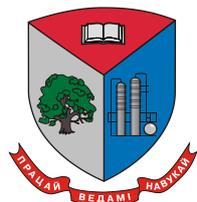


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»



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

18–23 апреля 2022 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

В 4-х частях

Часть 2

Минск 2022

УДК 005.745:378.6](476)(06)
ББК 66.75

73-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов : в 4-х ч. – Минск, 18–23 апреля 2022 г. [Электронный ресурс] – Минск : БГТУ, 2022. – Ч. 2. – 305 с.

Сборник составлен по итогам 73-й студенческой научно-технической конференции Белорусского государственного технологического университета, проведенной с 18 по 23 апреля 2022 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 ТНСиППМ, д-р техн. наук
профессор кафедры ТСиК, д-р техн. наук
профессор кафедры ХПД, д-р техн. наук
зав. кафедрой ФХМСП канд. физ.-мат. наук
зав. кафедрой Х,ТЭПиМЭТ, канд. хим. наук
доцент кафедры ФХМСП, канд. техн. наук
доцент кафедры ПЭ, канд. техн. наук

Э.Т. Крутько
И.А. Левицкий
Н.В. Черная
С.С. Ветохин
А.А. Черник
О.В. Стасевич
О.С. Залыгина

© УО «Белорусский государственный
технологический университет», 2022

Секция

**ТЕХНОЛОГИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ В ЗОНАХ С ПОВЫШЕННЫМ РАДИАЦИОННЫМ РИСКОМ

В настоящее время территория лесного фонда Беларуси, отнесенная к зонам радиоактивного загрязнения, на 01.01.2022 г. составляет 1513,14 тыс. га или 15,62% от общей площади.

В биологический круговорот включились основные долгоживущие дозообразователи цезия-137 и стронция-90, по этой причине радиационная обстановка в лесах изменяется крайне медленно, так как самоочищение происходит только за счет радиоактивного распада. Среднегодовой темп снижения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения в различных типах леса составляет от 2,0% до 4,4%. Запас цезия-137 в почве в настоящее время находится в зоне размещения корней растений (на глубине 3–6 см), что и обуславливает процесс накопления этого радионуклида в растительности. Большое значение в технологических процессах заготовки и обработки загрязненной радионуклидами древесины занимает утилизация отходов. К отходам относят крону, кусковые отходы, щепу и опилки, образующиеся при производстве пиломатериалов. Их нельзя вывозить из зоны заготовки и обработки древесины и использовать в качестве топлива, т. к. в золе концентрация радионуклидов существенно увеличивается, ухудшается радиационная безопасность людей, и возникают проблемы захоронения золы.

Мобильная переработка древесины на лесосеке (с большей плотностью загрязнения) путем окорки или переработки на пилопродукцию проводится в случаях, если радиоактивное загрязнение неокоренной древесины превышает допустимые уровни (РДУ/ЛХ-2001) или радиоактивное загрязнение коры превышает уровни для цезия-137 – 10 000 Бк/кг (в соответствии с Критериями оценки радиационного воздействия: ГН от 28.12.2012 № 213), позволяющие классифицировать ее как радиоактивные отходы (далее – РАО): окорку следует применять при переработке древесины, которая будет использоваться в круглом виде (балансы, рудстойка, стройлес и другая продукция); при переработке древесины, предназначенной для получения пилопродукции, более эффективной является мобильная переработка древесины на обрезные пиломатериалы, при которой удаляется кора и наиболее загрязненная часть древесины (горбыль).

Эффективным способом утилизации отходов является складирование для перегнивания отходов в бурты в пределах, лесосеки с последующим обволакиванием их землей (биокомпостирование). При этом соблюдаются как требования пожарной безопасности, так и защиты леса от вредителей и болезней.

На этапе развития переработки древесных отходов перспективным является гранулирование древесины и её использование в виде топлива. Процесс производства древесных гранул классически строится по следующей схеме: крупное дробление, сушка, мелкое дробление, смешение, водоподготовка, прессование, охлаждение, сушка, расфасовка. Таким образом мы получаем биотопливо, производимое из древесных отходов и отходов сельского хозяйства, в виде прессованных гранул стандартного размера. На практике производят пеллеты двух сортов: «Премиум» и «Стандарт».

«Премиум» должен содержать не более 1% золы, а «Стандарт» не более 3%. «Премиум» может применяться для отопления любых зданий. Гранулы используются для сжигания в домашних каминных печах и отопительных устройствах. Процесс выделения тепла протекает за счет теплового излучения или вследствие конвекции.

Преимущества пеллет – большая теплотворная способность по сравнению со щепой или дровами, что определяет их как экологически чистое топливо с содержанием золы не более 3%.

Древесные гранулы намного экологичнее традиционного топлива: в 10–50 раз ниже эмиссия углекислого газа в воздушное пространство, в 15–20 раз меньше образование золы, чем при сжигании угля.

Изготовление топливных гранул – хорошая альтернатива прямому использованию древесных отходов в виде топлива. Гранулы выделяют больше тепла, чем опилки и щепа, увеличивая коэффициент полезного действия котельных, не требуют больших складских площадей и при хранении не самовоспламеняются. Развитие технологии производства биотоплива характеризуется разработкой и внедрением новых схем и стадий гранулирования, связующих, аппаратуры, для получения высококачественного бездымного бытового топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС: постановление М-ва лесного хозяйства Респ. Беларусь, 27 декаб. 2016 г., № 86 // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – 2017. – 8/31754 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21731754>. – Дата доступа: 10.02.2021.

ПРОИЗВОДСТВО ТОПЛИВНЫХ ГРАНУЛ – ОДНО ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

В Республике Беларусь леса являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств. Леса и лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития страны, обеспечения ее экономической, экологической, энергетической и продовольственной безопасности. По ряду ключевых показателей, характеризующих лесной фонд (лесистость территории, площадь лесов и запас растущей древесины в пересчете на одного жителя), Беларусь входит в первую десятку лесных государств Европы.

Полное и всестороннее использование древесной биомассы позволяет не только удовлетворить потребности народного хозяйства в продуктах механической и химической переработки древесины и древесных веществ, но и произвести существенный вклад в получение тепла и электрической энергии в государственном масштабе [1].

Одно из важнейших преимуществ топливных гранул – высокая и постоянная насыпная плотность, позволяющая относительно легко транспортировать этот сыпучий продукт на большие расстояния. Благодаря правильной форме, небольшому размеру и однородной консистенции продукта гранулы можно пересыпать через специальные рукава, что позволяет автоматизировать процессы погрузки-разгрузки и также сжигания этого вида топлива.

Топливные гранулы – экологически чистое топливо с содержанием золы, как правило, не более 3%. Гранулы отличаются от обычной древесины высокой сухостью (влажность всего 8-12%, а влажность сырых дров 30-50%) и примерно в 1,5 раза большей плотностью, чем дрова. Эти качества обеспечивают высокую теплотворную способность. По сравнению с дровами – при сгорании тонны гранул выделяется приблизительно 3,5 тысяч кВт/ч тепла, примерно столько же (почти в два раза меньше), как и при сгорании тонны каменного угля, в полтора раза больше, чем у обычных дров, и всего в два раза меньше, чем при использовании газа, мазута или дизельного топлива. Первые пеллетные производства появились около 15 лет назад, в период начала модернизации деревообрабатывающих производств.

По словам заместителя министра лесного хозяйства Беларуси, если в 2018 году в отрасли производили примерно 19 тыс. т пеллет, то за последних полтора года только на новых производствах, построенных в рамках реализации программы развития пеллетных производств, получено 162 тыс. т топливных гранул [2].

За 2021 год экспортировано 180,6 тыс. тонн пеллет, на внутреннем рынке реализовано 6,7 тыс. тонн. Пеллеты отгружались практически во все страны Евросоюза (Польша, Литва, Словения и др.). Топливные гранулы экспортировались на различных условиях – «станция отправления», «до границы», «станция назначения», «конечный потребитель» по различным ценам – от 75 евро до 110 за тонну.

Создание новых заводов по выпуску пеллет позволило обеспечить снижение остатков дровяной древесины. Только в лесхозах, на базе которых введены в эксплуатацию производства, осуществляющие выпуск промышленных пеллет (серые с корой), остатки по дровяной древесине на начало текущего года значительно уменьшены. Например, по Пружанскому лесхозу при наличии на 01.04.2020 г. остатков дровяной древесины в объеме 35,8 тыс. м³ их уровень на 01.01.2021 г. составил 16,3 тыс. м³ (уменьшились на 19,5 тыс. м³, или в 1,5 раза), по Мозырскому опытному лесхозу – на 7,1 тыс. м³ (в 1,6 раза), по Кличевскому лесхозу – на 7,2 тыс. м³ (в 1,2 раза), по Копыльскому опытному лесхозу – на 6,2 тыс. м³ (в 2,3 раза).

Таким образом, строительство новых заводов по производству топливных гранул позволило в полной мере использовать низкосортную древесину, опилки, отходы лесопиления. «Мы сегодня работаем на максимуме наших производственных мощностей. Наши топливные гранулы – один из самых экологичных видов топлива в мире. Все ресурсы должны с максимальным эффектом служить стране и народу. Переработка древесины – это стратегическое направление лесной отрасли и валютная выручка для страны» – заявил заместитель министра лесного хозяйства Беларуси 12 января 2022 года во время открытия нового завода по производству топливных гранул в Стародорожском опытном лесхозе [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Ледницкий, А.В. Организация производства прессованного древесного топлива / А.В. Ледницкий, П. А. Протас // Труды БГТУ. Экономика и управление. – 2011. – Вып. 7. – С. 160-166.
2. Организации Минлесхоза за два года нарастили производство пеллет в 10 раз [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/organizatsii-minleshoza-za-dva-goda-narastili-proizvodstvo-pellet-v-10-raz-479041-2022/> (дата обращения 22.03.2022)

Студ. Д.С. Раткевич, Д.Л. Малая
Науч. рук. ст. преп. М.В. Балакир
(кафедра безопасности жизнедеятельности, БГТУ)

СОВРЕМЕННАЯ ПРАКТИКА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ

В современном мире существует несколько основных способов утилизации отходов: переработка, сжигание и захоронение. В развитых странах обычно используют комбинированный подход. Политика Европейского Союза (ЕС) по управлению отходами направлена на снижение воздействия отходов на окружающую среду и здоровье людей и на повышение эффективности использования ресурсов ЕС. Долгосрочная цель этой политики состоит в том, чтобы уменьшить количество образующихся отходов и в случае, если образование отходов неизбежно, преобразовывать его в ресурсы и материалы, пригодные для дальнейшего использования, и достичь более высоких показателей переработки и их безопасной утилизации. В Швеции утилизируют 99% твердых коммунальных отходов (ТКО). Захоронению на полигонах подлежат менее 2 % отходов. В Германии 48% мусора получает «вторую жизнь», во Франции – 22%, в США – 34%. В России же свыше 90% отходов отправляется на полигоны и свалки, и лишь 7% – на переработку [1].

Минприроды Беларуси осуществляет меры по реализации единой государственной политики в области обращения с отходами, обеспечивает разработку и выполнение планов и мероприятий по обращению с отходами. В Беларуси действует 8 мусороперерабатывающих заводов, 76 линий сортировки отходов. В стране зарегистрировано 396 организаций, осуществляющих сбор, сортировку, подготовку к использованию отходов товаров и отходов упаковки. Доля использования ТКО и отходов производства в общей массе образовавшихся отходов имеет положительную динамику, и за 2020 год составляет 25,0% и 35,4% соответственно. Также на протяжении последних 10 лет наблюдается рост количества ТКО и отходов производства на душу населения, увеличение составило 11,5% и 41,3% [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Михалевич, Р.В. Состояние природной среды Беларуси: ежегодное информационно-аналитическое издание / Р.В. Михалевич и другие; под общей редакцией к.г.н., доц. М.А.Ересько. Минск: РУП «БелНИЦ «Экология», 2020. – 101 с.

2. Индикаторы совместной системы экологической информации. // Белстат Республики Беларусь [Электронный ресурс]. - 2021. - Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnayatatistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/>

Маг. В.И. Жолнеркевич; студ. Ю.А. Горашук
Науч. рук. проф. Е.И. Грушова
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА МАСЕЛ-МЯГЧИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ИК ФУРЬЕ СПЕКТРОСКОПИИ

Масла-мягчители нефтяного происхождения представляют собой высокоароматизированные нефтяные дисперсные системы, обладающие сложным строением и свойствами, которые обуславливают положительное воздействие на ряд эксплуатационных характеристик шинных резин. Для обоснованного выбора состава мягчителей целесообразно использовать эффективные методы их исследования, к числу которых относится один из наиболее чувствительных и информативных методов исследования состава и структуры органических соединений – метод ИК-спектроскопии [1].

Цель данной работы состояла в сопоставительном анализе структурно-группового состава 3-ех образцов масел-мягчителей, полученных по следующей схеме.

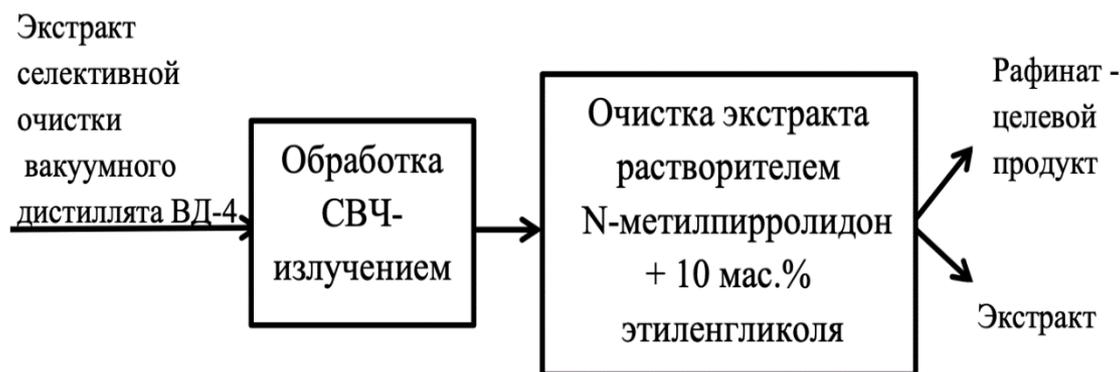


Рисунок 1 – Схема эксперимента

Испытуемые образцы отличаются друг от друга длительностью обработки СВЧ-лучами. Состав полученных рафинатов, т.е. очищенных от канцерогенных соединений экстрактов селективной очистки масляного дистиллята ВД-4, осуществляли методом ИК-спектроскопии [2]. В таблице представлены результаты исследования.

Согласно данным, представленным в таблице, обработка экстракта селективной очистки масляного дистиллята ВД-4 СВЧ-лучами позволяет за счет изменения структуры исходной дисперсной системы повысить эффективность очистки от нежелательных компонентов: полициклических ароматических углеводородов и соединений серы.

Таблица – Структурно-групповой анализ нефтепродуктов

Показатель	Рафинат			
	Время обработки экстракта СВЧ-лучами			
	-	1 мин	3 мин	5 мин
$C_1=D_{1600}/D_{1460}$ - условное содержание ароматических структур	7,9	7,5	6,9	7,3
$C_2=D_{1600}/D_{720}$ - коэффициент ароматичности	1,23	1,31	1,26	1,26
$C_3=D_{870}/D_{1460}$ - условное содержание полизамещенных полициклических структур	7,2	6,8	6,4	6,8
$C_4=D_{1032}/D_{1460}$ - условное содержание соединений серы	7,9	7,5	7,1	7,5
$C_5=D_{970}/D_{1460}$ - условное содержание нафтеновых структур.	8,8	8,2	7,6	8,1

Однако при увеличении времени обработки экстракта СВЧ-лучами (более 3 мин) помимо разрушения структуры нефтяной дисперсной системы происходят и химические превращения компонентов в результате термического воздействия. Это приводит к изменению структурно-группового состав очищенного масла-мягчителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрафикова, И.М. Исследование состава асфальтенов и продуктов их фракционирования методом ИК-Фурье спектроскопии / И.М. Абдрафикова, Г.П. Каюкова, И.И. Вандюкова // Вестник Казанского технологического университета, – 2011. – Т.9. – С.179–183.
2. Жолнеркевич, В.И. Использование метода ИК-спектроскопии при анализе эффективности селективной очистки масляных экстрактов / В.И. Жолнеркевич, Е.И. Грушова // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2021 – Т.11. – №4. – С.673–680.

УДК 665.775.4:678.674'524

Студ. А.В. Ключинская, Т.С. Сергеенко, М.Д. Васильчук
Науч. рук. доц. А.О. Шрубок
(кафедра нефтепереработки и нефтехимии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЛИГОМЕРОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Одним из способов утилизации отходов полиэтилентерефталата является его химическая переработка в более низкомолекулярные соединения (аминолиз, алкоголиз, гликолиз). Применение этих методов позволяет получать мономеры и олигомеры, которые можно использовать в качестве исходного сырья для полимерной промышленности или компонентов связующих, вспомогательных веществ и модификаторов.

Цель работы заключалась в исследовании влияния добавок продуктов химической переработки полиэтилентерефталата (олигомеров) на дисперсность и эксплуатационные характеристики полимерно-битумных вяжущих. В качестве объектов исследования изучены полимерно-битумные вяжущие (ПБВ), полученные модификацией нефтяного гудрона марки БНД 70/100 олигомерными продуктами аминолиза отходов полиэтилентерефталата. Анализ ИК-спектров олигомеров полиэтилентерефталата, используемых в качестве модификаторов, позволил установить наличие в них амидной, аминной и эфирной групп в различных соотношениях в зависимости от условий проведения химической переработки полимера. Для получения ПБВ олигомеры полиэтилентерефталата вводили в нефтяной битум в количестве 1,0% мас. при температуре 160–180°C и скорости перемешивания 500 об/мин в течение 3 ч. Для полученных ПБВ определяли основные эксплуатационные характеристики и дисперсное распределение полиэтилентерефталата в объеме битума методом люминесцентной микроскопии.

Установлено, что введение в нефтяной битум олигомеров полиэтилентерефталата приводит к увеличению температуры размягчения и снижению пенетрации получаемых полимерно-битумных вяжущих. Так, при введении в нефтяной битум 1,0% мас. олигомерной добавки, содержащей в основном ди- и полизамещенные ароматические кольца и эфирные группы, температура размягчения возрастает на 9,2°C, а пенетрация снижается на $39,8 \times 0,1$ мм.

Таким образом, применение олигомерных продуктов переработки полиэтилентерефталата в качестве модификаторов нефтяных битумов позволяет улучшать его основные эксплуатационные свойства.

МОДИФИКАЦИЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ ВТОРИЧНЫМ ПОЛИПРОПИЛЕНОМ

Полипропилен широко используется в различных областях промышленности: в пищевой и текстильной промышленности, в машиностроении, медицине, электротехнике и т.д. Ежегодно наблюдается рост потребления полипропилена, что в свою очередь приводит к возрастанию образующихся полипропиленовых отходов и необходимости поиска путей их утилизации или вторичного использования. Применение полимерных модификаторов в производстве битумных вяжущих способствует увеличению температурного интервала работоспособности вяжущего, приданию ему эластичных и прочностных свойств при высоких и низких температурах эксплуатации. В связи с этим, перспективным и выгодным направлением представляется модификация битума дешевыми вторичными термопластами (в частности, полипропиленом).

Цель работы заключалась в изучении дисперсности и эксплуатационных характеристик битумных вяжущих, модифицированных вторичным полипропиленом. Модификацию битумных вяжущих осуществляли следующим образом: вторичный полипропилен в количестве 1,0–3,0% мас. вводили в предварительно разогретый до температуры $180 \pm 10^\circ\text{C}$ нефтяной битум, смешение осуществляли при скорости перемешивания 500 об/мин в течение 3 часов. Для модифицированных битумов определяли температуру размягчения и хрупкости, пенетрацию и дисперсное распределение полимера в объеме битума методом люминесцентной микроскопии.

Установлено, что для битумов, модифицированных вторичным полипропиленом, характерны более высокие значения температуры размягчения и более низкие значения температуры хрупкости и пенетрации по сравнению с немодифицированными битумами. При введении в нефтяной битум 2,0% мас. вторичного полипропилена наблюдается увеличение температуры размягчения на $6,3^\circ\text{C}$, снижение пенетрации при 25°C на $46,2 \times 0,1$ мм и температуры хрупкости на $2,2^\circ\text{C}$. Однако исследование дисперсного распределения частиц полимера в битуме показало, что при введении полипропилена более 2,0% мас. наблюдается агломерация частиц полимера с образованием крупных неоднородных агломератов, что свидетельствует о неоднородности таких полимер-битумных систем.

Студ. В.А. Король, К.А. Кру克林ский
Науч. рук. доц. Д.В. Кузёмкин
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ И УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПЛИТНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

Фенолформальдегидные смолы (ФФС) используют в качестве связующих и клеев в производстве композиционных плитных материалов на основе древесины, тканей, связующих литевых и прессовочных материалов. Данные смолы также используются в производстве защитных и специальных покрытий, лаков, эмалей, заливочных и пропиточных составов, однако вследствие наличия в своем составе токсичных фенола и формальдегида имеется необходимость в снижении их токсичности путем модифицирования. При этом можно ожидать увеличения прочностных характеристик древесной плитной продукции, содержащей модифицированные ФФС.

Целью работы являлся подбор химических добавок с целью снижения токсичности ФФС и увеличения прочности плитной продукции на их основе.

В результате анализа научной литературы [1] было установлено, что наиболее эффективными модифицирующими добавками для снижения токсичности, характеризуемой присутствием в составе ФФС непрореагировавших в ходе отверждения фенола и формальдегида, являются такие добавки, как уротропин, технические лигносульфонаты и пектол, которые позволяют уменьшить уровень токсичности от 15%, в случае использования пектола, до 50%, в случае применения технических лигносульфонатов. При этом использование в качестве модифицирующей добавки технических лигносульфонатов, являющихся отходами гидролизной и целлюлозно-бумажной промышленности, позволяют на 12–45% увеличить прочность древесной плитной продукции, содержащей модифицированную ФФС.

Таким образом, установлено, что наиболее предпочтительной химической добавкой, позволяющей снизить уровень токсичности ФФС и увеличить прочность плитной продукции на их основе, являются технические лигносульфонаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиева, А.П. Перспективы получения фенолформальдегидных смол // Пластические массы. – 2021. – № 9. – С. 22–26.

ВЕРИФИКАЦИЯ СРОКА ГОДНОСТИ ЧИПСОВ ПУТЕМ ПРОВЕДЕНИЯ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Производители гарантируют безопасность пищевой продукции на протяжении всего срока ее годности. Однако органолептические показатели в этот период могут незначительно изменяться (как правило, в худшую сторону), что сказывается на потребительской оценке и спросе.

Для чипсов данная группа показателей, включая внешний вид, цвет, запах, вкус, текстуру и хрупкость, влияет на их популярность и конкурентоспособность. Поэтому верификация сроков годности чипсов с учетом изменения их органолептических показателей актуальна, что и было целью работы. Объектом исследования были чипсы из сырого картофеля со вкусом сметаны и лука «Онега» (ТУ ВУ 691466814.001), производитель ООО «Азбука снеков». Срок годности 6 месяцев.

План исследований, разработанный в соответствии с ГОСТ ISO 16779-2017 приведен в таблице 1 [1].

Таблица 1 – План исследований

% от срока годности	0	50	65	80	90	100	110	125
Дата производства	01.03.2021	29.12.2021	10.11.2021	29.10.2021	08.10.2021	16.06.2021	16.08.2021	29.07.2021

Органолептические показатели чипсов оценивали по шкале, разработанной авторами, на 5 уровней качества для оценки внешнего вида, цвета, запаха и вкуса и на 3 уровня для оценки текстуры и хрупкости [2]. Такой подход позволял достигать достаточной степени различия оцениваемых характеристик и минимальной систематической погрешности результатов из-за слишком близких и похожих описаний уровней. Оценку проводили пять ознакомленных испытателей. Результаты, рассчитанные, как среднее арифметическое индивидуальных оценок испытателей, приведены в таблице 2.

Проанализировав данные, приведенные выше, можно сделать выводы о том, что ухудшения органолептических показателей чипсов происходят равномерно в течение всего срока годности, а по истечении 6 месяцев изменения носят более интенсивный характер.

Таблица 2 – Результаты оценки органолептических показателей чипсов

Показатель	Макс. балл	% от срока годности							
		0	50	65	80	90	100	110	125
		Средний балл							
Внешний вид, цвет	5,0	5,0	5,0	4,4	4,8	4,2	3,6	4,0	3,0
Запах	5,0	4,8	4,4	4,4	4,2	4,2	4,2	3,8	2,8
Вкус	5,0	4,6	5,0	4,6	4,4	4,4	4,0	3,6	2,6
Хрупкость	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	2,8	3,0	2,2
Текстура	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,8	3,0	2,4

В течение установленного изготовителем срока годности значения органолептических показателей снижаются незначительно (не более, чем на 0,8 балла), что соответствует «отличному» и «хорошему» качеству чипсов, за исключением показателя «внешний вид, цвет», для которого было отмечено уменьшение оценки на 1,4 балла после 6 месяцев хранения (100 % от срока годности – в таблице). Значительное ухудшение таких показателей, как «внешний вид, цвет», «запах» и «вкус» было отмечено по истечении 6,6 и 7,5 месяцев хранения (110 % и 125 % от срока годности) и составило величину, равную 1,0-2,4 балла. «Хрупкость» и «текстура» ухудшились на 20-27 % после 7,5 месяцев хранения.

Таким образом, верификация сроков годности чипсов показала, что период 6 месяцев является оптимальным по всем оцененным органолептическим показателям, кроме внешнего вида и цвета, которые являются критическими для данного продукта. В этой связи для обеспечения надлежащего качества картофельных чипсов в течение всего срока годности рекомендуется уделять особое внимание факторам, оказывающим влияние на скорость изменения органолептических показателей, к которым, например, относятся: сорт и качество картофеля, содержание сахаров, качество очистки картофеля; массовая доля влаги и жира; герметичность упаковки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Органолептический анализ. Оценка срока годности пищевой продукции: ГОСТ ISO 16779-2017. – Введ. 01.01.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

2. Невалённая, А.А. Формирование и оценка потребительских свойств картофельных чипсов с использованием пребиотического вещества. [Электронный ресурс]: дис. ... к. т. н: 05.18.15 / Невалённая Анастасия Александровна. – М., 2019. – 142 с. - Библиогр.: с.115–129. – Режим доступа: <https://kubstu.ru/data/fdlist/FDD0496.pdf> – Дата доступа: 07.04.2022.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТОВ ВО ФРУКТАХ, ОВОЩАХ И ПРОДУКТАХ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ТР ТС 021/2011

Нитраты – соли азотной кислоты, которые образуются в растениях в процессе роста и могут накапливаться в значительных количествах при неправильном применении азотистых удобрений и неблагоприятных климатических условиях [1]. основополагающим документом, регламентирующим допустимые уровни содержания нитратов в рассматриваемых видах продукции, является ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [2].

В настоящий момент для определения нитратов в продуктах переработки плодов и овощей применяется методика, установленная в ГОСТ 29270 «Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения нитратов» [3]. Однако, с декабря 2021 года на территории Республики Беларусь вводится в действие новый стандарт – ГОСТ 34570 [4], устанавливающий методику количественного определения нитратов во фруктах, овощах и продуктах их переработки.

Цель работы – сравнительный анализ двух стандартных методик и экспериментальное подтверждение спецификаций новой методики.

Сравнительный анализ стандартов проводился в части содержания основных разделов. Изменения, представленные в ГОСТ 34570 [4] относительно ГОСТ 29270 [3], в значительной степени затрагивают разделы «область применения», «проведение измерений» и «обработка результатов».

Область применения нового стандарта распространяется на свежие фрукты, овощи и продукты их переработки. Исключение составляют – овощи семейства крестоцветных, соленые и квашеные овощи, соленые и моченые фрукты.

Проведение измерений согласно ГОСТ 34570 [4], в отличие от ГОСТ 29270 [3], предусматривает измерение концентрации нитрат-ионов методом стандартной добавки (или метод Грана).

Согласно ГОСТ 29270 [3] содержание нитратов находят по значению r_{C_x} в соответствии с таблицами в приложении к данному стандарту. Обработка результатов по новой методике осуществляется по формуле, приведенной в п. 10.2 ГОСТ 34570 [4], где учитывается массовая доля влаги в пробе. В качестве экспериментальных образцов для

проведения апробации модифицированной стандартной методики во всем диапазоне измерений данного показателя [4] была выбрана продукция с различным содержанием нитратов (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты определения уровня нитратов по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 34570 [4]

№ образца	Наименование образца	Экспериментальное значение, мг/кг	Допустимые уровни, не более, мг/кг [2]
1	Свекла консервированная	1279,2	1400
2	Сок морковный прямого отжима	138,6	400
3	Фруктовое пюре для детского питания	21,8	50
4	Петрушка листовая свежая	2133,5	2000
5	Морковь	301,6	250
6	Банан	57,3	200
7	Томат сливка	< 30 (8,3)	150
8	Яблоко «Айдаред»	< 30 (6,4)	60

Таким образом, было проведено сравнение двух стандартных методик определения нитратов в овощах, фруктах и продуктах их переработки согласно ГОСТ 29270 [3] и ГОСТ 34570 [4], в результате которого были выявлены отличия, значительно влияющие на ход проведения измерений. В ходе эксперимента установлено соответствие всех исследуемых образцов по содержанию нитратов установленным нормативам, за исключением образца №4 – петрушка листовая свежая, где было обнаружено превышение ПДК [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Определение нитратов в овощах и фруктах и способы снижения нитратов в них / Ю.П. Федорова // Символ науки. – 2021. – № 1. – С. 140–142.
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»: ТР ТС 021/2011. – Введ. 01.07.2020. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. – 154 с.
3. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов: ГОСТ 29270–95. – Введ. 01.01.1997. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2020. – 17 с.
4. Фрукты, овощи и продукты их переработки. Потенциометрический метод определения нитратов: ГОСТ 34570–2019. – Введ. 01.07.2020. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2020. – 13 с.

Студ. А.П. Гриневиц
Науч. рук. доц. А.Н. Никитенко
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЕЙ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ

Деионизированная (деионизованная) вода – это вода, из которой удалены все растворенные соли (отсутствуют отрицательные и положительные ионы). В таком состоянии она считается наиболее близкой к абсолютной химической чистоте. Такая вода используется для технологических целей, подвергается глубокой очистке, ее состав контролируется по широкому перечню показателей. Из воды удаляются абсолютно все примеси, в том числе незаряженные частицы любой степени дисперсности: твердые вещества, жидкости и газы, органические и биологические загрязнения. Для контроля состояния деионизированной воды требуется определять значения удельного сопротивления с использованием приборов. Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим характеристикам осуществляется путем поверки.

Поэтому, целью данной работы являлась поверка блока контроля удельного сопротивления воды. Для выполнения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: подготовить протокол проверки; выполнить процедуру поверки прибора; заполнить протокол и произвести расчеты; проанализировать полученные результаты.

Измерения проводились с помощью блока контроля БК.ВР–24–003 удельного сопротивления воды. Поверка осуществляется по методике В8М3.499.001Д11. При поверке используются: вольтметр универсальный В7–27А, комбинированный прибор Ц4324, магазин сопротивлений измерительный Р4002, кондуктометр ММ34–04, генератор сигналов низкочастотный ГЗ–102, термометр ТЛ–5 2–Б2.

При поверке соблюдаются условия окружающей среды:

- температура $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- атмосферное давление (101300 ± 4000) Па;
- относительная влажность (65 ± 15) %;
- напряжение питающей сети 220 В, частота 50 Гц.

При проведении поверки соблюдались требования безопасности, поверяемый блок и средства поверки были заземлены.

Процедура поверки блока контроля включала:

- внешний осмотр: проверку комплектности, отсутствие механических повреждений;
- сбор поверочной схемы, включение блока в сеть;

- проверку реагирования прибора на сопротивления, выходящие за пределы диапазона;
- определение метрологических характеристик: расчет постоянной датчика; определение сопротивления поверяемого датчика кондуктометром;
- проверка диапазона измерения удельного сопротивления воды при выходе за пределы;
- определение суммарной погрешности измерения удельного сопротивления воды (не должна превышать 3%);
- проверка значений сопротивлений, равных сопротивлениям терморезистора, предварительно измеренные при температурах от 15 до 100°C (погрешность не должна превышать $\pm 10\%$ – для температур 15 и 25°C).
- определение суммарной погрешности срабатывания входного реле (не должна превышать $\pm 20\%$);
- установление суммарной погрешности преобразования показаний блока в линейный выходной сигнал напряжения (не должна превышать 5%).

По результатам поверки заполнялся протокол, содержащий данные о приборе, условиях окружающей среды, внешнем осмотре, опробованию. В результате проведенных исследований основная погрешность прибора в диапазоне удельных сопротивлений 0,03–0,3 Ом·см не превысила 0,4%; 0,3–3,0 Ом·см – 0,9%; 3,0–30,0 Ом·см – 0,9%. При проверке срабатывания погрешность не превысила установленных значений. Результаты представлены в таблице.

Таблица – Результаты определения погрешности приведения удельного сопротивления воды к температуре 20°C

Температура, °C	Сопротивление терморезистора, кОм	Удельное сопротивление прибора, мОм·см	Погрешность	
			Действительная, %	Допустимая, %
–	–	–	–	–

В результате проведенных измерений и выполненных расчетов погрешностей, можно сделать вывод, что метрологические характеристики блока контроля БК.ВР–24–003 соответствуют требованиям, действительные погрешности не превышают допустимые значения. Можно сделать заключение о пригодности прибора к дальнейшему использованию.

Студ. В.Д. Давыденков
Науч. рук. доц. Н.И. Заяц
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОХРАТОКСИНА А В РЫБЕ И ПТИЦЕ МЕТОДОМ ВЭЖХ-ФЛД С ОЧИСТКОЙ ЭКСТРАКТА МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРАКЦИИ НА ИММУНОАФФИННЫХ КОЛОНКАХ

Охратоксин А – микотоксин, продуцируемый микроскопическими грибами родов *Aspergillus* и *Penicillium*. Основными продуцентами охратоксина А являются *A. ochraceus* и *P. verrucosum*.

В экспериментах *in vivo* показано нефротоксическое, канцерогенное, тератогенное, эмбриотоксическое, нейротоксическое и иммунотоксическое действие охратоксина А. Международное агентство по изучению рака классифицирует охратоксин А как соединение, потенциально канцерогенное для человека. Этот яд опасен также для домашних животных, птиц и рыб.

Охратоксин А выявляется повсеместно в качестве природного загрязнителя продовольственного и кормового зерна, кофе и какао-бобов, винограда и специй и его содержание регламентируется регламентами Таможенного союза на уровне 5 мкг/кг.

Определение охратоксина А проводят методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Метод включает в себя следующие этапы: экстракцию охратоксина А из пробы, очистку экстракта, определение охратоксина А с помощью ВЭЖХ с флуориметрическим детектированием (ВЭЖХ-ФЛД). Для очистки экстракта используют колоночную хроматографию, твердофазную экстракцию, бикарбонат и др.

Цель работы – валидация (подтверждение пригодности к применению) методики ВЭЖХ-ФЛД определения охратоксина А в рыбе и птице с очисткой экстракта методом твердофазной экстракции на иммуноаффинных колонках. Иммуноаффинные колонки содержат специфические антитела, связанные с твердым материалом субстрата. Когда проба проходит через колонку, антитела селективно связываются с охратоксином (антигенам) и образуют комплекс антитело-антиген. Все другие компоненты пробы вымываются из колонки. В качестве валидируемых характеристик были выбраны следующие рабочие характеристики методики: специфичность, линейность, правильность (смещение), повторяемость, внутрилабораторная воспроизводимость, неопределенность.

Для определения линейности был проведен анализ 6 модельных растворов с концентрациями охратоксина 0,25; 0,50; 1,00; 2,50; 5,00; 10,00 нг/см³ и построен график зависимости концентрации от площади хроматографического пика.

Повторяемость и внутрिलाбораторную воспроизводимость оценивали по результатам восьми анализов экспериментальных образцов по две параллели на трёх различных концентрациях для каждой матрицы, проводимых двумя аналитиками в разные дни. По полученным результатам рассчитывали среднее квадратическое отклонение повторяемости S_r и внутрелабораторной воспроизводимости S_{To} .

С целью получения оценки смещения проводили измерения восьми образцов с известными концентрациями охратоксина А. Смещение рассчитывали как разность между измеренным значением и известным, а степень извлечения R_e – как отношение измеренного значения к известному в процентах. Массовую долю охратоксина А в мкг/кг определяли с использованием калибровочного графика. В формулу для расчета массовой доли был введен поправочный коэффициент $f = 1,2$ связанный с потерями охратоксина при пробоподготовке. Он был установлен экспериментально по смещению, которое при проведении оценки на значимость оказалась значимым для всех видов продукции (объектов) и всех диапазонов измерений и составило в среднем 20 %.

Полученные результаты показателей точности и расширенная неопределенность измерений (U , %) представлены в таблице.

Таблица – Показатели точности и неопределенность измерений охратоксина А

Диапазон измеряемой концентрации, мкг/кг	S_r , мкг/кг	S_r , %	S_{To} , мкг/кг	S_{To} , %	R_e , %	U , %
<i>Рыба</i>						
0,22–0,23	0,004	1,62	0,012	4,72	92,6	9,98
2,22–2,70	0,01	0,40	0,181	7,32	96,3	15,5
4,64–5,25	0,007	0,13	0,21	4,21	98,3	8,96
<i>Птица</i>						
0,20–0,26	0,006	2,21	0,019	7,46	94,0	15,8
2,28–2,67	0,007	0,26	0,13	5,17	98,4	11,0
4,16–5,17	0,007	0,14	0,41	8,15	94,0	17,3

Таким образом, по экспериментальным данным были установлены и валидированы рабочие характеристики ВЭЖХ-ФЛД методики определения охратоксина А в рыбе и птице с очисткой экстракта на иммуноаффинных колонках.

Студ. З.Н. Лосовская, П.Ю. Полонникова
Науч. рук.: ассист. Е.Н. Зеленкова; доц. Т.М. Шачек
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

РАЗРАБОТКА РЕКЛАМНОЙ КАМПАНИИ ДЛЯ НОВОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ МАГИСТРАТУРЫ

Обеспечению конкурентоспособности Белорусского государственного технологического университета в условиях гармоничного интегрирования Беларуси в Единое Европейское пространство высшего образования способствует актуализация специальностей и учебных планов подготовки специалистов на разных ступенях высшего образования. Так, в скором времени БГТУ будет реализовывать образовательную программу II ступени высшего образования по новой специальности «Методы и системы обеспечения качества». Продвижению новых специальностей и выполнению плана набора на них способствует своевременное распространение информации. В этой связи разработка рекламной кампании новой специальности магистратуры является актуальной и практически значимой, что и было **целью** настоящей работы.

Рекламная кампания – это целенаправленная система спланированных рекламных мероприятий, объединённых одной идеей и концепцией для достижения конкретной маркетинговой цели в рамках согласованной маркетинговой стратегии рекламодателя, в установленные предварительным анализом период времени, область действия, рынок и целевую аудиторию [1,2].

На этапе планирования рекламной кампании был проведен социологический опрос среди студентов специальности «Физико-химические методы и приборы контроля качества продукции». В анкетировании приняло участие 118 студентов (22 – обучающихся первого курса, 28 – второго, 39 – третьего и 29 – четвертого).

Согласно полученным результатам 14 % опрошенных планируют поступать в магистратуру (это преимущественно обучающиеся 4 курса – 44 % от изъявивших желание получить степень магистра). При выборе направления обучения ответы распределились следующим образом: «Методы контроля качества» – 68 % студентов; «Пищевая безопасность» – 21 %; «Системный менеджмент» – 11 %.

Результаты ответа на вопрос о наиболее эффективных способах получения информации о магистратуре показали, что наибольшее количество студентов (73 человека) отдало предпочтение варианту «Социальные сети (Viber, Telegram, Instagram, ...)», что составило 63 %. За

вариант «Сайт БГТУ» проголосовал 31 % опрошенных. Наименьшее количество голосов было отдано за вариант «День открытых дверей» – 6 %.

Оптимальным сроком обучения в магистратуре большинство студентов считают период в 1 год (50 % опрошенных). Период в 1,5 года выбрало 38 % опрошенных, 2 года – 12 %.

Учитывая результаты анкетирования, планируются следующие пути реализации рекламной кампании:

- реклама в социальных сетях (Viber, Telegram, VK);
- создание странички в Instagram, для указания там нужной информации и общения с потенциальными студентами (в Instagram целесообразно использовать подкастинг, постоянно обновлять фотогалерею, вести регулярно обновляемый блог с элементами сплит-тестирования);
- таргетированная реклама (когда человек вводит поиск у себя в браузере, к примеру: магистратура по профилю пищевая безопасность, ему будет высвечиваться наш сайт, дополнительно в социальных сетях (Instagram) будет попадаться реклама нашей магистратуры);
- реклама на главной странице сайта БГТУ (вкладка «Студентам», в дереве которой располагается «Магистратура»);
- проведение дня открытых дверей в университете;
- привлечение студентов для агитации абитуриентов на поступление в университет с последующим поступлением в магистратуру;
- использование перехода на ресурс магистратуры по ссылкам, размещенным на сайте БГТУ и других сайтах (например, сайтах других университетов), т.е. использование реферального трафика.

Вывод: данная рекламная кампания будет эффективной и успешной, поскольку она точно попадает в целевую аудиторию и задерживает ее внимание. Кроме того, комплексный подход к ее продвижению, заключающийся в том, что все рекламные мероприятия объединены в одну рекламную кампанию общей целью и направлены на распространение информации, продвижение новой специальности, позволит получить наибольший результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ромат, Е.В. Реклама. Учебник для вузов – 7-е изд. / Е.В. Ромат. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2008. – 512 с.
2. Шадрина, Л.Ю. Теоретические подходы к определению рекламной кампании (технологический подход) / Л.Ю. Шадрина, М.Ю. Матвеев // Universum: общественные науки. – 2014. – Т.10, №9.

Маг. А.Г. Санько
Науч. рук. доц. О.В. Стасевич
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

ПОДБОР УСЛОВИЙ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОЖИРОВЫХ СЛЕДОВ ЧЕЛОВЕКА МЕТОДОМ ТОНКОСЛОЙНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Липиды составляют основную часть сухого остатка потожирового следа (ПЖС) человека. Установлено, что в течение нескольких месяцев в потожировом веществе происходят химические изменения, в том числе гидролиз триацилглицеридов. Для контроля этого процесса целесообразно использовать экспрессный и экономичный метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) [1].

Таким образом, целью данного исследования является подбор условий для разделения липидов ПЖС методом ТСХ. Объектами исследования являлись ПЖС женщины.

Для проведения эксперимента на предметном стекле, предварительно очищенном гексаном, были оставлены потожировые следы. Выделение липидов ПЖС осуществляли путем экстракции хлороформом в течение 10 минут с поверхности предметного стекла.

Затем экстракт упаривали на роторном испарителе под вакуумом при температуре, не превышающей 60 °С, и сухой остаток растворяли в 0,5 мл хлороформа. Далее полученный раствор подвергали тонкослойной хроматографии.

Выбор подвижной фазы зависит от свойств исследуемой смеси, подлежащей разделению. Были проведены серии экспериментальных работ по ТСХ липидов на пластинах со слоем силикагеля и использованием 5 систем растворителей. В качестве неподвижной фазы выступали пластины Kieselgel 60 F254 (США).

В качестве подвижной фазы применяли неполярные растворители (петролейный и диэтиловый эфиры, гексан) с небольшими добавками более полярных растворителей, таких как, ацетон, метанол, уксусная кислота и вода. После прохождения фронта растворителей пластины высушивали и проявляли путем обработки парами йода.

В результате на пластине проявлялись коричневые пятна. Далее производили расчет показателя R_f веществ в соответствующей элюирующей системе.

Соотношения для каждой из 5 используемых систем для подвижной фазы приведены в таблице.

Таблица – Системы растворителей для проведения ТСХ анализа

Номер системы	Состав подвижной фазы	Соотношение
1	петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота	70:30:2
2	хлороформ – метанол – уксусная кислота – вода	25:10:3:2
3	смесь гексан – диэтиловый эфир – уксусная кислота	165:15:1
4	петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота	90:10:1
5	хлороформ – метанол – вода	25:10:1

При использовании таких систем, как хлороформ – метанол – уксусная кислота – вода и хлороформ – метанол – вода происходило наименее эффективное разделение липидов, на хроматограммах регистрировалось только 3 пятна, а также наблюдался заброс веществ к линии фронта. Более полное и эффективное разделение нейтральных липидов было достигнуто при использовании системы растворителей: петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота (90:10:1). На хроматограмме регистрировалось 4 пятна.

В подобранной системе растворителей липиды в соответствии с литературными данными могут быть разделены в следующей последовательности: фосфолипиды и моноглицериды, диглицериды, холестерин, жирные кислоты, триацилглицериды, эфиры холестерина. Исходя из приведенной выше последовательности разделения возможно предположить идентификацию веществ следующим образом: $R_f=0,89$ – эфиры холестерина, $R_f=0,76$ – триацилглицериды, $R_f=0,30$ – жирные кислоты, $R_f=0,13$ – холестерин.

Таким образом, в результате проведенного исследования была подобрана наиболее эффективная система растворителей для проведения ТСХ-анализа: петролейный эфир – диэтиловый эфир – уксусная кислота (90:9:1), которая обеспечивает четкое разделение нейтральных липидов ПЖС человека и может быть использована для контроля их химических превращений при хранении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моисеева, Т.Ф. Комплексное криминалистическое исследование потожировых следов человека / Т.Ф. Моисеева – М., 2000. – С. 82–83.

ПРИМЕНЕНИЕ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТИТРАТОРОВ

В настоящее время, благодаря научно-техническому прогрессу происходит автоматизация процесса проведения количественных анализов. Особое внимание уделяется разработке химических сенсоров – измерительных устройств, способных измерять концентрацию какого-либо компонента и преобразовывать химическую информацию в электрический сигнал [1]. Активное применение химические сенсоры нашли в титриметрических методах анализа, позволяя на их основе создать полу- и полностью автоматические системы титрования.

Целью данной работы является изучение перспектив внедрения автоматических титраторов в лабораторную практику и проведение процедуры валидации стандартного метода с их применением.

Объектом исследования является методика определения кислотности и щёлочности кондитерских изделий в соответствии с ГОСТ 5898–87.

С 1989 г. количество принимаемых стандартов на методы титриметрического анализа различных характеристик пищевого сырья и продуктов его переработки постоянно возрастает (рис. 1).



**Рисунок 1 – Количество принятых стандартов
в области титриметрического анализа**

Однако доля принимаемых стандартов, ограничивающихся применением только ручного титрования, остаётся значительной [2]. Это

свидетельствует о значительном отставании процесса автоматизации в текущем развитии методов анализа. Одним из вариантов решения данной проблемы может стать валидация уже имеющихся стандартных методик с применением нового измерительного оборудования – автоматических титраторов [3].

План валидации методики определения кислотности и щёлочности кондитерских изделий в соответствии с ГОСТ 5898–87 был разработан согласно руководству EuroChem [4]. В качестве объектов испытания были использованы образцы продукции с разной кислотностью – от 0 до 21 градусов, а именно: печенье сахарное «Слодыч» с ароматом топленого молока (не более 2 градусов, ГОСТ 24901–2014), карамель леденцовая «Барбарис» (не более 16 градусов, ГОСТ 6477–2019) и какао-порошок «Коммунарка».

В ходе эксперимента было получено 10 результатов измерений изучаемой характеристики для каждого образца с учетом 3 изменяющихся факторов (время, оператор, раствор титранта). Средние значения кислотности составили – 0,76, 10,96 и 20,34 градусов для печенья, карамели леденцовой и какао-порошка соответственно. Пределы повторяемости – 0,18 градусов, и воспроизводимости – 0,20 градусов были рассчитаны согласно ГОСТ 5725-2–2002.

Таким образом, выполненный валидационный эксперимент подтвердил возможность применения стандартной методики по ГОСТ 5898–87 в предлагаемой модификации – с применением автоматического титратора TitroLine TL 5000 без ухудшения ее метрологических характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Отто, Современные методы аналитической химии/ Отто М; пер. с нем. А. В. Гармаша. – 3-е изд. – М: Техносфера, 2008, – 544 с.
2. Национальный фонд ТНПА [Электронный ресурс]/Поиск. – Режим доступа: <https://clck.ru/eovFm>. – Дата доступа 02.02.2022.
3. Пригодность аналитических методов для конкретного применения: руководство для лабораторий по валидации методов и смежным вопросам: в 2 ч. / под ред. Б. Магнуссона, У. Эрнемарка. – Киев: Изд-во ООО «Юрка Любченка», 2016. – 96 с.
4. Пригодность к использованию аналитических методов: руководство для лабораторий по валидации методов и сопутствующим вопросам: Eurochem Guide. – 1998. – 32 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ВИНОГРАДНЫХ ВИНАХ

На ОАО «Минский завод игристых вин» сорбиновая кислота (соль сорбиновой кислоты – сорбат калия) вносится на стадии технологической обработки виноматериала перед холодным (стерильным) розливом для придания стабильности виноградному вину в течение срока его годности. Целью данной работы является определение содержания сорбиновой кислоты в виноградных винах методом спектрофотометрии в УФ-диапазоне при длине волны 256 нм и расчет показателей его точности.

В качестве объектов исследования выступали 4 образца готового виноградного вина – Arta Vinia Пино Фран красное полусухое, Arta Vinia Шардоне белое полусухое, Old Batur Саперави красное полусладкое, Pinot Noir Пино Нуар розовое сухое, а также 3 образца вин, находящихся в процессе производства на ОАО «Минский завод игристых вин», а именно: непосредственно перед розливом: вино красное полусладкое купажа Пино Фран, вино белое полусухое купажа Шардоне. Исследования проводились в производственной лаборатории ОАО «Минский завод игристых вин». Используемый метод исследования – спектрофотометрический в УФ-диапазоне при длине волны 256 нм, регламентируемый ГОСТ 5519-2019.

Для построения градуировочной зависимости оптической плотности от концентрации сорбиновой кислоты в растворе в шесть конических колб вместимостью 50 см³ градуированной пипеткой вносили соответственно 0; 1; 2; 3; 5 и 10 см³ стандартного раствора сорбиновой кислоты; доводили объем до 10 см³ водой. Полученные растворы содержали: 0; 1; 2; 3; 5 и 10 мг сорбиновой кислоты в 1 дм³ соответственно. В каждую колбу добавляли по 10 см³ раствора медного катализатора. Измеряли оптическую плотность полученных растворов с помощью спектрофотометра при длине волны 256 нм, предварительно «занулив» значение оптической плотности контрольного раствора.

Строили градуировочный график, на котором оптическая плотность растворов представлена как функция концентраций сорбиновой кислоты в растворах, выраженных в мг/дм³ и полученных перед добав-

лением раствора медного катализатора (рисунок). При обработке результатов массовую концентрацию сорбиновой кислоты, S , мг/дм³ продукта, вычисляли по формуле

$$S = \frac{m_1 \cdot 200}{V_1}, \quad (1)$$

где m_1 – масса сорбиновой кислоты, выраженная в мг/дм³ дистиллята, найденная по градуировочному графику; 200 – объем отогнанного дистиллята, см³; V_1 – объем дистиллята, используемый для приготовления рабочего раствора (как правило, 10 см³), см³.

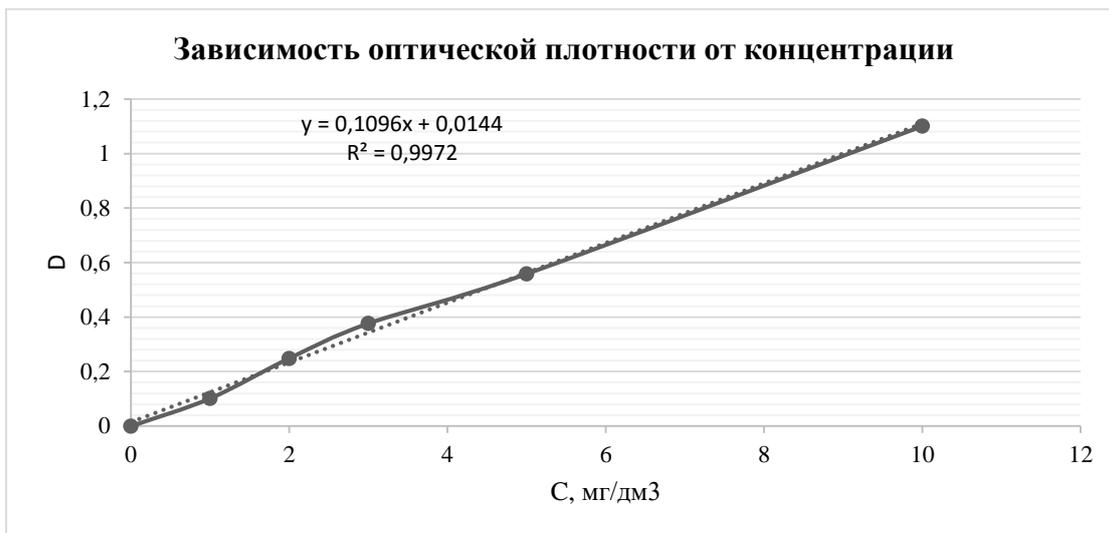


Рисунок 1 – Градуировочный график

В результате проведения испытаний семи образцов виноградных вин было установлено, что значения массовой концентрации сорбиновой кислоты колебались в промежутке от 155 до 185 мг/дм³. Далее был произведен расчет показателей точности данной методики согласно требованиям СТБ ИСО 5725-2-2002, СТБ ИСО 5725-4-2002 и Руководства ЕВРАХИМ/СИТАК. Были рассчитаны стандартная и расширенная неопределенности определения массовой концентрации сорбиновой кислоты спектрофотометрическим методом в УФ-диапазоне, которые составили 2,040 и 4,080 мг/дм³ соответственно. Также были рассчитаны СКО и предел повторяемости, которые составили 0,894 и 2,503 мг/дм³ (0,57 и 1,61 %) соответственно, и СКО и предел внутрилабораторной воспроизводимости – 2,040 и 5,711 мг/дм³ (1,32 и 3,68 %) соответственно.

В результате исследований было установлено, что метод спектрофотометрии в УФ-диапазоне по ГОСТ ISO 5519-2019 является рабочим для определения массовой концентрации сорбиновой кислоты в виноградном вине в производственной лаборатории ОАО «Минский завод игристых вин».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РОЗЛИВОСТОЙКОСТИ ВИНОГРАДНЫХ ВИН

Розливостойкость является одним из основных показателей, который определяет сохранность вина в пределах срока годности, поэтому важно уметь правильно его оценивать и владеть различными методами его определения. Оценка розливостойкости проводится с помощью испытаний, провоцирующих и стимулирующих возникновение помутнения и/или осадка. Одним из основных испытаний является определение склонности к необратимым коллоидным помутнениям. Метод определения необратимых коллоидных помутнений основан на внешнем воздействии химического и физического характера, ускоряющем процессы коагуляции и седиментации белковых веществ и их комплексов. Определение розливостойкости проводят на стадии купажирования виноматериалов, а конечным результатом является выбор схемы обработки виноматериала. Таким образом, целью данного исследования являлось определение розливостойкости виноградных вин и виноматериалов визуальным и количественным методами, а также расчет показателей точности количественного метода.

Испытание по оценке розливостойкости проводили в физико-химической лаборатории ОАО «Минский завод игристых вин». Объектом исследования являлись три образца купажа, состоящие из различных виноматериалов. Перед проведением лабораторных испытаний по определению склонности к коллоидным помутнениям в производственном цеху проводят пробную обработку виноматериалов, которая включает в себя добавление оклеивающих веществ (бентонит и рыбий клей) в определенном соотношении. После обработки проводят лабораторные испытания, целью которых является выбор оптимального соотношения бентонита и рыбного клея, которое не допустит проявления мутности на протяжении всего срока годности. Подготовка к испытаниям отобранного виноматериала, обработанного в разных соотношениях бентонитом и рыбьим клеем, заключалась в следующем: фильтрование; добавление насыщенного (25 %) спиртового раствора танина; нагревание на кипящей бане и охлаждение. При этом, контрольную пробу только фильтровали. Испытание заключается в сравнении прозрачности опытных и контрольной проб визуальным и количественным методом.

Определение конечного результата визуальным методом. При определении результата испытаний на розливостойкость визуальным методом сравнивают опытные пробирки и выбирают наиболее прозрачный виноматериал. То соотношение оклеивающих веществ, которое содержится в выбранной опытной пробирке, считается оптимальным для обеспечения розливостойкости купажа.

Определение конечного результата количественным методом. В данном методе используется прибор – мутномер, с помощью которого получают конечные численные значения показателя мутности. По завершению испытаний сравнивают полученные численные значения мутности опытных пробирок со значениями мутности уже розливостойкого виноматериала. Обработка полученных результатов испытаний показала, что значения мутности трех розливостойких виноматериалов, следующие: 1,2; 1,6; 1,8 (FTU). На основании этих данных был сделан вывод о том, что при получении значения мутности обработанного виноматериала, величина должна быть не более 1,8 FTU.

Расчет показателей точности. Оценку показателей точности (правильности и прецизионности) и неопределенности измерений проводили по результатам измерений трех проб виноматериалов. Показатели точности и неопределенность измерений рассчитали для показателя мутности (таблица). Расчеты проводили согласно СТБ ИСО 5725-2-2002, СТБ ИСО 5725-4-2002 и Руководство ЕРАХИМ/СИТАК.

Таблица 1 – Значения стандартной и расширенной неопределенности измерений

Погрешность	Значение
FTU	
FTU	

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- определение мутности виноматериала возможно двумя методами – визуальным и с помощью мутномера;
- в образцах, используемых при проведении испытаний, необходимое содержание оклеивающих веществ составляло:
 - образец № 1 – 0,4 и 0,1 бентонита и рыбного клея (г/дм³);
 - образец № 2 – 0,2 и 0,1 бентонита и рыбного клея (г/дм³);
 - Образец № 3 – 0,4 и 0,1 бентонита и рыбного клея (г/дм³);
- оба метода определения мутности – визуальный и с помощью мутномера – сопоставимы.

УДК 637.068; 663.8.054; 663.9

Студ. В.Д. Червонная, А.А. Синоло, Д.А. Сенникова
Науч. рук. доц. З.Е. Егорова
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

МОШЕННИЧЕСТВО С ПИЩЕВЫМИ ПРОДУКТАМИ – ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Целью данной работы было изучение сведений о фальсификации продовольственных товаров и современных мер, предлагаемых специалистами разных стран, по ее минимизации и защите потребителей от контрафактной продукции. Объектами исследований в данной работе была правовая и научно-техническая информация в области идентификации пищевых продуктов и выявления их фальсификации. Результаты анализа изученных источников информации оформляли в виде реферата, включающего следующие разделы: история возникновения фальсификации; случаи фальсификации; виды фальсификации и типы мошенников; системы менеджмента и иные способы борьбы с фальсификацией.

Виды фальсификации и типы мошенников. Согласно классификации, разработанной GFSI (Global Food Safety Initiative – Глобальная инициатива по безопасности пищевых продуктов) и SSAFE (Safe Secure and Affordable Food for Everyone – Безопасная и доступная еда для всех) существуют следующие виды фальсификаций: неверная маркировка; разбавление; сокрытие информации; подделка; подмена; несанкционированное внесение изменений в рецептуру; «серое» производство/кража/незаконная перепродажа.

Чтобы лучше разобраться в вопросе о фальсификации продуктов питания необходимо узнать, что подталкивает людей на этот шаг. Традиционная криминология утверждает, что снижение преступности возможно путём понимания мотивов человеческих действий. Основными типами мошенников являются: творческий, случайный, профессиональный, криминальный и идеологический. Очевидно, что мошенники, идя на этот шаг, могут руководствоваться различными мотивами, предвидя которые можно предпринимать соответствующие меры.

Системы менеджмента и иные способы борьбы с фальсификацией. Существует три составляющие комплексной (глобальной) системы менеджмента безопасности пищевых продуктов, которые являются так называемыми тремя китами, обеспечивающими стабильность в этом вопросе. Это такие системы как HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point – анализ опасности и критические контрольные точки), TACCP (Threat Assessment and Critical Control Point – оценка

угроз и критические контрольные точки), и VACCP (Vulnerability Assessment and Critical Control Point – оценка уязвимости и критические контрольные точки). VACCP предназначен для идентификации угроз экономически мотивированной фальсификации. Специалисты SSAFE совместно с Вагенингенским университетом и научно-исследовательским центром, а также Свободным университетом г. Амстердам разработали методику оценки уязвимости конкретной продукции к фальсификации, которая позволит компаниям определить собственную стратегию противодействия мошенничеству. Инструмент для оценки уязвимостей в области фальсификации продуктов питания может использоваться в составе регулярного аудита уязвимостей компании. Этот инструмент может использоваться всеми компаниями-участниками цепочки поставок продуктов питания вне зависимости от их размера, расположения или вида деятельности. Он также помогает обеспечить соблюдение новых требований GFSI в части предотвращения фальсификаций. Результатом оценки является профиль потенциальных уязвимостей компании к фальсификации продуктов питания, который может послужить основой для выработки собственной стратегии противодействия мошенничеству.

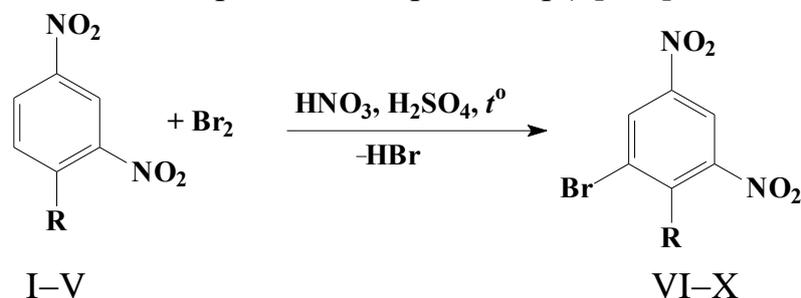
Данный инструмент не позволяет обнаружить мошеннические действия или спрогнозировать их, однако устранение уязвимостей позволяет выявить ранее неизвестные случаи фальсификации и предотвратить их дальнейшее развитие. Данный инструмент и результаты его оценки могут применяться в составе системы менеджмента безопасности продуктов питания (FSMS – Food Safety Management System). В крупных компаниях для выполнения оценки необходимо сформировать коллектив из представителей различных отделов, а небольшим компаниям может потребоваться сторонняя поддержка профильных экспертов или консультантов. Инструмент для оценки уязвимостей в области фальсификации продуктов питания состоит из семи частей, оформленных документально.

Таким образом, принятие данных мер может помочь в предотвращении фальсификации пищевых продуктов, что очень важно в современном мире, как для производителя, так и для потребителя. Очевидно, что для решения проблемы фальсификаций на международном уровне необходимо создать базу данных подделок, которая станет основным источником информации для продовольственных предприятий, и обязать все предприятия предоставлять информацию об обнаружении подделок органам правопорядка (в связи с чем, необходимо заранее позаботиться о защите репутации компаний).

РЕАКЦИЯ БРОМИРОВАНИЯ 1,3-ДИНИТРОБЕНЗОЛА

Известно, что ароматические соединения с сильными электроноакцепторными (ЭА) заместителями в бензольном кольце обладают пониженной реакционной способностью в реакциях электрофильного замещения. Такие соединения можно условно разделить на умеренно дезактивированные (содержат один ЭА) и сильно дезактивированные (содержат два ЭА) [1]. В этой связи весьма ограничено число реагентов и методик, позволяющих осуществить в таких субстратах различные S_E -реакции, в частности, бромирование [1, 2]. Введение брома в бензольное кольцо требуется в промышленном синтезе, например, красителей, топливных присадок, агрохимикатов и др. Наличие брома в бензольном кольце обеспечивает возможность реализации разнообразных синтезов на основе реакций нуклеофильного замещения [1].

В литературе описан метод бромирования 1,3-динитробензола (I), и ряда аналогичных субстратов (II–V) под действием брома в серной кислоте в присутствии азотной кислоты или других окислителей (иодная кислота, пероксид водорода и др.) [1, 2].



R = H (I, VI), Cl (II, VII), Br (III, VIII), F (IV, IX), CH₃ (V, X)

Эту реакцию проводили следующим образом [2]:

В раствор 0,01 моль субстрата в 100 мл 93%-ной серной кислоты добавляли 0,08 моль 98%-ной азотной кислоты и затем при 80–85° С в течение 2 ч под слой жидкости вводили 0,052 моль брома, перемешивали при той же температуре 3–8 ч до отсутствия исходного соединения или присутствия лишь его следов в пробе на ТСХ. По охлаждении реакционную массу выливали в 600 г льда, осадок отфильтровывали и промывали водой. При бромировании соответствующих субстратов получены следующие соединения (после кристаллизации из этанола): (VI), 91%, т. пл. 77–78° С и др.

Однако, в данной методике используется 98%-ная азотная кислота, которая отсутствует в нашем арсенале реагентов, поэтому была разработана модификация указанной методики. Модифицированная методика бромирования 1,3-динитробензола.

В конической колбе смешали 3,4 г (0,04 моль) нитрата натрия и 20 мл 96%-ной серной кислоты. В 30 мл 96%-ной серной кислоты растворили 0,69 г (0,004 моль) 1,3-динитробензола. К последнему добавили первый раствор, затем при перемешивании и температуре 75–80° С постепенно прибавили 1,33 мл (0,026 моль) брома. Перемешивание продолжали при этой температуре в течение 5 ч. После охлаждения реакционную массу вылили в 300 г льда, для удаления избытка брома добавили раствор тиосульфата натрия, кислоты нейтрализовали содой до pH 5. Образовавшийся осадок сульфата натрия промыли хлороформом, водный слой экстрагировали также хлороформом. Объединенные органические слои сушили безводным хлоридом кальция, который отфильтровали. Растворитель отогнали на роторном испарителе, в результате получили 0,129 г сырого продукта. Аналитическая ТСХ последнего показала отсутствие исходного соединения при наличии двух продуктов. Элюент – толуол: петролейный эфир (40–70) 1 : 1. В ходе перекристаллизации остатка из этанола, а затем из эфира удалось выделить 0,24 г кристаллов с т. пл. 76–80° С. ИК-спектр (KBr), см⁻¹: 3086, 1584, 1530, 1420, 1341, 855, 725, 569, 507.

Из маточного раствора в результате препаративной ТСХ на силикагеле (5/40) было выделено 0,19 г продукта (выход 43,8%), по ТСХ идентичного полученному ранее, и 0,59 г второго более полярного продукта в виде масла, которое затем закристаллизовалось (выход 45,2%). ИК-спектр (тонкий слой), см⁻¹: 3088, 1596, 1534, 1415, 1341, 856, 726, 532, 506.

На основании литературных данных, анализа спектральных характеристик и хроматографической подвижности первому продукту приписана структура 1-бром-3,5-динитробензола (VI), а второму – 1,2-дибром-3,5-динитробензола (VIII).

ЛИТЕРАТУРА

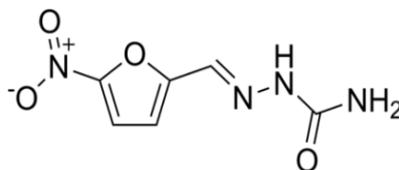
1. Андриевский, А.М. Новый метод бромирования ароматических полинитросоединений // А.М. Андриевский // Химия в интересах устойчивого развития. – 2011. – Т. 19. – С. 633–636.

2. Андриевский, А.М. Бромирование дезактивированных ароматических соединений // А.М. Андриевский, М. В. Горелик, С. В. Авидон, Е. Ш. Альтман // ЖОрХ. – 1993. – Т. 29, Вып. 9. – С. 1828–1834.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА ФУРАЦИЛИН

Цель работы – проведение анализа лекарственного препарата фурацилин («Самарская фармацевтическая фабрика»), приобретенного в аптечной сети, на соответствие требованиям Государственной фармакопеи Республики Беларусь (ГФ РБ). Работа заключалась в определении однородности массы для единицы дозированного лекарственного средства (ЛС), выделении лекарственной субстанции из лекарственной формы и определении ее подлинности по физико-химическим характеристикам.

Нитрофурал (синоним – фурацилин лат *furacilinum*) – антисептическое средство местного действия из группы нитрофуранов (рисунок 1). Это желтый или коричневато-желтый кристаллический порошок, мало растворим в 96 % спирте и очень мало – в воде.



Для исследования использовали фурацилин в виде порошка, упакованного в пластиковые контейнеры, с содержанием лекарственной субстанции 20 мг. Определение однородности массы для единицы дозированного ЛС проводили в соответствии с методикой, приведенной в ГФ РБ. 20 единиц дозированного лекарственного средства считают выдержавшим испытание, если не более двух индивидуальных масс отклоняются от средней массы на величину, превышающую 10%, при этом ни одна индивидуальная масса не должна отклоняться от средней массы на величину, в два раза превышающую указанное значение.

Проведенный анализ показал, что максимальное отклонение от средней массы единицы дозированного средства составило $\pm 2,0\%$, что находится в пределах нормы.

В анализируемом препарате в качестве вспомогательного вещества присутствует хлорид натрия. Для выделения лекарственной субстанции из лекарственной формы препарат растворяли в воде для отделения неорганического вещества и при помощи фильтрования под вакуумом отделяли фурацилин (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты выделения лекарственной субстанции

Масса теоретическая, мг	Масса субстанции, мг	Выход, мг (%)
1600	400	240 (60)

После высушивания лекарственной субстанции при 105°C до постоянной массы была определена температура плавления фурацилина капиллярным методом. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты определения температуры плавления

Т.пл. литературная, °C	Т.пл. практическая, °C	Вывод
230–236	234,6	Соответствует

Согласно частной фармакопейной статье на нитрофурацилин (фурацилин) подлинность данной лекарственной субстанции подтверждается адсорбционной спектрофотометрией в инфракрасной области и тонкослойной хроматографией (ТСХ). ТСХ выполняли на пластинках со слоем силикагеля, подвижная фаза: метанол – нитрометан в соотношении 10:90 (об/об). Отмечено, что кроме основного пятна нитрофурана с $R_f = 0,66$ отсутствуют иные заметные пятна, что свидетельствует о высокой чистоте анализируемого вещества.

Регистрацию ИК спектра выделенной субстанции в дисках с калия бромидом осуществляли на ИК-Фурье спектрометре NEXUS E.S.P. Полученный спектр сравнивали с ИК спектром фармакопейного стандартного образца (ФСО), приведенным в частной фармакопейной статье (рисунок 2). Видно, что оба спектра являются идентичными в том числе и в области «отпечатков пальцев» (1350-600 cm^{-1}).

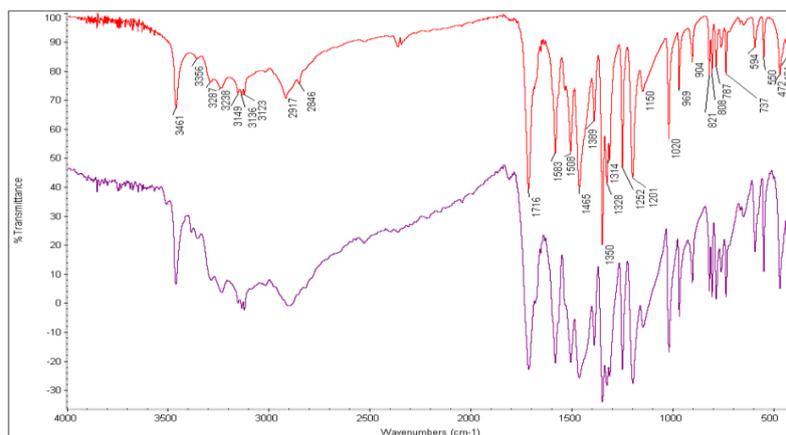


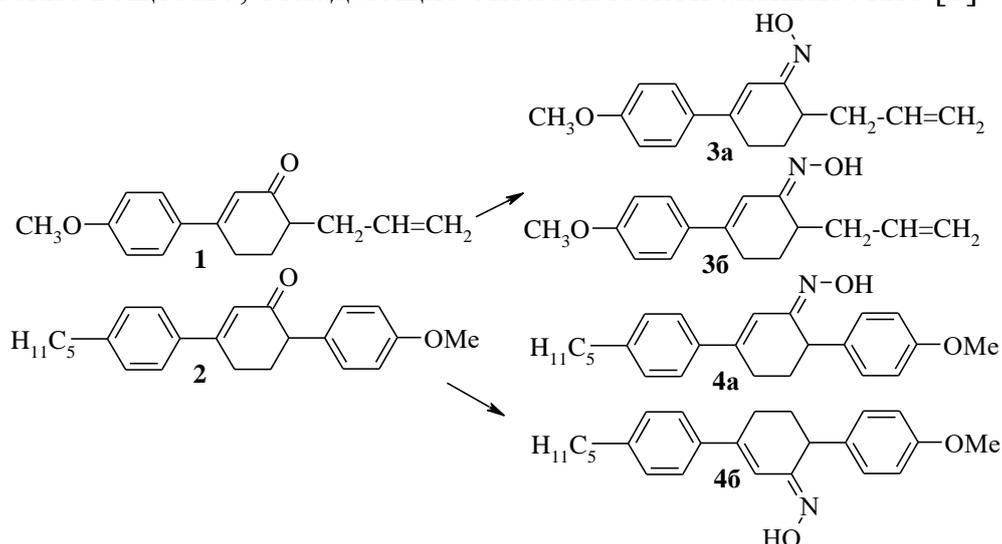
Рисунок 2 – ИК спектры фурацилина (красный) и ФСО образца нитрофурацилина (фиолетовый)

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о пригодности лекарственного препарата фурацилин и полном его соответствии требованиям, изложенным в ГФ РБ.

Студ. А.О. Михайловский, Т.А. Бурбовский
 Науч. рук.: проф. В.С. Безбородов;
 зав. кафедрой, доц. С.Г. Михалёнок; ассист. А.С. Орёл
 (кафедра органической химии, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ОКСИМОВ ЗАМЕЩЕННЫХ ЦИКЛОГЕКС-2-ЕНОНОВ

В рамках систематических исследований методов получения жидкокристаллических соединений и их модификации, проводимых на кафедре органической химии, был осуществлен синтез оксимов 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов (**3а,б**; **4а,б**) с целью дальнейшего изучения возможности их превращения под действием различных реагентов в разнообразные анизотропные производные, включая гетероциклические вещества, обладающие биологической активностью [1].



Оксимы получали взаимодействием 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов (**1, 2**) с гидросульфатом гидроксиламина в кипящем изопропиловом спирте с использованием ацетата натрия в качестве основания. Выходы оксимов (**3а,б**; **4а,б**) (в виде смеси *E/Z*-изомеров) составили 62–70%. Сравнительный анализ ^1H ЯМР спектров соединений (**2, 2'**) с данными работ [2, 3] показал, что синтезированные оксимы представляют смеси *син*- и *анти*-изомеров в равных соотношениях.

Сигналы протонов Н-2 еноновой системы *E*-оксимов (**3б, 4а**) находятся в области 6,41–6,54 м.д., а сигналы тех же протонов *Z*-оксимов (**3а, 4б**) – в области 7,04–7,24 м.д.. Это связано со взаимным пространственным расположением протонов Н-2 и атома кислорода оксима. Влиянию также подвержены протоны Н-6 еноновой системы, сигналы которых в спектрах *E*-оксимов находятся при 3,44 м.д., в спек-

трах *Z*-оксимов указанные сигналы вычлени́ть не удаётся в связи с обилием мультиплетов в области 1,8–3,0 м.д. Полученные данные хорошо согласуются с известными литературными примерами [2, 3].

Z-изомеры были выделены кристаллизацией из этанола, в то время как *E*-изомеры оставались в маточном растворе с небольшим количеством *Z*-изомеров, и представляли собой маслообразные продукты.

В последующих исследованиях предполагается сравнить относительную реакционную способность оксимов (**3а,б**), содержащих аллильный радикал в боковой цепи в реакциях внутримолекулярной циклизации. Подобные реакции позволят генерировать гетероциклический фрагмент аннелированный с циклогексановым кольцом. Можно отметить, что синтезированные диастереоизомерные оксимы (**3а,б**; **4а,б**) также представляют интерес для изучения возможности последующей их ароматизации в соответствующие амины и установления легкости протекания этого процесса в сравнении с исходными циклогексенами.

