почвами, состав которых был изменен под воздействием негативных внешних факторов.

Соотношение нарушенных земель, образовавшихся в результате различных видов хозяйственной деятельности в Республике Беларусь, следующее:

- земли нарушенные при проведении сельскохозяйственных работ;
- земли нарушенные в результате добычи торфа;
- земли загрязненные в зонах влияния автодорог;
- земли загрязненные токсичными веществами (тяжелые металлы, нефтепродукты и др.)
- земли нарушенные при добыче полезных ископаемых
- земли нарушенные при складировании отходов производства и потребления.

Основным направлением возврата таких земель в хозяйственный оборот это проведение рекультивационных работ. Направление проводимой рекультивации зависит от дальнейшего хозяйственного использования восстановленной территории.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА БИОКОМПСТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ

В настоящее время в Республике Беларусь большой проблемой является обращение с органическими отходами. Все чаще для переработки органических веществ используются такие методы, как компостирование. В результате процесса компостирования удастся получить натуральные органические удобрения, почвоулучшающие добавки, получаемые в процессе разложения органического вещества, а также позволит утилизировать отходы, которые становятся безвредными для окружающей среды. Способствуют этому процессу микроорганизмы, для которых является приемлемой средой та, которая обеспечивается в процессе компостирования. Применение компоста способствует улучшению дренажных свойств почвы, а также ее способности к поглощению влаги, улучшению ее плодородия.

Существуют различные методы интенсификации биотермического компостирования: путем введения биогенных добавок, инокуляция адаптированных штаммов микроорганизмов, корректировки объемного соотношения компонентов, оптимизации состава и среды, а также комбинации различных методов аэрации.

Цель работы заключалась в проведении сравнительного анализа веществ по их способности ускорять процесс разложения целлюлозосодержащих отходов.

Объектами исследований в работе являлись биоактиваторы, полученные из компостов на основе отходов (женьшеня, лопуха, ромашки, мать-и-мачехи, череды) и их смесей в разных соотношениях.

Исследования проводили в лабораторных условиях применяя моделирование процесса компостирования. Эксперимент проводился для сравнительного анализа веществ, полученных из отходов, по способности ускорять процесс разложения целлюлозосодержащих отходов. По полученным данным исследований, наибольшая степень разложения целлюлозы наблюдалась в пробах, обработанных биоактиваторами из компостов, полученный при компостировании отхода череды и смеси отходов корня лопуха и соцветий ромашки.

Результаты исследований свидетельствуют о перспективности использования названных веществ для ускорения разложения целлюлозосодержащих отходов.

Студ. К.Д. Ковалева
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ИЗ ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Литейное производство характеризуется образованием специфических отходов. Большинство данных отходов используется в производстве строительных материалов, дорожном строительстве, железнодорожном строительстве, а также подвергаются регенерации и возвращаются в технологический процесс. При этом меньше внимания уделяется таким отходам, как железосодержащая пыль без вредных примесей. Изучение состава данного отхода показывает, что содержание в нем железа составляет от 47 до 85%. Это позволило предположить, что данный отход можно использовать для получения фотокатализаторов.

Железосодержащие фотокатализаторы активно исследуются для очистки воды благодаря доступности и низкой токсичности. Они эффективно удаляют органические загрязнители из воды благодаря способности генерировать активные формы кислорода под действием видимого света и УФ-излучения.

Работа выполнялась в несколько этапов:

- выщелачивание железа из железосодержащей пыли азотной кислотой;
- синтез фотокатализатора;
- исследование процессов фотокаталитической очистки сточных вод с использованием полученного фотокатализатора;
- определение оптимальных параметров фотокаталитической очистки вод.

По результатам эксперимента были определены оптимальные технологические параметры получения фотокатализаторов: концентрация кислоты – 25%; время перемешивания – 37 минут; соотношение железосодержащая пыль:азотная кислота 1:10; использование в качестве топлива глюкозы; соотношение топливо: $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ – 1:1; температура – 400°C; время горения – 30 минут.

По полученным результатам был составлен материальный баланс. Коэффициент использования сырья составлял 18%, его значение можно повысить до 32%, если непрореагировавшую пыль направлять на использование в дорожное строительство. Коэффициент использования полезного компонента, в данном случае железа, содержащегося в отходе, составляет 96%.

Студ. Е.С. Демиденко
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

В современных условиях усиления экологических требований и перехода к принципам циркулярной экономики актуальной задачей становится разработка технологий переработки промышленных отходов в функциональные материалы. Одним из таких материалов являются магнитные сорбенты, которые сочетают высокую сорбционную способность с возможностью легкого магнитного отделения. Данная работа посвящена исследованию методов получения магнитных сорбентов из железосодержащих отходов производства, что позволяет решать экологические, экономические и технологические задачи.

Получение магнитных сорбентов из природного сырья оказывает значительное воздействие на окружающую среду. В связи с этим, в качестве альтернативного сырья для получения магнитных сорбентов можно использовать железосодержащие отходы производства, например, железосодержащую пыль, образующуюся на ОАО «Минский тракторный завод» в количестве 3614,6 т/год.

Работа выполнялась в несколько этапов:

- отбор проб отходов на предприятиях: железосодержащая пыль на ОАО «Минский тракторный завод», отход растительного сырья (источник олеиновой кислоты в нашем случае) на ЗАО «Витэкс»;
- подготовка сырья (измельчение, разделение на компоненты);
- синтез сорбентов (по 3 вариантам);
- исследование свойств полученных материалов;
- тестирование эффективности их использования при очистке сточных вод.

В результате были получены материалы сильно отличающиеся по физико-химическим свойствам. Важным являлось получение сорбента с высокой плавучестью, что позволит его применять в процессах сбора нефти с поверхности воды.

Полученные сорбенты по адсорбционной активности по метиленовому синему, ПАВ, нитрат-иону, железу, по нефтеемкости не уступают некоторым сорбентам, которые применяют на практике, но уступают лучшим из них. Поэтому работа будет продолжена в направлении получения сорбентов с высокой сорбционной емкостью, с высокой плавучестью и низким водопоглощением.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Подземные воды Беларуси являются важнейшим ресурсом страны. Однако существует ряд причин из-за которых на большинстве территории Беларуси в подземных водах наблюдается повышенное содержание железа.

Недостатком известных методов обезжелезивания является неэффективность очистки подземных вод, который требует большого количества кислорода, которое не всегда может быть обеспечено методом упрощенной аэрации. Данная работа направлена на обоснование выбора наиболее экономически выгодного и, в то же время, эффективного способа обезжелезивания воды.

Исследования, выполняемые в данной работе, необходимы для проектирования станции обезжелезивания на ОАО «Савушкин продукт», поэтому в работе использовали модельные воды, которые по содержанию железа соответствовали артезианским водам, добываемым на предприятии: 1,5 мг/л.

1 этап – подготовительный (постановка МВИ, сборка модельной установки и др.).

2 этап – определение эффективности обезжелезивания в зависимости от способа аэрации. Установлено, что наиболее эффективным способом является аэрирование с объемной керамической насадкой.

3 этап – определение влияния рН на процесс аэрирования. Выявлено, что рН не влияет на эффективность обезжелезивания воды

4-7 этапы – исследование эффективности обезжелезивания флотационным методом, кислотным обезжелезиванием, окислительным обезжелезиванием, ультразвуковой обработкой воды. Установлено, что наиболее эффективное удаление железа (92%) достигается при окислительном методе в присутствии пероксида водорода.

8 этап – исследование эффективности комбинированного метода обезжелезивания: окислительное обезжелезивание в присутствии пероксида водорода с последующей ультразвуковой обработкой. Эффективность очистки составила 98%.

Таким образом, применение комбинированного метода позволит снизить концентрацию в добываемой артезианской воде до 0,03 мг/л, при ПДК 0,3 мг/л.

ОКСИФТОРИДНЫЕ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ДОПИРОВАННЫЕ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Оксифторидные стеклокерамические материалы, активированные ионами редкоземельных элементов, являются эффективными ап-конверсионными преобразователями ИК излучения в видимую область спектра. Такие материалы представляют значительный интерес для применений в качестве вторичных источников излучения в осветительных устройствах и системах отображения информации, а также активных сред в лазерном приборостроении.

В настоящей работе для получения стеклокристаллических материалов выбраны стекла на основе $\text{SiO}_2\text{--PbO--PbF}_2\text{--GeO}_2\text{--CdF}_2\text{--YbF}_3\text{--Er}_2\text{O}_3$ системы. Синтез стекол проводился в электрической печи периодического действия. Максимальная температура варки составляла $950\pm 50^\circ\text{C}$. Все составы стекол хорошо проварены и осветлены, инородных включений и следов непровара нет. Плотность стекол находится в

д
и
а Крystalлизация способность стекол является важным фактором, влияющим на стабильность процесса формирования кристаллической фазы. Прозрачную стеклокерамику получают в результате термической обработки исходного стекла при температуре близкой к температуре стеклования, но не выше верхней температуры кристаллизации, которые определялись по данным ДСК. Температура термической обработки выбрана 420°C при длительности прогрева 5 ч.

Рентгенофазовый анализ термообработанных стекол указывает на выделение при термообработке исходного стекла кристаллов PbF_2 . Дифракционные пики для термообработанных стекол смещены относительно основных рефлексов кристалла $\beta\text{-PbF}_2$, что указывает на искажение структуры кристалла. Такое искажение может быть связано с образованием твердого раствора $(\text{Yb}, \text{Er})\text{PbF}_2\text{--CdF}_2$ или с вхождением ионов эрбия и иттербия в твердый раствор $(\text{Yb}, \text{Er})\text{OF--PbF}_2$. В процессе кристаллизации фторидной фазы, люминесценция ионов эрбия существенно возрастает по интенсивности относительно люминесценции исходных стекол, что связано с увеличением эффективности возбуждения кооперативной ап-конверсионной люминесценции. Получены стеклокерамики с люминесценцией в зеленой части спектра.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СТЕКОЛ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ СТЕКЛОБОЯ

Производство стеклянной тары является важной частью стекольной промышленности в мире, в развитых странах её выпуск занимает более 60 % от общего выпуска стеклянной продукции. Такой большой объем является следствием значительного разнообразия ассортимента продуктов для фасования. Основным производителем стеклянной тары в Республике Беларусь является ОАО «Гродненский стеклозавод». Для производства используют традиционные сырьевые материалы, однако большое значение имеет стеклобой.

В качестве исходного состава выбран промышленный состав тарного стекла, внедренный в производство на ОАО «Гродненский стеклозавод». В работе использовали смешанный стекольный бой различных производителей тарного стекла в количестве 50–90 мас. %.

Установлено влияния гранулометрического состава на качество осветления. Показано, что использование кускового и фракционного стеклобоя способствует наиболее эффективному осветлению стекломассы. Это можно объяснить тем, что при использовании молотого боя увлекается большое количество воздуха, а также наиболее интенсивно протекает процесс вспенивания на поверхности стекломассы.

Изучено качество осветления стекломассы в зависимости от содержания сульфата натрия и стекольного боя в шихте. Выявлено, что с возрастанием количества введенного стеклобоя скорость осветления снижается, а доля газовых включений растет, однако количество вводимого осветлителя не оказывает значимого влияния на скорость подъема газовых включений. Изучены оптические характеристики стекол в зависимости от содержания стеклобоя. Установлена концентрация красителей и соотношение стеклобой : шихта для получения зеленых и оливковых тарных стекол.

Показано, что использование повышенного содержания стеклобоя снижает себестоимость бутылки, однако для печи производительностью 65 т/сут. рекомендуется ограничить содержание стеклобоя в размере 70 мас. %.

Разработка тарных стекол с повышенным содержанием стеклобоя это не только экономически выгодный подход, но и вклад в охрану окружающей среды. Такие инициативы способствуют созданию более устойчивой и ответственной стекольной промышленности.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ГЛУШЕНЫХ СТЕКОЛ ДЛЯ СОРТОВОЙ ПОСУДЫ

Глушеное стекло, обладающее уникальными оптическими и физико-химическими свойствами, находит широкое применение в различных отраслях, включая производство сортовой посуды. Данное стекло отличается отличной механической прочностью и устойчивостью к воздействию химических веществ. Глушение стекла достигается за счет добавления различных веществ, которые модифицируют его свойства. Одной из наиболее эффективных добавок являются фториды, которые не только улучшают механические характеристики стекла, но и способствуют его устойчивости к воздействию внешней среды. В настоящей работе представлены стекла на основе $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ стеклообразующей системы. В качестве глушителя использован криолит (Na_3AlF_6).

Синтез стекол проводили в газовой печи при температуре 1420 ± 10 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Для снятия внутренних напряжений после выработки стекла отжигались в электрической муфельной печи при температуре 500 °С.

Визуальная оценка стекол показала различную степень глушения стекол. Составы, не содержащие оксид кальция, не проявили глушения, а наблюдалась опалесценция стекол. При введении CaO 2–6 мас.% стекла заглушились, образцы имели молочно-белый цвет. Лучшее глушение характерно для составов с содержанием 8–10 мас.% ZnO . Исследование характера глушения методом рентгенофазового анализа установлено формирование микрокристаллов фторида кальция в стекле.

Плотность экспериментальных стекол изменяется в интервале

2

5

0

9 Температура стеклования исследованных стекол изменяется от 483,7 до 511,4 °С. Прослеживается корреляция температуры стеклования с содержанием оксидов кальция и цинка.

6 Микротвердость стекол находится в пределах 5598–5970 МПа. Исследуемые стекла относятся к III гидrolитическому классу.

2 Оптимизированы составы стекол с целью получения на их основе молочно-белых стекол для изготовления декоративных изделий.

к

г

/

м

з

т

ис

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЛЕГКОПЛАВКИХ СТЕКОЛ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ

Легкоплавкие стекла представляют собой уникальную категорию материалов, которые находят широкое применение в различных отраслях благодаря своим особым физико-химическим свойствам. Спаи на основе легкоплавких стекол однородны и свободны от напряжений. Перспективной основой для синтеза легкоплавких стекол являются висмутсодержащие стеклообразующие системы, поскольку оксид висмута обеспечивает легкоплавкость и является хорошим активатором сцепления с различными металлами.

Для исследований выбраны составы стекол на основе $\text{PbO-ZnO-Bi}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ стеклообразующей системы. Температура варки стекол составляла 1000 ± 10 °С с выдержкой при максимальной температуре 30 мин. Отжиг стекол проводился при 300 °С.

Методом градиентной кристаллизации и дифференциально-термического анализа установлена область составов некристаллизующихся стекол и склонных к кристаллизации. К последним относятся составы с содержанием ZnO 10–30 мол.%, при содержании Bi_2O_3 50–70 мол.% и PbO до 20 мол.%, для которых характерно образование кристаллической корки и объемной кристаллизации. В качестве основной кристаллической фазы для данных составов формируются силикаты висмута $6\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. При высоком содержании Bi_2O_3 , наряду со свинцововисмутовыми боратами формируются бораты цинка. Данные составы перспективны для получения на их основе стеклоцементов. Плотность стекол находится в интервале 6732–7880 кг/м³. Присутствие оксидов тяжёлых металлов оксида висмута и оксида свинца в составе стекол вносит определенный вклад в значение данного показателя. ТКЛР стекол находится в интервале $(85,14\text{--}107,10) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$.

Микротвердость стекол находится в интервале 945–1690 МПа. Невысокая микротвердость стекол объясняется тем, что в составы стекол входят катионы с большим ионным радиусом Pb^{2+} и Bi^{3+} понижающие микротвердость. Спектры пропускания стекол характеризуются поглощением в видимой части области спектра и пологим участком спектра, отвечающего краю полосы поглощения.

По совокупности свойств оптимизированы составы стекол для спаев с различного рода материалами: титаном, алюминиевым сплавом Д–16, оксидом алюминия и др. и стеклоцементы на их основе.

ЛАНТАНСОДЕРЖАЩИЕ ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

Целью работы явилась разработка рецептур сырьевых композиций и получение лантансодержащих полуфриттованных глазурей для керамогранита. Сырьевые компоненты, используемые в исследуемых массах глазурных покрытий, вводились в следующих количествах, мас. %: 20,0–32,5 фритта 2/154, 5,0–15,0 оксид лантана технический и 17,5–22,5 доломитовая мука, при постоянном содержании полевого шпата, глинозема, кварцевого песка, каолина, глины огнеупорной общим количеством 45 мас. %. Компоненты дозировались и измельчались в шаровой мельнице типа Speedy (Италия). Тонина помола характеризовалась остатком на сите № 0063 в количестве 0,3–0,5 %. Влажность глазурной суспензии составляла 35–37 %.

Полученная глазурная суспензия наносилась на высушенный до влажности 1,5–2,0 % полуфабрикат керамогранита. Обжиг образцов производился в конвейерной газопламенной печи FMS–2590 при температуре 1200 ± 5 °C в течение 50 ± 5 мин на ОАО «Керамин» (г. Минск). Сформированные глазурные покрытия были матовыми и имели белый цвет. Белизна глазурей составила 30–50 %, блеск – 10–16 %, температурный коэффициент линейного расширения – $(69,61–75,29) \cdot 10^{-7}$ K⁻¹, микротвердость – 5442–6053 МПа. Все покрытия обеспечивали химическую устойчивость к растворам №1 и №3 по ГОСТ 27180 при воздействии в течение 24 ч. Покрытия обладали требуемыми показателями термостойкости и морозостойкости в соответствии с ГОСТ 13996. Износостойкость глазурей соответствовала классу 3. Основными кристаллическими фазами, присутствующими в глазурных покрытиях, являлись анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ и оксид лантана La_2O_3 .