Следует добавить, что полученные в этом случае ароматические амины легко могут переведены в водорастворимые анизотропные аммонийные соли, жидкокристаллические фторароматические соединения, представляющие научный и практический интерес.

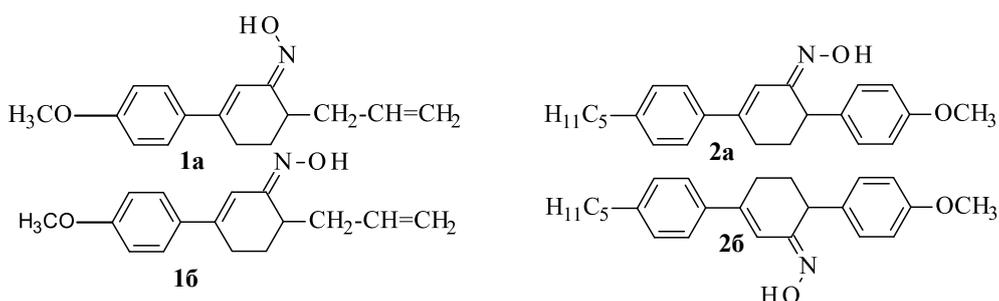
ЛИТЕРАТУРА

1. Sridharan, V. A Novel Synthetic Route for the Synthesis of 4,6-Diaryl-2-methyl-1,3-benzoxazoles / V. Sridharan, S. Muthusubramanian, S. Sivasubramanian // *J. Heterocyclic Chem.* – 2005. – Vol.42. – P. 1321–1330.
2. Zaidlewicz, M. Reduction of O-Methyl Oxime Ethers of Conjugated Cyclohexenones with Aluminum Hydride / M. Zaidlewicz, I.G. Uzarewicz // *Heteroatom Chemistry.* – 1993. – Vol. 4, № 1. – P. 73–77.
3. Орёл, А.С. Получение оксимов циклогекс-2-енонов и установление их конфигурации при помощи ЯМР-спектроскопии / А.С. Орёл [и др.] // *Технология органических веществ: материалы 85-ой науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–13 февраля 2021 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2021. – С. 160–162.*

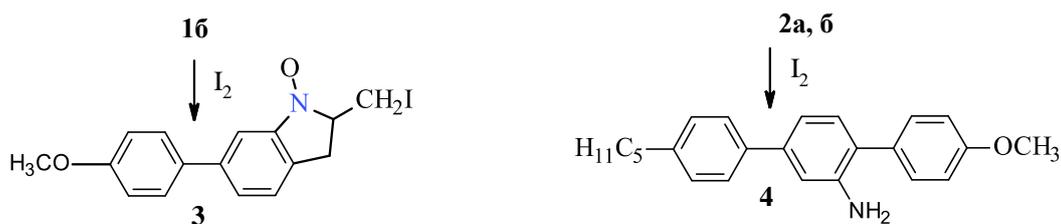
Студ. А.О. Михайловский, Т.А. Бурбовский
 Науч. рук.: проф. В.С. Безбородов;
 зав. кафедрой, доц. С.Г. Михалёнок; ассист. А.С. Орёл
 (кафедра органической химии, БГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТОВ МОДИФИКАЦИИ ОКСИМОВ 3,6-ДИЗАМЕЩЕННЫХ ЦИКЛОГЕКС-2-ЕНОНОВ

В продолжение систематических исследований жидкокристаллических и анизотропных соединений [1] нами взаимодействием 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов с гидросульфатом гидроксиламина в присутствии ацетата натрия с выходом 50-60% были получены соответствующие оксимы (**1а,б**; **2а,б**) и рассмотрены возможные варианты их дальнейших превращений под действием различных реагентов. Сравнительный анализ ^1H ЯМР спектров соединений (**1а,б**; **2а,б**) с данными работы [2] показал, что синтезированные оксимы представляют смеси *син* (*Z*)- и *анти* (*E*)-изомеров в равных соотношениях.

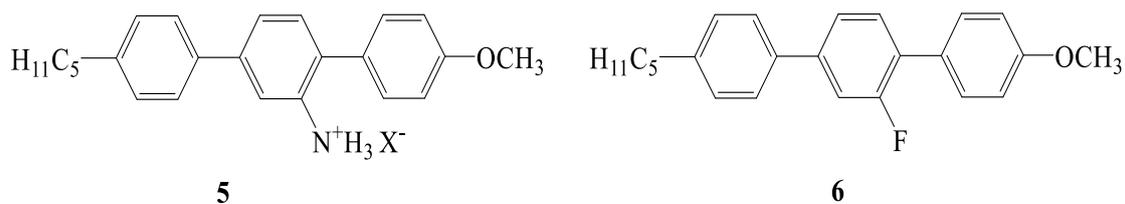


Последующие изучение ароматизации оксимов (**1а,б**; **2а,б**) под действием иода в кипящем изопропиловом спирте показало, что в этих условиях (*E*)-изомер (**1б**) претерпевал циклизацию, приводящую с выходом 40-50% к иодметилнитрону (**3**). Что касается оксимов (**2а,б**), то они аналогично другим представителям этого класса соединений [3], почти количественно превращаются в соответствующий ароматический амин (**4**).



В последующих исследованиях предполагается сравнить относительную реакционную способность *син* (*Z*)- и *анти* (*E*)-изомеров оксимов, содержащих аллильный радикал в боковой цепи в реакциях внутримолекулярной циклизации. Подобные реакции позволят генерировать гетероциклический фрагмент аннелированный с ароматическим кольцом. Можно отметить, что диастереоизомерные оксимы аналогичные синтезированным (**1а,б**; **2а,б**) также представляют интерес для изучения возможности последующей их ароматизации и превращения в соответствующие гетероциклические соединения, амины и установления легкости протекания этого процесса в сравнении с исходными циклогексенами.

Следует добавить, что полученные в этом случае ароматические амины, аналогичные синтезированному (**4**) легко могут быть переведены в водорастворимые анизотропные аммонийные соли (**5**), фтораароматические соединения (**6**), представляющие научный и практический интерес.



Строение синтезированных соединений было установлено на основании данных спектров ^1H и ^{13}C ЯМР.

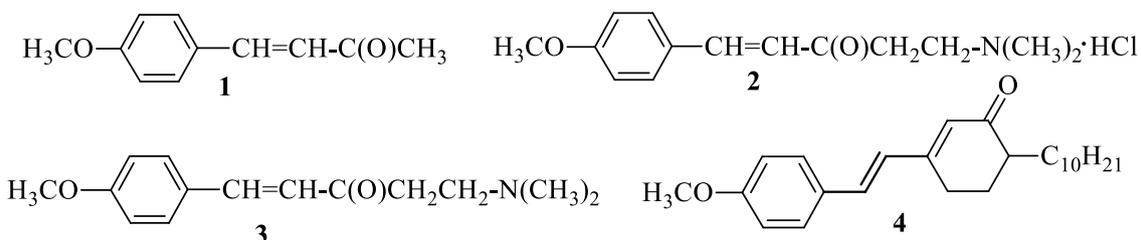
ЛИТЕРАТУРА

1. Безбородов, В.С. Химия жидкокристаллических материалов / В.С. Безбородов. – Мн.: БГТУ, 2017.– 277 с.
2. Орел, А.С. Получение оксимов циклогекс-2-енонов и установление их конфигурации при помощи ЯМР-спектроскопии / А.С. Орел [и др.] // Технология органических веществ: материалы 85-ой науч.-технич. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–13 февраля 2021 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2021. – С. 160–162.
3. Wang, S.-K. Iodine-Promoted Semmler–Wolff Reactions: Step-Economic Access to *meta*-Substituted Primary Anilines via Aromatization / S.-K. Wang // Chem Eur. J. – 2017 – Vol. 23, № 49. – P. 11757–11760.

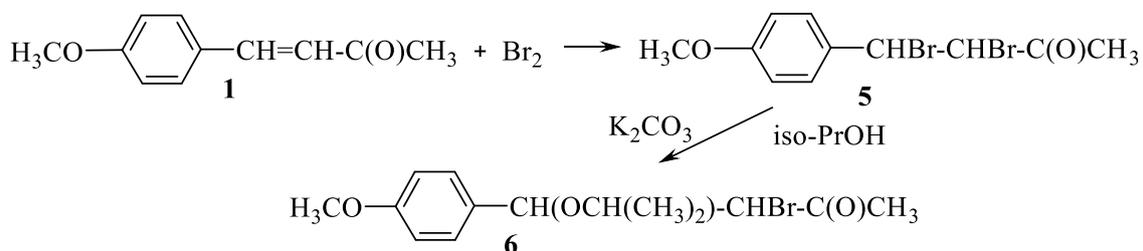
Студ. Д.Р. Криницкий, М.И. Рудович
 Науч. рук.: проф. В.С. Безбородов;
 зав. кафедрой, доц. С.Г. Михалёнок; доц. Н.М. Кузьменок
 (кафедра органической химии, БГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ РЕАКЦИИ БРОМИРОВАНИЯ 4-МЕТОКСИБЕНЗИЛИДЕНАЦЕТОНА И ЕГО ПРОИЗВОДНЫХ

С целью изучения возможности использования 4-замещенных бензилиденацетонов и его производных для получения жидкокристаллических толанов (диарилацетиленов) была изучена реакция электрофильного присоединения брома к 4-метокси-бензилиденацетону (**1**) и его производным (**2-4**) с последующей трансформацией полученных бромидов в основной среде.



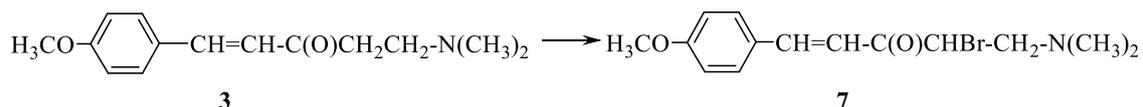
В процессе проведенных исследований было установлено, что электрофильное присоединение брома к 4-метоксибензилиденацетону (**1**) в четыреххлористом углероде, в отличие от хлористого метилена, протекает легко и сопровождается образованием с высоким выходом *эритро*-изомера (**5**), который в основной спиртовой (изопропиловый спирт) среде превращается в результате реакции нуклеофильного замещения у β -углеродного атома в соответствующее изопропоксипроизводное (**6**). Было предложено, что механизм бимолекулярного нуклеофильного замещения ($\text{S}_{\text{N}}2$) является наиболее предпочтительным в данном случае.



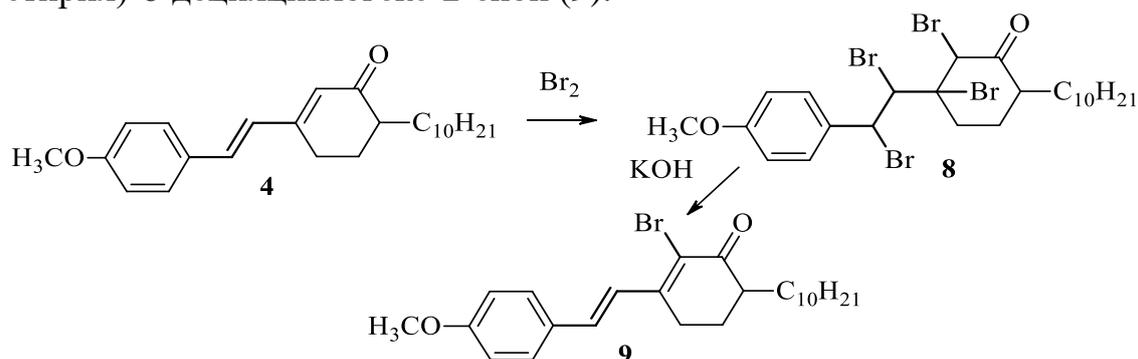
Кипячение дибромиды (**5**) в изопропиловом спирте в присутствии гидроокиси калия приводит к сложной смеси продуктов дегидроброми-

рования и более глубоких превращений, сопровождающихся образованием наряду с соответствующими непредельными кетонами 4-метоксibenзальдегида.

Бромирование гидрохлорида β -*N,N*-диметилэтил-4-метоксистирилкетона (2) и его основной формы (3) протекает иным образом [1], основным результатом которого является продукт замещения (7) атома водорода у α -углеродного атома.



Что касается бромирования жидкокристаллического 3-(4-метоксистирил)-6-децилциклогекс-2-енона (4) [2] и дегидробромирования полученного интермедиата (8) в присутствии гидроксида калия в кипящем диоксане, то основным продуктом этих превращения, исходя из данных ^1H - и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии, является 2-бром-3-(4-метоксистирил)-6-децилциклогекс-2-енон (9).



Следует отметить, что исследования трансформации дибромидов, других производных 4-замещенных бензилиденацетонов будут продолжены, поскольку изучение возможности их использования для получения жидкокристаллических (анизотропных) соединений представляет несомненный научный и практический интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Afsah, E.M. Mannich Bases as Synthetic Intermediates: Synthesis of 3-and 4-Functionalized 2-Pyrazoles / E.M. Afsah [et al.] // Z. Naturforsch. – 2007. – Vol. 62b, № 4. P. 540–548.

2. Безбородов, В. С. Полупродукты получения жидкокристаллических и анизотропных материалов / В. С. Безбородов [и др.] // Жидк. крист. и их практич. использ. – 2014. – Т. 14, № 4. С. 59–73.

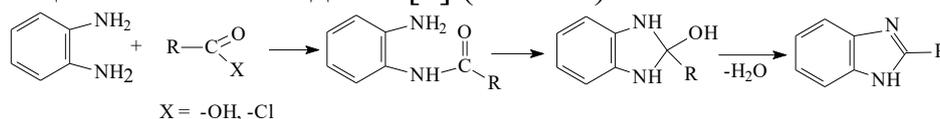
ФУБЕРИДАЗОЛ: СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ

Среди многообразия гетероциклических соединений, исследования которых развиваются и находят широкое практическое применение, важное место занимает бензимидазол и его производные. Органические соединения, содержащие в своей основе бензимидазольный цикл, известны в настоящее время в качестве лекарственных препаратов, красителей, фунгицидов.

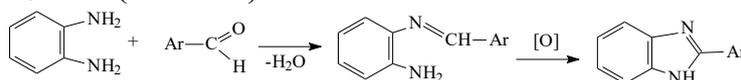
Исследования по фунгицидной активности замещенных бензимидазола позволили получить на их основе препараты для борьбы с различными грибковыми инфекциями растений: «Тиабендазол», «Беномил», «Фуберидазол» и др.

Целью настоящей работы было осуществить синтез 2-фурилзамещенного бензимидазола (фуберидазол) и изучить его физико-химические характеристики.

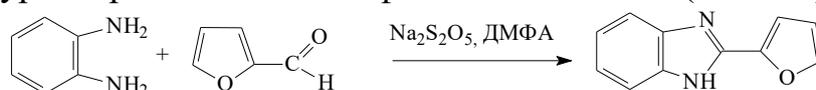
2-Замещенные бензимидазолы можно получить реакцией *o*-фенилендиамина с карбоновыми кислотами или галогенангидридами кислот. В ходе данной реакции на первой стадии образуются *N*-ацилпроизводные *o*-фенилендиамина. Затем внутримолекулярный аминолиз карбонильного соединения сопровождается образованием циклического дигидробензимидазола, который подвергаясь дегидратации переходит в целевой бензимидазол [1] (схема 1):

**Схема 1**

Взаимодействие *o*-фенилендиамина можно осуществить также с ароматическими или алифатическими альдегидами [2]. Реакция идет через образование промежуточного основания Шиффа с последующим замыканием цикла (схема 2).

**Схема 2**

Синтез 2-фурилбензимидазола проводили реакцией взаимодействия 2-фуранкарбальдегида с *o*-фенилендиамином (схема 3).

**Схема 3**

Повышенная электронная плотность фуранового цикла (π -избыток электронов) уменьшает реакционную способность карбонильного атома углерода в субстрате за счет отрицательного мезомерного эффекта карбонила. Применение кислотного катализа позволило бы активировать реакционный центр. Однако, известно, что фурановый и пиррольный циклы присоединяют электрофил (протон) по α -углеродному атому гетероцикла и стабилизируют промежуточный аддукт образованием диеновой структуры. Диены легко полимеризуются, что и приводит к образованию смолоподобных продуктов. С другой стороны, 2-фуранкарбальдегид легко окисляется и при действии повышенных температур, что необходимо для протекания реакции, с образованием реакционной массы темного цвета.

С учетом этого, реакцию проводили, контролируя температуру реакционной смеси нагреванием до 70°C . Для увеличения выхода продукта время реакции увеличили до 8ч. Реакцию окислительного циклодегидрирования полученного промежуточного основания Шиффа активировали применением катализатора метабисульфита натрия. Контроль за ходом реакции осуществляли методом аналитической тонкослойной хроматографии (ТСХ).

Очистка достигалась с помощью дробной перекристаллизации из этанола с последующим высаждением кристаллов водой. В результате 2-фурилбензимидазол был получен с выходом 82%. $T_{\text{пл}} 278\text{--}280^{\circ}\text{C}$.

Индивидуальность синтезированного соединения подтверждена данными ИК спектра: полоса поглощения $\text{C}=\text{N}$ связи имидазольного цикла проявляется при 1632 см^{-1} . Валентные колебания связи $\text{N}-\text{H}$ находятся в области 3439 см^{-1} .

Таким образом, полученный 2-(фуран-2-ил)-1*H*-бензо [*d*] имидазол представляет интерес как фунгицид, который применяется в качестве протравителя семян злаков против фузариоза проса, снежной плесени ржи. Модификацией молекулы можно получить и другие аналоги фунгицидов.

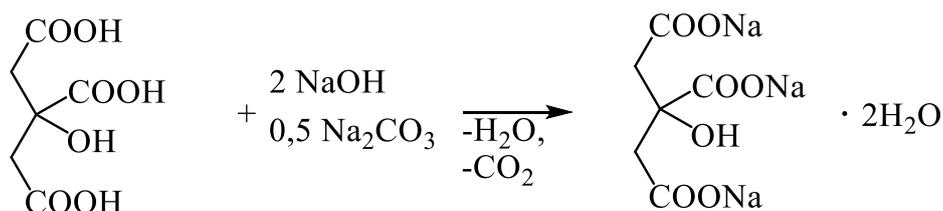
ЛИТЕРАТУРА

1. Grimmett, M. R. Best synthetic methods. Imidazole and Benzimidazole. Synthesis / M.R. Grimmett // San Diego: Academic Press Inc. 1997. – P. 265.
2. James, G.S. Organic redox reactions during the interaction of *o*-phenylenediamine with benzaldehyde / G.S. James, H. Isaac // Tetrahedron Letters. – 1971. – Vol. 12, № 38. – P. 351–3544.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СИНТЕЗА
ТРИНАТРИЙ ЦИТРАТА ФАРМАКОПЕЙНОЙ ЧИСТОТЫ**

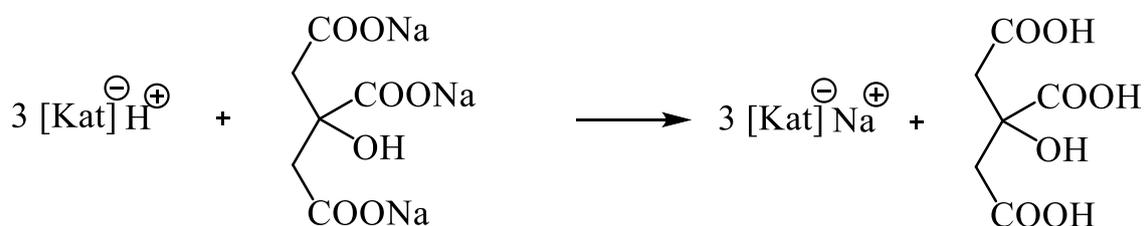
В медицинской практике соли лимонной кислоты используются в виде дигидрата тринатрий цитрата для приготовления растворов для инъекций. Он применяется в основном в виде 4-5% растворов для консервации крови при больших заготовках ее для медицинских целей, поскольку эта соль лимонной кислоты предупреждает процессы свертывания крови. Цитрат натрия используется также при лечении циститов небактериальной природы. Натрий лимоннокислый разной степени замещенности применяют в пищевой промышленности как пищевую добавку под кодом Е331, в косметической индустрии и в других отраслях промышленности, научных исследованиях, однако к качеству этой соли медицинского назначения предъявляются особые требования, сформулированные в частной фармакопейной статье на эту лекарственную субстанцию.

Цель работы состояла в отработке лабораторной методики синтеза тринатрий цитрата, обеспечивающей получение целевого продукта фармакопейного качества. Для перевода лимонной кислоты в соответствующую среднюю соль использовалась реакция ионного обмена. Предварительно кислотно-основным титрованием 0,1 н. раствором гидроксида натрия было определено содержание лимонной кислоты в исходном сырье. Было установлено, что содержание кислоты в используемом реактиве составляет 98,2%. Нейтрализацию лимонной кислоты осуществляли в два этапа – сначала раствором концентрированного натрий гидроксида, а затем содой. Эта методика была предложена для уменьшения объема выделяющегося углекислого газа и предотвращения сильного вспенивания реакционной смеси, сокращения водопотребления и времени реакции. Целевой продукт выделяли частичным упариванием воды на роторном испарителе и кристаллизацией из спирта с выходом 96,2%.



Важными показателями качества выделенной соли являются показатели кислотности или щелочности, проведенные согласно указаниям [1]. Нами было предложено осуществлять приведение в соответствие по этому параметру на стадии синтеза путем отбора пробы, доведения концентрации отобранной аликвоты в соответствии с раствором S частной фармакопейной статьи для указанной субстанции и прибавлением фенолфталеина и раствора щелочи до появления окрашивания. Оказалось, что для коррекции синтезированной субстанции по данному показателю потребовалось прибавление дополнительного количества гидроксида натрия на стадии синтеза сверх рассчитанного (18%).

Было проведено количественное определение тринатрий цитрата в синтезированной субстанции. Его методика заключалась в следующем: точно взвешенную массу (около 0,50 г) лекарственного вещества растворяли в мерной колбе на 50,0 мл и доводили объем водой до метки. Количественно переносили 10,0 мл полученного на колонку с катионитом КУ-2 в Н-форме. Жидкости давали стекать из колонки со скоростью 20-25 капель в минуту. Далее колонку промывали дистиллированной водой (для полного вымывания кислоты) до нейтральной реакции среды, которую отслеживали с помощью универсальной индикаторной бумаги. Смысл данной методики заключается в том, что путем обмена ионов натриевую соль переводят в лимонную кислоту по следующему уравнению:



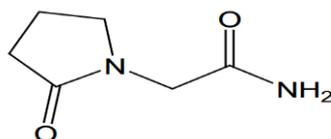
Объединенные фильтрат и промывные воды титровали 0,1 М раствором гидроксида натрия. Исходя из данной методики нами было установлено, что содержание цитрат-ионов составляет 64,3%. Следуя дальнейшим расчетам, мы установили, что содержание дигидрата тринатрий цитрата в синтезированной субстанции составляет 100,05%, что соответствует требованиям фармакопейной статьи.

Были проведены реакции на подлинность, подтверждающие присутствие цитрат-ионов и ионов натрия в лекарственном веществе, а также пробы на допустимые и недопустимые примеси. Проведенные эксперименты подтвердили подлинность и доброкачественность синтезированного соединения.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА ПИРАЦЕТАМ

Среди ноотропных средств, применяемых в медицинской практике, к наиболее известным препаратам относится пирацетам. Он положительно влияет на обменные процессы мозга, усиливает биосинтез рибонуклеиновой кислоты и фосфолипидов, восстанавливает и стабилизирует церебральные функции, улучшает мозговой кровоток. При этом он не обладает седативным эффектом и не оказывает психостимулирующего влияния.

Цель работы – анализ лекарственного препарата пирацетам отечественного производства, приобретенного в аптечной сети, на соответствие требованиям Государственной фармакопеи Республики Беларусь (ГФ РБ). Для этого мы определяли однородность массы для единицы дозированного лекарственного средства, выделяли лекарственную субстанцию (ЛС) из лекарственной формы и определяли ее подлинности по физико-химическим характеристикам.



Для исследования использовали пирацетам производства РУП «Борисовский завод медицинских препаратов» в виде порошка, упакованного в капсулы твердые желатиновые белого цвета с содержанием лекарственной субстанции 400 мг.

Проведенные нами исследования показали, что максимальное отклонение от средней массы единицы дозированного средства составило $\pm 7,0\%$, что находится в пределах нормы.

В анализируемом препарате кроме лекарственной субстанции в качестве вспомогательного вещества присутствуют стеариновая кислота, натрия лаурилсульфат, магния карбонат основной. Для выделения лекарственной субстанции из лекарственной формы извлеченный из упаковки препарат растворяли в кипящем спирте и выдерживали на холоду для кристаллизации лекарственной субстанции, после чего ее отделяли фильтрованием под вакуумом. После высушивания лекарственной субстанции при 105°C до постоянной массы определяли температуру плавления пирацетама капиллярным методом. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 –Выход лекарственной субстанции

Масса теоретическая, мг	Масса субстанции, мг	Выход, мг (%)
8000	400	275,2 (68,8)

Таблица 2 – Результаты определения температуры плавления

Т.пл. литературная, °С	Т.пл. практическая, °С	Вывод
151-155	152,1	Соответствует

Согласно частной фармакопейной статье подлинность данной ЛС подтверждается адсорбционной спектрофотометрией в ИК области и методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для обнаружения наличия возможных примесей была использована тонкослойная хроматография, которую выполняли на пластинках со слоем силикагеля, подвижная фаза толуол – метанол в соотношении 60:40 (об/об). Отмечено, что кроме основного пятна парацетама с $R_f = 0,5128$, присутствует пятно с $R_f = 0,820$, которое четко визуализируется при длине волны 360 нм. Поскольку размер пятна основного вещества значительно превосходит площадь пятна допустимой примеси, можно сделать вывод, что ЛС удовлетворяет требованиям качества.

Регистрацию ИК спектра выделенной субстанции в дисках с калия бромидом осуществляли на ИК-Фурье спектрометре NEXUS E.S.P. Полученный спектр сравнивали с ИК спектром фармакопейного стандартного образца (ФСО), приведенным в частной фармакопейной статье (рисунки 2 и 3). Очевидно, что оба спектра являются идентичными в том числе и в области «отпечатков пальцев» ($1350-600 \text{ см}^{-1}$).

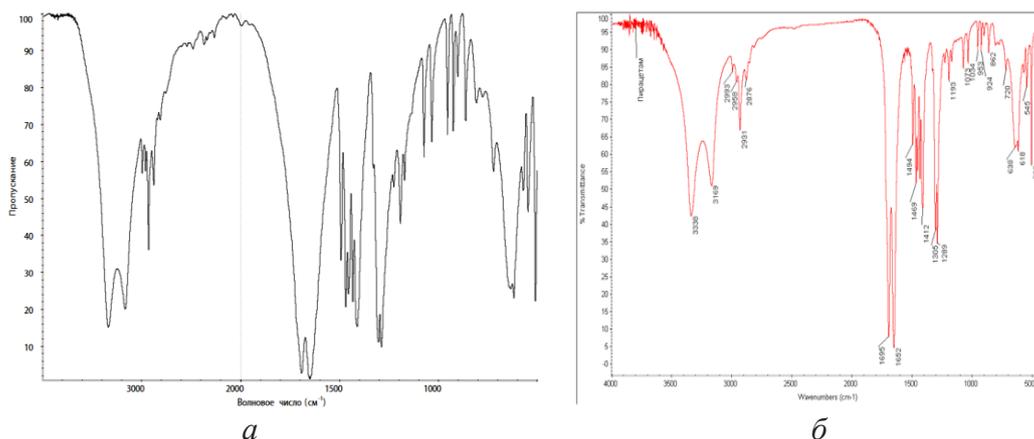


Рисунок 2 – а: ИК спектр парацетама; б: – ИК спектр ФСО образца

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о пригодности препарата и его полном соответствии требованиям, изложенным в ГФ РБ.

Маг. Я.Ю. Журавлева
Науч. рук. доц. А.И. Клындюк
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ

$\text{Nd}(\text{Ba},\text{Sr})(\text{Fe},\text{Co},\text{Cu})_2\text{O}_{5+\delta}$

Слоистые кислороддефицитные перовскиты $\text{AA}'\text{BB}'\text{O}_{5+\delta}$ (А – редкоземельный элемент; А' – щелочноземельный элемент; В, В' – 3d–элементы) проявляют выдающиеся электротранспортные, магнитные, электрохимические и иные свойства, благодаря чему могут быть использованы в качестве электродных материалов твердооксидных топливных элементов, высокотемпературных термоэлектриков, рабочих элементов химических полупроводниковых сенсоров газов и т. д. [1,2]. Апробированные к настоящему времени функциональные материалы на базе этих соединений обладают рядом недостатков, которые могут быть частично или полностью устранены варьированием катионного состава слоистых перовскитов или их модифицированием [2]. В данной работе изучено влияние изовалентного замещения бария стронцием на кристаллическую структуру и электротранспортные свойства твердых растворов $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ ($0,00 \leq x \leq 1,00$).

Образцы получали керамическим методом из Nd_2O_3 (НО-Л), BaCO_3 (ч.), SrCO_3 (ч.), Fe_2O_3 (ос.ч.), CuO (ч.д.а.), Co_3O_4 (ч.) по методике [3]. Согласно результатам рентгенофазового анализа (дифрактометр Bruker D8 XRD Advance, $\text{CuK}\alpha$ -излучение) образцы $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ были однофазными и при $0,00 \leq x \leq 0,40$ относились к тетрагональной сингонии (пр. гр. симм. $P4/mmm$), а при $0,60 \leq x \leq 1,00$ – к кубической (пр. гр. симм. $Pm\bar{3}m$). Кажущаяся плотность образцов, определенная по их массе и геометрическим размерам, составила $4,77\text{--}6,18 \text{ г/см}^3$, что отвечает пористости $6,6\text{--}28,4\%$, которая была наибольшей для составов с $x = 0,20; 0,40$.

Методика исследования электротранспортных свойств полученных материалов детально описана в [3]. Электропроводность (σ) спеченной керамики носила полупроводниковый характер, который изменялся на металлический вблизи $690\text{--}708 \text{ К}$ для составов $0,00 \leq x \leq 0,60$ и вблизи $996\text{--}1021 \text{ К}$ для материалов с $x = 0,80; 1,00$ вследствие выделения из образцов слабосвязанного кислорода. Значения σ керамики возрастали при увеличении степени замещения бария стронцием, причем максимальную величину – 299 См/см при 1021 К – продемонстрировал состав $\text{NdSrFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$.

Положительные во всем интервале температур значения коэффициента термо-ЭДС керамики (S) указывают на то, что

основными носителями заряда в ней являются «дырки». Значения S немонотонно изменялись при повышении температуры, проходя вблизи 640–935 К через минимум, природа которого аналогична случаю электропроводности. Величины S исследованных материалов уменьшались при увеличении содержания в них стронция.

Значения энергий активации процессов электропереноса в керамике немонотонно изменялись при изменении x , причем, согласно расчетам, наименее затруднен электротранспорт для состава $\text{NdBa}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$, лежащего вблизи границы морфотропного фазового перехода тетрагональная фаза – кубическая фаза.

На основании результатов исследования электротранспортных свойств по методике [4] были определены значения взвешенной подвижности (μ_v) и концентрации носителей заряда – (n). Значения μ_v в интервале температур 350–600 К изменялись в пределах 0,3–1,5 $\text{см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ и возрастали при замещении бария стронцием. Концентрация «дырок» в $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ менялась в диапазоне $(\approx 5-130)\cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, экспоненциально возрастая при увеличении температуры ($E_n = 0,110-0,140 \text{ эВ}$) и достигая наибольших значений для состава $\text{NdBa}_{0,4}\text{Sr}_{0,6}\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$.

Таким образом, в работе изучен электротранспорт в твердых растворах $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$, определены параметры электропереноса в этих фазах, показано, что возрастание их электропроводности при замещении бария стронцием вызвано увеличением как подвижности, так и концентрации носителей заряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk A.I. Perovskite-Like Oxides 0112 Type: Structure, Properties, and Possible Applications. *Advances in Chemistry Research*. V. 5. Ed. By J.C. Taylor. NovaSciencePublishers, 2010, 59–105.
2. Klyndyuk, A.I. Layered Oxygen-Deficient Double Perovskites as Promising Cathode Materials for Solid Oxide Fuel Cells / A.I. Klyndyuk, E.A. Chizhova, D.S. Kharytonau, D.A. Medvedev // *Materials*. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 141.
3. Klyndyuk, A.I. Crystal structure, thermal and electrotransport properties of $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ ($0,02 \leq x \leq 0,20$) solid solutions / A.I. Klyndyuk, Ya.Yu. Zhuravleva, N.N. Gundilovich // *Chimica Techno Acta*. – 2021. – Vol. 8(3), No. 2021830.
4. Snyder, G.J. Weighted Mobility / G.J. Snyder, A.H. Snyder, M.Wood, R.Gurunatham, B.H. Snyder, C.Niu // *Adv. Mater.* – 2020. – Vol. 35. – P. 200153.

Студ. А.А. Голикова, Н.Л. Коцур
Науч. рук.: ст. преп. А.А. Глинская; доц. И.А. Великанова
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

РАЗРАБОТКА ТВЕРДОФАЗНЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА ФЕРРИТА ВИСМУТА BiFeO_3

Феррит висмута BiFeO_3 – один из наиболее перспективных материалов, на основании которого разрабатывают новые магнитоэлектрические материалы (мультиферроики). Связь между магнитной и электрической подсистемами, предоставляющая возможность с помощью электрического поля управлять магнитными свойствами материала и, наоборот, позволяет говорить о мультиферроиках как о возможных материалах для создания принципиально новых устройств в области информационных и энергосберегающих технологий, устройств магнитной памяти, сенсоров магнитного поля и др. Не смотря на то, что синтез и свойства BiFeO_3 исследованы достаточно широко, установлено, что получение BiFeO_3 и твердых растворов на его основе путем взаимодействия соответствующих оксидов осложняется рядом факторов и не позволяет получать однофазные твердые растворы, не содержащие примесей $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ и $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$. В связи с этим целью работы являлась разработка твердофазных методов синтеза BiFeO_3 на основе примесных фаз $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ и $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, используемых в качестве прекурсоров, и соответствующих оксидов.

Первый способ твердофазного синтеза BiFeO_3 предполагал взаимодействие предварительно полученного прекурсора $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$ с оксидом Fe_2O_3 по реакции $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39} + 12\text{Fe}_2\text{O}_3 = 25\text{BiFeO}_3$. На основании полученных данных было показано, что предложенный метод позволил уменьшить температуру и время синтеза по сравнению с твердофазным методом синтеза из оксидов Bi_2O_3 и Fe_2O_3 , и незначительно снизить содержание примесных фаз с ~ 5 до ~ 3 %.

Второй способ твердофазного синтеза замещенного феррита $\text{Bi}_{0,95}\text{Pr}_{0,05}\text{FeO}_3$ заключался в том, что вначале был синтезирован прекурсор на основе $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$, который затем смешивали с оксидом Bi_2O_3 по реакции $\text{Bi}_{1,8}\text{Pr}_{0,2}\text{Fe}_4\text{O}_9 + \text{Bi}_2\text{O}_3 = 4\text{Bi}_{0,95}\text{Pr}_{0,05}\text{FeO}_3$ и обжигали при различных температурно-временных режимах. Данный метод синтеза привел к получению однофазных образцов, свободных от присутствия примесей $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ и $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{39}$, а также позволил существенно снизить температуру и время обжига реакционных смесей по сравнению с условиями твердофазного синтеза BiFeO_3 непосредственно из оксидов металлов, что позволяет считать описанный метод достаточно технологичным и перспективным.

УДК 536.483 + 66.095.26 + 536.483

Студ. Н.А. Снарский, А.А. Дубовец, Д.В. Шушкевич
Науч. рук. доц. Г.П. Дудчик
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ. ВОЗМОЖНОСТЬ СИНТЕЗА СЛОЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, УЧАСТВУЮЩИХ В БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Данное сообщение представляет собой краткое изложение вопроса, связанного с одним из важных направлений физической химии, имеющего отношение к закономерностям протекания химических реакций при сверхнизких температурах. Открытие явления химического взаимодействия веществ при температурах ниже 70 К является одним из фундаментальных открытий в области химии за последние 50 лет. Оно изменило взгляд на классическую теорию Аррениуса, утверждающую, что при низких температурах химические реакции не идут.

Началу исследования проблемы положили квантово-механические расчеты, выполненные группой физиков Института химической физики АН СССР под руководством академика В.И. Гольданского. В 1959 г. ими было показано, что при температурах, близких к абсолютному нулю (4, 10, 70 К) скорость твёрдофазных экзотермических реакций уменьшается до известного предела, а затем остается постоянной, не стремясь к нулю. Это явление связано с тем, что при определенных условиях реагирующие молекулы приобретают принципиально новые, квантово-механические свойства, позволяющие им оказываться за пределами силового поля, препятствующего химическому превращению.

Подобное явление было открыто в начале прошлого столетия при изучении радиоактивного распада ядер и получило название туннельного эффекта. С конца 60-х годов прошлого столетия в научных лабораториях ряда стран были проведены эксперименты, подтвердившие теоретические расчеты. Была исследована полимеризация формальдегида вплоть до температуры 4 К:



Было установлено, что при температурах ≤ 12 К достигается низкотемпературный предел скорости реакции, который определяется туннельным эффектом, а скорость реакции оказывается на много порядков выше той, которую можно было бы ожидать в соответствии с законом Аррениуса. Если бы реакция подчинялась классическому закону, то при гелиевых температурах среднее время присоединения одного звена

формальдегида составило бы 10^{100} лет! На самом деле при $T = 70$ К время присоединения одного звена к полимерной цепи равно примерно 10^{-2} с и дальше не уменьшается.

Явление туннелирования дает возможность обсудить некоторые заключения, имеющие важные следствия для химии получения сложных полимерных соединений (типа аминокислот, современных лекарственных препаратов и т. п.). Какие более широкие возможности появляются для химического взаимодействия веществ, при сверхнизких температурах по сравнению с температурами обычными и повышенными? Синтезы сложных соединений с большой молекулярной массой являются экзотермическими ($\Delta H < 0$) и идут с уменьшением энтропии ($\Delta S < 0$). Анализ фундаментального термодинамического выражения $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ показывает, что при высоких температурах положительная величина ($-T\Delta S$) может превалировать над отрицательной величиной ΔH , при этом $\Delta G > 0$ и реакция становится термодинамически невозможной. Напротив, очень низкие температуры делают произведение ($-T\Delta S$) очень небольшой положительной величиной, которая при добавлении к ΔH не изменяет его отрицательного знака. В результате величина ΔG также становится отрицательной, что обеспечивает термодинамическую возможность протекания реакции.

Получаем чрезвычайно важный для биохимиков и биотехнологов вывод: если мы хотим синтезировать сложное органическое соединение взаимодействием более простых молекул, синтез следует проводить при сверхнизких температурах.

Второе следствие, вытекающее из явления туннелирования – это теория Хойла об образовании аминокислот, вирусов и бактерий в космосе, где температура межзвездного пространства составляет 4 К. По мнению Хойла, идеальная среда для превращения «неживой» молекулы в «живую», – это облака космического вещества, которые остаются после своего разрушения кометы.

Теория разработана более 30 лет тому назад, но привлекла в настоящее время к себе пристальное внимание и обсуждается в связи с изучением причин вирусных эпидемий и поиском средств борьбы с инфекционными заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольданский В.И. Современные представления о туннелировании. Итоги науки и техники. М. 1985 г.
2. Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флёрв В.Н. Туннельные явления в химической физике. М.: Наука. 1986. – 296 с.

Студ. А.Ю. Балаш; вып. С.И. Гарченко

Науч. рук.: доц. А. И. Глоба

(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ);

доц. Е.О. Богдан

(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

ТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ ВОДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ ДИСПЕРСИИ И ПОКРЫТИЯ НА ИХ ОСНОВЕ

Водные дисперсии стирол-акриловых сополимеров широко применяются в красках различного назначения благодаря низкой токсичности, быстрому высыханию, возможности окрашивать влажные поверхности и проводить окрасочные работы при повышенной влажности воздуха. Улучшения прочностных и защитных свойств покрытий можно добиться за счет использования термореактивных полимеров, в том числе и в виде водных полимерных дисперсий.

Целью работы являлся синтез функционализированных стирол-акриловых дисперсий и исследование свойств покрытий на их основе. В качестве объектов исследования были выбраны синтезированные в лабораторных условиях водно-полимерные дисперсии на основе бутилакрилата, стирола, гексаметилэтилакрилата (ГЭМА), гексаэтилакрилата (ГЭА) и акриловой кислоты (АК). Для исследования влияния природы функционализованного сомономера на полученные дисперсии были проведены исследования по определению размеров частиц дисперсий, водопоглощению и твердости физически отвержденных покрытий.

Установлено, что для покрытий на основе водных полимерных дисперсий, содержащих в качестве функционализованного сомономера ГЭА и ГЭМА, достигаются минимальные значения твердости и водопоглощения, по сравнению с покрытиями, содержащими в составе сополимера АК. Полученная зависимость объясняется тем, что в первом случае в процессе полимеризации в полимерную цепь встраиваются фрагменты, содержащие гидроксильные функциональные группы, которые по своей природе менее полярны (более гидрофобны), чем карбоксильные. Следовательно, значения водопоглощения покрытий на основе дисперсий, содержащих АК в качестве сомономера, гораздо выше (более гидрофильные функциональные группы), чем для покрытий, содержащих в качестве функционализованного сомономера ГЭА и ГЭМА. Данное предположение подтверждается и тем, что смачивающая способность полученных карбоксилсодержащих акрилатов выше, чем гидроксилсодержащих.

Студ. Д.А. Богданович; маг. В.И. Жолнеркевич
Науч. рук.: проф. Е.И. Грушова
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ);
ст. преп. О.А. Кротова
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Пластификация является одним из важнейших методов модификации свойств полимерных композиций. С развитием производства эластомерных материалов роль данных добавок, применяемых при переработке композиций, значительно возросла. Введение пластификаторов улучшает технологические свойства резиновых смесей, способствует диспергированию сыпучих ингредиентов в объеме полимерной матрицы [1]. Нефтяные масла и продукты на их основе широко используются в качестве пластифицирующих добавок резиновых смесей при производстве резинотехнических изделий. Мировое потребление нефтяных масел-пластификаторов оценивается на уровне 1,5 млн т/год. До настоящего времени традиционной технологией производства ароматических масел для резиновой промышленности и шин являлось их получение на основе дистиллятных и остаточных экстрактов селективной очистки масел. Однако эти масла относятся к потенциально канцерогенным продуктам из-за значительного содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Они могут выделяться не только при изготовлении резиновой смеси и ее вулканизации, но и при эксплуатации изделий [2]. В связи с этим разработке эффективных методов обработки нефтехимического сырья для удаления ПАУ в настоящее время уделяется большое внимание. Наибольшее распространение получили технологии экстракционной очистки нефтяных фракций от ПАУ, подчиняющиеся закономерностям жидкостной экстракции масляного сырья с применением селективных растворителей [3].

Целью работы являлось исследование влияния очищенных нефтяных масел на технические свойства эластомерных композиций на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКД в соотношении 73:27. В качестве объектов исследования выступали эластомерные композиции, содержащие экстракт селективной очистки вакуумного дистиллята ВД-4 (образец сравнения) и его очищенные триэтиленгликолем, диметилсульфоксидом и комбинацией N-метилпирролидоном и 10% масс. этиленгликоля экстракты. Исследуемые добавки вводились в смеси в дозировках 2,5 и 5,0 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука. Твердость – одна из важных физических и эксплуатационных характеристик, которая указывается в большинстве

ГОСТов и технических условий на резиновые изделия. Результаты исследований показали, что введение в резиновые смеси на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКД очищенных дистиллятов ВД-4 приводит к увеличению на 13,4–20,2% твердости по Шору А резин. Не менее важным эксплуатационным свойством для эластомерных композиций, которые применяются непосредственно для производства формовых и неформовых резинотехнических изделий, является сопротивление истиранию при скольжении вулканизатов. Установлено, что резины, содержащие очищенные продукты, характеризуются повышенной стойкостью к истиранию по сравнению с композициями, содержащими неочищенный ВД-4. Введение в эластомерные композиции рафинатов ВД-4 увеличивает значения сопротивления истиранию резин на 28–96%. Влияние исследуемых компонентов на износостойкость резин, вероятно, обусловлено получением эластомерных композиций, которые характеризуются меньшей дефектностью структуры ввиду наиболее равномерного распределения компонентов, а также пространственной сеткой вулканизата. Полученные данные коррелируют с результатами по определению плотности поперечного сшивания. В результате проведенных исследований выявлено, что введение в эластомерные композиции очищенных рафинатов приводит к увеличению на 11,1–67,9% плотности поперечного сшивания вулканизатов, по сравнению с образцами с ВД-4

Таким образом, применение в эластомерных композициях очищенного нефтяного масла позволяет повысить плотность поперечного сшивания, твердость по Шору А и сопротивление истиранию вулканизатов, что позволит повысить срок эксплуатации изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлова, В.В. Влияние содержания и природы пластификатора на свойства бутадиен-нитрильной резины / В.В. Павлова, М.Д. Соколова, А.Ф. Федорова // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. – 2021. – № 14. – С. 222–232.
2. Технологии производства экологически безопасных масел-пластификаторов / С.В. Заглядова [и др.] // Нефтехимия. – 2017. – Том 57, № 6. – С. 726–736.
3. Грушова, Е.И. Сравнительный анализ экстрагирующей способности растворителей для очистки ароматических масел от полициклических ароматических углеводородов / Е.И. Грушова, В.И. Жолнеркевич // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2021. – № 2. – С. 133–137.

Студ. А.Д. Савчина, Д.И. Семенова
Науч. рук. доц. Л.А. Ленартович
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

КОМПОЗИЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНА, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ НАНОКСИДАМИ МЕТАЛЛОВ

Нанооксиды металлов широко применяются при производстве текстильных материалов благодаря своим уникальным структурным, физико-химическим, оптическим и электрическим свойствам. Химическая и физическая модификация с помощью нанодобавок может приводить к возникновению таких важных свойств как фотокаталитическая самоочистка, антимикробная активность, защита от УФ-излучения, гидрофобность, термическая стабильность, огнестойкость и электропроводность [1]. Интерес вызывает также использование нанооксидов металлов в комбинации с другими модифицирующими добавками с целью расширения комплекса важных свойств.

Целью работы является изучение влияния нанооксидов металлов на свойства композиций полиэтилена. В работе были использованы оксиды цинка и титана наноразмерного ряда, а также стабилизирующая добавка Hostanox 03 фирмы Clariant (Швейцария). Содержание наномодифицирующих добавок варьировалось от 0,05 до 1% масс.

В результате исследований установлено, что использование диоксида титана в концентрации 0,05% масс. приводит к увеличению прочности при растяжении на 10%, а также предела текучести на 8%, величина относительного удлинения при разрыве снижается с увеличением содержания добавок. Введение оксидов металлов приводит к увеличению плотности и твердости по шору Д, данные свойства закономерно повышаются с увеличением концентрации нанодобавок. Введение нанооксидов металлов в концентрации до 1% масс. не приводит к выраженному изменению показателя текучести расплава, в некоторых случаях наблюдается незначительное увеличение с 10,1 г/10 мин для чистого ПЭНД до 11,1-11,3 г/10 мин при использовании 1% масс. нанодобавок. Использование стабилизатора совместно с нанооксидами металлов не оказывает заметного влияния на изменение свойств композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rashid, M.M. Recent advances in TiO₂-functionalized textile surfaces / M.M. Rashid, B. Simoncic, B. Tomsic // Surfaces and Interfaces. – 2021. – Vol. 22. – P. 1–72.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КАНИФОЛЕСОДЕРЖАЩИМИ ДОБАВКАМИ

Канифоль и производные на ее основе являются веществами, широко используемыми в резиновых смесях для регулирования их клейкости и пластоэластических свойств. Они особенно необходимы в технологическом процессе изготовления многослойных резиновых изделий из отдельных невулканизованных деталей, например, шин, транспортерных лент и др.

Целью работы является исследование влияния природы и дозировок канифолетерпеностирольномалеиновых аддуктов (КТСМА) на физико-механические показатели наполненных резин. В качестве объектов исследования выступали наполненные эластомерные композиции, на основе комбинации синтетических полиизопренового, и полибутадиенового каучуков, предназначенных для изготовления боковины легковых шин. В исследуемые смеси вводились КТСМА с различными физико-химическими характеристиками в дозировках 1,0 и 2,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучука. Добавки были получены путем обработки смеси терпентина и стирола малеиновым ангидридом в различных соотношениях. Образцом сравнения являлась наполненная композиция, содержащая канифоль в равноценных дозировках с добавками КТСМА.

Установлено, что дозировка канифоли практически не оказывает влияния на условную прочность при растяжении и твердость по Шору А исследуемых резин. При этом с увеличением дозировки промышленного повысителя клейкости на 20% повышается эластичность и снижается модуль 300% резин. Аналогичная зависимость установлена для образцов, содержащих КТСМА с соотношением терпентин/стирол 95:5 и 90:10. Однако в случае введения КТСМА в дозировке 1,0 мас. ч. выявлено снижение до 18% условной прочности при растяжении резин при увеличении количественного содержания компонента терпентин/стирол в составе добавки. При увеличении дозировки КТСМА до 2,0 мас. ч. наблюдается экстремальная зависимость изменения показателя прочности. Наименьшие значения относительного удлинения при разрыве определены для резин с КТСМА при соотношении терпентин/стирол 80:20 и 70:30. Твердость резин с КТСМА находится на уровне образца сравнения.

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ВТОРИЧНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Полиуретаны характеризуются комплексом ценных эксплуатационных свойств, а именно высокой прочностью, высоким относительным удлинением, устойчивостью гидролитическому воздействию и устойчивости к воздействию некоторых видов агрессивных сред. Механические свойства полиуретановых материалов изменяются в очень широких пределах и зависят от природы и длины участков цепи между уретановыми группами, структуры цепей, молекулярной массы и степени кристалличности.

Полиуретаны относятся к группе полимеров, для которой возможно проведение двух видов модификации. Модификация может быть физической и осуществляется путем наполнения полимерного материала различного рода продуктами без образования химических связей, либо химической [1].

Компенсация физико-химических свойств вторичного материала путем введения в композицию модифицирующих добавок и наполнителей является важной задачей, которую можно решить на базе создания новых рецептурно-технологических решений [2].

В качестве компонентов для получения литевой композиции, кроме полимерной основы, использовали целевые функциональные добавки – микро- и наноразмерные дисперсные наполнители, пластификаторы.

Для модификации полиуретана были выбран минеральный нанодисперсный наполнитель – пирогенная двуокись кремния «Аэросил» и микродисперсный наполнитель – каолин, а также пластифицирующая добавка – глицериновый эфир канифоли (ГЭК) в различных соотношениях.

Каолин – глинистый минерал с размером частиц менее 40 мкм, используется в качестве наполнителя при введении его в полимер. Обладает высокой удельной поверхностью, что способствует значительному повышению вязкости наполненных композиций.

Пирогенный диоксид кремния «Аэросил» – представляет собой дисперсный порошок с размером частиц не превышающие 10 нм. Отличительной характеристикой аэросила является максимальная удельная площадь его поверхности равная 380 м²/г и возможность образовывать силановые сшивки за счет наличия силанольных групп.

Введение каолина в количестве 5-15 масс. % положительно влияло на значения твёрдости и износостойкости полимерных композиций. Это связано с появлением межфазного слоя между полимерной матрицей и наполнителем. Происходит распределение наполнителя на поверхности полиуретана, что приводит к увеличению твёрдости полимерной композиции.

Экспериментально выявлено, что на значение прочности неоднозначно влияет количество добавок. прочность при разрыве уменьшается с увеличением концентрации наполнителя.

Согласно данным, можно сравнить значения прочности при растяжении, где указано, что она должна быть не менее 3,6 МПа согласно ГОСТ 10124-76, что совпадает с нашими измеренными значениями.

Введение «Аэросила» также повышает значение твердости композиционного материала. Это связано с развитой удельной поверхностью аэросила и возможным образованием силановых сшивок функциональных групп поверхности наполнителя с полиуретаном.

Совместное введение разномодисперсных наполнителей значительно увеличивает абразивный износ. Так как увеличивается дефектность системы в связи с большим содержанием минеральных наполнителей. Наполнитель неравномерно распределяется в полимерной матрице, образует агломераты с воздушными включениями, которые являются дефектными и на которых начинается разрушение образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буркин, А.Н. Обувные материалы их отходов полиуретанов. / А. Н. Буркин, К. С. Маьвеев, В. К. Смелков, Г. Н. Солтовец. – Витебск, 2001. – 178 с.
2. Наполнители для полимерных материалов: Справочное пособие; Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. – М. Химия, 1981. – 736 с., ил. – Нью Йорк: Ван Ностранд Рейнолдс, 1978.

УДК 665.71:331.45:504.05/.06

Маг. А.М. Кулигина; Е.С. Мезенцева; студ. В.Н. Егоров
Науч. рук.: проф. О.В. Карманова; асп. О.В. Боголепова
(кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров
и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Нефте- и газохимические предприятия России стоят на пороге новой промышленной революции, которая фундаментально изменит привычные процессы производства. Речь идет о Четвертой промышленной революции (ЧПР) – это концепция о переходе на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия [1].

Первым этапом ЧПР является полная автоматизация и цифровизация процессов – «Индустрия 4.0» (I4.0). В общем I4.0 предполагает концепцию умного производства (Smart Manufacturing) на базе глобальной промышленной сети интернета вещей и услуг (Internet of Things and Services). В отличие от предыдущих промышленных революций, I4.0 построена на объединении данных, инструментов и процессов из разных прикладных областей с целью сокращения общих затрат, снижения рисков и повышения продуктивности с помощью систем на основе следующих ключевых технологий: большие данные (Big Data), интернет вещей (Internet of Things, IoT), облачные вычисления (Cloud Computing), методы и инструменты искусственного интеллекта (Artificial Intelligence) и т.д. [2]. Многие из этих технологий уже давно и успешно применяются на практике, но именно объединение их в одну целую непрерывную и взаимосвязанную систему позволит развить индустрии 4.0 и выйти на новый уровень эффективности. При внедрении технологий перед промышленными предприятиями возникает несколько факторов, которым в первую очередь важно уделить внимание – это безопасность и экологичность производства. Обеспечение безопасных условий труда является одной из важнейших сторон деятельности любого завода, особенно когда речь идет о внедрении цифровых технологий, а комплекс средств должен учитывать производственные факторы и следить за экологическими показателями.

Принимая во внимание вышесказанное, предлагается комплекс следующих платформенных решений: в первую очередь обеспечение безопасности сотрудников, с помощью объединения технологий интер-

нета вещей и больших данных, далее внедрение автономных лабораторий, которые будут заниматься непосредственным улучшением качества продукции и третий – ввести непрерывный экомониторинг.

Цифровой рабочий – это интеграционная платформа, которая объединяет системы глобального и локального позиционирования, обработки данных с носимых устройств, видеонаблюдения, видеоаналитики, контроля и управления доступом, предсменного осмотра. Платформа обрабатывает информацию со всех источников, отображая полную картину событий в трёхмерном цифровом двойнике промышленного объекта [3]. Роботизированная лабораторная платформа – это высокоточное оборудование для синтеза новых материалов и анализа химических веществ. В рамках использования лабораторной платформы можно значительно ускорить все операции, выстроив технологический процесс с настройкой всего лабораторного оборудования [4]. Цифровой экомониторинг – IT-решение, специализированное на непрерывном онлайн-контроле загрязнения окружающей среды, качества воздуха и воды в непрерывном режиме. За счёт использования платформенных технологий, решение будет давать возможность оперативному отслеживанию экологической ситуации на промышленных предприятиях [5].

Внедряемые платформы повышают общий уровень экологии и безопасности, обеспечивают высокую интеллектуализацию управления технологическими процессами, а также являются рациональными и возможными для внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шваб, К. Четвертая промышленная революция. – М. ЭКСМО, 2016. – 136 с.
2. Шеер, А. Индустрия 4.0 : от прорывной бизнес-модели к автоматизации бизнес-процессов : учебник / А. В. Шеер ; пер. с англ. О. А. Виниченко, Д. В. Стефановского ; под науч. ред. Д. В. Стефановского. - Москва : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2020. – 72 с.
3. «Цифровой Рабочий» [Электронный ресурс]: КРОК. – Режим доступа: <https://promo.croc.ru/digitalworker> (дата обращения: 10.04.2022).
4. Робот-лаборант: как разработка специалистов из ИТМО поможет автоматизировать исследования [Электронный ресурс]: «Хабр» - сообщество IT-специалистов. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/spbifmo/blog/645227/> (дата обращения: 10.04.2022).
5. Платформа интеллектуального экологического мониторинга [Электронный ресурс]: Цифровой экомониторинг. – Режим доступа: <http://digital-eco.ru> (дата обращения: 10.04.2022).

ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ЦИНКА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОМПЛЕКСНОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ КАУЧУКОВ

В серных вулканизирующих системах в качестве активатора вулканизации применяется оксид цинка. В процессе формирования вулканизационной структуры его роль как основы действительного агента вулканизации заключается в обеспечении равномерной пространственной сетки, что особенно важно при структурировании массивных эластомерных изделий [1]. При производстве, эксплуатации (например, мелкодисперсные частицы износа протекторов шин), утилизации резиновых изделий ионы цинка попадают в почву, грунтовые воды и водоёмы. Их накопление приводит к превышению предельно допустимой концентрации и токсичному воздействию на водные биоресурсы [2]. Целью работы являлось изучение сорбционной способности бентонита по отношению к ионам Zn^{2+} . Образцы бентонитов предварительно активировались соляной кислотой с концентрацией 0,05 моль/л и многократно промывались дистиллированной водой до нейтральной среды. Затем готовили серию из восьми образцов - растворов хлорида цинка с концентрацией от 0,1 до 1 моль/л с шагом 0,15 моль/л, которые пропускали через активированные образцы бентонитов. Методом комплексонометрического анализа в каждом из фильтратов определено остаточное содержание ионов цинка. По полученным данным построены изотермы адсорбции и определена предельная мономолекулярная адсорбция для бентонита, которая составила 2,8 моль/кг. Полученные данные подтверждают возможность использования насыщенных ионами цинка глин в качестве компонента комплексного активатора вулканизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Молчанов, В.И. Моделирование кинетики неизотермической вулканизации массивных резиновых изделий / В.И. Молчанов, О.В. Карманова, С.Г. Тихомиров, Ю.В. Пятаков, А.В. Касперович // Труды БГТУ. №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2014. № 4 (168). – С. 100-104.
2. Heideman, G., Various ways to reduce zinc oxide levels in S-SBR rubber compounds. / G. Heideman, J. Noordermeer, R. Datta and B. V. Baarle // Macromolecular Symposia. – 245 (2006). – P. 657-667.

УДК 678.21

Студ. Е.А. Кооль, К.Д. Сафонов
Науч. рук.: проф. О.В. Карманова; асп. А.А. Голякевич
(кафедра технологии органических соединений
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж);
ассист. А.В. Лешкевич
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА КОМПОНЕНТОВ КОМПЛЕКСНОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ НА СВОЙСТВА РЕЗИН

В настоящее время в мировой практике производства резинотехнических изделий особую актуальность приобретает задача снижения содержания соединений цинка в рецептурах резиновых смесей. В первую очередь это относится к активаторам вулканизации. В связи с этим прослеживается тенденция расширения ассортимента ингредиентов, в том числе за счёт создания композиционных продуктов, объединяющих несколько компонентов, а также повышения активности компонентов за счёт увеличения их удельной поверхности. Целью работы являлось изучение влияния фракционного состава компонентов, входящих в состав комплексного активатора вулканизации: минерального наполнителя, оксида цинка на упруго-прочностные показатели резин. В качестве объектов исследования использовали образцы оксида цинка (цинковые белила разных марок) с удельной поверхностью от 4,4 до 18,1 м²/г (производитель – ООО «Завод БЕЛХИМ», РФ) и алюмосиликат с размером частиц от 0,1 до 1мм. Резиновые смеси на основе каучука СКИ-3 готовили в лабораторном микросмесителе, вулканизаты получали в прессе с электрообогревом при 145 °С в течение 30 мин. В качестве полимерной основы использовали каучук марки. Установлено, что дисперсность минерального наполнителя оказывает значительное влияние на формирование структуры вулканизата: лучшие показатели свойств резин получены при размере частиц наполнителя 0,2-0,5 мм. Следует отметить, что удельная поверхность цинковых белил в меньшей степени оказывала влияние на показатели вулканизатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова, О. В. Особенности формирования вулканизационной структуры в присутствии комплексных активаторов вулканизации / О.В. Карманова, А.А. Голякевич // Материалы 85-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 01–13 февраля 2021 года. – Минск: Белорусский государственный технологический университет, 2021. – С. 163-164. – EDN UKERKD.

Студ. В.И. Иванкин
Науч. рук. асп. А.А. Голякевич
(кафедра технологии органических соединений
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАБОТКИ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЦЕСС ИХ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ В ЭЛАСТОМЕРЕ

Для резин, эксплуатирующийся в тяжёлых условиях, таких как открытые и подземные рудники полезных ископаемых, сельскохозяйственные угодья, грузовые автомобильные шины, предъявляются высокие требования по увеличению износостойкости, устойчивости к порезам и выкрашиванию. Одним из способов улучшить показатели резин является использование волокнистых наполнителей [1].

Целью работы является выбор модифицирующих систем для обработки поверхности волокна с целью обеспечения его хорошего диспергирования в эластомерной матрице.

Волокнистые наполнители представляли собой резаные вискозные волокна длиной 0,1–1,0 мм. Волокна обрабатывали аппретами – составами на основе карбоновых кислот насыщенной (Н) и ненасыщенной (НН) – двумя способами: в предварительно разогретом реакторе при непрерывном перемешивании расплава Н; двухступенчатой обработкой с предварительным нанесением аппрета НН и обработкой в реакторе из расплава Н. Резиновые смеси на основе каучука СКИ-3 приготовлены в лабораторном микросмесителе с объёмом камеры 0,01 м³ с доработкой на вальцах ЛБ320-160/160.

Проведена сравнительная оценка диспергирования полученных волокнистых наполнители по показателям основных свойств резиновых смесей и резин. Установлено, что при нанесении аппрета Н из расплава в реакторе возникают сложности с определением его количества на поверхности волокна. Предварительная обработка составом НН позволяет предотвратить эти сложности.

Таким образом, обработка предварительна обработка волокнистых наполнителей позволила ввести в эластомер до 8,5 масс. ч. волокна на 100 масс. ч. каучука при обеспечении хороших технологических свойств эластомерных композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Люштык, А.Ю. Влияние поверхностной обработки армирующих волокон на статические и динамические механические свойства протекторной резины на основе натурального каучука // Полимерные материалы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 1. – С. 83-90.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРОВ В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСНОГО АКТИВАТОРА ВУЛКАНИЗАЦИИ

Для создания резиновых изделий высокого качества применяют сложные многокомпонентные рецептуры, состоящие из десятков компонентов различной химической природы. Поэтому актуальной задачей является создание композиционных продуктов, объединяющих несколько ингредиентов (премиксов). Особый интерес вызывают премиксы, которые применяются в эластомерных матрицах на основе каучуков различного назначения и проявляют полифункциональные свойства и являются универсальными [1].

Целью работы являлось изучение возможности применения комплексного активатора вулканизации в различных серно-ускорительных системах. В качестве объектов исследования использовали эластомерные композиции на основе полиизопрена СКИ-3 с ускорителями вулканизации разных классов: тиурам (ТМТД), сульфенамид (СBS), тиазолы (МВТS и МВТ) в присутствии комплексных активаторов вулканизации. В качестве активатора вулканизации использовали опытный продукт - комплексный активатор, содержащий 30 %мас. оксида цинка, для эталонной резиновой смеси - цинковые белила БЦОМ. Резиновые смеси готовили в лабораторном микросмесителе, вулканизацию образцов осуществляли в прессе с электрообогревом при 145 °С в течение 30 мин. Вулканизационные характеристики определяли на реометре MDR200, расчет кинетических параметров осуществляли с помощью прикладной программы [2].

Установлено, что при использовании комплексного активатора вулканизации сохраняются те же тенденции изменения вулканизационных и физико-механических свойств образцов, что и для эталона в зависимости от применяемого ускорителя вулканизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухутдинов, А.А. Экологические аспекты модификации ингредиентов и технология производства шин / А.А. Мухутдинов [и др.], Казань: ФЭН.– 1999. – 400 с.

2. Молчанов, В.И. Моделирование кинетики неизотермической вулканизации массивных резиновых изделий / В.И. Молчанов, О.В. Карманова, С.Г. Тихомиров, Ю.В. Пятаков, А.В. Касперович // Труды БГТУ. №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология. 2014. № 4 (168). С. 100-104.

УДК 687.7

Маг. А.А. Солодова, А.Ю. Василевская, Н.К. Образцов
Науч. рук.: проф. О.В. Карманова (кафедра технологии органических соединений, переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж); проф. С.Г. Тихомиров; асп. С.А. Зайцев (кафедра информационных и управляющих систем, ВГУИТ, г. Воронеж)

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ КАУЧУКОВ РАСТВОРНОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

В настоящее время на предприятиях по выпуску синтетического каучука значительный объем производства занимают каучуки растворной полимеризации, основная область применения которых - производство автомобильных шин. Это связано с постоянным повышением спроса на автомобильные шины, которые будут соответствовать принципу «зеленой шины», и применением в производстве резинотехнических изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками [1]. Рост потребности в данной продукции приводит к необходимости высокого контроля всех стадий технологического процесса и автоматизации производства.

С целью решения задачи повышения объемов выпуска растворных каучуков, и улучшения качества готового продукта был предложен ряд цифровых решений для внедрения в процесс получения каучуков растворной полимеризации.

Среди перечня предложенных решений были выделены шесть приоритетных технологий, применение которых позволит реализовать концепцию «умного» производства (рис.). Проведен анализ предложенных новшеств с точки зрения экологичности и промышленной безопасности, выделены три наиболее важные технологии. Цифровое зрение и умные датчики позволяют контролировать каждый этап производственного процесса и получать обратную связь. Главными достоинствами данной технологии являются постоянство контроля показателей, своевременное реагирование в нештатных ситуациях и возможность контроля процессов, протекающих в агрессивных средах [2].

Максимизация конверсии, уменьшение отходов производства за счет вычисления оптимальных параметров контроля, разгрузка персонала, предупреждение нештатных ситуаций и брака, увеличение гибкости технологического процесса – это эффекты, обеспечиваемые применением технологий машинного обучения и облачных вычислений. Применение технологий виртуальной/дополненной реальности предоставляет возможность повышения квалификации сотрудников и безопасности труда.

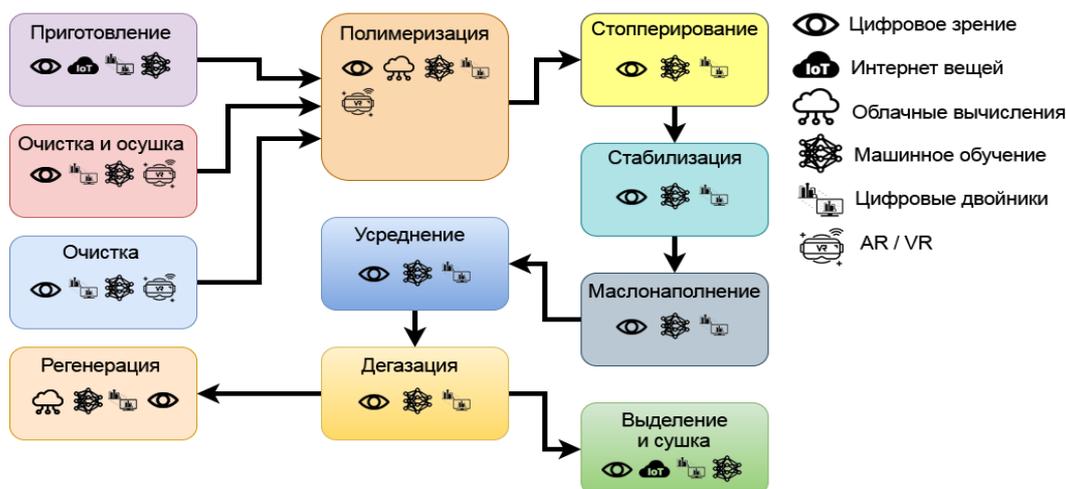


Рисунок 1– Цифровые решения для основных стадий выпуска каучуков растворной полимеризации

Проведение мероприятий по цифровизации процесса производства каучуков растворной полимеризации позволит повысить качество продукции на 2%, сократить расход тепло- и энергоносителей и увеличить степень конверсии на 10%, а также снизить затраты, связанные с отоплением производственных помещений и содержанием штата сотрудников. Суммарный дополнительный доход составит 2 млрд. 325 млн. рублей.

Таким образом, внедрение цифровых решений позволит реализовать на предприятиях по выпуску синтетического каучука принципы концепции «Индустрии 4.0». Произойдет значительная модернизация технологических процессов – увеличится стабильность и гибкость процессов, повысится качество продукта и снизится его себестоимость, уменьшится количество отходов. Более высокий уровень контроля и автоматизации обеспечит рост эффективности производства, минимизацию негативного влияния на экологию и улучшение промышленной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фаляхов, М.И. Исследование эксплуатационных свойств резин на основе синтетического бутадиен-стирольного каучука ДССК-2560-М27 ВВ / М.И. Фаляхов, А.С. Лынова, О.В. Карманова, Н.А. Михалева // Вестник ВГУИТ. – 2016. № 1 (67). – С. 146-150.

2. Тарасов, И. В. Индустрия 4.0: понятие, концепции, тенденции развития // Стратегии бизнеса. – 2018. – № 6(50). – С. 57-63.

Студ. М.Е. Глуговская
Науч. рук. доц. П.Н. Саввин
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ БАВ СЕМЯН АНИСА И БАДЬЯНА

Анис обыкновенный (*Pimpinella anisum* либо *Anisum vulgare*) – растение, представитель семейства сельдерейные (зонтичные). Бадьян (*Anisum stellatum*) из семейства Бадьяновые (*Illidaceae*) – вечнозеленое дерево средней высоты (от 2 до 4 м), которое легко разрастается и образует заросли [1]. Бадьян еще называют «звездчатым анисом» благодаря характерной форме и схожему аромату.

Главным отличием аниса и бадьяна является их происхождение, ведь они относятся представителями разных семейств. Также семена отличаются внешне. Однако по своим лечебным свойствам и применению они практически не отличаются. Это обусловлено сходным составом биологически активных веществ (далее – БАВ): анис и бадьян содержат в своем составе транс-анетол, цис-анетол, метилхавикон, анисовый альдегид и флавоноиды.

Целью работы является изучение флавоноидов экстрактов аниса и бадьяна спектрофотометрическим методом. В качестве объектов исследования выступали семена аниса и бадьяна.

Для получения жидкого экстракта аналитическую пробу сырья измельчают до размера частиц, с диаметром менее 1 мм. Навеску 0,5 г измельченного сырья помещают в круглодонную колбу и прибавляют 50 мл растворителя. В качестве экстрагента используют (вода, водно-спиртовые растворы с объемной долей этанола 12%, 36%, 48%, 60%, 72%, 84%, 96 %) и экстрагируют при температуре кипения этанола. Колбу с содержимым присоединяют к обратному холодильнику и нагревают на водяной бане, поддерживая слабое кипение, в течение 60 минут при температуре 70–80 °С. После охлаждения раствор фильтруют через фильтр Шотта под вакуумом. Исследование спектров поглощения света экстрактами проводят на приборе СФ-56 в кварцевой кювете с толщиной поглощающего слоя 1,0 см в диапазоне длин волн 200–400 нм. Известно, что в этом диапазоне длин волн характер суммарных кривых поглощения определяется в основном веществами флавоноидной природы [2]. Из-за высокой концентрации БАВ полученные экстракты подвергались разбавлению растворителем. Общим для спектров поглощения является выраженное поглощение света в УФ-области в интервале от 220 до 265 нм.

Установлено, что максимум светопоглощения экстрактов аниса и бадьяна для всех концентраций экстрагента находится в области 258 нм, что свидетельствует о схожем составе вытяжек. Эта длина волны соответствует таким флавоноидам как кверциметрин, лютеолин. При этом характер кривой зависимости оптической плотности от состава экстрагента значительно отличается, что может указывать на некоторое различие в составе сопутствующих веществ. Для извлечения флавоидов из семян аниса и бадьяна целесообразно применять водно-спиртовые растворы с объемной долей этанола не ниже 60%, что обусловлено относительно невысокой полярностью выделяемых соединений (предположительно кверциметрина и лютеолина). При этом высокое содержание БАВ делает семена аниса и бадьяна перспективным сырьем для обогащения флавоноидами-антиоксидантами лекарственных препаратов и косметических средств. Рекомендуется проводить выделение БАВ аниса и бадьяна при температуре не 70°C в течение 60 минут.

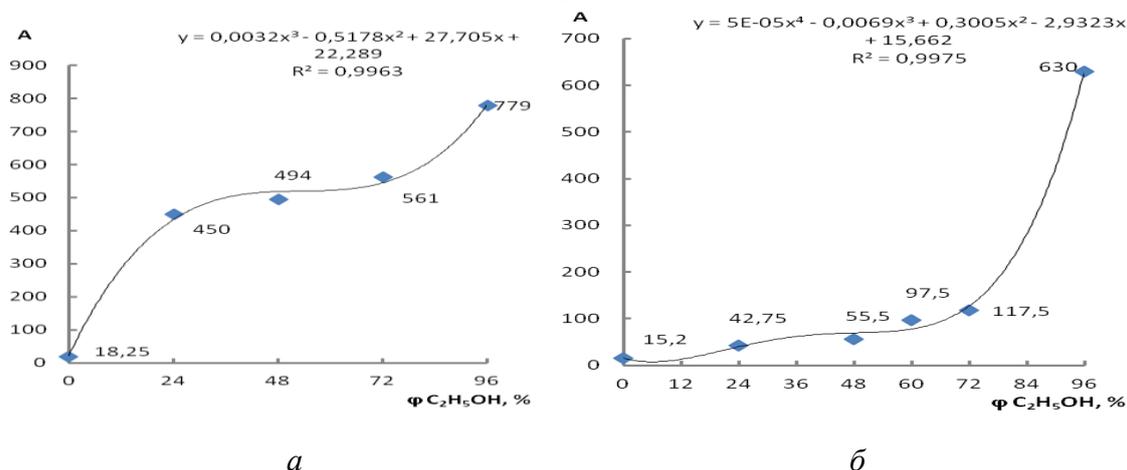


Рисунок 1 – Зависимость оптической плотности экстрактов от концентрации растворителя (с учетом разбавления):

а – анис, б - бадьян

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас аннотированный. Продукты растительного происхождения: учебное пособие для вузов / О. А. Рязанова [и др.]; под общей редакцией В. М. Позняковского. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 556 с.
2. Бакин, И. А. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие [Электронный ресурс] / И. А. Бакин, В. Н. Иванец; Кемеровский государственный университет. -2-е издание, исправленное и дополненное. – Электронн. дан. (объем 2,05 Мба). – Кемерово: КемГУ, 2020. – 1 электрон. Опт. диск (CD-ROM).

Студ. Е.С. Пичугина
Науч. рук. доц. П.Н. Саввин
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ОСОБЕННОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ КОСМЕТИЧЕСКИХ КРЕМОВ ЭКСТРАКТАМИ КАРОТИНОИДНО-АНТОЦИАНОВЫХ ПИГМЕНТОВ

Использование в современных продуктах питания и косметических средствах антоцианов и каротиноидов, извлеченных из растительного сырья, имеет особое значение: многочисленные клинические испытания убедительно доказали, что организм использует только те антиоксиданты, которые вырабатывает сам или получает из продуктов (антоцианы и каротиноиды), а синтетические антиоксиданты им не усваиваются.

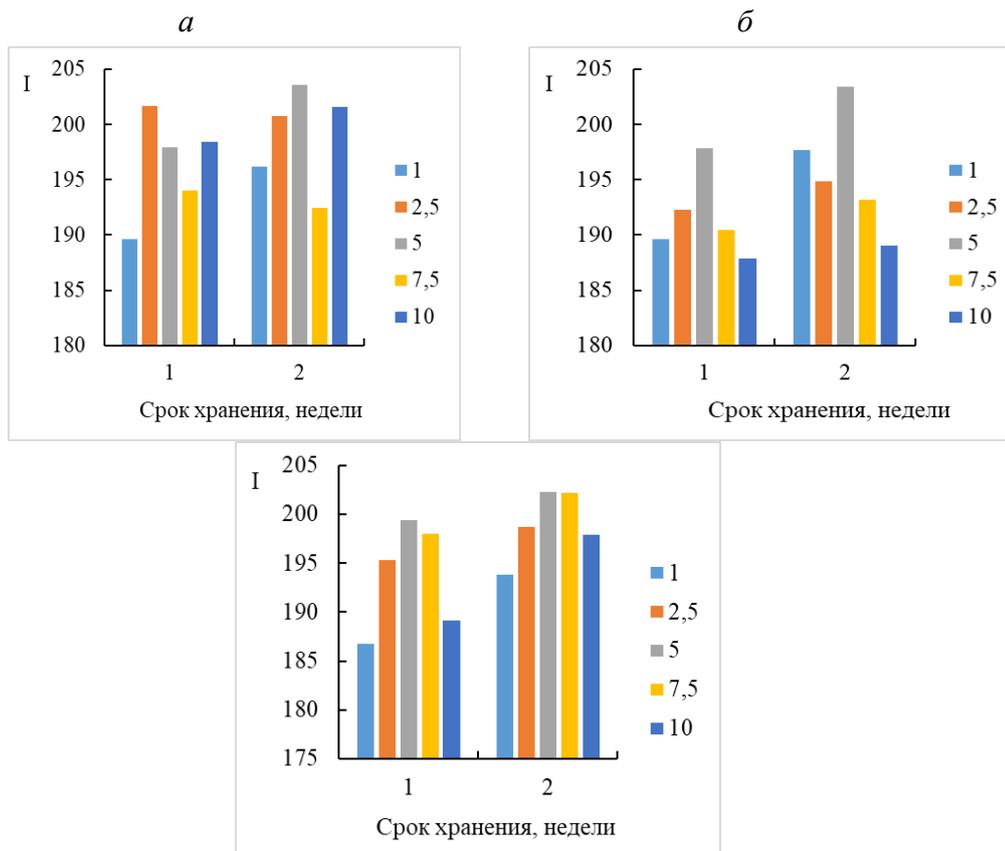
Антоцианы способны выводить из кожи токсины и связывать ионы металлов, ингибируют ряд ферментов, которые обычно активируются при УФ-облучении и разрушают межклеточное вещество дермы (эластаза, коллагеназа, гиалуронидаза). Каротиноиды присутствуют в эпидермисе и роговом слое кожи человека. Считается, что, реализуя свои антиоксидантные свойства, они защищают кожу от воздействия ультрафиолетового излучения, а также обеспечивают защиту макромолекул и биомембран клеток от повреждений, являясь серьезным фактором повышения резистентности организма к различным патогенным воздействиям, в том числе к новообразованиям [1].

В качестве сырья для экстрактов выступали выжимки ягод ежевики (антоцианы) и плодов тыквы (каротиноиды). В результате экспериментов индивидуального и совместного выделения каротиноидов и антоцианов рекомендуемыми условиями для их выделения являлись продолжительность 45 мин, температура экстрагирования 78 °С, гидромодуль 1:5 – 1:10, кратность экстрагирования 1–2. Экстрагентом служил этиловый спирт с объемной долей этанола 96 %.

Эмульсии «масло в воде» достаточно распространены, и на их основе создается огромный ряд косметических продуктов, как питательных, так и легких дневных кремов [2].

Для эксперимента было подготовлено 3 вида кремов (с добавлением экстракта каротиноидов, антоцианов и их смеси в разном соотношении) по заданной рецептуре [3].

В течении двух недель проводились цветометрические (рисунок) и органолептические исследования, при этом контролировалось качество кремов по основным физико-химическим показателям.



Цифры – массовая доля экстрактов в составе крема, %

Рисунок 1 – Цветометрические характеристики кремов: при добавлении экстрактов каротиноидов (а); антоцианов (б); антоциано-каротиноидной смеси (в)

Согласно результатам можно сказать, что добавлять экстракты антоцианов и каротиноидов в эмульсионные кремы типа «масло в воде» стоит в виде совместного экстракта в процентном соотношении 2,5-10 % от водной фазы крема, а также предложена схема производства крема с экстрактом БАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логвинова Е.Е. Исследование групп биологически активных веществ плодов рябины черноплодной различных сортов: автореф. дис... канд. фарм. наук: 14.04.02 / Логвинова Елизавета Евгеньевна. – Воронеж, 2016. – 162 с.
2. Пучкова, Т.В. Энциклопедия косметических ингредиентов / Пучкова Т.В. // – М.: Школа косметических химиков, 2015. – 408 с.
3. Бондакова М.В. Разработка рецептуры и технологии производства косметических изделий с использованием экстракта винограда: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.18.06 / Бондакова Марина Валерьевна. – Москва, 2014. – 24 с.

Студ. В.А. Ревина, А.С. Габоян
Науч. рук. проф. С.С. Никулин, доц. Л.Н. Власова
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техноферной безопасности, ВГУИТ)

КВАСЦЫ КАК КОАГУЛИРУЮЩИЕ АГЕНТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ

Спрос на высокомолекулярные соединения постоянно нарастает во всем мире. Каучуки, изготовленные эмульсионной сополимеризацией, обладают необходимыми свойствами и находят свое применение для изготовления резинотехнических изделий и композиционных составов различного назначения и др. [1, 2]. Однако применяемые в настоящее время для выделения каучука из латекса соли металлов первой группы обладают дешевой, но их расходные нормы (сотни килограмм для производства одной тонны каучука) плохо сказываются на экологии. Поэтому снижение расхода солевого коагулянта имеет важное практическое значение. Интерес в этом плане представляют квасцы.

Квасцы – это двойные соли, содержащие в качестве одного из катионов трёхвалентные металлы (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Al^{3+}), второй катион – это щелочные металлы (Na^+ , K^+ , Cs^+ , Rb^+) или ион аммония NH_4^+ . На месте аниона стоит сульфат-ион SO_4^{2-} .

Квасцы известны с древних времён как осветлители мутных жидкостей. Это основано на их флокулирующих свойствах. Такое свойство объяснимо с точки зрения атомного состава солей. Квасцы находят широкое применение как протрава при крашении и дублении, в медицине, в косметике, в приготовлении пищи и др. Квасцы не обладают дефицитностью, имеют доступную цену и широко используются в различных отраслях промышленности.

Целью данной работы – рассмотрение флокулирующего действия квасцов при производстве эмульсионных каучуков.

Объектами исследования послужили алюмокалиевые, хромкалиевые квасцы. Изучение процесса снижения агрегативной устойчивости латекса марки СКС-30 АРК осуществляли по методике, представленной в работе, с употреблением в качестве коагулирующих веществ водных растворов вышеуказанных солей (мас. дол. 0,02 ед). После введения солей в латекс бутадиен-стирольного каучука систему гомогенизировали 3–4 минуты, а затем и при постоянном перемешивании вводили водный раствор серной кислоты с массовой долей 0,02 ед. из расчета 15 кг/т каучука.

Систему перемешивали в течение 3–5 минут. Образующуюся крошку каучука извлекали из водной фазы (серума), промывали водой и обезвоживали в сушильном агрегате при 80–85 °С. Полноту коагуляции оценивали визуально по прозрачности серума и гравиметрически – по массе выделяемой крошки каучука.

Промышленный латекс СКС-30 АРК имел следующие характеристики: рН = 9,6; поверхностное натяжение $\sigma = 57,4$ мН/м; содержание сухого остатка 21,2 %; содержание связанного стирола 22,6 %.

Проведенными исследованиями установлено, что квасцы могут быть использованы для снижения агрегативной устойчивости латексной дисперсии. Наименьшим расходом на выделение одной тонны каучука из латекса обладали хромкалиевые квасцами, 20 кг. Расход алюмокалиевых квасцов, необходимый для полного выделения каучука из латекса составил 40 кг.

Квасцы, как сказано выше, обладают катионом с зарядом (+3), из чего можно сделать вывод: процесс коагуляции латекса проводится по концентрационному механизму. Согласно Правилу Шульце-Гарди значения порогов коагуляции для противоионов с зарядами 1, 2 и 3 соотносятся как 1 : 1/20 : 1/500. Чем выше заряд, тем меньше расход электролита.

Интерес к использованию солей, содержащих положительно заряженный ион (3+), в технологии выделения эмульсионных каучуков из латекса базируется на том, что расход их в 5-10 раз меньше расхода хлорида натрия, который составляет ~ 170-220 кг/т каучука (контрольный образец).

Таким образом, применение квасцов в производстве эмульсионных каучуков позволяет достичь выделения каучука из латекса при более низких расходах в сравнении с хлоридом натрия (170-220 кг/т каучука). Тем самым снижается загрязнение сточных вод, сбрасываемых из цехов выделения каучуков из латекса. Применение данных солей не требует изменений в существующей технологии. Резиновые смеси и вулканизаты, приготовленные из каучука СКС-30 АРК выделенного с применением квасцов соответствуют предъявляемым требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович, Л.А. Химия и технология синтетического каучука / Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович, И.М. Давлетбаева, П.А. Кирпичников // М.: Химия, КолосС. 2008. 357 с.

2. Кулезнев, В.Н. Химия и физика полимеров / В.Н. Кулезнев, В.А. Шершнева // М.: Колос С. 2007. 367 с.

Маг. М.С. Деркачев; студ. А.А. Земляк
Науч. рук. ст. преп. А.С. Москалев
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ВОДОНАБУХАЮЩИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Важнейшим этапом при строительстве зданий и сооружений является гидроизоляция. При возведении железобетонных конструкций, особенно заглубленных, необходимым является использование бентонитовых шнуров, способных набухать в воде, что предотвращает нежелательное попадание влаги в конструкционные швы. Целью работы является создание водонабухающих эластомерных композиций с применением бентонита и отработка технологического режима их получения.

Эластомерную композицию изготавливали на лабораторных вальцах. В качестве полимерной основы использовали бутадиен-стирольный каучук СКС-30АРКМ15. Для улучшения диспергирования компонентов и повышения прочностных свойств в рецептуре использовали цинковые белила, стеариновую кислоту и белую сажу [1]. Хакасского месторождения – ПБМА и ПБМВ в количестве 150 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

В работе проведена сравнительная оценка и изучено влияние диспергирующих добавок (стеариновая кислота и смесь жирных кислот, выделенных из отходов масложировой промышленности (смЖК) и бентонитов на технологические свойства и степень набухания эластомерных композиций в воде.

Установлено, что лучшими сорбционными свойствами обладают композиции на основе бентонита ПБМА – 70 %, против ПБМВ – 46 % после 168 ч экспозиции в воде. Однако показатель шприцуемости имеет обратную зависимость – «4В» для ПБМА против «6А» для ПБМВ (ASTM D 2230-96). Данные показатели обеспечиваются при содержании смЖК в количестве 35 мас.ч.; данная добавка обеспечивает лучшие свойства по всем показателям (шприцуемость, вязкость по Муни, степень набухания) по сравнению со стеариновой кислотой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москалев, А.С. Получение водонабухающих эластомерных композиций с регулируемыми свойствами / А.С. Москалев // автореф. дис. канд. техн. наук 05.17.06. – Воронеж, 2021. – 24 с.

СИНТЕЗ И ВОДОСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРОГЕЛЕЙ-СУПЕРАБСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ АКРИЛОВЫХ МОНОМЕРОВ

Гидрогели на основе акриловых мономеров являются объектами пристального внимания из-за практического применения в различных областях, поскольку способны поглощать более 500 г воды на 1 г сухого вещества. Однако полимеры данного ряда небioresлагаемы и их широкое использование обостряет экологические проблемы. Снизить загрязнение окружающей среды возможно за счет включения в сетку суперабсорбента фрагментов природных биodeградируемых полимеров, к которым относится хитозан из-за сочетания практически важных свойств, что определяет его распространение в последнее время в различных областях [1].

Целью работы является оптимизация условий синтеза биodeградируемого хитозансодержащего гидрогеля со свойствами суперабсорбента и изучение его набухания в водных растворах.

Суперабсорбенты с различным содержанием хитозана получали методом осадительной растворной сополимеризации акриловой кислоты с акриламидом в присутствии персульфата калия и N,N-метиленабисакриламида при 70°C по методики [2].

Как установлено, свойства сшитых гидрогелей, в особенности, способность к набуханию зависят не только от условий синтеза полимерной матрицы, но и от среды набухания. Существенными факторами, влияющими на структуру сетки, являются: концентрация инициатора, сшивающего агента и биodeградирующего компонента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скрябин, К.Г. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / Под ред. К.Г. Скрябина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова // М.: Наука. – 2002. – С. 368.

2. Патент № 2763736 С1 Российская Федерация, МПК С08F 220/06, С08F 220/56, С08L 5/08. Способ получения композитного суперабсорбирующего полимера на основе хитозана с улучшенной влагопоглощающей способностью : № 2020143920 : заявл. 30.12.2020 : опубл. 30.12.2021 / О. В. Карманова, С. Г. Тихомиров, В. Н. Попов [и др.].

Студ. С.Р. Овчаренко, И.А. Пашенко, Д.И. Щербатова
Науч. рук.: проф. С.С. Никулин; доц. Санникова Н.Ю.
(кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров
и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж); доц. Л.В. Молоканова
(кафедра промышленной экологии, оборудования химических
и нефтехимических производств, ВГУИТ, г. Воронеж)

ОТХОД ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА – КОАГУЛЯНТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ КАУЧУКОВ

Приоритетным направлением научных исследований на современном этапе является создание новых материалов с использованием отходов различных отраслей производства в качестве наполнителей и модификаторов [1, 2].

Целью работы явилось изучение процесса коагуляции латекса СКС-30 АРК в присутствии комбинированного коагулянта на основе хлорида натрия и отработанного кизельгура.

При производстве фильтрованного пива в качестве адсорбента используют природный минерал диатомит – кизельгур, основу которого составляет кремнезем. После стадии фильтрования пива отработанный кизельгур имеет влажность 85 % и загрязнен клетками дрожжей, что приводит к их деструкции. Это препятствует его вторичному использованию. Для предотвращения деструктивных процессов отработанный кизельгур подвергали сушке вакуум-сублимационным способом при температуре $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и остаточном давлении в камере 50-100 Па в течение 4 ч. Полученную массу измельчали в молотковой дробилке. Прошедший такую подготовку отход имеет влажность 1 % и может храниться в течение длительного времени.

Коагуляцию каучукового латекса СКС-30 АРК проводили по стандартной методике [3]. В качестве коагулирующего агента использовался 20 %-ный водный раствор хлорида натрия, в качестве подкисляющего агента – 2 %-ный водный раствор серной кислоты. Отработанный кизельгур (из расчета 10 кг/т, 50 кг/т, 100 кг/т каучука) и чистый кизельгур (50 кг/т каучука) вводили в раствор хлорида натрия, перемешивали в течение 5 мин. Полученную дисперсию смешивали с латексом и добавляли подкисляющий агент. Процесс коагуляции проводили при температурах $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Крошку каучука отделяли от серума, промывали и обезвоживали в сушильном шкафу при температуре $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эффективность коагуляции оценивали визуально (по прозрачности серума) и гравиметрически (по относительному количеству образующейся крошки каучука).

Проведенные исследования позволили выявить снижение расхода солевого коагулянта со 150 кг/т каучука до 60 кг/т каучука при использовании комбинированной коагулирующей системы хлорид натрия–отработанный кизельгур. Чем выше дозировка отработанного кизельгура, тем меньше расход хлорида натрия, необходимый для полного выделения каучука из латекса. Отмечено, что коагулирующая система хлорид натрия–чистый кизельгур не привела к снижению расхода хлорида натрия, что объясняется отсутствием в составе чистого диатомита органических веществ, а также азота в форме нитрат-иона, иона аммония и аминокрупп белков. Аминокруппы белков в присутствии кислоты кватернизируются, приобретая положительный заряд, что способствует протеканию коагуляционного процесса по нейтрализационному механизму, усиливающему общее протекание выделения каучука из латекса.

Помимо снижения расхода солевого коагулянта применение коагулирующей системы хлорид натрия–отработанный кизельгур позволило снизить концентрацию в серуме лейкозола, который являясь трудноокисляемым веществом, попадает в водные объекты со сточными водами. Полученные результаты показали, что содержание лейкозола в серуме снижается с 60 мг/дм³ (коагулянт хлорид натрия) до 20 мг/дм³ (коагулянт хлорид натрия–отработанный кизельгур 100 кг/т каучука).

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод: использование отхода пивоваренного производства – кизельгура отработанного в качестве компонента коагулирующей системы позволяет сократить расход хлорида натрия и снизить содержание в серуме лейкозола.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никулина, Н.С. Перспектива применения отхода свеклосахарного производства – мелассы в технологии выделения каучука из латекса / Н.С. Никулина, В.Н. Вережников, С.С. Никулин, М.А. Провоторова, И. Н. Пугачева // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2018. – Вып. 61, № 11. – С. 109–115.

2. Пугачева, И. Н. Применение многофункциональных добавок в производстве эластомерных композиций / И. Н. Пугачева, С. С. Никулин, Л. А. Харитоновна // Химическая промышленность сегодня. – 2017. – №2. – С. 37–44.

3. Практикум по коллоидной химии латексов / Т. Н. Пояркова [и др.]. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2011. – 124 с.

Студ. А.И. Семеняченко, М.В. Шапоров

Науч. рук. проф. П.Т. Суханов

(кафедра физической и аналитической химии, ВГУИТ, г. Воронеж);

доц. Н.Ю. Санникова (кафедра технологии органического синтеза, переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД

Синтетические пищевые красители прочно вошли в нашу жизнь. Они применяются для окрашивания фармацевтических продуктов, кондитерских изделий, напитков [1]. Попадая в сточные воды, красители практически не улавливаются очистными соединениями, вызывая загрязнение водоемов.

Совершенствование системы очистки сточных вод от гидрофильных сульфазокрасителей – актуальная технологическая задача.

Одним из способов повысить эффективность очистных сооружений – применение селективных сорбентов с низкой себестоимостью. В этом плане интересен термообработанный отход рисового производства (ТШР). Он получается из шелухи после переработки риса.

Для придания сорбционных свойств ее обугливают при температуре до 300 °С. При это получается продукт представляющий собой полидисперсный порошок черного или темно-серого цвета, состоящий из фрагментов чешуек размером 0,2–5,0 мм с преобладанием фракции 2,0–3,0 мм, диоксид кремния в материале находится в аморфном состоянии, образуя пространственный сотовый каркас с размером ячейки 40–50 мкм, при этом диоксид кремния капсулирован углеродом.

Нами изучена сорбционная способность ТШР в отношении сульфазокрасителей Е102 – тартразин и Е110 – жёлтый «солнечный закат». Эксперимент выполнялся в статических и динамических условиях сорбции.

Синтетические красители в водных растворах определяли по собственной окраске при максимальных длинах волн.

Установлено, что градуировочные графики при определении красителей в водных и водно-солевых растворах с концентрациями 0,1 – 0,001 мг/см³ не имеют существенных отличий, в дальнейшем графики строили по данным, относящимся только к водным растворам.

Результаты сорбции красителей из водных сред сорбентом ТШР при различных значениях рН представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Степень извлечения синтетических красителей при сорбции в статических условиях из водных сред

Сорбент	Аналит	рН среды		
		0-4	5-8	9-10
ТШР	Е102	75	50	50
	Е110	80	45	45

Для проведения сорбции в динамических условиях в стеклянную колонку (длина 150 мм, диаметр 10 мм) помещали 0,4 г сорбента, пропускали 100 см³ раствора красителя с концентрацией 10⁻³ моль/дм³. На выходе из колонки отбирали порции элюата, в которых фотометрически определяли содержание красителей.

Результаты сорбции красителей из водных сред ТШР при различных значениях рН представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Степень извлечения синтетических красителей при сорбции в динамических условиях из водных сред

Сорбент	Аналит	рН среды		
		0-4	5-8	9-10
ТШР	Е102	92	55	55
	Е110	96	49	49

В результате выполненного эксперимента можно сделать следующие выводы: сорбция в динамических условиях более эффективна, поскольку увеличивается поверхность контакта сорбента и аналита; эффективность сорбента ТШР можно объяснить наличием в его составе углеводородного остатка, имеющего большую сорбционную активность; сорбция в кислой среде протекала более эффективно, что может быть вызвано ионизацией красителей в кислой среде, и как следствие, большей способностью поглощаться активными группами сорбента.

Полученные данные позволяют рекомендовать сорбент ТШР для очистки сточных вод от синтетических пищевых красителей Е102 и Е110.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, Е.В. Пищевые красители. Справочник [Текст] / Е.В. Смирнов. - СПб: Профессия. – 2009. – 352 с.

Студ. К.И. Вострикова
Науч. рук. проф. В.А. Седых
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УФ-ОТВЕРЖДАЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

Окрашивание термореактивных полимеров – неотъемлемая стадия большинства технологических процессов получения изделий. Выбор условий совмещения процессов окрашивания и отверждения термореактивных композиций является актуальным [1].

Целью работы являлось установление влияния окрашивающих добавок на эффективность УФ - отверждения гель-лаков.

В качестве объектов исследования выступал УФ-отвержденный гель-лак на основе олигоуретанаакрилата, окрашенный экстрактом флавоноидов луковой шелухи.

Образцы олигомера гель-лака заправляли 1%-ным водно-спиртовым экстрактом флавоноидов. С целью удаления воздушных пузырей, появившихся при перемешивании экстракта красителя с гель-лаком, смесь термостатировали 30 мин при температуре 100°C. После удаления воздушных включений при частичной термополимеризации олигомера полученные составы подвергали последующему дополнительному УФ-отверждению.

В качестве образцов-сравнения выступали прозрачные, пластифицированные 7 и 14 % масс. водно-спиртовой смесью УФ-отвержденные олигомеры.

С целью оценки эффективности сшивки макромолекул олигомера, отвержденные образцы выдерживались 24 ч в толуоле с последующей сушкой. Исследованы зависимости максимальной степени набухания (α_∞) и содержания экстрагируемых примесей (Э) в отвержденных образцах гель-лака от содержания флавоноидов и продолжительности УФ-облучения (табл).

Установлено, что введение экстрактов флавоноидов в гель-лак привело к существенному снижению глубины УФ – отверждения олигомера (толщины плёнок) при росте степени сшивки ($1/\alpha_\infty$) полимера по сравнению с образцами без красителя (табл). Продолжительность УФ-облучения практически не повлияла на толщину (h) и $1/\alpha_\infty$ окрашиваемых пленок, что косвенно указывало на проявление светостабилизирующих свойств флавоноидов при отсутствии термостабилизирующих свойств.

Увеличение содержания экстрагируемых примесей в отвержденных образцах в присутствии флавоноидов, также подтверждает их светостабилизирующие свойства.

Снижение содержания экстрагируемых веществ с ростом продолжительности УФ-облучения объяснялось нарастающей полнотой сшивки макромолекул олигомера.

Таблица 1 – Зависимость глубины отверждения олигомера (h, мм), степени набухания (α_{∞} , %) в толуоле и содержания экстрагируемых примесей (Ξ , %) от продолжительности (τ , мин) УФ-облучения и содержания (с, % масс.) экстракта флавоноидов

Время отверждения (τ), мин	Показатели $h/\alpha_{\infty}/\Xi = f(\tau, c)$			
	Образцы-сравнения в присутствии вода+спирт (с)		Окрашенные образцы в присутствии экстракта флавоноидов (с)	
	7%	14%	7%	14%
4	1,8/17/0,8	2,3/10/9	0,7/10/ 12	0,6 / 8 / 16
6	2,2/14/0,8	2,2/12/ 7	1,0/11/ 11	0,7 / 8 / 12
8	2,0/17/1,9	2,0/13/ 6	1,0/12/ 11	0,8 / 9 / 12

Большой уровень степени набухания образцов-сравнения при 7 % и 14%-ном содержании водно-спиртового пластификатора в гель-лаке по сравнению с уровнем степени набухания окрашенных образцов объяснялся разбавлением гель-лака пластификатором.

Таким образом, показано, что введение экстрактов флавоноидов в гель-лак при УФ-облучении приводило к снижению глубины отверждения пленок при увеличении степени их сшивки.

Продолжительность УФ-облучения практически не влияла на толщину окрашиваемых пленок, что косвенно указывало на проявление светостабилизирующих свойств флавоноидов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин, О.Э. Лаки УФ-отверждения /О.Э. Бабкин, Л.А. Бабкина // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2009. – № 5. – С. 33-35.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВУЛКАНИЗАЦИИ ТРОЙНОГО СОПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ БУТАДИЕНА, НИТРИЛАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ВИНИЛИДЕНХЛОРИДА

Сополимеры бутадиена, акрилонитрила и винилиденхлорида (БАВ) представляют практический интерес как аналог хлоропреновых каучуков, которые в настоящее время в РФ не выпускаются. Резины на основе этих сополимеров по ряду качеств, приближаются или равноценны резинам на базе полихлоропрена.

Целью данной работы являлось исследование особенностей вулканизации стандартных резиновых смесей на основе тройного сополимера [1]. В качестве объектов исследования выбран ряд каучуков БАВ с содержанием винилиденхлорида в интервале 5-15%. Для анализа вулканизационных характеристик исследовался образец с содержанием винилиденхлорида 11 %.

С целью определения вулканизационных характеристик использовали реометр MDR 2000. Получены следующие характеристики кинетики вулканизации (175°C в течение 10 мин): $M_L=1,5$ дН*м, $M_H=5,9$ дН*м, $t_{50}=1$ мин, $t_{90}=2,9$ мин. В результате расчетов установлено, что оптимум вулканизации при температуре 142 °C соответствует 15 мин. Определены физико-механические показатели резин на основе БАВ, изготовленных в оптимуме вулканизации: $M_{300} = 16,8$ МПа, $f_p = 35,6$ МПа, $\epsilon_p = 510\%$, $\epsilon_{ост.} = 16\%$.

Установлено, что прочностные показатели резин на основе БАВ (M_{300} , f_p) по сравнению с резинами на основе полихлоропренов (СР) модифицированных серой (ГОСТ ISO 2475-2013) возрастали. При этом снижалось ϵ_p резин на основе тройного сополимера по сравнению с резинами на основе хлоропреновых каучуков.

Оптимум вулканизации для образца находился в узком диапазоне. При незначительном изменении времени или температуры вулканизации наблюдалось резкое снижение показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова, О.В. Особенности формирования структуры вулканизатов / О.В. Карманова, В.В. Калмыков // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2006. – Т. 8, № 2. – С. 112–116.

Студ. А.И. Семерунчик, А.Н. Олейник,
Т.Х. Соргни, В.Ю. Соломоненко

Науч. рук. проф. В.А. Седых (кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ПЛЕНКИ

С каждым годом возрастают требования потребителей к качеству пленки: прозрачности, цветности, толщине, степени усадки, устойчивости к атмосферному воздействию. Известно, что выпуск любых пленок сопровождается наличием таких дефектов, как наличие «геликов» в полотне, полос и потемнений, складкообразований при намотке, поперечных морщин, а также разнотолщиной [1].

В качестве объекта исследования предложено производство ПВХ-пленок эструзионно-каландровым методом. Исходная композиция – это смола поливинилхлоридная суспензионная, пластификаторы, термостабилизаторы и другие добавки.

Целью работы являлось внедрение элементов «Индустрии 4,0» [2] при создании процесса производства прецизионных пленок.

Предложено улучшить процесс производства, применив современные средства автоматизации для повышения качества полотна пленки (рис).

Применение метода прогнозирования отклонений производственного процесса и своевременного их устранения обеспечит достижение требуемых показателей ПВХ пленки: цветности, толщины, степени усадки, отсутствия «включений» в пленке.

Выпуск пленок без остановки линии и образования некондиционной продукции невозможен без внедрения таких устройств как спектрофотометр, системы бесконтактного измерения толщины на движущемся полотне, системы контроля поверхности пленки, датчиков усилия полотна предотвращающих разрыв пленки.

Для увеличения производительности линии добавлена вторая закатка, позволяющая не останавливать производство при смене заполненной бобины на свободную. Тяжелую физическую работу по смене бобин выполняет робот Kuka.

Структура промышленных информационных сетей включает в себя: сервоконтроллер MOOG, имеющий интерфейс RS-232, используемый для управления зазором между валками на каландре; высокомоощный частотный преобразователями Simoreg DC-Master для управления вращением валков каландра; удаленные станции

ввода/вывода ET 200SP для предотвращения помех сигналов, получаемых от датчиков. Сервер WinCC обеспечивает устойчивую работу до 32-х устройств визуализации технологического процесса. Мастер-контроллер S7-1500 подгружает данные о технологическом процессе на сервер, который обеспечивая архивацию и контроль в реальном времени. Персональные компьютеры, подключенные к локальной сети предприятия, получают и анализируют необходимые данные в зависимости от уровня доступа пользователя.

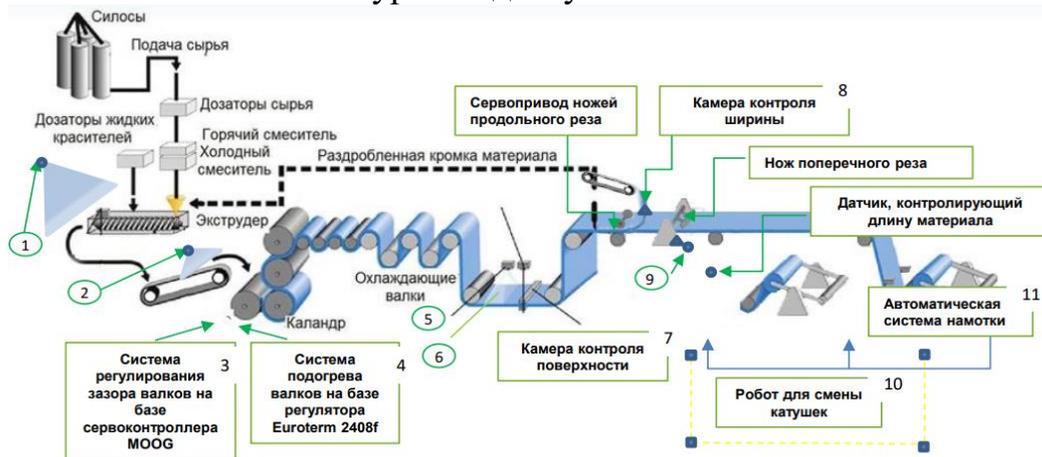


Рисунок – Схема получения прецизионных пленок на основе ПВХ

Риски, с которыми можно столкнуться при применении выбранных решений, это сложность внедрения систем на данном производстве; вероятный дефицит импортного оборудования; некорректная работа устройств; несовместимость средств автоматизации разных производителей.

Внедрение предлагаемых технических решений при годовом объеме выпуска пленки около 100,0 тыс. п. м. добавит порядка 30-35% прибыли и составит примерно 50 млн. руб. в год. На самоокупаемость производство выйдет через 2,5 года.

Предложенные технические решения обеспечат выполнение таких принципов устойчивого развития инициированных ООН, как энергосбережение, уменьшение образования отходов производства и пр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов, Ю.Т. Современные методы переработки полимерных материалов / Ю.Т. Панов, Л.А. Чижова, Е.В. Ермолаева // ВлГУ, 2013. – 128 с.
2. Клубков, С.В. Интеллектуальный upstream: стратегия выживания / С.В. Клубков и др. // Vygonconsulting. – 2020. – С.37.

ЭЛЕМЕНТЫ «ИНДУСТРИИ 4.0» В НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

«Индустрия 4.0» представляет собой переход на полностью автоматизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени в постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящее за границы одного предприятия, с перспективой объединения в глобальный промышленный интернет вещей.

Основными целями внедрения цифровых технологий являются: сокращение времени получения и обработки больших объемов данных, увеличение точности прогнозирования добычи нефти, снижение неэффективного времени работы оборудования, предупреждение аварий, своевременная оптимизация режимов работы, снижение времени проведения ремонта скважин и онлайн мониторинг производственных процессов [1].

В качестве объектов исследования рассматривались такие элементы «Индустрии 4,0» как большие данные, промышленный интернет вещей и роботизация, направленные на решение целей в области устойчивого развития.

Эффективная цифровая трансформация позволит не только увеличить добычу нефти, снизить риски для персонала, но и откроет доступ к углеводородным запасам, которые в течение многих лет были скрыты от промышленников [2].

Последние десятилетия месторождения активно оснащались датчиками и сенсорами для удаленного управления. Ими были собраны огромные массивы данных, которые в последние годы стали успешно анализироваться с помощью новых IT-решений.

В области разведки, технологии помогут получить данные о географических особенностях местности, проанализировать и предсказать наиболее вероятные участки добычи с потенциально оптимальными объемами сырья, а также, еще до момента реализации проекта, оценить экологические риски. Компания BP разработала геонаучную платформу «Sandy», связывающую историческую, геофизическую геологическую и резервуарную информацию воедино, и использует ее для создания актуальной карты ископаемых активов, выявляя новые связи и

процессы с помощью искусственного интеллекта для идентификации потенциально нефтеносных участков.

При использовании спутниковой системы анализа при поиске месторождений можно за короткий промежуток времени и с минимальным количеством затрат построить модель территории кустовой площадки. Технология промышленного интернета вещей позволит нефтедобывающим компаниям подключить различные системы к сети и осуществлять дистанционный мониторинг и управление активами месторождений в режиме реального времени. Она облегчит выявление операционных и экологических рисков, нивелируя человеческий фактор, существенно сокращая издержки на техническое обслуживание [3].

Наиболее востребованы такие элементы «Индустрии 4,0» как большие данные, интернет вещей и цифровые двойники. Эти решения часто объединяются в одном продукте, называемом «интеллектуальное» месторождение, ключевым элементом которого являются качество и скорость получения данных и их обработка для принятия своевременных управленческих решений [2].

Активно используются дистанционные роботизированные системы для увеличения безопасности производственных процессов. Критическую роль играет эффективное и безопасное дистанционное управление, которое способствует повышению производительности и сохранению рентабельности в удаленных местах. Беспилотные летательные аппараты с тепловизионными и оптическими системами, наблюдающие за различными процессами на буровых полях и нефтяных скважинах, способны выявлять практически все дефекты производственных объектов [3].

Помимо интеллектуальных месторождений, внедрение интернета вещей и больших данных позволит автоматизировать работы действующего фонда или сопровождение нового бурения. Ключевой эффект цифровизации для российской нефтедобывающей отрасли связан с раскрытием потенциала трудноизвлекаемых запасов, увеличением эффективности доразведки месторождений [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Клубков, С.В. Интеллектуальный upstream: стратегия выживания / С.В. Клубков и др. // Vygonconsulting. – 2020. – С.37.
2. Козлова, Д.В. Цифровая добыча нефти: тюнинг для отрасли / Д.В. Козлова, Д.Ю. Пигарев // Vygonconsulting. 2018. С. 59.
3. Mittal, A. From bytes to barrels/ A. Mittal, A. Slaughter, V. Bansal // Deloitte. 2017. P. 24.

Студ. В.И. Ревина, Д.И. Щербатова
Науч. рук. доц. Н.С. Никулина, проф. С.С. Никулин
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техноферной безопасности, ВГУИТ)

СОПОЛИМЕР ДИМЕТИЛДИАЛЛИЛАММОНИЙХЛОРИДА С АЛЛИЛОВЫМ СПИРТОМ КАК КОАГУЛИРУЮЩИЙ АГЕНТ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЛАТЕКСОВ

В последние годы активно развиваются разнообразные способы получения высокомолекулярных соединений, изобретаются и совершенствуются разные технологии, создаются новые приборы, оборудование и т.п. [1].

В производстве эмульсионных каучуков одной из проблематичных стадий является выделение их из латекса, обладающей рядом отрицательных аспектов. Устранить их вредное воздействие в полной мере невозможно. В настоящее время в промышленных масштабах активно используются полимерные катионные электролиты (ВПК-402, суперфлоки и др.) обеспечивающие снижение загрязнения окружающей среды. Полнота выделения каучука из латекса достигается при расходах 2–5 кг/т каучука, и обеспечивают химическое связывание ряда компонентов эмульсионной системы в нерастворимые комплексы, которые захватываются образующейся крошкой каучука и не попадают в сточные воды, сбрасываемые из цехов изготовления эмульсионных каучуков.

Однако не во всех действующих технологиях могут быть использованы полимерные катионные электролиты. Поэтому поиск новых коагулирующих агентов является важной и актуальной проблемой.

В работе рассмотрена возможность применения сополимера диметилдиаллиламмонийхлорида с аллиловым спиртом в качестве коагулирующего агента. Применение данного сополимера (СЧСААС) в технологическом процессе выделения каучука из латекса в литературных источниках обнаружено не было.

В исследовании использованы 2 %-ные водные растворы приведенного выше сополимера и серной кислоты. Коагуляцию каучукового латекса СКС-30 АРК проводили согласно общепринятой методике. Процесс выделения каучука осуществляли следующим образом: каучуковый латекс помещали в ёмкость, снабжённую перемешивающим устройством и помещенную в термостат для поддержания заданной температуры. Далее в латекс последовательно вводили растворы коагулирующего агента и серной кислоты.

Образующуюся каучуковую крошку отделяли от водной фазы, промывали водой и помещали в сушильный агрегат, нагретый до температуры 80–85 °С.

Проведенными исследованиями установлена полнота выделения каучука из латекса достигалась при расходе приведенного выше сополимера 2,0–2,5 кг/т каучука.

Наилучшие результаты достигались при проведении коагуляционного процесса при температуре 1–20 °С. Повышение температуры коагуляции до 60 °С приводит к повышению расхода сополимера до 2,5–2,7 кг/т каучука. Следовательно, температура не является доминирующим фактором в расходе сополимера.

С практической точки зрения это является важным фактором. С теоретической точки зрения процесс выделения каучука из латекса с применением катионных полиэлектролитов базируется на протекании двух коагулирующих механизмов – нейтрализационном и мостикообразовании.

По первому механизму катионные реагенты связываются с образованием нерастворимых комплексов, возникающих при их взаимодействии с анионноактивными ПАВ – эмульгаторами и стабилизаторами коллоидных систем.

При этом уменьшается или даже полностью утрачивается поверхностный электрический заряд и поверхностный потенциал частиц латекса. В условиях, благоприятных для проявления нейтрализации заряда полимерных частиц, определенно влияет и механизм мостикообразования.

Вулканизаты на основе экспериментальных каучуков соответствуют предъявляемым требованиям.

Таким образом, сополимер диметилдиаллиламмонийхлорид с аллиловым спиртом может быть использован для выделения каучука из латекса.

Температура не оказывает доминирующего влияния на процесс выделения каучука из латекса. Рекомендуемый температурный режим коагуляции колеблется в пределах 0–20 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович, Л.А. Химия и технология синтетического каучука / Л.А. Аверко-Антонович, Ю.О. Аверко-Антонович, И.М. Давлетбаева, П.А. Кирпичников // М.: Химия, КолосС. 2008. 357 с.

Студ. А.С. Сухова, М.С. Лухменев
Науч. рук.: доц. Е.В. Батурина; Е.А. Рудыка
(кафедра технологии органических соединений,
переработки полимеров и техносферной безопасности, ВГУИТ, г. Воронеж)

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Высокая социальная значимость горно-металлургической промышленности обусловлена ее существенным вкладом в обеспечение занятости населения, в формирование доходов бюджетов и социальных фондов. Эффективное функционирование предприятий данной отрасли – это условие устойчивого экономического и социального развития регионов присутствия. Повышение техносферной безопасности является одной из важнейших сторон деятельности такого технологически сложного производстве, как горно-металлургическое.

Целью работы является установка уровней риска и вероятностей отказа элементов технологического оборудования для обоснования безопасности. Для реализации предложенного способа выбрана решетчатая шаровая мельница мокрого помола. Работа проводилась в несколько этапов. Первый этап: анализ технической документации и диагностирование мельницы. Установлен доминирующий механизм повреждения – износ толщины стенки; выполнены расчеты на прочность элементов мельницы; выполнена оценка интенсивности повреждаемости элементов мельницы (скорость износа толщин стенок); определены расчетные значения остаточного ресурса элементов мельницы τ , лет.

На втором этапе выполнены оценки уровней качества диагностирования, уровней тяжести последствий, вероятности и риска отказа элементов сепараторов. Были составлены таблицы уровней тяжести последствий отказов элементов мельницы, уровней вероятности отказа V_{a1-5} и риска отказа R_{a1-5} элементов мельницы.

На третьем этапе оценено соответствие риска эксплуатации элементов мельницы допустимому риску причинения вреда. Уровень допустимого риска определяется предельным значением вероятности отказа элемента оборудования по уровню тяжести последствий отказа этого элемента. Результаты показывают, что шесть элементов оборудования имеют уровень вероятности отказа V_a , остальные – ниже. Согласно формуле определения остаточного ресурса элементов оборудования: $\tau = f(\lg V)$, по значениям τ для трех из этих элементов уже на момент текущего диагностирования, а для трех других в течение эксплуатации до следующего диагностирования значения вероятности от-

каза оцениваются величинами более $1 \cdot 10^{-2}$, что неприемлемо. Необходимо корректировать техническое состояние этих шести элементов, т.е. выполнить ремонт или замену. После выполнения ремонтов или замен вероятность отказа всех элементов при эксплуатации мельницы в течение 8 лет до следующего диагностирования и оценки риска будет находиться ниже допустимого уровня, т.е. менее $1 \cdot 10^{-2}$. По результатам анализа данных диагностирования мельницы оцениваются уровни вероятности и риска отказа элементов оборудования, возможно, планировать и корректировать техническое состояние элементов оборудования, значения вероятности отказа которых на прогнозируемый период эксплуатации находятся ниже допустимых.

Таким образом, предложенный способ позволяет обеспечивать эксплуатацию оборудования с учетом риска причинения вреда, т.е. определять, учитывать и корректировать безопасность (риск) эксплуатации, тем самым сократить простои и повысить техносферную безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. – М.: Стройиздат, 1982. – 350 с.
2. Махутов, Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и технологическая безопасность. В 2 ч. – Новосибирск: Наука, 2005. – Ч. 1. – 494 с.
3. Митрофанов, А.В. Методы управления состоянием технологического оборудования по критериям вероятности и риска отказа. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. – 380 с.
4. ГОСТ Р 52857.2-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. – М.: Стандартинформ, 2008.

УДК 676.2.017.42/.63

Студ. А.Л. Гиндуш; вып. А.А. Головченко
Науч. рук.: ст. преп. И.В. Николайчик; доц. И.А. Хмызов
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ КАРТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА

Обувной картон – это картон, вырабатываемый из кожевенных и растительных волокон, предназначенный для изготовления различных деталей обуви. Основным сырьем для производства картонов служат волокна и проклеивающие вещества. В роли растительного волокна

применяется древесная сульфатная целлюлоза, которая придает повышенную прочность и жесткость готовой продукции. В свою очередь, гидрофобные свойства картона зависят от вида и количества проклеивающего вещества, в качестве которых используются водные дисперсии различных высокомолекулярных соединений. Для изготовления обувного картона применяют канифольную, битумную и латексную проклейку, а также их комбинацию [1].

В связи с тем, что в Республике Беларусь производства непосредственно обувного картона нет, но все необходимое сырье для его производства изготавливается внутри страны, целью работы является – изучение возможности применения отечественных вспомогательных химических веществ и целлюлозы сульфатной беленой хвойной, изготавливаемой в условия ОАО «Светлогорский ЦКК», в композиции обувного картона.

На первом этапе настоящей работы изучили агрегативную устойчивость частиц дисперсной фазы канифольной эмульсии в присутствии регулятора – модифицированного крахмала. В цилиндры с канифольной эмульсией были добавлены крахмалы трёх видов с разными расходами 6 и 12 кг/т и оставлены на 2–3 дня для седиментации частиц. По микрофотографиям видно, что лучшая агрегативная устойчивость наблюдается в дисперсной системе с содержанием отечественного и импортного крахмала с расходом 6 кг/т.

На втором этапе получены образцы бумаги с теми же композициями, которые были составлены для изучения агрегативной устойчивости канифольных эмульсий. Результаты показали, что применение отечественного и импортного крахмала с расходом 6 кг/т способствует достижению повышенных значений качества, а именно разрывной длины и разрушающего усилия в сухом состоянии – 3660 м и 43,7 Н, а также 4000 м и 51,5 Н соответственно.

Таким образом, результаты данной работы показали, что отечественный крахмал не уступает импортному, это в свою очередь свидетельствует о целесообразности применения отечественной проклеивающей добавки и целлюлозы сульфатной беленой хвойной, изготавливаемой в условия ОАО «Светлогорский ЦКК», в композиции отечественного обувного картона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горскі, Г.М. Тэхналогія паперы і кардону / Г.М. Горскі. – Мн.: БДТУ, 2003. – 246 с.

Студ. А.А. Кислякова
Науч. рук. ассист. М.В. Андриюхова
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРНЫХ СОСТАВОВ НЕЭМУЛЬГИРОВАННЫХ СОУСОВ НА ОСНОВЕ ЛЬНЯНОГО МАСЛА

В настоящее время одним из актуальных направлений развития масложировой отрасли Республики Беларусь является разработка и производство пищевых функциональных продуктов. Льняное масло, благодаря составу, можно отнести к биологически активным добавкам к пище. Оно является источником незаменимых жирных кислот – линолевой (омега-6) и линоленовой (омега-3). Льняное масло содержит: β -каротин (основной пигмент и провитамин А); витамины В1, В2, В3, В4, В6, В9, Е, К, F, Q; фитостеролы; сквален; тиопролин; лецитин; минеральные вещества: калий, фосфор, магний, железо, цинк [1].

На территории Республики Беларусь производство пищевого льняного масла налажено в ООО «Клуб «Фарм-Эко» (Дрогичинский район) и ОАО «Воложинский льнокомбинат» (г. Воложин). В то же время льняное масло, по сравнению с рапсовым, подсолнечным, оливковым маслами, характеризуется низкой популярностью среди потребителей из-за горького специфического привкуса, не характерного для качественного льняного масла. Низкие органолептические показатели могут быть вызваны несоблюдением условий хранения семян, нарушением технологии производства льняного масла, сортом семян, несоблюдением условий и сроков хранения масла. Все вышеописанные факторы препятствуют популяризации льняного масла как источника биологически активных веществ и производства функциональных продуктов на его основе, в частности соусов, которые становятся популярными среди населения благодаря не только удобству их использования, но и пользе для здоровья человека.

Цель работы – разработка рецептурных составов неэмульгированных соусов на основе льняного масла и анализ их качества.

Производство соусов на основе растительных масел на территории Республики Беларусь осуществляется в соответствии с СТБ 2285-2012 и ТР ТС 024/2011. На основе анализа литературы были составлены рецептуры салатных неэмульгированных соусов на основе льняного масла – «Греческий», «Винегрет» и «Пикантный» (таблица).

Используемые ингредиенты при необходимости предварительно

измельчали для ускорения процесса масляной экстракции биологически активных веществ. Образцы соусов хранили при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ без доступа света.

Таблица – Рецептуры соусов на основе льняного масла

Наименование соуса	Ингредиент	Количество ингредиента, г
«Греческий»	Льняное масло	100,00
	Чеснок	1,00
	Орегано	0,30
	Черный перец	1,00
	Розмарин	0,16
	Сумах	0,30
	Соль	0,62
«Винегрет»	Льняное масло	100,00
	Черный перец	0,40
	Тмин	0,70
	Укроп	0,50
	Соль	0,40
	Сумах	0,20
«Пикантный»	Льняное масло	100,00
	Черный перец	0,40
	Чеснок	4,00
	Соль	1,10
	Кориандр	0,60
	Сумах	0,56
	Лавровый лист	0,03
	Гвоздика	0,07

По результатам определения органолептических показателей и перекисных чисел образцов соусов установлен их срок годности при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ без доступа света, который составил 2 месяца. После двух месяцев хранения наблюдалось снижение перекисных чисел образцов соусов, что, возможно, свидетельствует о дальнейшем протекании процессов порчи льняного масла с образованием вторичных продуктов окисления. Для расширения ассортимента функциональных продуктов на основе льняного масла целесообразно продолжить исследование влияния состава соусов и условий хранения на их качество.

ЛИТЕРАТУРА

1. Льняное масло – польза и вред для здоровья? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20210324/maslo-1602661504.html> – Дата доступа: 27.02.2022.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ НА СТЕПЕНЬ ОКИСЛЕНИЯ ЛЬНЯНОГО МАСЛА

Полезьа льняного масла обусловлена высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот: 44–61 % – альфа-линоленовой (Омега-3), 15–30 % – линолевой (Омега-6), 13–29 % – олеиновой (Омега-9). Если Омега-6 присутствует также в подсолнечном, рапсовом и оливковом маслах, то Омега-3 содержится в достаточном количестве только в льняном масле. В льняном масле содержание Омега-3 в 2 раза больше, чем в рыбьем жире, и значительно выше, чем в остальных продуктах питания [1]. В то же время полиненасыщенные жирные кислоты в большей степени склонны к окислению, чем насыщенные жирные кислоты. Окисление масел приводит к накоплению в них низкомолекулярных соединений, пероксидов, альдегидов, свободных кислот, кетонов и др., что ведет к резкому ухудшению вкусовых свойств продукта и его порче, что ограничивает широкое потребление льняного масла. Актуальность исследования процессов порчи льняного масла обусловлена требованиями безопасности ТР ТС 024/2011, предъявляемыми к растительным маслам пищевого назначения. Окислительная стабилизация растительных масел, а также состав продуктов окисления зависят не только от условий производства и хранения, жирнокислотного состава, но и от вида и содержания антиоксиданта. Цель работы – исследовать влияние природных антиоксидантов (таблица) на степень окисления льняного масла методом ускоренного термоокисления.

Таблица 1 – Характеристика добавок

Добавка	Основные антиоксидантные вещества
Спиртовая настойка женьшеня	Полиацетилены, пептиды, алкалоиды, сапонины, пектиновые и дубильные вещества
Зерна чечевицы желтой	Фолиевая кислота, витамин В1, микроэлементы: кальций, магний, калий, фосфор, железо
Зерна риса бурого	Витамины группы В, витамины А, РР, фолиевая кислота, железо, магний, цинк, йод и селен
Зерна фасоли обыкновенной	Холин, витамины группы В, аминокислоты, органические кислоты (яблочная и др.), флавоноиды и танины
Семена мускатного шалфея	Розмариновая кислота, витамины группы В, витамины А, Е, К, алкалоиды, флавоноиды, фитонциды, хлорогеновая кислота

Были приготовлены образцы льняного масла производства ООО «Лен ОК» (Россия), содержащие измельченные добавки в количестве 1 масс. %. Все образцы хранились в течение 40 сут. в стеклянных пробирках, плотно закрытых пробками, в термостате при температуре

(40 ± 2) °С без доступа света. Результаты определения перекисных чисел образцов масел представлены на рисунке.

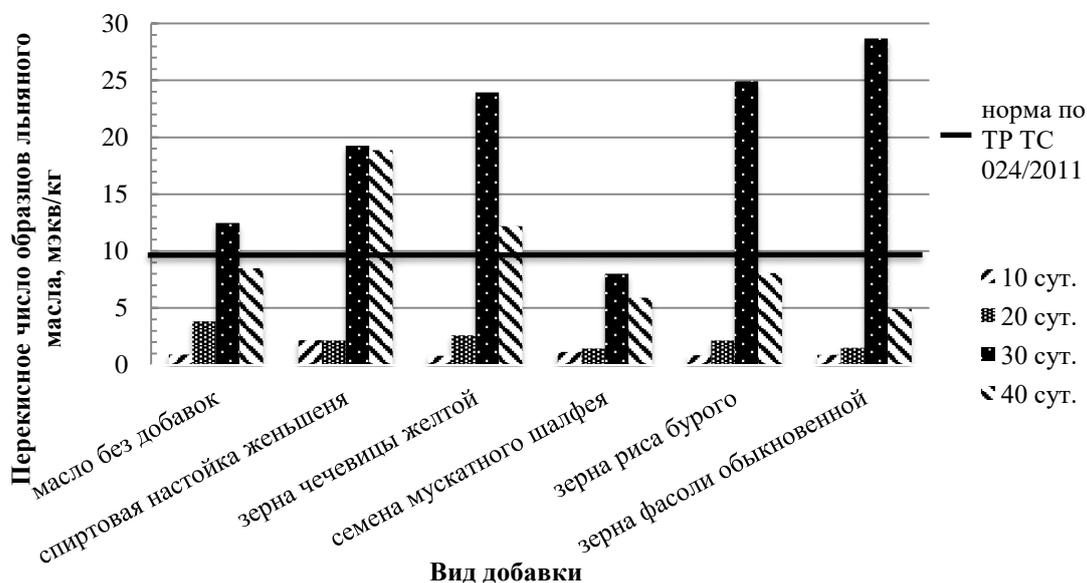


Рисунок – Перекисное число образцов льняного масла в зависимости от вида добавки и продолжительности хранения

По результатам проведенного исследования было установлено, что эффективным антиоксидантом для льняного масла являются семена мускатного шалфея в количестве 1 масс. %, способные уменьшить количество первичных продуктов окисления на 56 %.

Срок годности льняного масла с добавлением семян мускатного шалфея составил до 7,5 месяцев при температуре хранения 20 °С без доступа света. Рекомендуемый производителями срок хранения нестабилизированного льняного масла составляет 3–6 месяцев.

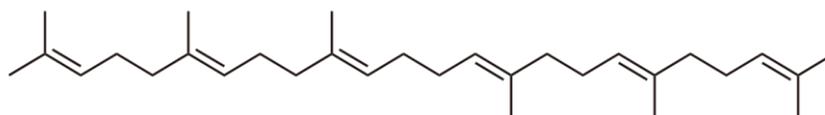
Снижение перекисного числа образцов масла с добавками через 30 сут. хранения связано, возможно, с образованием вторичных продуктов окисления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Льняное масло – важный и незаменимый продукт для здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/vozvrashchenie-lnyanogo-masla.html> – Дата доступа: 12.04.2022.

**АМАРАНТОВОЕ МАСЛО КАК ИСТОЧНИК СКВАЛЕНА
В КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВАХ**

Косметические средства представляют собой многокомпонентные системы для наружного применения, предназначенные для очищения, защиты, увлажнения, питания и улучшения внешнего вида кожи, волос и ногтей [1]. Для придания гладкости, мягкости кожи, ногтей и волос в косметические средства вводят растительное масло или их смесь. Основой растительных масел являются триглицериды высших жирных кислот – 91–98 %. Остальные вещества – сопутствующие. К ним относятся практически все (кроме триглицеридов) липиды, встречающиеся в сырье: простые (воски, диольные эфиры), сложные (фосфо- и гликолипиды) и их структурные элементы – свободные жирные кислоты и спирты, а также неомыляемые липиды, к которым относятся углеводороды терпенового ряда и их кислородсодержащие производные [2]. Одним из сопутствующих веществ некоторых растительных масел является сквален (2,6,10,15,19,23-гексаметил-2,6,10,14,18,22-тетракозагексаен):



Сквален – ненасыщенный углеводород терпенового ряда с шестью двойными связями, естественный компонент человеческой кожи (в себуме кожи содержится до 12–14%), благодаря чему он легко всасывается и проникает в нее. С возрастом содержание сквалена снижается, что приводит к появлению морщин и сухости кожи, при его дефиците замедляется нормальное отшелушивание кожи и появляется гиперкератоз, то есть утолщение рогового слоя. Сквален является эмоленом, он заполняет пространство между ороговевшими клетками эпидермиса, а также препятствует испарению влаги [3].

Традиционным источником сквалена является печень акулы, где его содержится до 89 %. По оценкам экспертов [4], каждый год убивают более трех миллионов акул, чтобы удовлетворить потребность в сквалене. Поэтому для предотвращения уменьшения их популяции и, как следствие, экологической катастрофы существует необходимость в

Студ. Д.А. Горбач
 Науч. рук. ассист. А.А. Сосновская
 (кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ОЛИВКОВОГО И КАСТОРОВОГО МАСЕЛ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕМА ДЛЯ БРИТЬЯ

Ранее нами было изучено влияние щелочных агентов (гидроксида калия и гидроксида натрия) и их массовых соотношений на физико-химические свойства крема для бритья [1].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния растительных масел на физико-химические свойства крема для бритья

В качестве исходных жировых компонентов в рецептуре крема использовали такие растительные масла, как оливковое и касторовое. В качестве образца сравнения – крем для бритья на основе стеариновой кислоты. Исследуемые образцы кремов изготавливали в соответствии с разработанной рецептурой, которая представлена в таблице.

На основании ранее полученных данных [1] было установлено, что массовым соотношением гидроксидов калия и натрия, при которых достигались оптимальные значения водородного показателя и органолептические свойства, являлось 1,0 : 0,1, соответственно. В результате исследования было получено 6 образцов и определены их физико-химические свойства.

Таблица – Рецептуры крема для бритья на основе растительных масел и стеариновой кислоты

Наименование компонентов	Содержание, мас.%	
	На основе растительных масел и стеариновой кислоты	На основе стеариновой кислоты
Растительное масло (оливковое, касторовое)	5,20	–
Стеариновая кислота	22,60	27,80
Щелочь (гидроксид калия, гидроксид натрия)	4,00	4,00
Глицерин	10,00	10,00
Отдушка	0,25	0,25
Консервант	0,90	0,90
Вода	до 100	до 100

Все образцы кремов для бритья по значению водородного показателя находятся в диапазоне значений, соответствующих ГОСТ 31692–2012. Образец № 6 (на основе стеариновой кислоты) не

соответствует регламентируемым органолептическим показателям, поскольку при его изготовлении был использован гидроксид натрия, который при взаимодействии с жирными кислотами образует твердые мыла, препятствующие образованию кремообразной консистенции. Тем не менее, при использовании в качестве щелочных агентов гидроксида калия и натрия в массовых соотношениях 1,0 : 0,1, соответственно (образец № 4, 5, содержащие оливковое и касторовое масла соответственно), и при использовании только гидроксида калия (образцы № 1–3, содержащие оливковое, касторовое масла и стеариновую кислоту соответственно), сохранялась кремообразная консистенция без комочков, что соответствует ГОСТ 31692–2012. Таким образом, рецептуре, которая может быть использована в производстве крема для бритья, соответствуют образцы № 1–5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбач, Д. А. Влияние щелочей на физико-химические свойства крема для бритья / Д. А. Горбач // «Наука – шаг в будущее»: тез. докл. XV студ. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 дек. 2021 г. / Белор. гос. технол. ун-т; редкол.: Ю. С. Радченко [и др.]. – Минск, 2021. – С. 39.

УДК 665.584.25

Студ. Е.А. Графова
Науч. рук. ассист. А.А. Сосновская
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР УВЛАЖНЯЮЩЕЙ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ ГЕЛЬ-МАСОК ДЛЯ ЛИЦА С РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЭКСТРАКТАМИ

Гель-маска – средство для ухода за кожей, имеющее гелевую структуру, способствующее очищению и увлажнению, ускоряющее регенерацию и улучшающее внешний вид кожи. Одним из направлений применения масок с гелевой структурой является постпилингвый уход. Когда кожа после процедуры пилинга раздражена и повреждена, уход должен включать деликатные составы с охлаждающим, увлажняющим, успокаивающим и заживляющим эффектом.

Цель исследования – разработка рецептур увлажняющей и противовоспалительной гель-масок для лица с использованием экстрактов огурца и алоэ, масла чайного дерева и пантенола, и определение показателей качества полученных продуктов в соответствии с ГОСТ 31695-2012 [1].

В результате предыдущих исследований [2] было установлено, что ксантановая камедь в количестве 0,5 мас. %, входящая в состав химического пилинга на основе 10%-ной молочной кислоты, проявляет наилучшие структурообразующие свойства. На основании полученных данных были разработаны рецептуры увлажняющей и противовоспалительной гель-масок для лица, позволившие получить маски с устойчивой гелевой структурой, соответствующие регламентируемым показателям качества [1]. Разработанная рецептура увлажняющей гель-маски приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура увлажняющей гель-маски для кожи лица с экстрактом огурца и алоэ

Наименование компонента	Содержание, мас. %
Трилон Б	0,05
Глицерин	6,0
Ксантановая камедь	0,5
Консервант (рокосал кс4)	0,1
Экстракт алоэ	0,5
Экстракт огурца	0,5
ПЭГ–40 касторового масла	0,5
Отдушка	0,2
Гидроксид натрия	0,12
Вода	до 100

Полученная гель-маска соответствует регламентируемым показателям качества [1], а именно имеет прозрачную однородную термостабильную гелевую структуру без посторонних включений, зеленоватый цвет и запах, соответствующий применяемой отдушке. Водородный показатель (рН) данного геля составил 6,73. Разработанная рецептура противовоспалительной гель-маски приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Рецептура противовоспалительной гель-маски для кожи лица с пантенолом и маслом чайного дерева

Наименование компонента	Содержание, мас. %
Трилон Б	0,05
Глицерин	6,0
Ксантановая камедь	0,5
Консервант (рокосал кс4)	0,1
Пантенол	0,8
Масло чайного дерева	0,1
ПЭГ–40 касторового масла	1,0
Отдушка	0,05
Гидроксид натрия	0,12
Вода	До 100

Полученная гель-маска соответствует регламентируемым показателям качества [1], а именно имеет прозрачную однородную термостабильную гелевую структуру без посторонних включений и запах, соответствующий применяемой отдушке. Водородный показатель данного геля составил 7,22. После тестирования полученных гель-масок на

коже лица, которая была подвержена химическому пилингу выявлено, что увлажняющая гель-маска насыщает кожу необходимой влагой, выравнивает ее тон, регенерирует и снимает отеки, а противовоспалительная гель-маска избавляет кожу от покраснений, нормализует ее липидный баланс и снимает раздражение.

Полученные гель-маски относятся к средствам постпилингового ухода за кожей лица.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гели косметические: ГОСТ 31695 – 2012. – Введ. 01.07.13. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации сертификации, 2012. – 12 с.

2. Графова, Е.А. Исследование влияния концентрации загустителя на физико-химические свойства химического пилинга для кожи лица / Е.А. Графова // «Наука – шаг в будущее»: тез. докл. XV студ. науч.-практ. конф., Минск, 1–2 дек. 2021 г. / Белор. гос. технол. ун-т; редкол.: Ю. С. Радченко [и др.]. – Минск, 2021. – С. 40.

УДК 676.1.012.43

Студ. Е.Л. Типунова, М.В. Циунчик
Науч. рук.: доц. С.А. Гордейко; проф. Н.В. Черная
(кафедра химической технологии переработки древесины, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ВОЛОКНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ НА КАЧЕСТВО БУМАГИ

Качество бумаги зависит от вида и свойств исходного сырья и формируются в процессе производства. Для производства бумаги применяют следующие волокнистые полуфабрикаты растительного происхождения: целлюлозу лиственных и хвойных пород древесины, древесную массу, макулатуру. Введение в композицию бумаги синтетических волокон при условии частичной замены растительных волокон дает возможность придать материалу новые технические свойства, не достижимые при использовании только растительных волокон [1]

Цель исследования – изучение прочности и гидрофобности бумаги в зависимости от состава волокнистых суспензий. Объектами исследования являлись бумажные массы, представляющие собой дисперсные системы, содержащие макулатурные (МС-5Б) и синтетические («Лавсан») волокна. Для достижения поставленной цели были изготовлены образцы бумаги, отличающиеся композиционным составом бумаги по волокну. Изменение качественных характеристик образцов бумаги фиксировали такими показателями, как разрывная длина (РД) и впитываемость при одностороннем смачивании (ВПИТ) (таблица).

Таблица – Влияние композиционного состава образцов бумаги на прочность и гидрофобность

Композиции бумажных масс, %		Показатели качества	
		РД, км	ВПИТ, г/м ²
макулатура МС-5Б	синтетическое волокно «Лавсан»		

Таким образом, добавка синтетических волокон в композицию бумажной массы позволяет увеличить разрывную длину и понизить впитываемость при одностороннем смачивании полученных образцов бумаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Черная, Н.В. Синтетические материалы в бумажных и картонных производствах / Н. В. Черная, Н. А. Герман. – Минск: БГТУ, 2020. – 203 с.

УДК 674.815

Студ. А.Л. Гиндуш
Науч. рук. доц. И.А. Хмызов
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ СЛОЕВ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО КАРТОНА НА СТЕПЕНЬ УДЕРЖАНИЯ ВОЛОКНА И СОДЕРЖАНИЕ ЕГО В РЕГИСТРОВОЙ ВОДЕ

Регистровая вода, называемая также водой первого разбора, имеет наиболее высокое содержание волокон и химикатов, достигающее 3–5 г в литре и более [1]. Для дальнейшего использования и сброса эту воду необходимо очистить от взвешенных и растворенных веществ. Поэтому, определение влияния композиционного состава картона на степень удержания волокна и химикатов является актуальной задачей.

В качестве сырья выступала целлюлоза беленая сульфатная хвойных пород древесины. В качестве химикатов использовали: FennoSize KD225 УР (20–22%), расход 6 кг/т; алюминия полиоксихлорид жидкий AQUuMix, плотность 1,24 г/см³, расход до рН 6,5; краситель органический основной (коричневый), расход 1 кг/т, концентрация 0,01%, плотность 1,085 г/см³; канифольная эмульсия, концентрация 2%, расходы: 2%, 4%, 6%. Расходы канифольной эмульсии изменяли от 2 до 6% от а.с.в.

Для расчета количественного содержания взвешенных веществ в регистровой воде используют весовой метод определения. Сущность заключалась в задержании на фильтре всех взвешенных веществ, содержащихся в определенном объеме ($V = 250 \text{ см}^3$) тщательно перемешанной пробы регистровой воды и определении их массы после высушивания при $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ до постоянной массы. Степень удержания рассчитывается исходя из количества взвешенных веществ [3].

Физико-механические испытания образцов проводили на вертикальной разрывной машине М350-5СТ «Testometric» (Англия) по ISO 1924/24, SCAN P67, TAPPI T494. Поверхностная впитываемость воды при их одностороннем смачивании по методу Кобба определяется по ГОСТ 12605 (ИСО 535-91) (ВПИТ, $\text{г}/\text{м}^2$). Разрывную длину определяем по ИСО 1924-1-96.

На основании приведенных данных в таблице, можно сделать следующие выводы: наилучшая степень удержания волокна наблюдается при использовании в композиции канифольной эмульсии с расходом 2%, а степень удержания химикатов наблюдается при использовании в композиции канифольной эмульсии с расходом 4%.

На основании проведенных исследований и анализа полученных данных можно сделать вывод, что использование канифольной эмульсии с расходом 4% повышает степень удержания химикатов до 56,4%, а использование канифольной эмульсии с расходом 2% повышает степень удержания волокна до 98%. При этом разрывная длина элементарных слоев картона при использовании канифольной эмульсии с расходом 2% увеличивается до 8461 м (таблица 1 и 2).

Таблица 1 – Влияние расхода реагентов на степени удержания волокна и химикатов

Показатель	Вид и расход химического вещества				
	без химикатов	Fenno Size KD225 УР	канифольная эмульсия, R=2%	канифольная эмульсия, R=4%	канифольная эмульсия, R=6%
Содержание взвешенных веществ, г/л	0,054	0,0496	0,0432	0,062	0,0564
Степень удержания волокна, %	97,7	97,9	98,5	97,3	97,7
Степень удержания химикатов, %	–	36,1	40,0	56,4	49,1

**Таблица 2 – Свойства образцов картона
в зависимости от состава бумажной массы**

Показатель	Вид и расход химического вещества				
	без химикатов	FennoSize KD225	канифольная эмульсия, R=2%	канифольная эмульсия, R=4%	канифольная эмульсия, R=6%
Масса 1 м ² , г	80	105	111	120	127
Впитываемость, г/м ²	86,62	81,09	86,72	82,08	108,1
Разрушающее усилие в сухом состоянии, Н	65,9	79,7	136,9	148,5	105,4
Разрывная длина, м	5442	6804	8461	8345	5621
Разрушающее усилие во влажном состоянии, Н	1,3	3,8	1,8	2,4	3,2
Влагопрочность, %	2,08	4,81	2,3	3,65	3,07

Таким образом, была показана возможность и эффективность использования канифольной эмульсии к композиции образцов элементарных слоев полиграфического картона, что обеспечивает замещение импортируемого реагента FennoSize KD225.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фляте, Д. М. Технология бумаги. Учебник для вузов – М.: Лесн. пром-ть, 1988 –440 с.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ ПОВЫШЕННОЙ ОГНЕСТОЙКОСТИ

В настоящее время актуальна проблема огнестойкости древесных плит при возгораниях. Важным определяющим свойством повышения огнестойкости ДСтП является их горючесть. Горючесть всех видов древесных плит зависит от плотности, однородности, компонентного состава, геометрических размеров, породы древесины (лиственные породы более устойчивы, чем хвойные породы). Также ДСтП имеют большую скорость выгорания по толщине, чем древесина. Наличие карбамидоформальдегидного связующего сказывается на повышении дымообразования и токсичности продуктов горения древесных плит.

Целью работы являлся анализ способов повышения огнестойкости древесных плит путем ввода огнезащитных препаратов на стадии производства.

По горючести ДСтП относятся к группе «нормальногорючих». Помимо основного токсичного газа монооксида углерода (СО) при горении образуются формальдегид (НСНО), муравьиная (НСООН) и уксусная (СН₃СООН) кислоты. Горение древесных материалов на пожарах является циклическим процессом, в котором образующейся тепловой энергии достаточно для самопроизвольного развития процесса.

Механизм горения древесины заключается в следующем:

- 125°С из древесины испаряется влага, выделяются горючие летучие вещества;
- 210°С при наличии открытого огня, летучие вещества воспламеняются, температура повышается и процесс переходит в стадию горения с выделением тепла;
- 260°С начинается устойчивое горение летучих продуктов пиролиза древесины с образованием пламени и повышением температуры
- 450°С переход пламенного горения в беспламенное горение угля до 900°С.

Пламенное горение (окисление горючих летучих продуктов в газовой фазе) представляет собой цепной свободнорадикальный процесс с участием гидроксильных радикалов. Он ингибируется галогеноводородами, образующимися из галогенорганических антипиренов. Другой

эффект огнезащитного действия («эффект самозатухания») заключается в том, что в газовую фазу поступают пары воды и не поддерживающие горение газы NH_3 , HBr , HCl , SO_2 , N_2 , которые образуются при терморазложении антипиренов. Эти газы разбавляют парогазовую смесь продуктов терморазложения древесины, при этом снижается концентрация как горючих летучих продуктов, так и кислорода, необходимого для их горения. Такой эффект огнезащитного действия присущ антипирену амидофосфату. Сравнение основных показателей свойств огнестойких ДСтП (ОДСтП) с использованием амидофосфата и ДСтП произведенных по традиционной технологии представлены в таблице.

Таблица – Свойства ОДСтП и ДСтП

Свойства	ДСтП	ОДСтП
Плотность, кг/м^3	650–800	780
Прочность при изгибе, МПа	20	24,5
Прочность при растяжении, МПа	0,34	0,36
Разбухание, %	25	29,3
Эмиссия формальдегида, $\text{мг/100 г а. с. плиты}$	4–8	4,6
Горючесть	нормальногорючие	умеренногорючие
Потеря массы при огневом испытании, %	100	15
Самостоятельное горение	присутствует	отсутствует

Можно выделить четыре основных технологических способа снижения горючести ДСтП:

- обработка древесных частиц антипиреном перед стадией осмоления;
- введение антипирена в рабочий раствор связующего;
- введение мелкодисперсного антипирена (типа нефелина) в массу древесных частиц одновременно с их осмолением;
- горячая напрессовка антипирена на поверхность плиты.

Результаты эксперимента показали эффективность изготовления огнестойких плит с введенным антипиреном амидофосфатом. Были получены умеренногорючие плиты с отсутствием самостоятельного горения и с предпочтительными основными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А. А. Физико-химические основы образования древесных плит / А.А. Леонович. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 192 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАММОНИЙФОСФАТА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕСТОЙКИХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Древесные плиты широко используются в мебельном производстве, при внутренней отделке помещений в домостроении. В настоящее время в Республике Беларусь нет предприятий, осуществляющих выпуск плит с повышенной огнестойкостью.

Горючесть всех видов древесных плит зависит от их плотности, однородности, компонентного состава, геометрических размеров, породы древесного сырья. Наличие карбамидного и особенно фенольного связующих в композиции плит сказывается на повышении дымообразования и токсичности продуктов горения.

Одними из наиболее эффективных антипиренов являются моно- и диаммонийфосфат ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ и $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$). При нагревании они выделяют оксиды фосфора, которые покрывают древесину защитной пленкой и негорючий газ аммиак. Диаммонийфосфат является относительно недорогим часто используемым в качестве удобрения веществом, что говорит о его доступности и экологической безопасности.

Нами была исследована эффективность использования указанных реагентов в технологии производства древесностружечных плит (ДСтП). Выполнялась обработка древесной стружки водными растворами антипиренов концентрацией 15% с соответствующими расходами. Далее стружка высушивалась при температуре 120 °С до влажности 2%.

Дополнительно было исследовано влияние обработки исследуемыми реагентами древесины на краевой угол смачивания (КУС) её поверхности раствором связующего. Исследования проводили на образцах березового шпона, подвергая их обработке реагентами с расходом 15 г/м² и выполняя последующую сушку при температуре 120 °С.

Для оценки точности методики определения КУС было выполнено его измерение для 50 параллельных опытов с проведением последовательно определения итоговых среднего значения и среднеквадратичного отклонения, характеризующего рассеяние результатов измерений относительно среднего значения.

Был последовательно определён КУС на поверхности шпона березы раствором смолы КФ-НП концентрацией 55%. Методика оценки

КУС позволяет получить достоверные результаты при достаточно малом количестве параллельных опытов – после 9 измерений среднеквадратичное отклонение составляет 7-8 единиц, что при среднем значении КУС 60° соответствует достаточно низкому значению коэффициента вариации – 12,5%.

Далее при проведении исследований количество параллельных определений КУС составляло 10. Результаты определения физико-механических показателей и огнестойкости плит по методу «огневой трубы» приведены в таблице.

Таблица – Влияние антипиренов на физико-механические показатели и огнестойкость древесных плит

Содержание варианта	Плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Разбухание, %	Потеря массы, %	КУС, град
NH ₄ H ₂ PO ₄ 3% к массе а.с. древесины	752	17,1	21,2	8,8	62,2
NH ₄ H ₂ PO ₄ 6% к массе а.с. древесины	743	20,2	23,6	6,2	58,3
(NH ₄) ₂ HPO ₄ 3% к массе а.с. древесины	776	18,0	20,8	8,4	66,9
(NH ₄) ₂ HPO ₄ 6% к массе а.с. древесины	761	19,6	22,1	5,6	61,1
Без антипирена	755	17,5	22,9	20,8	72,4

Как видно из полученных результатов введение антипиренов в композицию ДСтП существенно влияет на их показатели. При расходе антипиренов в интервале значений 3-6% существенно снижается потеря массы при горении – от 20,8% в контрольном образце до 5,6-8,8% в экспериментальных. Причем эффективность (NH₄)₂HPO₄ несколько выше, чем NH₄H₂PO₄. Это можно объяснить большим количеством выделяющегося при термическом разложении аммиака.

Результаты исследований показывают целесообразность и высокую эффективность использования (NH₄)₂HPO₄ в производстве древесностружечных плит путем обработки древесной стружки перед сушкой водным раствором с расходом 6% к а.с. стружке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович А. А. Физико-химические основы образования древесных плит / А.А. Леонович. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 192 с.