Электронно-микроскопическими исследованиями определено, что стекловидная фаза в покрытиях составляла 27–35 %, преобладали игольчатые кристаллические образования длиной 7,5–25,0 мкм и пластинчатые кристаллы. Дифференциально-сканирующей калориметрией установлены процессы, происходящие в сырьевой смеси при формировании покрытий. Эндотермические эффекты соответствовали процессам дегидратации глинистых минералов, разложению доломитовой составляющей смеси, плавлению фритты. Экзотермические эффекты обуславливались модификационными изменениями кварца и оксида лантана, а также кристаллизацией, наблюдаемой при термической обработке.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ГИПСОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ НАЛИВНЫХ ПОЛОВ

Композиционные самонивелирующиеся полы отличаются высокой прочностью, долговечностью, эстетичностью, короткими сроками устройства. Такие полы получают из сухой смеси, состоящей из гипсового вяжущего, минеральных заполнителей и комплекса модифицирующих химических добавок. После смешивания с водой образуется однородная масса, отличающаяся высокой устойчивостью к нагрузкам.

Содержанием высокопрочного гипса варьировали от 30 до 60 мас.%, наполнителя – от 40 до 70 мас.%. В качестве наполнителя использовали кварцевый песок различных фракций. Водотвердое отношение (В/Т) составляло 0,3.

Установлено, что с увеличением содержания гипса в диапазоне от 30 до 60 мас.% предел прочности при сжатии возрастал с 3 до 9 МПа, а стандартная консистенция смеси уменьшалась с 216 до 293 мм соответственно.

По ГОСТ 31358–2019 «Смеси сухие строительные напольные. Технические условия» прочность смеси на сжатие для композиционных наливных полов должна быть не менее 2,5 МПа, стандартная консистенция – не менее 230 мм.

Дальнейшие исследования показали, что при соотношении фракций кварцевого песка 0–0,16 и 0,315–0,16 мм и содержании высокопрочного гипса 45 мас.% в составе композиционной смеси обеспечивают предел прочности образцов при сжатии от 5,1 до 6,8 МПа, а стандартную консистенцию – 108–216 мм. Повышение содержания гипса до 50 мас.% привело к увеличению прочности до 8,6 МПа, а стандартной консистенции – до 315 мм, что удовлетворяет предъявляемым требованиям. При содержании высокопрочного гипса в составе композиционной смеси в количестве 55 мас.% предел прочности при сжатии образцов изменялся от 3,3 до 6,9 МПа, а стандартная консистенция растворной смеси – от 140 до 219 мм.

Таким образом, выбран оптимальный состав композиционной смеси, содержащий 50 мас.%, высокопрочного гипса и 50 % наполнителя (кварцевого песка) фракций 0–0,16 и 0,315–0,16 мм. Дальнейшее модифицирование гипсовой смеси пластифицирующей и редиспергирующей добавками обеспечивает снижение В/Т, повышение прочности и удобоукладываемости.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВОВ СТЕКОЛ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МЕДИЦИНСКИХ СОСУДОВ В УСЛОВИЯХ ОАО «БЕЛМЕДСТЕКЛО»

Медицинское стекло предназначено для хранения и упаковки лекарственных средств, инъекционных и бактериологических растворов, а также для изготовления предметов по уходу за больными. К медицинским стеклам относятся ампулы, флаконы для антибиотиков и т.п.

Основные требования к медицинским стеклам состоят в отсутствии взаимодействия с содержащимися в них лекарствами, поскольку при хранении лекарственных препаратов не должно происходить изменение их свойств, т.е. обладать высокой химической устойчивостью по отношению к хранящимся в них препаратам. Медицинские изделия вырабатывают преимущественно из нейтральных стекол (марок НС-1 и НС-2). B_2O_3 с точки зрения химической устойчивости является весьма полезным компонентом, но его введение в шихту имеет негативные последствия: высокое улетучивание как при варке, так и при формовании полуфабриката (стеклотрубки) из-за химической неоднородности стекла, к тому же борсодержащее сырье имеет достаточно высокую стоимость. Совершенствование составов стекол и технологий производства медицинских флаконов – важная задача, стоящая перед производителями в сфере фармацевтики и медицины. В условиях роста требований к качеству и безопасности медицинских изделий, разработка новых материалов и усовершенствование технологий их производства становятся ключевыми факторами. Цели настоящей работы включают: снижение содержания B_2O_3 в составах медицинских стекол; изучение химической стойкости; влияние введения цинковых белил в состав медицинского стекла. Синтезированы медицинские стекла на основе многокомпонентной стеклообразующей системы $Na_2O-K_2O-CaO-Al_2O_3-B_2O_3-BaO-ZnO-SiO_2$ в газовой печи в кварцевых тиглях. Температура варки составила 1500 °С при выдержке 1 ч, отжиг при 600 °С. Стекла бесцветные, хорошо проварены и осветлены, признаки непровара отсутствуют. Показана перспективность использования цинковых белил в производстве медицинского стекла. Проведены исследования ТКЛР, плотности и химической устойчивости (водостойкости и щелочестойкости) стекол. На основании экспериментальных данных выбран оптимальный состав стекла, максимально устойчивый к кристаллизации и характеризующийся пониженным на 2,5 мас. % содержанием B_2O_3 в сравнении со стеклом марки ХТ-1.

**ТЕРМОРАЗМЕРОСТАБИЛЬНЫЕ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ**

Особое место среди оптических материалов занимают прозрачные термостойкие ситаллы. Они относятся к наиболее актуальным и перспективным материалам современной техники, обладающие сочетанием ценных и специфических, часто уникальных свойств. Они обладают высокой прочностью, твердостью, химической и термической стойкостью, низким температурным коэффициентом линейного расширения, что открывает новые горизонты использования данных материалов [1].

Изучена возможность получения стеклокристаллических основ светоотражающих астрономических зеркал в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ в области кристаллизации твердых растворов. Изученная область включает, мас. %: SiO_2 51,14–55,75; Al_2O_3 23,10–27,10; Li_2O 3,40–5,20; R_2O (Na_2O , K_2O) 1,15; RO (ZnO ; MgO) 2,16; RO_2 (TiO_2 , ZrO_2) 4,48; P_2O_5 5,97–9,97. Режим кристаллизации оптимального состава стекла, включал этапы нуклеации при 680 °С длительностью 5 ч и роста кристаллов при 725 °С длительностью от 10 до 50 ч.

По результатам рентгенофазового анализа установлено, что в синтезированной стеклокерамике кристаллизуется β -кварцеподобный твердый раствор $\text{Li}_x\text{Al}_x\text{Si}_{1-x}\text{O}_2$ в качестве единственной кристаллической фазы. Установлено что она характеризуется гексагональной сингонией, а увеличение длительности стадии, обеспечивающая рост кристаллов приводит к уменьшению элементарной ячейки кристаллической решетки от 126,61 до 126,21 Å³.

При длительности стадии роста кристаллической фазы 30 ч, синтезированная стеклокерамика характеризуется: ТКЛР в интервале температур от 25 до 100 °С составляет $0 \pm 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$; плотность 2476,96 кг/м³; теплопроводность 1,364 Вт/м·К; температуропроводность 0,625 мм²/с; микротвердость 7093,25 МПа. По совокупности физико-химических свойств полученный материал соответствует лучшим мировым аналогам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлушкин, Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов: учеб. пособие / Н.М. Павлушкин. – Москва.: Стройиздат., 1983. – 392 с.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ
В СИСТЕМЕ $R_2O - B_2O_3 - Sb_2O_3 - SiO_2$**

Целью настоящей работы является разработка составов оптических стекол типа особые флинт. Особыми флинтами называются оптические стекла с пониженной относительной частной дисперсией в синей части спектра. Эти стекла используются в апохроматах для исправления вторичного спектра. Особые флинты получают на основе стеклообразующей системы $R_2O-Sb_2O_3-B_2O_3-SiO_2$.

Для исследования выбраны составы стекол с содержанием следующих компонентов, мол. %: Sb_2O_3 0–15; B_2O_3 20–35; SiO_2 55–70, и постоянным содержанием щелочных оксидов. Для составления шихты использовались сырьевые материалы высокой чистоты.

Стекла синтезированы в газовой печи при 1500 ± 10 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Отжиг стекол проводился в электрической печи при 600 °С. Все составы стекол хорошо проварены и осветлены, инородных включений и следов непровара нет.

Синтезированные стекла отличаются высокой устойчивостью стеклообразного состояния, что подтверждено исследованием, выполненным методом дифференциально-сканирующей калориметрии.

Установлено, что исследуемые стекла имеют температурный интервал стеклования в области 440–540 °С. ТКЛР стекол изменяется в пределах $(45-56) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. При увеличении содержания оксида сурьмы, ТКЛР стекол повышается, что связано с достаточно высоким парциальным числом по отношению к оксиду кремния.

Показатель преломления стекол находится в интервале 1,484–1,658. Оксид сурьмы повышает данный показатель. Дисперсия стекол изменяется от 36,42 до 65,60. Оксид сурьмы приводит к снижению дисперсии.

Стекла характеризуется высокой прозрачностью в видимой области спектра и полосой поглощения в ультрафиолетовой части спектра (330–400 нм). Структура стекол изучена методом рамановской спектроскопии. Особенностью спектров, отличающего его от спектра силикатных стекол, является появление дополнительных полос рассеивания при 260 см^{-1} , $360-460 \text{ см}^{-1}$, обуславливающих деформационные колебания связи $Sb-O-Sb$, и при $740 - 765 \text{ см}^{-1}$ – валентные колебания связи $Sb-O-Sb$.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕГКОПЛАВКИХ СТЕКОЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ЭМАЛЕЙ

Целью настоящей работы является разработка составов и технологии получения легкоплавких стекол для изготовления ювелирных эмалей.

Для исследований выбраны составы стекол на основе стеклообразующей системы $\text{PbO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ с содержанием компонентов, мол. %: 10–40 SiO_2 ; 30–60 PbO ; 30–60 B_2O_3 . Температура варки стекол составляла 1230 ± 5 °С с выдержкой при максимальной температуре 30 мин. Отжиг стекол проводился при 400 °С. Согласно результатам изучения кристаллизационной способности стекол методом градиентной кристаллизации выявлено, что обжиг легкоплавкого стекла для получения эмали следует проводить в интервале температур, где наблюдается появление чистого расплава без признаков кристаллизации, а именно 700–750 °С. Несмотря на низкое содержание в составах стекол стеклообразующего оксида SiO_2 , данные стекла не склонны к кристаллизации. ДСК установлено, что температура стеклования (T_g) стекол находится в пределах 456–464 °С, температура размягчения – 464–474 °С. Плотность синтезированных стекол изменяется в пределах 4917–7703 кг/м³, ТКЛР находится в интервале от $42,8 \cdot 10^{-7}$ до $81,8 \cdot 10^{-7}$ К⁻¹.

Введение в стекла указанной системы оксида цинка ZnO до 4 мас. % приводит к их окрашиванию в молочный цвет; оксид кадмия CdO до 2 мас. % – в бледно желтый, дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ до 0,5 мас. % – в зелёный. Использование в качестве красителя оксида кобальта CoO мас. % в количестве до 1 мас. % позволяет получить синий цвет; 1–6 мас. % – тёмно-синий; 6–12 мас. % – черный.

На основе цветных стекол готовилась эмаль. Стекла подверглись механическому измельчению. Размер частиц не более 0,01 мм. Размолотая эмаль, размешанная с водой, в виде пасты была нанесена специальным шпателем на предварительно подготовленную обработкой в азотной кислоте медную подложку. Обжиг производился при температуре 700 °С с выдержкой в 3 минуты.

Полученные эмали хорошо смачивают металл, имеют хорошую растекаемость, гладкую, однородную поверхность без расслаивания и посторонних включений.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ В СИСТЕМЕ**

Целью настоящей работы является разработка составов и технологии получения оптических стекол типа тяжелых кронов в системе $\text{RO}-\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$.

Для исследований выбраны составы стекол с содержанием, мол. %: 0–10 CaO; 0–10 ZnO; 0–2,5 Al_2O_3 ; 7,5–25 B_2O_3 при содержании оксидов бария 30–40 и кремния 40–50.

Стекла синтезированы в газовой печи при 1450 ± 10 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Отжиг стекол проводился при 550 °С. Все составы стекол хорошо проварены и осветлены, инородных включений и непровара нет. Методом градиентной кристаллизации установлено, что стекла обладают высокой склонностью к расслаиванию. Исследование влияния режима термообработки на структуру стекол позволило установить границы областей несмешиваемости при различных температурах. На кривых ДСК имеются выраженные эндоэффекты при 673–695 °С и 720–800 °С обусловленные фазовым разделением ликвационного характера. Установлено, что температура стеклования (T_g) стекол находится в интервале температур 658–666 °С, температура размягчения – 666–672 °С. Склонность к затуханию связана с переходом бора из одной координации в другую, что является главным, решающим фактором.

Для построения $[\text{BO}_4]$ тетраэдров на каждый ион B^{3+} требуется 2 иона кислорода, а в молекуле B_2O_3 имеется только $1\frac{1}{2}$ иона. Недостающее количество кислорода вносится в стекло оксидом бария. Чем выше содержание бария в стекле, тем большая часть бора имеет возможность перейти в четверную координацию. Плотность стекол находится в интервале 3308–4049 кг/м³, микротвердость–3993–5025 МПа. Присутствие оксидов бария в составе стекол повышает величину данного показателя. Показатель преломления стекол изменяется в пределах 1,619–1,664. Повышение показателя преломления связано с наличием в составах оксидов тяжелых элементов (бария и цинка).

По совокупности физико-химических свойств получены составы и разработана технология получения стекол с наименьшей склонностью к кристаллизации, повышенным показателем преломления и требуемым коэффициентом дисперсии.

**КЕРАМИЧЕСКИЕ ПЛИТКИ ДЛЯ ВНУТРЕННЕЙ ОТДЕЛКИ
СТЕН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИН МЕСТОРОЖДЕНИЙ
«ГОРОДНОЕ» И «СТОЛИНСКИЕ ХУТОРА»
БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

Изучение возможности применения новых сырьевых ресурсов Республики Беларусь для производства керамических изделий является актуальной задачей, поскольку позволяет обеспечить постоянное восполнение минерально-сырьевой базы и, следовательно, повышение экономического потенциала страны.

Целью настоящей работы является изучение возможности использования отечественных глинистых материалов месторождений «Городное» и «Столинские Хутора» для получения керамических плиток для внутренней отделки стен.

На основе анализа данных научно-технической литературы в качестве сырьевых материалов для получения плиток выбраны следующие, мас. %: глина «Гайдуковка» – 0–55, глина месторождения «Городное» – 0–55, глина «Столинские хутора» – 0–55, каолин – 0–10, гранитоидные отсеvy – 20–30, доломитовые отсеvy – 10–20, песок кварцевый – 5–10. Исходные компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице. Для получения пресс-порошка шликер термически обезвоживался при температуре 120 ± 10 °С. Образцы формовались в виде плиток при удельном давлении прессования – 10 ± 2 МПа. Изготовленный полуфабрикат сушился при температуре 120–150 °С и далее обжигался при 1090 ± 5 °С в течение 40 ± 2 мин в производственных условиях ОАО «Березастройматериалы».

Физико-химические свойства полученных плиток изучали согласно требованиям ГОСТ 27180-2019. Образцы характеризовались водопоглощением, равным 16,2–24,5 %; открытой пористостью – 29,2–42,0 %; кажущейся плотностью – 1613–1875 кг/м³; пределом прочности при изгибе – 5,3–18,7 МПа; температурным коэффициентом линейного расширения – $(6,1–8,3) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹.

Установлено, что образцы оптимальных составов обладают комплексом физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик, удовлетворяющим требованиям ГОСТ 13996-2019. Таким образом, глины месторождений «Городное» и «Столинские хутора» могут найти применение для получения керамических плиток для внутренней отделки стен.

ПОЛУЧЕНИЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛИНИСТЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью настоящей работы является изучение возможности использования отечественных глинистых материалов месторождений «Городное» и «Столинские Хутора» для получения керамических плиток для покрытия полов.

В исследовании применялись следующие сырьевые материалы: полевой шпат Вишневогорский (ТУ 5726-036-00193861-06), глина «Городное» (ГОСТ 9169-2021), глина «Столинские Хутора» (ГОСТ 9169-2021), глина «Альберус» (ТУ 08.12.22-001-34223958-2023), глина «Боровичская» (ТУ 1522-009-0190495), доломитовые отсеvy (СТБ 2318-2013), каолин «Ситница» (ГОСТ 9169-2021).

Исходные компоненты подвергались совместному мокрому помолу в шаровой мельнице. Для получения пресс-порошка шликер термически обезвоживался при температуре 120 ± 10 °С. Образцы формировались в виде плиток при удельном давлении прессования – 12 ± 2 МПа. Изготовленный полуфабрикат сушился при температуре 120–150 °С и далее обжигался при 1191 ± 5 °С в течение 52 ± 2 мин в производственных условиях ОАО «Березастройматериалы».

Полученные образцы обладали следующим комплексом физико-химических свойств (ГОСТ 27180-2019): водопоглощение – 0,7–14,6 %; открытая пористость – 1,8–26,9 %; кажущаяся плотность – 1844–2369 кг/м³; предел прочности при изгибе – 11,4–48,1 МПа; морозостойкость – 100 циклов; температурный коэффициент линейного расширения – $(6,0\text{--}7,9) \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Согласно ГОСТ 13996-2019 керамические плитки для покрытия полов группы ВІb должны характеризоваться водопоглощением, равным 0,5–3,0 %; механической прочностью при изгибе – не менее 30 МПа; морозостойкостью – не менее 100 циклов. С помощью рентгенофазового анализа и электронной микроскопии выявлено, что основными кристаллическими фазами синтезированных материалов являются анортитом, муллит и β-кварц.

Таким образом, в результате проведенных исследований показана возможность получения керамических плиток для полов, обладающих требуемым комплексом физико-химических свойств и эксплуатационных характеристик, с использованием сырья Республики Беларусь.

ГЛАЗУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛАУКОНИТСОДЕРЖАЩЕЙ ПОРОДЫ, САПОНИТСОДЕРЖАЩИХ ТУФОВ И БАЗАЛЬТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью работы является изучение возможности использования базальтов, сапонитсодержащих туфов Новодворского месторождения Брестской области Республики Беларусь, а также глауконитсодержащих осадочных вскрышных пород для синтеза глазурных покрытий для декорирования керамического гранита.