УДК 628.355

Студ. В.А. Грязнова; студ. А.А. Грязнова; асп. А.А. Масехнович
Науч. рук. доц. И.А. Гребенчикова
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

ИММОБИЛИЗАЦИЯ НИТЧАТЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОЦЕНОЗОВ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ НОСИТЕЛЕЙ

Проблема нитчатого вспухания активного ила (АИ) в процессе биологической очистки сточных вод является одной из самых распространенных. Вспухший АИ выносится из вторичных отстойников, ухудшая качество очищенной воды [1]. В то же время такой ил обладает чрезвычайно развитой поверхностью и имеет повышенную окислительную способность. Одним из способов уменьшения выноса нитчатых бактерий из сооружений является иммобилизация АИ.

Целью настоящей работы являлось изучение способности нитчатых бактерий к иммобилизации на различных типах носителей.

В эксперименте использовали носители, хорошо зарекомендовавшие себя в биотехнологии, в том числе в процессах очистки сточных вод: волокно нитрон «алый-201» (Н1), полиамидная волокнистая насадка «ВИЯ» – гофрированные (Н2) и гладкие (Н5) волокна, полиэфирное волокно (Н3), нетканое полотно «Спанбонд» (Н4) и структурированные кольца из полиэтилена (Н6). Способность к иммобилизации выявляли у нитчатых микроорганизмов, выделенных из биоценозов следующих очистных станций: д. Волковичи Минского района, ЗАО «БНБК», ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин». В эксперименте использовали жидкую питательную среду R2A [2]. Условия иммобилизации устанавливали приближенными к таковым в биореакторах очистных сооружений: температура 23–25°C, частота встряхиваний 120 мин⁻¹, рН среды – 7,2. Эксперимент проводили в течение 19 суток, каждые третьи сутки часть среды в емкостях заменяли свежей. Периодически проводили внешний осмотр носителей и микроскопирование их поверхности для установления закрепления нитчатых микроорганизмов.

Согласно полученным результатам, бактерии штамма БНБК способны иммобилизоваться на Н2 с образованием биопленки (рисунок 1, б). Бактерии штамма Альбертин на Н4 (рисунок 2, а) образуют большие скопления, однако в процессе культивирования утрачивают нитчатую структуру. Микроорганизмы штаммов БНБК в емкостях с Н1, Волковичи с Н3, Альбертин с Н5 находились как в свободном состоянии в среде, так и в закрученном виде на носителе, однако нарастания биопленки не наблюдалось (рисунки 1, а, в; 2, б).

УДК 628.355

Студ. А.А. Грязнова; студ. В.А. Грязнова; асп. А.А. Масехнович
Науч. рук. доц. И.А. Гребенчикова
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

ВЫДЕЛЕНИЕ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР И ХАРАКТЕРИСТИКА НИТЧАТЫХ БАКТЕРИЙ – ОБИТАТЕЛЕЙ БИОЦЕНОЗОВ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Для правильной диагностики причин чрезмерного развития в активном иле (АИ) организмов с нитчатой структурой – нитчатого вспухания ила – необходимо определить систематическую принадлежность и свойства вызвавших его организмов, среди которых преобладают бактерии.

Целью настоящей работы являлось выделение из биореакторов очистных сооружений (ОС) чистых культур нитчатых бактерий, изучение их морфологических свойств, выявление способности образовывать нитчатые формы на плотных и в жидких питательных средах. Выделение нитчатых микроорганизмов производили из проб АИ, полученных из биореакторов пяти ОС Республики Беларусь (д. Волковичи, д. Селище Минского района (спорткомплекс Раубичи), ОАО «Слонимский картонно-бумажный завод «Альбертин», ЗАО «БНБК», Минская очистная станция производства «Минскочиствод» УП «Минскводоканал» (МОС)). Использовали питательные среды R2A [1], ССВ [2] и I Medium [3]. Морфологические характеристики бактерий определяли по [4]. В результате эксперимента получены чистые культуры нитчатых бактерий шести различных штаммов, которым присвоены названия соответствующих очистных станций. При культивировании на твердых питательных средах колонии бактерий всех штаммов имели нитчатую структуру (рисунок 1).

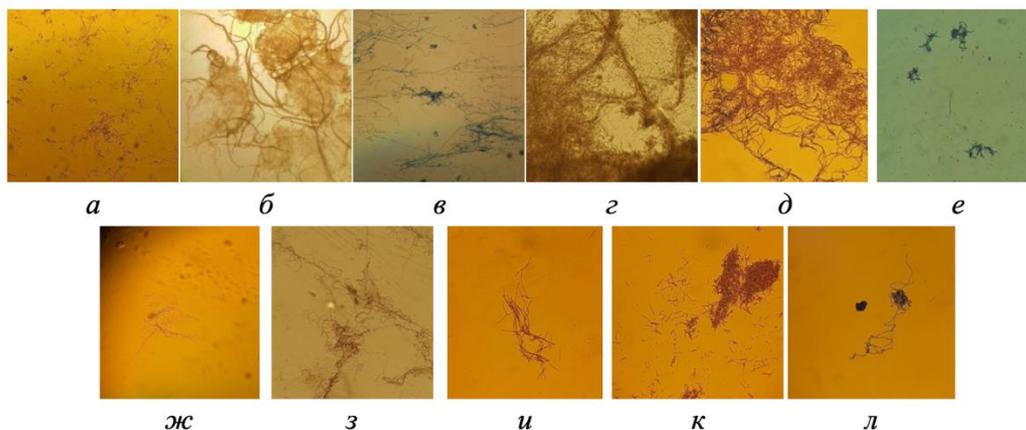


а – Волковичи; *б* – Раубичи; *в* – Альбертин; *г* – БНБК 1; *д* – БНБК 2; *е* – МОС

**Рисунок 1 – Микрофотографии колоний нитчатых бактерий
различных штаммов на среде R2A, ×100**

Показано, что в жидких питательных средах R2A, ССВ образуют нити бактерии штаммов Волковичи, БНБК 2, МОС, Альбертин (рисунок 2, *а–з*), в среде ССВ – также штамм Раубичи (рисунок 2, *и*). Однако

в среде I Medium нитчатую структуру сохраняют лишь бактерии штаммов Волковичи и Раубичи (рисунок 2, *и-л*), остальные же длинных нитей не образуют и представлены короткими фрагментами или отдельными клетками.



а, д – Волковичи; *б, е* – БНБК 2; *в, ж* – МОС; *з, з* – Альбертин;
и, л – Раубичи; *к* – Волковичи

Рисунок 2 – Микрофотографии бактерий различных штаммов в средах R2A (*а-з*), ССВ (*д-з*), I Medium (*и-л*), ×100

Все выделенные бактерии грамположительны. Выявлена способность к образованию эндоспор для бактерий штамма Альбертин, чехлов – штамма Раубичи, капсул – штамма МОС (в среде R2A).

Таким образом, в результате исследований определены основные морфологические характеристики для нитчатых бактерий, выделенных из биоценозов АИ различных очистных станций. Показано, что способность бактерий формировать нитчатые структуры, а также размер нитей зависят от состава среды. Полученные результаты позволяют приблизиться к решению проблемы нитчатого вспухания АИ.

ЛИТЕРАТУРА

1. R2A агар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mibio.ru/contents.php?id=1664>. – Дата доступа: 01.03.2022.
2. Вещества поверхностно-активные. Метод определения биоразлагаемости в водной среде: ГОСТ 32509-2013. – Введ. 01.01.2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200107410>. – Дата доступа: 01.03.2022.
3. Среда для выделения железобактерий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.himedialabs.ru/m622>. – Дата доступа: 01.03.2022.
4. Белясова, Н.А. Микробиология. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биоэкология», «Биология» / Н.А. Белясова. – Минск: БГТУ, 2007. – 160 с.

**ПРОДУКЦИЯ УКСУСНОКИСЛЫМИ БАКТЕРИЯМИ
УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В УСЛОВИЯХ
ОТЪЕМНО-ДОЛИВНОГО РЕЖИМА ФЕРМЕНТАЦИИ**

При получении уксусной кислоты (УК) микробным синтезом перспективен глубинный способ ферментации, позволяющий повысить выход УК за счет обеспечения постоянного равномерного снабжения культуры продуцента кислородом воздуха и компонентами питательной среды.

Целью настоящей работы являлось установление условий отъемно-доливного режима ферментации, обеспечивающих эффективную продукцию кислоты уксуснокислыми бактериями (УКБ), выделенными из природных источников [1].

Динамику накопления бактериями УК устанавливали следующим образом. УКБ культивировали в жидкой среде Лойцянской [2] с добавлением дрожжевого экстракта в качестве источника факторов роста. Концентрация источника углерода – этилового спирта – составляла 2% об. Эксперимент проводили в течение 30 суток при температуре 30°C и частоте встряхиваний 200 мин⁻¹ (шейкер-инкубатор Environmental Shaker-incubator ES-20 (BIOSAN, Латвия)).

Отбор проб КЖ производили с периодичностью 1–6 суток, одновременно вносили эквивалентный объем концентрированной питательной среды. Состав подпитки включал все компоненты среды в количестве, равном первоначальному, за исключением воды. В пробах анализировали содержание уксусной кислоты титриметрическим методом [2], устанавливали значение pH, а также измеряли оптическую плотность суспензий при помощи спектрофотометра Specord M40 (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия) при длине волны 600 нм (кюветы с толщиной оптического слоя 1 см).

Результаты эксперимента свидетельствуют, что при ежесуточном внесении подпитки, а также ее периодичности один раз в двое суток максимально достигаемая концентрация УК не превышает 5,6%, при этом содержание УК в КЖ значительно колеблется. При подпитке один раз в трое суток количество УК варьируется в интервале 5,0–6,4%, при этом амплитуда колебаний уменьшается. Это обстоятельство показывает, что скорость разбавления среды при данных режимах выше скорости образования кислоты продуцентом. Подпитка один раз в пятеро-шестеро суток позволяет получить концентрацию УК в КЖ около 6,0.

Наиболее привлекательным выглядит режим ферментации с подпиткой через четверо суток, при котором за время около 30 суток возможно получение КЖ с концентрацией УК 6,6% при ее равномерном образовании бактериями.

Установлено, что концентрация биомассы при ежесуточной подпитке невелика за счет ее вымывания из системы (оптическая плотность КЖ не превышает значения 0,36). Для других режимов оптическая плотность колеблется в основном около 0,40, в случае с подпиткой один раз в пятеро-шестеро суток достигает 0,45, что свидетельствует об удержании клеток продуцента в биосистеме. Однако в последних случаях концентрация УК в КЖ увеличивается медленнее за счет более редкого внесения с подпиткой дополнительного количества этилового спирта.

Среднее значение рН на протяжении эксперимента составляло 3,65–3,90 и уменьшалось пропорционально увеличению продолжительности периода между внесением подпиток. Наибольшие значения и значительные колебания этого показателя отмечены при ежесуточном внесении подпитки, что говорит о несбалансированности биосинтеза УК и ее удаления из системы в составе КЖ.

Таким образом, показана зависимость показателей ферментации от режима внесения дополнительных компонентов питательной среды при условии достижения содержания этилового спирта в смеси 2% об. Установлено, что наиболее приемлемым является внесение подпитки один раз в четверо суток, что позволяет добиться концентрации УК в КЖ около 6,6%. Такой режим характеризуется равномерным накоплением кислоты, отсутствием значительных колебаний концентрации биомассы продуцента и средним значением рН КЖ около 3,75, что дает возможность проводить процесс ферментации без соблюдения условий асептики. Для повышения эффективности процесса представляет интерес снижение продолжительности ферментации за счет оптимизации состава подпитки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Друзь, К.Д. Свойства уксуснокислых бактерий, выделенных из природных источников / К.Д. Друзь, И.А. Гребенчикова // 72-я науч.-техн. конф. учащихся, студентов и магистрантов: тезисы докладов: в 4-х ч. – Минск, 12–23 апреля 2021 г. [Электронный ресурс] – Минск: БГТУ, 2021. – Ч. 2. – С. 49–50.

2. Муратова, Е.И. Биотехнология органических кислот и белковых препаратов: учебное пособие / Е.И. Муратова, О.В. Зюзина, О.Б. Шуняева. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 80 с.

ДЕТОКСИКАЦИЯ АКТИВНОГО ИЛА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА РЕДУКТАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Одним из широко распространенных загрязнителей промышленных сточных вод являются тяжелые металлы. Они хорошо сорбируются клетками активного ила (АИ) и не позволяют использовать его в качестве удобрений.

Для детоксикации иловых осадков и удаления из них тяжелых металлов могут быть использованы комплексоны, хорошо связывающие тяжелые металлы [1]. Одним из них является этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА).

Цель работы – анализ детоксикации активного ила и ее влияние на редуктазную активность микроорганизмов.

Объектом исследования служил АИ влажностью 99,9%, отобранный из иловой камеры МОС-1. Адсорбционные свойства иловых осадков до и после обработки ЭДТА определяли стационарным методом, строя изотермы мономолекулярной сорбции (a) при $T = 20^\circ\text{C}$ от концентрации ионов железа [2]. Величину адсорбции a определяли как

$$a = \frac{(C_0 - C_p)}{m} V,$$

где C_0 , C_p – текущая и равновесная концентрации ионов Fe^{3+} в надосадочной жидкости; m – масса адсорбента в пересчете на абсолютно сухое вещество, г.

Максимальную удельную емкость (a_∞) определяли в соответствии с уравнением Ленгмюра, преобразуя его в обратных координатах

$$1/a = 1/a_\infty + (1/a_\infty \cdot K) \cdot 1/C_p$$

Обработку ила ЭДТА проводили 1 ч при их соотношении 20:1. Осадок промывали водой при центрифугировании 6000 об/мин, 5 мин. Далее анализировали способность обработанного осадка связывать ионы железа, как описано выше, а также определяли редуктазную активность клеток. Для этого использовали метод оптико-редуктазной пробы с метиленовым синим (МС) [3], регистрируя кинетику изменения D_{660} красителя в анаэробных условиях на спектрофотометре Specord UV-VIS.

На рисунке 1 приведены результаты анализа максимальной адсорбционной емкости активного ила до и после его обработки ЭДТА, а также изменения его редуктазной активности (рисунок 2).

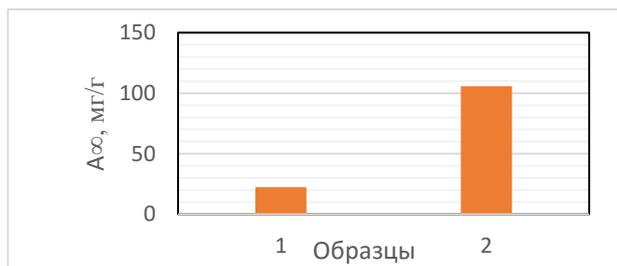


Рисунок 1 – Адсорбционная емкость активного ила до (1) и после (2) обработки ЭДТА

Как видно из рисунка 1, ЭДТА-обработка удаляет связанные тяжелые металлы и снижает токсичность иловых осадков, а также увеличивает его сорбционную емкость в 4,5 раза. Это позволяет использовать ЭДТА для детоксикации ила. Отработанный АИ обладает достаточно высокой редуцтазной активностью (рисунок 2, 1).

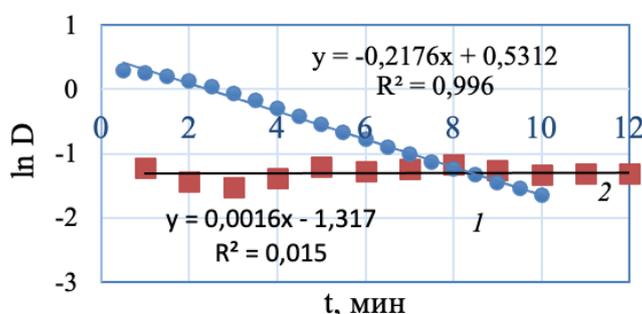


Рисунок 2 – Кинетика изменения $(D/D_0)_{660}$ при восстановлении метиленового синего микроорганизмами активного ила до (1) и после (2) ЭДТА обработки и полулогарифмических координатах

Обработка АИ ЭДТА приводит к снижению редуцтазной активности клеток на два порядка (рисунок 2, 2). Таким образом, ЭДТА обработка позволяет детоксицировать иловые осадки и снизить их токсичность в 4,5 раза, при этом нарушается жизнеспособность клеток АИ

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов Е. С., Бузаева М. В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: УлГТУ, 2011.
2. ПНД Ф 14.1:2:4.50-96. Методика измерений массовой концентрации железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой. М.: ФБУ ФЦАО, 2011.
3. Игнатенко, А. В. Биотестирование токсичности водных сред методом редуцтазной пробы / А. В. Игнатенко // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – Минск: БГТУ, 2018. – № 2 (211). – С. 155–160.

ХАРАКТЕРИСТИКА β -ГАЛАКТОЗИДАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ГР+ И ГР- БАКТЕРИЙ

Одной из устойчивых тенденций развития мирового молочного рынка является получение безлактозного молока и молочных продуктов в виду непереносимости лактозы у 50–90% населения стран Азии, Африки, Южной Америки. Для получения безлактозной продукции необходимы ферменты β -галактозидазы, которые в РБ не производятся [1]. Для получения β -галактозидаз могут использоваться различные лактозоутилизирующие микроорганизмы, прежде всего грибы, в виду выработки ими экзоферментов, что облегчает их выделение. Однако активность данных ферментов невысока и для ее увеличения требуется наращивание большой биомассы клеток [2].

Цель работы – выбор способов получения β -галактозидаз из Гр+ и Гр– бактерий и сравнение их активности.

Объектом исследования служила творожная молочная сыворотка. В качестве продуцентов фермента β -галактозидазы использовали Гр+ бактерии *B. subtilis* и Гр– бактерии *E. coli* из коллекции кафедры БТ БГТУ. Клетки культивировали на подготовленной молочной сыворотке. Для этого проводили осаждение белков 4% CaCl_2 , центрифугирование при 6000 об/мин, 5 мин, пастеризацию сыворотки при 70°C 30 мин. В качестве критериев выбора продуцентов служили 3 показателя: 1) максимальная удельная скорость роста, 2) максимальная получаемая биомасса клеток, 3) максимальная активность β -галактозидаз. Биомассу клеток определяли по оптической плотности (D) светорассеивания клеток при 600 нм. Удельную скорость роста клеток находили по формуле:

$$\mu = d(\ln D)/dt$$

Для контроля активности β -галактозидаз использовали рефрактометрический метод. Удельную активность (A) β -галактозидазы рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{\Delta n}{\Delta t m_{\text{белка}}},$$

где Δn – изменение показателя преломления; Δt – время, за которое произошло изменение показателя преломления; $m_{\text{белка}}$ – масса белка.

На первом этапе работы проводили анализ кинетики роста клеток Гр+ и Гр- бактерий на подготовленной молочной сыворотке. В результате чего получили, что оптическая плотность D_{600}^{max} у *E. coli* больше, чем

у *B. subtilis*, что свидетельствует о лучшей утилизации лактозы и накоплении биомассы клетками *E. coli*. Однако, начальная удельная скорость роста биомассы клеток у них была в 2–3 раза ниже, чем у *B. subtilis*. Следующим этапом было получение внутриклеточных ферментов. Для их выделения использовали метод прото- и сферопластирования клеток. В случае Гр⁺ бактерий получение протопластов с помощью лизоцима 1 мг/мл и выделение из них ферментов не вызывало сложности. Контроль этапа протопластирования проводился с помощью спектрофотометрии.

В случае сферопластирования Гр⁻ бактерий *E. coli* наряду с лизоцимом требуется добавление ЭДТА для разрыхления клеточной стенки, в противном случае лизоцим слабо действует на клетки. Присутствие ЭДТА увеличивает скорость сферопластирования Гр⁻ клеток в 2 раза. В таблице приведены значения показателей, характеризующих эффективность получения β-галактозидаз из Гр⁺ и Гр⁻ бактерий.

Таблица – Характеристика показателей для Гр⁺ и Гр⁻ бактерий

Показатели	Гр ⁺	Гр ⁻
	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>E.coli</i>
Удельная скорость роста, ч ⁻¹	0,30	0,12
(D ₆₀₀) _{max}	0,379	1,632
A, ед/мг	11, 0	5,6

Из таблицы видно, что несмотря на высокую биомассу клеток *E. coli*, активность ее фермента ниже, чем у микроорганизмов *B. subtilis*. Это связано с инактивацией ЭДТА β-галактозидазы, являющейся металло-ферментом.

В результате проведенной работы установлено, что удельная активность фермента β-галактозидазы, выделенного из клеток *B. subtilis* (Гр⁺) выше, чем удельная активность фермента β-галактозидазы, выделенного из клеток *E. coli* (Гр⁻). Также для клеток *B. subtilis* было обнаружено явление генетической адаптации и увеличение выхода биомассы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки. – СПб.: Профессия. – 2011. – 804 с.
2. Остроумов Л.А., Гаврилов В.Г. Биотрансформация лактозы ферментными препаратами β-галактозидазы // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 1. С 1–3.

Студ. М.С. Мельникова, Е.Ю. Добрилко
Науч. рук.: доц. О.С. Игнатовец; зав. кафедрой В.Н. Леонтьев
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

СКРИНИНГ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН ПО КОМПЛЕКСУ ФЛАВОНОИДОВ, ОБЛАДАЮЩИХ РЕГЕНЕРАТИВНЫМИ СВОЙСТВАМИ КОЖНЫХ ПОКРОВОВ

В настоящее время на мировом рынке каждый третий лечебный препарат является препаратом растительного происхождения. За последние 15–20 лет в области фармакогнозии произошли качественные изменения технических возможностей изучения химического состава лекарственных растений и лекарственных растительных средств. Этому способствовало обогащение данной науки современными спектральными и другими физико-химическими методами. Одним из перспективных источников фитопрепаратов считаются лекарственные растения, содержащие флавоноиды. Флавоноиды – наиболее многочисленный класс природных фенольных соединений, для которых характерно структурное многообразие, высокая и разносторонняя активность и малая токсичность. Интерес к флавоноидам обусловлен их антиоксидантными, ангиопротекторными, гепатопротекторными, желчегонными, нейротропными и другими важнейшими фармакологическими свойствами [1].

Цель работы – скрининг лекарственных растений Республики Узбекистан по комплексу флавоноидов (изокверцитрина и кемпферола), обладающих регенеративными свойствами кожных покровов. Сумму фенольных соединений определяли с помощью метода Фолина-Чокальтеу. В основе метода определения общего содержания флавоноидов лежит реакция с $AlCl_3$ [2]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

В ходе сравнительной характеристики с литературными значениями сделали вывод, что данные, полученные экспериментальным путем, соответствуют литературным.

С целью первичного качественного обнаружения флавоноидов в растительном материале широко используется ТСХ [3]. В образце с экстрактом зверобоя найдена зона с характерной окраской и значением коэффициента подвижности $R_f = 0,43$, что соответствует стандартному образцу изокверцитрина. По совпадению окраски и величины коэффициента подвижности $R_f = 0,59$ со стандартным образцом в экстрактах цветков бессмертника песчаного идентифицирован кемпферол-3-β-D-

глюкопиранозид. В экстрактах душицы, сены, череды и шалфея указанные флавоноиды не обнаружены.

Таблица 1 – Общие содержания внутриклеточных фенольных соединений и флавоноидов в растительном сырье

Название растительного сырья	Место сбора	Содержание внутриклеточных фенольных соединений, мг-экв галловой кислоты / г абсолютно сухого сырья	Содержание флавоноидов, мг-экв рутина/ г абсолютно сухого сырья
Черёда	Республика Узбекистан, Ташкентская область, Паркентский район	9,083	6,616
Душица		26,69	22,998
Сенна		14,467	53,32
Зверобой		28,645	37,96
Бессмертник		22,413	83,75
Шалфей		34,745	37,46

На следующем этапе научно-исследовательской работы разработан методика ВЭЖХ определения кемпферола-3-β-D-глюкопиранозид и изокверцитрина в экстрактах лекарственных растений. Было установлено количественное содержание изокверцитрина в экстракте травы зверобоя продырявленного и кемпферол-3-β-D-глюкопиранозид в экстракте цветков бессмертника песчаного.

Таким образом, по результатам научно-исследовательской работы, сделан вывод, что цветы бессмертника и сухая трава зверобоя продырявленного могут быть использованы для создания фитопрепаратов лечебно-профилактического назначения, обладающих регенеративными свойствами кожных покровов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флавоноиды как биологически активные соединений лекарственных растений / В.А. Куркин [и др.] // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11 – С. 1897–1901.
2. Страх, Я. Л. Изучение содержания фенольных соединений и флавоноидов различных популяций морошки приземистой *Rubus chamaemorus* L. / Я. Л. Страх, О. С. Игнатовец // *Вестник Фонда фундаментальных исследований*. – 2020. – № 4. – С. 69–78.
3. Оценка антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника и листьев воробейника / Н. Ю. Адамцевич [и др.] // *Наука и инновации*. – 2021. – № 11. – С. 64–68.

**АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА
ПУПАВКИ БЛАГОРОДНОЙ (*CHAMAEMELUM NOBILE* (L.) ALL)**

Chamaemelum nobile (L.) All. так называемая пупавка благородная или римская ромашка, - многолетнее растение семейства сложноцветные, Астровые [1]. Цветки римской ромашки содержат 0,6–2,4 % эфирного масла. Состав масла сложный, к настоящему времени идентифицировано более 140 компонентов. В масле высока доля сложных эфиров с низкой молекулярной массой, которые синтезируются этерификацией ряда алифатических С3-С6 спиртов. Основными составляющими эфирного масла являются 36,0-25,85 % изобутил ангелат, 23,7-10,9 % изоамилизобутират, 20,3-13,0 % 2-метилбутил ангелат, 19,9-11,7 % изоамилтиглият, 12 % пропилтиглият, 5,3-17,9 % изоамил ангелата и 3,7-5,3 %. Кроме того, масло содержит 4 % монотерпенов и 1,54 % производных сесквитерепена [1]. Цель работы – изучение антимикробных свойств эфирного масла пупавки благородной. Антимикробную активность определяли методом диффузии этанольных растворов эфирного масла в агар (методом бумажных дисков). В качестве тест-культур использовали санитарно-показательные микроорганизмы: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Pseudomonas aeruginosa*. Суточную культуру микроорганизмов (0.1 мл) распределяли шпателем по поверхности подсохшей плотной питательной среды в чашке Петри. На поверхности засеянных сред на расстоянии 1.5-2.0 см от края чашки на равном удалении друг от друга раскладывали стерильные бумажные диски диаметром 0.5 см. На диски наносили по 10 мкл растворов эфирных масел в 96 %-ном этаноле, выдерживали посеvy при 4 °С в течение 4 ч с последующим инкубированием в термостате при 30°С в течение 24 ч. В ходе изучения определяли диаметр зон ингибирования.

Минимальную ингибирующую концентрация образцов эфирного масла пупавки благородной определяли методом серийных разведений этанольных растворов эфирных масел в питательном бульоне [2]. Путем разведения растворов препаратов получали различные действующие концентрации эфирного масла (5-0,05 %) в культуральных жидкостях. Посевы инкубировали при 30 °С в течение 24 ч. Затем визуально определив наличие мутности в каждой из пробирок, выбирали ту из них, которая содержала прозрачную суспензию и наименьшую концентрацию антимикробного агента. Эта концентрация соответствовала МИК. Результаты усредняли по данным трех экспериментов.

Таблица 1 – Диаметры зон ингибирования роста тест-культур растворами эфирного масла ромашки римской

Тест-культуры бактерий	№ образца								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Концентрация эфирного масла, %								
	5			0,5			0,05		
	Диаметр зоны ингибирования, мм								
<i>Staphylococcus aureus</i>	16,5	18	17	12	16,5	15	10	12	14
<i>Echerichia coli</i>	13,5	17	13	12	18	15	11	14	13
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12	15	13	10	12	12	10	10	11
<i>Bacillus subtilis</i>	16	19	21,5	14	18	17	12	15	12
<i>Candida albicans</i>	15	16	14,5	14	15	14,5	13	14	12,5

В интервале исследуемых концентраций эфирные масла подавляли рост всех тест-культур микроорганизмов. Эффективность действия эфирного масла зависела от типа микроорганизма. Растворы эфирного масла активнее всего действовали на микроорганизмы *Bacillus subtilis*. Наименьшую активность они проявили в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Для подтверждения полученных данных были определены минимальные ингибирующие концентрации (МИК), значения которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Минимальные ингибирующие концентрации эфирных масел

Тест-культуры бактерий	МИК эфирного масла, %		
	1	2	3
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,1	0,25	0,25
<i>Echerichia coli</i>	0,1	0,25	0,1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,25	0,5	0,25
<i>Bacillus subtilis</i>	0,1	0,05	0,1
<i>Candida albicans</i>	0,1	0,05	0,05

Наиболее выраженная антимикробная активность эфирного масла проявилась в отношении *Bacillus subtilis* и *Candida albicans*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Assessment report on *Chamaemelum nobile* (L.) All., flos / Dezső Csupor // European Medicines Agency, НМРС, 2010
2. Коваленко Н.А. Антимикробные свойства эфирного масла растений рода *Monarda*, культивируемых в Беларуси / Н.А. Коваленко, В.Н. Леонтьев и др. // Химия растительного сырья – 2021, №2, С. 137–144.

УДК 581.19:547.56

Студ. А.В. Солодкая, В.С. Каючкина, А.А. Хилько
Науч. рук.: доц. О.С. Игнатовец; зав. кафедрой В.Н. Леонтьев
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЕЛКОВОЙ И ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИИ ИЗ ЛИЧИНОК *HERMETIA ILLUCENS*

В последние годы во всем мире возрос интерес к использованию альтернативных источников белка, в частности белка насекомых. Одним из наиболее перспективных видов кормового сырья по экономическим критериям и содержанию протеина являются личинки синантропных мух, в частности личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens* L.).

Личинки имеют ряд преимуществ перед другими видами насекомых: по своим биологическим особенностям они не являются переносчиками болезней, быстро растут (особенно в сравнении с мучным хрущак), могут перерабатывать любые отходы, что дополнительно решает проблемы экологии и утилизации пищевых отходов. Кроме того, сравнительный анализ личинки мухи *Hermetia illucens* L. с рыбной, мясокостной и кровяной мукой – основными источниками белка в кормах, показал, что ее состав схож с составом белковой муки различного происхождения и может служить достойной заменой белка в кормовом производстве [1]. Есть данные, что личинки могут выступать как альтернативный источник пищи для человека и сельскохозяйственных животных [2], так как они являются высокосодействующим источником белков и жиров.

Объектом исследования являются высушенные в инфракрасной сушильной установке личинки *Hermetia illucens*, предоставленные предприятием ООО «ДИБ протеин». Целью исследования является разработка способа отделения липидной и белковой фракций из личинок *Hermetia illucens*. Выделение белка из биомассы личинок проводили с помощью гидролиза 0,25 М NaOH в течение 1 ч при температуре 40°C с последующим осаждением белка из раствора [3, 4]. Количественное определение липидов устанавливали проведением экстракции сухой измельченной биомассы личинок гексаном, а качественный жирно-кислотный состав липидной фракции устанавливали с помощью газовой-жидкостной хроматографии. Результаты исследований по фракционному составу личинок *Hermetia illucens* приведены в таблице 1.

Качественный состав липидной фракции представлен в таблице 2.

Таблица 1 – Фракционный состав личинок *Hermetia illucens*

Компонент	Содержание сухой массы компонента в пересчете на личинки <i>Hermetia illucens</i> , %
Белок	45,80
Липиды	17,54
Хитин	5,14

Таблица 2 – Качественный состав липидной фракции

Жирная кислота (ЖК)	Обозначение ЖК	Содержание, %
Каприновая	10:0	0,790
Лауриновая	12:0	36,431
Миристиновая	14:0	8,600
Миристоленовая	14:1	0,200
Пентадекановая	15:0	0,105
Пальмитиновая	16:0	12,852
Пальмитолеиновая	16:1	2,698
Стеариновая	18:0	2,890
Цис-олеиновая	18:1 цис	15,053
Линолевая	18:2	14,808
Линоленовая	18:3	1,037
Арахидиновая	20:0	0,134

Проведенные исследования показали, что в личинках содержится большое количество липидов, богатых насыщенными ЖК, среди которых преобладает лауриновая кислота, следовательно, полученную липидную фракцию можно использовать в косметическом производстве. В образце высушенных личинок также обнаружено значительное количество белка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптация и перспективы разведения мухи черная львинка (*Hermetia illucens*) в циркумполярном регионе / А.М. Антонов, Г.А. Иванов, Н.О. Пастухова// Научный электронный журнал Принципы экологии. – 2017. – № 3. – С. 4.– 75 с.
2. Yellow Mealworm and Black Soldier Fly Larvae for Feed and Food Production in Europ, with Emphasis on Iceland / R. Thrastardottir, Н.Т. Olafsdottir, R.I. Thorarinsdottir// Foods. – 2021. – № 10. – С. 33. – 861 с.
3. Physico-chemical and colloidal properties of protein extracted from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae / L. S. Queiroz, M. Regnard, F. Jessen // International Journal of Biological Macromolecules. – 2021. – С. 714-723. – 899 с.

АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ, КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В КИТАЕ

Растения являются одним из важнейших источников биологически активных веществ (БАВ), которые находят широкое применение в медицине и обладают широким спектром биологической активности. В настоящее время все более значимым становится поиск новых и безопасных антимикробных средств ввиду трудностей в лечении инфекционных заболеваний, вызванных резистентными к антибиотикам штаммами микроорганизмов [1].

Цель работы – сравнительная оценка антимикробной активности экстрактов бессмертника песчаного и воробейника лекарственного, культивируемых в Китае.

Для получения экстрактов воздушно-сухие цветки бессмертника песчаного измельчали до фракции 1–2 мм и экстрагировали согласно методике, приведенной в работе [2]. Воздушно-сухие листья воробейника лекарственного, измельченные до фракции 2–3 мм, экстрагировали 50%-ным этиловым спиртом в течение 40 мин при температуре 65–70°C. Соотношение массы сырья к объему экстрагента составляло 1 : 20. Полученные водно-спиртовые экстракты упаривали на роторном испарителе при пониженном давлении и температуре 40°C.

Навески сухих экстрактов растворяли в 50 %-ном этиловом спирте и готовили растворы с концентрациями 10 и 20 мг/мл. Антимикробную активность водно-спиртовых растворов экстрактов определяли диффузионным методом с измерением диаметров зон ингибирования роста микроорганизмов в отношении следующих штаммов: *Salmonella enterica* 0890, *Bacillus subtilis* 168, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. Контролем являлся 50 %-ный этиловый спирт. В таблице представлены результаты оценки антимикробной активности растительных экстрактов при концентрации 10 мг/мл.

Установлено, что экстракты обладают антимикробным действием ко всем исследуемым штаммам микроорганизмов, кроме *Salmonella enterica* 0890. При этом стоит отметить, что экстракт воробейника лекарственного, культивируемого в Китае, обладает более высоким антимикробным действием ко всем микроорганизмам по сравнению с экстрактом данного вида растительного сырья, заготовленного в Беларуси.

Можно предположить, что это связано с количественным и возможно качественным составом экстрактов, который зависит от условий культивирования растений.

Таблица – Оценка антимикробной активности экстрактов бессмертника песчаного и воробейника лекарственного при концентрации 10 мг/мл

Тест-культуры бактерий	Диаметр зон ингибирования роста микроорганизмов, мм			
	1	1*	2	2*
<i>Salmonella enterica</i> 0890	0	0	0	0
<i>Bacillus subtilis</i> 168	20	10	10	8
<i>Clostridium</i> sp.	18	10	10	9
<i>Escherichia coli</i> Hfr H	22	11	11	12
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> PAO1	17	12	10	12

Примечание: 1, 1* – экстракты воробейника лекарственного, культивируемого в Китае и в Беларуси соответственно; 2, 2* – экстракты бессмертника песчаного, культивируемого в Китае и в Беларуси соответственно.

Экстракты бессмертника песчаного, культивируемые в Китае, также обладают более высокой антимикробной активностью по отношению к *Bacillus subtilis* 168 в сравнении с экстрактами данного растительного сырья, заготовленного в Беларуси. По отношению к остальным штаммам микроорганизмов разница не существенна.

При увеличении концентрации экстрактов до 20 мг/мл диаметр зоны ингибирования изменялся незначительно (± 2 мм). Следовательно, для применения данных экстрактов в качестве антимикробного средства достаточно их введение при концентрации 10 мг/мл.

Таким образом, выполнена сравнительная оценка антимикробной активности экстрактов бессмертника песчаного и воробейника лекарственного, заготовленных в Китае и Беларуси. Установлено, что данные экстракты обладают выраженным антимикробным действием по отношению к следующим штаммам микроорганизмов: *Bacillus subtilis* 168, *Clostridium* sp., *Escherichia coli* Hfr H, *Pseudomonas aeruginosa* PAO1. Экстракты лекарственных растений Китая обладают более высокой активностью по сравнению с экстрактами данных растений, заготовленных в Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schmieder, R. Insights into antibiotic resistance through metagenomic approaches / R. Schmieder, R. Edwards // *Future. Microbiol.* – 2012. – Vol. 7. – P. 73–89.
2. Выделение флавоноидов из цветков бессмертника песчаного / Н. Ю. Адамцевич [и др.] // *Веснік ВДУ.* – 2021. – № 4. – С. 23–30.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТА РОДОБЕЛ-ТН ДЛЯ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Нефтяной шлам – это жидкие, пастообразные или твердые отходы, представляющие собой смесь нефти (нефтепродуктов), твердой фазы (частицы грунта и почвы) и воды. Такие шламы рассматривают как источник проблем, связанных с необходимостью их утилизации. Согласно мониторинговым исследованиям Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, только поверхностных загрязнений нефтешламами имеется в объеме более 3,5 млн. т [1]. В основе биотехнологий, направленных на улучшение экологических условий, лежит способность микроорганизмов к ферментативному окислению углеводородов нефти. Микробное окисление углеводородов нефти происходит через серию каталитических процессов с образованием промежуточных продуктов метаболизма, которые в конечном итоге окисляются до CO_2 [2]. Область его применения ограничивается диапазоном активности биопрепаратов, температурой, кислотностью, толщиной нефтезагрязнения, аэробными условиями. Перспективно использование биотехнологии для обезвреживания нефтешламов, образующихся при очистке емкостей и резервуаров от нефтепродуктов, нефтезагрязненной земли и поверхности воды [3].

Препарат Родобел-ТН – разработка Института микробиологии НАН Беларуси. Данный препарат обеспечивает очистку шлама на 97–99% со степенью загрязнения нефтепродуктами до 0,5% за 2 месяца в весенне-осенний период. Сроки очистки почвы препаратом увеличиваются соответственно увеличению степени ее загрязнения. Эффективность процесса очистки почв можно оценивать по динамике численности микроорганизмов, анализу остаточных углеводородов и результатам фитотестирования. В данном исследовании эффективность препарата оценивалась по количеству остаточных углеводородов при помощи ретортного анализа: образец известного объема нагревают в муфельной печи (реторте) до испарения жидких составляющих, которые после этого конденсируются и собираются в мерный цилиндр, с помощью которого измеряют их объемы.

В ходе исследования был поставлен опыт на шламах Барсуковского и Речицкого месторождений. Условия очистки: температура 20–22°C, влажность 50–60%, ежедневная аэрация путем перемешивания. Промежуточные результаты представлены в таблице.

Таблица – Динамика разложения нефтепродуктов

Концентрация микроорганизмов в образце, КОЕ/мл	Исходное содержание нефтепродуктов, % об.	Содержание нефтепродуктов при продолжительности обработки, сут.		
		14	28	42
1*10 ⁷	1,0	1,0	1,0	1,0-0,9
1*10 ⁸	1,0	1,0	0,8	0,8-0,7
1*10 ⁹	1,0	0,9	0,8-0,7	0,7-0,6
2*10 ⁹	1,0	0,9-0,8	0,8-0,7	0,7-0,6
3*10 ⁹	1,0	0,9-0,8	0,8-0,7	0,6
1*10 ⁷	2,0	2,0	2,0	2,0
1*10 ⁸	2,0	2,0-1,9	1,9	1,8
1*10 ⁹	2,0	1,9-1,8	1,8	1,7-1,6
2*10 ⁹	2,0	1,9-1,8	1,7	1,6
3*10 ⁹	2,0	1,8	1,7-1,6	1,6
1*10 ⁷	4,0	4,0	4,0	4,0
1*10 ⁸	4,0	4,0	3,9	3,8-3,7
1*10 ⁹	4,0	4,0	3,9-3,8	3,7
2*10 ⁹	4,0	4-3,9	3,8	3,7-3,6
3*10 ⁹	4,0	4-3,9	3,9-3,8	3,7-3,6
1*10 ⁷	6,0	6,0	6,0	6,0
1*10 ⁸	6,0	6,0	6-5,9	5,9-5,8
1*10 ⁹	6,0	6-5,9	5,9	5,8
2*10 ⁹	6,0	6-5,9	5,9	5,9-5,8
3*10 ⁹	6,0	6-5,9	5,9-5,8	5,8

На основе полученных данных можно сделать вывод, что применение препарата Родобел-ТН показывает большую эффективность при уровне загрязнений до 4%, при большем уровне понадобится больше времени и дополнительное внесение препарата. При концентрации микроорганизмов 1*10⁹ КОЕ/мл наблюдается наиболее эффективный расход препарата на количество преобразованных углеводов

ЛИТЕРАТУРА

1. Христофоров, О.В. Экология на предприятии: производственно-практический журнал / О. В. Христофоров. – 2013. – № 6.
2. Подавалов, Ю.А. Экология нефтегазового производства: учеб. пособие / Ю.А. Подавалов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т 2010. – 468 с.
3. Король, В.В. Утилизация отходов бурения скважин / В.В. Король, Г.Н. Позднышев, В.Н. Манырин – «Экология и промышленность России». – 2005. – № 1. – с. 40–42.

Студ. А.В. Бородулина;
асп. Е.А. Грибанова (кафедра микробиологии, БГУ)
Науч. рук. доц. В.Е. Мямин (кафедра биотехнологии, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ БРОДИЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ДРОЖЖЕЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИКИ

В настоящее время дрожжи используются для получения различных ферментных препаратов, органических кислот, полисахаридов, многоатомных спиртов, витаминов и витаминных добавок, а также во множестве других мелкомасштабных процессах [1].

Самое широкое применение дрожжи нашли в пищевой промышленности, так как они способны вызывать спиртовое брожение.

В качестве объектов исследования использовали 21 культуру дрожжей, ранее выделенных из образцов мелкозема привезенных из Восточной Антарктиды (Земля Эндерби, станция Молодежная и полевая база Гора Вечерняя, Земля Мак-Робертсона, горы Принс-Чарльз).

Целью данной работы являлось изучение бродильной активности и идентификация исследуемых культур молекулярно-биологическими методами.

Возможность сбраживания или ассимиляции различных углеводных субстратов дрожжами зависит от наличия соответствующих ферментных систем, осуществляющих расщепление соединений до промежуточных метаболитов центральных катаболических путей [2].

В ходе исследования определяли способность антарктических изолятов дрожжей сбраживать/ассимилировать глюкозу, сахарозу, галактозу и пептон.

Для качественной оценки данных процессов проводили О/Ф тест с использованием индикатора рН среды бромкрезолового пурпурного, диапазон чувствительности которого находится в пределах рН от 5,2 до 6,8 (рисунок) [3].

В качестве контроля в этом и следующей опыте использовали лабораторный штамм *Saccharomyces cerevisiae*.



Рисунок – Диаграмма перехода окраски бромкрезолового пурпурного
в зависимости от рН раствора

Изменения окраски среды регистрировали в аэробных и анаэробных условиях культивирования (под слоем вазелинового масла). Полу-

ченные результаты интерпретировали следующим образом. Если изменение окраски среды происходило только в «аэробной пробирке», то клетки катаболизировали углевод только в присутствии кислорода (окисление углевода, реакция «О»).

Если подкисление среды и изменение ее окраски наблюдалось в обеих пробирках, то клетки способны также к брожению (ферментативное сбраживание, реакция «F»).

Согласно полученным результатам, все антарктические изоляты способны к ассимиляции/брожению глюкозы, сахарозу сбраживают 14 изолятов, галактозу – 6, пептон – 6, что дает возможность предположить, что культуры способны сбраживать аминокислоты.

Следует отметить, что у большинства культур данный опыт проводился при 18 °С, так как данная температура являлась оптимальной для их роста.

Количественно способность сбраживать сахара или ее отсутствие определяли с использованием трубок Дунбара, в закрытом колене которых при положительной реакции накапливались газообразные продукты.

Положительных результатов в среде с глюкозой, сахарозой и галактозой кроме контрольной культуры выявлено не было, что дает возможность предположить, что антарктические изоляты дрожжей в используемых вариантах исследования не способны сбраживать углеводы с образованием газообразных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрожжи в современной биотехнологии / Т. Е. Банницына [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 1. – С. 24 – 29 с.

2. Айтжанова, А. А. Исследование бродильной активности спиртовых дрожжей / А. А. Айтжанова [и др.] // Инновационные технологии пищевых продуктов и оценка их качества: сб.ст / ФГБОУ «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления»; сост. : А. А. Айтжанова [и др.]. – Казахстан, 2016. – 5 с.

3. Лысак, В. В. Микробиология. Практикум : пособие / В. В. Лысак, Р. А. Желдакова, О. В. Фомина. – Минск: БГУ, 2015. – 115 с.

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДРОЖЖЕЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ АНТАРКТИКИ

Таксономия и систематика дрожжей до настоящего времени находится в процессе становления, несмотря на то, что первая классификация этих организмов была предложена еще в 1904 году. В современных научных исследованиях наибольшую достоверность в идентификации видов приобрели молекулярно-биологические методы, к которым можно отнести MALDI-TOF масс-спектрометрию и секвенирование участков ДНК.

Первичная идентификация видовой принадлежности проводилась с использованием масс-спектрометрического профилирования рибосомальных белков микроорганизмов, находящихся в экспоненциальной стадии роста при поддержке Института биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси. Метод основан на ионизации матрично-активированной лазерной десорбции/ионизации с детекцией во время пролетном масс-анализаторе высокого разрешения [1]. Данные после обработки анализировали с использованием системы управления базами данных BioType для идентификации микроорганизмов.

Полученные параметры достоверности в пределах от 1,700 до 1,999 («желтая область») позволили идентифицировать 7 изолятов до рода, из которых 6 были отнесены к *Sporobolomyces roseus* (изоляты 4-1, 4-7, 4-9, 4-10, 4-11 и 7-71) и один к *Pseudozyma aphidis* (изолят 1-15). Параметр достоверности в пределах от 2,000 до 2,299 («зеленая область») позволили достоверно идентифицировать до рода и возможна идентификация до вида изолята 1-32 как *Pseudozyma aphidis*. Одна культура дрожжей попала в диапазон 2,300-3,000 («зеленая область»), что позволило достоверно идентифицировать ее до вида (культура 2-2 – *Cryptococcus liquefaciens*). Остальные результаты параметров достоверности находились в «красной области» (значения показателей ниже 1,700), поэтому достоверно идентифицировать их не имелось возможности. Основной причиной являлось отсутствие в используемой базе данных таких видов дрожжей и данных о них.

Полученные результаты свидетельствовали о необходимости дальнейшей идентификации с использованием амплификации фрагментов ДНК с последующим секвенированием. Для идентификации

дрожжевых культур проводили амплификацию фрагмента 18S рДНК с использованием праймеров NS1-NS4 (размер фрагмента ~1100 пн) и межгенные участки окаймленные праймерами ITS1-ITS4, ITS1-LR3 и ITS1-LR5 (размер фрагментов ~600, 1200 и 1500 пн соответственно) (рисунок) [2].



Рисунок – Генетическая карта региона амплификации

Секвенирование проводили при поддержке Института микробиологии НАН Беларуси. На момент учета результатов были получены результаты секвенирования следующих образцов: ITS1-LR5: 3-39 - *Leucosporidium golubevii* с вероятностью идентификации 94.47 %; ITS1-ITS4: 7-180 - *Cystobasidium slooffiae* - 97.39 %, 4-1 - *Sporidiobolus* sp. - 98.18 %; 3-38 - *Rhodotorula* sp. - 96.53 %; 4-7 - *Sporobolomyces roseus* - 94.31 %; 1-16.1 - *Leucosporidium fragaria* - 93.96 %; 1-16.2 - *Leucosporidium fragaria* - 95.93 %; NS1-NS4: Echo - *Sydowia polyspora*-87.17 %.

Согласно информации базы данных Index Fungorum идентифицированные изоляты дрожжей относятся к базидиомицетам, за исключением изолята Echo, который по систематическому положению относится к аскомицетным видам дрожжей.

Работа по дальнейшей идентификации антарктических изолятов дрожжей ведется и далее.

ЛИТЕРАТУРА

1. He C., Feng J., Su J., Zhang T., Yu L. Application of Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry for the Rapid Identification of Yeast Species From Polar Regions / C. He // Front. Microbiol. – 2022. – Vol.13.

2. Savchik A.V., Kanterova A.V., Leonovich S.I., Ladutko E.I., Novik G.I. Molecular genetic identification of yeast from the fund of the belarusian collection of non-pathogenic microorganism / A. V. Savchik [et al.] // Food Industry: Science and Technology. – 2020. – vol. 13, №3 (49). – pp. 61–69.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕНАТУРИРУЮЩИХ ДОБАВОК В СПИРТСОДЕРЖАЩИХ ЖИДКОСТЯХ

На современном этапе развития межгосударственных рыночных отношений значительное количество продукции требует применения дифференцированных методов определения денатурирующих добавок в спиртосодержащих жидкостях.

Это необходимо для определения качества поступающей на рынок алкогольной продукции и спиртосодержащих жидкостей. Так, законодательная база Республики Беларусь, запрещает статьей 11 «производство и (или) оборот непивной спиртосодержащей продукции (за исключением антисептических лекарственных и ветеринарных средств) и непивных продуктов с объемной долей этилового спирта более 80 процентов, относящихся к непивному этиловому спирту (за исключением этилового ректифицированного технического спирта), без денатурирующих добавок и (или) компонентов, изменяющих органолептические свойства этилового спирта, получаемого из пищевого сырья, непивного этилового спирта...» [1].

Перечень указанных денатурирующих добавок и (или) компонентов, их процентное содержание утверждаются Советом Министров Республики Беларусь [2].

В государственном стандарте Республики Беларусь применяют следующие термины с соответствующими определениями:

– денатурированный этиловый спирт; денатурат – смесь, состоящая из технического этилового спирта, денатурирующей добавки и красителя, с содержанием этилового спирта более 80% по объему.

– денатурирующая добавка – вещество, добавляемое в технический этиловый спирт с целью исключения возможности использования его в производстве алкогольной и спиртосодержащей пищевой продукции [2].

Для определения денатурирующих добавок используют несколько основных методов: тонкослойная хроматография; газовая хроматография с пламенно-ионизационным детектором; ИК-спектрофотометрия; газожидкостная хроматография; хромато-масс-спектрометрия и т.д.

Экспериментальные исследования проводились во время прохождения производственной преддипломной практики в марте 2022 г.

в отделе исследования спиртосодержащих жидкостей, полимерных материалов и веществ неизвестной природы управления физико-химических и взрывотехнических экспертиз Государственного комитета судебных экспертиз.

Были исследованы два образца:

1. Бутыль, изготовленная из прозрачного бесцветного полимерного материала, закрыта крышкой из непрозрачного полимерного материала желтого цвета, целостность укупорки не нарушена. На боковой поверхности бутылки имеется художественно оформленная этикетка: «Автомобильный стеклоомыватель Кругозор-20». В бутылке находится непрозрачная жидкость голубого цвета.

2. Флакон, изготовленный из стекла, закрыт крышкой из непрозрачного полимерного материала красного цвета, целостность укупорки не нарушена. На боковой поверхности флакона имеется художественно оформленная этикетка: «Красная Москва». Во флаконе находится непрозрачная жидкость оранжевого цвета.

Исследование образцов проводили с использованием хромато-масс-спектрометрической системы Agilent Technologies GC6850Network/MSD5977B, укомплектованной капиллярной колонкой DB 5MS [(5%-Phenyl)-methylpolysiloxane, J&W 122-5532] длиной 30 м, внутренним диаметром 0,25 мм, с толщиной пленки неподвижной фазы 0,25 мкм.

В результате анализа получены хроматограммы и масс-спектры образцов. Для обнаружения в их составе денатония бензоата (битрекса) и диэтилфталата был произведен поиск по молекулярным и характеристичным ионам, образующимся в соответствии с основными направлениями фрагментации молекулы битрекса и диэтилфталата, соответственно, в процессе электронной ионизации.

На основании результатов исследований, проведенных с использованием метода хромато-масс-спектрометрии, можно сделать вывод о том, что исследованные образцы содержат в своем составе денатурирующие добавки (диэтилфталат и денатоний бензоат).

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь № 429-З «О государственном регулировании производства и оборота алкогольной, непивной спиртосодержащей продукции и непивного этилового спирта» от 27.08.2008 г.

2. Спирт этиловый денатурированный: СТБ 645-2004. – Введ. 30.03.2004. – Минск: Госстандарт Республики Беларусь, 2004. – 20 с.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЖЕВАТЕЛЬНЫХ ТАБЛЕТОК

Целью исследования является разработка жевательных таблеток силденафила цитрата. Было проведено исследование лекарственного препарата «Вивайра, таблетки жевательные». Средняя масса исследуемого препарата составила 580 мг.

Горький вкус силденафила цитрата маскируем полакрилином калия. Для активации его действия необходимо определенное количество воды. Рассмотрели несколько вариантов процентного содержания воды по отношению к сухому веществу.

Таблица 1 – Процентное содержание воды

Вариант	Масса воды, г	Содержание воды, % к сухому веществу	Наблюдения
1	1,34	16	Липнет к стенкам ступки, горчит
2	2,44	18	Липнет и горчит меньше
3	3,45	41	Не липнет, горечь меньше
4	4,11	49	Не липнет, горечь увеличилась

На основе полученных данных сделали вывод, что оптимальное содержание воды составляет 40% от суммарной массы силденафила цитрата и полакрилина калия.

Для придания сладости таблетке необходимо добавить подсластитель. Мы выбрали следующие вспомогательные вещества: аспартам и ацесульфам калия. Рассмотрели содержание подсластителей в количестве 1, 1,5 и 2% от массы таблетки. На основании опытных данных выбрали аспартам в концентрации 1,5%.

Для выбора наполнителя и определения необходимости связующего была изучена насыпная плотность отдельных компонентов и произведенных таблеточных смесей. В качестве наполнителя рассмотрели лактозы моногидрат с размером частиц 200 mesh (74 мкм), микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) и крахмал кукурузный. Для достижения плотности таблеточной смеси значения близкого к 0,7 г/мл, в нее необходимо добавить связующие вещества (повидон) в количестве 2%. В результате в качестве наполнителя была выбран лактозы моногидрат-200.

Таблица 2 – Насыпная плотность

Вещество	Силденафила цитрат	МКЦ	Лактоза моногидрат	Крахмал кукурузный	Таблеточная смесь	Гранулят со связующим
Насыпная плотность, г/мл	0,357	0,487	0,546	0,730	0,442	0,667

Так как без дезинтегранта таблетка не будет распадаться, добавили кроскармеллозу натрия в количестве 2,5 % от массы таблетки.

Для улучшения органолептических свойств таблетки было решено добавить ароматизатор «Мята» в количестве 0,5 % от массы таблетки.

Для исключения залипаний при таблетировании в таблеточную смесь было решено добавить лубрикант магния стеарат в количестве 1 % от массы таблетки.

В результате был разработан следующий состав таблеток.

Таблица 3 – Состав жевательных таблеток

Наименование ингредиента	Количество на одну таблетку, мг	Назначение ингредиента
Силденафила цитрат	140,5	Действующее вещество
Полакрилин калия	105,0	Корригент вкуса
Повидон	11,6	Связующее
Магния стеарат	5,8	Лубрикант
Аспартам	8,7	Подсластитель
«Мята»	2,9	Ароматизатор
Кроскармеллоза натрия	14,5	Дезинтегрант
Лактоза моногидрат	291,0	Наполнитель

ЛИТЕРАТУРА

1. Европейская фармакопея. 7.0 [Текст] : [публикуется в соответствии с Конвенцией о разработке Европейской Фармакопеи (Серия Европейских договоров № 50)]. – 7-е изд. – Москва : Ремедиум, 2011.

2. Росминздрав [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: https://grls.rosminzdrav.ru/Grls_View_v2.aspx?routingGuid=de4efaaa-ce50-4f5e-aec3-1bd02128a42a&t. – Дата доступа: 18.04.2022.

3. Чуешов, В.И. Промышленная технология лекарств [Текст]: в 2-х т. / В. И. Чуешов, М. Ю. Чернов, Л. М. Хохлова и др.; МТК-Книга, 2002. – 716 с. – 2 т.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЭРАЦИИ НА КАТАЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ АЭРОБНОГО ФЛОКУЛИРОВАННОГО ИЛА

Для оптимизации процессов биологической очистки построенные в прошлом веке сооружения биологической очистки реконструируются: в аэротенках предусматриваются зоны с разным снабжением ила кислородом воздуха, в том числе – с продленной аэрацией, предусматривается размещение носителей для закрепления биомассы. Для таких систем оценка дыхательной активности ила с целью быстрого установления активности процессов утилизации органических веществ, будет несостоятельной. Перспективным становится использование каталазной активности ила [1]. Активные формы кислорода (например, перекись водорода) образуются в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ. Роль каталаз заключается в разрушении этих форм кислорода, и в целом оценка их активности характеризует количество таких активных форм, и потому – активность разрушения органических веществ в целом. Отметим, что экстремально большие значения активности каталаз станут сигналом для технологов, что на активный ил оказывается негативное воздействие [2], что позволяет при разумном подходе шире использовать эту систему ферментов.

Нами была поставлена цель изучить влияние различных условий аэрации на каталазную активность флокулированного активного ила.

Для определения каталазной активности ила использовали метод, основанный на измерении скорости распада перекиси водорода при взаимодействии ее с активным илом по объему выделяющегося газообразного кислорода, активность выражали в см³ кислорода, выделяемого 1 г сухого вещества ила в мин.

Моделирование условий очистки проводили в биореакторах на основе конических колб с плоским днищем объёмом 250 см³. В каждый вносили 90 см³ отстаиванной водопроводной воды и 10 см³ иловой жидкости, отобранной из аэротенка Минской очистной станции. Подпитку осуществляли с использованием модельной сточной воды на основе глюкозы, дрожжевого экстракта и источников азота, фосфора, калия и других элементов, необходимых для роста клеток, в режиме замены равноценных объемов осветленной жидкости из модельных биореакторов на модельную сточную воду 1 раз в сутки, объем замены – 25 см³.

Биореакторы помещали в разные условия перемешивания и встряхивания с использованием шюттелей-инкубаторов, неизменной была температура 25 °С состав и количество сточной воды. Для моделирования условий интенсивной аэрации (АЭР инт) содержимое колб перемешивалось и встряхивалось при 120 об./мин, средней аэрации (АЭР ср) – осуществляли перемешивание иловой жидкости без встряхивания при 90 об./мин, аноксидные условия (АНОКС) создавались путем незначительного встряхивания жидкого содержимого без видимого перемешивания иловой жидкости. Сначала все биореакторы поместили в два варианта условий (АЭР инт и АНОКС) в течение двух недель и определили каталазную активность, затем часть биореакторов из обеих групп осталась при тех же условиях, а часть была перенесена в отличающиеся варианты условий аэрации: АЭР инт, АЭР ср, АНОКС для оценки изменений каталазной активности. Результаты исследований представлены на схеме.

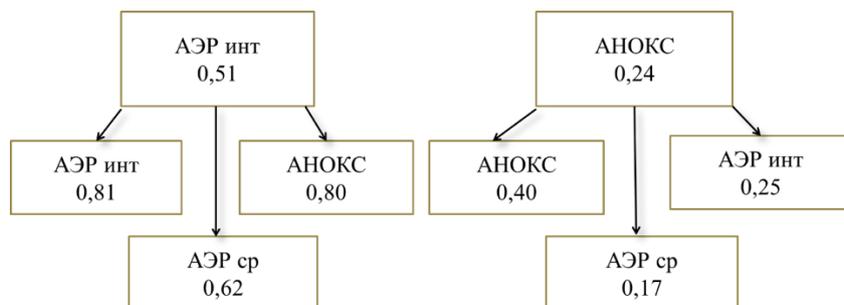


Рисунок – Результаты исследований

Увеличение каталазной активности для ила, выдерживавшегося в неизменных условиях по аэрации, на 60% может быть связано с увеличением количества бактерий в объеме биореактора и недостаточным отведением продуктов метаболизма. Снижение интенсивности аэрации для ила, выдерживавшегося в условиях интенсивной аэрации, не приводит к значимому снижению каталазной активности (активность на уровне 0,62-0,80 см³/(г·мин)), тогда как повышение интенсивности аэрации для ила, выдерживавшегося в аноксидных условиях, приводит к снижению этого показателя (корректно сравнивать 0,40 и 0,17-0,25 см³/(г·мин)).

ЛИТЕРАТУРА

1. Закиров, Р. К. Ферментативная диагностика промышленных илов в процессах продленной аэрации сточных вод / Р.К. Закиров [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 2. – С. 33–40.
2. Тимофеева, С.С. Энзимоиндикация качества очистки сточных вод в аэротенке / С.С. Тимофеева // Химия и технология воды. – 1987. – Т.9. – №5. – С. 444–449.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЭРАЦИИ НА ДЕГИДРОГЕНАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ АЭРОБНОГО ФЛОКУЛИРОВАННОГО ИЛА

Для оценки физиологического состояния активного ила и контроля работы очистных сооружений используется система расчетов активности потребления органических веществ и биогенных элементов, гидробиологический и бактериологический анализ.

Перспективной в плане экспрессности определения состояния активного ила становятся методы оценки биохимической активности ферментных систем бактериальной биомассы ила – например, используется оценка активности ферментов дыхательной цепи. Количественное определение дегидрогеназ [1] позволяет судить о напряженности окислительного процесса и оценить биологическую токсичность примесей производственных сточных вод.

Цель работы – определить влияние условий аэрации на дегидрогеназную активность ила.

Методы исследования, использованные в исследовании, включают установление дозы ила, г/дм³, и дегидрогеназной активности ила, выраженной в мг формазана (продукта окислительно-восстановительной реакции) на 1 г сухого вещества ила [2].

Моделирование условий очистки проводили в биореакторах на основе конических колб, с плоским дном объемом 250 см³. В каждый вносили 90 см³ отстаиваемой водопроводной воды и 10 см³ иловой жидкости, отобранной из аэротенка Минской очистной станции. Подпитку осуществляли с использованием модельной сточной воды на основе глюкозы, дрожжевого экстракта и источников азота, фосфора, калия и других элементов, необходимых для роста клеток, в режиме замены равноценных объемов осветленной жидкости из модельных биореакторов на модельную сточную воду 1 раз в сутки, объем замены – 25 см³.

Биореакторы помещали в разные условия перемешивания и встряхивания с использованием шюттелей-инкубаторов, неизменной была температура 25 °С состав и количество сточной воды.

Для моделирования условий интенсивной аэрации (АЭР инт) содержимое колб перемешивалось и встряхивалось при 120 об./мин, средней аэрации (АЭР ср) – осуществляли перемешивание иловой жидкости без встряхивания при 90 об./мин, аноксидные условия (АНОКС) создавались путем незначительного встряхивания жидкого содержимого

без видимого перемешивания иловой жидкости. Сначала все биореакторы поместили в два варианта условий (АЭР инт и АНОКС) в течение двух недель и определили дегидрогеназную активность, затем часть биореакторов из обеих групп осталась при тех же условиях, а часть была перенесена в отличающиеся варианты условий аэрации: АЭР инт, АЭР ср, АНОКС для оценки изменений дегидрогеназной активности. Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица – Дегидрогеназная активность ила, выдерживавшегося в разных условиях по интенсивности растворения кислорода воздуха, $\times 10^3$, мг/г

Условия аэрации в начале проведения испытаний (доза ила около 1 г/дм ³)	Условия аэрации после их изменения (доза ила около 3 г/дм ³)		
АНОКС	АНОКС	АЭР ср	АЭР инт
72	9	32	30
АЭР инт	АНОКС	АЭР ср	АЭР инт
75	8	97	41

С повышением дозы ила при неизменной аэрации ухудшаются условия снабжения его кислородом воздуха, что приводит к уменьшению его дегидрогеназной активности. Повышение интенсивности аэрации приводит к увеличению дегидрогеназной активности ила относительно условий с неизменной аэрацией.

Незначительное снижение интенсивности аэрации привело в условиях эксперимента к увеличению дегидрогеназной активности, а значительное – приводит к установлению ДАИ на уровне 0,008 мг/г, характерному, видимо, для аноксидных условий в условиях нашего эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рымовская, М. В. Условия проведения и способы оценки результатов анализа дегидрогеназной активности ила городских очистных сооружений / Рымовская М. В., Федюк О. В., Харченко Э. А. // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы международной научно-практической конференции, Минск, 26-28 апреля 2014 г. / Белор. гос. технол. ун-т; редкол.: Жарский И. М. [и др.]. – Минск: БГТУ, 2014. – С. 357-361.

2. Инструкция по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах. Часть III / [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://law.rufox.ru/view/9/2443.htm>. – Дата доступа: 12.04.2022.

ОЦЕНКА ДЕСТРУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА АНАЭРОБНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО ИЛА ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ НАГРУЗКИ ПО ОРГАНИЧЕСКИМ ВЕЩЕСТВАМ

Анаэробный метод широко используется для очистки сточных вод различных предприятий. Достоинствами этого метода являются: низкое энергопотребление, малый прирост биомассы, генерация биогаза, очистка высокозагрязненных сточных вод, стабильность избыточного активного ила. Использование биореакторов с гранулированным активным илом позволяет значительно интенсифицировать процесс очистки за счет создания экстремально большой сухой массы активного ила. Анаэробные биореакторы с гранулированным активным илом с 2013 года начали эксплуатироваться и в нашей республике, однако достаточного эксплуатационного опыта для обеспечения стабильной их работы пока нет.

Цель исследования – оценить деструкционный потенциал анаэробного гранулированного активного ила при варьировании нагрузки по органическим веществам.

Объектами исследования являлись 18 лабораторных анаэробных биореакторов с гранулированным активным илом рабочим объемом 200 см³, из которых 50 см³ занимает гранулированный ил, 150 см³ очищаемая вода. Для подпитки микроорганизмов ила органическими веществами использовали модельную сточную воду молокоперерабатывающего производства, ее готовили на основе сухой сладкой сыворотки с внесением нитрата натрия, поскольку мойка оборудования на предприятиях отрасли происходит с использованием растворов щелочи и азотной кислоты.

Неизменные условия эксперимента – температура 30°C, перемешивание 1 раз в сутки во время подпитки или отбора проб, коррекция рН щелочным агентом в виде 10% растворов при снижении этого показателя до 6,5 и ниже. В условиях эксперимента варьировались реагент для регулирования рН (гидрокарбоната натрия, водного раствора аммиака и гидроксида натрия) и нагрузка по органическим веществам (1, 3 и 6 кг ХПК/м³) с изучением каждого из сочетаний. Оценку деструк-

ционного потенциала проводили с использованием показателей эффективности очистки, %, и скорости утилизации органических загрязнителей сточных вод микроорганизмами активного ила, кг ХПК/(м³·сут).

Для расчета этих показателей использовали результаты анализа жидкости из биореактора по показателю ХПК сразу после внесения модельной сточной воды и через определенные промежутки времени (1, 3, 5, 7 сут).

Во всех биореакторах наблюдалось колебание показателя ХПК вне зависимости от нагрузки. Этот факт связывали с присутствием в системе биореактора биополимерных органических загрязнителей (белков), которые гидролизировались с образованием растворимых веществ при активизации работы микроорганизмов ила. Этим же фактом объясняются в некоторых случаях отрицательные значения эффективности очистки воды. В системе с нормальной нагрузкой по органическим веществам и коррекцией рН аммиаком наблюдался рост ХПК к концу эксперимента. Можно предположить, что это было вызвано накоплением аммонийных солей органических кислот.

На деструкционный потенциал гранулированного активного ила значительное влияние оказывает рН в системе биореактора (на рисунке приведены значения рН в биореакторах на 5-е сутки после начала эксперимента).

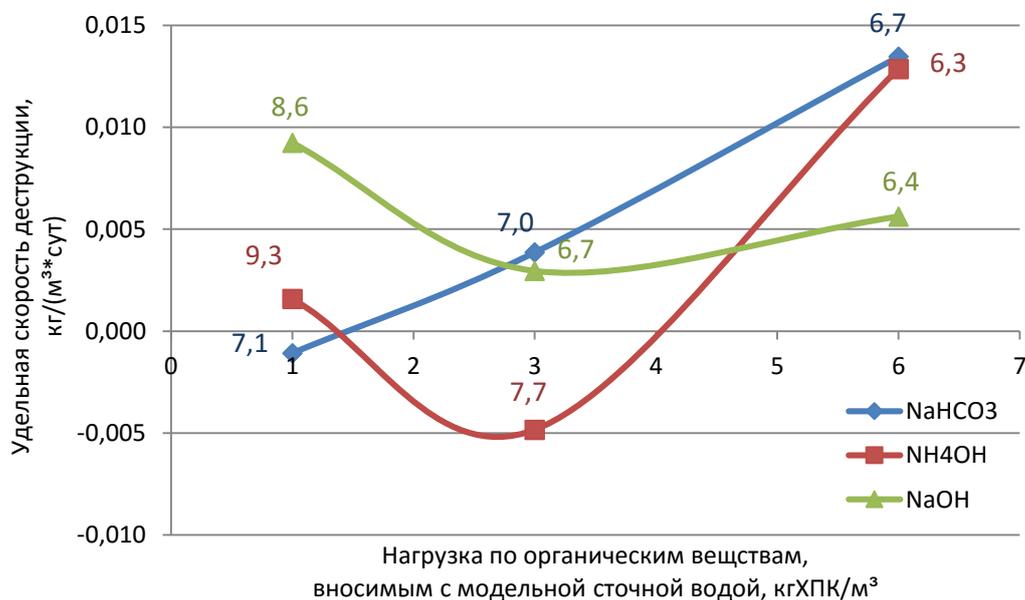


Рисунок – Оценка деструкционного потенциала анаэробного ила

Удельная скорость деструкции меньше ожидаемой (в установившемся режиме для промышленного биореактора составляет около 0,5 кг ХПК/(м³·сут) при нагрузке 1 кг ХПК/(м³·сут)), поскольку в системе биореакторов не было организовано перемешивания и режим подпитки на стадии пуска и исследования не был непрерывным.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ АНАЭРОБНОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО ИЛА ИЗ БИОРЕАКТОРОВ, РАБОТАЮЩИХ В ПОЛУНЕПРЕРЫВНОМ РЕЖИМЕ

Анаэробные технологии очистки сточных вод достаточно бурно развиваются в настоящее время, однако пока считаются нестабильным и сложным для контроля процессом вследствие недостатка практического опыта управления биохимическими процессами спонтанно развивающегося в условиях процесса биоценоза. Системы с гранулированным анаэробным активным илом для очистки сточных вод привлекательны для использования по причине высокой концентрации биомассы ила, хорошо удерживаемой в объеме биореактора, такие биореакторы используются и в Республике Беларусь.

Цель исследования – изучить состав и свойства анаэробного гранулированного активного ила из биореакторов, работающих в полунепрерывном режиме при варьировании нагрузки по органическим веществам.

Объектами исследования являлись 18 лабораторных анаэробных биореакторов с гранулированным активным илом рабочим объемом 200 см³, из которых 50 см³ занимает гранулированный ил, 150 см³ очищаемая вода. Для подпитки микроорганизмов ила органическими веществами использовали модельную сточную воду молокоперерабатывающего производства. Биореакторы выдерживали в суховоздушном термостате при 30°C, перемешивали содержимое 1 раз в сутки во время подпитки или отбора проб, коррекцию рН осуществляли щелочным агентом в виде 10% растворов при снижении до 6,5 и ниже. В условиях эксперимента использовались три варианта реагентов для регулирования рН в виде 10 % растворов (гидрокарбонат натрия, водный раствор аммиака и гидроксид натрия).

Состав активного ила оценивали визуально (размер, форма, целостность гранул, появление биопленок на поверхности раздела жидкость-газ), биологически очищенную воду микроскопировали и высевали на сусло-агар. В результате лабораторных биореакторов в течение разрушения гранул практически не было, цвет и форма не изменялись, поверхность оставалась гладкой, при микроскопировании в отраженном свете были видны мелкие фрагменты темного цвета.

На этапе пуска биореакторов и затем в некоторых случаях при перегрузке по органическим веществам наблюдали образование на поверхности раздела фаз биопленки, образованной мицелиальными и дрожжеподобными грибами. Этот факт связали с подкислением и недостаточно восстановительными условиями содержимого биореактора. Свойства активного ила оценивали по плотности гранул ила относительно жидкости в биореакторе и по биохимической активности ила, последняя оценивалась путем высева в объем плотных питательных сред, содержащих единственный источник углерода – лактозу или уксусную кислоту, и имеющих два варианта рН – нейтральный и слабнокислый. В соответствии со схемой биохимических процессов в сообществе анаэробных микроорганизмов (рис.) по накоплению газообразных продуктов метаболизма в объеме плотной среды в первом случае судили об активности работы бактерий-гидролитиков и кислотогенов, во втором – метаногенов. Высев жидкости из биореактора делали в период пуска в условиях недостаточной подпитки (менее 0,1 кгХПК/м³) и через 1 сутки после внесения подпитки (1, 3 и 6 кг ХПК/м³).

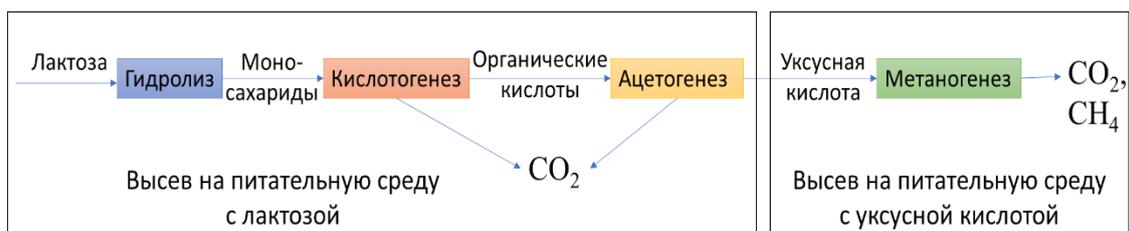


Рисунок – Газообразование при утилизации лактозы и уксусной кислоты

Плотность гранул больше, чем плотность жидкости в биореакторах, активный ил находится на дне. При наличии газовой выделении в биореакторе и однократном перемешивании наблюдалось всплывание гранул (части или всех), при повторном перемешивании они снова опускались вниз.

В результате высева содержимого биореактора в период пуска во всех биореакторах при двух вариантах рН отмечено газообразование на среде с лактозой, тогда как на среде с уксусной кислотой газообразование наблюдалось в 3 случаях из 36. Повышение нагрузки по органическим загрязнителям приводит к газообразованию на средах с лактозой при рН 7,0-7,2 во всех случаях, тогда как при рН 5,6-6,2 газообразование наблюдалось только при низких нагрузках по органическим веществам. Высев на средах с уксусной кислотой сопровождался газообразованием только при высоких нагрузках по органическим веществам при рН 5,6-6,2 и 7,0-7,2. Выбор реагента для регулирования рН оказывал незначительное влияние.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ВЫЯВЛЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ВИНМАТЕРИАЛОВ

Несмотря на сложный химический состав натурального виноградного вина, в последнее время оно все чаще становится объектом фальсификации. Большую часть поддельной винодельческой продукции составляет суррогатная продукция и продукция, произведенная с нарушением основных правил и регламентов производства [1].