Глазурные композиции включали сырьевые материалы при следующем соотношении, мас. %: 1) серия 1: алюмоборосиликатная фритта – 18–33; доломит – 5–20; базальт – 40–55; суммарное содержание огнеупорной глины и глинозема – 17; 2) серия 2: алюмоборосиликатная фритта – 18–33; доломит – 5–15; туф – 40–55; суммарное содержание огнеупорной глины и глинозема – 17; 3) серия 3: полевой шпат – 15–30; глауконитсодержащая порода – 18–38; доломит – 5–20; суммарное содержание огнеупорной глины, алюмоборосиликатной фритты и глинозема – 37.

Глазурная суспензия готовилась по традиционной технологии, наносилась на полуфабрикат керамических плиток, который подвергался обжигу при 1191 ± 5 °С в течение 52 ± 2 мин в производственных условиях ОАО «Березастройматериалы».

Результаты проведенных исследований представлены в таблице.

Таблица – Свойства полученных глазурных покрытий (ГОСТ 27180)

Показатель	Серия 1	Серия 2	Серия 3
Цвет покрытий	Коричневый, бежево-коричневый		Бежевый, песочно-желтый
Фактура поверхности	Матовая	Матовая	Матовая
Блеск, %	3–8	1–11	4–7
Микротвердость, МПа	3000–5910	3460–6960	5560–8470
ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, K ⁻¹	68,5–71,3	69,1–73,4	70,5–75,4
Термическая стойкость	10 циклов		
Химическая стойкость	Химически стойкие		
Степень износостойкости	Не определялась		3 (оптимальный состав)

Таким образом, проведенные испытания показали, что разработанные составы глазурных композиций могут найти применение в промышленном производстве керамогранита.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЦВЕТНЫХ СТЕКОЛ
ДЛЯ ОКРАШИВАНИЯ ТАРНОГО СТЕКЛА
В НЕПРЕРЫВНОМ ПОТОКЕ**

Изменить цвет стекломассы непосредственно в печи можно двумя способами: полностью слить печь и наварить стекломассу требуемого цвета; постепенно переходить к стеклу другого цвета при эксплуатации печи, вводя в шихту новый краситель. Однако оба варианта изменения окраски сваренной стекломассы являются быть нецелесообразны, особенно когда необходимо быстрое и неоднократное изменение цвета. В связи с этим оперативное изменение цвета можно осуществлять в специальном питателе, примыкающем к ванной стекловаренной печи, в которой получается бесцветная стекломасса. При использовании данного метода расходуется меньше красителя и появляется возможность достаточно гибко изменять окраску изделий. Цветные фритты представляют собой легкоплавкие гранулы размером 2–5 мм. В качестве окрашивающих компонентов используются различные комбинации оксидов. На основе анализа литературы для изготовления фритт выбрано легкоплавкое стекло на основе стеклообразующей системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. В качестве красителей принята комбинация оксидов Cr_2O_3 , MnO_2 , CuO , Co_2O_3 и NiO , отдельно и как комбинации красителей для получения широкой цветовой гаммы. Стекла синтезированы в газовой печи. Температура варки стекол составляла 1100–1400 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. При исследовании кристаллизационной способности установлено, что часть стекол склонны к кристаллизации, однако верхняя температура кристаллизации лежит ниже нежели температура стекла в питателе. Плотность стекол изменяется в интервале 2493–2990 кг/м³, микротвердость – 8717–13287 МПа. С целью оптимизации концентрации вводимых красящих фритт синтезированы составы с введением одинакового количества стеклобоя и различной концентрацией фритт размером не более 5 мм. Изучены спектральные характеристики стекол в зависимости от концентрации красящих фритт в составе шихты. Структура стекол изучена методом рамановской спектроскопии. Изучена динамика процесса перекрашивания стекломассы. Показано, что процесс перекраски в непрерывном потоке теоретически можно провести за 11 ч, что значительно снижает количество бракованной продукции и благотворно влияет на экономику предприятия.

SYNTHESIS OF CERAMIC MATERIALS IN THE SYSTEM $\text{CaO-ZrO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$

The aim of this work was to develop a ceramic mixture composition and technological parameters for obtaining porous materials in the system $\text{ZrO}_2 - \text{CaO} - \text{P}_2\text{O}_5$, and to establish the relationship between chemical composition, structure, and physicochemical properties.

The following components were used to synthesize porous ceramic materials: 1) nanodispersed zirconium dioxide – 40–90 wt. %; hydroxyapatite synthesized by precipitation method – the rest; 2) nanodispersed zirconium dioxide – 40–90 wt. %; calcium orthophosphate – the rest; 3) nanodispersed zirconium dioxide – 40–90 wt. %; calcium dihydrogen orthophosphate monohydrate – the rest; 4) nanodispersed zirconium dioxide – 40–90 wt. %; calcium dihydrogen orthophosphate – the rest.

The samples were prepared by pressing the powders with poly(vinyl alcohol) used as a binder. The obtained samples were fired in an electric furnace in air at temperatures from 1400 to 1500 °C. The heating rate was 250 °C/min.

The synthesized materials had a homogeneous porous structure, and their physical and chemical properties are given in the table.

Table – Physical and chemical properties of the samples

Composition	Water absorption, %	Open porosity, %	Apparent density, kg/m^3	Mechanical compressive strength, MPa
1	7.3–13.6	25.3–35.0	2509–3694	29.6–61.7
2	9.8–14.8	32.1–41.2	2569–3507	8.8–39.8
3	1.0–5.4	2.9–21.8	2716–4255	43.3–129.8
4	1.1–5.7	3.1–19.7	2705–4547	52.4–167.3

Using a JSM–5610 LV scanning electron microscope and a D8 ADVANCE Bruker diffractometer, it was established that the main crystalline phases in the synthesized materials were zirconium dioxide ZrO_2 and calcium orthophosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, the amounts of which depended on the content of components in the ceramic mass.

As is known, porous ceramics based on zirconium dioxide are highly desirable for filling bone defects, calcium phosphates improve biocompatibility, osseointegration, and bioactivity of the materials. Thus, the obtained materials can be considered as promising materials for bone tissue engineering applications.

СОСТАВЫ МАСС ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

К керамическим стеновым материалам относятся материалы, которые предназначены для кладки наружных и внутренних стен, колонн, панелей и других элементов зданий. В настоящее время предприятиями выпускается как обычный керамический кирпич, так и облицовочные пустотелые и полнотелые керамические камни и блоки в соответствии СТБ 1160–99.

В качестве основных сырьевых материалов использованы глина месторождения «Городное» и кварцевый песок.

Для интенсификации процесса спекания изделий, возможности регулирования структуры и свойств керамических материалов в массу вводились гальванический шлам и железосодержащий отход водоподготовки, выполняющие роль плавня, а также обеспечивающего интенсификацию окраски керамического кирпича.

Фазовый состав гальванического шлама представлен гематитом (Fe_2O_3), оксидом никеля(II) и $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Фазовый состав отхода водоподготовки – сульфатами и гидроксидами железа.

Синтез керамических материалов осуществляли методом пластического формования с сухим способом подготовки глинистого сырья и шихты. Обжигались образцы в электрической печи при максимальной температуре 950, 1000 и 1050 °С. Средняя скорость подъема температуры составляла 200 °С/ч, выдержка при максимальной температуре – 1 ч.

Усадка образцов, обожженных в интервале температур 950 – 1050 °С, находилась в пределах 7,5–12,6 %, водопоглощение – 7–13 %, открытая пористость – 15–24 %, кажущаяся плотность – 1860–2060 кг/м³, механическая прочность при изгибе – 7–9 МПа. Морозостойкость образцов составила 100 циклов.

Фазовый состав опытных образцов представлен кварцем ($\beta\text{-SiO}_2$) и анортитом ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).

На основании проведенных исследований установлено, что железосодержащий отход водоподготовки является перспективным сырьевым материалов для интенсификации окраски керамического кирпича и улучшения его физико-химических свойств.

СОСТАВЫ НЕФРИТТОВАННЫХ ГЛАЗУРЕЙ ДЛЯ САНИТАРНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Целью проведенных исследований являлась разработка составов нефриттованных цирконийсодержащих глазурей для санитарных керамических изделий, обеспечивающих необходимый комплекс физико-химических свойств. В качестве основы для исследования выбрана система $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{MgO}-\text{SiO}_2-\text{ZrO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$. В качестве сырьевых материалов использовались кварцевый песок ОВС-020-2, пегматит КПШМ 0,20-2, глина МТ500G, каолин КБЧ-1, цинковые белила, барий углекислый, тальк, силикат циркония.

Приготовление глазурей осуществлялось совместным мокрым помолом составляющих до тонины, обеспечивающей остаток на сите № 0056 (10858 отв/см^2) в количестве 0,6–0,8 %. Относительная влажность суспензий после помола составляла 30,8–34,1 %. С целью улучшения реологических свойств дополнительно вводились триполифосфат натрия и кобальт азотнокислый. Полученная суспензия наносилась на высушенный до остаточной влажности не более 1 % черепок санитарных керамических изделий методом полива. Обжиг проводился в газопламенной печи в заводских условиях ОАО «Керамин» при температуре $1206 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 22 ч.

Все синтезированные покрытия характеризовались белым цветом, высокой степенью заглушенности, растекаемости и укрывитости. Белизна покрытий составила 75–80 %, блеск – 62–73 %, температурный коэффициент линейного расширения – $57,5\text{--}62,2 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, микротвердость – 5650–6800 МПа. Глазурные покрытия являются термостойкими к 50 % раствору CaCl_2 при $110 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 3 ч, что соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Рентгенофазовым анализом установлено, что при формировании синтезированных глазурных покрытий кристаллизуются циркон $\text{ZrO}_2 \cdot \text{SiO}_2$ и анортит $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Методом сканирующей электронной микроскопии установлено, что в глазурях присутствуют крупные кристаллы анортита. Размеры кристаллов составляют 29–38 мкм, их содержание не превышает 5–7 % от общего количества кристаллической составляющей. Кристаллическая фаза также представлена в основном мелкими изометрическими кристаллами циркона, размеры которых колеблются от 0,1 до 0,4 мкм, количество которых преобладает.

СОСТАВЫ МАСС ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью проведенных исследований являлась разработка составов керамогранита с использованием сырьевых материалов Республики Беларусь, удовлетворяющего требованиям действующей нормативно-технической документации. Для получения керамогранита использовались следующие компоненты: глина месторождения «Городное», суглинки месторождения «Дудинское», доломитовый щебень (Республика Беларусь); глина ТЛ-1, глина «Альберус», материал полевошпатовый ПШС 0,30-21 (Российская Федерация). Образцы получали методом полусухого прессования с подготовкой пресс-порошка шликерным способом.

Помол компонентов массы проводился в лабораторной шаровой мельнице «Speedy» (Италия) в течение 50 мин. Полученный шликер обезвоживался, измельчался до прохождения через сито № 1 и доувлажнялся до влажности не более 8 %. Прессование образцов осуществлялось двухступенчато на гидравлическом прессе при давлении прессования 12 МПа. Обжиг образцов проводился на линии FMS 2850 при температуре 1250 ± 10 °С в течение 150 ± 1 мин в условиях ОАО «Керамин», г. Минск.

Полученные образцы керамогранита характеризуются общей линейной усадкой 3,5–6,2 %, механической прочностью при изгибе – 33,2–37,6 МПа, водопоглощением – 0,32–0,59 %, кажущейся плотностью – 2170–2330 кг/м³. Открытая пористость составляла 0,79–1,52 %, температурный коэффициент линейного расширения $7,1\text{--}8,2 \cdot 10^{-6}$ К⁻¹. Рост содержания в составе суглинков «Дудинское» приводит к увеличению значений общей линейной усадки, кажущейся плотности, температурного коэффициента линейного расширения, а также снижению механической прочности при изгибе, водопоглощения и открытой пористости. Это связано с значительным содержанием в суглинках свободного кварца.

Рентгенофазовым анализом установлено, что фазовый состав синтезированных образцов керамогранита представлен анортитом, муллитом и низкотемпературным кварцем.

При помощи сканирующего электронного микроскопа установлено наличие открытых пор с размером 2–10 мкм в количестве 10–25 % от исследуемой поверхности образцов.

Студ. А.А. Герасимчук, студ. А.А. Латушкин
Науч. рук. доц., канд. техн. наук Ю.А. Климош
(кафедра технологии стекла, керамики и вяжущих материалов, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ПЛИТОК ДЛЯ ПОЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОРОД НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью представленной работы является изучение возможности замены полевого шпата, импортируемого из Российской Федерации, на базальты и сапонитсодержащие туфы в рецептурах сырьевых композиций, применяемых в производстве плиток для полов. Месторождение базальтов и сапонитсодержащих туфов «Новодворское» расположено в Пинском районе Брестской области.

В качестве сырьевой базы в работе выбраны материалы, применяемые в настоящее время на ОАО «Березастройматериалы» для производства плиток для полов. Сырьевые компоненты вводились в следующих соотношениях, мас. %: сочетание двух огнеупорных глин (РФ) – 55–60; полевого шпата – 5–25; гранитоидные отсеивы – 7; кварцевый песок – 8. Базальты и туфы в керамическую массу вводились в количестве от 5 до 25 % взамен полевого шпата. В ряде составов использовано комбинирование полевого шпата и базальта. Изготовление экспериментальных образцов осуществлялось методом полусухого прессования, максимальная температура обжига плиток соответствовала заводской.

В результате экспериментальных исследований получены образцы керамических плиток, соответствующие плиткам группы ВIIa (в соответствии с требованиями ГОСТ 13996-2019 водопоглощение составляет от 3 до 6 %, предел прочности при изгибе – не менее 30 МПа), а также образцы плиток, соответствующие плиткам группы ВIIb с водопоглощением от 0,5 до 3 %. Величина ТКЛР плиток оптимального состава составляет $6,22 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, что незначительно отличается от ТКЛР заводских плиток. Термостойкость образцов составила 10–14 циклов. Структура черепка представлена зернами кварца, дегидратированным глинистым веществом, незначительным количеством стекловидной фазы и пор. Фазовый состав плиток представлен α -кварцем, гематитом, анортитом и муллитом.

Установлено, что для получения плиток для полов группы В IIa возможна полная замена в составах керамических масс российского полевого шпата на базальт, который, несомненно, является перспективным сырьем для изготовления облицовочных материалов.

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФАТА БОРА РЕАКТИВНОЙ КВАЛИФИКАЦИИ

Фосфаты бора используются в качестве катализаторов реакций органического синтеза, в частности, в производстве полиэтилентерефталата, как составная часть специальных видов стекла и высоковольтной керамики, в лабораторной практике, например при получении фосфатов Mg, Ca, Zn, Pb посредством твердофазной реакции с оксидами [1]. Среди способов синтеза гидротермальный позволяет получить нерастворимый тетрагональный фосфат бора стехиометрического состава, который обладает термической стабильностью до 1450 °С [1].

Цель работы – уточнение характеристик получаемого фосфата бора. Результаты гидротермального синтеза фосфата бора представлены в таблице.

Таблица – Условия и результаты синтеза в гидротермальных условиях

№, п/п	Исходные реагенты	R	Т-ра, °С	Время, ч	Дисперсность, мкм
1	$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_3\text{BO}_3$	2:1	190	5	1) 2,5; 2) 10,0
2-4	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{BO}_3$	2:1	190	5	1) 2,0-3; 2) 10-13;
5	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{BO}_3$	2:1	250	8	1) 2,4; 2) 11,2
6	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_3\text{BO}_3$	1,5:1	280	20	1) 0,8; 2) 4,5

Примечание. R- мольное отношение реагентов в пересчете на $\text{P}_2\text{O}_5/\text{B}_2\text{O}_3$.

Исследованиями гранулометрического состава на лазерном измерителе ANALYSETTE 22 MicroTec установлено наличие частиц размером 0,5–15 мкм; преобладающие фракции: 2–4 и 8–12 мкм. Анализ результатов ДСК показал термическую стабильность в изученном температурном интервале 20–940°С. Потеря массы высушенного продукта при этом составила 0,3%.

С помощью электронной микроскопии JSM5610 LV и элементного анализа EDX JED-2201 JEOL подтверждены размеры частиц продукта, а также установлен химический состав, мас. %: содержание основного вещества 96,7; RO –1,2; R_2O_3 –0,6; SiO_2 –1,5.

Условия гидротермального синтеза фосфата бора в тефлоновом вкладыше исключают появление дополнительных примесей, позволяя прогнозировать их количество в конечном продукте по требованиям заказчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Габалов Е.В. Получение фосфата бора. / Е.В. Габалов. // 85 НТК ППС БГТУ. 2021 г. – URL: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/41867>.

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА ЦЕХА ОПСВ ОАО «ГРОДНО АЗОТ» В КАЧЕСТВЕ ПОЧВОГРУНТА

На очистных сооружениях ОАО «Гродно Азот» образуется избыточный активный ил (отход 4 класса опасности), который в виде суспензии хранится на иловых площадках, которые на сегодняшний день заполнены на 90 % своего объёма. Поэтому приоритетной задачей является ликвидация накопителей отходов и вторичное использование активного ила. Для того чтобы не строить иловые площадки с отводом новых земель, предлагается использовать избыточный активный ил очистных сооружений без дополнительной обработки в качестве почвогрунта исходя из типа почв и гранулометрического состава.

Исследования проводились посредством закладки полевого опыта на трех участках с разным типом почвы.

Проведенные исследования с внесением твердого и жидкого активного ила в почву различного гранулометрического состава позволяет сделать следующие выводы:

1. агрохимические показатели почвы опытных участков изменялись под действием избыточного активного ила неоднозначно. Наибольшее положительное влияние на содержание в почве органического вещества, фосфора, калия, кальция и магния оказывают дозы твердого избыточного активного ила 20 и 30 кг/м². Также под их влиянием происходил значительный сдвиг pH в сторону нейтральных значений.

2. санитарно-гигиеническая оценка почвы опытных участков после внесения избыточного активного ила, проведенная по отдельным показателям (медь, цинк, хром и нитраты) выявила соответствие требованиям гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности почвы».

При внесении активного ила в песчаную почву в возрастающих дозах повышался показатель ее биологической активности, что свидетельствует о его положительном влиянии.

Определена целесообразность применения твердого и жидкого активного ила качестве технических грунтов (в зеленом строительстве, при рекультивации и т.д.), где он может использоваться с менее строгими ограничениями по сравнению с сельскохозяйственными землями.

Студ. А.Д. Пытель, Ю.В. Бровко, В.В. Самойлова
Науч. рук. проф. Зильберглейт М.А. (кафедра ТНВиОХТ, БГТУ)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РАСЧЁТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА БЕСКОНВЕРСИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Современные методы искусственного интеллекта становятся революционным инструментом в сфере моделирования, анализа и оптимизации химических реакций, предоставляя возможности, недоступные при использовании традиционных подходов. Актуальность применения искусственного интеллекта в химической технологии обусловлена потребностями различных отраслей, включая химическую промышленность, фармацевтику, экологию и энергетику.

Традиционные экспериментальные и математические методы имеют существенные ограничения, связанные с трудоемкостью, высокой стоимостью и сложностью адекватного отражения реальных процессов.

Искусственный интеллект предлагает эффективные решения целого ряда задач в химической технологии. Особенно ценной является способность искусственного интеллекта работать с неполными или зашумленными данными, характерными для экспериментальных исследований.

Среди методов искусственного интеллекта, применяемых в химической технологии, выделяются глубокое обучение (CNN, RNN, LSTM, автоэнкодеры), различные архитектуры нейронных сетей (многослойные персептроны, рекуррентные нейронные сети), классические методы машинного обучения (регрессия, классификация, SVM, Random Forest) и генетические алгоритмы и байесовские методы.

Практическим примером эффективности применения искусственного интеллекта служит решение нами задачи выщелачивания KCl из сильвинитовой руды, где нейронная сеть предлагает более простой и наглядный алгоритм решения по сравнению с традиционным методом детерминантов. Полученные результаты полностью согласуются с традиционным решением.

Важно подчеркнуть, что, несмотря на высокий потенциал искусственного интеллекта как инструмента для обучения и исследований в области химической кинетики, необходимо критическое отношение к получаемым результатам и обязательная перепроверка информации.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

На сегодняшний день наблюдается стремительное развитие нейронных сетей. Под нейронными сетями понимаются алгоритмы и системы, способные извлекать закономерности из больших объёмов данных, адаптироваться к новым условиям и принимать обоснованные решения. Эти технологии находят применение в различных научных областях, способствуя повышению точности расчётов и оптимизации сложных процессов.

В химической технологии, где важно точно предсказывать ход реакций, рассчитывать свойства материалов и находить оптимальные условия для синтеза, применение нейронных сетей становится особенно полезным. Они помогают быстрее обрабатывать большие объёмы данных, что позволяет сэкономить время и средства по сравнению с традиционными подходами.

Цель нашей работы – сравнить сервисы на базе нейронных сетей и оценить их потенциал использования в химической технологии, а также продемонстрировать эффективность их применения для математического моделирования и оптимизации параметров работы химических реакторов.

Были рассмотрены три сервиса на базе нейронных сетей: DeepSeek, Julius и StudyMonkey. Сервис Julius обрабатывает запросы на русском языке и использует алгоритмы машинного обучения для решения широкого круга задач — от выполнения стехиометрических расчётов и прогноза продуктов химических реакций до определения типов химических связей и решения задач электрохимии. В ходе тестирования StudyMonkey показал наименьшую эффективность среди рассмотренных платформ, что связано с ограниченным функционалом и ошибками в расчётах. Наиболее перспективным в области химических технологий оказался DeepSeek.

С помощью сервиса DeepSeek было разработано приложение, которое моделирует кинетику реального реактора. Данные модели сохраняются в отдельный файл формата CSV. Далее было создано приложение, оптимизирующее параметры реального реактора на основе полученных данных из файла. Разбегка между подобранными параметрами и параметрами модели на основе десяти запусков приложений составила менее 2%.

БЕЛОРУССКИЕ ФОСФОРИТЫ, КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ СЫРЬЁ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

В Республике Беларусь производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) реализовано на ОАО «Гомельский химический завод», где используется импортное фосфатное сырьё – апатиты Кировского месторождения и фосфориты стран центральной Азии и Африки. При этом на территории Беларуси имеются залежи фосфатного сырья, которые при организации промышленной добычи могут быть использованы для получения ЭФК. Исходя из этого, целью исследования является изучение особенностей и определение оптимальных технологических параметров переработки флотоконцентрата фосфорита Мстиславского месторождения. Результаты исследования процесса сернокислотного разложения показывают существенную зависимость степени разложения от содержания серной кислоты и являются основной для выбора оптимального технологического режима. Так, на зависимости степени разложения от содержания серной кислоты имеется две области экстремума: в интервале 25-30 % и 43-47 % по серной кислоте.

По результатам рентгенофазового анализа образцов твердой фазы установлено, что при использовании серной кислоты с содержанием до 30 % H_2SO_4 сульфат кальция кристаллизуется в виде полугидрата, при содержании 30–45 % – в виде полугидрата с включениями ангидрида, а при содержании выше 55 % – в виде ангидрида.

Промышленный способ получения ЭФК предусматривает введение смеси серной и фосфорной кислот, при этом было установлено, что оптимальная концентрация раствора разбавления, при которой достигается наибольшая степень разложения – 18 % по P_2O_5 .

При изучении влияния продолжительности процесса на коэффициент кислотного разложения, процесс проводили при содержании серной кислоты в жидкой фазе 25 % и концентрации раствора разбавления 18 %. Установлено, что наибольшая степень разложения (93,8 %) наблюдается при продолжительности 4 часа.

Установлено, что флотоконцентрат пригоден для переработки на ЭФК. Оптимальный технологический режим сернокислотного разложения: содержание H_2SO_4 – 25 %; продолжительность – 4 часа; концентрация раствора разбавления – 18 %.

Маг. Н.А. Трибуш, студ. В.В. Хазипова
Науч. рук. д.т.н., профессор О.Б. Дормешкин (кафедра ТНВиОХТ, БГТУ)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЧИСТКА ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ КОРМОВЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ

Наблюдаемый в настоящее время рост потребности в технических и кормовых фосфатах, обусловленный интенсивным развитием животноводства и химической промышленности, а также уменьшение объемов производства термической фосфорной кислоты, приводит к необходимости разработки способов очистки экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК).

Разработанный комбинированный способ очистки ЭФК включает реагентную очистку от серосодержащих соединений и последующую стадийную аммонизацию с промежуточным старением суспензии.

Предварительное осаждение сульфатов обеспечивает снижение содержания ряда других примесей, а также способствует достижению высокой скорости декантации и фильтрации частично аммонизированной суспензии на последующих стадиях очистки. Установлено, что применение двухстадийной аммонизации при оптимальных параметрах $\text{pH} = 2,5 - 3$ и $5 - 5,5$ соответственно и 80°C позволяет очистить кислоту от поливалентных и щелочноземельных металлов, фторсодержащих соединений. Образующиеся в результате аммонизации мелкодисперсные частицы характеризуются низкой скоростью сидементации. Введение промежуточных стадий химического старения обеспечивает получение хорошо фильтруемого осадка, а также снижение содержания примесей за счет их хемосорбции на поверхности растущих кристаллов. Получение кормовых фосфатов аммония осуществляется путем отвода части аммонизированной суспензии после первой стадии химического старения, центрифугированием и кристаллизацией фосфатов из жидкой фазы в политермическом режиме. Исследование влияния значения pH на первой стадии аммонизации на состав получаемых кормовых фосфатов, позволяет сделать вывод, что для получения фосфатов аммония с минимальным содержанием фтора оптимальное значение pH на первой стадии аммонизации – $2,9-3$.

Преимуществом разработанного способа является, использование неупаренной ЭФК, что позволяет снизить себестоимость конечных продуктов, за счет отсутствия затрат на ее концентрирование, а также возможность дальнейшего использования очищенного раствора фосфатов аммония, для производства технических фосфатов аммония.

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРАСТВОРИМОГО МОНОКАЛИЙФОСФАТА НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Использование экстракционной фосфорной кислоты вместо более дорогой термической позволяет снизить себестоимость производства фосфатов. Однако экстракционная фосфорная кислота характеризуется невысокой концентрацией (от 25 до 48 % P_2O_5) и достаточно большим содержанием примесей (до 15 %). Это предопределяет более широкое применение ее в технологии минеральных удобрений. С целью получения водорастворимого монокалийфосфата предпочтение следует отдать упаренной экстракционной фосфорной кислоте (УЭФК), как более концентрированной и содержащей меньшее количество примесей, в частности соединений железа, алюминия и фтора, которые удаляются в процессе ее упаривания.

Целью данного исследования является получение монокалийфосфата на основе УЭФК, получаемой из Кировского апатитового концентрата (ОАО «Гомельский химический завод») и раствора гидроксида калия (ОАО «Беларуськалий»).

Получение монокалийфосфата включало следующие основные стадии: нейтрализация УЭФК раствором гидроксида калия при $pH = 4,5$; отделение фторфосфатного осадка, путем фильтрации; охлаждение раствора и политермическая кристаллизация продукта; отделение кристаллического осадка фильтрацией и его сушка.

Степень перехода соединений железа и алюминия в фторфосфатный осадок составила 100 % и 75 % соответственно; фторид-иона – 85,51 %. Степень перехода сульфат-иона составляет 16,32 %, что объясняется образованием сульфата калия, который остается в растворе. Соединения кальция осаждаются на 22,16 % в виде фосфата и сульфата кальция. Из очищенного раствора фосфата калия был получен кристаллический осадок монокалийфосфата состава (мас. %): P_2O_5 – 51,33, K_2O – 33,48, SO_4^{2-} – 0,73, F^- – 0,001, CaO – 0,01, н.о. – 0,04. Фазовый состав подтвержден рентгенофазовым анализом.

Выполненные исследования позволили установить возможность получения монокалийфосфата на основе УЭФК и раствора гидроксида калия, который может найти применение в качестве водорастворимого бесхлорного удобрения.

Студ. М.А. Рудов
Науч. рук. проф. М.А. Зильберглейт
(кафедра ТНВиОХТ, БГТУ)

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ

На сегодняшний день существует проблема неудовлетворительного качества сельскохозяйственной продукции и негативных процессов в окружающей среде, происходящих под воздействием быстрорастворимых форм минеральных удобрений, Беларусь не исключение.

Цель работы: поиск оптимальных составов биоразлагаемых оболочек для создания инкапсулированных удобрений пролонгированного действия.

Задачи исследования заключаются в поиске оптимальных составов полимерных оболочек для создания инкапсулированных удобрений пролонгированного действия. В качестве основ для оболочек, были выбраны: полиакрилаты, полистирол, натуральные масла или смесь натуральных масел и алкидных смол, крахмал, желатин.

Упор был сделан на покрытия из природных полимеров: натуральных масел или масел, заранее прошедших обработку высокими температурами и окислением. Эти основы обладают свойствами экологичности и удовлетворительными результатами по времени перехода в раствор.

Также были проведены поиски методов улучшения качества нанесённых оболочек и предотвращения механического растрескивания. Показано, что нанесение дополнительных слоев оболочки, уменьшение температуры сушки оболочки, применение катализаторов отверждения, пластификаторов улучшает условия использования капсулированных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Biobased Materials for the Development of Biodegradable Slow-Release Fertilizers/ Przemysław Boberski // Institute of Heavy Organic Synthesis “Blachowania”. – 2022. – P. 1-4, 7-9.
2. Slow- and controlled-release fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture/ M.E. Trenkel // International Fertilizer Industry Association. – 2010. – P. 17–20, 61-65, 67-69.
3. Удобрения пролонгированного действия: основные этапы и направления развития/ М.Т. Мухина// ФГБНУ «ВНИИ агрохимии». – 2021.

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТА КАЛИЯ
ИЗ ПРОДУКТОВ ТЕРМОЩЕЛОЧНОЙ КОНВЕРСИИ
ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА**

В мировой практике известные технологии получения железистых пигментов базируются на переработке железного купороса с получением соединений Fe (III) и растворимых сульфатов NH_4^+ , K^+ или Na^+ . Побочные сульфатсодержащие продукты, образуются в виде разбавленных растворов, что требует стадии выпарки для выделения твердого продукта. Известно, что в суспензии, полученной в системе FeSO_4 – щелочной реагент – H_2O в процессе окисления происходит образование промежуточных соединений, которые являются водорастворимыми и окрашивают побочные растворимые продукты в желтый цвет. Особый интерес представляют исследования превращений, протекающих в сильно концентрированных суспензиях, в результате чего получают насыщенные растворы сульфата калия. Поэтому одной из задач работы явилось определение условий конверсии железного купороса, при которых образуется неокрашенный раствор сульфата калия, с массовой долей, близкой к насыщению.

Установлено влияние pH и температуры конверсии железного купороса, на образование труднорастворимых соединений железа, таких как магнетит, маггемит и др. Исследовано выделение сульфата калия из продуктов конверсии методом фильтрации и определена его концентрация в жидкой фазе. Показано, что фильтрат, полученный при 80 °С, является насыщенным по сульфату калия и после его охлаждения образуется крупнокристаллический продукт. Изучен процесс отмывки, исследуемыми факторами которого явились температура промывной воды, соотношение Ж:Т и количество ступеней отмывки. Установлено, что при трехкратной отмывке при соотношении Ж:Т = 5 степень отмывки достигает не менее 99 %. Согласно расчетам, массовая доля сульфата калия, извлекаемая из продуктов конверсии на стадии фильтрации достигает 50%, а остальная – на стадии отмывки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р.Р. Багаутдинова, А.В. Толчев, Д.Г. Клещев, В. Ю. Первушин. Фазообразование в системе $\text{FeSO}_4 - \text{H}_2\text{O} - \text{H}^+/\text{OH}^- - \text{H}_2\text{O}$. / Журнал прикладной химии. 1999, Т. 72. вып. 10, с. 1588-1592.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА НАПОЛНИТЕЛЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ SLA-ПЕЧАТИ

В условиях активной индустриализации и роста объемов производства, а вместе с ними и увеличения количества отходов, актуальность экологического кризиса становится все более острой. Одним из способов решения этой проблемы является переработка отходов в композиционные материалы (КМ), где они выступают в качестве наполнителя.

Включение вторичных материалов в качестве наполнителя может существенно влиять на физико-механические свойства конечного материала по отношению к исходному. Это вызывает необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на эффективное использование вторичных ресурсов в составе фотополимерных матриц.

Основной проблемой смешения КМ является механизм образования межфазного слоя между компонентами. Граница раздела фаз часто является слабым местом, где начинается разрушение при механических нагрузках. Для снижения влияния межфазного слоя на прочность композиционного материала выбран метод предварительного нагрева наполнителя перед смешением с матрицей.

В исследовании использовался фотополимерный материал Clear Resin производителя *Formlabs* в качестве матрицы и его измельченные отходы в роли наполнителя. Образцы для испытаний были получены методом лазерной стереолитографии.

Анализ результатов испытаний показал, что оптимальная температура нагрева (75 °С) способствует значительным улучшениям в прочностных характеристиках, обеспечивая эффективное взаимодействие между компонентами материала. Экспериментальные исследования демонстрируют, что чрезмерное повышение температуры (до 90°С) приводит к термической деградации наполнителя, что ухудшает физические свойства КМ.

Однако стоит учитывать, что введение наполнителя повышает плотность и вязкость композиции и ухудшает ее оптические свойства. Данный фактор обуславливает изменения режимов синтеза и постобработки в готовых изделиях.

Полученные сведения могут служить основой при выборе оптимальных режимов смешения при разработке и улучшении имеющихся фотополимерных композиционных материалов.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ SLA-ПЕЧАТИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА

Проблема отходов материалов становится все более актуальной в современных условиях, когда их объемы в различных отраслях промышленности неуклонно растут. Отходы, содержащие полимерные матрицы и армирующие волокна, представляют собой серьезную экологическую проблему из-за сложности их переработки и утилизации.

Одним из методов переработки является вторичное применение путем интеграции отходов в качестве компонентов композиционных материалов (КМ) для аддитивных технологий (3D-печать), что позволяет повторно использовать отходы, создавать уникальные изделия, сокращать объемы захоронения и снижать потребность в первичном сырье.

Для повышения физико-механических свойств полимерных КМ применяются различные методы обработки компонентов. В данной работе исследовано влияние термической обработки матричного полимера на физико-механические характеристики композиционного материала на основе фотополимерных смол.

Используемая технология печати – фотополимеризация в ванне, которая обеспечивает высокую точность и детализацию. Для исследования выбрана фотополимерная смола Formlabs Clear Resin и её измельченные отходы с размером частиц 40–50 мкм.

Ключевым этапом является нагрев матричного полимера с добавлением наполнителя, что снижает вязкость и улучшает взаимодействие компонентов. Экспериментальные данные показали, что термическая обработка влияет на механические свойства материала, такие как предел прочности и модуль упругости.

При нагревании в пределах 50–75°C материал демонстрирует оптимальные свойства: увеличивается прочность и устойчивость благодаря улучшению межмолекулярных взаимодействий. При этом предел прочности при растяжении увеличивается в 1,3 раза. При температуре выше 90°C начинается процесс отверждения матричного полимера.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает, что правильный выбор температуры термической обработки позволяет значительно улучшить свойства фотополимерных КМ. Для полученной системы оптимальной температурой обработки принимаем 60°C.

КОНСТРУКЦИЯ ЛАМПЫ НАСТОЛЬНОЙ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ FDM-ПЕЧАТИ

В современном мире аддитивные технологии становятся все более распространенными и широко применяются в различных отраслях промышленности. Одним из направлений использования аддитивного производства является создание функциональных и эстетичных предметов интерьера, таких как настольные лампы.

Основная задача у всех источников искусственного света – создать комфортное локальное освещение, в котором будет удобно выполнять те или иные действия, в зависимости от поставленной задачи. Конструкция лампы должна соответствовать установленным нормам формы и яркости рассеивания, обеспечивать требуемый угол освещения рабочего места (ГОСТ 17677-82), при этом вписываться в интерьер и оказывать положительный эффект на пользователя.