Наиболее распространенными способами фальсификации винодельческой продукции являются [2]: петиотизация (сбраживание виноградной выжимки на сахарном сиропе), шеелизация (добавление глицерина в излишне кислые вина для корректировки органолептических показателей), галлизация (разбавление вина водой и доведение крепости до исходной техническим этанолом), а также использование синтетических красителей для исправления некачественных красных вин или для маскировки дешёвых белых вин под дорогие красные вина. Основным способом выявления петиотизации является определение содержания пролина. В натуральных белых винах содержание пролина составляет от 100 до 800 мг/дм³ (в красных винах до 2000 мг/дм³), а в виноградной выжимке – не более 30 мг/дм³ [3]. Метод основан на проведении реакции с нингидрином, в ходе которой пролин даёт жёлтое окрашивание. Его концентрация определяется на спектрофотометре в стеклянных кюветах толщиной 1 см и длине волны 509 нм. Выявление шеелизации также возможно с помощью спектрофотометра. Содержание глицерина в натуральных винах – до 15 г/дм³, но в случае шеелизации это значение будет превышено. Данный метод основан на окислении глицерина вина йодной кислотой с образованием формальдегида, который вступает в реакцию с флороглюцином, образуя окрашенное соединение с максимумом поглощения при длине волны 480 нм. Предварительно виноматериал пропускают через анионообменную смолу для фиксации сахаров, маннитов и сорбитов. На рисунке 1 представлены градуировочные графики для определения пролина и глицерина. Для выявления галлизации возможно применение ИК-спектроскопии. При оценке возможности применения метода проводили намеренную фальсификацию путём добавления воды в вино объёмом 30% от исходного объёма вина, т. к. данная степень разбавления соответствует границе органолептического определения фальсификации путём разбавления [3]. При анализе ИК-спектров была выявлена полоса поглощения,

интенсивность которой при галлизации значительно снижалась. Данная полоса поглощения лежит в диапазоне 1100-1300 см⁻¹. Таким образом, ИК-спектроскопию возможно применять в качестве метода выявления галлизации, однако для этого необходимо иметь контрольный спектр неразбавленного исследуемого виноматериала.

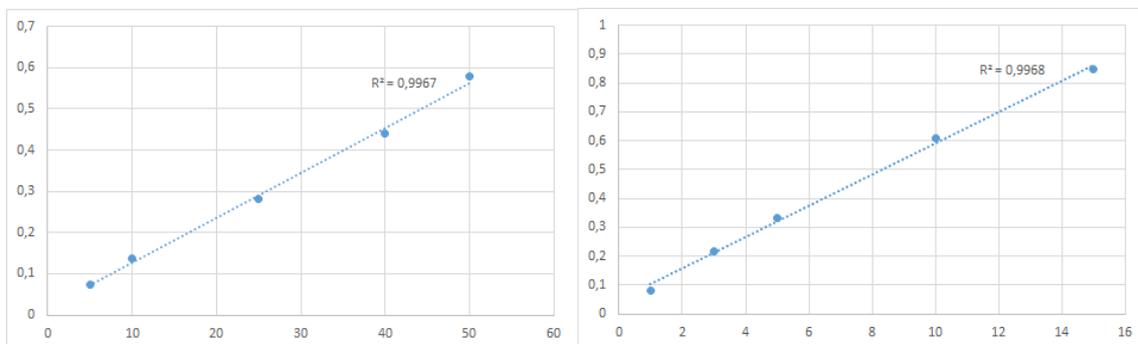


Рисунок 1 – Градуировочные графики для определения концентрации пролина (слева) и глицерина (справа)

Доступным методом определения синтетических красителей является метод ТСХ. Виноматериал обрабатывали порошком полиамидной смолы для фиксации красителей в течение 2 ч при постоянном перемешивании. Натуральные красители элюировали 50 % раствором уксусной кислоты, а синтетические – 5 % раствором аммиака в метаноле. Подвижная фаза – смесь хлороформ:метанол в соотношении 9:1. Результаты ТСХ представлены на рисунке 2. Примечание: 1 – стандартный раствор конго красного; 2,5 – натуральный виноматериал; 3 – виноматериал, содержащий конго красный; 4 – стандартный раствор тартразина; 6 – виноматериал, содержащий тартразин.

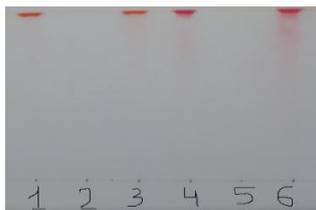


Рисунок 2 – Хроматограмма для определения синтетических красителей

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева, М.А., Положишникова, М.А. Идентификация и обнаружение фальсификации продовольственных товаров: учебное пособие. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. – 464 с.
2. Holmberg, L. Wine fraud // International Journal of Wine Research. 2010. V. 2. P. 105–113.
3. Вино – энциклопедия виноделия [Электронный ресурс] / Фальсификация. Режим доступа: <https://eniw.ru/>. Дата доступа: 05.04.2022.

ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ЛИОФИЛЬНОЙ СУШКЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ

Перед нами стояла задача получить растительные порошки из растительных настоек экстрактов. В качестве объекта для изучения использовали экстракт ягод голубики, полученный с помощью аппарата Сокслета. После удаления этилового спирта из экстракта с помощью вакуум-выпарной установки (ИКА RV 05 basic), концентрат был подвергнут лиофильному высушиванию. Для этого использовали лиофильную сушилку Cool Safe 100-9 PRO. Однако в ходе сушки была отмечена такая особенность: растительные образцы невозможно высушить до порошкообразного состояния т. к. получается вязкая, клейкая субстанция, представленная на рис. б, которая при увеличении времени сушки не изменяет свой внешний вид. Поэтому нами был произведен литературный поиск, в ходе которого установили, что для получения растительных порошков можно в жидкий образец внести определенное количество Трилона Б. Данное вещество обладает хорошей растворимостью в воде, применяется в качестве антиоксиданта. На рисунке а показан образец экстракта, высушенный с добавлением указанной добавки.



а – с добавлением Трилона Б

б – без добавок

Рисунок – Лиофильная сушка образцов растительного экстракта

Дальнейшая работа будет направлена на определение оптимальной концентрации Трилона Б, которую необходимо вносить в образец для получения растительных порошков.

УДК 582.883.4

Учащ. Д.В. Булат, Д.В. Шикарев (Национальный детский технопарк)

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

ЛЕДЕНЦЫ НА ОСНОВЕ ЭВКАЛИПТА ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ИММУНИТЕТА

Медицинские профилактические и лечебные препараты прочно вошли в жизнь каждого человека. Домашняя аптечка увеличилась до колоссальных размеров. Почти каждый человек периодически или систематически употребляет те или иные лекарства.

Потребители становятся более избирательными и ориентируются в своем выборе не только на эффективность данного препарата, но и на форму выпуска, натуральное или синтетическое сырье использовалось для его создания. Большое внимание уделяется вкусу и аромату препарата.

Все выше перечисленным требованиям соответствуют леденцы на основе природного лекарственного растительного сырья. Основным преимуществом такой формы выпуска является простота и удобство в использовании, приятный вкус и отсутствие психологических барьеров при употреблении лекарств особенно у детей.

В связи с пандемией COVID-19, актуальность разработки новых препаратов, повышающих иммунитет организма, еще больше возросла. Кроме того, существенно выросли не только продажи лекарственных препаратов, но и цены на них. Именно по этой причине, появление на отечественном рынке нового продукта, позволяющего улучшить состояние иммунной системы человека, на наш взгляд, будет востребовано.

Цель работы состояла в получении леденцов на основе экстракта из листьев эвкалипта.

Листья эвкалипта используют в качестве средства способствующего повышению сопротивляемости организма к негативным факторам окружающей среды и могут применяться для профилактики ОРВИ.

При этом разрабатываемый продукт будет вкусным, полезным, натуральным, без дополнительных консервантов и существенно дешевле лекарственных аналогов. Однако необходимо отметить, что предлагаемый нами продукт ни в коей мере не может стать заменой лекарственным средствам, назначаемых врачами.

Родиной эвкалипта является Австралия, хотя сегодня это растение выращивают во многих других странах. Лечебные свойства листьев эвкалипта обусловлены наличием в их составе эфирного масла. В настоящее время из природного сырья готовят настои, отвары, а также

получают эфирное масло. Эвкалиптол (монотерпен 1,8-цинеол, рис. 1) – главное действующее вещество эвкалиптового масла – обладает антибактериальной активностью.

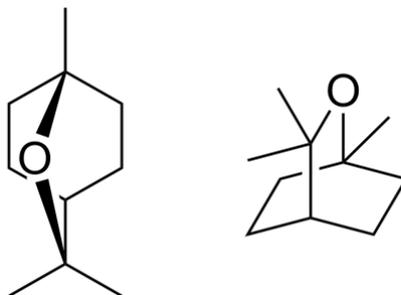


Рисунок 1 – Цинеол (эвкалиптол)

Препараты на основе эвкалипта часто назначают в качестве отхаркивающего средства при сухом кашле, для полоскания горла при ЛОР и ОРВИ-инфекциях, используют в качестве антисептика и седативного средства при депрессиях, апатиях, хронической усталости.

Особенностью предлагаемой нами рецептуры леденцов является использование водно-спиртовой настойки (64%) листьев эвкалипта.

Растительное сырье настаивали в водно-спиртовой смеси в соотношении 1:5 в течение 3 суток. Полученную настойку отфильтровали, извлечение было буро-зеленого цвета со специфическим ароматом (запах эвкалипта). Проанализировали полученную настойку по следующим показателям: экстрактивные вещества, антоцианы, сумма флавоноидов.

Теоретически (на основании инструкции по приему настойки листьев эвкалипта) рассчитали суточную норму потребления настойки. Установленное количество настойки добавляли к смеси для приготовления леденцов. При этом на упаковке леденцов необходимо указать рекомендуемое количество конфет, которое можно употребить в течение суток.

Для приготовления леденцов взяли установленное количество настойки, добавили сахара, воду и лимонную кислоту. Полученную смесь нагревали до получения однородной смеси. Карамелизованную смесь разлили в заранее подготовленные формочки. Цвет полученных леденцов – темно-медовый, вкус – сладкий и легкой кислинкой, аромат – запах листьев эвкалипта.

Таким образом, на основе полученной настойки листьев эвкалипта приготовили леденцы с лечебно-профилактическими свойствами для укрепления иммунитета.

УДК 615.451.16+615.322

Учащ. Т.В. Зарихта (Национальный детский технопарк)

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

РАЗРАБОТКА НОВОЙ РЕЦЕПТУРЫ ГЕЙЗЕРОВ ДЛЯ ВАНН НА ОСНОВЕ ПУСТЫРНИКА

Гейзеры для ванн – это смесь влажных и сухих ингредиентов, которые с помощью специальных форм упакованы, отформованы и высушены. Гейзер при контакте с водой начинает эффективно бурлить и, в зависимости от наличия в гейзере ароматизаторов, выделять приятный запах. Гейзер для ванн не только улучшает эмоциональное состояние человека при их использовании, но и может проявлять полезные свойства. Гейзеры тонизируют, благоприятно воздействуют на кожу, оздоравливают, помогают снять стресс, отвлечься от забот, да и в целом улучшают психофизическое состояние организма.

Польза данного продукта напрямую зависит от того, что входит в его состав. В состав гейзеров могут вводить эфирные масла, увлажняющие крема, ароматизаторы, красители и др. Также в гейзеры можно добавить экстракты различных трав. В данной работе представлены результаты разработки нового состава гейзера с добавлением экстракта травы пустырника. На наш взгляд весьма актуальным является разработка гейзеров с добавлением экстрактов лекарственных трав, так как использование гейзера – это альтернативный способ употребления лекарственного растительного сырья и получения хорошего эффекта. Использование такого гейзера может, в некоторых случаях, заменить использование спиртовой настойки растительного сырья.

На первом этапе работы был проведён фармакогностический анализ растительного сырья. Далее получена настойка на основе водно-спиртовой смеси и растительного сырья. Настойка была проанализирована на содержание различных групп биологически активных веществ. Разработанные образцы гейзеров с пустырником представлены на рисунке.



Рисунок – Гейзер для ванн с использованием настойки пустырника

УДК 615.47.014.47

Учащ. Д.В. Кажуро, А.С. Жинь (Национальный детский технопарк)

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

НОВЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ ЛЕЙКОПЛАСТЫРИ

Пластырь, как указано в Большой медицинской энциклопедии, – это лекарственная форма в виде пластичной массы, обладающая способностью размягчаться при температуре тела и прилипнуть к коже, или в виде той же массы на плоском носителе, предназначенная для наружного применения.

В настоящее время в любой аптечке можно найти данный продукт. Он удобен в обращении, подходит для использования в любой ситуации, благодаря наличию большого разнообразия пластырей. Это и образцы на тканевой, не тканевой, шелковой основе, а также полимерные пластыри.

Пластыри выполняют следующие основные функции: защищают от патогенных микроорганизмов и механических повреждений, а также ускоряют процесс заживления. Кроме того, если пластырь имеет дополнительную пропитку, он способен выполнять и другие функции. Например, лейкопластырь с перцовой пропиткой оказывает согревающее действие, с пропиткой из никотина используется для борьбы с курением и т.д.

Однако, как показал анализ отечественного фармацевтического рынка, ассортимент лечебных лейкопластырей в настоящее время очень ограничен. Поэтому, на наш взгляд, весьма актуальным является разработка новых вариантов таких изделий.

На первом этапе нашей работы мы провели анализ местного растительного сырья и определили наиболее перспективные лекарственные травы, которые можно использовать для создания новых видов лечебных лейкопластырей.

Далее нами было проанализировано отобранное растительное сырье в соответствии с требованиями товароведческого, микроскопического и фитохимического анализа.

Следующим этапом работы было получение настойки на основе водно-спиртовой смеси (экстрагент) и растительного сырья.

Полученная настойка была проанализирована на содержание различных групп биологически активных веществ.

На последнем этапе были сделаны лабораторные образцы лейкопластыря, пропитанного полученной настойкой.

УДК 595.799+595.422

Учащ. К.Д. Манулик (Национальный детский технопарк)
Науч. рук.: доц. Е.А. Флюрик (кафедра биотехнологии, БГТУ);
учитель биологии высшей категории Л.Г. Григорьева
(ГУО «Гимназия № 146 г. Минска»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С КЛЕЩОМ *VARROA DESTRUCTOR*

Введение. Каждый пчеловод рано или поздно сталкиваются с серьезной проблемой – заражение пчел паразитическим клещом *Varroa destructor*. Это членистоногое наносит огромный вред пчеле медоносной (*Apis mellifera*) и ее личинкам и даже может привести к гибели пчелиной семьи. Существуют различные физические и химические методы борьбы с клещом, однако они отрицательно влияют как на саму пчелиную семью, так и на качество получаемого меда. Поэтому в настоящее время в литературе, для борьбы с вредителем, предлагается использовать различные растительные экстракты, так как данный способ является более щадящим. Проведя литературный обзор, имеющейся в открытом доступе научной литературы, были отобраны растения, которые оказывают губительное влияние на данных паразитов. В качестве объектов для дальнейшего исследования выбрали пихту сибирскую (*Abies sibirica*) и укроп пахучий (*Anethum graveolens*). Исходя из выше изложенного, перед нами была поставлена следующая цель: в лабораторных и домашних условия приготовить препараты на основе настоек выбранных растений, провести обработку пчелиных гнезд, и определить эффективность действия препаратов.

Для достижения указанной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Собрать и подготовить необходимое сырье для изготовления препаратов.
2. В домашних и лабораторных условиях приготовить препараты из растительного сырья.
3. Провести обработку пчелиных гнезд, пораженных клещом.
4. Проанализировать эффективность действия препаратов.

Основная часть. Экспериментальная часть работы была проведена на базе лаборатории кафедры биотехнологии БГТУ.

Семена и стебли укропа пахучего, иглы пихты сибирской собирали летом 2021 г. Собранное сырье высушили на открытом воздухе под навесом (прямые солнечные лучи на сырье не попадали), хранили готовое сырье при комнатной температуре в темном сухом месте в бумажных пакетах. Для обработки пчелиных гнёзд двумя способами была

изготовлена древесная щепка. Первый способ заключается в настаивании древесной щепки в приготовленной смеси экстрактов в течение 17 ч. Второй способ – в проваривании древесной щепки в приготовленной смеси в течение 15 мин. Этиловый спирт был удален из приготовленных изделий.

В ходе литературного поиска, а также на основании собственных наблюдений, было установлено, что препараты на основе растительных экстрактов, а именно пихты сибирской и укропа пахучего оказывают отрицательное действие на клеща, приводя к его гибели. Исходя из найденной в источниках методики, было определено содержание действующего вещества (тимола) в приготовленной смеси. В домашних условиях готовили водный и масляный настои указанных растений, в лабораторных условиях использовали 40%-ную водно-спиртовую смесь. Лабораторные препараты показали большую эффективность, однако время на их изготовление потребовалось больше и итоговая их стоимость выше. Обработка пчелиных гнезд проводилась приготовленной древесной щепкой, которая помещалась в гнезда два раза на промежуток в одну неделю.

Выводы. В ходе исследования были получены следующие основные результаты:

1. Собраны и подготовлены, в соответствии с правилами заготовки растительного сырья, отобранные виды растительного сырья необходимого для приготовления препарата.

2. Приготовлены растительные настойки на водно-спиртовой основе. Так же была приготовлена древесная щепка, которая использовалась для обработки пчелиных гнезд. В полученном препарате была определена концентрация тимола ($X=0,04\%$).

3. В пораженные пчелиные семьи на две недели были опущены конструкции из приготовленной древесной щепки и произведен сбор погибших особей клеща для определения эффективности действия препарата.

4. В результате подсчета количества погибших особей клеща *Varroa destructor* была определена эффективность действия древесной щепки, пропитанной препаратом разными способами. Древесная щепка, пропитанная с помощью простого настаивания (без тепловой обработки), показала большую эффективность по сравнению с другим способом обработки древесной щепки, мы считаем, что это может быть связано с разрушением некоторых биологически активных веществ, влияющих на действие препарата.

УДК 615.453.21

Учащ. В.В. Огиевич, Е.В. Веремей (Национальный детский технопарк)

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

РАЗРАБОТКА АРОМАТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ НАСТОЕК

В нынешнее время большое количество людей попадают в стрессовые ситуации, плохо высыпаются. В результате этого, бессонница становится огромной проблемой. Помочь с решением этой проблемы может, например, валериана, ведь она, как известно, обладает успокаивающими свойствами.

Особенностью разрабатываемого продукта является его инновационная упаковка, и способ получения данной смеси. По сравнению с другими промышленными образцами ароматических смесей, представленными на отечественном рынке, данный продукт имеет ряд преимуществ: стоимость расходных материалов на его изготовление не велика, по некоторым показателям (содержание биологически активных веществ) превосходит промышленные образцы и др. На первом этапе работы провели анализ местного растительного сырья и определили наиболее перспективные лекарственные травы, которые обладают седативными свойствами. Выбрали в качестве объекта изучения валериану. Далее проанализировали отобранное растительное сырье в соответствии с требованиями товароведческого, микроскопического и фитохимического анализа.

На следующем этапе работы получили настойку на основе водно-спиртовой смеси и измельченного корневища валерианы.

Полученная настойка была проанализирована на содержание различных групп биологически активных веществ.

На последнем этапе настойку валерианы вместе с высушенными растениями (роза, лаванда) подвергли лиофильной сушке. И разработали оригинальную упаковку (рисунок).



Рисунок – Разработанная упаковка с ароматической смесью

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКА ХРАНЕНИЯ МЕТОДОМ УСКОРЕННОГО СТАРЕНИЯ

Производство фиточаев в настоящее время является весьма перспективным направлением. Современные требования к качеству продукции жесткие и требуют неукоснительного их исполнения. Для установления срока годности и стабильности продуктов до сих пор самым надежным и широко используемым является метод «ускоренного старения».

Метод основан на законе Вант-Гоффа и устанавливает зависимость между сроком годности продукта и температурой его хранения:

$$C = A \frac{t_э - t_{xp}}{10}$$

где $t_э$ – температура экспериментального хранения; t_{xp} – температура хранения; A – температурный коэффициент скорости химической реакции при увеличении температуры на 10°C (принят равным 2).

Для проведения испытаний по определению срока годности, композиции фиточая, разработанного ранее на кафедре биотехнологии, использовали данный метод.

Исследования проводили на 3-х кратных повторностях, при температуре экспериментального хранения равной 60°C. Образцы помещали в термостат в склянки темного стекла с притертыми пробками. Контроль качества проводили через временные промежутки (11,5 суток), эквивалентные 6 месяцам хранения в естественных условиях по показателям: сумма флавоноидов, содержание антоцианов, активная кислотность, содержание сухих веществ, общая (титруемая) кислотность.

Сумму флавоноидов определяли, используя спектрофотометрический метод после извлечения этиловым спиртом и проведения реакции с раствором хлорида алюминия; содержание антоцианов – спектрофотометрическим методом; активную кислотность – с помощью рН-метра; содержание сухих веществ – рефрактометрическим методом; общую (титруемую) кислотность – методом титрования 0,1 N раствором гидроксида натрия.

В настоящее время исследования по определению срока годности фиточая продолжают.

ИССЛЕДОВАНИЯ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ РАНОЗАЖИВЛЯЮЩИХ ПОРОШКОВ НА ПОЛИМЕРНОЙ ОСНОВЕ

В современной дерматологии, хирургии, комбустиологии и других областях клинической медицины широко применяются ранозаживляющие средства на полимерной основе в таких лекарственных формах, как мази, гели, кремы, пасты и др. Среди всех лекарственных форм следует выделить ранозаживляющие порошки, обладающие такими преимуществами, как высокое сорбционное и антисептическое действие; универсальность состава; простота приготовления; удобство хранения и транспортирования [1].

В состав ранозаживляющих порошков в качестве действующих веществ включают антибиотики, антисептики, ферменты, а также противомикробные средства на основе растительных компонентов. В качестве действующего вещества широко используется мирамистин (бензилдиметил[3-(миристоиламино)пропил]аммонийхлорид), относящийся к группе катионных антисептиков и обладающий противомикробным и противовоспалительным действием. Препарат активен в отношении различных патогенных микроорганизмов, в том числе вирусов, грибков, бактерий и простейших.

Цель работы – исследование антимикробной активности ранозаживляющих порошков на полимерной основе.

Разработан состав и технология получения ранозаживляющего порошка на основе макрогола 400 и повидона К-90 [2]. Антимикробную активность ранозаживляющих порошков изучали методом диффузии в агар [3]. Использовали суточные культуры тест-штаммов микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Bacillus subtilis* ATCC 6633, *Escherichia coli* ATCC 8739. В качестве объектов исследования использовали:

- 1) ранозаживляющий порошок без действующих веществ;
- 2) ранозаживляющий порошок с мирамистином;
- 3) мирамистин (фармацевтическая субстанция). Навески ранозаживляющих порошков и фармацевтической субстанции смешивали с дистиллированной водой и вносили в лунки. Концентрация мирамистина в пробах составила 30 мг/мл. Посевы инкубировали в течение 48 ч при температуре 37°C.

Антимикробную активность определяли, измеряя диаметры зон задержки роста тест-штаммов микроорганизмов. Сплошной рост и

зоны диаметром менее 10 мм свидетельствуют об отсутствии антимикробной активности исследуемого образца к данному штамму микроорганизма, зоны диаметром 10-15 мм – слабая активность, 15-20 мм – умеренно выраженная, более 20 мм – выраженная. Результаты исследования, приведенные в таблице, показали, что ранозаживляющий порошок с мирамистином обладает умеренно выраженной антимикробной активностью по отношению к грамположительным штаммам микроорганизмов *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* и выраженной по отношению к грамотрицательным штаммам микроорганизмов *Pseudomonas aeruginosa* и *Escherichia coli*. Порошок на полимерной основе, не содержащий в своем составе противомикробных действующих веществ, показал отсутствие антимикробной активности.

Таблица – Оценка антимикробной активности порошков на полимерной основе

Образец	Диаметр зоны подавления роста, мм			
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>
Ранозаживляющий порошок без действующих веществ	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0
Ранозаживляющий порошок + мирамистин	22,0	18,0	22,0	24,0
Мирамистин	19,0	16,0	18,0	18,0

Таким образом, в результате проведенных исследований доказана антимикробная активность разработанного состава ранозаживляющего порошка на полимерной основе, содержащего в качестве действующего вещества антисептик широкого спектра действия мирамистин, по отношению к тест-штаммам наиболее часто встречающихся условно-патогенных микроорганизмов, в том числе основным возбудителям раневой инфекции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порошки [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2015/04/Poroshki.pdf>. – Дата доступа: 09.04.2022.
2. Технология получения ранозаживляющих средств в форме порошков для наружного применения / В.Н. Кравчук // Наука – шаг в будущее: тез. докл. XV студ. науч.-практ. конф. фак-та ТОВ, Минск, 1–2 декабря 2021 г. [Электронный ресурс] / БГТУ. – Минск, 2021. – С. 66.
3. Белясова, Н.А. Микробиология. Лабораторный практикум: учеб. Пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биоэкология», «Биология». – Минск : БГТУ, 2007. – 160 с.; ил.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНДИТЕРСКОГО ИЗДЕЛИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кондитерские изделия, как один из источников доступных углеводов, необходимы для работы мозга и питания клеток организма человека. В настоящее время в рацион питания современного населения людей входят функциональные продукты, которые обладают биологической активностью.

Одним из источников биологически активных веществ являются ягоды черной смородины. Черная смородина содержит витамины (С, Е, К, Р, группы В), каротины, антиоксиданты, минералы. Употребление этой ягоды помогает снизить артериальное давление [1].

Целью исследования являлись разработка рецептуры и исследование показателей качества кондитерского изделия функционального назначения.

Разработана рецептура кондитерского изделия «Чизкейк с черной смородиной» для профилактики заболеваний сердечно-сосудистой системы. Рассчитано содержание белков, жиров и углеводов, минеральных веществ и витаминов.

На основании данных расчетов было установлено, что употребление в пищу 100 г нового изделия «Чизкейк с черной смородиной» позволит удовлетворить суточную потребность организма в калии на 2,9%, магнии – 19,9%, кальция – 14,6%. В порции 100 г содержится 11,2 г белка, 5,2 г жиров, 13,3 г углеводов, калорийность блюда составляет 144,8 ккал.

Были изучены физико-химические, органолептические и микробиологические показатели приготовленных, в соответствии с разработанной рецептурой, образцов кондитерского изделия «Чизкейк с черной смородиной». Физико-химические исследования включали в себя определение активности воды, массовой доли влаги, жира, сахара, кислотности, щелочности, массовой доли золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты с массовой долей 10%.

Активность воды определяли с использованием прибора «Roemeter RM-10», массовую долю влаги измеряли с помощью анализатора влажности «Radwag MA 50.X2», массовую долю жира определяли по ГОСТ 31902-2012, массовую долю сахара определяли по ГОСТ

5903-89, кислотность и щелочность – по ГОСТ 5898-87, массовая доля золы – по ГОСТ 5901-2014.

В результате анализа физико-химических показателей было установлено, что активность воды образца продукта составила 0,9, массовая доля влаги составила – 70,86%, жира – 10,3%, сахара – 2,9%, кислотность – 5 град, щелочность – 0,8 град, массовая доля золы составила 0,054±0,007%.

По органолептическим показателям «Чизкейк с черной смородиной» представляет собой трехслойную массу, состоящую из выпеченного основания, желированного творожного слоя и украшенную ягодами черной смородины поверхность, от белого до ярко-розового цвета. Форма округлая, правильная, без изломов и вмятин. Консистенция слегка упругая, устойчивая, равномерная по всей массе. Вкус и запах, соответствующие данному наименованию изделия, без посторонних привкуса и запаха.

Микробиологический контроль кондитерского изделия с пониженной калорийностью проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции, СТБ 961-2005 «Торты и пирожные. Общие технические условия». Результаты микробиологических исследований приведены в таблице.

Таблица – Результаты микробиологических исследований кондитерского изделия «Чизкейк с черной смородиной»

Наименование показателя	Нормируемое значение по СТБ 961-2005	Результат исследования
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более		
БГКП, не допускается в массе продукта, г (см ³)		не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i> , не допускается в массе продукта, г (см ³)		Не обнаружено
Плесени, КОЕ/г, не более		<1×10
Дрожжи, КОЕ/г, не более		<1×10
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы, не допускаются в массе продукта, г		не обнаружено

В результате проведенных исследований было разработано кондитерское изделие с пониженной калорийностью «Чизкейк с черной смородиной». Изучены физико-химические и микробиологические показатели качества, которые соответствуют требованиям ТНПА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полумбрик М.О. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М.О. Полумбрик [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. –158 с.

ОТБОР И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОЛОЧНО-КИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАКВАСОК В СЫРОДЕЛИИ

Закваска – это один из основополагающих ингредиентов, участвующих в формировании вкуса сыра и в его созревании. В состав заквасок чаще всего входят штаммы молочнокислых бактерий, как в виде монокультуры, так и в составе консорциума.

Закваска влияет на все этапы изготовления сыра, и именно благодаря закваске сыр получает способность к созреванию. Сырные закваски, повышая кислотность молока, препятствуют росту патогенных бактерий, а также, регулируя количество кальция в молоке, способствуют активному коагуляционному процессу. Различные бактериальные культуры по-разному и с разной скоростью влияют на консистенцию и рисунок сыра, изменяя его с каждым днем созревания. Для изготовления сыров из пастеризованного молока используются специально составленные для определенного сорта сыра закваски, состоящие, как правило, из комбинации штаммов различных бактерий, выведенных в лабораторных условиях.

Целью исследовательской работы является разработка закваски с улучшенными свойствами для сыродельной промышленности путём отбора молочнокислых бактерий с полезными характеристиками.

На первых этапах исследования мы выделяли МКБ из молочных продуктов: творога, йогурта, сметаны, сыра, кефира, ряженки, домашнего молока, айрана. Помимо молочных продуктов изоляты бактерий получали из квашенной капусты. Всего было выделено 24 изолята.

Так как сновным отличительным свойством молочнокислых бактерий является способность сквашивать молоко, то в связи с этим в дальнейшей работе перспективных МКБ мы отбирали по этому их свойству. Сгусток сформировали 10 изолятов.

На следующем этапе требовалось идентифицировать бактерии отобранных штаммов. Идентификацию проводили на основании морфологических и физиолого-биохимических свойств микроорганизмов: грампринадлежности, форме, каталазной активности, оксидазной активности, наличие спор, температуры оптимального роста, отношение к кислороду. В ходе идентификации к роду *Lactococcus* отнесены 4 изолята, *Lactobacillus* – 2, *Streptococcus* и к *Enterococcus* по 2 изолята.

Так же одним из основных свойств МКБ, пригодных для использования в заквасках для сыроделия, является способность образовывать плотный, не рыхлый сгусток за более короткое время. В результате исследования отобрали 5 штаммов (№2, №5, КМ, РК, Улей).

Еще одним не мало важным фактором, который необходимо учитывать при создании закваски – отсутствие антагонизма между компонентами будущей закваски. После проверки на антагонизм определили три штамма, которые войдут в состав закваски: КМ, РК и №5, т. к. эти штаммы не проявляют по отношению друг к другу антагонизма.

На следующем этапе оценивали кислотообразующую активность отобранных штаммов. Наибольшую кислотообразующую активность проявляет штамм №5 (титруемая кислотность сгустка – 110 °Т).

Так как при приготовлении сыра, сырная головка проходит этап посолки, путем погружения в рассол, микроорганизмы, входящие в состав закваски должны быть устойчивы к NaCl в концентрации 2%, 4% и 6,5%. Все штаммы МКБ показали сильный рост при концентрации NaCl 2% и 4%. При концентрации 6,5% рост наблюдался у штаммов РК и КМ.

Еще одним этапом исследования стала проверка МКБ на антагонистическую способность по отношению к санитарно-показательным штаммам *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и *Escherichia coli* ATCC 8739. По результатам исследования все отобранные штаммы МКБ проявляют антагонистические свойства к *S. aureus* ATCC 6538, а к *E. coli* ATCC 8739 антагонизм проявлял штамм РК.

Так как два из трех отобранных штаммов предварительно были отнесены к роду *Enterococcus*, то приняли решение попытаться определить видовую принадлежность бактерий ДНК-типированием с помощью ПЦР-амплификации фрагмента гена протеазы *htrA*.

Ген *htrA* является конститутивным для разных видов *Enterococcus*, что позволило нам используя специфические праймеры для гена *htrA* из *E. faecalis* (Entpro1 3-4) и *E. faecium* (Entprom 3-4) идентифицировать отобранные изоляты до вида. В результате мы смогли однозначно отнести штамм РК к виду *E. faecium*.

Отобранные штаммы обладают основными свойствами, необходимыми для создания закваски и будут в дальнейшем использоваться в этом качестве при производстве тестовых вариантов сыра Качотта.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЦИДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ ТИТАНА И ВОЛЬФРАМА

В эпоху пандемии коронавируса гигиена и безопасность в быту приобретает особое значение. Повсеместное распространение вирусов и бактерий является серьезной угрозой для здоровья. Опасными являются патогены, которые настолько эволюционируют, что становятся устойчивыми к воздействию антибиотиков. Однако вместо того, чтобы лечить вызванные ими инфекционные заболевания, хорошей идеей является минимизация риска их возникновения. Для этого разрабатываются антибактериальные покрытия, которые предназначены не только для уничтожения вирусов и бактерий, но и для предотвращения их развития. Они используются в основном в местах, где важно поддерживать высокий уровень гигиены, а преобладающие условия особенно благоприятствуют появлению вредоносных микроорганизмов.

На сегодняшний день, важной задачей является создание эффективного и недорогого покрытия, обладающего антимикробным действием по отношению к широкому кругу микроорганизмов [1]. В связи с этим целью данной работы являлась оценка антибактериальных свойств защитных композиционных покрытий, а также определение потенциала использования данных покрытий.

В качестве объектов исследования выступили металлические пластинки с нанесенным на них покрытием, содержащим 65% олова и 35% никеля. Для придания антибактериальных свойств в сплавы вводили наночастицы WO_3 (1 и 5 г/л), а также наночастицы золя TiO_2 (1 и 2 г/л).

Антибактериальные свойства пластинок с нанесенным покрытием определяли при помощи метода, изложенного в ISO 27447:2009, с некоторыми изменениями: 1) в ФР для лучшего смыва вводится детергент (~0,1%), 2) время облучения УФ-светом сокращено до 30 минут. В качестве тест-культур использовали: *E. coli* ATCC 8739, *St. aureus* ATCC 6538. Оценку антибактериальных свойств проводили, сравнивая факторы редукции (RF) [2].

В ходе исследования проводили сравнительную оценку индуцированных и не индуцированных UV светом пластинок с нанесенным покрытием TiO_2 и WO_3 . Результаты экспериментов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Антибактериальная активность образцов с TiO₂

Название культуры						
Образец	<i>E. coli</i> ATCC 8739			<i>St. aureus</i> ATCC 6538		
	Конц. бакт. клеток С, КОЕ/мл		Факторы редукции (RF)	Конц. бакт. клеток С, КОЕ/мл		Факторы редукции (RF)
	Под UV облуче- нием	Без UV облуче- ния		Под UV облуче- нием	Без UV облуче- ния	
Sn-Ni (контроль)	$1,2 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^5$	3,0	$4,5 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^6$	2,8
TiO ₂ (1 г/л)	$8,0 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^5$	3,3	$8,1 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^6$	3,3
TiO ₂ (2 г/л)	$5,2 \cdot 10^1$	$6,8 \cdot 10^5$	3,2	$1,8 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^6$	4,1

Таблица 2 – Антибактериальная активность образцов с WO₃

Название культуры						
Образец	<i>E. coli</i> ATCC 8739			<i>St. aureus</i> ATCC 6538		
	Конц. бакт. клеток С, КОЕ/мл		Факторы редукции (RF)	Конц. бакт. клеток С, КОЕ/мл		Факторы редукции (RF)
	Под UV облуче- нием	Без UV облуче- ния		Под UV облуче- нием	Без UV облуче- ния	
Sn-Ni (контроль)	$3,2 \cdot 10^2$	$3,9 \cdot 10^5$	3,0	$3,0 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^6$	2,8
WO ₃ (1 г/л)	$2,0 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^5$	3,9	$2,0 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^6$	3,8
WO ₃ (5 г/л)	$5,0 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^5$	3,9	$5,0 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^6$	4,3

По полученным данным следует, что образцы покрытия Sn-Ni с TiO₂ и WO₃ воздействуют на тест-бактерии и проявляют бактерицидные свойства; их применение совместно с обработкой УФ-светом позволяет снизить на четыре порядка концентрацию микроорганизмов (RF>2). Исходя из рассчитанных RF, можно сделать вывод о большей эффективности покрытий с нанесенным WO₃ (RF_{WO3}> RF_{TiO2}).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гатауллин Б.Ф. Антибактериальные и противомикробные покрытия их виды и применение // Б.Ф. Гатауллин, Э.И. Галимуллина / Вектор развития современной науки. – 2018. – № 16. – С. 389–392.
2. Беясова Н.А. Антимикробные свойства дисперсных форм липидов и полигексаметиленгуанидина // Н.А. Беясова, Л.И. Антоновская / Вести Национальной Академии Наук Беларуси. – 2014. – № 3. – С. 66–69.

ФОРМИРОВАНИЕ МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВА В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММУНИКАЦИИ

Сегодня не представляется возможным даже увидеть современного человека (особенно молодёжь) без каких – либо гаджетов. А поиск нужной информации стал настолько прост, что одним нажатием на клавиатуру можно найти довольно обширный объём новостей. Но является ли всё это таким благом или всё же не всё так гладко, как может показаться на первый взгляд. Ведь кроме полезной мы можем встретить гору ненужной и даже абсурдной информации.

Проблема «отцов и детей» – это извечная проблема, возникающая перед людьми разных поколений. К. Лоренц в своей работе «Восемь смертных грехов цивилизованного человечества», рассказывает о важности человеческих традиций, возникших в результате многовекового развития. Он критикует недооценку нерациональных знаний, заключенных в сокровищах культуры, и не менее ужасную переоценку научных знаний. Это приводит к нарастающему конфликту между молодыми и старшими поколениями. Следует особо подчеркнуть, что разрыв поколений особенно опасен возможным разрушением единства, целостности общества. За миллиарды лет биологической эволюции жизнь «нашла» способ преемственности, самосохранения единства и целостности на основе генетической наследственности и изменчивости с отбором в процессе развития наиболее приспособленных организмов. Обществом же генерируется социокультурная память, которая обуславливает преемственность, единство и целостность поколений людей как социальных существ. Такая память представлена в форме гуманистических традиций, которые обуславливают преемственность поколений.

Главная из этих традиций – сохранение жизни человека, что и предполагает единство поколений и способность каждого нового поколения воспроизводить эту традицию. В этом заключается общая, единая задача, уровень зрелости и ответственности всех поколений за безопасность существования общества.

Интернет является источником разнообразных сведений и информации от разных авторов. К сожалению, та информация, которая

поступает к нам из таких источников, далеко не всегда является проверенной и достоверной. Интернет – это новая искусственная реальность планетарного масштаба, опосредующая жизнь человека и познаваемый им естественный природный мир. На основе познания его законов строится практическая деятельность любого общества и инженерная деятельность в том числе. В этой связи от насыщающих Интернет разнообразной информацией и пользователей требуется особая, планетарного масштаба ответственность за достоверность производимой и потребляемой информации.

Многие современные молодые люди овладевают информационными технологиями раньше, чем речевыми навыками, а использование компьютера и иных гаджетов становится для них своеобразным продолжением своего «Я». Всё чаще студенты и школьники ищут ответы на вопросы в интернет-ресурсах. И в этом, в принципе, нет ничего плохого если бы не тот факт, что в большинстве своём найдя один единственный ответ они не пытаются анализировать его, а берут как готовый и полный ответ. А когда преподаватель ставит за ответ на вопрос отрицательную оценку, учащийся удивляется, поскольку так написано в Интернете. Аргумент учащегося в свою пользу выстраивается на ложном допущении, что учеба должна быть полегче.

Как следствие постоянного «самосбережения» от упорного учебного труда у кажущегося надежным подножия непокоренных сияющих университетских вершин научного знания – нетренированность интеллектуальных «мышц», волевая «гиподинамия», слабое развитие способности самостоятельного, аргументированного суждения.

Нельзя недооценивать и обходить уже сложившиеся практики, традиции, привычки и опыт благодаря которым мы становимся способными получить надежную опору и поддержку старших поколений, их заряд оптимистической энергии, соединяя их с новыми знаниями, своим опытом и развитием способностей решать новые проблемы, которые приходятся на наши молодые поколения и которые как бы проверяют нас на жизнеспособность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие критического мышления в медиаобразовании: основные понятия. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12794078> (дата обращения: 10.12.2021).
2. Лоренц К. Восемь смертных грехов цивилизованного человечества. М.: «Республика», 1998. 393 с.
3. Николс Т. Смерть экспертизы. Как интернет убивает научные знания. М.: Эксмо ; 2019, 368 с.

СОВРЕМЕННАЯ НАУКА О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЧЕЛОВЕКА

Происхождение человека является одним из определяющих вопросов в современной исторической науке. Он остается таким же загадочным и таинственным, как и возникновение жизни. И дело тут не только в недостатке фактов, но и в новых открытиях, временами совершенно неожиданных, парадоксальных. Они подвергают сомнению теории, которые ещё совсем недавно считались точными и убедительными. Неудивительно, что современные научные представления о становлении человека базируются в основном на гипотезах.

Эволюционный процесс происхождения и формирования человека обычно обозначают понятием «антропогенез». Под «антропогенезом» понимают изменчивость человека в геологическом масштабе времени. В последние годы имели место удивительные открытия, которые существенно изменили сложившиеся представления об антропогенезе и поставили ряд новых вопросов, ожидающих своего решения. До конца XX в. было известно о существовании двух видов человека – неандертальца и кроманьонца. Но в начале XXI в. были совершены новые открытия, как палеонтологические, так и генетические, которые показали неполноту имеющихся представлений о роде человеческом. Целая череда находок заставила по-новому взглянуть на происхождение человека

В свете этих новых антропологических и палеонтологических открытий, представление об антропогенезе существенно изменилось. Показано, что предками современного человека были не только неандертальцы, но и другие недавно обнаруженные виды человека: «флоресский» в Индонезии в 2003 году и «денисовский» в 2008 году на Алтае в Российской Федерации, которые жили одновременно с *Homo sapiens* в пространстве и во времени (30–50 тыс. лет. назад). Современные генетические исследования показали, что они внесли определенный вклад в происхождение вида *Homo sapiens*, то есть современного человека, а сами оказались тупиковой ветвью эволюции. Расшифровка генома неандертальца, денисовского и флоресского предков показали, что он (геном) на несколько процентов (1–4%) совпадает с геномом современного человека, что уже достаточно, чтобы подтвердить факт скрещивания (гибридизации) ранних людей современного типа с неандертальцами. Современный же человек биологически представлен одним видом (*Homo sapiens*).

Антропологические и археологические находки, а также специальные исследования найденных фрагментов костных останков вымерших видов человека позволяют предположить, что у современного человека был не один предок. Следовательно, вполне допустима гипотеза о том, что он является продуктом скрещивания нескольких «прародителей». Определенным логическим продолжением данной гипотезы с учетом частичного подобия указанных выше геномов является допущение, состоящее в том, что неандертальцы, денисовцы, флоресские люди не вымерли в результате каких-то катастроф, а их «исчезновение» связано с ассимиляцией с *Homo sapiens*. Поэтому предполагается, что «след» предков должен быть заметен в психике современного человека, который является результатом скрещивания нескольких «прародителей».

Исследования в сфере антропогенеза и антропологии являются частью основной теории происхождения жизни – эволюционной концепции. Согласно этой концепции, все живое на Земле происходит из одной формы жизни и представляет собой результат развития, длящегося многие миллиарды лет. Научное развитие эта концепция получила в трудах многих ученых: Карла Линнея (1735), Ж. Бюффона (1749), Ж. Б. Ламарка (1809), Ч. Дарвина (1871) и других.

По сегодняшний день остаётся открытой проблема: закончилась ли эволюция *Homo sapiens*, как соотносится социальное и биологическое в человеке, человек — это тупик, или вершина эволюции, уникальны ли его способности, каким будет человек будущего? До сих пор не закрыты «белые дыры» в истории развития человека, не найдены все его прямые предки. И чем больше мы узнаем о прошлом, тем больше появляется вопросов и сомнений. Так или иначе, проблема происхождения человека, а также различные концепции его происхождения продолжают привлекать к себе внимание новых поколений учёных в самых разных областях науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дробышевский С. В. Достающее звено. Введение. URL: <https://antropogenez.ru/zveno-single/5/> (дата обращения: 06.12.2010).
2. Устименко Д. Л. Современная наука о происхождении человека. URL: <https://studfile.net/preview/8451287/page:4/> (дата обращения: 08.12.2017).
3. Погорелый А. П. Проблема происхождения человека в философской антропологии. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25125314> (дата обращения: 12.01.2016).

УДК 621.892.31

Ст. преп. А.Е. Отуншиева (ЮКУ им.М.Ауэзова, г. Шымкент)
Зав. кафедрой, канд. физ.-мат. наук, доц. С.С. Ветохин
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции БГТУ)

ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Одним из основных продуктов, используемых человеком в повседневной жизни, являются различные растительные масла. Их можно условно разделить по основным сферам применения на технические и пищевые масла. Отнесение к той или иной категории зависит от целей производства и определяет технические условия на производство конкретного масла [1].

Основное назначение и применение растительных масел – пищевое. К ним относят подсолнечное, хлопковое, оливковое (прованское), кукурузное, соевое, льняное, маковое, ореховое, горчичное, кунжутное, арахисовое масло. Пищевые растительные масла содержат ряд веществ, важных для жизнедеятельности человеческого организма, причём организм не в состоянии синтезировать эти вещества самостоятельно [1]. При этом есть большая номенклатура масел, например, рапсовое, тунговое, кокосовое, которые преимущественно используются для технических нужд.

Растительные масла физиологически весьма активны, а их пищевая ценность, главным образом, определяется содержанием в них полиненасыщенных жирных кислот (линолевой и линоленовой), необходимых нашему организму для построения клеток, они также отвечают за синтез гормонов, поддержание иммунитета, придают устойчивость и эластичность кровеносным сосудам, уменьшают чувствительность организма к действию ультрафиолетовых лучей и радиоактивного излучения, регулируют сокращение гладкой мускулатуры, выполняют много других жизненно важных функций. В последнее время выявлены клеточные и молекулярные механизмы их профилактического и лечебного эффектов. Полиненасыщенные жирные кислоты оказывают благоприятное воздействие при атеросклерозе, коронарной болезни сердца, артериальной гипертонии, сахарном диабете второго типа, ожирении, хронических воспалительных заболеваниях, нейродегенеративных заболеваниях (в частности, при болезни Альцгеймера), глазных

болезнях, снижают риск развития инфаркта миокарда, инсульта, некоторых онкологических заболеваний. Увеличение потребления полиненасыщенных жирных кислот сопровождается снижением уровня липидов плазмы крови; установлено, что большинство эффектов гиполипидемических препаратов опосредовано именно ими. Артериальное давление снижается за счет их диуретического действия, влияния на ренин-ангиотензиновую систему подобно ингибиторам ангиотензин-превращающего фермента, усилению продукции оксида азота эндотелиальными клетками кровеносных сосудов, снижения тонуса симпатической и повышения тонуса пара-симпатической нервной системы [2]. Эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты снижают количество и агрегацию тромбоцитов, увеличивают время кровотечения, поэтому их образно называют «эндогенным аспирином». В ряде исследований показано, что ω -3 жирные кислоты предупреждают развитие сердечных аритмий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел: Изд-во: Пищевая промышленность, 2012 г. – 478 с.
- 2 Разработка купажей растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом / Д.С. Владыкина [и др.] ; БГТУ // Труды БГТУ. – Минск : БГТУ, 2015. – № 4 (177). – С. 240–245.



Белорусский государственный технологический университет на протяжении всей своей более чем 90-летней истории занимает ведущие позиции в образовательной и научной сферах. Сегодня он является уникальным, динамично развивающимся инновационным и научным центром. Университет успешно развивает различные научные направления в областях лесного хозяйства, деревообработки, производства строительных материалов, химии и химической технологий, экономики, полиграфии, а также является крупным многопрофильным учебно-научным центром Республики Беларусь, готовит специалистов для производственной и социальной сфер экономики по 31 специальности и 62 специализациям высшего образования, 37 специальностям магистратуры, 27 специальностям среднего специального и профессионально-технического образования и 9 специальностям переподготовки кадров.

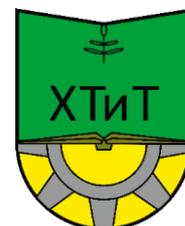


Факультет ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

<https://tov.belstu.by>

Факультет ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ

<https://htit.belstu.by>



Секция
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
И ТЕХНИКИ

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОИЗВОДСТВА ДИМЕТИЛТЕРЕФТАЛАТА НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Диметилтерефталат (ДМТ) является сырьем для производства полиэтилентерефталата (ПЭТФ), также ДМТ используют в производстве терефталевого альдегида, бензокаина, терефталамида и т. п. Диметиловый эфир терефталевой кислоты является одним из важнейших химических продуктов, используемых для производства полиэфирных волокон, полиоксадиазолов, полибензимидазолов, алкидных смол и пластификаторов.

Производство ДМТ оказывает негативное воздействие на окружающую среду.

В отделении окисления источниками выделения загрязняющих веществ являются: реакторы окисления, отделитель параксилола, емкость параксилола, емкость оксидата, отпарная колонна. При этом выбрасываются такие загрязняющие вещества как параксилон, метанол, формальдегид, ацетальдегид, метилацетат, уксусная кислота, диметиловый эфир, бензол, угарный газ.

В отделении этерификации источниками выделения загрязняющих веществ являются: сборник метанола, емкость параксилола, отделитель параксилола. При этом выбрасываются такие загрязняющие вещества как метанол, диметиловый эфир, параксилон, метилацетат.

В отделении дистилляции источниками выделения загрязняющих веществ являются: сборник сырого ДМТ, отделитель пт-эфира. При этом в атмосферный воздух выбрасываются диметиловый эфир, метанол, параксилон.

В отделении кристаллизации источниками выделения загрязняющих веществ являются: емкость для фильтрата, кристаллизатор, емкость для суспензии, емкость для дистиллята. При этом в атмосферный воздух выбрасываются диметиловый эфир и метанол.

В отделении дистилляции ДМТ источником выделения загрязняющих веществ является емкость для чистого ДМТ. При этом выбрасывается диметилтерефталат.

В отделении получения кристаллического ДМТ источником выделения загрязняющих веществ является машина чешуирования, от которой выбрасываются в воздух твердые частицы диметилтерефталата.

ПЕРЕРАБОТКА СКОПА БУМАЖНОЙ ФАБРИКИ «КРАСНАЯ ЗВЕЗДА»

Целлюлозно-бумажная промышленность производит большой объем продукции, что обусловлено ее широким применением в хозяйственной деятельности и в быту. Целлюлозно-бумажная промышленность оказывает негативное воздействие на окружающую среду, в том числе вследствие образования отходов производства, наибольшим объемом образования среди которых характеризуется скоп.

Скоп – это отход, образующийся в процессе очистки сточных вод предприятий по производству бумаги и картона. Согласно классификатору отходов Республики Беларусь, скоп (код 1841000) относится к группе VII «Отходы целлюлозы, бумаги, картона» и имеет 4 класс опасности. В связи с высокой влажностью (около 65%) и особенностями химического состава, в настоящее время скоп практически не используется и подлежит хранению на территории промышленных объектов или захоронению на полигонах.

Анализ литературы позволил выделить следующие направления обращения со скопом: рециркуляция (возврат технологический процесс по производству бумаги и картона), сжигание, биокомпостирование, использование для производства сорбентов, использование в производстве стройматериалов.

В работе исследовалась возможность использования скопа бумажной фабрики «Красная звезда» в производстве керамического кирпича. Были получены опытные образцы кирпича, содержащие от 5 до 30 мас. % скопа в пересчете на сухое вещество. Образцы формовали пластическим способом с последующей сушкой в естественных условиях и обжигом при 1000°C. Для полученных образцов определяли такие свойства, как линейная усадка, плотность, водопоглощение, предел прочности при сжатии и при изгибе. Было установлено, что полученные образцы соответствуют ГОСТ 530-2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия» (марка от М100 до М600 по прочности). С введением скопа изменялся цвет кирпича – с увеличением содержания скопа образцы становились более светлыми, что связано с высоким содержанием в скопе соединений кальция.

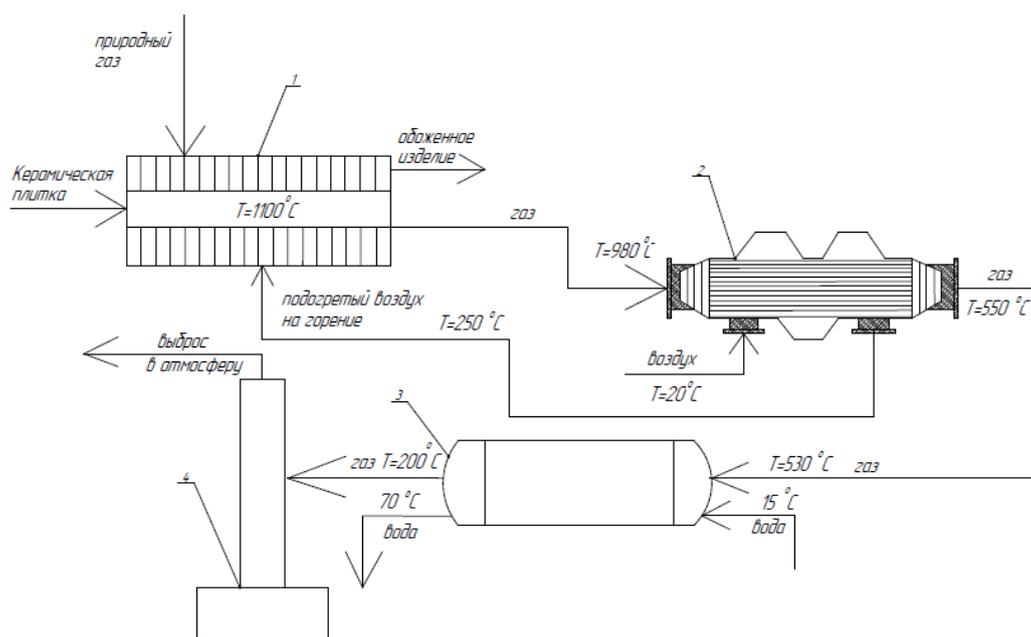
Таким образом, скоп может рассматриваться как вторичный материальный ресурс, а его применение в производстве кирпича снизит потребление природных ресурсов.

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИКИ

В настоящее время энергосбережение является стратегической задачей государственного масштаба. На многих предприятиях имеют место значительные энергетические потери за счет недостаточного использования теплоты в технологических процессах. Особенно это характерно для высокотемпературных производств (1000°C и более), в том числе при получении керамики.

В производстве керамики используется высокотемпературный обжиг. На этой стадии образуются дымовые газы, характеризующиеся высокой температурой. Их выброс приводит не только к энергетическим потерям, но и к тепловому загрязнению окружающей среды.

Для утилизации тепла отходящих дымовых газов от печи обжига может быть предложена схема, представленная на рисунке.



1 – печь обжига, 2 – рекуператор, 3 – кожухотрубчатый теплообменник,
 4 – дымовая труба.

Рисунок – Схема утилизации тепла от печи обжига

Предложенная схема утилизации тепла дымовых газов позволит нагревать воздух, подаваемый в печь обжига на горение топлива, что обеспечит его экономию, получать горячую воду для собственных нужд (например, хозяйственно-бытовых), а также предотвратить тепловое загрязнение окружающей среды.

ВОЗДЕЙСТВИЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА MSSC НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Нефтехимическая промышленность является одной из самых важных для народного хозяйства. Нефть сегодня – это сырье для нефтехимии в производстве синтетического каучука, спиртов, полиэтилена, полипропилена, широкой гаммы различных пластмасс и готовых изделий из них, искусственных тканей; источник для выработки моторных топлив (бензина, керосина, дизельного и реактивных топлив), масел и смазок, а также котельно-печного топлива (мазут), строительных материалов (битумы, гудрон, асфальт). Одним из основных процессов в нефтяной промышленности является каталитический крекинг.

В работе рассматривалась установка каталитического крекинга MSSC на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» и ее воздействие на атмосферный воздух. Основным организованным источником газообразных выбросов на рассматриваемой установке является регенератор катализатора.

Основными загрязняющими веществами, которые выбрасываются в атмосферный воздух от регенератора установки каталитического крекинга MSSC, являются оксиды азота, оксиды серы и твердые частицы катализатора. В настоящее время на предприятии предусмотрена только очистка выбросов от твердых частиц. Газообразные загрязняющие вещества выбрасываются в атмосферный воздух без очистки.

Наиболее простыми и дешевыми методами очистки выбросов от оксидов серы являются известковый и известняковый методы, которые позволяют улавливать оксиды серы с получением товарного продукта – гипса. Образовавшийся гипс можно использовать в промышленности стройматериалов, например, при производстве цемента.

Для очистки от оксидов азота наиболее перспективными считаются методы селективного и неселективного каталитического восстановления, в которых оксиды азота в присутствии катализатора восстанавливаются до молекулярного азота. Эти методы достаточно дорогие, однако эффективные. Именно они рекомендованы в техническом приложении к Протоколу об ограничении выбросов оксидов азота или их трансграничных потоков к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Литейное производство является заключительным этапом металлургического цикла, при котором жидкий металл превращается в слиток или отливку. Основными стадиями литейного производства являются: плавка металла, изготовление стержней и форм, заливка металла в формы и охлаждение, выбивка изделий из форм и их очистка, обрубка отливок, термическая обработка и контроль качества.

На всех стадиях технологического процесса наблюдается негативное воздействие на окружающую среду. При производстве 1 т отливок из стали и чугуна выделяется около 50 кг твердых частиц, 250 кг оксидов углерода, 1,5-2 кг оксидов серы и азота и до 1,5 кг других вредных веществ (фенола, формальдегида, ароматических углеводородов, аммиака, цианидов и др.). В водный бассейн поступает до 3 м³ сточных вод и вывозится в отвалы до 6 т отработанных формовочных смесей.

Наибольшее воздействие литейное производство оказывает на атмосферный воздух. Наиболее опасными источниками загрязнения окружающей среды в литейном производстве являются печи для плавки металла. Выброс загрязняющих веществ, химический состав отходящих газов при этом различен и зависит от состава металлозавалки, от состояния футеровки печи, технологии плавки, выбора энергоносителей. Основными загрязняющими веществами, образующимися при плавке металла, являются оксиды углерода, серы и азота. Особо вредны выбросы при плавке сплавов цветных металлов (пары цинка, кадмия, свинца, бериллия, хлор и хлориды, водорастворимые фториды).

Выделение загрязняющих веществ происходит также в процессе изготовления стержней и форм, что связано с применением различных органических связующих. В зависимости от состава связующих в атмосферный воздух могут выделяться такие вредные загрязняющие вещества, как аммиак, ацетон, акролеин, фенол, формальдегид, фурфурол и т. д.

Основной выброс твердых частиц осуществляется на различных стадиях изготовления стержней и форм, а также при выбивке отливок из форм и их очистке.

УДК 621.74

Учащ. Д.П. Новицкая (УО «Национальный детский технопарк»)

Науч. рук. доц. О.С. Залыгина

(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТХОДОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Литейное производство является одним из наиболее опасных с экологической точки зрения. Это связано как с выбросами в атмосферный воздух, так и с образованием значительного количества отходов производства. Основными отходами, которые образуются в настоящее время в литейном производстве, являются земля формовочная горелая, металлургические шлаки, железосодержащая пыль.

Наиболее крупнотоннажным отходом литейного производства является земля формовочная горелая, которая образуется при литье в песчаные формы при выбивке отливок. Земля формовочная горелая состоит на 90-95 % из высококачественного кварцевого песка и небольших количеств различных добавок: бентонита, молотого угля, едкого натра, жидкого стекла, асбеста и др. Содержание металлов в земле формовочной горелой невелико и может изменяться в довольно широких пределах в зависимости от многих факторов (дисперсности сырья, особенностей техпроцесса, склонности формовочной массы к сжатию и трещинообразованию и др.)

При выплавке металла также образуются металлургические шлаки, которые представляют собой отвердевшее камневидное или стекловидное вещество и состоят из продуктов химических реакций между вводимыми в печь флюсами, рудой и примесями, содержащимися в топливе. В зависимости от состава веществ, участвующих в металлургическом процессе, шлак может быть кислым, щелочным (основным) и нейтральным. Химический состав металлургических шлаков зависит от марки выплаваемой стали, состава используемой руды и флюсов и т. д. Они содержат: 35-47 % оксида кремния, 9-16 % оксида алюминия, 30-50 % оксида кальция, 2-14 % оксида магния, до 3 % оксида марганца и до 0,7 % оксида железа. Шлаки цветной металлургии помимо этих веществ содержат оксиды меди, кобальта, никеля, цинка, свинца, кадмия и редких металлов.

Железосодержащая пыль образуется в процессе очистки поверхности отливок разными способами: в барабанах периодического и непрерывного действия, в дробеструйных барабанах, на дробеметных столах, в дробеметных камерах и др. Важной особенностью железосодержащей пыли является высокое содержание в ней железа – до 25 %.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ОТ ОКСИДОВ АЗОТА

В результате сжигания топлива в котельных установках на тепловых электростанциях происходит выброс в атмосферный воздух широкого перечня загрязняющих веществ, среди которых наиболее токсичными являются оксиды азота (NO_x).

В настоящее время для очистки газовых выбросов от оксидов азота разработано большое количество методов. Наибольшее распространение получили окислительные, восстановительные и сорбционные методы.

Окислительные методы основаны на предварительном окислении NO в NO_2 с последующим его поглощением различными сорбентами. В качестве окислителей используются кислород или озон, окисление проводят в газовой или жидкой фазе.

Восстановительные способы основаны на каталитическом или термическом восстановлении NO_x до нейтральных продуктов. В качестве газ-восстановителей применяют водород, метан, оксид углерода, аммиак. В качестве катализаторов используют палладий, платину, хром, медь, никель и другие металлы, нанесённые на носители (оксид алюминия, силикагель, керамику). Процесс ведётся при температуре более $300\text{ }^\circ\text{C}$. Способы каталитического восстановления используются для очистки нитрозных газов с низким содержанием кислорода, а при содержании кислорода в очищаемом газе более 3 об. % целесообразно использовать термическое восстановление.

Сорбционные методы очистки от NO_x включают в себя поглощение твердыми сорбентами (адсорбция) и поглощение водными растворами щелочей (абсорбция). В качестве адсорбентов оксидов азота применяют активированный уголь, Al_2O_3 , SiO_2 , алюмосиликаты, цеолиты, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO и соли кальция, соду, цемент, соли аммония. Процессы протекают при низких температурах. Адсорбционные методы можно применять для очистки небольших объемов газов с небольшим содержанием NO_x .

Таким образом, выбор метода очистки от оксидов азота должен основываться на эксплуатационных характеристиках и экономических показателях для конкретного объекта.

КАТАЛИТИЧЕСКИЙ РИФОРМИНГ КАК ОБЪЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) относятся к числу опасных, с экологической точки зрения, промышленных объектов. Значительное негативное воздействие данные предприятия оказывают на атмосферный воздух. Это вызывает необходимость организации максимально возможного размера санитарно-защитной зоны (СЗЗ) таких предприятий. В соответствии с [1] нормативный размер СЗЗ для производств по переработке нефти должен быть 1000 м. Опыт эксплуатации НПЗ свидетельствует о том, что даже при указанном выше размере СЗЗ, зачастую, не соблюдаются санитарно-гигиенические требования в приземном слое воздуха на границе санитарно-защитной зоны. Это вызывает необходимость увеличения нормативного размера СЗЗ рассматриваемых объектов (иногда в несколько раз).

Максимальные удельные выбросы загрязняющих веществ от НПЗ могут достигать (в т/т сырья): по оксиду углерода – 0,04, саже – 0,095, аммиаку – 0,0005, сероводороду – 0,035, диоксиду серы – 0,04, диоксиду азота – 0,017, оксиду азота – 0,006, метану – 0,03, углеводородам предельным С1-С5 (включая метан) – 0,019, углеводородам предельным С6-С10 – 0,005, углеводородам предельным С12-С19 – 0,005 [2].

Каталитический риформинг является важнейшим процессом нефтепереработки и нефтехимии. Данный процесс относится ко вторичным процессам переработки нефти. Установки каталитического риформинга функционируют на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) Республики Беларусь. Данный процесс также оказывает существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха.

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха от установок каталитического риформинга являются технологические печи и топливосжигающие установки, резервуарные парки хранения нефтепродуктов, а также неорганизованные источники выбросов из систем запорной арматуры трубопроводов, выбросы от насосов, компрессоров и др.

Загрязняющими веществами, поступающими от установок каталитического риформинга, являются предельные углеводороды, оксиды углерода, оксиды азота, оксиды серы, соединения тяжелых металлов

(меди, никеля, хрома, ртути, цинка, кадмия), мазутная зола, сероводород, сажа, бензол, толуол, ксилолы, этилбензол и др. На стадии рассеивания и пневмотранспорта катализатора возможны выбросы твердых частиц. Вещества, поступающие из установок каталитического риформинга, относятся различным классам опасности.

Из представленного списка видно, что выбросы, поступающие из рассматриваемого процесса, аналогичны приоритетным загрязняющим веществам НПЗ.

Для снижения поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух от установок каталитического риформинга на НПЗ используют комплекс природоохранных мероприятий. Предупреждающие методы предусматривают совершенствование конструкций технологического оборудования, оптимизация условий горения топлива, герметизация оборудования и др.

Мероприятия «на конце трубы» предусматривают установку газоочистных сооружений. Широкое применение на практике получили газоочистные установки по улавливанию твердых частиц и серосодержащих соединений. Реже, применяют системы обезвреживания дымовых выбросов от соединений азота с использованием методов восстановительной каталитической очистки.

Для снижения выбросов в атмосферный воздух на многих нефтеперерабатывающих предприятиях действуют установки очистки от серосодержащих соединений (главным образом, сероводорода) с преобразованием последних в серу (процесс Клауса). Это позволяет вместе с очисткой выбросов производить дополнительный вид продукции (серу или серную кислоту).

Углеводороды, присутствующие в выбросах НПЗ, обычно подлежат обезвреживанию деструктивными методами. Наиболее широкое применение получили методы термического обезвреживания, в том числе с использованием факельных установок. Недостатком данных способов обезвреживания выбросов является возникновения вторичного загрязнения атмосферного воздуха за счет отвода продуктов сгорания углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Специфические санитарно-эпидемиологические требования к установлению санитарно-защитных зон объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду// Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11.12.2019 г. № 847.
2. ИТС 30-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Переработка нефти. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 635 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Летучие органические соединения (ЛОС) образуются на многих промышленных объектах. Примерами таких объектов являются участки нанесения лакокрасочных материалов на детали, предприятия нефтеперерабатывающей промышленности, производства по изготовлению лакокрасочных и полимерных материалов, каучуков и др.

Для снижения поступления ЛОС в атмосферный воздух применяют различные приемы, в том числе используют газоочистные установки. Одним из методов очистки выбросов от ЛОС является адсорбция. Применение данного способа очистки позволяет извлечь из газовоздушного потока загрязняющие вещества и вернуть их в технологический процесс. Это не только снижает степень загрязнения атмосферного воздуха, но и способствует ресурсосбережению.

В зависимости от способа организации процесса очистки выбросов различают различные варианты адсорбционных систем: адсорбция с неподвижным, кипящим (псевдооживленным), движущимся или перемещаемым (ротационные установки) слоем адсорбента, адсорбция при переменном давлении (PSA-процесс). Каждый из указанных вариантов очистки выбросов от ЛОС имеет свои особенности.

Общим недостатком адсорбционных схем очистки выбросов является необходимость периодической регенерации адсорбента. Согласно [1] для проведения стадии десорбции расходуется от 40% до 70% общих затрат на адсорбционную очистку. Процесс десорбции может осуществляться путем повышения температуры (термическая десорбция), вытеснения адсорбата лучше сорбирующимся веществом (вытеснительная десорбция), снижения давления, окислительной регенерации адсорбента или комбинацией указанных способов.

Адсорбционный метод очистки незаменим при необходимости концентрирования ЛОС и повторного их использования в производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 22-2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – М.: Бюро НДТ, 2016. – 198 с.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЭЦ НА КОМПОНЕНТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Объекты энергетики оказывают значительное влияние на компоненты окружающей среды. Особенностью воздействия ТЭЦ является не только выделение химических веществ, но и параметрическое (физическое) загрязнение среды.

Известно, что теплоэнергетические объекты при сжигании топлива выбрасывают совокупность загрязняющих веществ, качественный и количественный состав которых определяется видом сжигаемого топлива. В составе выбросов ТЭЦ преобладают газообразные соединения: оксиды углерода, оксиды азота и оксиды серы.

Проведенный анализ состава дымовых газов от объектов теплоэнергетики свидетельствует о том [1], что масса загрязняющих веществ, образующихся при сжигании 1 тонны условного топлива, составляет: при сжигании природного газа – около 5 кг, жидких топлив и угля – около 300 кг. Особенностью воздействия ТЭЦ на атмосферный воздух является выброс парниковых газов: диоксида углерода, метана, закиси азота.

При производстве тепловой и электрической энергии из окружающей среды изымается значительное количество природных ресурсов (углеродсодержащего топлива, воды и др.). При заборе большого объема воды происходит изменение материального баланса водной среды. На ТЭЦ образуется большое количество условно чистых вод. К числу наиболее загрязненных относятся сточные воды, образующиеся при промывках технологического оборудования, поверхностей нагрева паровых котлов и систем гидрозолоудаления. Сброс больших объемов сточных вод от ТЭЦ в поверхностные водоемы приводит к химическому и тепловому загрязнению водных экосистем. Проблему составляют золошлаковые отходы, которые подлежат хранению.

Одним из негативных факторов, влияющих на окружающую среду, является шум. Шум возникает при работе турбин, компрессоров, трансформаторов, насосов, градирен, выбросе газов из устьев дымовых труб и т.д. Совокупность указанных факторов свидетельствует о высокой опасности объектов теплоэнергетики.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 38-2017. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 271 с.

ПЛАЗМОКАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ВЫБРОСОВ ОТ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Многие летучие органические соединения (ЛОС) относятся к числу высокотоксичных загрязняющих веществ. Для снижения степени опасности выбросов на многих промышленных объектах применяются газоочистные установки, предусматривающие деструкцию загрязняющих веществ. К числу таких способов относятся термические, термокаталитические, биохимические, фотокаталитические и другие методы обезвреживания газовых смесей.

Одним из перспективных способов обезвреживания выбросов от летучих органических соединений является плазмокаталитический метод. Процесс основан на окислении загрязняющих веществ, присутствующих в выбросах, в результате взаимодействия с активными частицами (радикалами, ионами, ион-радикалами, атомами и др.), образующимися при ионизации молекул, содержащихся в газовом потоке.

Типовая плазмокаталитическая установка включает три блока: блок для очистки выбросов от твердых частиц (обычно представлен волокнистым фильтром), плазменный блок с газоразрядными элементами (где происходит образование под действием высоковольтного барьерного электрического разряда на газовый потокактивных частиц), каталитический блок со слоем катализатора. Продуктами расщепления ЛОС, выбрасываемыми с отходящими газами из плазмокаталитических установок в атмосферный воздух, являются CO_2 , H_2O , O_2 , N_2 и т.д. Степень очистки выбросов от ЛОС с применением рассматриваемого метода может достигать 99% [1].

Достоинством плазмокаталитического метода обезвреживания являются низкие энергетические затраты по сравнению с классическим термокаталитическим способом очистки выбросов, поскольку химические реакции протекают при температурах 40-100°C. Кроме этого, применение таких газоочистных установок позволяет проводить дополнительно обеззараживание газового потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 22-2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – М.: Бюро НДТ, 2016. – 198 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ НА ОБЪЕКТАХ ЭНЕРГЕТИКИ

Основными загрязняющими веществами, присутствующими в выбросах ТЭЦ, являются: оксид и диоксид углерода, оксид и диоксид азота, диоксид серы, сажа, мазутная зола, бенз(а)пирен и др. Состав дымовых газов определяется видом сжигаемого топлива. При сжигании природного газа в дымовых газах содержание твердых частиц минимально.

Для снижения поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух предусматриваются следующие мероприятия [1, 2]:

- в отношении серосодержащих соединений: использование топлива с пониженным содержанием серы; применение адсорбционных и адсорбционных процессов очистки выбросов от диоксида серы;

- в отношении оксидов азота: уменьшение пиковой температуры за счет регулирования процесса сжигания топлива; применение газоочистных установок с применением селективного каталитического и некаталитического восстановления оксидов азота до молекулярного азота и др.;

- в отношении оксида углерода: совершенствование конструкций форсунок для сжигания топлива, регулирование процесса сжигания топлива, применение систем термического и термокatalитического дожигания выбросов и др.;

- в отношении твердых частиц: использование топлива с низкой зольностью; использование электрофильтров, золоуловителей, циклонов и другого газоочистного оборудования.

Все более широкое распространение на практике получают комбинированные методы очистки выбросов дымовых газов: газофазная радиационная очистка, карбамидный метод, технология Topse WSA, озонный метод очистки выбросов и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 38-2017. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. – М.: Бюро НДТ, 2017. – 271 с.

2. ИТС 22-2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. – М.: Бюро НДТ, 2016. – 198 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ

Механическая обработка древесного сырья приводит к выделению древесной пыли. Древесная пыль является основным загрязняющим веществом, поступающим в атмосферный воздух от предприятий по изготовлению мебели, окон и другой продукции из древесины. Согласно [1] древесная пыль, как загрязнитель атмосферы, имеет 3 класс опасности.

Основными источниками выделения древесной пыли являются различные виды технологического оборудования: станки (сверлильные, фрезерные, строгальные, шлифовальные и др.), пилы и т. д. Для снижения выбросов твердых частиц на рассматриваемых объектах применяют разнообразное газоочистное оборудование (пылеосадительные камеры, циклоны, групповые циклоны, фильтры и др.), главным образом, относящееся к сухим методам очистки газов.

К числу широко распространенных видов газоочистного оборудования относятся циклоны различных типов. Данный тип газоочистных установок используется для очистки выбросов от крупнодисперсных частиц пыли. Степень очистки рассматриваемых аппаратов обычно не превышает 95%. Для обеспыливания значительных объемов газовых потоков с сохранением высокой степени очистки газов применяют батарейные циклоны.

Использование фильтров позволяет достигнуть высокой эффективности очистки выбросов от древесной пыли. Обычно применяют тканевые фильтры, в которых фильтровальные элементы представлены в виде рукавов, мешков и т. д., в которых может достигать 99,9 % степень обеспыливания пылегазовых смесей. Общим недостатком таких аппаратов является необходимость частой регенерации материала фильтровальной ткани.

Представленные газоочистные установки позволяют значительно снизить выброс древесной пыли в атмосферный воздух.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении гигиенических нормативов [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37 // ГУ «Хойникский районный центр гигиены и эпидемиологии». – Режим доступа: <http://www.hoynikicge.rcge.by/normativyi/gigienicheskie-normativyi>– Дата доступа: 06.04.2022.

РЕАГЕНТНАЯ ОЧИСТКА ТАЛЫХ ВОД ОТ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ

Приоритетными загрязнителями поверхностных сточных вод являются взвешенные вещества и нефтепродукты. Очистка от взвешенных веществ преимущественно проводится отстаиванием. Для интенсификации процесса используют коагулянты и флокулянты.

В работе проводили исследование возможности очистки поверхностных сточных вод от взвешенных веществ отстаиванием с применением 2%-ных растворов хлорида железа и сульфата алюминия.

Для определения эффективности очистки сточных вод отстаиванием с использованием коагулянта взбалтывали сточную воду. В каждую из пяти пробирок вносили по 40 см³ сточной воды. После добавления коагулянта воду перемешивали трехкратным опрокидыванием закрытых пробкой пробирок. Отмечали время введения коагулянта в пробу воды. Через 15 мин. из каждой пробирки с помощью шприца-пробоотборника в кювету отбирали пробу надосадочной жидкости и определяли ее оптическую плотность (D) относительно дистиллированной воды.

Определение проводили для модельных сточных вод и вод, отобранных на ул. Яговкина (г. Гомель).

Исходя из полученных результатов по коагуляционной очистке сточных вод можно сделать следующие выводы:

1. Использование раствора хлорида железа позволяет достигнуть степени очистки более 90% (доза коагулянта 250 мг/дм³) на модельных сточных водах. При очистке талых вод максимальная эффективность составляет 75% (доза коагулянта 50 мг/дм³). Такие расхождения объясняются разной природой очищаемых частиц.