Целью проекта является разработка конструкции лампы настольной на прищепке для ее последующего изготовления методом послойного наплавления материала (FDM).

Конструкция лампы настольной разрабатывалась с учетом требований к гибкости в дизайне, конкурентоспособности на современном рынке, возможности внесения изменений в функциональные особенности на любом этапе проектирования, а также надежности и долговечности.

Основным несущим элементом лампы является неразборная прищепка, производство которой осуществляется за один цикл. Расчеты на прочность и устойчивость изделия и отдельных его элементов проводились с помощью программного обеспечения ANSYS с учетом особенностей материала и его технологичности.

В процессе проработки технологии для изготовления конструкции прищепки были проведены теоретические и экспериментальные исследования по подбору геометрических характеристик выбранных участков конструкции и подобраны параметры печати для изделия.

Анализ современного состояния рынка и технико-экономической оставляющей разрабатываемого изделия позволяет сделать вывод об актуальности разработки.

КОНСТРУКЦИЯ КЛАВИАТУРЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В современном мире наблюдается растущая потребность в приборах, способных адаптироваться под уникальные требования пользователей. Клавиатура, как устройство взаимодействия с информационными системами, играет ключевую роль в обеспечении удобства и эффективности работы современного человека.

Использование 3D-печати в производственном процессе открывает новые возможности для персонализации, включая адаптацию клавиатуры под индивидуальные функциональные потребности или дизайн. Это подход позволяет не только сократить затраты на производство небольших партий изделий, но и оперативно тестировать новые конструкторские идеи и концепции.

Актуальность разработки сборной клавиатуры обусловлена необходимостью создания устройств, которые не только удовлетворяют стандартным функциональным требованиям, но и позволяют пользователю реализовать свои предпочтения в эргономике, дизайне и функциональности.

В ходе работы произведена разработка составной разборной клавиатуры с возможностью гибкого подхода к дизайну клавиш или корпуса. Кроме того, с целью оптимизации процесса печати разработана конструкция 3D-принтера, работающего по FDM-технологии с двумя независимыми печатающими головками. Такое решение позволит значительно повысить эффективность технологического процесса и расширить возможности использования различных материалов и цветовых решений.

Элементы конструкции сборной клавиатуры и разработанного принтера рассчитывались в прикладном пакете ANSYS с учетом особенностей применяемых материалов. Полученные в результате прочностных расчетов характеристики говорят о полной работоспособности и надежности конструкции изделия и оборудования. Предварительная оценка технико-экономических показателей говорит о целесообразности и конкурентоспособности разработки на мировом рынке.

Таким образом, разработка разборной клавиатуры и современного оборудования для её производства позволяет удовлетворять растущие потребности пользователей и способствует внедрению инновационных решений в производственные процессы.

**ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ ДОБАВОК
НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ
ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ**

Использование отходов в производстве может стать важным шагом на пути к экологической устойчивости и экономической эффективности аддитивного производства. Одним из перспективных подходов является использование отходов производства и бракованных частей изделий из фотополимерных материалов в качестве наполнителя для новых композиционных систем (КМ). Однако, введение наполнителей может негативно сказываться на физико-механических характеристиках материалов. Для модификации системы с целью улучшения свойств вводят добавки различного назначения.

Целью работы являлась оценка влияния содержания дисперсных добавок на физико-механические характеристики композиционного материала на основе фотополимерных смол. В качестве материала исследования выбрали фотополимерную смолу Formlabs Clear Resin, наполненную ее отвержденными технологическими отходами с размером частиц 40–50 мкм и содержанием 10 мас.%. В качестве диспергирующей добавки применяли Nuosperse 9850, который добавлялся в разных пропорциях (0,5;1 и 2мас.%). Образцы для испытаний на растяжение изготавливали методом лазерной стереолитографии (SLA) при рекомендуемых параметрах печати с расположением образцов на платформе при печати под 45°. При введении в систему 1 мас.% наполнителя материал демонстрировал наиболее оптимальные свойства. Зафиксировано увеличение предела прочности при растяжении в 1,38 раз и модуля упругости при растяжении в 1,97 раза. Это объясняется улучшением межмолекулярных взаимодействий в матрице полимера и повышением стабильности структуры КМ. Кроме того, при таком процентном содержании дисперсной добавки наблюдалось минимальное значение усадки, что также положительно сказывается на качестве и точности готовых изделий. При введении дисперсной добавки выше 2мас.% физико-механические характеристики снижаются, что говорит об ограничениях в их введении.

Исследование позволило установить оптимальное соотношение добавки и определить ориентир при дальнейших разработках и модернизации композиционных систем на основе фотополимерных смол.

КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЫШИ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА

В условиях стремительного развития технологий 3D-печати, создание персонализированной компьютерной мыши становится важным шагом для повышения эффективности и удобства работы за персональным компьютером. Современные дизайнеры и инженеры сталкиваются с уникальными задачами, требующими от устройств высокой точности и интуитивно понятного дизайна при работе с различным программным обеспечением. Такое устройство должно быть эргономичным и снижать влияние длительной работы на здоровье специалиста.

Разработка компьютерной мыши, адаптированной под нужды пользователя, позволяет улучшить эргономические особенности девайса, увеличить скорость работы и повысить точность манипуляций с объектами в виртуальном пространстве. Конструкция такого изделия должна быть достаточно прочной, функциональной, иметь оптимальный вес и удовлетворять особенностям поверхности.

В рамках проекта разработана конструкция компьютерной мыши со сменными элементами, с возможностью индивидуального подбора конструкции и дизайна для пользователя. Для выполнения поставленных требований формы и персонализированного подхода в разработке в качестве технологии изготовления выбрана FDM-печать, поскольку она позволяет сократить длительность и наладить гибкое штучное производство.

Для оптимизации процесса печати под требуемое изделие, уточнения геометрических особенностей конструкции и минимизации поддерживающих структур проведено исследование влияния режимов технологического процесса на качество печати соединительных узлов и навесных элементов (мостов).

Проведены проектировочные расчеты всех соединений и функциональных особенностей изделия в прикладном пакете ANSYS с учетом влияния направления укладки слоя на физико-механические характеристики материала.

Предварительная оценка технико-экономических показателей, ключевых аспектов и преимуществ разработки подчеркивает актуальность направления проектирования и позволяет сделать вывод о целесообразности разработки.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ SLA-ПЕЧАТИ

Разработка композиционных материалов на основе фотополимерных смол предполагает исследования, направленные на эффективное использование компонентов. Введение наполнителя может оказывать различное влияние на свойства материала, такие как прочность, адгезия и однородность структуры. В качестве методов контроля и снижения негативного влияния может использоваться обработка компонентов на этапе смешения и синтеза, например, УЗ-обработка.

Исследование влияния ультразвуковой обработки на физико-механические характеристики композиционного материала проводили с использованием фотополимерной смолы Formlabs Clear Resin и измельченных отходов данной смолы (размер частиц – 40–50 мкм, содержание – 10 мас.%). Обработку смеси осуществляли непосредственно перед печатью в ультразвуковой ванне в течении 20, 40 и 60 мин. Образцы для испытаний изготавливались методом фотополимеризации в ванне.

Анализ результатов испытаний показал, что оптимальным временем обработки смолы является диапазон 20–40 мин с достижением предела прочности при растяжении 67 МПа и модуля упругости 2,8 ГПа. Смешение в УЗ-ванне незначительно снижает мутность системы и повышает ее однородность. При этом дальнейшая обработка системы (свыше 60 мин.) приводит к снижению упруго-прочностных характеристик и охрупчиванию материала.

Исследование усадки образцов в процессе печати и постобработки не показало видимых деформаций, а изменение показателей колебалось в пределах погрешности эксперимента (2%).

Таким образом, ультразвуковая обработка перед печатью оказывает значительное влияние на физико-механические характеристики фотополимерного композиционного материала. Оптимальным временем обработки является интервал меньше 40 минут, при котором достигаются наибольшие значения прочности и модуля упругости при растяжении, что обусловлено равномерным распределением наполнителя и улучшением структурной однородности материала. Полученные результаты подтверждают перспективность использования отходов смолы в аддитивном производстве при условии оптимизации технологических параметров обработки.

УДК 678.7.048.7:004.925.84

Студ. М.Б. Денисюк, Р.А. Кандрусевич, К.С. Яницкий

Науч. рук. доц. Е.И. Кордикова

(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ СТРУКТУР, НАПЕЧАТАННЫХ ИЗ ЭЛАСТИЧНОГО МАТЕРИАЛА, ПРИ КОНТАКТНОМ И ДИНАМИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

В связи с активным развитием технологий трехмерной печати появилась возможность использовать не простые типы заполнения, благодаря чему инженеры разработали трехмерные структуры, которые позволяют распределить нагрузку и получить необходимые деформации во время использования изделий. Также немаловажным составляющим является и сам материал.

Несмотря на значительные успехи в этой области, существует необходимость в более глубоком понимании свойств таких материалов и их реакции на различные виды нагрузок.

Объектом исследования является эластичная фотополимерная смола Formlabs Flexible 80A. Печать производили на 3D-принтере FormlabsForm 2.

Размеры образцов зависят от количества элементарных ячеек в структуре в каждом направлении. Трехмерные структуры получены в CAD-системе Ansys Space Claim: крестовая, кубическая и кубическая с нижним центром без вертикальных опор.

Исследование упруго-прочностных характеристик при статическом сжатии проводили в соответствии с ГОСТ 18336–2017 и ГОСТ 23206–2017 при статическом и динамическом индентировании – по СТБ 2495-2017.

В результате получили, что наибольшими прочностными и упругими характеристиками при сжатии, статическом и динамическом индентировании имеет кубическая структура с нижним центром без вертикальных опор. Наименьшие показатели свойств наблюдаются у простой кубической структуры, которая не имеет внутренних опор и поэтому легко деформируется.

Знание упруго-прочностных характеристик материала при различных видах деформирования позволят выбирать наиболее подходящие материалы для конкретных задач, учитывая нагрузки и условия эксплуатации. А использование различных объемных структур позволяет выявить наиболее эффективные формы для достижения желаемых свойств, что может привести к снижению веса и затрат на материалы.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОНАПОЛНЕННОГО PLA, ИЗГОТОВЛЕННОГО ПО МЕТОДУ ПОСЛОЙНОГО НАПЛАВЛЕНИЯ

Аддитивные технологии получили широкое применение в самых разнообразных сферах, начиная от производства сувениров и заканчивая медициной и космонавтикой. С каждым днём появляются новые технологии и новые материалы для печати на 3D принтерах, в частности, наполненные составы так называемых любительских пластиков, к которым относится и PLA (полилактид).

Целью исследования является сравнительный анализ механических свойств при изгибе ненаполненного полимера и древеснонаполненного PLA «Woodfilament» (PinRui, KHP) с процентом наполнения 5% и 15%.

Изготовление образцов для испытания проводили методом экструзии материала на 3D-принтере Anycubic 4Max Pro 2.0 при температуре сопла и стола 180°C и 60°C соответственно, при этом скорость печати устанавливали равной 50 мм/с. Для исключения анизотропии свойств слои укладывали под углами $\pm 45^\circ$.

Определение прочности и модуля упругости при трехточечном изгибе проводили на образцах прямоугольного поперечного сечения в соответствии с ГОСТ 4648-2014 на испытательной машине MTS Criterion 43 с автоматической записью диаграммы деформирования. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица – Характеристики материала

Материал	Прочность при изгибе, МПа	Модуль упругости при изгибе, ГПа
PLA	88,2	3,3
PLA+WF 5%	79,7	3,1
PLA+WF 15%	44,7	2,4

Разрушение образцов наполненного полимера проходило хрупко. Анализируя полученные результаты приходим к выводу, что древеснонаполненные материалы обладают меньшей прочностью и пластичностью, что следует учитывать при их использовании в аддитивных технологиях. Использование древеснонаполненного PLA позволяет получить изделия с правдоподобной текстурой дерева и в основном применяется для печати декоративных деревянных сувениров, сохраняя при этом свойства обычного PLA.

Студ. В.В. Мацукова
Науч. рук. доц. Е.И. Кордикова
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИНТЕРА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПЕЧАТИ ДВУМЯ ГОЛОВКАМИ

В условиях высокой конкуренции в 3D-печати технология двойной экструзии IDEX становится ключевым решением для повышения производительности и снижения себестоимости. Она позволяет печатать одновременно двух идентичных изделий, создавать сложные изделия с использованием различных материалов и цветов в одном цикле, открывая новые возможности для дизайна и инженерии.

Для оптимизации затрат вместо приобретения дорогого двухголовочного принтера решено модернизировать существующий Ender 3 Pro. Эта модель с открытым корпусом и кинематикой Prusa упрощает интеграцию дополнительных компонентов, таких как второй катушкодержатель, каретка и ременная передача для ее перемещения, а также линейная направляющая для плавного движения кареток.

Линейная направляющая надежно фиксируется непосредственно на оси, по которой будет осуществляться движение головок, обеспечивая минимальное трение и стабильность, что критично для качества печати. Две ременные передачи, приводимые отдельными шаговыми двигателями, обеспечивают точное позиционирование головок, что минимизирует вибрации и улучшает качество печати, позволяя одновременно печатать два изделия, или использовать разные материалы.

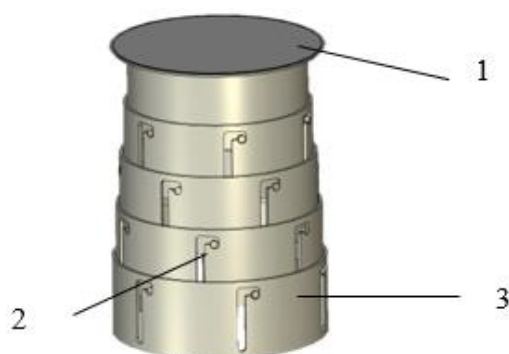
На каретках линейной направляющей фиксируются печатающие головки, с помощью специально разработанных креплений. Для обеспечения подачи филамента во вторую печатающую головку в принтере с двойной экструзией, в верхней части рамы надежно фиксируются второй катушкодержатель и соответствующее подающее устройство.

Проведенные прочностные расчеты основных конструктивных элементов в САЕ-системе подтвердили работоспособность конструкции. Затраты на приобретение комплектующих и 3D-печать необходимых элементов крепления оцениваются примерно в 500 BYN.

Таким образом, модернизация принтера до системы IDEX открывает значительные преимущества, включая независимую работу экструдеров и новые режимы печати, что повышает производительность и качество. Несмотря на сложность установки, это оптимальное решение для повышения эффективности 3D-печати в условиях высокой производительности.

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕЧАТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО ТАБУРЕТА

Работа посвящена изучению технологии FDM-печати и её применению для создания тел вращения, на примере раскладного телескопического табурета (рис. 1). Целью проекта является анализ особенностей технологического процесса, который позволяет эффективно производить такие изделия, а также оптимизация параметров печати.



1 – сиденье; 2 – шип и паз; 3 – стенка
Рисунок 1 – Телескопический табурет



Рисунок 2 – Пробный образец
при отработке параметров
печати

Изучение процесса печати раскладного телескопического табурета проводили на 5D принтере Steretech HYBRID 530.

Калибровку параметров печати проводили путем экспериментов с различными настройками. Показано, что увеличение потока до 110% позволило устранить недостатки на первых слоях, однако повышение скорости печати до 70 мм/с привело к образованию пропусков и ухудшению качества (рисунок 2).

В ходе экспериментальных исследований определены оптимальные режимы для печати раскладного табурета – скорость 50 мм/с, температура сопла 240°C и поток 120%. Подтверждено, что при подборе параметров следует учитывать скорость печати, толщину стенки и площадь сечения деталей, чтобы обеспечить должную прочность изделия.

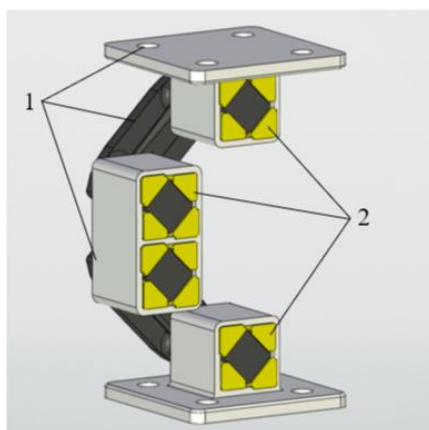
Проектирование включало изучение различных конструктивных решений для обеспечения надежности и долговечности изделия. Разработка решения для получения заданного изделия выявила множество нюансов, касающихся как проектирования, так и функциональности.

КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АМОРТИЗАТОРА ДЛЯ ВИБРОСТОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аддитивные технологии активно применяются в различных отраслях промышленности, в том числе для изготовления конструкций амортизации оборудования, что позволяет создавать более эффективные и инновационные решения.

Предлагаемая конструкция амортизатора имеет уникальную форму и высокую боковую устойчивость, состоящий из двух основных частей: корпуса и эластичных вставок (рис. 1).

Корпус включает две неподвижные опоры, два рычага и опору качения.



1 – элементы корпуса амортизатора; 2 – эластичные вставки

Рисунок 1 – Конструкция амортизатора

Геометрия эластичных вставок амортизатора выполняется исходя из фиксации их в конструкции между опорой и рычагом корпуса. Форма поперечного сечения – треугольная со скруглениями углов боковых поверхностей. Для дополнительной фиксации эластичных элементов на торцах вставок выполнены выступы прямоугольного поперечного сечения.

Разработанная модель амортизатора выделяется среди аналогов благодаря технологии изготовления, простоте сборки и возможности подбора различных структур внутреннего заполнения эластичных элементов, что позволяет адаптировать амортизатор под конкретные условия работы.

КОНСТРУКЦИЯ ИЗДЕЛИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АУКСЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И АДДИТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

С развитием авиакосмической и автомобильной техники, а также биомедицинских приложений появилась потребность в материале, который будет легким, жестким, ударопрочным и способным поглощать энергию. Ауксетические материалы (структуры) имеют такие вышеуказанные особенности. Ауксетики (с греческого означает «тот, который увеличивается») – материалы, имеющие отрицательные значения коэффициента Пуассона. С развитием аддитивных технологий появилась возможность создавать ячеистые материалы регулярной структуры различных конфигураций.