2. Использование раствора сульфата алюминия позволяет достигнуть степени очистки более 83% (доза коагулянта 200 мг/дм³) на модельных сточных водах. При очистке талых вод максимальная эффективность составляет 65% (доза коагулянта 50 мг/дм³). Такие расхождения объясняются разной природой очищаемых частиц.

3. Оптимальной дозой коагулянта, обеспечивающей высокую эффективность очистки при небольшом расходе коагулянта, для очистки реальных поверхностных сточных вод является 50 мг/дм³ – для раствора хлорида железа и сульфата алюминия.

ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТРАБОТАННОГО КАТАЛИЗАТОРА КРЕКИНГА

Известно, что для увеличения и регулирования пористой структуры сорбентов, изменения химической природы поверхности целесообразно проводить их активацию. При физической активации сорбенты измельчают в мельницах, подвергают вакуумной сушке, обрабатывают при высоком давлении и температуре, под действием ультразвуковых колебаний, радиации и тока высокой частоты. Химические способы активации заключаются в использовании реагентов, при этом выделяют кислотную, щелочную, солевую и комбинированную активацию.

Объектом исследования является отработанный катализатор крекинга (ОКК). В настоящее время ОКК, образующийся в процессе крекинга, преимущественно хранится на полигонах промышленных отходов. В Республике Беларусь такой катализатор образуется ОАО «Мозырский НПЗ» (количество около 3 тыс. тонн в год, код отхода 150202).

Отработанный катализатор представляет собой порошок серого цвета с пористостью 27 %. Дисперсный состав его неоднороден, размеры частиц находятся в диапазоне от 0,4 до 1,0 мкм, медианный диаметр составляет 0,7 мкм. Частицы катализатора имеют сферическую форму. Величина истинной плотности отработанного катализатора составляет 1,78 г/см³, насыпная плотность – 1,30 г/см³. Эти значения для синтетических цеолитов составляет 1,9–2,3 г/см³.

Целью работы является получение сорбционных материалов из отработанного катализатора крекинга.

Задачи, с помощью которых достигается цель исследований, следующие:

- изучение состава и свойств ОКК (на основании данных ранее проведенных исследований);
- изучение различных способов активации ОКК;
- анализ состава и свойств полученных сорбентов;
- определение СОЕ по Fe³⁺ полученных сорбентов;
- выбор параметров процесса сорбции.

Для изучения сорбционных свойств ОКК проводилась обработка 0,1 г ОКК 50 см³ растворов, содержащими 1–100 мг/дм³ ионов Fe³⁺, время сорбции – 1 ч. После истечения времени из растворов отбирали

аликвоты растворов и определяли содержание Fe^{3+} фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой.

Для получения из ОКК цеолитсодержащих сорбентов проводили кислотную и солевую активации следующими растворами: 10% HCl и 10% NaCl . Для этого 0,1 г ОКК обрабатывали 20 cm^3 указанных растворов, время обработки – 1 сутки.

После активации проводили сорбцию с 0,1 г полученных сорбентов 50 cm^3 растворов, содержащими 1–100 mg/dm^3 ионов Fe^{3+} , время сорбции – 1 час. После истечения времени из растворов отбирали аликвоты растворов и после определяли содержание Fe^{3+} фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой.

В ОКК сорбция протекает по двум механизмам: ионообменному и механизм полимолекулярной сорбции (преимущественно). При сорбции происходит формирование монослоя сорбата на поверхности сорбента и заполнение микропор, затем образуются следующие сорбционные слои.

В результате проведенного исследования можем сделать вывод, что при обработке 10% раствором HCl произошло значительное разрушение частиц ОКК. При обработке 10% растворами NaCl дисперсный состав и внешний вид изменились незначительно.

Изменение дисперсного состава, уменьшение частиц, положительно повлияет на сорбцию. Обработка кислотой также способствует появлению активных центров сорбции за счет dealюминирования матрицы и цеолита ОКК. Повышение сорбционных свойств подтверждается экспериментальными результатами.

По результатам исследования получены изотермы сорбции, исходя из которых установлено, что полная статическая обменная емкость (ПСОЕ) ОКК составляет 0,82 мг-экв/г; после активации раствором NaCl – 1,37 мг-экв/г; после кислотной активации HCl – 3,82 мг-экв/г. Оптимальные условия сорбции: время сорбции 80 минут, доза сорбента 2 g/dm^3 .

Таким образом, химическая активация отработанного катализатора крекинга является эффективной при использовании в качестве активирующих агентов растворов кислот. Полученные результаты в дальнейшем будут использованы при разработке технологии получения гранулированного сорбента. Полученный сорбент может использоваться для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и ограничения их подвижности в осадках сточных вод.

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЦИНКА

Сорбционная очистка воды – физико-химические процессы поглощения твердыми сорбентами примесей из воды. При сорбции происходит поглощение и концентрирование веществ из раствора на поверхности и в порах сорбента. Движущей силой этого процесса является разность химических потенциалов вещества в свободном и адсорбированных состояниях.

В качестве сорбента для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод гальванических производств, предлагается использовать силикатный сорбент, например, природный или синтетический цеолит.

В работе в качестве сорбентов для очистки сточных вод от ионов цинка рассматривали отработанный катализатор крекинга (ОКК) и обожжённую доломитовую муку (ОДМ).

В составе ОКК содержится до 30% цеолита типа Y, что обуславливает его сорбционные свойства. Сорбция в цеолитах протекает по механизму ионного обмена и полимолекулярной адсорбции. При сорбции происходит формирование монослоя сорбата на поверхности сорбента и заполнение микропор, затем образуются следующие сорбционные слои. На поверхности ОДМ процесс извлечения примесей протекает посредством ионного обмена.

Цель работы – изучение сорбционной очистки сточных вод от ионов цинка с использованием отработанного катализатора крекинга и обожженной доломитовой муки.

Задачи, с помощью которых была достигнута поставленная цель: изучение состава сорбентов; изучение сорбционных свойств по ионам цинка; подбор дозы сорбента; определение времени сорбции; разработка технологии сорбционной очистки сточных вод.

Установлено, что значение поной статистической обменной емкости по ионам Zn^{2+} в диапазоне концентрация 5–150 мг/дм³ составляют 0,64 мг-экв/г для ОКК, для ОДМ – 0,1 мг-экв/г. В работе определена доза сорбента, которая составляет для ОКК 2 г/дм³, для доломита – 4 г/дм³, оптимальное время сорбции составляет 1,5 часа.

Таким образом, отработанный катализатор крекинга можно рекомендовать к использованию в качестве сорбента ионов цинка, в частности для очистки сточных вод гальванического производства.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

К высокотемпературным методам очистки выбросов от летучих органических соединений относят метод термического и термокаталитического окисления.

Термическое окисление представляет собой процесс окисления загрязняющих веществ, в том числе одорантов, в потоке отходящих газов путем нагревания их до температуры выше температуры самовоспламенения и выдержки при этой температуре в течение времени, достаточного для полного окисления в диоксид углерода и воду. Преимуществами данного метода являются непрерывное регулирование выбросов, простота регулирования и управления, быстрый запуск.

Регенеративное термическое окисление осуществляется внутри колонн, заполненных керамическим материалом, в котором загрязняющие вещества окисляются при температуре 750 °С. Преимуществами регенеративного термического окисления являются возможность адаптации к большому разнообразию воздушных потоков, удаление широкого спектра летучих органических соединений, возможность рекуперации энергии, вырабатываемой для внешних процессов.

Рекуперативное термическое окисление протекает при температуре от 700 °С до 1200 °С в течение минимального времени (0,6–2 секунды). Преимуществами рекуперативного окисления являются высокая эффективность и надежность, гибкость в отношении расхода газа и концентрации загрязняющих веществ.

Известен также термокаталитический метод, который протекает при повышенных температурах в присутствии катализатора в реакторах. При использовании катализаторов температура, по сравнению с термическим методом, может быть снижена до 250–450 °С.

Указанные методы хорошо зарекомендовали себя при очистке выбросов от летучих органических соединений

ЛИТЕРАТУРА

1. Очистка промышленного вентиляционного воздуха [Электронный ресурс]– Режим доступа: <http://iesair.ru/ru/clean-air/review-of-methods-of-cleaning-the-emissions-from-organic-substances>. – Дата доступа: 26.04.2022.

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ПЕРЕД ОБЕЗВОЖИВАНИЕМ

Осадки являются неизбежным побочным продуктом очистки сточных вод. В отличие от других отходов, образования осадков избежать не удастся и в ближайшие годы их количество, по мере повышения эффективности работы действующих очистных сооружений и строительства новых, будет возрастать.

Полученные осадки в основном не перерабатываются и в виду их токсичности транспортируются к местам депонирования на значительные расстояния от городских очистных сооружений, где они хранятся на иловых площадках в течение 20-30 лет, медленно разлагаясь. В настоящее время общий объем накопленных иловых осадков сточных вод в Республике Беларусь превышает 9 млн т [1].

Для уменьшения объема осадков и снижения расходов на их транспортировку сырые осадки подвергаются обезвоживанию. Для улучшения водоотдачи используют кондиционирование.

Для кондиционирования осадков используют реагентные (минеральные реагенты, органические высокомолекулярные соединения и присадки) и безреагентные (тепловая обработка осадка, замораживание и оттаивание осадков) методы. Кондиционирование с использованием синтетических флокулянтов является наиболее эффективным в настоящее время. Обезвоживание осадков далее осуществляется на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и центрифугах.

Для характеристики способности осадков к обезвоживанию под действием механических сил используют следующие показатели водоотдачи:

- 1) удельное сопротивление фильтрации;
- 2) коэффициент сжимаемости;
- 3) индекс центрифугирования;
- 4) время капиллярного впитывания.

Кондиционирование позволяет сократить объём осадка и достичь более глубокой степени обезвоживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск: РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2021. – 203 с.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТРАБОТАННЫМИ ДЕРЕВЯННЫМИ ШПАЛАМИ

Наибольшие перспективы по внедрению и эксплуатации на железной дороге имеют новые подходы в обращении с отходами и внедрение принципов цикличной экономики. В их числе – рециклинг шпал.

Для отработанных деревянных шпал основным источником проблем, возникающих при обращении с ними, является именно антисептическая пропитка древесины, т.к. именно входящие в их состав достаточно ядовитые химические соединения как раз и являются основными факторами загрязнений окружающей среды.

В Беларуси на протяжении долгих лет используется сланцевое масло. Это защитное средство обеспечивает высокий уровень биозащиты шпал и признано в мировой практике высокоэффективным антисептиком. По параметрам острой токсичности оно относится к 3-му классу опасности.

Существуют следующие направления обращения с деревянными железнодорожными шпалами, а именно:

- сжигание;
- пиролиз;
- газификация;
- специализированная переработка шпал под строительство;
- захоронение на полигоне;
- хранение.

Поскольку все шпалы пропитаны антисептическими средствами, при их сжигании выделяются дымовые газы, содержащие токсичные и канцерогенные вещества, такие как ацетон, бутанол, фенолы в большой концентрации. Эти вещества, попав в воздух, могут вызвать у людей отравление, способствовать появлению тяжелых заболеваний. По итогу, при сжигании шпал в обычных печах происходит сильное загрязнение окружающей среды.

Пиролиз является наиболее интересным и перспективным методом по причине сравнительно малого количества образующихся газов, чем при сжигании или газификации.

В результате захоронения происходит вымывание токсичных и вредных веществ в окружающую среду.

Учащ. А.В. Марчик (УО «Национальный детский технопарк»)
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛТЫХ МАРСОВ ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Первыми синтетическими жёлтыми железоксидными пигментами были жёлтые марсы. Марсы (искусственные охры) появились в иконописи с начала XIX века. Красочный слой марсов, прозрачнее, чем у природных охр, хотя по прочности им не уступает. Марсы используются как лессирующие краски. Они обладают очень красивым бархатистым жёлтым цветом и высокой стойкостью к действию света и щелочей.

По химическому составу марсы представляют собой оксиды, и гидроксиды железа в смеси с гидроксидом алюминия, мела или гипса. Пигмент марс желтый представляет собой гидроокись трехвалентного железа $Fe(OH)_3$.

Целью проведенных исследований являлось: изучить и сравнить способы получения желтых марсов из железного купороса и отхода метизного производства. При выполнении работы моделировали процесс синтеза желтых марсов, который состоял из следующих стадий:

- 1) приготовление растворов сульфата железа(II), карбоната натрия и пероксида водорода;
- 2) осаждение карбоната железа и его окисление;
- 3) промывка, фильтрование и сушка пигмента.

Проведенные исследования показали, что цвет получаемого пигмента зависит от количества добавляемых карбоната натрия и пероксида водорода, увеличение приводит к переходу цвета от желтого к оранжевому. Пигмент полученный из купороса является более ярким, чем пигмент полученный из отхода.

Определение маслостойкости полученных пигментов показало, что полученные пигменты соответствуют требованиям, предъявляемым к пигментам выпускаемым на предприятии «Ухоловский пигмент» (Рязанская область). При этом маслостойкость пигментов полученных из отходов выше, чем у пигментов, полученных из купороса. Это свидетельствует о том, что пигменты из отходов уступают по свойствам.

Полученные пигменты – лессирующие, поэтому краски, полученные на их основе не обладают кроющей способностью. При нанесении толстым слоем они выглядят темными. Полученные пигменты можно использовать в разных отраслях промышленности.

УДК 502.3

Учащ. М.В. Сушик (УО «Национальный детский технопарк»)
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ КАПУТ-МОРТУУМОВ ИЗ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА, ЗАГРЯЗНЕННОГО ХЛОРИДАМИ

Капут-мортuum – это минеральный пигмент от темно-красного до темно-фиолетового оттенка, получаемый прокаливанием железного купороса. В зависимости от температуры прокаливания получается пигмент разных оттенков. Природным аналогом этого пигмента является спекулярит.

Сырьем для приготовления капут-мортuumа служит железный купорос, в который добавляется небольшое количество поваренной соли (3-5%).

Цель проводимых исследований являлось: доказать возможность применения отхода метизного производства для изготовления железосодержащих пигментов (на примере капут-мортuumа).

При выполнении работы использовали такие методы проведения исследований, как: 1) технологическое моделирование процесса получения пигмента капут-мортuumа из отхода и, для сравнения, из железного купороса; 2) гравиметрический метод определения выхода пигмента и коэффициента использования сырья; 3) термический метод получения пигментов; 4) визуальный метод определения цвета полученных материалов согласно каталогу NCS; 5) визуальный метод определения укрывистости; 6) определение маслостойкости с помощью палочки, с помощью шпателя, по адсорбции льняного масла определения свойств полученных пигментов.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы.

1) Коэффициент использования сырья при получении пигментов из отходов выше, чем при получении из железного купороса.

2) Выход пигментов из отходов выше, чем при получении из железного купороса.

3) Выход пигментов из отходов увеличивается с увеличением содержания хлорида натрия в сырьевых материалах. Увеличение содержания хлорида натрия с 1 до 4 % обеспечивает увеличение выхода в 1,34 раза, что составляет 21 %.

Нормативные значения укрывистости пигмента: не более 30-35 г/м², а маслостойкости пигмента: не более 15-26 г/100 г. Все полученные материалы соответствуют требованиям и могут использоваться в качестве пигментов красного цвета, т. к. укрывистость составила – 14,5-30,9 г/м², а маслостойкость – 16,46-21,33 г/100 г.

УДК 502.3

Учащ. В.Ю. Борисевич (УО «Национальный детский технопарк»)
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

СРАВНЕНИЕ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОРИЧНЕВЫХ МАРСОВ ИЗ ОТХОДОВ

Способ приготовления искусственных красок был открыт в Германии Г. Фильдом. Он первый сумел получить ряд искусственных красящих веществ желтого, оранжевого и фиолетового цветов, объединенных названием марсы. Марсы – группа искусственно получаемых железоокисных пигментов. В смеси с другими веществами марсы достаточно прочны при условии тщательного освобождения от водорастворимых солей и подобного типа соединений, способных вступать во взаимодействие с другими веществами и изменять оттенок марса. Коричневый марс по химическому составу представляет собой смесь оксидов железа и алюминия. Он является лессирующим пигментом, и поэтому его применяют почти исключительно для производства художественных красок. Светостойкость его хорошая, но в масляных красках он с течением времени темнеет.

Цель работы – обоснование возможности получения коричневых железосодержащих пигментов из отходов гальванического производства ОАО «Речицкий метизный завод».

По результатам выполненной работы сделаны следующие выводы.

– Отход можно использовать для получения коричневых железосодержащих пигментов. Более того, оттенки пигментов, полученных из отходов, более интенсивны.

– Апробированные методики получения пигментов рекомендуются использовать для получения пигмента коричневого цвета.

– Пигмент, полученный из отхода, отличается по оттенку от пигмента, полученного из купороса. Это объясняется различным содержанием железа в сырьевых ресурсах, а также наличие примесей.

Коричневые марсы находят широкое применение при: изготовлении красок, эмалей, грунтовок, шпатлевок и других пигментированных материалов; получении стеклокерамических материалов для микроэлектроники; получении цветных глазурей, атмосферостойких лакокрасочных покрытий, красок для художественной керамики и красок для живописи; окраски изделий в массе (строительные материалы, пластмассы, резина и др.); парфюмерии, бумажной, фармацевтической промышленности и др.

Учащ. Е.А. Заянчковская, А.В. Завадский
(УО «Национальный детский технопарк»)

Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ЧЕРНОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО ПИГМЕНТА ИЗ ОТХОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Республика Беларусь не имеет собственного производства железосодержащих пигментов, а потребность в них с каждым годом растет.

Черный железосодержащий пигмент обладает насыщенным черным цветом, высокими малярно-техническими свойствами, высокой светостойкостью и атмосферостойкостью, химической стойкостью, но отличается низкой термостойкостью в окислительной среде.

Черные железосодержащие пигменты могут быть природными (магнетит) или синтетическими. По химическому составу они представляют собой Fe_3O_4 , причем природный пигмент содержит еще и примеси Ti, Ni и Mg. Природный пигмент получают измельчением природного минерала.

Цель выполненных исследований – получить черный железосодержащий пигмент из отходов ОАО «Речицкий метизный завод».

При выполнении работы пигмент черного цвета получали по трем вариантам:

- 1) добавление раствора соды, последующее прокаливание и азрирование полученного раствора;
- 2) добавление раствора щелочи (NaOH с концентрацией 1М) и в последующем прокаливание и азрирование;
- 3) прокаливание отхода.

Все исследования для сравнения параллельно проводили с железным купоросом.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

Максимальный коэффициент использования сырья достигнут при использовании термического метода получения пигмента. Выход пигментов из отходов 98%. При использовании 1 и 2 варианта получения пигмента коэффициент использования сырья имеет низкое значение, связано это с большим расходом вспомогательных материалов и водоемкостью процесса. Выход пигментов из отходов выше, чем при получении из железного купороса в 1,2-1,35 раза. Полученные материалы соответствуют требованиям, предъявляемым к железосодержащим пигментам.

Учащ. Е.А. Тимошенко, П.Н. Драченко
(УО «Национальный детский технопарк»)

Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛТЫХ И ОРАНЖЕВЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ

Технологические процессы, реализованные на ОАО «Речицкий метизный завод», характеризуются образованием металлосодержащих отходов, которые по своим качествам и содержанию в них ценных компонентов являются потенциальным техногенным сырьем. Однако на сегодняшний день они практически не используются.

Проведенные в работе исследования показали целесообразность использования отходов для получения желтых и оранжевых пигментов.

Объектами исследования в работе являлся железный купорос, загрязненный хлоридами цинка и железа, образовавшийся при регенерации отработанного солянокислого травильного раствора.

Пигменты получали осадочно-прокалочным методом.

Проведен комплекс исследований, направленный на обоснование возможности получения железосодержащих пигментов из отходов гальванического производства ОАО «Речицкий метизный завод».

Были получены различными способами железосодержащие пигменты из отходов ОАО «Речицкий метизный завод». Для каждого способа были составлены материальные балансы, рассчитаны коэффициенты использования сырья и вспомогательных материалов, степень извлечения железа (выход пигмента), а также определены свойства полученных пигментов и сделан вывод об их качестве.

Коэффициент использования сырья и выход пигмента выше в том случае, когда в качестве сырья использовали отход производства, а не железный купорос.

Пигменты, полученные из отходов, характеризовались лучшими показателями укрывистости и маслостойкости.

Полученные результаты сравнивали с характеристиками железосодержащих пигментов таких производителей, как: ООО «Пангея» (Нижний Новгород) и предприятиями Республики Татарстан и было установлено, что полученные материалы по данным показателям могут использоваться на практике в качестве желтых и оранжевых железосодержащих пигментов.

Таким образом, отход метизного производства целесообразно использовать для получения пигмента.

ВЫБОР СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ КРАСНЫХ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ПИГМЕНТОВ

Красные железосодержащие пигменты содержат Fe_2O_3 . Оксид железа (III) в зависимости от способа приготовления, может иметь цвет от красного до фиолетового со множеством оттенков (в зависимости от примесей и степени размола).

В производстве красных железоксидных пигментов используется сырье различного вида. Традиционно для этих целей применяются: соли железа (II и III), металлическое железо (стружка, порошок, обрезь жести), железосодержащие жидкие, твердые и пастообразные отходы. Значительным сырьевым источником для получения красных железоксидных пигментов является железный купорос. Железный купорос, как побочный продукт, образуется в больших количествах при регенерации отработанных травильных растворов.

При выполнении исследовательской работы были достигнуты следующие цели.

- 1) Получены красные железосодержащие пигменты различными методами.
- 2) Доказана возможность применения отходов производства для получения пигментов.

В работе применяли два способа получения красных пигментов: метод прокаливания; метод, основанный на смешивании железного купороса (или отхода) с растворами аммиака и пероксида водорода до pH 3-4, с последующим прокаливанием и многоступенчатой промывкой полученных материалов.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования отходов для получения пигментов. Это подтверждается тем, что этот процесс относится к ресурсосберегающим, т.к. использует не природное сырье, а отход производства, выход пигмента выше, чем при получении пигмента из железного купороса.

Полученные пигменты соответствуют требованиям, установленными действующими ТНПА. Так, в соответствии с ГОСТ 8784-75 укрывистость красных пигментов должна быть не более 80 г/м^2 . Полученные пигменты соответствовали значениям $44,23-80,62 \text{ г/м}^2$. В соответствии с ГОСТ 21119.8-75 маслосодержание должно быть $20-50 \text{ г/100 г}$. Полученные пигменты соответствовали значениям $11,78-34,22 \text{ г/100 г}$.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИГМЕНТОВ «ВЕНЕЦИАНСКИЙ КРАСНЫЙ», ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ

Венецианский красный цвет – это легкий и теплый (несколько ненасыщенный) пигмент, который является более темным оттенком алого, полученного из почти чистого оксида железа (Fe_2O_3) типа гематита. Современные версии часто изготавливаются из синтетического красного оксида железа.

Венецианский красный цвет используется в качестве пигмента для масляных красок и красок для окрашивания грунтовок, гипса, цветного цемента, сухих строительных смесей, а также в качестве бумажного красителя.

Оригинальный венецианский красный пигмент, используемый с древних времен, изначально был природной землей, содержащей от 15% до 40% оксида железа. Он обладал всеми хорошими характеристиками других пигментов оксида железа, являясь красивым красителем, подходящим для любой техники окраски.

С 18-го века венецианский красный цвет был произведен путем прокаливания смеси сульфата железа и карбоната кальция.

Данная работа показывает результаты апробирования методики производства венецианского красного и предлагает альтернативу сырьевому ресурсу железному купоросу – отход производства ОАО «Речицкий метизный завод».

Синтез железосодержащего пигмента «Венецианский красный» проводили прокаливанием сухой смеси железного купороса с мелом в разных соотношениях. Достоинством данного метода является то, что нет необходимости обезвоживать железный купорос, промывать прокаленный продукт и обезвреживать отходящие газы.

Пигменты, полученные из железного купороса, характеризовались разными оттенками бордового цвета, а пигменты, полученные из отхода, характеризовались разными цветами: от малинового до терракотового с розовым оттенком – в зависимости от количества добавляемого карбоната кальция.

Полученные материалы по показателю маслосъемкости соответствуют требованиям, предъявляемым к пигментам красного цвета, а по показателю укрывистости пигменты, полученные из отходов, не соответствуют установленным требованиям (за исключением пигмента, полученного при добавлении 1 % карбоната кальция).

УДК 502.3

Учащ. С.В. Радкевич (УО «Национальный детский технопарк»)
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПИГМЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРОКАЛИВАНИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗНОГО КУПОРОСА И ОТХОДА РЕГЕНЕРАЦИИ ТРАВЯНОГО РАСТВОРА

Целью выполненной работы являлось получить пигменты из железного купороса и отхода регенерации при разных условиях и сравнить их характеристики.

Задача этой работы состояла в том, чтобы узнать требуется ли при производстве пигментов тратить полезный в других отраслях железный купорос или можно использовать отходы как сырьевой ресурс.

Для сравнения исследования проводили двумя способами:

- получение пигментов методом прокаливания сухих материалов;
- получение пигментов методом прокаливания с предварительным гидролизом и осаждение гидроксида железа (II).

Прокаливание проводили при температурах: 400-500, 550-650, 650-700, 700-750, 750-1000 °С.

В результате получили пигменты разных оттенков следующих цветов в зависимости от температуры прокаливания:

- 400-500°С – красно-коричневый;
- 550-650°С – красный;
- 650-700°С – красно-сиреневого;
- 700-750°С – сиреневый;
- 750-1000°С – сиренево-черный.

Цвет пигмента зависел не только от температуры прокаливания материалов, но и от степени помола. Как правило, пигменты, полученные из отхода имели более темные оттенки цвета. Пигменты, полученные из гидролизованного купороса и отхода, характеризовались более яркими оттенками цвета.

Полученные пигменты могут использоваться в производстве строительных материалов, в особенности кирпичей. В Беларуси производство пигментов особенно востребовано по причине отсутствия на данный момент собственного производства, т.к. отсутствует необходимая природная база. Также это решает проблему переработки отходов с Речицкого метизного завода.

РАСЧЕТ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

В связи с развитием промышленности, в мире все более значимой становится проблема изменения климата. Наибольший вклад в выброс парниковых газов вносят нефтеперерабатывающие предприятия.

Целью данного исследования являлось оценить жизненный цикл условного нефтеперерабатывающего предприятия, которое по своим характеристикам схоже с Павлодарским нефтеперерабатывающим заводом. Для оценки углеродного следа предприятия рассмотрели жизненный цикл переработки нефти.

При расчете углеродного следа использовали методику представленную в следующих документах: «Методические рекомендации по проведению добровольной инвентаризации объема выбросов парниковых газов в субъектах Российской Федерации», «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов».

Расчет производился по удельным нормам выбросов таких парниковых газов, как CO_2 , CH_4 , N_2O на каждой стадии жизненного цикла. В результате пересчета выбросов парниковых газов на CO_2 -экв. было установлено, что наибольший выброс приходится на стадию использования нефтепродуктов, вклад которой составляет 90 % от общего выброса. По полученным результатам был рассчитан индекс интенсивности выбросов парниковых газов, наибольшая величина этого показателя приходится на стадию использования нефтепродуктов.

Проведенные исследования по уменьшению углеродного следа за счет поглощения диоксида углерода из отходящих газов различными сорбентами.

Проанализировав результаты исследования, отметили, что наиболее эффективная очистка отходящих газов от диоксида углерода обеспечивается при применении многоступенчатой абсорбции с использованием таких сорбентов, как: раствор хлорида кальция, раствор гидроксида калия, раствор нитрата кальция в присутствии аммиака.

Выбор сорбентов был обусловлено тем что, можно получать товарные продукты, востребованные в разных отраслях промышленности и народного хозяйства: карбонат кальция и поташ.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОБРАЩЕНИЯ С МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИМ ШЛАКОМ

Известны следующие способы обращения с металлургическим шлаком: получение щебня, добавка к бетону, производство цемента, производство гранулированных шлаков, производство шлаковой пемзы, получение шлаковой ваты, производства шлакоситалловые изделия, получение губчатого железа.

Сравнительный анализ способов производства металлургического шлака из различного сырья проводили по следующим показателям: использование воды, энергии и вспомогательных химических веществ, сброс сточных вод, выбросы в атмосферный воздух, образование твердых отходов, риск пожара и взрыва, риск разлива химических веществ, уровень вибрации и шума, востребованность получаемых продуктов, стоимость оборудования.

Анализ производился по пятибалльной шкале и учитывал не только экологические аспекты способов переработки металлургического шлака, но и востребованность получаемых продуктов. При этом важно помнить, что степень воздействия негативных факторов на окружающую среду может быть уменьшена путем совершенствования технологических процессов в направлении увеличения коэффициента использования сырья, снижения водопотребления, энергоемкости и т.д.

Суммарная оценка может учитываться при выборе рекомендуемых сравниваемых способов обращения с металлургическим шлаком в конкретном производственном случае.

Исходя из выполненной оценки установлено, что наименее затратным способом, оказывающим сравнительно менее значимое воздействие на окружающую среду, и позволяющим получить достаточно востребованный продукт является переработка металлургического шлака в щебень. Данное направление характеризуется похожими характеристиками, которыми обладают два других способа обращения с металлургическим шлаком: использование его в качестве добавки к бетону и в производстве цемента. Эти два способа характеризуются необходимостью измельчения металлургического шлака до более мелких размеров частиц, чем при получении щебня, этим и обуславливается их более значимое воздействие на окружающую среду.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ ШЛАМА ТЭЦ

Потенциальным источником вторичного ванадийсодержащего сырья в Республике Беларусь являются отработанные ванадиевые катализаторы сернокислотного производства, а также отходы ТЭС и коммунальных котельных, образующиеся при сжигании мазута.

Объектом исследования является ванадийсодержащий шлак, который образуется на Минской ТЭЦ-3 (код отхода – 3164201, класс опасности – 2). Данный вид отхода подлежит длительному хранению на территории предприятия в шламонакопителях.

В состав сухого шлака входят (масс. %): CaSO_4 – 23; Fe_2O_3 и Al_2O_3 – 67; NiO и CuO – 1,1; соединения ванадия в пересчете на V_2O_5 – 5,1.

В ходе выполненной работы определили технологические параметры процесса извлечения ванадия из шлама теплоэнергетических установок.

Процесс переработки шлама проводился в несколько этапов.

Ванадийсодержащий шлак тщательно смешивали с известняком и подвергали окислительному обжигу в муфельной печи при температуре 1100 °С в течении 1 часа. В результате обжига ванадий переходил в кислоторастворимые ванадаты кальция.

Обожженный шлак после охлаждения выщелачивали раствором серной кислоты (значение pH = 2,5-3) при соотношении Ж:Т = 1:(3-4) при комнатной температуре в течении 10-60 минут с постоянным перемешиванием на магнитной мешалке. После выщелачивания ванадийсодержащий раствор отделяли от твердого осадка фильтрованием и осаждали из него ванадий при температуре 110 °С.

При нагревании раствора до кипения выпадал оранжевый осадок – товарный V_2O_5 , который на следующем этапе эксперимента отделяли фильтрованием.

За счет образования большого количества сточных вод и твердого отхода коэффициент использования сырья в данной схеме незначительный, также описанный процесс характеризуется низким выходом товарного оксида ванадия.

Извлечение ванадия из промышленного отхода позволит расширить сырьевую базу на дефицитный металл и сократить изъятие земель под шламохранилища.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ МАГНИТНЫХ СОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ

Одним из часто используемых в практике водоподготовки и очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов является сорбционный метод. Его популярность можно объяснить экономической и технологической эффективностью, способностью используемых материалов после их регенерации вновь участвовать в процессе очистки загрязненных вод.

В качестве используемых сорбционных материалов применяют оксидные, углеродные материалы, полимеры и многое другое. Также в последнее время в научной литературе стали упоминаться магнитные сорбенты. В основном они применяются для очистки вод, загрязненных нефтепродуктами, а также ионами тяжелых металлов.

Для природных вод Республики Беларусь характерно повышенное содержание таких ионов тяжелых металлов, как железо, марганец, медь. Поэтому целью проводимых исследований было установление активности магнитных сорбентов по отношению к данным элементам.

В проводимом эксперименте была определена статическая обменная емкость (СОЕ) магнитных сорбентов по отношению к железу, марганцу, меди.

В ходе исследований установлено, что оптимальным содержанием ионов железа в растворе, при котором достигается наибольшее значение СОЕ является 8 мг/л, при этом величина СОЕ достигает величины 0,5 мг/г. Схожие результаты получены при изучении сорбционной способности сорбента по отношению к марганцу: оптимальная концентрация – 4 мг/л, а СОЕ – 0,45 мг/г. максимальное значение СОЕ было получено при сорбции меди и составило 50 мг/г, при этом оптимальная концентрация, при которой наблюдались лучшие сорбционные свойства – 3 г/л.

Таким образом, исследуемые сорбенты позволяют очищать сточные воды от ионов марганца и железа при небольших концентрациях загрязняющих веществ, но процесс протекает не эффективно.

Данный сорбент можно рекомендовать для очистки сточных вод от ионов меди, но при условии больших концентраций ионов меди в растворе.

Студ. К.Ю. Окунев, Е.Ю. Дорожко, Е.М. Россинский
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ – СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ, ПОДХОДЫ И РЕШЕНИЯ

Угроза глобального потепления является одним из самых серьезных вызовов XXI-го века. Ответом на поставленный вызов стал взятый курс на скорейшую декарбонизацию деятельности человека – подписание Парижских соглашений, а также добровольные обязательства крупных компаний по снижению углеродного следа. Нефтегазовый сектор экономики является одним из самых крупных эмитентов парниковых газов – прямые и косвенные выбросы которого составляют около 12% от глобальных выбросов парниковых газов.

Прогнозы потребления ископаемых топливных ресурсов говорят, что нефть будет подвержена влиянию регуляций и ограничений. British Petroleum считает, что пик потребления нефти в мире был пройден в 2019 г., ОПЕК ожидает его к 2040 г., а МЭА – после 2030 г. В отличие от нефти природный газ рассматривается как более экологичная замена углю. По разным прогнозам, рост его потребления составит 18% к 2040г., а в сценарии устойчивого развития – снижение на 23% к 2040 г. Период пандемии 2020–2021 г. характеризовался ускорением роста спроса на альтернативные источники энергии, которые смогли оказать конкуренцию источникам на ископаемом топливе. Однако произошедший 2021 г. энергетический кризис спровоцировал рост использования угля до исторического максимума, и отраслевой уровень выбросов ТЭК также максимален – 13 млрд т CO₂-экв.

В сложившейся ситуации нефтегазовые компании, такие как British Petroleum, Total, Shell, Equinor, ENI, Repsol и др. начали формулировать свои стратегии декарбонизации. Финансовый сектор активно работает по выводу средств из секторов ископаемого топлива. Например, корпорация Black Rock планирует выводить инвестиции из компаний, которые не делают шагов к углеродной нейтральности.

Важная часть долгосрочных стратегий – это технологическое развитие. Концепция циркулярной углеродной экономики, разработанная компанией Saudi Aramco, подразделяет методы сокращения углеродного следа на четыре группы: сокращение, повторное использование, переработка и удаление. Наиболее перспективными технологиями декарбонизации являются повторное использование CO₂ для производства топлив, удобрений и т.д., биоэнергетика, технологии улавливания, хранения, переработки CO₂.

ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Одной из острых проблем в области охраны окружающей среды является проблема обеспечения населения чистой водой. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Беларусь в основном используется вода из подземных источников. В подземных водах в большинстве регионов страны наблюдается повышенное содержание железа, марганца, бора, фтора, минеральных солей, а также других соединений, которые ухудшают её показатели и свойства. Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» (подпрограмма «Чистая вода») предусмотрено обязательное возведение станций обезжелезивания. Станции обезжелезивания очищают воду не только от железа, но и от фтора, марганца и других загрязнений. Эксплуатация станций обезжелезивания характеризуется образованием промывных вод, которые образуются в процессе регенерации фильтров, используемых при обезжелезивании подземных вод, путём промывки фильтров водой или водовоздушной смесью.

Образующиеся промывные воды представляют собой тонкодисперсную смесь, содержащую нерастворимые частицы различных размеров, в основном, окисленного и гидратированного железа. Промывная вода фильтров также содержит такие характерные загрязнения, как среднедисперсную взвесь частиц фильтрующей загрузки и продукты гидролиза коагулянта в виде мелкодисперсной взвеси. Концентрация железа в промывных водах достигает 300 мг/дм^3 [1]. В настоящее время, согласно действующим нормам и правилам [2], запрещается сброс в водные объекты промывных вод, которые могут быть максимально применены в системах повторного использования после соответствующей очистки и обеззараживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Очистка и повторное использование промывной воды систем водоподготовки [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3169– Дата доступа: 14.04.2022.

2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: Санитарные правила и нормы, 19 октября 1999 г., №46 // Национальный центр правовой информации РБ. – Минск, 1999.

ПОЛУЧЕНИЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПСА

Наиболее перспективным видом гипсовых вяжущих, получаемых из синтетического гипса, является высокопрочный гипс, получаемый с помощью автоклавной обработки, а также строительный гипс для производства сухих строительных смесей.

Целью данного исследования являлась разработка технологических параметров получения из синтетического гипса производства ОАО «СветлогорскХимволокно» высокопрочного гипсового вяжущего. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: определить параметры режима прессования брикетов из синтетического гипса и их последующего автоклавирования, а также сушки и помола готового гипсового вяжущего.

Сырьем для получения гипсового вяжущего являлся синтетический $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который в настоящее время производят на ОАО «СветлогорскХимволокно» путем взаимодействия серной кислоты с природным карбонатным сырьем (мелом, отсевом известняка или доломитом).

Для установления оптимального режима прессования на прессе МС-500 варьировали такими параметрами, как давление прессования, а также стадийность процесса (одно- или двухстадийное). Прессование производилось на прессе МС-500 в цилиндрической пресс-форме с размерами 47x70 мм. Режим автоклавной обработки устанавливался путем регулирования давления и температуры, времени изотермической выдержки в лабораторном вертикальном автоклаве. Сушка образцов гипсового вяжущего осуществлялась в сушильном шкафу с последующим помолом в планетарной мельнице. Режим помола определялся двумя показателями: временем помола и скоростью вращения. Контроль тонкости помола определяется ситовым анализе по остатку на сите с размером отверстий на свету 0,25 мм. Остаток на сите не должен превышать 0,5%.

В результате проведенных испытаний установлены следующие параметры технологического процесса, обеспечивающие необходимый комплекс свойств: двухстадийное прессование при давлении 15 МПа; автоклавная обработка при давлении 0,4 МПа и выдержке 4 ч; сушка при 95 ± 5 °С в течение 120 мин; помол – в течение 3 мин при частоте оборотов 300об/мин.

Студ. Н.С. Некраш
 Науч. рук. доц. Е.В. Лукаш
 (кафедра химической технологии вяжущих материалов, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕЗВОДНОГО МЕТАСИЛИКАТА НАТРИЯ

Проведенные ранее на кафедре химической технологии вяжущих материалов исследования по разработке оптимального режима синтеза метасиликата натрия путем сернокислотного осаждения кремнезема в результате взаимодействия серной кислоты и жидкого стекла с последующей щелочной обработкой кремнезема показали возможность получения безводного метасиликата натрия. Методом химического анализа установлено содержание Na_2O и SiO_2 в продукте синтеза, которое составило 48,22 и 51,46% соответственно, что согласуется с литературными данными.

Целью настоящей работы являлось изучение основных физико-химических свойств полученного безводного метасиликата натрия. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица – Основные физико-химические свойства метасиликата натрия

Наименование показателя	Безводный метасиликат натрия (опытный образец)	Безводный гранулированный метасиликат натрия (Бельгия)	9-водный метасиликат натрия ОАО «Домановский ПТК»
1. Содержание Na_2O , мас. %, не менее	48,22	40	20,5
2. Содержание SiO_2 , мас. %, не менее	51,46	45	19,0
3. Гигроскопичность, мас. %	4,21	2,96	7,33
4. Время растворения, мин	5,20	4,30	3,0

Установлено, что гранулированный метасиликат натрия имеет наименьшие показатели по гигроскопичности, что, вероятно, связано с формой частиц материала.

Опытный образец показал гигроскопичность в 1,7 раза меньше, по сравнению с девятиводным метасиликатом натрия. Метасиликаты натрия при хранении интенсивно поглощают влагу из воздуха, теряют свою сыпучесть и превращаются в камнеподобную массу, что делает невозможным их дальнейшее применение, следовательно, разработка способов снижения слеживаемости метасиликатов натрия является актуальной задачей.

Студ. В.А. Манкевич
Науч. рук. зав. кафедрой А.А. Мечай
(кафедра химической технологии вяжущих материалов, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА (III)

В наше время изобретено большое множество добавок к бетону и с каждым годом это количество увеличивается. Внедрение добавок позволяет с большей эффективностью использовать имеющиеся ресурсы.

Целью работы являлось получение цементных композиций с использованием сульфата железа (III).

Основные задачи: изучение влияния кольматирующей добавки на свойства получаемых цементных композиций, а также исследование влияния условий твердения на прочность цементного камня и влияние добавок на процесс водопоглощения. Практическая часть заключалась в получении сульфата железа и его введении при разных дозировках в портландцемент вместе с водой затворения. В качестве сырьевых материалов использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5Н и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, полученного из шлама станций обезжелезивания. Основным компонентом шлама является трехвалентное железо в виде хлопьевидного (аморфного) гидроксида железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, о наличии которого свидетельствует насыщенная коричневая окраска. В шламах станции обезжелезивания содержание Fe_2O_3 находится в пределах 28–33%. Массовая доля железа в пересчете на Fe_2O_3 в шламах составляет 28–35%

В результате проведенных исследований определены основные физико-механические свойства портландцемента. Изученные прочностные свойства образцов-балочек размером $16 \times 4 \times 4$ см. В ранние сутки твердения показатели снижения прочности на сжатие с увеличением дозировки сульфата железа в составе смеси. Полученные значения находились в диапазоне 22,0 – 24,8 МПа. Прочность контрольного образца составила 25,4 МПа. Прочность на изгиб в возрасте 3 сут. и 7 сут. находилась в диапазоне 4,6–4,95 МПа, 5,6–5,88 МПа. Прочность контрольного образца составила 5,15 МПа и 5,80 МПа. При определении водопоглощения было установлено, что с увеличением дозировки добавки показатель снижался. Для контрольного образца водопоглощение, мас.% – 5,09, для состава с дозировкой добавки 0,8 % – 3,5, 1 % – 3,69, 1,5 % – 3,5, 2 % – 3,4.

По результатам испытаний основных физико-механических свойств цементов были определены оптимальные составы с дозировкой добавки 0,8% и 1%. Результаты исследования показали эффективность использования добавки.

Маг. А.Н. Астрейко; студ. Е.А. Бут-Гусаим
Науч. рук. зав. кафедрой А.А. Мечай, доц. Е.И. Барановская
(кафедра химической технологии вяжущих материалов, БГТУ)

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПСА ИЗ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ И НЕКОНДИЦИОННОГО КЛИНКЕРА

В качестве регулятора сроков схватывания портландцемента традиционно используется природный гипсовый камень. В Республике Беларусь собственные месторождения гипсового камня не разрабатываются, а потребность в нем покрывается за счет импорта из России, Украины и других стран. В то же время в процессе производства цемента образуются некондиционные клинкеры большого тоннажа, которые складываются в отвалы, либо частично добавляются в мельницу помола цемента, что ухудшает его качество.

Предварительные исследования составов клинкеров показали целесообразность их использования в качестве сырья для производства гипсосодержащей добавки полифункционального действия.

В качестве сырьевых материалов использовалась чистая серная кислота и клинкеры «Красносельскстройматериалы» с коэффициентами насыщения 0,8 и 1,2.

Помол некондиционных клинкеров осуществлялся до удельной поверхности 2500-3000 см²/г. Кислота вводилась в клинкер в соотношении 0,75 : 1 соответственно для оптимального процесса нейтрализации. Полученный продукт совместно с клинкером подвергался помолу для изготовления цемента.

В полученной композиции присутствуют двуводный гипс, оксид кремния в аморфной форме, который может служить как пуццолановая добавка, и гидроксид алюминия в активной форме, который так же должен положительно сказаться на свойствах цементного камня, что требует дополнительного исследования.

Полученный цемент исследовался согласно ГОСТ на время схватывания, нормальную плотность и прочностные свойства.

Результаты прочности на сжатие: состав с 5 % синтезированной добавкой на основе клинкера с КН=0,8 на 2 сутки уступает контрольному образцу, но на 7 суток опережает по прочностным показателям. Состав с 5 % синтезированной добавкой на основе клинкера с КН=1,2 на 2 и 7 суток превосходят контрольный образец.

На основе вышесказанных исследований можно сделать вывод, что полученный синтетический материал может быть использован взамен импортируемого природного гипса.

ГЛУШЕННЫЕ ТИТАНСОДЕРЖАЩИЕ ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

Применение диоксида титана в составах глазурных покрытий для керамогранита обеспечивает высокую степень глушения, а также требуемую химическую и термическую стойкость и износостойкость покрытий.

Сырьевая композиция для получения глазурей включала многокальциевую алюмоборсиликатную фритту 2/154, диоксид титана (TiO_2), доломитовую муку их предел содержания составлял соответственно 20,0–30,0; 7,5–17,5 и 15,0–25,0 мас. %. Постоянными компонентами в композиции являлись полевой шпат вишневогорский, глинозем NO–105, каолин АК Prime, глина огнеупорная «Гранитик-Веско», кварцевый песок ОВС-020-В. Их содержание составляло 45 мас. %.

Глазурный шликер готовился совместным мокрым помолом компонентов в шаровой мельнице Speedy (Италия) по мокрому способу при влажности суспензии 32–35 % до остатка на сите № 0063 в количестве 1,2–1,5 %, рабочая плотность составляла 1840 ± 20 кг/м³. Помол производился при соотношении мелющих тел, материала и воды 2:1:0,35. Суспензия перед нанесением выдерживалась в течение не менее 3-х суток.

С помощью фильеры № 06, на высушенный до влажности не более 1 % полуфабрикат керамогранита, наносился слой глазурной суспензии. Далее образцы высушивались при температуре 105 ± 5 °С в течение 30 мин, а затем обжигались по скоростному режиму в промышленной печи FMS-2950 при температуре 1200 ± 5 °С в течение 50 ± 2 мин на ОАО «Керамин».

Показатели белизны покрытий составили 61–75 %, значения блеска – 9,5–13 %. Температурный коэффициент линейного расширения находился в интервале $(66,58–76,17) \cdot 10^{-7}$ К⁻¹. Микротвердость покрытий находилась в интервале от 7824 до 8293 МПа. Образцы проявили термостойкость при температурах 225–275 °С и химическую стойкость к раствору № 3.

Рентгенофазовым анализом поверхностного слоя глазурей установлено, что в покрытиях присутствуют две основные кристаллические фазы: сфен $\text{CaOTiO}_2[\text{SiO}_4]$ и анортит $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$.

Студ. А.В. Саплев
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.А. Левицкий
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

ПОЛИКОМПОНЕНТНАЯ СЫРЬЕВАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛИТОК ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СТЕН НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В работе исследовались следующие компоненты: суглинки месторождения «Фаниполь», глина легкоплавкая месторождения «Ново-Лукомль», гранитоидные отсеvy, вводимые в количестве 24–30, 22–28 и 14–20 мас.% соответственно. Постоянными составляющими служили глина месторождения «Гайдуковка», кварцевый песок, доломитовые отсеvy, каолин-сырец марки KZ-1 (Украина). Их количество составляло 34 мас. %.

Влажность шликера составляла 36–40 %. Полученный шликер подвергался сушке до постоянной массы при температуре 150 ± 5 °С до остаточной влажности 1,5 % с последующим измельчением и рассевом. Далее приготовленные порошки смешивались и увлажнялись до влажности 5–6 % и подвергались вылеживанию для усреднения влажности в течение 3 суток.

Прессование образцов проводилось двухступенчато при давлении прессования 12 и 22 МПа соответственно. Сушка образцов осуществлялась в сушильном шкафу при температуре 150 ± 5 °С в течение 30 мин.

Обжиг полуфабриката производился в конвейерной печи FMS-2850 ОАО «Керамин» при температуре 1120 ± 5 °С в течение 53 ± 2 мин.

Полученные образцы характеризовались гладкой, ровной поверхностью, без видимых невооруженным глазом дефектов.

В ходе выполнения комплекса экспериментов установлены следующие свойства образцов плиток: усадка составляет 2,7–5,2 %; температурный коэффициент линейного расширения – $(6,62 - 6,95) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; водопоглощение – 17,0 – 20,1 %; плотность – 1730–1830 кг/м³; пористость – 33,6–37,4 %; механическая прочность при изгибе – 13,6–18,7 МПа.

Электронно-микроскопические исследования с помощью сканирующего микроскопа JEOLJCM-5610LV (Япония) позволили установить, что микроструктура образцов представлена преимущественно аморфизированным веществом с наличием кристаллических образований, близких к призматическим. Размеры этих кристаллов колеблются в широких значениях размеров – от 0,1 до 3,5 по длине и 0,1–1,5 мкм по ширине.

Студ. К.А. Хилимон
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.А. Левицкий
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

ТИТАНСОДЕРЖАЩИЕ АНГОБЫ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ПЛИТОК

Сырьевая композиция для получения ангобов включала многокальциевую алюмобарийсиликатную фритту прозрачной глазури 33/14 (производственный состав ОАО «Керамин»), каолин марки КН-83, диоксид титана технический, которые вводились в количестве мас. %: фритта 33/14 – 45,0–37,5; каолин КН-83 – 2,5–12,5; диоксид титана – 2,5–12,5.

Постоянными компонентами в композиции являлись кварцевый песок марки ВС-030-В, глинозем марки NO-105, полевой шпат F501E25 и глина огнеупорная «Гранитик-Веско». Их общее количество составляло 45,0 мас. %.

Ангобная суспензия приготавливалась методом совместного мокрого помола в шаровой мельнице до остатка на сите № 0063 в количестве 1,2–1,5 %. Влажность ангоба находилась в интервале 35–40%, рабочая плотность составляла 1840 ± 20 кг/м³.

Ангобные покрытия наносились на поверхность керамической плитки для внутренней облицовки стен, прошедшей утильный обжиг, методом полива, с последующим обжигом в промышленной конвейерной пламенной печи марки FMS-2850/98,7 при температуре 1050 ± 2 °С с общей продолжительностью процесса 38 ± 2 мин.

Значения общей усадки синтезированных покрытий составляли 2,4–8,5 %. Значения водопоглощения ангобных покрытий составляли 6,5–14,4 %, кажущейся плотности – $(1,76 - 1,95) \cdot 10^3$ кг/м³, открытой пористости – 12,8–25,4 %. Температурный коэффициент линейного расширения в интервале 20–300 °С ангобов находился в интервале $(63,3 - 72,6) \cdot 10^{-7}$ К⁻¹. Значения белизны синтезированных покрытий составляли 85–91 %. Покрытия имели высокую термическую стойкость, находящуюся в интервале 150–200 °С.

Покрытия характеризовались высокой укрывистостью, равномерностью слоя при отсутствии дефектов.

Основными кристаллическими фазами оптимального состава являлись сфен, анортит.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗАЛЬТОВ НОВОДВОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СОСТАВЕ МАСС ДЛЯ ПЛИТОК ВНУТРЕННЕЙ ОБЛИЦОВКИ СТЕН

В работе исследовались следующие компоненты, мас. %: глина легкоплавкая месторождения «Гайдуковка» – 47,5–52,5; базальт Новодворского месторождения Республики Беларусь – 17,5–25,0; песок кварцевый марки ВС-050-1 – 7,5–15,0. Постоянными составляющими служили глина тугоплавкая месторождения «Городное», каолин-сырец марки КZ-1, доломитовый отсев, суммарное количество которых составляло 20,0 %.

Влажность шликера составляла 35,0–40,0 %. Полученный шликер подвергался сушке до постоянной массы при температуре 105 ± 2 °С до остаточной влажности 1,5–2,0 % с последующим измельчением и протиркой через сито для грануляции. Далее подготовленные порошки смешивались и увлажнялись до влажности 5,0–6,0 % и подвергались вылеживанию для усреднения влажности в течение 3 суток.

Прессование образцов осуществлялось двухступенчато при давлении прессования 6 и 12 МПа соответственно. Сушка образцов осуществлялась в сушильном шкафу при температуре 105 ± 2 °С в течении 30 мин. Обжиг полуфабриката производился в конвейерной печи FMS-2500/128,5 ОАО «Керамин» при температуре 1110 ± 3 °С в течении 41 ± 2 мин.

Полученные образцы характеризовались гладкой, ровной поверхностью, без видимых невооруженным глазом дефектов.

Установлены следующие свойства образцов плиток: усадка составляла 0,99–1,26 %; температурный коэффициент линейного расширения – $(7,60–8,03) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; водопоглощение – 18,9–21,4 %; кажущаяся плотность – 1696–1834 кг/м³; открытая пористость – 32,8–37,1 %; механическая прочность при изгибе – 16,33–20,74 МПа.

Рентгенофазовым анализом установлено наличие кристаллических образований анортита, микролина и остаточного кварца.

Электронно-микроскопические исследования позволили установить, что микроструктура образцов представлена преимущественно аморфизированным веществом с наличием кристаллических образований, близких к призматическим.

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
ШТАПЕЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ
ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТОИДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В настоящее время в мире прослеживается тенденция к увеличению объемов производства теплоизоляционных изделий на основе минерального сырья, в частности, базальтов. В Республике Беларусь отсутствуют разрабатываемые месторождения базальтов, однако имеются крупнейшее в Европе Микашевичское месторождение гранитоидных пород. Проведенными ранее в БГТУ исследования показали возможность получения непрерывного волокна, на основе отсевов дробления данных пород, получаемых при производстве строительного щебня из них.

Цель настоящей работы являлась оптимизация фракционного состава гранитоидных пород РБ, с целью их использования для получения штапельного (короткого) волокна.

Исследованию подвергались различные фракции отсевов: 0–0,160; 0–0,200; 0–0,250; 0–0,630, мкм. Изучение свойств расплавов полученных фракций показало, что существенной разницы между ними не имеется: начало плавления происходит при 1040–1060 °С, завершение плавления 1440–1460 °С, полная гомогенизация при 1480–1490 °С. Волокнообразующая способность фракций – 5 (по пятибалльной шкале).

Исследования фазовых трансформаций породы методом ДСК также показали, что принципиальных отличий при нагреве и охлаждении в поведении ее различных фракций не наблюдается.

Изучение химико-минералогического состава опытных фракций показали слабый рост содержания свободного кремнезема (кварца) при возрастании размеров зерен во фракции (до 1,5%), в то время как, содержание основных породообразующих минералов (плагиоклазов, калиевого полевого шпата, темноцветных, минералов) практически не изменяется. Это подтверждается проведенными микроскопическими исследованиями опытных фракций отсевов.

Таким образом, в ходе выполнения настоящей работы показана возможность использования фракции 0–0,630 мкм отсевов дробления гранитоидных пород Микашевичского месторождения для получения штапельного волокна и изделий на его основе (матов, плит и др.).

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ СВЕТЛЫХ ТОНОВ НА ОСНОВЕ
ЛЕГКОПЛАВКОГО ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ**

Весьма актуальными задачами, решаемыми в производстве стеновой керамики в настоящее время, является повышение марочности изделий, расширение их номенклатуры, а также повышение декоративных свойств. Как правило стеновая керамика производится на основе легкоплавкого красножгущегося глинистого сырья, что ограничивает их цветовые характеристики изделий.

В настоящей работе сделана попытка получения изделий светлого цвета на основе красножгущейся глины Республики Беларусь месторождения «Гайдуковка». При этом в исходное глинистое сырье вводилась отбеливающая добавка (мел в количестве 10–30 %), а также минерализатор, обеспечивающий образование в процессе обжига полезных светлых кристаллических фаз (волластонита, анортита и др.). В ходе исследований показано, что наилучшее минерализующее действие оказывает кальцинированная сода в количестве 1–4 %.

Технологические процессы подготовки образцов заключались в измельчении глины в молотковой дробилке до прохождения через сито №05. После измельчения производился совместный помол глины и мела в шаровой мельнице в течении 30 мин. Влажность массы составляла 17,5–18,5 %. Формование образцов осуществлялась в металлические формы размером 60×30×15 мм. Полученные изделия подвергались сушке до постоянной массы при температуре 80 °С в течении 1,5 ч. Обжиг изделий осуществлялся при температурах 1000, 1050 и 1100 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Определение свойств, полученных образцов показало следующее: усадка составляла 7,9–8,3 %; водопоглощение при интервале температур 1000–1100 °С – 13,70–4,66 %; при кажущейся плотности 1,84–2,09 кг/м³; открытая пористость – 25,2–9,8 %. Цвет изменялся от светло-желтого до натурально желтого в соответствии с атласом цветов «RAL».

С помощью рентгенофазового анализа установлено положительное влияние минерализирующей добавки на фазообразование исследуемых масс. В частности, установлено, что увеличение содержания кальцинирующей соды приводит к росту кристаллических новообразований – волластонита. В отсутствии минерализатора фиксируется лишь небольшое количество анортита.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СТЕКОЛ

В настоящее время наблюдается достаточно большое разнообразие оптических люминесцентных стекол, которые излучают видимый свет под действием ультрафиолета. Благодаря этому свойству новый материал может быть полезен в энергетике для увеличения эффективности и срока службы солнечных батарей: энергия ультрафиолетового излучения, которая сама по себе оказывает разрушительное влияние на солнечный модуль, будет преобразовываться и использоваться для дополнительной подзарядки. Несмотря на достаточное разнообразие как самих люминесцентных стекол, так и областей их применения, существует набор характеристик, которыми должны обладать такие материалы, а именно: высокая плотность материала и атомные номера используемых элементов, высокий световыход и энергетическое разрешение, малое время высвечивания и отсутствие послесвечения, низкая стоимость, высокая радиационная и механическая стойкость, отсутствие собственной радиоактивности. Целью настоящей работы является разработка новых составов фотолюминесцентных стекол.

Стекла синтезированы в системе $\text{Li}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{BaO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, активированной оксидом церия в газовой печи при $1430\text{ }^\circ\text{C}$ с выдержкой при максимальной температуре 2 часа. В процессе синтеза поддерживались восстановительные условия варки. Изучены основные физико-химические характеристики стекол. Стекла характеризуются следующими характеристиками: кристаллизация в интервале температур $630 - 1000\text{ }^\circ\text{C}$; температура начала размягчения – $475-500\text{ }^\circ\text{C}$; ТКЛР – $(81,7-90,9)10^{-7}\text{ K}^{-1}$; плотность изменяется от $2426,87$ до $2442,56\text{ кг/м}^3$; по химической устойчивости стекла относятся к III гидrolитическому классу. Исследовано оптическое светопропускание синтезированных стекол. Показано, спектры пропускания имеют вид, близкий к ступенчатому с разной крутизной. Полоса поглощения стекол лежит в области длин волн $350-450\text{ нм}$ в зависимости от состава. Показано, что с увеличением содержания CeO_2 до $10\text{ мас.}\%$ край полосы поглощения постепенно смещается из УФ области спектра в сторону больших длин волн, сопровождаясь усилением поглощения в видимой части спектра. Интенсивность фотолюминесценции также закономерно снижается с увеличением содержания CeO_2 , что обусловлено накоплением ионов Ce^{4+} . Оптимизированы составы фотолюминесцентных стекол.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СТЕКОЛ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЮМИНЕСЦИРУЮЩИХ СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Стеклокристаллические материалы, соактивированные ионами эрбия и иттербия представляют практический интерес и предназначены для использования в качестве ап-конверсионных люминофоров, осуществляющих эффективное преобразование инфракрасного лазерного излучения (~980 нм) в видимое, соответствующее красной и зеленой области диаграммы цветности по стандарту CIE 1931. Такие материалы могут также найти применение в визуализаторах инфракрасного излучения, диодных лампах, цветных дисплеях, волоконных лазерных системах и в устройствах, содержащих солнечные батареи для увеличения их эффективности.

Целью работы является разработка новых составов стекол и технологии получения up-конверсионно люминесцирующих стеклокристаллических материалов на их основе.

Стекла синтезированы на основе стеклообразующей системы $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--BaO}$, с введением постоянных добавок MgO , BaF_2 , V_2O_5 , Er_2O_3 , Yb_2O_3 . Стекла синтезированы при 1450 °С в газопламенной печи с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Изучены основные свойства стекол. Стекла характеризуются ТКЛР в интервале $(73,83\text{--}84,28) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, плотностью 4105–4269 кг/м³, показателем преломления – 1,591–1,612. Изучены оптические характеристики стекол. Полосы поглощения на спектрах пропускания обусловлены присутствием ионов Er^{3+} и его основным переходам. ${}^4\text{F}_{7/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$, ${}^2\text{H}_{11/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$, ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$, ${}^4\text{I}_{9/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$, а также ионов иттербия и его основному переходу ${}^2\text{F}_{7/2} \rightarrow {}^2\text{F}_{5/2}$.

Условия термической обработки стекол определены с использованием дифференциально-термического анализа. В соответствии, с которым стекло подвергали 3 циклам термической обработки в течение 15 ч. Температура термообработки составляла 830 °С, 850 °С и 900 °С. Показано, что кристаллизация стекол становится более выраженной с увеличением температуры термообработки. После отжига при 900 °С наблюдается образование смеси кристаллов BaSi_2O_5 и BaSiO_3 . Спектры up-конверсионно люминесценции полученных стеклокристаллических материалов при длине волны возбуждения 980 нм демонстрируют полосу в красной части спектра, обусловленной переходами ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ ионов Er^{3+} .

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ОКРАШЕННЫХ ТАРНЫХ СТЕКОЛ С ПОВЫШЕННЫМ 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 выпуска является следствием значительного разнообразия ассортимента продуктов для фасования. Конкурентами стеклянной тары являются металлическая и пластиковая, однако, её позиции остаются конкурентоспособными за счет хороших эксплуатационных характеристик, также стеклотара является безопасным способом хранения пищевых продуктов. К недостаткам можно отнести более высокую массу и невысокую механическую прочность. В соответствии с мировой практикой при производстве окрашенных бутылок в шихту вводится от 35 до 90 мас. % соответственно. Преимущества, которые обеспечивает введение боя стекла в шихту, хорошо известны. Таким образом, целью настоящей работы является разработка составов окрашенных тарных стекол с повышенным содержанием стеклобоя.

Синтезированы стекла с содержанием стеклобоя в шихте 50–90 мас.%. Стеклобой использовался зеленого цвета и смесь цветов (зеленый, коричневый, оливковый). Стекла варились в газовой печи при температуре 1450 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Стекла отжигались при температуре 600 °С. Показано, что повышение содержания стеклобоя до 90 % приводит к снижению осветления. При определении влияния количества сульфата натрия на осветление стекломассы установлено, что при содержании осветлителя в пределах 3–5 % при равном содержании стеклобоя в составе шихты также наблюдается снижение степени осветления стекол. Изучены физико-химические свойства стекол (плотность, ТКЛР, оптическое светопропускание, механическая и химическая стойкость). Показано, что с увеличением содержания стеклобоя снижается механическая прочность стекол, что обусловлено наличием газовой фазы. Использование смешанного стеклобоя может привести к неравномерному окрашиванию стекол. Техничко-экономические показатели показывают, что введение повышенного содержания стеклобоя (80–90 мас.%) приводит к приросту прибыли от реализации продукции, однако по технологическим характеристикам для печи производительностью 40 т/сут. рекомендуется использование содержания стеклобоя в количестве 70 %.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СМАЛЬТ

В последнее время смальта получила широкое применение для украшения зданий и сооружений, внутреннего оформления помещений общественно-культурного значения, в реставрационных работах. Смальта представляет собой цветное глушеное стекло, применяемое для изготовления мозаики и декоративных панно. Она отличается глубокими цветами и превосходит по физическим свойствам обычное стекло. Поверхности, выложенные из смальты, долговечны, прочны, не боятся влаги, низкой температуры и химического воздействия.

Целью настоящей работы является разработка составов и технологии получения смальт различных цветов для проведения реставрационных работ.

Для получения смальты использовалась система $R_2O-RO-Al_2O_3-SiO_2$, где R – Na, Ca, Co, Mn. В качестве сырьевых материалов использовался кварцевый песок, криолит, сода кальцинированная, селитра натриевая, мел. Для получения стекол широкой цветовой гаммы использованы красящие вещества Cr_2O_3 , CoO, CuO, Se, Fe_2O_3 , SeO_2 и др., которые вводились в смальту белого цвета. В качестве глушителя вводился криолит, содержанием не менее 15 мас %. Наряду с фтором этим соединением в состав стекла вводится оксид алюминия и оксид натрия. Одним из условий варки фторсодержащих стекол является создание окислительных условий. Для этого часть оксида натрия вводили через селитру.

Варка смальты производилась в газовой печи периодического действия при $1350^\circ C$ с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Все синтезируемые стекла заглашались при выработке. По итогу, в зависимости от типа красящих компонентов и их содержания была получена широкая цветовая гамма смальт.

Полученная смальта имеет плотность 2662 кг/м^3 , микротвердость 5780 МПа, высокую водостойкость, жаропрочность и износостойкость, характеризуется мелкокристаллической тонкозернистой структурой. Данный материал представляет большой интерес для реставрационных работ общественно-культурных объектов, изготовления декоративных панно и мозаик; может использоваться в качестве облицовочного материала.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА БАЗАЛЬТОВЫХ СТЕКОЛ

Базальтовое непрерывное волокно используется в качестве армирующего материала композитов различного назначения, а также бетонов. Преимуществом базальтового волокна является распространенность в природе сырья, экологичность производства, высокие показатели прочности, термостойкости и химической стойкости. Вместе с тем имеется ряд технологических проблем, связанных с различием и нестабильностью химико-минерального состава горных пород различных месторождений.

Оптимизация состава базальтового стекла является актуальным направлением совершенствования технологии производства непрерывного волокна. При синтезе стекол модифицированных составов на основе базальта Подгорнянского месторождения в состав композиций вводились следующие материалы: дистен-силлиманитовый концентрат (дистен), глинозем, доломит, колеманит, борная кислота. Химический состав базальтовых стекол включает, мас. %: SiO_2 47,3–53,0; Al_2O_3 15,1–21,2; Fe_2O_3 11,4–13,0; R_2O 3,7 – 4,1; B_2O_3 0–5,2; CaO 8,0–10,6; MgO 3,9–4,3. Для исследования влияния модификаторов на процессы плавления базальта проведена термическая обработка сырьевых композиций в газовой пламенной печи при температурах от 1250 до 1500°C. Установлено, что введение в состав композиций борсодержащих компонентов существенно ускоряет процесс растворения зерен базальта. Показатели прочности при изгибе опытных образцов определены с помощью испытательной машины Galdabini Quasar 100. Они изменяются от 112 до 164 МПа и существенно возрастают с ростом содержания Al_2O_3 . Прочность исходного базальтового стекла составляет 124 МПа. При использовании комплексных модификаторов получены технологичные образцы базальтового стекла с показателями прочности до 148 МПа. Показатели щелочестойкости базальтовых стекол определены зерновым методом при воздействии 2 н раствора NaOH при 98°C. Потери массы при обработке изменяются от 2,06 до 3,47 %. Введение модифицирующих добавок снижает щелочестойкость незначительно, а в случае введения колеманита стойкость опытных образцов повышается. По результатам исследования установлено, что наиболее рациональным является использование комплексных модификаторов, включающих оксиды алюминия, бора и кальция.

Студ. А.М. Терешук
Науч. рук. мл. науч. сотр. П.С. Ларионов
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СТЕКОЛ, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ПЕРЕХОДНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Получение люминесцентных материалов в виде монокристаллов имеет ряд недостатков: высокую стоимость получения монокристаллов достаточного оптического качества и трудность их последующей механической обработки, а также ограничения – анизотропия, что делает невозможным получение некоторых материалов в виде больших монокристаллов. В отличие от монокристаллов, люминесцентные стекла можно получить в широком диапазоне составов, которые в свою очередь могут соответствовать по составу стехиометрическим кристаллическим соединениям. К основным преимуществам стекол в сравнении с прозрачной керамикой и монокристаллами относятся экологичность, невысокая стоимость производства, механическая и химическая стойкость, относительная легкость получения образцов больших объемов, а также обработки конечных изделий. Типичными парами ионов активаторов, для которых люминесценция интенсивно исследуется и разработаны перспективные предложения применения являются пары $\text{Ce}^{3+} / \text{Eu}^{2+/3+}$; $\text{Ce}^{3+} / \text{Tb}^{3+}$; $\text{Ce}^{3+} / \text{Mn}^{2+}$; $\text{Eu}^{3+} / \text{Sm}^{3+}$ и т.д. В настоящей работе приведены результаты исследования люминесцентных стекол на основе силикатных систем, активированных ионами переходных и редкоземельных элементов.

Стекла синтезированы в барийсиликатной системе с введением различной концентрации пар оксидов церия и марганца; церия и европия, церия и самария в газовой печи при температуре 1450 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. Все стекла хорошо проварены, признаки кристаллизации отсутствуют. Изучены основные физико-химические свойства стекол. Плотность стекол изменяется от 3105 кг/м³ до 4027 кг/м³. Показатель преломления – 1,621 – 1,629. ТКЛР – $(81,18–99,59) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. Установлено влияние пар ионов-активаторов при их различных концентрациях на спектрально-люминесцентные свойства стекол. Следует отметить наличие люминесценции в синей части спектра при сочетании ионов церия и марганца и красной люминесценции при наличии ионов европия / самария в составе стекла при возбуждении УФ светом.

*Работа выполняется при финансовой поддержке гранта
БРФФИ–РФФИ М № Т21РМ-156.*

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС И ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКОЙ КЕРАМИКИ ПО АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Термостойкая керамика характеризуется прочностью, твердостью, химической стойкостью и, в первую очередь, способностью без разрушения, с сохранением значений эксплуатационных свойств, выдерживать механические и термические напряжения, возникающие в материале при воздействии многократных резких перепадов температур. Изделия из термостойкой керамики используют при футеровке печей и топок, в производстве различного рода огнеприпаса, изоляторов в электронагревательных устройствах, а также пьезоэлектрических датчиков.

В последнее время термостойкая керамика широко применяется в производстве изделий для различных отраслей машиностроения, в том числе для двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин, в станкостроении, электронике, энергетике, авиационной и авиакосмической промышленности, в качестве носителей катализаторов. Наряду с перечисленными областями применения, изделия из термостойкой керамики используются и в бытовой сфере как для футеровки тепловых установок (духовок, каминов и т. д.), так и для изготовления кухонной утвари (кофеварки, жаровни для тушения, сковородки и др.).

Существуют различные способы получения термостойких изделий на основе кордиерита: шликерный, полусухой и пластичный. Каждый из указанных способов имеет свои достоинства и недостатки. Так, например, изготовление по двум последним, позволяет получать изделия лишь простой формы, шликерная технология значительно лимитируется процессом сушки, увеличением времени термообработки материала, характеризуется значительными энергетическими затратами. Все названные способы достаточно материалоемки, что вызвано, прежде всего, потерей массы при формовании, образованием брака при указанном процессе. Конечно, часть сырья возвращается, однако, при этом затрачиваются значительные энергетические ресурсы. Следует отметить, что все указанные способы формовки изделий связаны с необходимостью изготовления оснастки для получения полуфабриката (металлические, полимерные, гипсовые формы и т.д.), что также увеличивает затраты времени, ресурсов (металла, гипса, полимерных материалов) и снижает эффективность производства. Изготовление изделий сложных форм с минимальными потерями сырья, отсутствием

оснастки при формовании, возможно в случае применения аддитивных технологий (3d-принтеров). Использование таких технологий позволяет достаточно быстро изменить ассортимент продукции, изготовить изделия по индивидуальному заказу, независимо от объема производства, сложности формы, предельно автоматизировать процесс формовки материала. Наличие пластифицирующих компонентов в составах керамических масс (например, глины), позволяет расширять разнообразие выпускаемых изделий. Важно отметить, что при наличии тепловых агрегатов, обладающих широким диапазоном температур, регулировкой условий синтеза, на одной линии возможно изготавливать изделия различного назначения: от огнеупорных материалов и технической керамики до бытовой (при существовании соответствующих рецептов керамических масс на производстве).

На кафедре технологии стекла и керамики сотрудниками (доц. Поповым Р.Ю., ст. преп. Шиманской А.Н.) предложена конструкция и разработана установка 3d-принтера для изготовления керамических изделий сложной формы, которая в настоящий момент проходит испытания.

Основными требованиями, необходимыми для применения таких технологий являются: устойчивость керамических масс (стабильность свойств, требуемая вязкость и влажность, агрегативная устойчивость), заданный гранулометрический состав, способность схватываться через определенный промежуток времени, постепенно набирая прочность и не деформируясь при этом.

Для достижения указанных целей разрабатываются составы керамических масс на основе кордиерита, включающие глину «Керамик-Веско», технический глинозем ГК, тальк онотский, каолин просняновский. В качестве добавок, способствующих процессу спекания, использовали нитраты кобальта, магния, железа, меди. Необходимая влажность и вязкость керамических масс достигалась путем изменения содержания воды и электролитов при подготовке массы. После формования образцы изделий сушились при температуре 100 ± 10 °С и обжигались в интервале температур 1100 – 1250 °С. Исследования фазового состава опытных образцов позволили сделать вывод о том, что материал представлен преимущественно кордиеритом (не менее 70%), в качестве побочных фаз фиксировались кварц, муллит, корунд. Образцы керамики, получаемой по предлагаемой технологии характеризовались следующими показателями свойств: водопоглощение от 40 до 8 % (в зависимости от вида добавки, ее концентрации, а также температуры обжига керамики), температурный коэффициент линейного расширения образцов – $(2,3 - 3,0) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, а прочность при сжатии – от 12 до 30 МПа.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ БИОКЕРАМИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$**

Целью настоящей работы является разработка составов масс и технологических параметров получения биокерамики в системе $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-P}_2\text{O}_5$.

В качестве сырьевых материалов для синтеза керамических материалов выбраны следующие, мас. %: диоксид циркония ZrO_2 (ч, ТУ 6-09-2786-77) – 0–50; карбонат кальция CaCO_3 (хч, ГОСТ 4530) – 28; гидроортофосфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (чда, ГОСТ 3772) – 22; оксид алюминия (чда, ТУ 6-09-426-75) – 0–50.

Экспериментальные образцы изготавливались следующим образом. Сырьевые материалы подвергались сухому совместному помолу в планетарной шаровой мельнице РМ 100 Retsch в течение 20 мин до остатка на контрольном сите № 0063 в количестве не более 1–2 мас.%. Образцы формовались методом полусухого прессования в виде цилиндров диаметром 12,1 мм на лабораторном прессе при давлении 8–12 МПа. Сушка полуфабриката проводилась в сушильном шкафу SNOL 58/350 при температуре 100 ± 5 °С, обжиг – в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 при температурах $((1300\text{--}1500) \pm 10)$ °С с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч. Скорость подъема температуры составляла 250 °С/ч.

Визуальная оценка обожженных образцов показала, что они характеризуются равномерной окраской белого цвета. Текстура образцов на изломе пористая.

Общая усадка синтезированных материалов, равна нулю, что объясняется выделением газообразных CO_2 и NH_3 , образующихся при разложении карбоната кальция и гидроортофосфата аммония, которые разобзают частицы керамической составляющей, затрудняя спекание. Как известно, спекание циркониевой и корундовой керамики осуществляется по твердофазному механизму, однако ввиду присутствия в керамической массе соединений кальция, являющихся плавнями второго рода, в спекании также участвует и жидкая фаза.

Значения водопоглощения образцов при температуре обжига 1300 °С составляют 28,8–35,8 %; при 1400 °С – 25,5–30,7 %; при 1500 °С – 21,3–30,0 %. Показатели открытой пористости и кажущейся

плотности варьируются в пределах: 1300 °С – 48,7–51,8 % и 1408–1752 кг/м³; 1400 °С – 44,0–47,3 % и 1148–1792 кг/м³; 1500 °С – 41,1–47,8 % и 1509–1977 кг/м³ соответственно.