Цель работы – разработать схему моделирования конструкций с применением ячеистых ауксетических структур, а также выработать технологические рекомендации для аддитивного синтеза таких изделий с тонкими стенками ячеек.

Ячейку ауксетика задавали через переменные для возможности создания материалов с различной толщиной стенки и плотностью заполнения. Затем создавали массив из ячеек таких размеров, чтобы перекрыть габаритные размеры полости под ауксетик в разрабатываемом изделии. Применяя на полученный массив булеву операцию вычитания, получали требуемую часть изделия из ауксетика, а затем также применяя булеву операцию, объединяли модель изделия с полостью под ауксетик и собственно ауксетическую часть изделия. После моделирования методом аддитивного синтеза (3Д-печать) получены макеты изделий, подвергаемых в условиях эксплуатации изгибу.

Для изготовления ауксетиков с заданными параметрами ячеек необходимо строго выдерживать заданную толщину стенки. Этого можно достичь учитывая особенности печати, например, при технологии экструзии материала – диаметр сопла печатающей головки, т.е. задавать толщину стенки кратную (желательно – более одного) диаметра сопла. Если это невозможно, необходимо воспользоваться настройками печати, специально предусмотренными для тонких стенок, например, раздел именуемый «Проверка тонких стенок» или т.п. В этих случаях поток экструдата может быть либо уменьшен, либо увеличен в зависимости от требуемой толщины стенки.

Студ. М.П. Гришук
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

КАРТА ПОДВЕСНАЯ ЖЕСТКАЯ С ПОДСВЕТКОЙ И АДДИТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

Наглядная демонстрация информации всегда более привлекательна. Если предмет для информирования – географические объекты, то, естественно, что наиболее приемлемым вариантом является карта. А акцентирование внимания на определенные объекты повышает к ним интерес. Цель работы – создание карты Республики Беларусь со световым акцентированием и магнитной поверхностью, а также создание программы для печати тестовых моделей для подбора параметров аддитивного технологического процесса экструзии материалов.

Габариты карты выбраны с учетом ее обозрения с расстояния от 1 до 3 м. Выбрали технологию для изготовления карты – аддитивный технологический процесс экструзии материалов. В связи с ограниченной площадью печати, карту разделили на сегменты по несколько районов, но расположенных в пределах одной области. Это позволит также использовать карту как развивающую игру и упростит ее транспортирование. Углублениями обозначили границы областей и районов. Районные центры обозначены светодиодными лампочками, для их размещения в карте выполнены отверстия. Территории областных центров выделены особо. Для скрытия проводки выполнены буртики. Они также служат для соединения отдельных сегментов, а для проводов в буртиках выполнены пазы. Для размещения на карте актуальной информации, например, регионы поступающих в БГТУ абитуриентов, на ее поверхность наносится магнитный слой.

Для подбора параметров аддитивного технологического процесса экструзии материалов специально разработана программа, создающая машинный код (G-code). Согласно алгоритму работы программы, пользователь задает размеры области печати принтера, диаметр сопла печатающей головки принтера, геометрические параметры (температура сопла, высота слоя, скорость печати, степень охлаждения и др.) тестового изделия для печати, для выбранного варьируемого параметра задает диапазон значений параметра и количество точек для исследуемого параметра, равное количеству секций на тестовом изделии. Пользователь визуально оценивает качество печати тестового изделия на каждой секции и выбирает конкретное значение для печати

КРУГОВАЯ ВЯЗАЛЬНАЯ МАШИНКА И АДДИТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

Общее благосостояние людей в обществе тесно связано с их самореализацией, возможностью заниматься хобби и иметь дополнительный заработок. Достигается это часто изготовлением изделий, например, вязаных.

Цель работы – разработать конструкцию круговой вязальной машинки с переменными параметрами (размерами), а также обосновать максимальный угол нависания наклонной поверхности при аддитивном технологическом процессе экструзии материалов.

Подобные вязальные машинки, детали которых изготавливаются методами аддитивного синтеза, представлены разработчиками-любителями для самостоятельного изготовления. Но фиксированные размеры доступных моделей не позволяют их приспособить ни к вязальным крючкам иной конфигурации, ни к размерам вязаного полотна, ни к требуемому количеству петель по кругу машинки. Поэтому выполнена разработка 3Д-моделей, в которых переменные связаны с вышеперечисленными параметрами, благодаря которым возможно изготовление машинки под конкретные требования потребителя. В ходе разработки видоизменены аналоги с учетом того, что машинка может быть изготовлена на бюджетных 3Д-принтерах с использованием доступных материалов, а также с учетом того, что некоторые детали больше подвержены износу, т.е. они выполнены легкоъемными и заменяемыми.

В процессе аддитивного синтеза экструзией материала (3Д-печати) каждый следующий слой опирается на предыдущий, а при 3Д-печати наклонных поверхностей часть слоя оказывается без опоры. Это может привести к провисанию части слоя под действием силы тяжести. Поэтому необходимо знать максимальный угол нависания, при котором качество поверхности можно считать приемлемым, а следовательно поддерживающие структуры не требуются. Угол нависания определяется толщиной слоя и долей нависающей части слоя над предыдущим слоем. Проведена серия технологических экспериментов влияния доли нависающей части слоя на качество поверхности. Установлено, что приемлемым будет качество при доле нависания слоя 0,5–0,6. А максимальный угол нависания определяется как арктангенс отношения доли нависающей части слоя к относительной толщине слоя (отношение толщины слоя к диаметру сопла).

КОРПУС ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И АДДИТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

В связи с постоянно развивающейся в науке и инженерной деятельности цифрового сбора и обработки данных для точного измерения и контроля требуются контрольные и (или) измерительные приборы. Поэтому из типовых электротехнических компонентов комплектуются кроме приборов для широкого спектра задач, также и специализированные, защитные корпуса для которых не выпускаются серийно.

Цель работы – разработка корпуса для измерительной системы на базе аналого-цифровых преобразователей, а также обосновать назначение изменений расчетных линейных размеров для 3Д-модели в связи с применяемой технологией.

Для изготовления выбран аддитивный технологический процесса экструзии материалов (3Д-печать). С учетом этого разработаны конструктивные элементы корпуса. Корпус выполнен разборным и с возможностью его размещения как на столе, так и на имеющемся типовом электротехническом оборудовании tandemно. Для соединения отдельных элементов между собой использованы винтовые и болтовые соединения, причем гайки в ряде случаев размещены в соответствующих пазах стенок. Для скрытия головок винтов применены заглушки. Отверстия для электротехнических разъемов выполнены с учетом их действительных размеров. Для предотвращения перегрева блоков питания в сопрягаемой с ними стенкой выполнены вентиляционные отверстия.

При 3Д-печати неизбежно возникают неровности на поверхности в виде валика экструдированного материала, выступающего за границы заданных размеров. Для оценки величины этого приращения разработаны и изготовлены тестовые изделия – пластина с глухим прямоугольным отверстием для установки в нее гайки как сопрягаемого тела, зазор с которым должен быть минимальным, но достаточным для ее установки без усилий. При 3Д-печати в размер с использованием сопла 0,2 мм гайка установилась практически без усилий, т.е. образованный валик ввиду малых размеров легко деформируется. При 3Д-печати в размер с использованием сопел (0,4-1,0) мм установить гайку не представлялось возможным. Эксперименты показали, что необходимо назначать изменение (в тело) расчетных линейных размеров для 3Д-модели на 10-12% от диаметра сопла.

КОНСТРУКЦИЯ УВЛАЖНИТЕЛЯ ВОЗДУХА И АДДИТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ДЛЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

В современных условиях для повышения комфорта пребывания в помещениях все чаще используют увлажнители воздуха. В тоже время как в жилых помещениях, так и в рабочем пространстве присутствует желание окружить себя предметами не только приятными для глаз, но и оригинальными и тематическими, которые, естественно, не выпускаются серийно, но при этом будут доступными по цене и удобны в обслуживании.

Цель работы – разработать конструкцию увлажнителя воздуха тематической направленности, а также предложить для аддитивного технологического процесса экструзии материала такие технические решения, которые позволят избежать применения поддерживающих структур под протяженными горизонтальными поверхностями.

Для изготовления выбран аддитивный технологический процесс экструзии материала. Разработка увлажнителя осуществлялась на базе серийно выпускаемых комплектующих изделий: генератор пара в корпусе со впитывающим стержнем в комплекте с платой подключения питания, а также пластмассовый стакан в качестве емкости для испаряемой жидкости. Темой для увлажнителя выбрана «сказочная избушка на полянке»: в «полянку» вмонтирована плата питания с кнопкой включения, в «срубе» расположен стакан и корпус с испарителем и впитывающим стержнем, в «крыше» направляющая для пара с выходом через трубу. Соединения в основном – винтовые, для простого доступа к стакану для заливки воды «крыша» со «сруба» соединены магнитами.

Предложено технических решений, которые позволят избежать применение поддерживающих структур для плоских горизонтальных поверхностей. Применение подложек (своеобразной оснастки) – одно-, многоразовых, цельных, составных, жестких, полужестких, выполненных из различных доступных материалов, но в любом случае рабочая поверхность которых должна обеспечивать адгезию с наносимыми на нее материалом. Применение в качестве нескольких первых слоев нависающей плоскости заранее распечатанного элемента, устанавливаемого на «опоры» из соседних стенок. Применение каждого из вариантов в основном зависит от высоты расположения упомянутых выше поверхностей, их конфигурации и конфигурации окружающих областей.

Студ. К.С. Витязь, В.А. Капорская,
А.Л. Клещенко, С.В. Малькевич, И.С. Поповский
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

Для изготовления единичных или мелких серий изделий, прототипов, макетов и моделей изделий, оснастки и т.п. как в производстве, так и в частном порядке все чаще применяется аддитивный технологический процесс экструзии материалов. Для этого процесса разработана своя достаточно широкая сырьевая база на основе полилактида (ПЛА), полиэтилентерефталата, акрилонитрил-бутадиен-стирола, полиамидов и др. Для расчета нагруженных изделий из таких материалов необходимо знать их физико-механические свойства, а для оптимизации производственного процесса – технологические и теплофизические.

Цель работы – получить исходные данные для конструкторских и технологических расчетов и провести сравнение материалов различных производителей.

Для исследований выбран ПЛА разных производителей, причем четыре из них - с наиболее доступной ценой и типичной для ПЛА глянцево-й поверхностью, а один из материалов (более дорогой) имел отличительную особенность – матовую поверхность.

Плотности материалов соответствовали заявленным производителем значениям.

Испытания на растяжение, изгиб, срез и удар показали схожесть характеристик группы из первой четверки материалов и хрупкий характер их разрушения при растяжении, а материал с матовой поверхностью – проявил себя как более податливый и менее прочный материал, что, естественно связано с модифицирующими добавками, придающими этому материалу матовость поверхности. Полученные значения соответствовали заявленным производителем и оказались несколько больше. Температуропроводность (данных производителя отсутствуют) для всех материалов в результате получили одинаковой.

Для показателя текучести расплава (данных производителя отсутствуют) для исследованных материалов в диапазоне рекомендуемых температур печати наблюдали выраженную зависимость от температуры, а также значений для различных материалов отличались между собой в 2-3 раза.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО 3D-СКАНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Технологии 3D сканирования позволяют получать объемную 3D-модель изделия на основе реального изделия. Область применения 3D-сканирования варьируется от мелких деталей до крупногабаритных изделий, зданий, культурных ценностей. Для осуществления процесса сканирования используют специальное оборудование – от малых лабораторных сканеров, до крупных промышленных сканирующих установок. В связи с растущей потребностью в более эффективных и точных методах сканирования, цель проекта заключается в разработке конструкции, обеспечивающей плавность сканирования, увеличение скорости сканирования и уменьшение трудозатрат на сканирование одного изделия. Это позволит не только повысить качество получаемых моделей, но и сделать процесс более доступным и быстрым для различных областей применения.

В результате разработана конструкция рельсовой системы для 3D-сканера (рис. 1). Рельс представляет собой пустотелую трубу диаметром 30 мм. Трубы соединяются между собой рельсовой опорой, что позволяет регулировать область под размеры сканируемого объекта, добавляя дополнительные сегменты. На опорах предусмотрен механизм, обеспечивающий регулировку уровня на неровных поверхностях, что критично для предотвращения схода каретки с рельса. Закрепление сканера на рабочей поверхности каретки осуществляется с помощью регулируемого держателя, который фиксирует сканер в различных положениях. Прижимные винты позволяют изменять положение сканера и фиксировать его в нужной ориентации. Сама каретка, представляет собой платформу на четырех опорных роликах, которая устанавливается на рельсы и обеспечивает плавное перемещение вокруг объекта сканирования.

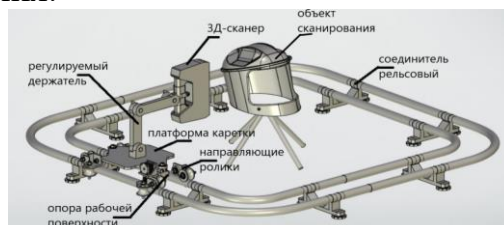


Рисунок 1 – Конструкция рельсовой системы

Преимущество данной системы в неограниченности размеров сканируемого изделия по ширине, так как для увеличения ширины области достаточно добавить дополнительный сегмент в конструкцию.

КОНСТРУКЦИЯ ДЕРЖАТЕЛЯ ПОДВЕСНОГО ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Целью данной работы является разработка конструкции держателя подвешного для общественного транспорта с использованием технологии FDM-печати.

Разработанная конструкция (рис. 1) подвешного держателя для общественного транспорта включает в себя две части корпуса, соединяемые с помощью винтов. Корпус имеет обтекаемую форму, что делает конструкцию безопасной для пассажиров. Корпус крепится к стационарному поручню с помощью хомута.

Корпус выполнен пустотелым с толщиной 5 мм, это значительно уменьшает массу конструкции, не сильно влияя на ее работоспособность. Важным элементом конструкции держателя является ручка, имеющая форму тора. Такая форма позволяет без особых усилий производить вращение для дезинфекции. Вращение происходит за счет сил взаимодействия шестерни, устанавливаемой в корпус и приводимой в движение электроприводом, действующим от нажатия кнопки запуска, с тором.

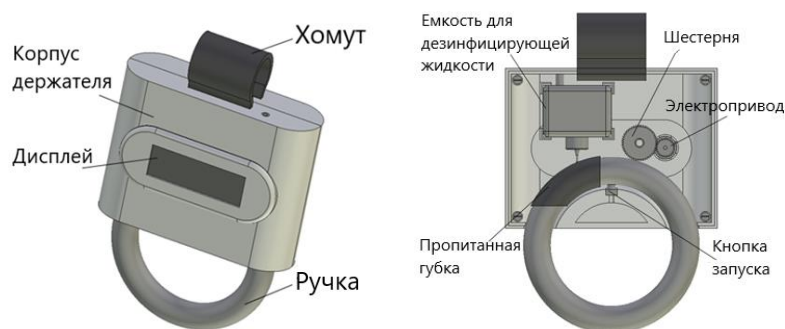


Рисунок 1 – Конструкция подвешного держателя

При прекращении действующей нагрузки на захват, кнопка запускает механизм, при котором ручка совершает оборот и проходя через пропитанную дезинфицирующим средством губку самоочищается от бактерий. На корпусе устанавливается дисплей с системой оповещения об окончании очистки.

Использование аддитивных технологий при изготовлении держателя подвешного позволяет подобрать геометрические параметры ручки держателя или изменить их в процессе изготовления, подобрать индивидуальный вид держателя.

ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ И КРЕМНЕЗЕМНОЙ ТКАНИ

Композиционные материалы, состоящие из двух или более фаз, демонстрируют уникальные механические, термические и химические свойства, которые могут значительно превосходить характеристики отдельных компонентов. Понимание этих свойств, позволяет инженерам и конструкторам оптимизировать состав и структуру в композиционном материале для достижения заданных эксплуатационных характеристик, способствует более точному проектированию и производству изделий, что особенно актуально в таких высокотехнологичных отраслях промышленности, как авиастроительная и машиностроительная отрасли. Композиционные материалы на основе полиэфирной смолы и кремнезёмной ткани используются в авиации, космосе, судостроении и автомобильной промышленности благодаря высокой прочности и термостойкости. Связующее обеспечивает прочную связь с армирующим материалом, а ткань увеличивает общую механическую прочность изделия. Толщина как ткани, так и слоя полимерной основы подбирается в зависимости от требований к прочности и жёсткости изготавливаемой продукции.

В ходе выполнения исследований в соответствии с установленными требованиями соответствующих стандартов, определены физико-механические характеристики компонентов композиционного материала, а именно полиэфирной смолы Дугапол С-120 и кремнеземной ткани КТ-11-30К, результаты которых представлены в таблице.

Таблица – Результаты испытаний

Характеристика		Значение
Связующее	Время желатинизации	1 ч. 28 мин
	Время отверждения	3 ч. 40 мин
	Динамическая вязкость, мПа·с	297
Ткань	Поверхностная плотность ткани, г/м ²	292,13
	Количество нитей:	
	по основе, нитей/см	8,4
	по утку, нитей/см	7,2
	Линейная плотность нити, текс	189,16
	Разрывная нагрузка:	687
	по основе, Н	
	по утку, Н	747

Результаты исследований могут быть использованы как входной контроль при проведении конструкторских и технологических работ, направленных на создание новых материалов и изделий.

ЭКСТРАКЦИЯ ВЕЩЕСТВ ИЗ ПЛОДОВ КОНСКОГО КАШТАНА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В настоящее время поиск новых источников возобновляемых ресурсов является одной из важнейших задач. Растительное сырье – относится к возобновляемым ресурсам, которые можно использовать в различных отраслях промышленности. Кроме того, важно создавать технологию, которая бы являлась безотходной.

Конский каштан (лат. *Aësculus hippocástanum*) – широко распространенное растение. Это не только декоративное дерево, но и весьма богатое различными биологически активными веществами растение, которые обнаружены во всех частях растения (цветах, коре, плодах, листьях).

Химический состав плодов конского каштана богат и многообразен: эскулин, пектины, сапонины, флавоноиды, органические кислоты, лецитин, дубильные вещества, витамины, микроэлементы, крахмал, жирные маслянистые вещества и др.

Цель исследования: изучить особенности экстракции природных соединений на примере крахмала и дубильных веществ из плодов конского каштана.

В ходе работы изучили особенности экстракции природных соединений на примере извлечения крахмала и дубильных веществ из плодов каштана конского.

Содержание дубильных веществ исследовали методом окислительно-восстановительного титрования. В качестве индикатора применяли индигосульфокислоту, титровали содержимое раствором перманганата калия. Расчет вели на дубильные вещества.

На следующем этапе исследований, изготовили образцы биопленок на основе крахмала, извлеченного из плодов, проверили свойства полученных образцов, исследовали разложение биопленок в различных условиях. В ходе работы убедились, что крахмал каштана можно использовать как материал для получения биоупаковки.

Таким образом, в работе предложены варианты использования плодов каштана. Дальнейшая работа будет направлена на разработку технологии безотходного использования каштана конского.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ВЗВЕШЕННЫХ И КОЛЛОИДНЫХ ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ФИЛЬТРОВАНИЯ

Практические все сточные воды, образующиеся в производственной и хозяйственно-бытовой деятельности человека, содержат в своем составе нерастворимые соединения. Для удаления взвешенных веществ в настоящее время применяют механические методы очистки. Одним из видов очистного оборудования, которое применяется для извлечения указанных примесей являются фильтры. В качестве фильтровальной перегородки в фильтрах могут применяться различные виды материалов: волокнистые, тканевые, зернистые и др. Выбор перегородки определяется составом сточных вод, требуемой эффективностью их очистки, конструктивными особенностями очистного аппарата и другими факторами.

В работе проведены исследования по оценке эффективности использования двух видов зернистых природных материалов (кварцевый песок и гравий), которые использовались при создании фильтра в качестве фильтрующей загрузки.

Цель работы – определение влияния размера частиц зернистого материала и высоты слоя загрузки в фильтре на эффективность процесса очистки сточных вод от взвешенных и коллоидных веществ.

Исследование проводили на модельных сточных водах, приготовленных с использованием глины и содержащих взвешенные и коллоидные вещества в концентрациях $0,8 \text{ г/дм}^3$ и 1 г/дм^3 .

В стеклянную колонку помещали зернистые природные материалы с размером частиц от 1 до 10 мм. Через колонку с загрузкой (как модель зернистого фильтра) пропускали сточные воды. Общая высота фильтрующего слоя изменялась в диапазоне 30-60 мм. В фильтрате определяли оптическую плотность раствора и производили расчет эффективности очистки сточных вод.

Установлено, что для создания высокоэффективного зернистого фильтра необходимо учитывать следующие факторы: размер частиц фильтрующей загрузки, высоту слоя каждого вида материала в зернистой перегородке и взаимное расположение слоев в фильтре. Максимальная эффективность очистки сточных вод от взвешенных веществ составляет порядка 60% при использовании в качестве загрузки слоев природных материалов: кварцевый песок с размером частиц 1-2 мм, гравий с размером частиц 2,5-7 мм, гравий с размером частиц 7-10 мм.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ ТОПОЧНЫХ УСТАНОВОК

Энергетика как область хозяйственно-экономической деятельности человека оказывает существенное воздействие на все компоненты окружающей среды. Так, при сжигании углеродсодержащего топлива в атмосферный воздух выбрасываются загрязняющие вещества. В процессе получения тепловой и электрической энергии образуются сточные воды и отходы. Среди отходов рассматриваемой отрасли народного хозяйства особое место занимает отход, образующийся при сжигании твердых видов топлива – зола. Согласно ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» зола и пыль (летучие) топочных установок имеет 3 класс опасности.

В соответствии со статистическими данными на конец 2023 года в Республике Беларусь насчитывалось 24,45 т указанных отходов. В настоящее время данный отход часто подлежит хранению или захоронению, что требует отведение земельных участков под полигоны. При указанном способе обращения с отходом происходит загрязнение окружающей среды. В работе рассмотрена возможность использования данного отхода в качестве сорбента для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод.

Объектом исследований выступала древесная зола и пыль, уловленная при очистке выбросов от теплоэнергетической установки на одном из объектов энергетики Республики Беларусь.

Цель работы – оценка возможности повторного использования древесной золы и пыли в качестве сорбента для извлечения ионов меди из сточных вод.

Исследование сорбционных свойств отхода проводили в динамических условиях. Через стеклянную колонку, заполненную золой, пропускали модельные сточные воды, содержащие ионы меди в количестве 150 мг/дм³. В растворе, прошедшем слой сорбента, определяли содержание ионов меди и производили расчет сорбционной емкости отхода.

Ионы меди обнаруживаются в седьмой порции фильтрата, что свидетельствует о «проскоке» металла. Установлено, что значение динамической сорбционной емкости отхода «зола и пыль (летучие) топочных установок» по ионам меди составляет 0,28 мг/г.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

Высокое водопотребление предприятий по производству бумаги обусловлено особенностями технологического процесса выпуска бумажной продукции. Это приводит к образованию сточных вод, которые необходимо подвергать очистке. В процессе очистки указанных стоков от взвешенных веществ образуется осадок (скоп), содержащий волокнистые включения, компоненты наполнителей, соединения, входящие в состав проклеивающих и красящих композиций. Скоп в соответствии с ОКРБ 021-2019 «Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь» относится к отходам четвертого класса опасности. В настоящее время он частично возвращается в технологический процесс производства бумаги в качестве сырьевого компонента. Однако полностью использовать скоп таким способом не представляется возможным из-за ухудшения качества бумажной продукции.

Целью работы являлось исследование сорбционных свойств отхода в отношении ионов меди. В качестве объекта исследований в работе использовали скоп, отобранный на одном из предприятий Республики Беларусь по производству бумаги. Отход подвергали тепловой обработке при температуре 105 °С с последующим измельчением до размера частиц не более 5 мм. Исследование сорбционных свойств отхода проводили в статических условиях на модельных сточных водах, содержащих ионы меди. Продолжительность взаимодействия стоков с сорбционным материалом составляла 60 минут. Пробы периодически перемешивали. После отделения отработанного сорбента от раствора в фильтрате определяли содержание ионов металла.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что при увеличении концентрации ионов меди в воде наблюдается увеличение сорбционной емкости скопа. Вместе с тем, установлено, что полученный образец скопа имеет низкие сорбционные свойства в отношении рассматриваемого металла. Величина статической сорбционной емкости отхода не превышает 10 мг/г в диапазоне начальных концентраций ионов меди в воде до 1 г/дм³. Возможно, для увеличения сорбционных свойств отхода необходимо обработка скопа при иной температуре или применения иных видов воздействий на отход: обработка химическими реагентами, ультразвуком, излучением или совокупности указанных факторов.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сточные воды предприятий молочной промышленности представляют собой сложные системы. В составе указанных стоков присутствуют различные по природе загрязняющие вещества: органические примеси (белки, жиры и др.), минеральные вещества (фосфаты, хлориды и др.), микроорганизмы. Учитывая сложный состав сточных вод, очистка данных стоков является сложной задачей. Особенностью очистных сооружений предприятий молочной промышленности является их многостадийная очистка. Как правило, на первой ступени происходит отделение взвешенных и коллоидных примесей из рассматриваемых сточных вод. Одним из методов, применяемых при первичной обработке стоков, является коагуляция.

Коагуляция используется для укрупнения коллоидных примесей и последующего выделения взвешенных веществ из воды. К числу классических коагулянтов относят соли железа и алюминия.

Цель работы – исследование эффективности очистки сточных вод с применением коагулянтов. В качестве коагулянтов в работе использовали FeCl_3 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Исследования проводили на модельных сточных водах, полученных с использованием детского молока жирностью 3,2%.

Сточные воды наливали в цилиндры, куда добавляли определенное количество раствора коагулянта. Пробы перемешивали и через определенные промежутки времени фиксировали объемы образующихся в цилиндрах осадков. Эффективность процесса очистки сточных вод рассчитывали, используя значения оптической плотности сточных и очищенных вод.

Установлено, что введение коагулянтов в сточные воды приводит к укрупнению частиц, что увеличивает скорость их осаждения. Причем указанные процессы наблюдаются только при определенных дозах коагулянта. Результаты исследований свидетельствуют о том, что степень очистки стоков при использовании указанных коагулянтов является низкой (не превышает 25%). Однако при использовании двухступенчатой очистки сточных вод, предусматривающей коагуляционную обработку с последующей фильтрацией стоков, эффективность очистки достигает высоких значений: 99,5% (при обработке хлоридом железа) и 96,% (при обработке сульфатом алюминия).

СОДЕРЖАНИЕ

Секция ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

<i>Бабок А.В., Загадская Е.А., Ишимве К.А.</i> Фармакогностические исследования коры различных видов сосны как перспективных источников проантоцианидинов	4
<i>Савич Д.А.</i> Влияние режимов аэрации на эффективность биологической очистки сточных вод	5
<i>Глебова Д.Е., Пытель Е.С.</i> Технологические решения при обогащении пектинсодержащего растительного сырья белком одноклеточных	6
<i>Гняздицкая Д.А.</i> Разработка мягкой лекарственной формы ванкомицина и оценка ее свойств	7
<i>Космич Д.С., Концевая А.Д.</i> Оптимизация условий культивирования <i>Cordyceps militaris</i>	8
<i>Хохлова А.Д.</i> Анализ антимикробной активности лекарственной пленки и геля ванкомицина	9
<i>Семёнова Е.А.</i> Технологические решения при получении пектинатов из свекловичного пектина	10
<i>Беляева Е.А.</i> Экстрагирование антоцианов из плодов аронии черноплодной различными методами	11
<i>Устинчик М.А.</i> Органолептическая характеристика микрозелени, выращенной при разных спектрах света	12
<i>Киририк А.П., Давыденко Д.А., Кузмич А.А.</i> Определение влажности образцов, высушенных на разных полках лиофильной сушилки	13
<i>Шурбенкова С.Б.</i> Варианты использования лузги гречихи посевной	14
<i>Богданович Д.В.</i> Разработка практических средств обучения учебно-методического комплекса по направлению «Биотехнологии»	15
<i>Хрущ А.Д., Семёнова Е.А.</i> Свойства пленок из свекловичного пектина и его катионных солей	16
<i>Нишит А.А.</i> Особенности реакции дансирования	17
<i>Рамазанов А.Э.</i> Противоопухолевая активность производных 2,3,4,9-тетрагидро-1Н-карбазол-1-онов	18
<i>Bi Shuchang</i> Artificial intelligence tools for creating new drugs	19
<i>Бельцова А.В.</i> Характеристика деятельности ОАО «Савушкин продукт» в области снижения продовольственных потерь и отходов	21
<i>Волосевич З.Г.</i> Контроль качества лекарственных препаратов в форме аэрозолей	22
<i>Гарина Т.А.</i> Выделение, состав и свойства эфирного масла ели канадской	23
<i>Горощик Ю.В., Сосновская А.В.</i> Использование программы «Statistica» для анализа состояния технологического процесса	24
<i>Гузов Д.Н.</i> Эфирное масло ели колючей, его получение, состав и использование для производства продукции	25
<i>Дробыш Ю.А.</i> Дополнительное требование FSSC 22000 V. 6.0 «Контроль качества» и его выполнение в ОАО «Минский молочный завод № 1»	26
<i>Журба А.А.</i> Внедрение системы организации труда Lean в учебной лаборатории	27

<i>Мелеховец Т.В., Рогач А.А.</i> Экстракты хвойных растений, их получение и применение в производстве парфюмерно-косметической продукции	28
<i>Синькевич Н.В.</i> Характеризация стандартных образцов буферных растворов методом ячеек Харнеда	29
<i>Козел И.Н., Никитина А.Н.</i> Ароматизация 4-этил-4"-пентил-5,6-дигидро-[1,1':4',1"-терфенил]-3(4Н)-она	30
<i>Милькевич А.И.</i> Синтез 5-функциональнозамещённых 4-фенил-3,4-дигидропиримидин-2(1Н)-онов реакцией Биджинелли	31
<i>Макуцня Д.И., Богданов Е.А., Толстенков Н.С.</i> Взаимодействие 6-ацетил-3-фенилциклогекс-2-енона с гидразином и фенилгидразином	32
<i>Соловьева О.М.</i> Выбор органического растворителя в качестве экстрагента при выделении анилина из его солей	33
<i>Матусков Д.С., Пашкевич А.Н.</i> Синтез 2-метилциклогексанона с помощью реакции Сторка	34
<i>Заяц А.В., Матусков Д.С., Пашкевич А.Н.</i> Эфиры серной кислоты	35
<i>Криштапович А. С., Соботович М. И.</i> Селективное окисление циклогексанона диоксидом селена	36
<i>Белевич А.А.</i> Синтез феноксиуксусной кислоты	37
<i>Стасюк А.Д., Черняева А.В., Чешейко Е.С.</i> Качественный анализ олигопептидов лекарственного препарата «Церебролизин»	38
<i>Русак Е.В., Лапицкий Д.О.</i> Фармакопейный анализ препаратов группы п-аминобензойной кислоты	39
<i>Шавейко Е.В., Макей И.В.</i> Получение фурфурола и лекарственных препаратов на его основе	40
<i>Рудник Т.В., Манякова Ю.Н., Туминская Я.В.</i> Система идентификации опасных веществ для реагирования на чрезвычайные ситуации	41
<i>Ромашко Е.В., Кошкина А.А.</i> Анализ пенообразующих свойств поверхностно-активных веществ для производства косметических средств для волос	42
<i>Стремецкая Е.И., Маршалова О.А.</i> Сравнительный анализ свойств карбамидоформальдегидных и политерпеновых смол для получения древесных композиционных материалов	43
<i>Францкевич Р.В., Юхимук А.М.</i> Влияние композиционного состава древесного наполнителя на физико-механические свойства формованных изделий	44
<i>Грибачев И.Л.</i> Получение целлюлозы из древесины при атмосферном давлении с предобработкой растворителем	45
<i>Красовская В.А., Безбородько З.Д.</i> Экстракция веществ из плодов конского каштана и их использование	46
<i>Гавриленко М.А., Корпусь А.В.</i> Особенности свойств эластомерных материалов с лесохимическими и высокодисперсными добавками	47
<i>Зданкевич Т.М., Репчик М.М.</i> Психология потребителей и полимерные изделия	48
<i>Меренкова Е.А., Острохишко Е.А.</i> Исследование комплексного влияния стеарата цинка и оксида цинка на кинетику серной вулканизации полиизопрена	49
<i>Чепелевич Е.А.</i> Изучение устойчивости окраски ПЭТ-волокон, содержащих наночастицы оксидов титана и цинка	50

<i>Воронец Я.С.</i> Влияние ингибиторов коррозии на свойства эпоксидных лакокрасочных покрытий	51
<i>Невинская А.А., Волкова Д.В.</i> Закономерности коагуляции бутадиен-стирольного латекса сополимерами на основе непредельных карбоновых кислот	52
<i>Евчук Ю.А.</i> Экономическая эффективность производства термопластов: сравнительный анализ с другими видами пластмасс	53
<i>Хромина Е.А., Москалев П.С.</i> Исследование свойств резин на основе бутадиен-нитрильных каучуков в присутствии комплексного активатора вулканизации	55
<i>Дыбова Д.Р.</i> Исследование эксплуатационных характеристик полимерных покрытий для металлоконструкций	56
<i>Недикова А. А.</i> Исследование свойств наполнителей полимерных композитов строительного назначения	57
<i>Благина А. Б.</i> Исследование кинетики вулканизации полиизопрена при совместном использовании комплексного активатора вулканизации и замедлителя подвулканизации	58
<i>Овчаренко С.Р.</i> Исследование свойств водонабухающих эластомерных материалов, содержащих полианионную целлюлозу	59
<i>Чумаченко А.С., Гайворонская Ю.А.</i> Влияние различных сшивателей на адгезионные свойства клеевых композиций на основе биополимеров	60
<i>Сотникова Н.М., Бабина В.А.</i> Определение предельного числа вязкости вторичного ПЭТФ	61
<i>Крюков В.А.</i> Влияния природы растворителя адгезионного грунта на прочность связи соединения резины к металлу	62
<i>Глуговская М.Е.</i> Выбор условий вулканизации силиконовых эластомеров низкотемпературного отверждения	63
<i>Писарева И.А., Мякишева А.В.</i> Применение инактивированных дрожжей в гибридном коагулянте при производстве эмульсионных каучуков	64
<i>Игнатченко Л.М., Горобцова Д.С.</i> Исследование комплексных экстрактов БАС	65
<i>Гусева П.О., Комаров И.А.</i> Использование цифровых технологий в химическом и фармацевтическом анализе	66
<i>Цинов А.А., Широбокова А.В.</i> Повышение эффективности реакции Майяра при производстве экстрактов солода	67
<i>Голикова К.Н.</i> Получение и некоторые свойства флавоноидсодержащего нитрильного каучука	68
<i>Григорян Е.Р., Ильюшкина В.П.</i> Изучение закономерностей набухания полиакриламидов в водно-солевых растворах	69
<i>Куликова А.Ю., Кривошейцева Е.А.</i> Использование серной кислоты при производстве сахарных колеров	70
<i>Нахай К.В.</i> Прогнозирование экстрагирующей способности органических растворителей	71
<i>Булова А.С.</i> Влияние модификатора на основе диэтилентриамина на адгезионные и когезионные свойства битумов	72
<i>Амелькович М.В., Жерело А.А.</i> Особенности сернокислотной очистки керосиновых фракций от ароматических углеводородов	73