Показатели механической прочности при сжатии (Galdabini Quasar 100) образцов, синтезированных при температуре 1300 °С, лежат в интервале от 0,60 до 4,40 МПа; при 1400 °С – от 1,1 до 4,1 МПа; при 1500 °С – от 1,30 до 4,60 МПа.

Увеличение прочностных характеристик полученных материалов при повышении содержания оксида алюминия, введенного взамен диоксида циркония (рисунок 1), а также температуры обжига, что, по нашему мнению, связано с интенсификацией процессов спекания.

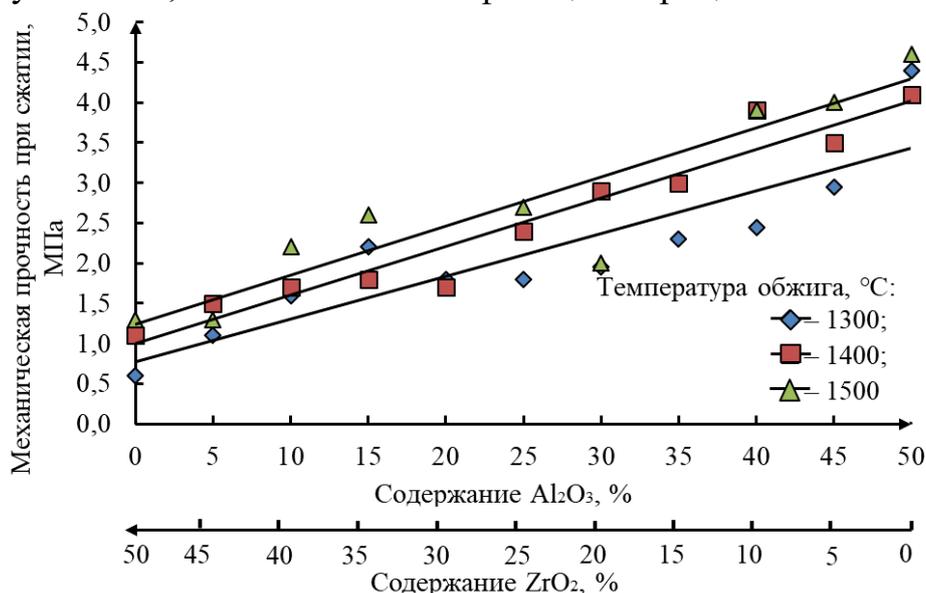


Рисунок 1 – Зависимость механической прочности при сжатии образцов от содержания оксида алюминия, введенного взамен диоксида циркония

С помощью рентгенофазового анализа (ДРОН-2) установлено, что в керамических материалах, полученных в системе CaO–Al₂O₃–ZrO₂–P₂O₅, могут присутствовать следующие кристаллические фазы: бадделеит ZrO₂ (моноклинная сингония), диоксид циркония ZrO₂ (тетрагональная сингония), корунд α-Al₂O₃, ортофосфат кальция Ca₃(PO₄)₂, ортофосфат алюминия AlPO₄ и однокальциевый алюминат CaAl₂O₃.

На электронно-микроскопических снимках (электронный микроскоп JSM–5610 LV с системой химического анализа EDX JED–2201 JEOL) определяются кристаллы изометрической формы диаметром 1–10 мкм, принадлежащие, вероятно, бадделеиту, а также зерна корунда короткопризматической формы размером от 2 до 20 мкм.

В изучаемых образцах присутствуют поры щелевидной и округлой формы, их величина составляет от 1 до 200 мкм. Распределение пор по поверхности изделий неравномерное.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ
КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА СВС**

Целью работы является разработка составов и технологических параметров получения керамических изделий на основе фосфатов кальция с использованием СВС в растворе; установление закономерностей влияния соотношения восстановителя и окислителя (φ) в системе $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{NH}_4\text{NO}_3$ – восстановитель (где восстановитель – лимонная кислота, карбамид и гексаметиленetetрамин) на фазовый состав и структуру материалов, образующихся в процессе СВС в растворе; а также выявление особенностей структуро- и фазообразования пористых керамических материалов, полученных на основе синтезированных фосфатов кальция, в зависимости от состава керамической массы и температурно-временных параметров термообработки.

Для приготовления реакционных растворов использовались следующие химические реагенты: тетрагидрат нитрата кальция $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ГОСТ 4142); гидроортофосфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (ГОСТ 3772); лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (ГОСТ 908); карбамид $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (ГОСТ 2081); гексаметилентетрамин $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ (ГОСТ 1381); аммиак водный, х. ч. NH_4OH (ГОСТ 3760); азотная кислота HNO_3 (ГОСТ 4461). Растворы для проведения синтеза готовились следующим образом. В стеклянный стакан объемом 500 мл сливались водные растворы $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ концентрацией 0,12–0,17 г/мл и восстановителя – 0,06–0,56 г/мл. Объемы растворов составляли 50 мл. Соотношение восстановителя к окислителю – 1,0–2,8. Полученная смесь перемешивалась с помощью магнитной мешалки в течение 10 мин при комнатной температуре. Далее с помощью NH_4OH pH раствора доводился до 9,5, после чего в него по каплям добавлялось 30 мл раствора $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ концентрацией 0,13 г/мл. После этого образовавшийся белый осадок растворялся концентрированной HNO_3 , а pH раствора доводился до 1. Затем прозрачный раствор выдерживался в течение 2 ч при температуре 70°C в сушильном шкафу SNOOL 58/350 (Литва). При нагревании полученного раствора до $185\text{--}425^\circ\text{C}$ происходило его воспламенение.

Установлено, что при использовании в качестве восстановителя лимонной кислоты в синтезированных материалах идентифицируется

пирофосфат кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, который является основной кристаллической фазой; карбамида – пирофосфат кальция, оксиапатит $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{O}$, ортофосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, полифосфат кальция $\text{Ca}_2\text{P}_6\text{O}_{17}$; гексаметилентетрамина – пирофосфат кальция и оксиапатит. Определено, что увеличение соотношения восстановителя к окислителю в изучаемых системах приводит к снижению дисперсности материала. На втором этапе исследований на основе материалов, синтезированных методом СВС в растворах, получены образцы кальций-фосфатной керамики. Для этого синтезированные материалы растирались в агатовой ступке для дезагрегации. Тонина помола регулировалась остатком на сите № 0063 – не более 1 %. Затем с помощью механического пресса MatestC15N (Италия) сформованы образцы в виде цилиндров с диаметром 12 мм. Давление прессования составляло 10–15 МПа. После формования образцы обжигались в электрической печи SNOLHT450/16 Nabertherm (Литва) при 1100, 1150 и 1200 °С с выдержкой при максимальной температуре 1 ч. В результате проведенных исследований синтезированы образцы пористой кальций-фосфатной керамики со следующим комплексом физико-химических свойств: водопоглощение – 13,9–48,4 %; открытая пористость – 23,5–56,3 %; кажущаяся плотность – 1145–2214 кг/м³; механическая прочность при сжатии – 0,8–20,7 МПа.

Выявлено, что значения физико-химических свойств синтезированных материалов определялись как качественным фазовым составом исходных материалов, полученных в процессе СВС в растворе, так и их количественным соотношением. Формирование пирофосфата кальция в результате осуществления СВС в растворе позволило получить керамический материал, который отличался более высокими физико-химическими свойствами. Присутствие оксиапатита, наоборот, приводило к снижению прочностных характеристик до 0,80–2,00 МПа. Следовательно, можно сделать вывод, что температуры обжига 1100–1200 °С недостаточно для спекания материала, содержащего оксиапатит. Анализ экспериментальных данных показал, что оптимальным комплексом физико-химических свойств характеризуются керамические образцы, полученные с использованием материалов, синтезированных в системе $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 - \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: водопоглощение – 13,9–40,9 %; открытая пористость – 31,3–56,1 %; кажущаяся плотность – 1370–2214 кг/м³; механическая прочность при сжатии – 3,9–19,85 МПа. Их фазовый состав представлен пирофосфатом кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ и витлокидом $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Керамика оптимального состава отличается биологической активностью, на ее поверхности наблюдалось формирование фосфатов кальция через 7 сут. выдерживания в SBF-растворе.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ
ИМПЛАНТАТОВ В СИСТЕМЕ $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$**

Целью работы является разработка составов керамических масс и технологических параметров получения пористых кальций-фосфатных материалов с использованием 3D-печати.

В связи с тем, что свойства пористого керамического материала зависят от степени спекания твердой матрицы (перегородок между пора́ми) и характера пористости, в настоящем исследовании для активизации процесса спекания использовались добавки боя кварцевого стекла (ГОСТ 15130) и стеклогранулята биоактивного стекла 45S5. Указанные добавки вводились в количестве 2,5–10,0 мас. % сверх 100%

Сырьевыми компонентами для варки биоактивного стекла служили дигидроортофосфат кальция $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (чда, ГОСТ 10091); оксид кальция CaO (чда, ГОСТ 8677); карбонат натрия Na_2CO_3 (хч, ГОСТ 83) и диоксид кремния нанодисперсный аморфный (ГОСТ 14922). Стекло синтезировалось в газовой печи периодического действия в корундовом тигле емкостью 0,5 л с выдержкой при температуре 1450 °С в течение 1 ч. Скорость нагрева шихты при варке составляла 250 °С/ч, точность измерения температуры оптическим пирометром – ±10 °С. При достижении однородности стекломассы тигли извлекали из печи, стекломассу вырабатывали в воду с целью грануляции.

Экспериментальные образцы готовились следующим образом. Смеси гидроксиапатита, полученного методом жидкофазного синтеза, и добавок подвергались совместному мокрому помолу в лабораторной шаровой мельнице BML-2 (DAIHAN) в течение 30–60 мин для гомогенизации. Влажность приготовленных керамических масс составляла 45,0 мас. %. Изделия формовались методом экструзии на 3D-принтере. Сформованные образцы подвергались сушке в сушильном шкафу SNOL 58/350 при температуре 60±5 °С, а затем обжигу в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 при температурах 500–1200 °С. Скорость набора температуры составляла 2–4 °С/мин. Выдержка при максимальной температуре – 60 мин.

Обожженные образцы характеризовались равномерной окраской белого цвета. Текстура на изломе пористая. Физико-химические свойства определялись в соответствии с ГОСТ 30534, ГОСТ 2409, ГОСТ Р 57606 (таблица).

Таблица – Технологические и физико-химические свойства керамики полученной в температурном интервале обжига 500–1200 °С

Применяемая добавка	Значение показателя				
	водопоглощение, %	открытая пористость, %	кажущаяся плотность, кг/м ³	механическая прочность при сжатии, МПа	общая усадка, %
Без добавок	10,0–49,6	23,8–59,7	1200–2380	4,1–41,8	10,5–27,8
Бой кварцевого стекла	25,0–51,6	43,4–60,7	1142–1745	1,5–22,0	10,8–23,8
Биоактивное стекло	29,6–48,6	49,3–59,7	1228–1666	0,6–15,0	11,9–22,1

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что в температурном интервале обжига 500–900 °С показатели водопоглощения, открытой пористости и кажущейся плотности имеют постоянные значения, следовательно, спекание керамики на основе гидроксиапатита начинается при температурах 900–1000 °С (рисунок).

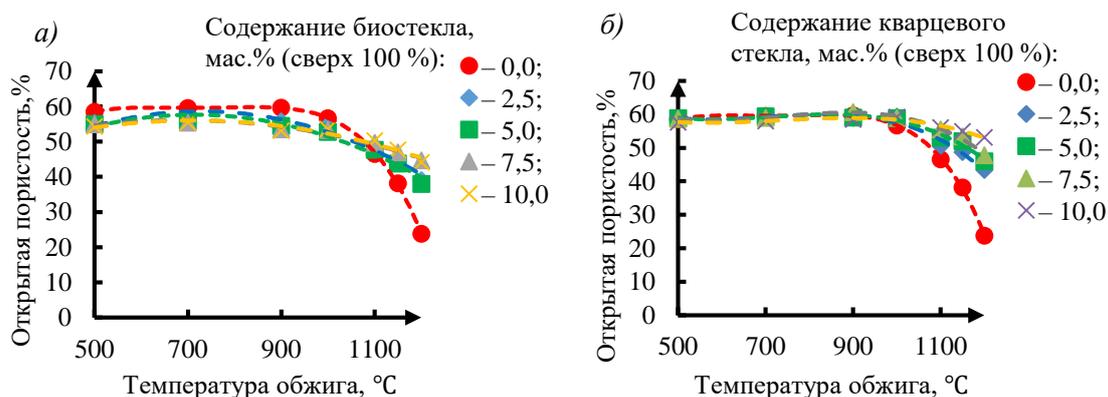


Рисунок – Зависимость открытой пористости образцов, полученных с добавками стеклогранулята биоактивного стекла (а) и боя кварцевого стекла (б), от температуры обжига

Основной кристаллической фазой синтезированной керамики является гидроксиапатит, в материале, термообработанном при 1100–1200 °С, диагностируется также трехкальциевый фосфат. Необходимая макропористость полученного материала обеспечивается за счет моделирования и 3D-печати. Пористость в микроскопическом масштабе формируется в процессе термообработки благодаря применению добавок биоактивного и кварцевого стекол, а также подобранным технологическим режимам получения материалов. Синтезированная керамика является биологически активной, на ее поверхности наблюдается формирование фосфатов кальция через 7 сут выдерживания в SBF-растворе.

**РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОАКТИВНЫХ
КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Целью настоящего исследования является изучение возможности повышения прочностных характеристик кальций-фосфатной керамики за счет применения добавок оксида алюминия и пирофосфата кальция, полученных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в растворе, установление влияния указанных компонентов на особенности формирования структуры и фазового состава материала.

Для приготовления реакционных растворов использовали следующие химические реагенты: нитрат алюминия $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (ч.д.а., ГОСТ 3757) и карбамид $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ (ч.д.а., ГОСТ 6691). Исходные твердофазные реагенты с соотношением восстановителя к окислителю $\varphi = 1,00$ растворяли в дистиллированной воде и тщательно перемешивали. Синтез проводился при температуре 500–600 °С путем помещения раствора в нагретую муфельную печь в кварцевом стакане, где происходила экзотермическая реакция. В результате реакции образовывался корунд $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (ДРОН-2, D8 ADVANCE Bruker). Электронная микроскопия (JSM–5610 LV с системой химического анализа EDX JED–2201 JEOL) показала, что полученный материалы состоял из чешуйчатых агрегатов, размер которых составлял 1–200 мкм.

Исходными компонентами для проведения СВС в растворе являлись следующие: тетрагидрат нитрата кальция $\text{Ca}((\text{NO}_3)_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (х.ч., ГОСТ 4142); гидроортофосфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ марки А (ГОСТ 8515); 25 % водный раствор аммиака NH_4OH (ос.ч., ГОСТ 24147); азотная кислота HNO_3 (ГОСТ 4461); лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (х.ч., ГОСТ 908). В стеклянный стакан объемом 500 мл сливались водные растворы $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ концентрацией 0,12 г/мл, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 0,13 г/мл и лимонной кислоты 0,19 г/мл ($\varphi = 1,50$). Полученная смесь перемешивалась магнитной мешалкой в течение 10 мин при комнатной температуре. Далее с помощью NH_4OH pH раствора доводился до 9,5, после чего в него по каплям добавлялся раствор $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Затем образовавшийся белый осадок растворялся концентрированной HNO_3 , а pH раствора доводился до 1. После этого прозрачный раствор выдерживался в течение 2 ч при температуре 70 °С в сушильном шкафу SNOL 58/350 (Литва). При нагревании полученного раствора до 185–425 °С

происходило его воспламенение. С помощью рентгенофазового анализа и электронной микроскопии установлено, что в синтезированных материалах идентифицируется пирофосфат кальция $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, размер кристаллов – от 0,5 до 10 мкм.

Экспериментальные образцы готовились следующим образом. Смеси гидроксипатита, полученного методом жидкофазного синтеза, и добавок подвергались совместному мокрому помолу в лабораторной шаровой мельнице BML-2 (DAIHAN) в течение 30–60 мин для гомогенизации. Содержание добавок составляло 2,5–10,0 мас. % сверх 100 %. Влажность приготовленных керамических масс – 45,0 мас. %. Изделия формовались методом экструзии на 3D-принтере. Сформованные образцы подвергались сушке в сушильном шкафу SNOL 58/350 при температуре 60 ± 5 °С, а затем обжигу в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 при температурах 500–1200 °С. Скорость набора температуры составляла 2–4 °С/мин. Выдержка при максимальной температуре – 60 мин.

В результате проведенных исследований получены пористые керамические материалы. Их физико-химические свойства определялись в соответствии с ГОСТ 30534, ГОСТ 2409, ГОСТ Р 57606 и приведены в таблице.

Таблица – Технологические и физико-химические свойства керамики полученной в температурном интервале обжига 500–1200 °С

Применяемая добавка	Значение показателя				
	водопоглощение, %	открытая пористость, %	кажущаяся плотность, кг/м ³	механическая прочность при сжатии, МПа	общая усадка, %
Без добавок	10,0–49,6	23,8–59,7	1200–2380	4,1–41,8	10,5–27,8
Оксид алюминия	29,7–53,3	47,5–62,1	1152–1602	2,7–14,3	9,6–18,4
Пирофосфат кальция	9,8–57,2	23,3–62,2	1076–2388	2,3–31,1	9,1–29,6

Как известно, для эффективного применения керамических материалов в качестве имплантатов, они должны обладать требуемым размером пор и относительно высокими прочностными характеристиками. Максимальными значениями механической прочности при сжатии обладает керамика без добавок, однако ее открытая пористость отличается низкими значениями.

Поскольку благодаря пирофосфату кальция, введенному в количестве 10 мас.% сверх 100 %, при температуре обжига 1150 °С обеспечиваются одновременно сравнительно высокие значения открытой пористости – 36,9 % и механической прочности при сжатии – 18,3 МПа, в качестве оптимальной выбрана данная добавка.

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

Костная ткань человека отличается способностью к регенерации при поражениях небольшого размера, однако при возникновении дефектов значительного объема сложной формы самовосстановление затруднено. В подобных случаях для реконструкции могут использоваться скаффолды (трехмерные пористые или волокнистые матрицы, обеспечивающие механический каркас для клеток).

Кость является минерально-органическим композиционным материалом, главными составляющими которого являются коллаген (20 мас.%), фосфат кальция (69 мас.%) и вода (9 мас.%). В связи с этим применение для замещения дефектов костной ткани керамики на основе фосфатов кальция, характеризующихся биологической совместимостью с тканями организма и активностью по отношению к соединению с костной тканью, является весьма перспективным.

При разработке материалов для замещения дефектов костной ткани следует также учитывать, что последние имеют сложную пористую структуру. Данную структуру практически невозможно воспроизвести с использованием классических методов формования керамики (пластического формования, полусухого прессования и литья), а растущий спрос на биокерамику вызывает необходимость разработки технологии, позволяющей изготовить изделия индивидуально для каждого пациента в кратчайшие сроки. Поэтому в последнее время все большее внимание уделяется разработке аддитивных технологий получения подобных материалов.

Целью работы является разработка составов масс и технологических параметров получения керамических материалов на основе гидроксиапатитас использованием 3D-печати.

Как известно, кальций-фосфатные материалы с соотношением Ca/P от 1,33 до 1,50 характеризуются большей скоростью растворимостью по сравнению со стехиометрическим синтетическим гидроксиапатитом (Ca/P – 1,67). В связи с этим в настоящее время значительное внимание уделяется разработке композиционных материалов, состоящих из нескольких кальций-фосфатных фаз.

Принимая во внимание вышесказанное, в настоящем исследовании в качестве добавок использовались дигидроортофосфат кальция

(ГОСТ 10091) и диоксид кремния нанодисперсный аморфный (ГОСТ 14922).

Экспериментальные образцы готовились следующим образом. Смеси гидроксипатита, полученного методом жидкофазного синтеза, и добавок подвергались совместному мокрому помолу в лабораторной шаровой мельнице BML-2 (DAIHAN) в течение 30–60 мин для гомогенизации. Влажность приготовленных керамических масс составляла 45,0 мас. %. Изделия формовались методом экструзии на 3D-принтере. Сформованные образцы подвергались сушке в сушильном шкафу SNOL 58/350 при температуре 60 ± 5 °С, а затем обжигу в электрической лабораторной печи SNOL 1,6,2,5.1/13,5-Y1 при температурах 500–1200 °С. Скорость набора температуры составляла 2–4 °С/мин. Выдержка при максимальной температуре – 60 мин.

Визуальная оценка обожженных образцов свидетельствовала, что они характеризовались равномерной окраской белого цвета, которая не зависела от содержания компонентов массы и температуры обжига. Текстура на изломе пористая. Физико-химические свойства определялись в соответствии с ГОСТ 30534, ГОСТ 2409, ГОСТ Р 57606 (табл.).

Таблица – Технологические и физико-химические свойства керамики полученной в температурном интервале обжига 500–1200 °С

Применяемая добавка	Значение показателя				
	водопоглощение, %	открытая пористость, %	кажущаяся плотность, кг/м ³	механическая прочность при сжатии, МПа	общая усадка, %
Без добавок	10,0–49,6	23,8–59,7	1200–2380	4,1–41,8	10,5–27,8
Дигидроортофосфат кальция	32,0–51,8	48,3–61,6	1510–1167	1,3–10,9	9,7–18,1
Диоксид кремния нанодисперсный аморфный	18,9–54,8	35,7–61,4	1110–1885	2,8–32,5	9,0–25,0

Установлено, что дигидроортофосфат кальция негативно влияет на прочностные характеристики полученных образцов, что, вероятно, связано с его разложением в процессе термообработки материала, которое вызывает разрыхление структуры. Основной кристаллической фазой синтезированной керамики является гидроксипатит.

Полученный материал является биологически активным, на его поверхности наблюдается формирование фосфатов кальция через 7 сут выдерживания в SBF-растворе.

Следует отметить, что полученную пористую керамическую матрицу из кальций-фосфатной керамики можно пропитывать растворами коллагена с целью воспроизведения состава костной ткани.

Студ. А.О. Жур
Науч. рук. доц., канд. техн. наук А.П. Кравчук
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ СТЕКОЛ ДЛЯ ЩЕЛОЧЕСТОЙКОГО ВОЛОКНА

Главный компонент фибробетона, во многом определяющий его уникальные свойства и исключительные эксплуатационные характеристики, – это стекловолокно, выполняющее функцию арматуры в бетонной матрице. Основное требование, предъявляемое к такому типу волокон, – способность в течение продолжительного времени сопротивляться агрессивному воздействию щелочной среды бетона. Около 90% выпускаемых сегодня стекловолокон это волокна марки Е. Их широкое применение в качестве армирующего компонента ограничивается по причине их слабой устойчивости к воздействию среды гидратирующихся портландцементов. В настоящее время разработаны специальные составы щелочестойких стеклянных волокон марки АR, содержащие оксид циркония до 16–18 мас.%. Однако добавка тугоплавкого диоксида циркония в стекла значительно усложняет технологию производства волокна. Кроме того, цирконий содержащее сырье является дорогостоящим компонентом. Это обуславливает актуальность совершенствования составов стекол для изготовления волокнистых материалов для армирования бетона.

На основе данных анализа литературы для проведения исследований выбрана область системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{TiO}_2-\text{ZrO}_2-\text{SiO}_2$, ограниченная содержанием компонентов, мас.%: SiO_2 – 66,5–75,5; TiO_2 – 0–9; ZrO_2 – 0–9; CaO – 10,0; Na_2O – 14,5. Стекла синтезированы в горшковой печи в фарфоровых тиглях при температуре 1510 ± 10 °С.

Изучены технологические и физико-химические свойства стекол. Введение ZrO_2 и TiO_2 взамен SiO_2 обуславливает увеличение устойчивости к кристаллизации стекол в интервале температур 600–1000 °С, повышение щелочестойкости (потери массы при кипячении в 2 н NaOH) от 1,47 до 0,29 % и механических свойств: модуля упругости – от 70,5 до 76,7 ГПа, микротвердости – от 5640 до 6490 МПа. Однако при такой замене следует считаться с повышением тугоплавкости стекол, что особенно заметно при повышении содержания в них ZrO_2 более 6 мас.%.

Для получения щелочестойкого волокна целесообразно использовать составы стекол, которые содержат TiO_2 и ZrO_2 в количестве не более 9 мас.%.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЕМАНИТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

Листовое стекло является одним из важнейших видов строительных материалов, с помощью которого создается различная освещенность помещений, регулируется поступление и потери в них тепла.

Все большее внимание уделяется разработке новых составов листовых стекол, которые характеризуются специфическими свойствами, например, высокой устойчивостью к воздействию химических реагентов, термостойкостью, прочностью, заданным светопропусканием и др.

Наиболее массовым видом продукции является листовое стекло, полученное в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Для улучшения технологических и физико-химических свойств листовых стекол оптимизируют соотношение оксидов Na_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 и вводят различные добавки.

Значительный интерес в качестве ускорителя варки и для улучшения физико-химических свойств представляет использование добавки оксида B_2O_3 в составах листовых стекол в количествах, не превышающих 3 мас.%. В качестве борсодержащего сырья в массовом производстве листового стекла целесообразным является использование колеманита.

Борсодержащие листовые стекла синтезированы при температуре 1520 ± 10 °С в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. Оксид бора B_2O_3 вводился в количестве 0–1,5 мас.% взамен $\text{R}_2\text{O}(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$.

Выявлено, что замещение Na_2O на 0,5–1,5 мас. % B_2O_3 в составах стекол при сохранении устойчивости к кристаллизации в интервале температур 600–1000 °С обуславливает снижение расчетного значения условной температуры варки на 2–4 °С. При такой замене также наблюдается улучшение физико-химических и механических свойств стекол. Уменьшаются потери массы при кипячении в воде от 2,4 до 1,1 %, ТКЛР – от $92 \cdot 10^{-7}$ до $88 \cdot 10^{-7}$ K^{-1} и возрастает модель упругости стекол от 71,6 до 72,7 ГПа.

Для получения листового стекла, учитывая высокую стоимость колеманита, рекомендованы составы, содержащие B_2O_3 не более 1,0 мас.%.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Молочные комбинаты выпускают большое разнообразие продуктов. Одним из них являются сливки. Сливки – молочный продукт, получаемый из цельного молока путем сепарации жировой фракции. Нормализация – это регулирования состава сырья для получения готового продукта, отвечающего требованиям стандарта. Один из простейших способов нормализации по жиру – нормализации путем смешивания в емкости рассчитанных количеств нормализуемого молока и сливок (смеси).

Исходное молочное изделие при помощи насоса поступает в сепаратор с заданным давлением и расходом, где происходит процесс разделение на обезжиренное молоко (обратки) и сливки (смесь). Далее обезжиренное молоко поступает в танк (емкость для обратки) с заданным расходом, где заполняет 1/4 танка, ожидая информации от емкости для сливок содержания жира. После получения информации, часть обратки попадает в поток избыточного молока.

В этот момент после разделения на сепараторе, сливки (смесь) поступает в емкость для сливок с заданным расходом, где заполняет ее (100л) на ($D_{сл}=95\%$). А остальные сливки сливаются как избыточный продукт. В этой емкости измеряется содержание жира. Если содержание жира в сливках больше заданного значения ($D_{сл} > 40\%$), то процесс нормализации осуществляется путем возврата сливок в танк к обезжиренному молоку с помощью насоса с заданным расходом в соотношении 1 к 3. Остальные сливки отводят как избыточный продукт.

Если содержание жира в сливках меньше заданного значения ($D_{сл} < 40\%$), то процесс нормализации осуществляется путем возврата сливок в танк к обезжиренному молоку с помощью насоса с заданным расходом в соотношении 2 к 3. Остальные сливки отводят как избыточный продукт. Далее после переливания с помощью насосов смесь поступает в смеситель, где смешивается для однородной массы до достижения заданной жирности.

Сама система автоматизации сделана оптимально для процесса, однако сам процесс имеет недостаток в виде участия и контроля человеком в самом процессе качества продукции.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
КОАГУЛЯЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО КАЗЕИНА
НА ПРЕДПРИЯТИИ СОАО «ЛЯХОВИЧСКИЙ
МОЛОЧНЫЙ ЗАВОД»**

Казеин – сложный белок, получаемый из молока, в котором он находится в соединении соли кальция, в зависимости от того при помощи чего отделяется кальций казеин делят на сычужный, молочнокислый и кислотный (технический). У технического казеина есть множество применений, от органических пластмасс, до различных клеящих и связующих веществ.

На предприятии построен цех производства технического казеина на основе коагуляции его соляной кислотой. По технологии охлаждённое обезжиренное молоко (далее ОБМ) поступает через расходомер в уравнильный бачок, откуда выкачивается насосом в пластинчатый теплообменник, где подогревается горячей обратной сывороткой, после теплообменника в ОБМ впрыскивается 36% соляная кислота и смесь поступает в смесительный бачок, рН смеси поддерживается в диапазоне 4,5-4,6. В смесительном бачке смесь перемешивается и выдерживается порядка 30 секунд, после чего откачивается насосом в теплообменник змеевик, где подогревается до 45-48 градусов и выдерживается порядка 150 секунд. После змеевика смесь поступает в теплообменник смешения где догревается до 48 градусов горячим паром, после чего поступает в декантер в котором разделяется на белок и сыворотку. Белок из декантера уходит на промывку, а сыворотка уходит в цех сгущения.

Сама система автоматизации сделана оптимально для процесса, однако сам процесс имеет недостаток в виде неполной коагуляции белка ввиду недостаточного распределения кислоты – при заданных рН и концентрации кислоты её объём слишком мал для реакции со всем объёмом белка в ОБМ. Решением данной проблемы станет добавление дополнительного бака разбавления кислоты до концентрации в 11%. Для контроля концентрации в баке будет установлен емкостной датчик концентрации.

На данный момент коэффициент выхода продукта у линии составляет 1/33 тонн казеина/тонн ОБМ, расчётный коэффициент после введения узла разбавления и соответствующей этому каскадной системы управления – 1/30 тонн казеина/тонн ОБМ.

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПЕНТАН-ГЕКСАНОВОЙ ФРАКЦИИ
НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МОЗЫРСКИЙ НПЗ»**

Изомеризат – высокооктановый компонент бензина (октановое число по исследовательскому методу 82-91), продукт изомеризации пентан-гексановой фракции бензина, выкипающей при температуре до 62°C. Изобутан используется для получения изобутилена, взаимодействием которого с метанолом производят метил-трет-бутиловый эфир – высокооктановую добавку к бензину (октановое число по моторному методу 101).

На предприятии построена установка изомеризации пентан-гексановой фракции. По технологии нестабильный гидрогенизат из сепаратора последовательно поступает в межтрубное пространство теплообменников, где нагревается до температуры 100°C за счет тепла стабильного гидрогенизата, поступающего из куба стабилизационной колонны. Затем нестабильный гидрогенизат поступает в стабилизационную колонну на 12 тарелку. Верхний продукт отпарной колонны охлаждается в воздушном холодильнике-конденсаторе и в межтрубном пространстве водяного холодильника-конденсатора до температуры 40°C и поступает в емкость орошения отпарной колонны. В емкости орошения происходит отделение углеводородного газа от жидкой фазы, разделение жидкой фазы на углеводородную фазу и кислую воду. Углеводородный газ из емкости орошения смешивается с отдувочным газом из контура циркуляции ВСГ гидроочистки и направляется на аминовую очистку от сероводорода. Сжиженный газ с нагнетания насоса подается в качестве орошения в колонну.

Сама система автоматизации сделана оптимально для процесса, однако сам процесс имеет недостаток в виде разности температур продукта и окружающей среды, так как оборудование находится вне помещения. Решением данной проблемы является установка термометра и контроль температуры окружающей среды. Сравнение этих температур позволяет скомпенсировать дребезг температур в колонне и снизить расход водяного пара на нагрев. Данный технологический процесс характеризуется большой энергоемкостью и поэтому построения системы автоматизации с оптимизацией энергопотребление позволит получить быстрый экономический эффект от ее внедрения.

Студ. В.А. Лившиц, Е.В. Ивашко
Науч. рук. доц. О.И. Александров
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА МОЮЩЕЙ СТАНЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ОАО «МИНСКИЙ МОЛОЧНЫЙ ЗАВОД № 1»

Моющая станция для мойки оборудования, контактирующего с продуктами, всегда обязаны выдерживать высокие гигиенические стандарты. Станция может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Зачастую выбирается автоматический режим работы. Мойка осуществляется с помощью трех операций: наполнение емкости (подача), приготовление средств, непрерывного полоскания.

Первый этап – наполнение емкости. Открывается клапан над емкостью для воды, щелочи или кислоты и начинается подача жидкости в соответствующую емкость с помощью насосов до уровня $L_v = L_{щ} = L_k = 95 \%$, при достижении этого уровня насосы отключаются. Во время наполнения нет операции подогрева воды и дозирования каких-либо средств.

После переходим к этапу приготовления средств. Оператору необходимо выбрать приготовление щелочи или приготовление кислоты. После чего открывается соответствующий клапан под емкостью.

Включается насос, который создает циркуляцию и направляет жидкость для нагрева в теплообменник в зависимости от выбранного маршрута оператором. Пар поступает из паровой магистрали. Регулируется с помощью клапанов. После теплообменника нагретая жидкость, вновь поступает в соответствующий бак, где сравнивается температура с заданной ($T_v \approx 30 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{щ} \approx 75 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_k \approx 65 \text{ }^\circ\text{C}$).

Если концентрация возвратной жидкости на протяжении 5 секунд была выше заданной и была достигнута температура в емкости определенного средства, то станция мойки закончит операцию приготовления средства. После чего переходит не посредство к самой мойке. В зависимости от решения оператора моющая станция может включать до 20 фаз.

Сама система автоматизации сделана оптимально для процесса, однако сам процесс имеет недостаток в виде неиспользования вторичной воды в полном объеме. Решением данной проблемы станет добавление дополнительного бака для вторичной воды. Это позволит улучшить как экологический аспект, так и экономический, позволяющий сэкономить на расходе воды.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧИ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА

Объект автоматизации – печь парового риформинга установки производства водорода. С точки зрения управления имеет ряд существенных особенностей:

- необходимость длительной непрерывной работы;
- тесная связь по материальным и информационным потокам;
- режимы ведения процесса близкие к критическим;
- наличие внешних и внутренних возмущений.

Целью системы управления является стабилизация заданного параметра (температура парогазовой смеси на выходе из реакционных камер печи парового риформинга) на требуемом уровне. Автоматическая система управления является связанной. Данная система является полностью автоматизированной, за исключением останова и пуска системы. Принимая во внимание специфику объекта регулирования и технологического процесса, делаем вывод о необходимости модернизации существующей системы управления.

Печь парового риформинга имеет внешнее возмущение (температура парогазовой смеси на входе в подогреватель сырья риформинга), которое никак не учитывается при регулировании температуры парогазовой смеси на выходе из реакционных камер печи парового риформинга. В виду этого появляется возможность замены существующей локальной системы управления на инвариантную систему управления с компенсацией по внешнему каналу возмущения.

Такая система позволит более точно регулировать подачу топливного газа в реакционные камеры и экономить этот ресурс. В данный момент на производство одной тонны водорода затрачивается порядка 1326,37 м³ топливного газа (он используется для поддержания температурного режима внутри печи парового риформинга), после модернизации этот показатель будет примерно снижен на 10 %. Также это позволит снизить количество непрореагировавшего метана после реакции риформинга.

Такая модернизация не будет требовать установки или замены какого-либо оборудования, а также прокладки дополнительных кабельных трасс. Срок окупаемости такой системы будет минимальным.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО КАЗЕИНА

Процесс получения технического казеина делится на две стадии: стадия коагуляции и стадия отделения казеина. На стадии отделения казеина смесь из второй промывочной ёмкости поступает во второй Декантер, в котором от казеина отделяется сыворотка. Казеин из второго декантера при помощи шнека доставляется в Нимблер, где измельчается до размера зёрен не более 3мм. Измельчённый казеин поступает в турникет, который дозирует его подачу в трубу пневмо-транспортёра. Пневмотранспортёр доставляет казеин в вибрационную сушилку, в которой тот сушится в пяти секциях и охлаждается в шестой. Температура в секциях сушки поддерживается на уровне 45-55 °С. Температура в секции охлаждения поддерживается на уровне 25-30 °С. Температура воздуха подаваемого из калорифера 125-150 °С, расход воздуха через калорифер регулируется воздуходувкой. После сушилки сухой казеин поступает в ещё одну трубу пневмотранспорта, где, вместе с казеиновой пылью, доставляется в бункеры-хранилища. Казеиновая пыль, уносимая в процессе сушки, в целях охраны окружающей среды и повышения выхода продукта, улавливается из воздуха, выходящего из сушилки при помощи циклона с уловительной сеткой, которая с определённым интервалом времени встряхивается, из-за чего пыль ссыпается в трубу пневмотранспорта.

Модернизация АСУ заключается в установке датчика веса после второго декантера перед либо после турникета, на основе этого мы будем иметь информацию о количестве поступающего в сушилку казеина, на основе чего будет построен контур регулирования количества воздуха, подаваемого в сушилку. Так же осуществляется регулирование количества пара, поступающего в калорифер, что даст в сумме каскадный контур управления, зависящий от количества казеина, поступающего в сушилку.

Предложенная модернизация приведет к уменьшению количества пересушенного либо недосушенного казеина, а также к оптимизации энергопотребления установки, что является очень важным для современных производств. Современная автоматизация позволяет в полной мере обеспечить максимальную эффективность ведения технологических процессов.

Студ. Д.А. Турейко
Науч. рук. доц. Д.С. Карпович
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИГРИСТОГО ВИНА АКРАТОФОРНЫМ МЕТОДОМ

Цель процесса – получения игристого вина акратофорным методом, путём непрерывного брожения при температуре $T = 12-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, давлении $P = 4-5\text{ бар}$ и содержании сахара $C = 4\text{ г/дм}^3$.

Процесс приготовления не сложный и заключается в последовательном прохождении сырья через ряд аппаратов, выдержкой и добавлением некоторых компонент согласно технологической карте. После ряда аппаратов производится лабораторный анализ результатов. Купаж перекачавшийся до акратофора должен содержать 4 г/дм^3 сахара и иметь игристость.

Модернизация данного процесса заключается в следующем:

- 1) автоматическое охлаждение вина в каждом акратофоре в ходе брожения;
- 2) установка датчика уровня;
- 3) установка датчика спирта.

Так как охлаждение осуществляется в ручном режиме, а именно технологи через определённое количество дней, дрожжи начинают активизироваться, что приводит к возрастанию температуре, поэтому технологи примерно через 5-7 дней с помощью так называемой гребёнки с помощью шлангов подключают к акратофорам включая насос, и выжидая определённое время до охлаждения вина до температуры $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На протяжении 35 дней технологи берут на анализ вино, для определения сахара. Мной была принята идея, так как не существует промышленных датчиков для определения сахара, мы установим очень точный датчик спирта, который будет установлен на каждом акратофоре и будет постоянно записывать данные в базу данных и выводя данные на панель и SCADA систему.

Экономический эффект будет возрастать, так как проводя модернизацию существенно сокращается время потраченное на подключение в ручном режиме охлаждение емкостей, а так же время потраченное на анализ для определения спирта в вине. Это существенно ускорит процесс с 35 дней до 30, что повлияет на увеличение объёмов продукции, а также сокращением персонала.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Машинное обучения (Machine Learning) – совокупность математических методов, позволяющих получать решение некоторых задач с помощью алгоритмов, не написанных специально под выполняемую задачу. Таким образом, машинного обучение – это обучение компьютерной программы постепенному улучшению исполнения поставленной задачи без участия человека.

Различают 3 способа машинного обучения:

1. обучение с учителем;
2. обучение без учителя;
3. глубокое обучение.

Для машинного обучения используют различные технологии и алгоритмы, однако наибольшее распространение получили искусственные нейронные сети.

Нейронная сеть – одно из направлений искусственного интеллекта, цель которого смоделировать механизмы, осуществляемые человеческим мозгом. Она представляет совокупность нейронов, соединенных друг с другом определенным способом. Нейрон представляет из себя элемент, который осуществляет прием сигналов от предыдущих элементов, комбинирует входные сигналы, вычисляет выходной сигнал из совокупности входных сигналов и отправляет свой результат дальше.

Нейронная сеть состоит из трех компонентов:

Входной слой - это слой, который принимает входящие сигналы и передает их на последующие уровни.

Скрытый слой - это слой, который применяет различные преобразования ко входным данным.

Выходной слой - это слой, который получает данные от последнего скрытого слоя.

Для машинного обучения применяют множество алгоритмов, которые помогают и упрощают решение задач. Различают следующие алгоритмы:

1. дерево решений;
2. случайный лес;
4. наивный Байесовский.

Выбор подходов определяется сферой применения машинного обучения и располагаемыми вычислительными ресурсами.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ERP-СИСТЕМ

Традиционные ERP-системы сильно адаптированы к потребностям конкретных организаций. Её функции сводятся к сбору производственной, экономической и организационной информации со всего предприятия и выдаче важной агрегированной информации управляющему персоналу. При этом все решения и большая часть анализа ложится на человека.

Поскольку традиционная ERP-система работает только с уже имеющимися данными, для неё значительно затруднено прогнозирование таких вещей как ресурсные потребности будущих периодов, рыночный спрос и т.п. Из-за этого появилась концепция ERP 2.0 расширяющая возможности традиционной ERP-системы при помощи введения в неё предикативной аналитики на основе Big Data.

В настоящее время осуществляется появление интеллектуальных ERP-продуктов (i-ERP), главная задача которых поддержка процессов цифровой трансформации организаций благодаря использованию облачных технологий, предикативной аналитики, машинного обучения (ML) и углубленной автоматизации бизнес-процессов на их основе. Ключевой особенностью i-ERP является снижение роли человека не только в первичной обработке информации, но и во вторичной и сведение необходимой к проверке и анализу человеком информации к минимуму.

В технологиях i-ERP-систем большое распространение получили следующие подходы:

- Big Data (большие данные) – методы анализа массивов данных большого объёма и разнородного характера (промышленные, экономические, организационные).
- Машинное обучение – совокупность методов, свободно адаптируемых к любой сфере промышленности, широко применяются практически везде.
- Облачные технологии позволяют модернизировать систему без прерывания её работы, а также сохранять «опыт», полученный машинным обучением в процессе работы системы. Также оно позволяет реализовать небольшие системы прямо в облаках, без необходимости организации сервера на предприятии.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Big Data (большие данные) – методы анализа массивов данных большого объёма и разнородного характера (промышленные, экономические, организационные).

Источники больших данных – показания приборов и датчиков, архивы, базы данных, интернет вещей (IoT) – сеть объектов реального и виртуального мира, подключённых к интернету и способных обмениваться данными. Такие данные отличаются рядом характеристик:

Объем. Огромные «объемы» данных, которые организации получают из бизнес-транзакций, интеллектуальных (IoT) устройств, промышленного оборудования, и т. д., нужно где-то хранить.

Скорость. Подразумевает необходимость высокоскоростной обработки данных в реальном времени.

Разнообразие. Разнородный характер больших данных проявляется в их форматах: неструктурированные текстовые, видео- и аудиофайлы, а также полуструктурированная информация.

Большие данные могут быть обработаны в пакетном, потоковом и интерактивном режиме.

Пакетный режим применяется при наличии данных в облачном хранилище и служит для агрегирования данных и построения аналитического отчета на их основе.

Потоковый режим используется для поддержки и автоматизации принятия решений в режиме реального или приближенного к реальному времени.

Интерактивный режим представляет возможность фильтрации, комбинирования, группировки и проведения арифметических операций над данными в режиме реального времени. Это позволяет находить скрытые закономерности в данных.

Таким образом, обработка больших данных необходима для принятия решений по управлению производством (фирмой) на основе прогнозируемых моделей, которые строит искусственный интеллект.

Недостаток Big Data в основном связан с тем, что при их анализе используются сложные алгоритмы, которые нельзя оценить и проверить – неясно какие данные были учтены, почему и как сделан вывод. Кроме того, сбор, хранение и обработка больших объемов информации разнородного характера создает много возможностей для утечек и нарушения конфиденциальности.

ВИДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЙ АСУ ТП НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ

К числу требований, предъявляемых к АСУ ТП, относят соответствие заданной стратегии управления принятым критериям и целям управления, соответствие заданным характеристикам системы программно-аппаратную и информационную совместимость с системами верхних и нижних уровней иерархии АСУТП, соответствие эргономическим требованиям (формы представления информации, расположение аппаратных средств, удобство обслуживания и т. п.), а также соответствие нормативным документам (ГОСТам и международным стандартам) и требованиям технического задания при проектировании или модернизации АСУ ТП. Общее число требований определяется заказчиком и помимо требований соответствия с МЭК и ГОСТ в них могут включаться частные требования (пожаро- и взрывобезопасность, мониторинг, информационная безопасность и др.).

Основными видами обеспечения АСУ ТП являются: организационное, информационное, техническое, математическое и программное, метрологическое, лингвистическое, правовое и эргономическое обеспечение АСУП.

Организационное обеспечение – это совокупность методов и средств технико-экономического анализа системы управления, выбора и постановки задач организационного, организации производства и управления в условиях АСУП. Информационное обеспечение представляет собой совокупность динамической информационной модели предприятия и средств ее формирования и ведения. Техническое обеспечение АСУП – это комплекс технических средств, обеспечивающих функционирование АСУП. Математическое и программное обеспечение представляет собой совокупность алгоритмов и программ, реализующих функциональные и обеспечивающие задачи АСУП. Лингвистическое обеспечение – это языковые средства, используемые на различных этапах создания и функционирования АСУП. Правовое обеспечение представляет совокупность руководящих материалов и нормативов, регламентирующих порядок разработки, внедрения и функционирования АСУП.

Эргономическое обеспечение – это совокупность методов и средств, позволяющих повысить эффективность деятельности человека в АСУП.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ

Во время рабочего цикла неочищенная вода проходит через фильтрующие слои в нисходящем направлении, при этом задерживаются посторонние частицы. При определенном уровне падения давления и ухудшении показателей качества очищенной воды, фильтр подвергается циклу очистки как в нисходящем, так и в восходящем направлениях потока воды.

Во время промывки восходящим потоком (или обратной промывки), вода проходит через фильтрующие слои (снизу вверх) очищает их и удаляет все загрязняющие вещества, предварительно подготавливает фильтрующие компоненты к работе. Уровни потоков при обратном потоке регулируются автоматическими устройствами.

Для удаления из воды железа и марганца принят метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием.

Сущность предлагаемой технологии обезжелезивания заключается в фильтровании неочищенной воды на комбинированной многослойной зернистой загрузке. Железо, будучи первоначально в растворенном состоянии, становится нерастворимым за счет реакций, вызываемых в результате окисления, и задерживается фильтрующим материалом.

При предлагаемой системе аэрации и последующим непосредственным фильтрованием первоначально происходит адсорбция ионов закисного железа и молекулярного кислорода на поверхности зерен фильтрующей загрузки с образованием каталитической пленки, состоящей в основном из гидроокиси железа, затем следует процесс сорбции и окисления железа уже на поверхности образовавшейся активной пленки.

В процессе фильтрации постепенно происходит равномерное заполнение загрузки гидроокисью железа, увеличиваются потери напора на фильтрующей загрузке, что является показателем необходимости регенерации фильтрующего материала.

Для периодической дезинфекции фильтрующей загрузки в комплексе поставки предусмотрена система подачи гипохлорита натрия, подача которого предусматривается в промывную воду в процессе промывки. Промывка фильтрующей загрузки предусматривается очищенной водой со сменой направления движения (снизу-вверх), что обеспечивается соответствующим переключением клапанов.

По завершении обратной промывки загрузки, предусмотрена фаза успокоения для восстановления слойности загрузки, и дополнительная промывка загрузки прямым потоком (сверху-вниз) со сбросом первого фильтрата в дренаж.

Фильтры объединены трубопроводами подвода исходной воды и отвода фильтрата, оборудованных системой гидравлических диафрагменных клапанов, управляющих потоками воды через фильтр, переключая его в состояние фильтрации воды или регенерации загрузки.

В зависимости от длительности фильтроцикла, определяемого при пусконаладочных работах, запускается программа работы фильтров и вывода их на промывку. Промывка фильтров производится очищенной водой.

Вода проходит снизу вверх и выносит загрязнения, скопившиеся в загрузке. После обратной промывки клапаны фильтра переключаются в режим успокоения, а затем на прямую промывку (сброс первого фильтрата). После промывки фильтр переключается в режим фильтрации сырой воды до следующей регенерации.

Аэрация обрабатываемой воды перед каждым из фильтров осуществляется компрессором с подачей воздуха через статический смеситель в пределах 20% от количества подаваемой воды.

Модернизация АСУ заключается в замене пневмоприводов электрическими. Проблема пневматики заключается в возможности попадания в пневмопривод влаги, которая может сконденсироваться из влажного воздуха, который поступает из окружающей среды посредством насоса. Присутствует вероятность разгерметизации, которая может привести к выходу из строя системы. Также неблагоприятным явлением при работе с пневмоприводами являются гидроудары, которые способны разрушить трубопровод. Все вышеперечисленные проблемы можно решить установкой электрических приводов.

Предлагается осуществить регулирование расхода воды, посредством измерения перепада давления до фильтра и после него. В случае низкого перепада давления, расход можно установить на максимум, а при увеличении перепада постепенно его уменьшать.

Студ. Е.Д. Голодушко
Науч. рук. доц. Н.П. Коровкина
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРИВОДЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Электрические приводы потребляют более половины всей производимой в мире электроэнергии и постоянно расширяют сферу своего применения. За последние годы выполнен большой объем исследований и разработок нового вида электрических машин – вентильно-индукторных двигателей (ВИД) и базирующихся на них электроприводов. Этому способствует простота устройства ВИД, определяющая относительно невысокую стоимость изготовления, простоту и дешевизну их эксплуатации, а также стремительное развитие силовой и управляющей полупроводниковой техники.

Система «электронный преобразователь частоты – короткозамкнутый асинхронный двигатель (АД)» в настоящее время является оптимальным техническим решением массового электропривода. Она особенно привлекательна на стадии модернизации предприятия: сохраняется все существующее оборудование, но между сетью и двигателем включается новый элемент – преобразователь частоты. Из всей электроэнергии, потребляемой электроприводом, 40% приходится на электроприводы насосов и вентиляторов.

В данной работе представлены результаты расчета экономического эффекта при замене АД на ВИД. Экономический эффект определялся с учетом приведения к номинальному режиму эксплуатации оборудования, т.к. при трудно прогнозируемом режиме работы оборудования и значительном его отклонении от номинального годовая экономия электроэнергии может существенно отличаться от расчетной. Экономия электрической энергии определялась по разности потерь мощности асинхронных двигателей и вентильно-индукторных.

Проведенные расчеты показали, что экономия электроэнергии при замене асинхронных двигателей вентильно-индукторными на приводах насосов мощностью от 2,8 кВт до 160 кВт составила от 9,83 до 78,17 тысяч кВт часов в год, а при замене на приводах вентиляторов мощностью от 22 кВт до 160 кВт составила от 20,81 до 75,6 тысяч кВт часов в год. Таким образом применение ВИД для электроприводов насосов и вентиляторов является перспективным направлением в системах энергосбережения промышленных предприятий.

Студ. А.Д. Семашук
Науч. рук. доц. Н.П. Коровкина
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Доля затрат на электроэнергию в зависимости от энергоемкости промышленных производств варьируется от незначительной, до существенной. По оценкам специалистов удвоение цен на электроэнергию вызывает рост цен в промышленности на выпускаемую продукцию на 6–15%.

Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях приводит к осязательному снижению себестоимости выпускаемой продукции и повышению рентабельности производства.

В связи с этим актуальной задачей становится переход на энергосберегающий электропривод, к которому относится частотно-регулируемый.

Частотно-регулируемый или частотно-управляемый привод (ЧРП, ЧУП) представляет собой систему управления частотой вращения ротора асинхронного двигателя, которая состоит из электродвигателя и частотного преобразователя.

Метод частотного регулирования основан на зависимости частоты вращения ротора электродвигателя от частоты напряжения сети.

Преимущества применения ЧРП следующие: высокая точность и широкий диапазон регулирования частоты вращения ротора асинхронного двигателя; пусковой момент равен номинальному моменту; плавный пуск асинхронного двигателя, что значительно уменьшает его износ; управляемое торможение и автоматический перезапуск при пропадании сетевого напряжения; стабилизация скорости вращения ротора двигателя при изменении нагрузки и т. д.

Кроме перечисленных преимуществ ЧРП важной особенностью их является значительная экономия электроэнергии.

Из всей электроэнергии, потребляемой электроприводом, около 40 % приходится на электроприводы насосов и вентиляторов.

После модернизации электропривода за счет снижения частоты вращения ротора двигателя насосного агрегата уменьшается при тех же расходах напор и, следовательно, мощность и электроэнергия.

В таблице 1 приведены данные расчета по определению экономической эффективности при установке ЧРП на насосных агрегатах.

Таблица 1– Параметры экономической эффективности при установке ЧРП на насосных агрегатах

Наименование насоса	P_{ϕ} , кВт	$P_{пч}$, кВт	W_{ϕ} , кВт·ч	$W_{пч}$, кВт·ч	ΔW , кВт·ч
Насос для приготовления перегретой воды	58	34	222720	130560	92160
Насос подпитки	71	51,4	272640	197376	75264
Насос охлаждения	140	101	537600	387840	149760
Насос расхода сетевой воды	200	91	1752000	797160	954840

Здесь приняты следующие обозначения: P_{ϕ} , $P_{пч}$ – потребление электрической мощности до и после установки ЧРП; W_{ϕ} , $W_{пч}$ – потребление электрической энергии до и после установки ЧРП; ΔW – экономия электрической энергии в год.

При использовании ЧРП на вентиляционных установках экономия электроэнергии определялась с учетом их фактической производительности.

Изменение основных параметров работы вентиляторов при изменении частоты вращения определялись «формулами подобия».

В таблице 2 приведены данные расчета по определению экономической эффективности при установке ЧРП на вентиляционных агрегатах.

Таблица 2– Параметры экономической эффективности при установке ЧРП на вентиляционных агрегатах

Наименование вентилятора	P_{ϕ} , кВт	$P_{пч}$, кВт	W_{ϕ} , кВт·ч	$W_{пч}$, кВт·ч	ΔW , кВт·ч
Приточно-вытяжной вентилятор	35	W9.6	178500	48960	129540
Вентилятор охлаждения оборотной воды на градирне	30	15	91000	45500	45500

Таким образом, расчеты показали, что использование частотно-регулируемых двигателей наряду с техническими преимуществами этих двигателей, дает значительную экономию электроэнергии на предприятиях.

Студ. А.В. Абражей
Науч. рук. доц. О.А. Петров
(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств)

АНАЛИЗ НЕТРАДИЦИОННЫХ СПОСОБОВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

На сегодняшний день предложен ряд нетрадиционных способов измельчения материалов без механического воздействия рабочих элементов на разрушаемые частицы. Рассмотрим некоторые из них.

Ультразвук является эффективным средством для мокрого размола и микро-измельчения частиц. Ультразвуковая обработка делает поправку на обработку суспензий, имеющих высокую концентрацию и высокую вязкость, снижая, тем самым, объём материала, подлежащий обработке. Эффект измельчения частиц основывается на интенсивной ультразвуковой кавитации. При высокоинтенсивной обработке жидкостей ультразвуком звуковые волны, которые распространяются в жидкой среде, приводят к чередованию циклов высокого давления (компрессия) и низкого давления (разряжение), причём их скорости зависят от частоты.

В основе электрофизических способов обработки деталей лежит явление электрической эрозии – местное разрушение материала под воздействием импульсного электрического разряда. В зависимости от средств генерирования импульсов электрические способы подразделяются на электроискровую, электромеханическую и анодно-механическую обработку.

Для измельчения чистых твердых материалов предложено использовать электрогидравлический эффект – высоковольтный импульсный электрический разряд в жидкости, что приводит к разрушению близлежащего материала.

Статические гидродинамические кавитаторы применяются для интенсификации процессов приготовления различных композиций в химической, нефтехимической, пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслях промышленности. Принцип работы таких диспергаторов основан на не стационарности потоков жидкости и на активных гидродинамических эффектах воздействия на обрабатываемые вещества. Отличительные особенности данного типа оборудования – это обеспечение непрерывности химико-технологического процесса и его высокая интенсификация, возможность реализации значительных величин деформаций и напряжений сдвига, интенсивное гидродинамическое и кавитационное воздействие, что обуславливает высокое качество диспергирования компонентов.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В технологии переработки пластмасс к процессам измельчения прибегают в двух случаях:

а) измельчение полимерных материалов для их использования в специальных технологических процессах (напыление, нанесение покрытий) или для их повторного использования (дробление отходов);

б) измельчение исходных компонентов композиционных материалов (наполнители, красители, твердые реагенты и др.).

В технологии переработки полимеров встречаются практически все виды измельчения по крупности: от крупного дробления до сверхтонкого помола. Крупное измельчение, как правило, связано с дроблением крупногабаритных отходов производства изделий методом термоформования, коллоидное – с получением порошкообразных полимеров, а также с подготовкой пигментов и красителей.

Основной тип оборудования для измельчения производственных отходов полимеров – роторно-ножевые дробилки. Материал в них измельчается в зазоре между ножами, расположенными на быстро вращающемся горизонтальном (или вертикальном) роторе, и ножами, жестко закрепленными на корпусе. Под ротором обычно расположено сито, размеры отверстий которого и определяют крупность измельченных частиц.

Однороторные шредеры предназначены для переработки отходов пластмасс, в том числе крупногабаритных, таких как трубы, бочки, коробка, ящики и т.п., которые невозможно измельчить сразу. Шредеры оборудованы большим загрузочным бункером, загрузка перерабатываемого материала в который может осуществляться через конвейер (ленточный транспортер), автопогрузчик, кран и т.п. С помощью гидравлического прессовочного устройства материал измельчается максимально эффективно, нагрузка на измельчающий ротор контролируется автоматически, режим работы пресса зависит от перерабатываемого материала и задается на пульте управления шредером.

В зависимости от условий работы, вида измельчаемого материала и необходимой производительности роторы ножевых дробилок и шредеров могут иметь различную геометрию, тип, число ножей, зубьев, рифлений и конфигурацию их режущих кромок.

Студ. А.О. Грецкий
Науч. рук. доц. Д.Н. Боровский
(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств, БГТУ)

ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ НЕСТЕРИЛЬНЫХ ЖИДКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ

Жидкие лекарственные формы (ЖЛФ) – препараты, получаемые смешиванием или растворением действующих веществ в растворителе, а также путем извлечения действующих веществ из растительного материала. Технологию изготовления нестерильных ЖЛФ можно разбить на два этапа: приготовление и розлив, и упаковка готовой продукции. На первом этапе используются такое оборудование как: реакторы, накопительные столы, машины продувки тары и машина розлива и укупорки. На втором этапе используются этикетировочная и картонажная машина. Процесс изготовления начинается с взвешивания сырьевых компонентов. Как правило, ЖЛФ состоят из четырех основных компонентов: действующее вещество, растворитель, вспомогательное вещество и консервант.

После взвешивания начинается процесс приготовления раствора. Как правило, приготовление происходит в реакторах (аппарат с мешалкой). После получения готового раствора, с помощью диафрагменных насосов, он перекачивается в буферную емкость, расположенную перед машиной розлива и укупорки. В это время, в соседнем помещении происходит процесс подготовки тары для розлива. В данном случае, так как розлив нестерильный, то подготовка ограничивается удалением пыли и грязи, которая может находиться в таре, это достигается с помощью машины продувки, которая сначала нагнетает воздух внутрь тары, а затем всасывает его. После данной машины подготовленная тара отправляется на розлив.

Розлив и укупорка ЖЛФ происходит на одной машине. Подготовленная тара поступает в машину посредством ленточного транспортера. По ходу движения транспортера с помощью шести перистальтических насосов происходит забор раствора из буферной емкости и дозирование его в тару. Далее тара поступает на укупорку.

Получившаяся не расфасованная продукция движется по ленточному конвейеру на накопительный стол, а затем на этикетировочную машину, где происходит нанесение этикетки и маркировка продукции. Заключительным этапом является упаковка флаконов в картонную упаковку, это происходит на картонажной машине.

Студ. В.А. Гомалинский
Науч. рук. доц. Д.Н. Боровский
(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств, БГТУ)

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЗАГРУЗКИ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования технических показателей шаровых мельниц является придание помольным барабанам планетарного движения. Его развитие привело к появлению нового типа измельчителей – планетарных мельниц. В барабанных мельницах помол материала производится за счет истирания и удара при движении мелющих тел во вращающемся барабане. За счет больших скоростей в планетарной мельнице эти эффекты увеличиваются. Ориентация на промышленность определила выбор в качестве основного объекта исследования планетарные мельницы с горизонтальной осью вращения. Это подтверждается многочисленными патентами, исследованиями и промышленными образцами агрегатов с горизонтальной осью вращения.

Цель работы: провести анализ траектории движения мелющих тел, поступательных скоростей и силы контакта между мелющим телом и стенкой барабана.

Анализ движения планетарной мельницы проводился при помощи программы Solid Works, дополнения Solid Works Motion. При этом принимались барабаны с внутренним диаметром 100 мм рабочей длиной 200 мм, с осью удаленной от общей оси вращения на 176 мм. Мелющими телами являлись шары диаметром 10 мм. Исследования проводились при частоте вращения помольного барабана 560 об/мин и водила 740 об/мин. Для проведения анализа была создана упрощенная модели мельницы. С целью ускорения расчетов упрощенная модель содержит водила с установленным на нем барабаном. При этом размеры и скорости барабана и водила соответствуют вышеописанным.

Проводя анализ движения мелющих тел в горизонтальной планетарной мельнице, можно судить о каскадном движении загрузки.

На основании расчетов модели проведен анализ поступательных скоростей и сил контакта. Анализ поступательной скорости мелющего тела производился относительно неподвижной оси вращения.

Анализ силы контакта производился между мелющим телом и стенкой барабана. В момент контакта сила колеблется от 20 до 440 Н. Так же наблюдается один пик в 730 Н. Из расчетов можно судить о том, что циркуляция загрузки происходит каждые 0,07 секунды, при этом оборот водила происходит каждые 0,081 секунду.

МЕТОДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ПОВЫСИТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ РЕСУРС ДЕТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО КОНТАКТНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Упрочняющая химико-термическая обработка (ХТО) – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя металлических деталей активными элементами, обеспечивающими получение определенных физико-механических свойств, для повышения твердости, усталостной прочности, износостойкости, жаростойкости и коррозионной стойкости.

Цементация – процесс науглероживания поверхностного слоя стальных деталей, нагретых до температуры свыше 900–940 °С, что определяет наибольшую скорость протекания процесса.

Азотирование (предложено русским ученым Н.П. Чижевским) – один из процессов химико-термической обработки, при котором поверхностные слои стальных и чугуновых деталей насыщаются азотом. Азотирование повышает твердость и износостойкость, усталостную прочность и увеличивает сопротивление коррозии. Процесс осуществляется при нагреве деталей в аммиаке.

При *нитроцементации* происходит одновременное насыщение поверхностных слоев стали углеродом и азотом. Нитроцементация повышает твердость и прочность деталей. Известна нитроцементация в твердых, жидких и газовых средах.

Борирование – насыщение поверхностного слоя стальных деталей бором, что повышает его твердость и износостойкость. Известно борирование в твердой и жидкой средах.

Цинкование – процесс насыщения цинком поверхности деталей, которые погружают в расплавленный цинк или помещают в порошок цинка, обработанный соляной кислотой. В результате поверхность деталей приобретает антикоррозионные и антифрикционные свойства. Процесс широко применяется в нефтепромышленной практике.

Сульфидирование – это термодиффузионное насыщение серой поверхности стальных и чугуновых деталей. При этом образуется поверхностный слой сернистого железа, обладающий повышенной износостойкостью, и уменьшается коэффициент трения, а, следовательно, и износ.

Магистр. И.Е. Григорьев
Науч. рук. проф. Н.А. Свидунович
(кафедра материаловедения и проектирования технических систем, БГТУ)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОМПОНЕНТОВ И ПРИМЕСЕЙ В ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВАХ

В современном мире благодаря быстро растущим потребностям промышленности, а также стремительному развитию технологий разрабатывается все большее количество новых сталей и сплавов. Постепенно увеличивается как число легирующих элементов, так и их доля в общей массе материала.

В случае с высокоэнтропийным сплавом базового компонента нет, а значит и нет компонента, который определяет кристаллическую решётку матричной фазы. Для прогнозирования фазового состава используется метод построения многокомпонентных диаграмм состояния расчётными методами.

Главной особенностью высокоэнтропийных сплавов является формирование однофазного, термодинамически стабильного, высокопрочного твёрдого раствора замещения преимущественно с ГЦК- или ОЦК-решёткой. Стабильность обеспечивается высокой энтропией смешения компонентов, которая максимальна в эквимолярном соотношении элементов. Так же энтропия смешения увеличивается с ростом числа компонентов, входящих в такую систему. Принципиальным отличием разработки высокоэнтропийных сплавов от традиционной стратегии разработки сплавов (при наличии как растворителя, так и растворённого вещества) является формирование неупорядоченного твёрдого раствора, в котором атомы составляющих элементов имеют равную вероятность или иной узел кристаллической решётки.

Различное комбинирование составляющих элементов (а соответственно и разных атомных радиусов) может привести к значительным искажениям решётки, что существенно скажется как на структуре, так и на свойствах получаемых сплавов.

Высокоэнтропийные сплавы имеют среднюю плотность дефектов, что обуславливает уменьшение электро- и теплопроводности вследствие электронного и фононного рассеяния.

Существуют работы, которые показывают возможность формирования других упорядоченных и неупорядоченных фаз (в зависимости от состава, метода получения и обработки сплава). Таким образом, в свойства высокоэнтропийных сплавов вносят вклады как атомы отдельных элементов, так и формируемые фазы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ НА СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ

Особенностью технологии лазерной стереолитографии является послойное отверждение фотополимерного состава. Наибольший интерес в исследовании процесса является оценка влияния толщины слоя на физико-механические характеристики изделий, получаемых из композиционных фотополимерных материалов.

Целью представленной работы является изучение влияния толщины слоя на физико-механические характеристики композиционного материала на основе стандартной фотополимерной смолы ClearResin компании Formlabs, наполненной измельченными отходами с размером фракции 50 мкм и содержанием частиц 20 мас. %.

Определение основных физико-механических характеристик проводилось в соответствии с ASTM D638-10 на образцах рекомендованной формы и размеров, которые изготавливались в продольном направлении под углом 45° с толщинами слоя 50, 100 и 160 мкм.

Результаты испытаний при растяжении показывают рост упругих характеристик со снижением толщины слоя. Наиболее высокие прочностные характеристики отмечаются при печати с толщиной слоя 100 мкм (на 4,5 %). Исследование поверхности и структуры образцов указывает на снижение ее шероховатости при уменьшении толщины слоя. При этом в образцах с толщиной слоя выше 100 мкм отсутствуют видимые следы слоев на боковой поверхности, а шероховатость обусловлена наличием частиц наполнителя на границе отвержденного материала.

При растяжении образцов, напечатанных при больших толщинах, замечено снижение относительной деформации (на 50%), что говорит, о повышении хрупкости материала.

Поскольку длительность технологического процесса напрямую зависит от толщины слоя, то полученные результаты экспериментального исследования позволяют делать вывод о рентабельности применения композиционных фотополимерных материалов с содержанием частиц (50 мкм.) 20 мас. % при печати с толщиной 100 мкм. Данные технологические параметры позволят сократить время печати, без значительных потерь физико-механических характеристик в изделии, а вместе с тем получить специфические поверхностные свойства.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА SLA-ПЕЧАТИ НА СВОЙСТВА ФОТОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аддитивные технологии являются новой мировой тенденцией, которая находится в стадии активного внедрения в различные отрасли. Данный факт стимулирует разработку новых материалов для 3D-печати и улучшение свойств уже существующих. На совершенствование качества получаемого изделия и физико-механические характеристики конечного продукта напрямую влияют параметры, выбираемые перед печатью, а также параметры постобработки. Отсутствие знаний и информации для выбора этих параметров может привести не только к низким свойствам во время эксплуатации, но и к искаженному эстетическому виду полученного изделия.

Печать образцов проводили с целью: установить влияние расположения образцов на платформе и направления печати методом фотополимеризации на физико-механические характеристики материала; изучить влияние мощности и длительности УФ-излучения на структуру и свойства напечатанных изделий из фотополимерных композиций.

В результате исследования установлено, что на свойства материала большее влияние оказывает угол печати, чем расположение на платформе. Для получения наивысшей прочности и качества печати лучший вариант изготовления – угол 90° и расположение по диагонали платформы, так как при ином расположении во время печати может произойти сдвиг или смещение из-за «перемешивателя». Помимо высоких механических показателей, достоинство такого размещения – минимальное количество поддержек, соответственно экономия материала. Недостаток – длительное время печати.

Для достижения наилучших свойств рекомендуемая длительность доотверждения не менее 60 мин. При уменьшении длительности доотверждения механические свойства материала уменьшаются на 15%. Рекомендуется использовать специальную установку FormCure мощностью 39 Вт. Достоинство метода – автоматизация процесса и равномерность доотверждения, недостаток – высокая стоимость оборудования. Для экономичности можно использовать LED-лампу с мощностью 48 Вт в течение того же времени. Механические свойства образцов, доотвержденных с помощью FormCure и LED-лампы, отличаются на величину, не превышающую ошибку эксперимента.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КИНЕТИКИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В настоящее время композиционные полимерные материалы, благодаря возможности получения специфических свойств, широко используются в аддитивных технологиях.

Актуальность представленной работы заключается в изучении влияния размера фракции и степени наполнения фотополимерной смолы измельченными мелкодисперсными отходами технологии на условную вязкость и экспозицию. В качестве исследуемого материала выступает фотополимерная смола ClearResin от компании Formlabs, которая позволяет более корректно контролировать изменение свойства, благодаря прозрачности и отсутствию добавок.

В ходе исследования формы и эквивалентного размера частиц установлено, что уменьшение фракции приводит к получению сферически подобных форм. Исследуемый наполнитель группировали по среднему размеру частиц на фракции 20, 40 и 50 мкм. Для снижения вероятности комкования и хорошей сыпучести при введении в вязкую составляющую влажность наполнителя не должна превышать 1%.

Кинетика отверждения описывается с достаточной точностью понятием «экспозиция», определяемым энергией активации и временем гелеобразования состава.

Введение наполнителя в прозрачную смолу приводит к образованию темного мутного состава. Энергия активации и время гелеобразования фотополимерной композиции по сравнению с ненаполненной системой изменяется минимально (в пределах ошибки эксперимента 1–3%), что показывает постоянство скорости реакции отверждения независимо от количества введенного наполнителя.

Определение условной вязкости проводили по методу падения шарика, основанному на законе Стокса. Введение наполнителя в размере 10 мас. % и 20 мас. % увеличивает динамическую вязкость в 2 и 2,5 раза соответственно, что необходимо учитывать при дальнейших исследованиях технологических параметров печати.

Исследования показали, что с целью снижения расхода фотополимерного материала, возможно, вводить твердый наполнитель в фотополимерные композиции без существенного изменения характера кинетики отверждения.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ НА СВОЙСТВА ОБРАЗЦОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ СТЕРЕОЛИТОГРАФИИ

Толщина слоя печати в лазерной стереолитографии, как технологический параметр, обуславливает основные характеристики и качество поверхности синтезируемой модели, однако, уменьшение толщины слоя приводит к значительному росту времени технологического процесса. В работе показано влияние толщины отверждаемого слоя на физико-механически и поверхностные характеристики фотополимерного материала ClearResin компании Formlabs.

Печать образцов проводили на принтере Form 2 с последующей отмывкой в установке FormWash в течении 15 минут и доотверждением в камере FormCure при параметрах, рекомендованных производителем для данного типа материала. Толщину слоя варьировали в пределах возможности принтера: 50, 100 и 160 мкм.

Для оценки физико-механических характеристик отвержденной смолы изготавливали образцы с постоянной пространственной ориентацией при печати под 45° . Форма и размеры образцов, а также условия испытаний соответствовали стандарту ASTM D638-10 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».

При увеличении толщины слоя (таблица) прочность 3,5 раза (от 50 до 160 мкм) прочность снижается на $\sim 7\%$, а модуль упругости – на $\sim 3\%$. Снижение показателей не выходит за границы ошибки эксперимента. Таким образом, изменение толщины слоя не оказывает существенного влияния на показатели прочности и упругие характеристики напечатанного материала. Тогда на первый план выходит скорость печати, оно снижается в 2,3 раза.

Таблица – Показатели материала в зависимости от толщины слоя

Толщина слоя, мкм	50	100	160
Предел прочности при растяжении, МПа	58,1	54,8	53,75
Модуль упругости при растяжении, ГПа	2,94	2,87	2,85
Время печати, мин	936	516	402

С учетом низких потерь в физико-механических характеристиках, для оптимизации процесса печати рекомендуется применять толщину слоя 160 мкм.

Студ. Б.А. Вашкевич, В.О. Шостко
Науч. рук. доц. Е.И. Кордикова, ассист. Г.Н. Дьякова
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Для повышения эксплуатационных показателей изделий из композиционных материалов на основе термореактивных связующих все больше обращают внимание на комбинированные составы эпоксидных олигомеров и фенолов, которые обладают повышенными теплостойкостью, устойчивостью к циклическим нагрузкам и механическими характеристиками.

Цель исследования – определение физико-механических характеристик композиционных материалов на основе эпоксидноволачного олигомера для изготовления стекло- и углепластика.

Состав композиционного материала: эпоксидноволачное связующее, отверждаемое алкофеном; наполнитель – углеродная ткань твил 2/2, стеклянная ткань сетчатого плетения, преимущественно однонаправленная. Степень наполнения – 40% масс., структура для углепластика – 1 : 1, стеклопластика – 1 : 0.

Значения температурно-временных параметров изготовления образцов для исследований физико-механических свойств выбирали исходя из результатов определения времени гелеобразования основной отверждающейся системы. Образцы получали прессованием при температуре 120°C и давлении 1 МПа собранного пакета с заданной последовательностью укладки слоев из предварительно пропитанных наполнителей.

Определение основных физико-механических свойств проводили в соответствии с ГОСТ 32656-2017; ГОСТ 4647-2015 на образцах рекомендованной формы и размеров.

В результате исследований выявлены особенности поведения композиционных материалов при механическом нагружении. Для исследуемых материалов получены значения основных прочностных показателей и упругих постоянных. Диаграммы деформирования при растяжении и изгибе представляют собой прямые наклонные линии. Это позволяет говорить, что материалы ведут себя как идеально упругие тела до разрушения. Величина остаточных деформаций не превышает 5%, что говорит о хрупком характере разрушения.

Имеющиеся результаты позволяют сделать заключение о принципиальной возможности использования разработанных композиций для изготовления изделий конструкционного назначения.

Студ. Т.О. Фурсов, Д.А. Савицкий, М.Д. Новоселов
Науч. рук.: доц. Е.И. Кордикова; ассист. Г.Н. Дьякова
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ FDM-ПЕЧАТИ (ТОЛЩИНА СЛОЯ, ТЕМПЕРАТУРА СОПЛА, СКОРОСТЬ ПЕЧАТИ) НА СВОЙСТВА УГЛЕНАПОЛНЕННОГО МАТЕРИАЛА

В последнее время на рынке материалов для аддитивных технологий появляется большое количество композиционных материалов. Как правило, это стекло- или угленаполненные композиции. Качество напечатанных по технологии послойного наплавления материалов напрямую зависит от основных технологических параметров – толщина слоя, температура и скорость печати. Особенно это важно при использовании наполненных композиций, где неплавкие мелкие частицы оказывают влияние не только на физико-механические характеристики, но и на температурные показатели переработки.

Целью представленной работы является определение оптимальных технологических параметров печати по критериям наилучших физико-механических свойств.

В качестве объекта исследований использовали угленаполненный полиамид NylforceCarbon от FiberForce, который включает в себя полиамид-12 с наполнением короткими углеродными волокнами (30% масс.). Главная особенность материала – необходимость в его постоянной сушке ввиду сильного влаго- и водопоглощения. Это необходимо учитывать при необходимости производства изделий из этого материала

Печать проводили на принтере Ultimaker 3 при постоянном заполнении под углом $\pm 45^\circ$. Варьирование исследуемых параметров проводили в диапазоне: для температуры – 240–270 °С, скорость печати – 55–85 мм/с, высота слоя – 0,1–0,3 мм.

Определение основных физико-механических свойств проводили в соответствии с установленными стандартами.

При изменении толщины слоя от 0,1 до 0,3 мм прочность при растяжении повышается на 14%. Увеличение скорости печати от 55 до 85 мм/с приводит к снижению показателя прочности на 9 % (сравнимо с ошибкой эксперимента). При температуре печати 270 °С прочность образцов на 10 % выше, чем напечатанных при 240 °С.

Экспериментально доказано, что наилучшие показатели механических свойств материала наблюдаются у образцов, напечатанных при наименьшей скорости ($v_{\text{печ}} = 55$ мм/с), наименьшей толщине слоя ($h_{\text{слоя}} = 0,1$ мм) и наибольшей температуре печати ($T = 270^\circ\text{C}$).

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА НАПОЛНЕННЫХ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Важнейшим направлением исследований в области создания композиционных материалов для технологий аддитивного синтеза являются характеристики армирующих материалов. Для технологии лазерной стереолитографии с точностью печати 25–300 мкм особую роль играет размер и форма наполнителя, вводимого в фотополимерное связующее.

Цель работы – исследование влияния дисперсности наполнителя на свойства наполненных фотополимерных систем для лазерной стереолитографии. Объектом исследования являлся композиционный материал на основе стандартной фотополимерной смолы ClearResin компании Formlabs, наполненной измельченными отходами и содержанием наполнителя 20 мас. %.

Исследование производилось для трех фракций наполнителя со средним размером частиц 20, 40 и 50 мкм. Процесс смешивания прозрачной смолы и отвержденного наполнителя осуществлялся в автоматическом режиме с использованием лабораторного диссольвера ПЭ-8100 с низкими частотами вращения, с получением темного мутного состава.

Для оценки влияния дисперсности наполнителя на структуру и физико-механические характеристики материала изготавливались стандартные образцы в соответствии с ASTM D638 по методу лазерной стереолитографии на машине Form 2 при ориентации 45° и толщиной слоя печати 100 мкм.

В результате исследования установлено, что уменьшение размера частиц наполнителя в виде измельченных технологических отходов при введении в фотополимерное связующее ClearResin с содержанием 20 мас. % приводит к снижению прочностных характеристик на 10-17% и модуля упругости материала на 3-4%. Полученная зависимость в первую очередь связана с технологическими особенностями метода производства. Коэффициент вариации обоих показателей варьируется в диапазоне 2-4%. С учетом высоких затрат на получение мелкодисперсных материалов меньшей фракции оптимальным считается применение наполнителя с размером частиц 50 мкм при печати с толщиной слоя 100 мкм.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ SLA

После печати методом лазерной стереолитографии образцы промывают от остатков смолы и помещают в УФ-камеру для финального отверждения. Для повышения прочности напечатанных изделий к постобработке можно добавить операцию термической обработки.

Целью работы являлось определение влияния параметров термообработки на модуль упругости при растяжении для термостойкой фотополимерной смолы Form labs High Temp Resin.

Испытания проводили в соответствии с ASTM D638-15 на образцах рекомендованной формы и размеров. Образцы после промывки и выдержки в УФ-камере подвергали термообработке – нагревали в термошкафу до температуры 160°C с выдержкой в течение 30, 60, 90 минут и последующим охлаждением до комнатной температуры.

Наибольший модуль упругости наблюдали у образцов, которые прошли термообработку в течение 60 минут, он выше модуля «зеленых» образцов и прошедших ультрафиолетовую засветку на 59,4 % и 44,4 % соответственно (рисунок).

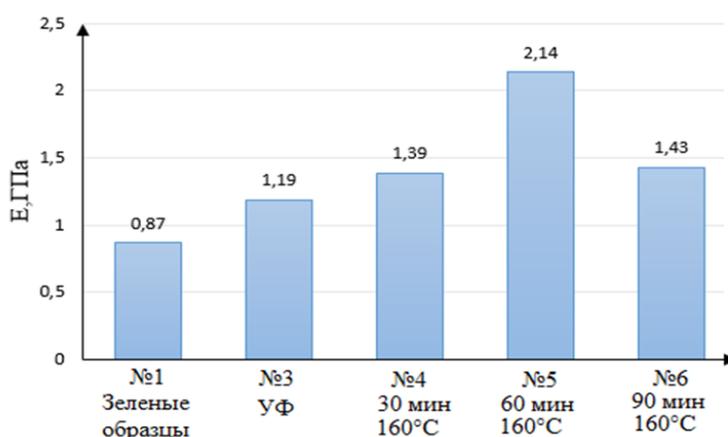


Рисунок – Гистограмма зависимости модуля упругости при растяжении от времени термообработки

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о возможности проведения термической обработки напечатанных изделий из фотополимерных смол, что приводит к повышению физико-механических свойств.

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА

Задача определения скоростей и ускорений точек плоского механизма является одной из стандартных в рамках курса теоретической механики. Следует отметить, что ее точность значительно возрастает при увеличении числа подвижных звеньев исследуемого механизма. Тем не менее, метод мгновенного центра скоростей позволяет с успехом ее решить.

В качестве примера рассмотрим представленный на рис. 1, механизм с 5 подвижными звеньями длины которых заданы на рисунке.

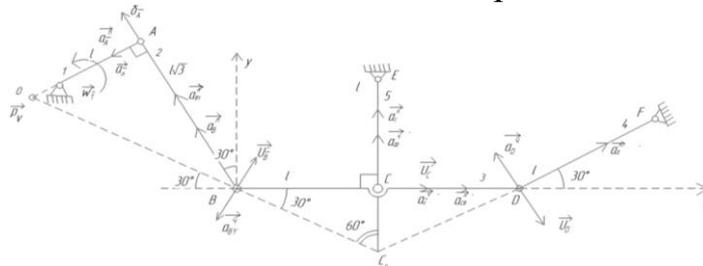


Рисунок – Вид механической системы

Решение задачи следует начать с определения по данным условия скорости и ускорения точки A рассматриваемого механизма. После чего могут быть определены направления скоростей точек D и C и положения мгновенных центров скоростей звеньев AB и BD .

На основании теоремы о проекции скоростей точек A и B на прямую AB может быть найдена скорость точки B .

$$v_A = v_B \cos \frac{\pi}{3}, \quad v_B = 2v_A = 2\omega l.$$

Для определения ускорения точки B следует трижды воспользоваться теоремой о сложении ускорений точек плоского механизма принимая в качестве полюса точки A , C и D , соответственно. С учетом того, что данная теорема является векторной, проектируя каждое из полученных соотношений на оси Bx и By , можно получить систему 6 уравнений с шестью неизвестными величинами. При этом искомыми являются лишь две из них – проекции вектора ускорения точки B на соответствующие оси.

Разрешив данную систему уравнений относительно указанных проекций вектора ускорения получим

$$a_B = \omega^2 l \sqrt{30 + 12\sqrt{3}}.$$

РАВНОВЕСИЕ СИСТЕМЫ ТРЕХ ТЕЛ

При изготовлении различного вида стержневых конструкций, шарнирно скрепленных между собой, необходимо определить абсолютные значения сил реакций, возникающих вследствие внешних воздействий. В данной работе рассматривается вариант составной конструкции из трёх невесомых стержней. К активным силам относятся: сосредоточенная сила F , пара сил с моментом M и распределённая нагрузка на участке BC , изменяющаяся по линейному закону, с интенсивностью q в точке B и $2q$ – в C . Связи: жёсткая заделка в точке A и шарнирно-неподвижная опора в точке D (рисунок 1).

Цель данной работы: определить при каких значениях силы F : значения реакций связей в точках A и D будут одинаковыми; значение реакции связи в точке D примет минимальное значение.

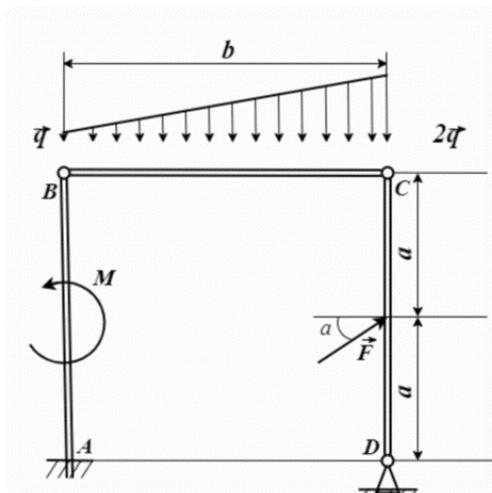


Рисунок 1 – Шарнирно-скрепленная система трех тел

Применив условия равновесия[1, 2] для плоской произвольной системы сил были получены следующие выражения для модулей сил реакций связей в точках A и D :

$$R_A = \sqrt{\frac{F^2 \cos^2 \alpha}{4} + \frac{4q^2 b^2}{9}}; \quad R_D = \sqrt{\frac{F^2 \cos^2 \alpha}{4} + \left(\frac{5qb}{6} - F \sin \alpha\right)^2}. \quad (1)$$

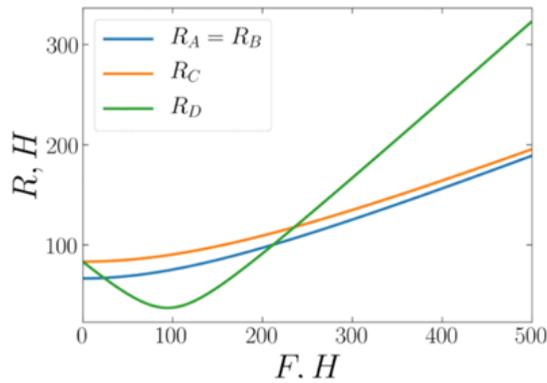


Рисунок 2 – Реакции связей в точках А, В, С, D в зависимости от силы F при фиксированных значениях $b = 2\text{ м}$, $q = 50\text{ Н/м}$, $\alpha = 45^\circ$

В системе возможны 2 случая, когда реакции в точках A и D равны, которые соответствуют различным направлениям вертикальной составляющей силы реакции в точке D .

$$F_1 = \frac{3qb}{2\sin\alpha}; \quad F_2 = \frac{qb}{6\sin\alpha}; \quad R_D^{\min} = \frac{5qb}{12\sqrt{\text{tg}^2\alpha + 0,25}}. \quad (2)$$

Минимум функции зависимости силы реакции в точке D от внешней силы F обусловлен наличием распределённой нагрузки q , которая действует в противоположную сторону

ЛИТЕРАТУРА

1. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч. 1. / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – М.: Интеграл-Пресс, 2007.
2. В.В. Добронравов, Н. Н. Никитин. Курс теоретической механики: Учебник для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / М. А. Алексеева; «Высшая школа» – Москва, 1983.

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ
ВЯЗКОУПРУГОСТИ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ИЗДЕЛИЯХ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ 3D-ПЕЧАТИ**

Одна из важных особенностей многих материалов, в частности полимерных, – зависимость напряжений и деформаций от времени, которая характеризует реономные или вязкоупругие свойства. Явление уменьшения напряжений в течении времени называется релаксацией, а увеличения деформаций в течении времени ползучестью. Одна из наиболее распространенных моделей, описывающих связь между напряжениями и деформациями – модель «стандартного» вязкоупругого тела или тела Кельвина [1]:

$$\sigma + t_p \frac{d\sigma}{dt} = E\varepsilon + Ht_p \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

где t_p – время релаксации; E – длительный модуль; H – мгновенный модуль.

Параметры t_p , E и H называются параметрами вязкоупругости и существенно зависят от температуры. Для моделирования поведения изделий, изготовленных из термопластичных материалов методами 3D-печати и находящихся при длительном воздействии нагрузки и повышенной температуры необходимы температурные зависимости параметров вязкоупругости. В доступной литературе для термопластичных материалов, которые используются в аддитивных технологиях сведения о таких зависимостях отсутствуют.

Цель работы: исследование зависимостей параметров вязкоупругости образцов из ABS-пластика и PLA-пластика, полученных методом экструзии материала, от температуры окружающей среды.

Для получения температурных зависимостей длительного E , мгновенного H модулей и времени релаксации t_p определяли значения данных параметров вязкоупругости при различных температурах (20, 40, 60, 80°C) на установке [2]. Точность регулирования температуры составляла $\pm 1^\circ\text{C}$. С помощью тензодатчика записывали деформацию рабочей части образца как функцию времени (кривые кратковременной ползучести) при данной температуре.

Значения мгновенного и длительного модулей и времени релаксации рассчитывали по методу наименьших квадратов по линеаризованным кривым кратковременной ползучести. На рисунке приведены зависимости параметров вязкоупругости от температуры.

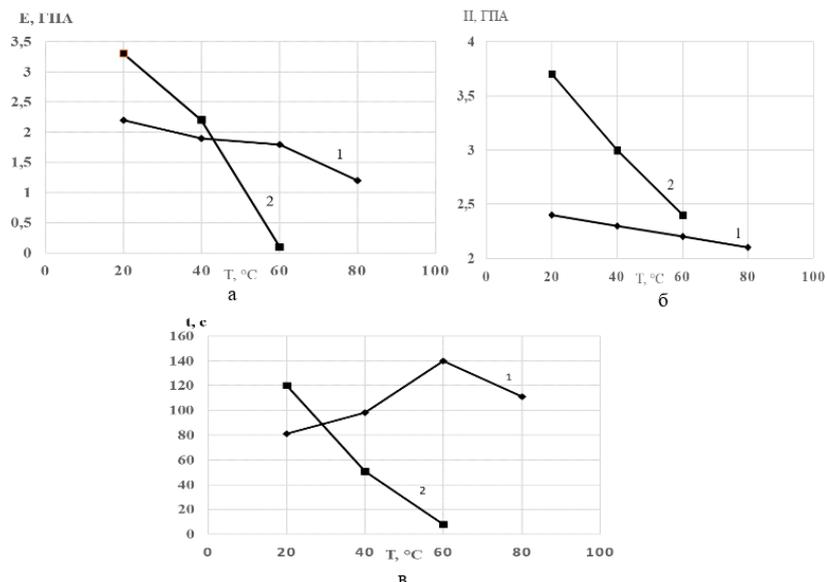


Рисунок – Зависимости длительного модуля (а), мгновенного модуля (б) и времени релаксации (в) от температуры: 1 – АБС-пластик; 2 – PLA.

Зависимости параметров упругости от температуры, представленные на рисунке типичны для полимерных материалов. С увеличением температуры длительный и мгновенный модули для исследованных материалов снижаются. Для PLA с увеличением температуры время релаксации снижается, а для ABS-пластика, напротив, увеличивается.

Полученные в результате исследования данные о температурных зависимостях параметров вязкоупругости могут быть использованы для моделирования поведения изделий, изготовленных из термопластичных материалов методами 3D-печати и находящихся при длительном воздействии нагрузки и повышенной температуры

ЛИТЕРАТУРА

1. Ставров, В.П. Механика композиционных материалов: Учеб. пособие. / В.П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2008. – 259 с.
2. Карпович, О.И. Температурные зависимости вязкоупругих свойств материала на основе смеси АБС-пластика и полипропилена / О.И. Карпович // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск 28–29 мая 2008 г. / Белорус. гос. технолог. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2008. – С. 148–151.

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ БЕЛАЗ

Одним из преимуществ применения аддитивных технологий в производстве является меньшее количество этапов технологического процесса создания готового к применению изделия. Также отсутствует необходимость в изготовлении дополнительной технологической оснастки, что сильно сказывается на удельной трудоемкости, скорости изготовления и конечной стоимости при условии малого количества требуемых изделий.

ОАО «БелАЗ» производит тяжеловесные карьерные самосвалы, которые поставляются во множество стран мира. У каждого заказчика такой техники индивидуальные требования к конструкции автомобиля и появляется необходимость в проектировании и производстве эксклюзивных деталей и прочих элементов конструкции. В данном случае аддитивные технологии могут сильно облегчить и ускорить изготовление изделия. Кроме того одним из важных направлений работы конструкторов является снижение массы автомобиля.

Цель работы: изучить возможность изготовления элементов систем кондиционирования и отопления автомобиля БелАЗ с использованием аддитивных технологий.

На основании анализа применяемой на данный момент в автомобиле системы кондиционирования и отопления, а также анализа требований разработана оригинальная конструкция элементов данной системы. Конструкция элементов системы разрабатывалась из условия минимума поддерживающих структур. Выполнены необходимые расчеты на прочность и жесткость. В качестве материала выбран АБС-пластик. Замена металлических деталей на пластиковые позволило снизить массу системы более чем в два раза.

Разработан технологический процесс изготовления деталей системы. Для изготовления элементов использована известная технология 3Д-печати – экструзия материала. По разработанному технологическому процессу получены макеты элементов систем кондиционирования и отопления автомобиля БелАЗ. Результаты работы переданы в отдел главного конструктора и на данный момент изучаются специалистами предприятия для оценки возможного внедрения.

КОНСТРУКЦИЯ СРЕДНЕГО КЛИНА ОБЛЕГЧЕННОЙ СПОРТИВНО-БЕГОВОЙ ЛЫЖИ И ТЕХНОЛОГИЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА

Требования к жесткости и прочности конструкции, а также правила проведения соревнований обуславливают форму спортивно-беговых лыж. В облегченных конструкциях лыж средний клин разносит основные силовые слои и выполняется в основном из сотовых или пеноматериалов. Представляет интерес выполнение среднего клина с применением аддитивного технологического процесса, который позволяет учитывать индивидуальные особенности спортсмена. Цель работы - выявить особенности конструкции среднего клина облегченной спортивно-беговой лыжи, получаемой с применением аддитивного технологического процесса экструзией термопластичного материала (3D-печати), и предложить вариант конструкции.

Предварительно проведен аналитический обзор технологий изготовления лыж, используемых материалов и технологическое оборудование для 3D-печати. Исходя из способа изготовления - послойной печати на ограниченном пространстве, ввиду продольной симметрии лыжи и ее специфической криволинейной формы наиболее целесообразна печать клина из отдельных частей. Ввиду применяемых технологий 3D-печати для частей клина и последующей сборки лыжи поверхности всех частей клина должны быть сплошными, а для сохранения геометрии отдельных частей клина и лыжи в целом в полостях частей клина должен находиться наполнитель в виде напечатанной, например, сетчатой конструкции.

Таким образом, формируемые поверхности отдельных частей клина и сетчатый наполнитель могут внести вклад в обеспечение требуемой жесткости лыжи. Регулирование жесткости клина возможно варьированием значений толщины боковых стенок, верхнего и нижнего слоев клина, геометрическими параметрами наполнителя и применяемым материалом. Для соединения частей клина между собой предложены механические и адгезионные соединения.

В результате разработана конструкция среднего клина спортивно-беговой лыжи с учётом особенностей технологического процесса экструзией термопластичного материала.

КОНСТРУКЦИЯ СВЕТИЛЬНИКА-НОЧНИКА С ДАТЧИКОМ ДВИЖЕНИЯ И АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Широкие возможности создания сложных изделий с помощью аддитивных технологий, а также большой выбор материалов позволяют уделять достаточно внимания визуальной составляющей изделия. Наиболее важную роль во многих, в частности декоративных, изделиях играет качество поверхностей. При печати прозрачными полимерами возникают собственные особенности и сложности не только в качестве внешних поверхностей, но также в ее заполнении.

Цель работы – расширить область применения аддитивных технологий с применением светопрозрачных материалов.

Рассмотрены основные методы аддитивного синтеза печати светопрозрачными термопластами: экструзии материала и фотополимеризации в ванне, их основные параметры и качества получаемых поверхностей. Проанализированы основные дефекты и эффекты, возникающие при печати прозрачными полимерами, а также пути их устранения и достижения соответственно, в том числе рассмотрены основные методы обработки полученных изделий в зависимости от материала с целью достижения их прозрачности или матовости.

В качестве светопрозрачного изделия для демонстрации возможностей аддитивных технологий предложен ночник с датчиком движения: корпус светильника состоит полностью из прозрачного материала и обладает невысокой степенью матовости для рассеивания света; корпус датчика движения состоит из рассеивателя с высокой матовостью и остальной части из непрозрачного материала.

Такие изделия могут получаться как в единичном и мелкосерийном производстве, так и являться прототипами для серийного производства, например, литьем под давлением - конечный метод изготовления повлияет на конструктивное исполнение деталей изделия ввиду разных требований по обеспечению технологичности для аддитивного синтеза и литья под давлением.

Для обеспечения и контроля качества изделий предложена схема цикла процесса производства продукции методами аддитивного синтеза для единичного (мелкосерийного) выпуска или прототипирования, начиная от заявки потребителя до сдачи готовой продукции.

**КОНСТРУКЦИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ И АДДИТИВНЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ ИХ ПРОИЗВОДСТВА**

Для ряда производств периодически возникает необходимость производства единичных (в том числе выставочных или рабочих прототипов) или мелких серий крупногабаритных изделий, например, корпусных. Для исключения затрат на технологическое оснащение предприятия все чаще используют аддитивные технологические процессы экструзией материала, используя оборудование с относительно большой областью печати. Цель работы - расширение эффективных областей применения аддитивных технологий за счет изготовления крупногабаритных изделий.

Естественно, при печати крупногабаритных изделий брак при производстве будет иметь значительные абсолютные материальные затраты. Поэтому особое значение приобретают технологический контроль конструкторской документации и контроль процесса печати. В случаях, когда допустимая область печати принтера не позволяет произвести изделие целиком, целесообразно применить разделение исходной модели на несколько частей, предусматривая места соединения. Здесь важно оценить условия эксплуатации изделия, требования к его поверхностям и наличие операции по отделке поверхности. Сформулирована номенклатура технологических указаний, которые должны быть отражены в конструкторской документации. Предложена схема проведения технологического контроля, согласно которой технолог проверяет трехмерную модель изделия, моделируя процесс печати в соответствующем программном обеспечении. В процессе печати могут возникать различные дефекты, не все из которых приведут к браку изделия. Поэтому для экономии материалов и времени разработана технологическая схема, в которой для рабочего даются четкие указания, как поступать при возникновении конкретного дефекта при печати: в ряде случаев требуется прекратить печать, в других случаях - печать может быть продолжена с последующим устранением дефекта.

Таким образом, выстраивая взаимодействие в системе конструктор - технолог - рабочий можно весьма эффективно использовать аддитивные технологии для производства крупногабаритных изделий.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛИКОНОВЫХ ФОРМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИРОВАННЫХ МАСТЕР-МОДЕЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ АДДИТИВНЫМ СИНТЕЗОМ

При мелкосерийном производстве изделий из пластмасс остро встает вопрос цены технологического оснащения. Есть ряд технологий, которые позволяют использовать оснастку из дешевых материалов и без больших затрат на ее изготовление. К таким технологиям относится и литье в силиконовые формы для получения изделий сложной конфигурации.

Цель работы – обеспечение мелкосерийного производства изделий сложной конфигурации из конструкционного материала с применением оснастки низкой себестоимости. В качестве конструкционного материала выступают терморезистивные смолы и композиции на их основе.

Особенность силикона – способность полностью повторять поверхность, на которой он залит. Поэтому для получения силиконовых форм применяют так называемые мастер-модели, которые в точности повторяют поверхности будущего отлитого в форме изделия. В качестве мастер-модели может выступать изделие-аналог, но чаще – вновь разработанное изделие. В настоящее время самым эффективным методом получения мастер-модели сложной конфигурации является аддитивный технологический процесс экструзией материала (3D-печать). А для получения требуемой шероховатости поверхности следы от послойного нанесения материалов могут быть устранены путем механической обработки и нанесения грунтовочных и лакокрасочных покрытий. Для фиксации силикона до отверждения используют опалубку. В свою очередь мастер-модель должна фиксироваться относительно опалубки – для этого применяют, например, стержни. Над мастер-моделью закрепляют также элементы, которые должны сформировать заливочную воронку для конструкционной пластмассы, а также отверстия для выхода воздуха. По контуру мастер модели наносят элемент, облегчающий разъем полуформ. Для сокращения времени печати и подготовки мастер-модели к заливке силиконом трехмерную модель необходимо в соответствующих программах для подготовки к 3D-печати ориентировать таким образом, чтобы минимизировать количество поддержек. В отдельных случаях требуется адаптация модели в виде добавления к ней легкоудаляемых после печати элементов.

Студ. В.С. Колесень
Науч. рук. доц. А.Л. Наркевич
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

ЛИСТОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ-ПОЛУФАБРИКАТЫ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОСНАСТКА ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

При производстве изделий на предприятия, после сортировки раздельно собранных коммунальных отходов остается большая часть – до 75% – полимерных отходов, которые не представляют коммерческий интерес ввиду своей неоднородности, загрязненности или невозможности использования.

Цель работы – вовлечение смешанных полимерных отходов, которые в настоящее время захораниваются, в гражданский оборот путем производства изделий. При этом предварительный опрос потенциальных потребителей изделий из вторичных полимерных материалов привел к выводу о выпуске не конечных изделий, а, например, листовых изделий-полуфабрикатов по аналогии с древесно-стружечными и т.п. плитами. Такие плиты могут иметь самое разнообразное применение на приусадебных и дачных участках, в строительстве, при обустройстве различных настилов или заграждений и т.д.

В качестве технологии переработки полимерных отходов в плоские изделия наиболее приемлемым можно считать прессование предварительно пластицированной заготовки: метод гибкок по отношению к компонентному составу, в том числе могут применяться наполнители, практически нечувствителен к незначительным загрязнениям и неоднородности состава, что типично для смешанных полимерных отходов. Предлагаемые варианты конструкции листовых изделий: плоские; плоские с одной стороны и ребренные с противоположной; гофрированные. Для повышения эстетических свойств на одной из поверхностей может быть отформован рельефный рисунок или нанесено покрытие, изделие может быть окрашено в массу. Составлена схема и таблица, позволяющая оперативно оценить потребность в прессовом оборудовании в зависимости от требуемых размеров листовых полуфабрикатов. Предложен ряд типоразмеров для ребренных изделий-полуфабрикатов и дана их сравнительная характеристика по жесткости и прочности. Проработана конструкция пресс-формы.

Выполненная работа будет способствовать демонстрации возможности предложенной технологии для вовлечения смешанных полимерных отходов в гражданский оборот.

ОЦЕНКА КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

Микроэлементы являются важными минеральными элементами, необходимыми для развития растений и человека. Однако микроэлементов часто не хватает в почве, урожае и продуктах питания, поэтому их вводят в виде удобрений для повышения урожайности, особенно когда применение обычных NPK-удобрений неэффективно. В этом случае положительный эффект составляет 10–70% в зависимости от состава микронутриентов и проявляется как с внесением NPK-удобрений, так и без них [1].

При дефиците меди теряется тургор листьев, они скручиваются, а растение увядает. Нехватка меди начинает проявляться с верхушечных листьев – они имеют слишком крупные размеры и бледную окраску, слабеют, искривляются и могут отмирать.

При дефиците цинка молодые листья начинают желтеть между жилками. Кончики листьев становятся обесцвеченными и засыхают.

Недостаток железа ведет к распаду ростовых фитогормонов (ауксинов), синтезируемых растениями, и поэтому рост растения замедляется. При нарастании дефицита железа на больших листьях появляется хлороз между прожилками, начиная от основания листа.

Недостаток данных микроэлементов принято устранять путем добавки в почву и на стадии предпосевной обработки микроэлементы или комплексоанаты этих металлов.

Применение комплексоанатов позволяет добиться пролонгированного воздействия на растения. Наиболее известна натриевая соль этилендиамина тетрауксусной кислоты (ЭДТА). Разработка эффективных комплексных соединений микроэлементов направлена на использование недорогих компонентов, препятствующих транспорту хрома (III) в растениях. Эффективными комплексообразователями являются технические лигносульфонаты.

Лигносульфонаты технические жидкие и порошкообразные – побочный продукт переработки древесины. Технические лигносульфонаты представляют собой смесь солей лигносульфоновых кислот. Обычно лигносульфонаты используются в цементной промышленности, в деревообрабатывающей, в стекольной, как флокулянты и т. п. [2].

Целью данной работы является исследование возможности образования комплексных соединений в системе ЛСТ– Me^{2+} . Из литературного источника [3], содержание комплекса в растворе является физической величиной, которая основана на следующем положении: если

один или оба компонента раствора являются мерой содержания комплекса, то определяется разность между наблюдаемой величиной и расчетной. В настоящей работе в качестве таких физических величин использовались: коэффициент преломления, цветометрические характеристики, электропроводность, оптическая плотность и др.

С целью повышения комплексообразующей способности лигносульфоната, была проведена его модификация, которая заключалась во введении группы NO- в молекулы ЛСТ [1].

Известны реакции нитрозирования фенольных соединений, приводящие к получению таутомерных нитрозо- и хиноноксимной производных.

Доказательством протекания реакции нитрозирования явилась интерпретация спектра продукта в интервале длин волн 220–500 нм. В отличие от спектра исходных ЛСТ в спектре продукта присутствовало плечо в интервале длин волн 300–400 нм. Для подтверждения правильного отнесения полосы поглощения дополнительно был получен нитрозофенол.

Исследование реакции ионов меди, цинка, двухвалентного железа с ЛСТ, показали достаточно резкий рост поглощения для комплексов с ионами меди и цинка и неожиданное для нас снижение для соединений с ионами двухвалентного железа. Это, вероятно, связано с протеканием окислительно-восстановительных реакций между ионами двухвалентного железа и редуцирующими веществами ЛСТ [1].

Таким образом, физико-химическими методами анализа (кондуктометрический, цветометрический, спектрофотометрический, потенциометрический, рефрактометрический) было установлено, что технические лигносульфонаты способны к образованию комплексов с ионами меди, цинка, железа. По сравнению с контрольным экспериментом с семенами мягкой пшеницы и фасоли, использование комплекса ЛСТ– Me^{2+} привело к тому, что:

- количество проросших семян в контрольном опыте меньше, чем при добавке комплекса ЛСТ– Me^{2+} ;
- в присутствии комплекса ЛСТ– Me^{2+} уменьшается количество загнивших зёрен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нитрозирование технических лигносульфонатов: материалы докладов 86-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 12 февраля 2022 г. / БГТУ – отв. за издание И.В. Войтов; Минск: 2022. – 29–30 с.

2. Оценка комплексообразующих свойств технических лигносульфонатов: материалы докладов 86-ой научно-технической конферен-

ции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 12 февраля 2022 г. / БГТУ – отв. за издание И.В. Войтов; Минск: 2022. – 31–32 с.;

3. О.В. Свердлова, Электронные спектры в органической химии: 2-е изд., перераб. – Ленинград: Химия, 1985. – 248 с.

УДК 543.2

Студ. А.М. Фадеева, Д.А. Грибовский

Науч. рук. проф. М.А. Зильберглейт (кафедра технологии неорганических веществ и общей химической технологии, БГТУ)

ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ рН-МЕТРИЧЕСКИХ ШКАЛ

В настоящее время цветометрический анализ начал применяться в различных областях аналитической химии.

При проведении микроанализа часто возникает необходимость оперативного определения рН в растворах, которые имеют малые объемы. Как правило, для этой цели используют рН-метрическую индикаторную бумагу. Известны различные варианты исполнения таких бумаг от фирм Johnson, GuoQi Pneumatic Store, ООО «Энергохимия плюс», Scan. Однако, такой метод анализа характеризуется низкой точностью из-за широкого шага измерения рН, а также характеризуется высокой субъективностью.

Целью настоящей работы является поиск связи между цветометрическими показателями упомянутых выше индикаторных бумаг и значениями рН, напечатанных на футляре упаковки. В том случае, если будет получена высокая корреляция между этими характеристиками, то возможна разработка точного метода количественной оценки рН по цветному изображению. В качестве цветометрических систем, используемых для анализа связи между цветом изображения для шкалы рН и величиной рН, была дана соответствующая оценка, выполненная в системах RGB, HSB, LAB, CMYK.

Анализ связи проводился с использованием регрессионных уравнений первого и второго порядка и коэффициента корреляции между опытными и рассчитанными данными. Как следует из полученных данных, существует высокая корреляционная зависимость между значениями рН и цветометрическими характеристиками, выраженных уравнениями второго порядка. Коэффициент корреляции составляет значение выше 0,99. Выбор цветовой системы, как правило, значения не имеет.

Таким образом, показано, что описанный выше подход имеет высокую эффективность для модели «Цвет шкалы рН-значение рН», что в свою очередь позволяет надеяться на возможность практического использования данного приема в практических целях.

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСНЫХ СЛОЖНО-СМЕШАННЫХ N-P-K-УДОБРЕНИЙ ПРЕССОВАНИЕМ

Разработка, освоение технологии и увеличение выпуска инновационных видов удобрений, в частности, с использованием хлорида калия в составах комплексного сложно-смешанного N-P-K-удобрения различных марок экономически оправдано.

Цель работы: определение возможности получения гранулированного продукта ККСУ N-P-K марки 16:16:16 и его показателей прессованием. Состав шихты ККСУ N-P-K марки 16:16:16 включает, % масс.: пылевидная фракция хлорида калия ~ 25; продукт марки НК 24-0-3 негранулированный ~ 35; диаммонийфосфат (ДАФ) ~ 40.

Согласно существующей классификации диаммоний фосфат относится к I группе очень пластичных и термолабильных порошков, разлагается при температуре ~ 70 °С. Продукт производства СОО «Мигао» марки НК 24-0-3 негранулированный, содержит в основном хлорид аммония (температура возгонки при 337–350 °С, сопровождающейся его разложением на аммиак и хлористый водород), который относится ко II группе пластичных порошков.

Хлорид калия входит в III группу малопластичных порошков с температурой плавления ~ 768 °С. Шихта ККСУ N-P-K марки 16:16:16 по показателям пластичности и давления прессования относится ко II группе пластичных порошков.

В зависимости от условий прессования получаемые таблетки имеют статическую прочность от 6,0 до 8,1 МПа, что превышает величины, нормируемые при получении гранул ККСУ N-P-K-удобрений методом окатывания (не менее 2÷3 МПа).

Величина статической прочности прессата шихты вышеописанного компонентного состава при температуре 20–70 °С определяется толщиной таблетки H и увеличивается в 1,25 раза (с 6,0–6,3 МПа при $H = 8$ мм до 7,6–8,1 МПа при $H = 4$ мм).

В результате проведенной ранее и настоящей работы (таблица 1) показана возможность получения гранулированного продукта ККСУ N-P-K марки 16:16:16 с использованием мелкодисперсной фракции калия хлористого, в т. ч. улавливаемой в виде циклонной пыли.

**Таблица 1 – Условия и результаты процесса таблетирования шихты
КССУ N-P-K марки 16:16:16**

№	Давление, МПа	Т-ра, °С	Связ. (H ₂ O), %	Показатели таблетки			Статическая прочность, МПа
				D – мм; H – мм; V – мм ³	Масса, г	ρ, г/см ³	
1	10	20	1,0	–	5,56	–	–
2	15	20	1,0	–	4,46	–	–
3	15	20	1,0	D – 23; H – 4; V – 1,66	2,69	1,62	4,2
4	15	40	1,0	D – 23; H – 4; V – 1,66	– 2,82	– 1,70	– 7,6
5	20	20	1,0	D – 22; H – 7; V – 2,66	5,14	1,93	6,3
6	20	20	1,0	D – 22; H – 3,9; V – 1,48	2,62	1,77	8,1
7	20	40	1,0	D – 23; H – 8; V – 3,32	5,14	1,55	6,1
8	20	60	1,0	D – 23; H – 8; V – 3,32	5,55	1,67	6,0
9	20	60	1,0	D – 23; H – 4; V – 1,66	2,74	1,66	7,8

Технические параметры валковых прессов отделений грануляции СОФ ОАО «Беларуськалий» позволяют их использование для получения гранулированных N-P-K-удобрений повышенной прочности, что открывает возможности выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью, потенциально расширяет рынки сбыта и объемы реализации этой продукции в страны дальней дуги.

УДК 544.653.2

Студ. А.А. Ширвель
Науч. рук.: А.А. Касач; доц. П.Б. Кубрак
(кафедра химии, технологии электрохимических производств
и материалов электронной техники, БГТУ)

ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ТОКА НА ПЛАЗМЕННО- ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ТИТАНА

Титан обладает низкой плотностью, высокой биосовместимостью и коррозионной устойчивостью биологических средах, что обуславливает его применение для изготовления имплантатов различного назначения. С целью увеличения прочностных, а также антикоррозионных свойств поверхности титана и его сплавов разработаны различные способы нанесения покрытий, а также их поверхностной обработки: физическое осаждение из паровой фазы, химическое осаждение

из паровой фазы, анодирование и плазменно-электролитическое оксидирование (ПЭО). ПЭО является наиболее широко используемым способом поверхностной обработки титана для биомедицинских применений. Технология ПЭО позволяет получать на поверхности титана и его сплавов биосовместимые покрытия с высокими физико-механическими и физико-химическими свойствами.

Цель данной работы состояла в установлении частоты тока плазменно-электролитического оксидирования титана, обеспечивающих формирование антикоррозионных покрытий.

Анодирование титана марки ВТ1-0 проводили в электролите-суспензии следующего состава, г/дм³: NaH₂PO₄ – 12; Ca(OH)₂ – 10; (NH₂)₂CO – 10; Na₂SiO₃ – 8. Длительность электролиза составляла 300 с. Анодная плотность тока составляла 15 А/дм² при скважности импульсов 2. Частота импульсов тока составляла 3,3, 2, 1 и 0,5 Гц. Электрохимические исследования коррозии образцов, а также защитных свойств полученных покрытий в биологической среде проводили на потенциостате/гальваностате Autolab PGNST 302N в трехэлектродной ячейке с боковым креплением электрода.

Согласно полученным данным, наибольшей коррозионной устойчивостью в растворе искусственной слюны обладает образец, полученный после ПЭО при частоте импульсов 2 Гц и характеризуется в 1,82 раза более низкой скоростью коррозии, чем образец, анодированные при частоте импульсов 3,33 Гц. Дальнейшее снижение частоты импульсов способствует незначительному уменьшению защитных свойств формируемых покрытий. Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что наиболее качественные защитные ПЭО покрытия на титане формируются при анодной плотности тока 15 А/дм² и частоте импульсов 2 Гц.

УДК 541.124:542.952.6:547.313

Студ. В.П. Боуфал

Науч. рук. ассист. А.В. Пянко; доц. О.А. Алисиёнок; доц. А.А. Черник

(кафедра химии, технологии электрохимических производств
и материалов электронной техники, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЭП НА ОСНОВЕ СПЛАВА Sn-Ni

Композиционные электрохимические покрытия с улучшенными эксплуатационными характеристиками находят широкое распространение, что приводит к разработке новых композиционных покрытий. Одним из методов улучшения физико-химических, механических свойств покрытий является электрохимическое формирование композиционных покрытий.

Электрохимический сплав Sn-Ni отличается высокой коррозионной стойкостью, привлекательным внешним видом, не вызывает раздражения при контакте с кожей человека.

В качестве инертной фазы для придания металлической поверхности улучшенных физико-химических и механических свойств может выступать TiO_2 , синтезированный гидротермальным методом.

Внедрение TiO_2 в структуру сплава Sn-Ni может способствовать повышению микротвердости, антибактериальных свойств металлической поверхности. Покрытия такого рода могут использоваться для предметов общего доступа, таких как поручни, дверные ручки, медицинские предметы мебели, кнопки лифта и т.д.

Таким образом целью работы являлось исследование параметров электрохимического осаждения Sn-Ni и Sn-Ni- TiO_2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Пянко, А. В. Композиционное покрытие олово–никель–диоксид титана / А. В. Пянко, И. В. Макарова, Д. С. Харитонов [и др.] // Неорганические материалы. – 2019. – № 6. – С. 609–616.

2. Katamipour, A. Effects of Sonication on Anticorrosive and Mechanical Properties of Electrodeposited Ni–Zn– TiO_2 Nanocomposite Coatings / A. Katamipour, M. Farzam, I. Danaee // Surf. Coat. Technol. – 2014. – V. 254. – P. 358–363.

3. Воробьева, Т.Н. Зависимость состава, микроструктуры и свойств электрохимических покрытий Ni–Sn от условий осаждения из фторидно–хлоридного электролита / Т.Н. Воробьева, А.А. Кудако // Журн. Бел. гос. ун–та. Химия. – 2017. – № 2. – С. 28–35.

УДК: 621.351

Студ. З.С. Сущик

Науч. рук.: ассист. А.В. Кешин; асп. Г.Г. Печенова
(кафедра химии, технологии электрохимических производств
и материалов электронной техники, БГТУ)

ЭЛЕКТРОЭКСТРАКЦИЯ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ МАРГАНЦЕВО-ЦИНКОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Марганцево-цинковые (МЦ) химические источники тока активно применяются людьми в повседневной жизни. Эти источники тока используются в различных средствах связи, транзисторных радиоприемниках, пультах дистанционного управления и т.д. В зависимости от состава электролита и рН марганцево-цинковые элементы делят на солевые и щелочные.

В солевых МЦ элементах использована электрохимическая система Лекланше $Zn | NH_4Cl, ZnCl | MnO_2$. В щелочных МЦ элементах реализована система $Zn | KOH | MnO_2$ [1].

Существует несколько способов утилизации отработавших источников тока, содержащих цинк и марганец. Первый включает дробление отработавших источников тока на куски, нагрев полученных кусков с одновременным их перемешиванием в роторной наклонной печи с обеспечением достижения температуры 950-1200°C с образованием из кусков отработавших источников тока жидкой, твердой и газовой фаз, при этом газовую фазу отделяют от твердой фазы и жидкой фазы, отделенную газовую фазу охлаждают с обеспечением из нее конденсации цинка, после чего твердую и жидкую фазы, содержащие марганец, нагревают до температуры 1200-1400°C с обеспечением восстановления марганца [2].

Еще один способ утилизации отработанных химических источников тока (ХИТ) марганцево-цинковой системы, включающий отделение упаковочных материалов корпусов ХИТ и металлической части, измельчение и кислотную обработку с извлечением составляющих ХИТ в отдельные товарные продукты, отличающийся тем, что измельчение осуществляют после демонтажа корпусов ХИТ, отделения упаковочных материалов корпусов ХИТ и металлической части, после чего составляющие ХИТ подвергают кислотной обработке при комнатной температуре в течение 1-3 часов серной кислотой концентрацией 40-48%, взятой в количественном соотношении 2,66-3 к величине навески ХИТ в присутствии перекиси водорода концентрацией 3-10%, взятой в количественном соотношении 3,26-10,6 к величине навески ХИТ, при этом полученную смесь фильтруют, отделяя графит, а отфильтрованный маточный раствор подвергают при комнатной температуре нейтрализации гидроксидом натрия (NaOH) до pH 6-8 и выпаривают до получения сухого остатка-кристаллов сульфатов цинка и марганца [3].

Для извлечения цинка из активной массы проводилось ее выщелачивание в 10% H_2SO_4 и 10% NaOH, затем электролиз в течении 1 часа при плотностях тока 5, 10 и 15 А/дм² на алюминиевом цилиндрическом катоде (полученные результаты в таблице 1).

Таблица 1 – Технологические параметры получения порошка цинка

Электродит	Параметры τ, мин	C ₀ , г/л	C, г/л			Вт, %			Степ. извлеч. Zn, %
			15	30	60	15	30	60	
H_2SO_4 , щелочной		13,40	10,12	7,52	6,53	60,12	48,7	22,4	51,2
H_2SO_4 , солевой		13,07	12,48	9,80	7,84	70,42	41,32	18,49	47
NaOH, щелочной		13,72	11,9	10,13	7,26	40,9	20,5	13,2	40
NaOH, солевой		13,40	12,22	8,82	6,26	62,3	53,2	31,16	53,2

В ходе электролиза на катод осаждался порошкообразный цинк, который в дальнейшем был отфильтрован и может использоваться в других целях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багоцкий, В.С. Химические источники тока / В.С. Багоцкий, А.М. Скундин. – М.: Энергоиздат, 1981. – 360 с.

2. Способ утилизации отработанных химических источников тока: пат. 21649 РФ, С 22 В 7/00, С 22 В 19/00, С 22 В 47/00 / А.Н. Птицын, Л.И. Галкова, В.В. Ледвий, С.В. Скопов; заявитель: ОАО «Елизаветинский опытный завод»; заявл. 14.07.1999; опубл. 04.10.2001.

3. Способ утилизации отработавших источников тока: пат. 2723168 РФ, В 09 В3/00 / А. А. Климов, заявл. 29.01.2020; опубл. 09.06.2020.

УДК 546.34

Студ. С.Н. Карзан

Науч. рук. доц.: В.В. Жилинский (кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ);
доц. В.В. Чаевский (кафедра физики, БГТУ)

МЕТОДИКА АКТИВАЦИИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Среди УНМ, графены являются одними из наименее изученных. Целью данной работы был синтез УНМ в виде смеси ультрадисперсного графита и графенов, которые также применяются при изготовлении суперконденсаторов [1].

УНМ были получены методом плазмохимического синтеза с помощью установки, которая представляет собой диэлектрическую ячейку (рисунок 1), выполненную из стекла, медный анод и катод, генератор высокого напряжения (до 30 кВ).

В качестве исходного материала выступала графито-водная суспензия с катализатором. Температура в середине дуги составляла ~11000 К, время синтеза от 20 мин. Процесс происходит на поверхности суспензии, конечный продукт осаждается на стенках и электродной площадке.

По прошествии определенного времени установка выключается, полученный продукт извлекается из ячейки с остатками графита, промывается и очищается (от примесей исходного графита). Активация полученного материала проводилась в водных растворах NaOH с концентрациями до 5М.

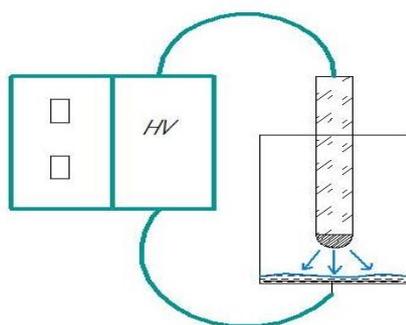


Рисунок 1 – Установка плазмохимического синтеза: ячейка и генератор напряжения, дуговой разряд в ячейке

Емкость полученных УНМ исследовалась методом циклической вольт-амперометрии (ЦВА) путем изучения ЦВА кривых (рисунок 2), снятых при разных скоростях развертки в 1М NaOH и в максимуме составила 15 Ф/г.

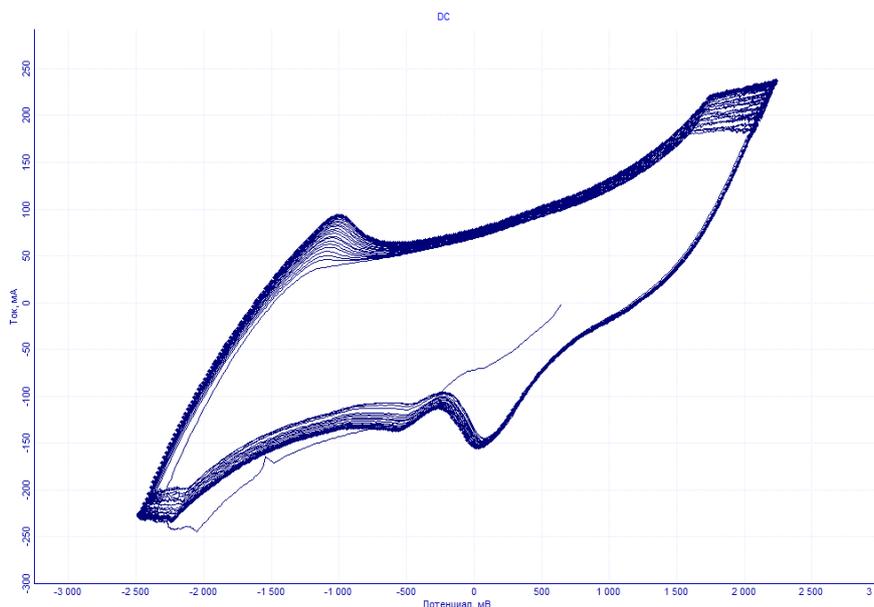


Рисунок 2 – ЦВА активированных УНМ при скорости развертки 1 В/с, 20 циклов

ЛИТЕРАТУРА

1. N-Doped Carbon NanoWalls for Power Sources / N. Suetin [et al.] // Scientific Reports, 2019. – Vol. 9, iss. 1. – P. 6716.
2. Graphene-based electrochemical supercapacitors / S.R.C. Vivekchand [et al.] // J. Chem. Sci. Indian Academy of Sciences, 2008. – V. 120. – P. 9–13.
3. de Jong, K.P. Carbon nanofibers: catalytic synthesis and applications / K.P. de Jong, J.W. Geus // Catal. Rev. – Sci. Eng., 2000. – V. 42, № 4. – P. 481–510.

Науч. рук.: доц. В.В. Жилинский (кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники, БГТУ); д-р тех. наук, зав. лаб. А.М. Кузей (ФТИ НАН Беларуси, г. Минск)

ОСАЖДЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ СПЛАВОМ ЦИНК-НИКЕЛЬ

Легирование цинковых покрытий никелем способствует повышению коррозионной стойкости их с одновременным сохранением их потенциала по отношению к защищаемому металлу, например, стали. Никель с цинком образует интерметаллическое соединение. Так, покрытия, содержащие ~2 % никеля, в атмосфере с постоянной влажностью при 20 ± 5 °С остаются светлыми более продолжительное время, чем цинковые. Наиболее коррозионно-стойкими являются покрытия Zn–Ni, содержащие 25–28 % Ni. Такие покрытия по отношению к стали являются катодом. Твердость покрытий цинк – никель при 98 % Zn составляет 115–125 кгс/мм², а при 72–87 % Zn соответственно 400–450 кгс/мм². В большинстве случаев их получают из цианистого или аммиакатного электролита [1–2]. Замена существующих цинковых покрытий с хромированием на покрытия сплавом Zn–Ni, исключая хромовые стоки, является важной задачей для предприятий Беларуси.

Целью данной работы является исследование влияния параметров процесса электрохимического осаждения покрытий сплавом цинк-никель на смещение потенциалов осаждения.

Выбор аммиакатно-хлоридного электролита обоснован его распространенностью в промышленности, относительной простотой приготовления и доступностью компонентов [3]. Изменение структуры электролитического осадка оказывает влияние на его функциональные свойства. Одной из важных в практическом отношении характеристик нанесения сплава является его потенциал осаждения, который в электролите с концентрацией NiCl₂ 30 г/л составляет -920 мВ. Можно сказать, что осадком будет сплав цинка и никеля, но массовая доля никеля в сплаве будет мала. Обосновать это можно тем, что ионы аммония связывают ионы никеля в комплексы и препятствуют переносу иона Ni²⁺ к катоду. При увеличении концентрации NiCl₂ до 60 г/л осаждение покрытия начинается при потенциале -500 мВ. Дальнейшее увеличение концентрации ионов никеля в электролите приводит к смещению потенциала начала осаждения сплава в электроотрицательную сторону до -620 мВ (рисунок 1).

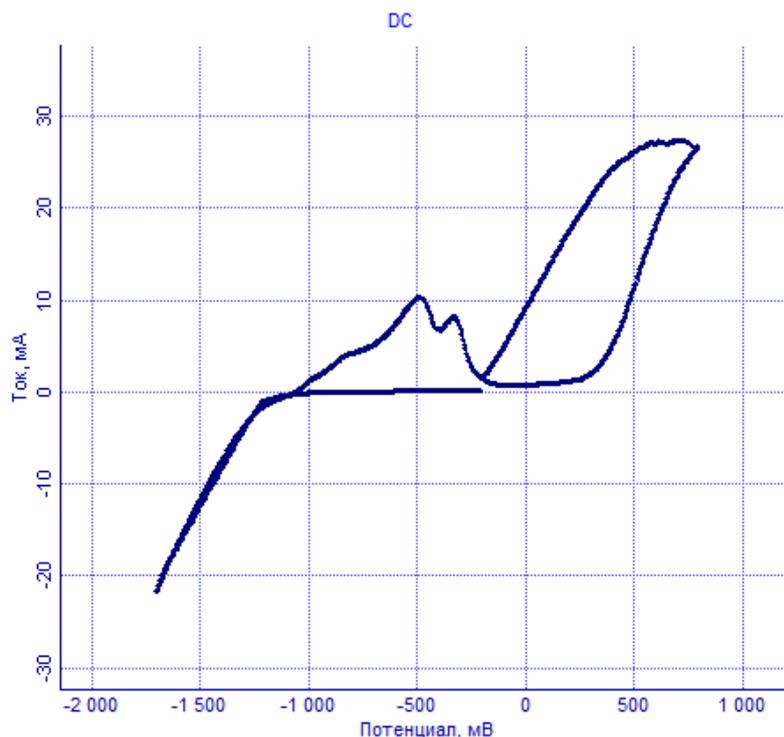


Рисунок 1 – ЦВА электродов из углеродистой стали в электролита с концентрацией NiCl_2 90 г/л.

Можно сказать, что осадком будет сплав цинка с никелем, обосновать это можно тем, что осаждение сплава начинается при потенциале близком к потенциалу Ni^{2+} .

Таким образом, можно заключить, что для получения покрытий с большим содержанием никеля необходимо использовать электролиты с соотношения ионов цинка к никелю соответственно один к двум, т.к. при таком соотношении ионов происходит смещение потенциалов осаждения в требуемую сторону, на основе этих данных будут проверены и другие электролиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проскуркин, Е.В. Цинкование / Е.В. Проскуркин, В.А. Попович, А.Т. Мороз. – М.: Металлургия, 1988. – 528 с.
2. Рябчикова А.В. Перспективные использования цинк-никелевых сплавов, осажденных в полиэтиленполиаминовом электролите / Рябчикова А.В. // Технология и организация производства. – 1974.– № 1. – С. 50–51.
3. Харбор Д. Цинк-никелевое покрытие / Автомобильная промышленность США – 1990. – № 8. – С. 22.

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК SnS_x , ПОЛУЧЕННЫХ ХИМИЧЕСКИМ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В современных условиях сохранение высокого уровня энергопотребления сопряжено с неотвратимым выбором между ископаемыми и возобновляемыми или альтернативными источниками энергии. В этой связи среди множества новых энергетических технологий солнечная энергетика активно развивается с использованием как традиционного кремния, халькогенидных полупроводников и других материалов [1].

В последние годы сенсibilизированные красителем солнечные элементы, как представитель солнечных элементов третьего поколения, достигли в лабораторных условиях эффективности фотоэлектрического преобразования более 13 % и быстро развивались благодаря пониженной стоимости и технологичности. Однако в этих элементах для эффективного поглощения света фоточувствительный слой должен иметь толщину более 10 мкм, а обесцвечивание органических красителей приводит к деградации элементов.

В 2009 году японские ученые установили, что органический металлогалогенный перовскит похож на красители и может поглощать солнечный свет. В 2012 году впервые были представлены полностью твердотельные перовскитовые солнечные элементы с эффективностью преобразования 9,7 %. Уже в 2016 году эффективность преобразования составила 22,1 %.

Перовскитовые материалы, используемые в солнечных элементах, представляют собой своего рода органо-неорганическое галогенидное металлсодержащее соединение со структурой перовскита и общей формулой ABX_3 , в котором группа А (метиламмоний CH_3NH_3^+ (MA^+) или формамидиний $\text{HC}(\text{NH}_2)_2^+$ (FA^+)) расположена в вершине гранцентрированной кубической решетки, а катион металла В (Pb^{2+} , Sn^{2+} и др.) и анион галогена X (Cl^- , Br^- или I^-) занимают центр и вершину октаэдров соответственно.

В последние годы были разработаны различные функциональные структуры перовскитовых солнечных элементов на основе мезопористых или плоских гетероструктур. Основное отличие плоской структуры от мезоскопической заключается в том, что плоская структура не содержит пористый каркас из оксида металла, например, TiO_2 , ZnO , в

светопоглощающей части структуры. В качестве электродных слоев используются ИТО, а также благородные металлы, в качестве электро-транспортных слоев используют оксиды, чаще n-типа, и органические полупроводники, чаще p-типа.

Основной целью исследований методов получения компактных перовскитовых пленок является улучшение электрического контакта между различными слоями функциональной структуры, снижение плотности дефектов и потерь для достижения высокой эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую.

Авторы [2] приводят данные о влиянии метода синтеза на выходные параметры фотовольтаических гетероструктур на основе перовскитного светопоглощающего слоя. Показано, что наиболее перспективные показатели солнечных элементов, включая эффективность фотопреобразования на уровне 16,5 % получены при использовании метода осаждения перовскитных слоев из газовой фазы (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели кремниевых и перовскитных солнечных элементов

Материалы и технологии		Напря- жение холо- стого хода, В	Плотность тока короткого замыкания, мА/см ²	Фактор заполне- ния свето- вой ВАХ, %	КПД, %
Кремниевые		0,578	31	82	14,9
Перов- скит- ные	Метод растворения	0,905	22	–	15,7
	Метод осаждения из газовой фазы	1,10	19,25	63–78	16,5
	Метод осаждения-растворения	–	21,3	–	12,1

ЛИТЕРАТУРА

1. Practical handbook of photovoltaics: fundamentals and applications / McEvoy A. [et al.]. – Elsevier, 2003. – 585 p.
2. Perovskite-based Solar cells: Materials, Methods and Future perspectives / Zhou D. [et al.] // J. Nanomaterials. – 2018. – Ar.ID 8148072. – 15 p.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ Sn-Ni, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ TiO₂

Сплав Sn-Ni обладает совокупностью уникальных эксплуатационных свойств, такими как: высокая защитная способность, износостойкость, декоративный внешний вид. Кроме того, данный сплав в отличие от никеля является гипоаллергенным. Это делает перспективным применение данного сплава в промышленности и быту.

Для придания поверхности антибактериальных свойств в состав металлических покрытий вводятся фазы неметаллических включений, например TiO₂ [1].

Осаждение сплава Sn-Ni проводили в соответствии с методикой [2]. Композиционное электрохимическое покрытие Sn-Ni-TiO₂ электрохимически осаждали при введении в электролит TiO₂ в модификации анатаз с фракцией от 50 до 100 нм в количестве 10 г/дм³.

Композиционные электрохимические покрытия Sn-Ni-TiO₂ электрохимически осаждали в стационарных условиях с выходом по току сплава от 66% до 72%. При этом введение содержания TiO₂ в электролите приводит к смещению поляризационной кривой сплава в электроотрицательную область. Структуру и состав поверхности полученных образцов оценивали методами электронной микроскопии и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX) на сканирующем электронном микроскопе JSM 5610 LV с системой химического анализа EDX JED 2201 JEOL.

Установлено, что покрытия Sn-Ni-TiO₂ состоит из частиц сферической формы диаметром от 3-х до 4-х мкм.

Данные РФА показывают, что в состав покрытия входят: Sn, Ni, фазы интерметаллидов Ni₃Sn₄, NiSn₂, а также TiO₂ в виде фазы анатаза.

При введении TiO₂ в электролит в количестве 10 г/дм³ осаждаются композиционные электрохимические покрытия, содержащие 3 - 4,5 масс.%.

Одним из эффективных приемов, влияющих на кинетику осаждения гальванических покрытий, является применение ультразвукового поля.

При катодной плотности тока 1,0 А/дм² в используемом фторид-хлоридном электролите с наложением УЗ поля мощностью 40 Вт/дм³

формируются покрытия Sn-Ni, содержащие до 64,94 масс.% Sn, 27,66 масс.% Ni, 0,89 масс.% Ti и 6,51 масс.% С.

Поляризационные зависимости (ПК) КЭП Sn-Ni-TiO₂, полученные при разных условиях, по отношению к ПК, полученной в стационарных условиях при наложении УЗ поля мощность 20 Вт/дм³, смещены в более электроположительную область, что доказывает формирование композиционных покрытий с большей коррозионной стойкостью.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить влияние добавки наночастиц TiO₂ в фторидно-хлоридный электролит нанесения сплава Sn-Ni на состав и структуру формируемых электрохимических композиционных покрытий Sn-Ni-TiO₂, полученных в стационарных условиях осаждения и с наложением ультразвукового поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ha, H.T. Mechanical and corrosion resistance properties of TiO₂ nanoparticles reinforced Ni coating by electrodeposition / H.T.Ha, C.T.Anh, N.T.Ha and D.T.Cao // J. Phys.: Conf. Ser. 2009. V. 187, 012083
2. Пянко, А. В., Макарова, И. В., Харитонов, Д. С и др. Композиционное покрытие олово–никель–диоксид титана / А. В. Пянко [и др.] // Неорганические материалы. – 2019. – № 6. – С. 609–616.
3. Eleni Rosolymou, Stella Spanou, Caterina Zanella et al. Electrodeposition of photocatalytic Sn–Ni matrix composite coatings embedded with doped TiO₂ Particles / Eleni Rosolymou [et al.]// J. Coatings. – 2020. – V. 10. – P. 775

СОДЕРЖАНИЕ

Секция ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

<i>Касюк Е.А., Гриневич К.А.</i> Особенности утилизации отходов древесины в зонах с повышенным радиационным риском.....	4
<i>Северук Т.Д.</i> Производство топливных гранул – одно из перспективных направлений глубокой переработки древесины.....	6
<i>Раткевич Д.С., Малая Д.Л.</i> Современная практика обращения с отходами.....	8
<i>Горащук Ю.А., Жолнеркевич В.И.</i> Исследование состава масел-мягчителей методом ИК Фурье спектроскопии.....	9
<i>Ключинская А.В., Сергеев Т.С., Васильчук М.Д.</i> Получение полимерно-битумных вяжущих с использованием олигомеров полиэтилентерефталата...	11
<i>Твердова Е.А., Янущик К.М., Медведев А.И.</i> Модификация битумных вяжущих вторичным полипропиленом.....	12
<i>Король В.А., Кру克林ский К.А.</i> Использование химических добавок с целью снижения токсичности фенолоформальдегидных смол и увеличения прочности плитной продукции на их основе.....	13
<i>Баланович Е.А.</i> Верификация срока годности чипсов путем проведения органолептических испытаний.....	14
<i>Горбачевич У.С.</i> Определение содержания нитратов во фруктах, овощах и продуктах их переработки на соответствие требованиям ТР ТС 021/2011...	16
<i>Гриневич А.П.</i> Проверка измерителей удельного сопротивления воды.....	18
<i>Давыденков В.Д.</i> Валидация методики определения охратоксина А в рыбе и птице методом ВЭЖХ-ФЛД с очисткой экстракта методом твердофазной экстракции на иммуноаффинных колонках.....	20
<i>Лосовская З.Н., Полонникова П.Ю.</i> Разработка рекламной кампании для новой специальности магистратуры.....	22
<i>Санько А.Г.</i> Подбор условий разделения потожиловых следов человека методом тонкослойной хроматографии.....	24
<i>Шелегова Д.С.</i> Применение в лабораторной практике автоматических титраторов.....	26
<i>Войницкая Е.В.</i> Определение содержания сорбиновой кислоты в виноградных винах.....	28
<i>Касьянчик Д.С.</i> Определение розливостойкости виноградных вин.....	30
<i>Червонная В.Д., Сенникова Д.А., Синило А.А.</i> Мошенничество с пищевыми продуктами – глобальная проблема.....	32
<i>Борисов И.А., Козырев И.Р.</i> Реакция бромирования 1,3-динитробензола.....	34
<i>Гайда У.Ю., Торкайло Н.А.</i> Анализ качества лекарственного препарата Фурацилин.....	36
<i>Михайловский А.О., Бурбовский Т.А.</i> Исследования методов получения оксимов замещенных циклогекс-2-енонов.....	38
<i>Михайловский А.О., Бурбовский Т.А.</i> Изучение продуктов модификации оксимов 3,6-дизамещенных циклогекс-2-енонов.....	40
<i>Криницкий Д.Р., Рудович М.И.</i> Изучение реакции бромирования 4-метоксибензилиденацетона и его производных.....	42
<i>Некрашевич Р.А., Дюба М.В.</i> Фуберидазол: синтез и применение.....	44

<i>Рудович М.И., Петрусевич В.П., Каючкина В.С.</i> Разработка методики синтеза тринатрий цитрата фармакопейной чистоты.....	46
<i>Сохибова А.М., Хилько А.А.</i> Анализ качества лекарственного препарата Пирацетам.....	48
<i>Журавлева Я.Ю.</i> Электротранспорт в твердых растворах Nd(Ba,Sr) (Fe,Co,Cu) ₂ O _{5+δ}	50
<i>Голикова А.А., Коцур Н.Л.</i> Разработка твердофазных методов синтеза феррита висмута BiFeO ₃	52
<i>Снарский Н.А., Дубовец А.А., Шушкевич Д.В.</i> Химические реакции при сверхнизких температурах. Возможность синтеза сложных соединений, участвующих в биохимических процессах.....	53
<i>Балаш А.Ю., Гарченко С.И.</i> Терморезистивные водные полимерные дисперсии и покрытия на их основе.....	55
<i>Богданович Д.А., Жолнеркевич В.И.</i> Исследование влияния пластифицирующих добавок на свойства эластомерных композиций.....	56
<i>Савчина А.Д., Семенова Д.И.</i> Композиции полиэтилена, модифицированные наноксидами металлов.....	58
<i>Малючек М.В.</i> Исследование механических свойств эластомерных композиций с канифолесодержащими добавками.....	59
<i>Пивоварчик К.В., Казусик Я.П.</i> Влияние дисперсных наполнителей на свойства вторичных полиуретановых композиций.....	60
<i>Кулигина А.М., Мезенцева Е.С., Егоров В.Н.</i> Применение цифровых решений для повышения уровня промышленной и экологической безопасности в нефтехимической отрасли.....	62
<i>Дыбова Д.Р., Капустян Л.В., Сафонов К.Д.</i> Изучение адсорбционной способности бентонитовых глин по отношению к ионам цинка при получении комплексного активатора вулканизации каучуков.....	64
<i>Кооль Е.А., Сафонов К.Д.</i> Изучение влияния фракционного состава компонентов комплексного активатора вулканизации на свойства резин.....	65
<i>Иванкин В.И.</i> Изучение влияния обработки волокнистых наполнителей на процесс их диспергирования в эластомере.....	66
<i>Кооль Е.А., Капустян Л.В.</i> Влияние различных ускорителей на свойства эластомеров в присутствии комплексного активатора вулканизации.....	67
<i>Солодова А.А., Василевская А.Ю., Образцов Н.К.</i> Внедрение цифровых решений в процесс получения каучуков растворной полимеризации.....	68
<i>Глуговская М.Е.</i> Спектрофотометрическое изучение БАВ семян аниса и бадьяна.....	70
<i>Пичугина Е.С.</i> Особенности обогащения косметических кремов экстрактами каротиноидно-антоциановых пигментов.....	72
<i>Ревина В.А., Габоян А.С.</i> Квасцы как коагулирующие агенты в производстве эмульсионных каучуков.....	74
<i>Деркачев М.С., Земляк А.А.</i> Изучение влияния технологических добавок на свойства водонабухающих эластомерных композиций.....	76
<i>Репи В.Ю., Юхлова М.О., Бурцев А.А.</i> Синтез и водосорбционные свойства гидрогелей-суперабсорбентов на основе акриловых мономеров.....	77
<i>Овчаренко С.Р., Пащенко И.А., Щербатова Д.И.</i> Отход пивоваренного производства – коагулянт в производстве эмульсионных каучуков.....	78
<i>Семеняченко А.И., Шапоров М.В.</i> Извлечение синтетических красителей природными сорбентами из водных сред.....	80
<i>Вострикова К.И.</i> Исследование свойства УФ-отверждаемых полимерных пленок.....	82

<i>Мезенцева Е.С., Кулигина М.А.</i> Исследование особенностей вулканизации тройного сополимера на основе бутадиена, нитрилакриловой кислоты и винилиденхлорида.....	84
<i>Семерунчик А.И., Олейник А.Н., Сорзги Т.Х., Соломаненко Н.Ю.</i> Перспективные решения процесса получения полимерной пленки.....	85
<i>Глубокова А.С., Гришина Ю.А., Зайцева Е.В., Яровая Ю.В.</i> Элементы «индустрии 4.0» в нефтедобывающей отрасли промышленности.....	87
<i>Ревина В.И., Щербатова Д.И.</i> Соплимер диметилдиаллиламмонийхлорида с аллиловым спиртом как коагулирующий агент синтетических латексов.....	89
<i>Сухова А.С., Лухменев М.С.</i> Повышение техносферной безопасности на горно-металлургическом производстве.....	91
<i>Гиндуш А.Л., Головченко А.А.</i> Разработка способа повышения гидрофобности и прочности картона с использованием модифицированного крахмала.....	92
<i>Кислякова А.А.</i> Разработка рецептурных составов неэмульгированных соусов на основе льняного масла.....	94
<i>Хвин Д.С.</i> Влияние природных антиоксидантов на степень окисления льняного масла.....	96
<i>Якимович К.Г.</i> Амарантовое масло как источник сквалена в косметических средствах.....	98
<i>Горбач Д.А.</i> Влияние оливкового и касторового масел на физико-химические свойства крема для бритья.....	100
<i>Графова Е.А.</i> Разработка рецептур увлажняющей и противовоспалительной гель-масок для лица с растительными экстрактами.....	101
<i>Тиунова Е.Л., Циунчик М.В.</i> Влияние состава волокнистых суспензий на качество бумаги.....	103
<i>Гиндуш А.Л.</i> Влияние состава элементарных слоев полиграфического картона на степень удержания волокна и содержание его в регистровой воде.....	104
<i>Халимонюк Т.В.</i> Анализ эффективности современных технологических решений в сфере производства древесных плит повышенной огнестойкости.....	107
<i>Струповец Е.А.</i> Использование диаммонийфосфата в технологии производства огнестойких древесностружечных плит.....	109
<i>Грязнова В.А., Грязнова А.А., Масехнович А.А.</i> Иммунизация нитчатых бактерий, выделенных из биоценозов активного ила очистных сооружений, на различных типах носителей.....	111
<i>Грязнова А.А., Грязнова В.А., Масехнович А.А.</i> Выделение чистых культур и характеристика нитчатых бактерий – обитателей биоценозов активного ила очистных сооружений.....	113
<i>Хоронько А.С.</i> Продукция уксуснокислыми бактериями уксусной кислоты в условиях отъемно-доливного режима ферментации.....	115
<i>Луцки И.А.</i> Детоксикация активного ила и ее влияние на редуктазную активность микроорганизмов.....	117
<i>Тумилович И.Ф.</i> Характеристика β -галактозидазной активности Гр ⁺ и Гр ⁻ бактерий.....	119
<i>Мельникова М.С., Добрилко Е.Ю.</i> Скрининг лекарственных растений Республики Узбекистан по комплексу флавоноидов, обладающих регенеративными свойствами кожных покровов.....	121
<i>Климович А.А.</i> Антимикробная активность эфирного масла пупавки благородной (<i>Chamaemelum nobile</i> (L.) All).....	123
<i>Солодкая А.В., Каючкина В.С., Хилько А.А.</i> Разработка способа извлечения белковой и липидной фракции из личинок <i>Hermetia illucens</i>	125

<i>Яо Хуйчи</i> Антимикробные свойства экстрактов лекарственных растений, культивируемых в Китае.....	127
<i>Мархотко К.Ф.</i> Использование препарата Родобел-ТН для обезвреживания нефтесодержащих отходов.....	129
<i>Бородулина А.В., Грибанова Е.А.</i> Исследование бродильной активности дрожжей, выделенных из различных экосистем Антарктики.....	131
<i>Щемерова А.О., Грибанова Е.А.</i> Молекулярно-биологическая идентификация дрожжей, выделенных из различных экосистем Антарктики.....	133
<i>Лисовская Д.Д.</i> Определение денатурирующих добавок в спиртосодержащих жидкостях.....	135
<i>Цыркун Н.Н.</i> Разработка состава жевательных таблеток.....	137
<i>Дятлов В.В., Рытикова Е.А.</i> Влияние условий аэрации на каталазную активность аэробного флокулированного ила.....	139
<i>Рытикова Е.А., Дятлов В.В.</i> Влияние условий аэрации на дегидрогеназную активность аэробного флокулированного ила.....	141
<i>Свердлова А.Р., Ильюкевич И.С.</i> Оценка деструкционного потенциала анаэробного гранулированного активного ила при варьировании нагрузки по органическим веществам.....	143
<i>Ильюкевич И.С., Свердлова А.Р.</i> Изучение состава и свойств анаэробного гранулированного активного ила из биореакторов, работающих в полунепрерывном режиме.....	145
<i>Гуцу М.Н.</i> Методы анализа и выявления фальсификации виноматериалов.....	147
<i>Бугаева А.В.</i> Проблемы, возникающие при лиофильной сушке растительных экстрактов.....	149
<i>Булат Д.В., Шикарев Д.В.</i> Леденцы на основе эвкалипта для укрепления иммунитета.....	150
<i>Зарихта Т.В.</i> Разработка новой рецептуры гейзеров для ванн на основе пустырника.....	152
<i>Кажуро Д.В., Жинь А.С.</i> Новые лечебные лейкопластыри.....	153
<i>Манулик К.Д.</i> Использование растительных экстрактов для борьбы с клещом <i>Varroa destructor</i>	154
<i>Огиевич В.В., Веремей Е.В.</i> Разработка ароматических смесей с использованием растительных настоек.....	156
<i>Чернявская А.Ю., Булова А.С.</i> Определение срока хранения методом ускоренного старения.....	157
<i>Загорцева С.Н.</i> Исследования антимикробной активности ранозаживляющих порошков на полимерной основе.....	158
<i>Пусовская Н.О.</i> Физико-химические и микробиологические исследования кондитерского изделия функционального назначения.....	160
<i>Вакуленко А.Л., Денисова А.В.</i> Отбор и идентификация молочнокислых бактерий, применяемых для создания заквасок в сыроделии.....	162
<i>Цыганкова К.О., Липтинг А.Я.</i> Исследование биоцидного потенциала фотокаталитических покрытий на основе оксидов титана и вольфрама.....	164
<i>Свидуневич И.С.</i> Формирование мировоззренческой безопасности общества в условиях глобализации электронной коммуникации.....	166
<i>Солоневич В.С.</i> Современная наука о происхождении человека.....	168
<i>Отунишева А.Е.</i> Полиненасыщенные жирные кислоты как один из основных показателей качества производства пищевых растительных масел.....	170

Секция ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ

<i>Старовойтова Т.Л.</i> Воздействие производства диметилтерефталата на атмосферный воздух.....	174
<i>Бутор Ю.Д.</i> Переработка скопа бумажной фабрики «Красная звезда».....	175
<i>Сорока А.Б.</i> Утилизация тепла при производстве керамики.....	176
<i>Белайчук О.Н.</i> Воздействие установки каталитического крекинга MSCC на атмосферный воздух.....	177
<i>Лисай Е.А., Педченко М.А.</i> Экологические проблемы литейного производства.....	178
<i>Новицкая Д.П.</i> Характеристика отходов литейного производства.....	179
<i>Галяш А.Д.</i> Анализ методов очистки выбросов тепловых электростанций от оксидов азота.....	180
<i>Кухновец Д.А.</i> Каталитический риформинг как объект воздействия на атмосферный воздух.....	181
<i>Сиводед В.А.</i> Применение адсорбционных методов очистки выбросов от летучих органических соединений.....	183
<i>Финская А.В.</i> Особенности воздействия ТЭЦ на компоненты окружающей среды.....	184
<i>Сусленок А.Л.</i> Плазмокаталитическое обезвреживание выбросов от летучих органических соединений.....	185
<i>Толокевич В.Г.</i> Использование наилучших доступных методов очистки дымовых газов на объектах энергетики.....	186
<i>Мухлядо К.Ю.</i> Сравнительный анализ оборудования для очистки выбросов от древесной пыли.....	187
<i>Будяну И.С.</i> Реагентная очистка талых вод от взвешенных веществ.....	188
<i>Куаньшева Ш.Т.</i> Получение сорбционных материалов из отработанного катализатора крекинга.....	189
<i>Оразбаева К.</i> Сорбционная очистка сточных вод от ионов цинка.....	191
<i>Шпаковская Д.В.</i> Высокотемпературные методы очистки выбросов от летучих органических соединений.....	192
<i>Тарасевич Я.М.</i> Кондиционирование осадков сточных вод перед обезвоживанием.....	193
<i>Муха А.Н.</i> Проблемы обращения с отработанными деревянными шпалами.....	194
<i>Марчик А