<i>Житкевич Е.Д., Раковец О.О.</i> Влияние добавки 2-этилгексаноата молибдена на гидрокрекинг асфальта	74
<i>Искрицкая А.В.</i> Исследование влияния полярности полимера на свойства бентонитсодержащих композитов	75
<i>Колосовский Р.С., Масейков С.С.</i> Исследование влияния технологической добавки на свойства модельных резин на основе СКИ-3	76
<i>Ворсин Д. С., Шпиганович И. В.</i> Практическое внедрение методики цифровизации водопроводно-канализационных хозяйств	77
<i>Шикунец М. В.</i> Преимущества и недостатки установки турникетов в учреждениях высшего образования в условиях чрезвычайных ситуаций ...	78
<i>Шелковский П. А., Фролков Д. И.</i> Воздействие изменения климата на водные ресурсы Беларуси	80
<i>Пикиловский А. С., Гриневич А. А.</i> Извлечение редкоземельных металлов из фосфогипса	81
<i>Волощик К. Д.</i> Проблемы накопления фосфогипса	82
<i>Селейкович А.Э.</i> Влияние катионной стехиометрии на структуру и свойства ферроупрокобальтита неодима–бария	83
<i>Степаньков Е.А.</i> Структура и свойства кальций-замещенного ферроупрокобальтита неодима–бария	84
<i>Латыпов Р.С.</i> Термоэлектрическая керамика на основеслоистого кобальтита кальция, модифицированного висмутом и медью	85
<i>Войтешонок Г.А., Зенина Е.А.</i> Коррозионное поведение сплавов магния в растворах NaCl, содержащих молибдат-ионы	86
<i>Довгалёнок В.М.</i> Ингибирование процессов коррозии магниевых сплавов соединениями марганца	87
<i>Осипович И.А., Журавлева Я.Ю.</i> Свойства твердых растворов на основе слоистого ферроупрокобальтита неодима–бария, полученных золь-гель методом	88
<i>Шалесная В.О., Бирич А.Д.</i> Композиционные покрытия на сплавах магния на основе PLA	89
<i>Беспрозванный Я.С., Минин М.А.</i> Синтез и свойства фосфатсодержащих покрытий на сплавах магния WE43	90
<i>Барейша А.А., Жигарь Е.В.</i> Синтез и свойства композиционных покрытий PLA-биостекла на фосфатированных сплавах магния	91
<i>Русакович М.В., Короленок В.В.</i> Антибактериальные свойства композиционных покрытий на основе хитозана на сплаве магния AZ91 ...	92
<i>Бобёр Е.А.</i> Защитные свойства композиционных покрытий ПЭО хитозан на магниевых сплавах	93
<i>Роговенко П. В., Яковлева В. М., Дорожок П. Г.</i> Альтернативная цивилизация: сохранится ли человек в цивилизации будущего?	94
<i>Пасюкова А.Р.</i> Наука и философия о фрактальной самоорганизации бытия	97
<i>Желдакова М.А., Лагун Я.А.</i> Тенденции манипулирования здоровьем современной молодёжи в условиях экспансии цифровых технологий	101
<i>Гринюк Н. Д.</i> Может ли искусственный интеллект подчинить человека	103
<i>Бровко Ю. В.</i> Истина и ложь в современной социальной коммуникации ...	106
Секция ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ	
<i>Ли Цзюньи.</i> Конструкционное совершенствование диспергирующих устройств для жидких сред	110

<i>Бахриддинов Р.З.</i> Моделирование гидродинамики в соплах для гидроабразивной резки	111
<i>Хань Инцзе.</i> Gas dynamic in the D40 cyclone with improved exhaust pipe	112
<i>Чжэн Дунфан.</i> Многократное измельчение материалов в валковой дробилке	113
<i>Чэнь Дэшиэн.</i> Перемешивание материалов в двухвальном смесителе	114
<i>Ван Юанда.</i> Perspective directions of constructive improvement of equipment for hydrodynamic processing of materials	115
<i>Заковряшин Д.А.</i> Особенности эксплуатации насосных агрегатов при димеризации пропилена	116
<i>Арпентий Д. О., Захвей И. А.</i> Модернизация системы автоматизации процесса производства жидкого кислорода на предприятии ОАО «Крион»	117
<i>Красовский В. А., Мелешко А. С.</i> Анализ системы автоматизации процесса абсорбция и отбеливание на предприятии ОАО «Гродно-Азот»	118
<i>Антонов А. П., Кустов Г. А.</i> Модернизации САУ сушильно-увлажнительными процессами для кожевенных полуфабрикатов в условиях технологического производства ОАО «Минское производственное кожевенное объединение»	119
<i>Старовойтов М. С., Бажко М. Л.</i> Анализ процесса стабилизации концентрации целлюлозы	120
<i>Былина М. Д., Трояновская П. А.</i> Анализ системы автоматизации процесса сжигания черного щелока ОАО «Светлогорский ЦКК»	121
<i>Склепович Д. А., Журавлёв М. А.</i> Модернизация системы автоматического управления для процесса получения жидкого азота в условиях технологического производства ОАО «Крион»	122
<i>Глинистый Н. П., Томашевич В. Ю.</i> Анализ системы автоматизации процесса сушки калийных удобрений на предприятии ОАО «Беларуськалий»	123
<i>Иванчук Н. О., Каптюг В. Е.</i> Анализ системы автоматизации процесса метанирование на Аммиак-4 ОАО «Гродно Азот»	124
<i>Корнилов Д. В., Шацкий Е. Н.</i> Анализ системы автоматизации процесса выпаривание раствора карбамида на предприятии ОАО «Гродно Азот» ...	126
<i>Станкевич Я. П., Андрухович Е. С.</i> Анализ системы автоматизация пропарочного котла на предприятии ОАО «Борисовдрев»	127
<i>Неверовский М. И., Ежиков Д. Ю.</i> Модернизация процесса биологической очистки сточных вод в г. Хойники на предприятии УП «Белкоммунпроект»	128
<i>Нахай А. С., Маркевич Д. В.</i> Модернизация процесса подготовки технической воды на предприятии РУП «Минская ТЭЦ-3»	129
<i>Вовк А. В., Андрухович Е. С.</i> Модернизация процесса нагревания прямогонного мазута на предприятии ОАО «Мозырский НПЗ»	130
<i>Новицкая Д. О., Сорока И. А.</i> Анализ системы автоматизации процесса вакуумной перегонки мазута на предприятии ОАО «Мозырский НПЗ»	131
<i>Петручук П. Д., Маркевич Д. В.</i> Анализ системы автоматизации процесса пастеризации банок на предприятии ОАО «Криница»	132
<i>Левкович В. С., Ежиков Д. Ю.</i> Анализ системы автоматизации процесса производства сыра на предприятии ОАО «Савушкин продукт»	133
<i>Подтероб Н. И., Гринюк Н. Д.</i> Анализ процесса сортировки целлюлозы	134

<i>Кудрявец П. И., Барышев В. В.</i> Анализ системы автоматизации процесса обесшламливания (пенной сепарации) на предприятии ОАО «Беларуськалий»	136
<i>Кирпиченков М. А., Титовец Н. Н.</i> Анализ системы автоматизации процесса дубления кожевенного сырья ОАО «Минское производственное кожевенное объединение»	137
<i>Кунцевич И. С., Гайдукевич И. М.</i> Анализ процесса сжигания биомасс в котле с псевдоожиженным слоем	138
<i>Доминикевич А. И., Водчиц Д. И.</i> Анализ системы автоматизации процесса золениа-обезволашивания кожевенного сырья	140
<i>Донь-Шинайко Е. И., Бирюков П. Г.</i> Анализ системы автоматизации процесса промывки и обезжиривания деталей в условиях технологического процесса	141
<i>Сарока А.В., Поляк А. И.</i> Анализ системы автоматизации процесса производства масла на предприятии ОАО «Савушкин продукт»	142
<i>Науменко В. А., Мурашко Т. А.</i> Модернизация САУ для процесса подогрева воды в бойлерной	143
<i>Супрунович И. С., Орехов Ю. С.</i> Анализ системы автоматизации процесса фильтрации и смешения спирта с водой	145
<i>Белинский Е. Р., Голубич И. Г.</i> Анализ системы автоматизации процесса ультра пастерелизации молока на предприятии ОАО «Савушкин продукт»	146
<i>Корзун В.Р.</i> Электролитическое получение и исследование электрокаталитических свойств никелевых пен по отношению к реакции катодного выделения водорода	147
<i>Шуваева К.Д.</i> Химическое наслаивание сульфида кадмия на стеклянные подложки	148
<i>Петрунина А.С.</i> Применение газометрического метода анализа	149
<i>Вабищевич Д.П.</i> Особенности электроосаждения сплавов на основе матрицы Ni-Co	150
<i>Ушак А.С., Тхет Ко Ко.</i> Емкостные характеристики углеродных наноматериалов для суперконденсаторов	151
<i>Семенюк Д.В.</i> Разработка технологии нанесения композиционных покрытий Ni-УНМ	152
<i>Белова Е.Н.</i> Получение порошков меди из щелочного цитратно-аммиакатного электролита	153
<i>Сенюк Д.А.</i> Электрохимическое осаждение сплава никель-хром из комплексного электролита	155
<i>Боровицкий Д.Д.</i> Анализ методик повышения эффективности солнечных батарей	157
<i>Чулец А.И.</i> Технология очистки сточных вод на предприятии по производству дрожжей	158
<i>Довыденко М.С.</i> Очистка сточных вод в молочной промышленности	159
<i>Горшенина А.В.</i> Исследование кинетических характеристик электромембранного разделения	160
<i>Карпинчик Д.А.</i> Исследование сорбционных свойств земли формовочной горелой	162
<i>Епишина А.Н.</i> Исследование возможности использования отходов в качестве сорбентов для снижения жёсткости воды	163

<i>Поволанский А.В.</i> Изучение сорбционных свойств отходов деревообработки	164
<i>Пугачёва С.В.</i> Очистка сточных вод предприятий молочной отрасли	165
<i>Зенович Е.В., Хамицевич И.Н.</i> Классификация отходов гальванического производства	166
<i>Аврамчик К.В., Хамицевич И.Н.</i> Источники образования отходов в гальваническом производстве	167
<i>Барановский А.И., Аврамчик К.В.</i> Сравнительный анализ сорбционных свойств отходов пивного производства	168
<i>Завадский К.В.</i> Изучение влияния ультразвука на свойства синтезируемых магнитных частиц	169
<i>Бочко Н.А.</i> Анализ подземных вод минской агломерации	170
<i>Булич Д.Д., Зотова В.Д.</i> Классификация нарушенных земель Республики Беларусь	171
<i>Пискунович Д.Н.</i> Интенсификация процесса биокompостирования отходов	172
<i>Ковалёва К.Д.</i> Фотокатализаторы из отходов литейного производства	173
<i>Демиденко Е.С.</i> Композиционные магнитные сорбенты из отходов производства	174
<i>Калиновский Р.Р.</i> Сравнительная характеристика способов обезжелезивания воды	175
<i>Шпаковская А.С.</i> Оксифторидные стеклокристаллические материалы, допированные ионами редкоземельных материалов	176
<i>Фадеева А.М.</i> Разработка составов стекол с высоким содержанием стеклобоя	177
<i>Важник Е.Г.</i> Разработка составов глушенных стекол для сортовой посуды	178
<i>Сулима В.В.</i> Разработка составов легкоплавких стекол для оптоэлектроники	179
<i>Струнец С.В.</i> Лантансодержащие полуфриттованные глазури для керамогранита	180
<i>Протько А.Д.</i> Разработка состава гипсовой смеси для наливных полов	181
<i>Трояновская Ю.И.</i> Совершенствование составов стекол и технологии производства медицинских сосудов в условиях ОАО «Белмедстекло»	182
<i>Панцевич М.В.</i> Терморазмеростабильные стеклокристаллические материалы для оптического приборостроения	183
<i>Сазонова Д.О.</i> Разработка составов оптических стекол в системе $R_2O - B_2O_3 - Sb_2O_3 - SiO_2$	184
<i>Азарова К.Е.</i> Разработка составов и технологии получения легкоплавких стекол для изготовления ювелирных эмалей	185
<i>Шуныкина А.С.</i> Разработка составов и технологии получения оптических стекол в системе $RO - BaO - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2$	186
<i>Новик К.Е.</i> Керамические плитки для внутренней отделки стен с использованием глин месторождений «Городное» и «Столинские хутора» Брестской области	187
<i>Мацура Я.А.</i> Получение керамических плиток для полов с использованием глинистых сырьевых материалов Республики Беларусь ...	188
<i>Севко А.В.</i> Глазурные покрытия для керамогранита с использованием глауконитсодержащей породы, сапонитсодержащих туфов и базальтов Республики Беларусь	189

<i>Киреев Д.А.</i> Разработка составов цветных стекол для окрашивания тарного стекла в непрерывном потоке	190
<i>Guo Luying.</i> Synthesis of ceramic materials in the system $\text{CaO-ZrO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$	191
<i>Самкевич М.Д.</i> Составы масс для получения керамического кирпича с использованием промышленных отходов	192
<i>Журик А.А.</i> Составы нефритованных глазурей для санитарных керамических изделий	193
<i>Хамицевич М.М.</i> Составы масс для керамогранита с использованием сырья Республики Беларусь	194
<i>Герасимчук А.А., Латушкин А.А.</i> Разработка составов масс и технологии получения керамических плиток для полов с использованием пород новодворского месторождения брестской области	195
<i>Гринцевич М.С.</i> Получение фосфата бора реактивной квалификации	196
<i>Чорная О.С.</i> Применение избыточного активного ила цеха ОПСВ ОАО «Гродно Азот» в качестве почвогрунта	197
<i>Пытель А.Д., Бровко Ю.В., Самойлова В.В.</i> Применение метода искусственного интеллекта для расчёта материального баланса бесконверсионных технологических операций	198
<i>Морозов Г. А.</i> Применение нейронных сетей в химической технологии	199
<i>Трибуш Н. А., Лапенко Е. С.</i> Белорусские фосфориты, как альтернативное сырьё в производстве экстракционной фосфорной кислоты	200
<i>Трибуш Н. А., Хазипова В. В.</i> Комплексная очистка экстракционной фосфорной кислоты с получением кормовых и технических фосфатов	201
<i>Холод А.А.</i> Получение водорастворимого монокалийфосфата на основе экстракционной фосфорной кислоты	202
<i>Рудов М.А.</i> Разработка полимерных составов для покрытия гранулированных удобрений	203
<i>Алексеева А.В., Тихонов А.С.</i> Изучение процесса выделения сульфата калия из продуктов термощелочной конверсии железного купороса	204
<i>Григорьев А.А.</i> Влияние предварительного нагрева наполнителя на структуру и свойства наполненных фотополимерных композиций для SLA-печати	205
<i>Ковалец Д.Д.</i> Влияние предварительного нагрева наполненных фотополимерных композиций для SLA-печати на структуру и свойства ...	206
<i>Колотовкина А.В.</i> Конструкция лампы настольной и технология ее изготовления методом FDM-печати	207
<i>Коровкин К.Р.</i> Конструкция клавиатуры компьютерной, технология и оборудование для ее изготовления	208
<i>Лавринович Я.И.</i> Влияние дисперсных добавок на физико-механические характеристики композиционного материала на основе фотополимерных смола	209
<i>Ракицкий С.М.</i> Конструкция элементов компьютерной мыши и технология ее изготовления методом послойного синтеза	210
<i>Царенков А.А.</i> Влияние ультразвуковой обработки на физико- механические характеристики наполненных фотополимерных композиций для SLA-печати	211

<i>Денисюк М.Б., Кандрусевия Р.А., Яницкий К.С.</i> Особенности поведения объемных структур, напечатанных из эластичного материала, при контактном и динамическом деформировании	212
<i>Ефремова М.Ю.</i> Механические свойства древеснонаполненного PLA, изготовленного по методу послойного наплавления	213
<i>Мацукова В.В.</i> Модернизация принтера для осуществления печати двумя головками	214
<i>Музыка Д.С.</i> Конструкция и технология печати телескопического табурета	215
<i>Шестак А.А.</i> Конструкция и технология изготовления амортизатора для вибростола с использованием аддитивных технологий	216
<i>Житкевич Р.А.</i> Конструкция изделия с применением ауксетических материалов и аддитивный технологический процесс для их производства	217
<i>Грицук М.П.</i> Карта подвесная жесткая с подсветкой и аддитивный технологический процесс для ее производства	218
<i>Мацукова Т.В.</i> Круговая вязальная машинка и аддитивный технологический процесс для ее производства	219
<i>Пархачев И.Н.</i> Корпус электротехнического оборудования и аддитивный технологический процесс для его производства	220
<i>Кирик Н.М.</i> Конструкция увлажнителя воздуха и аддитивный технологический процесс для его производства	221
<i>Витязь К.С., Капорская В.А., Клещенко А.Л., Малькевич С.В., Поповский И.С.</i> Исследование физико-механических характеристик материалов аддитивного синтеза на основе полилактида	222
<i>Мартинovich М.В.</i> Технология и оборудование для автоматизированного 3D-сканирования объектов	223
<i>Некрасова Д.И.</i> Конструкция держателя подвесного для общественного транспорта	224
<i>Черномазов М.С.</i> Характеристики композиционного материала на основе полиэфирной смолы кремнеземной ткани	225
<i>Красовская В.А., Безбородько З.Д.</i> Экстракция веществ из плодов конского каштана и их использование	226
<i>Якубюк А.В.</i> Очистка сточных вод от взвешенных и коллоидных веществ методом фильтрования.....	227
<i>Казачихина А.А.</i> Оценка возможности повторного использования золы топочных установок.....	228
<i>Костенко Е.А.</i> Перспективы переработки отхода производства бумаги.....	229
<i>Петух Е.М.</i> Очистка сточных вод предприятий молочной промышленности.....	230

Научное издание

**Тезисы докладов
76-й научно-технической конференции
учащихся, студентов и магистрантов**

Часть 2

Электронный ресурс

В авторской редакции

Компьютерная верстка: *М.В. Рымовская, О.С. Залыгина,
С.В. Бушева, Е.О. Черник*

Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 14,40.

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№1/227 от 20.03.2014
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск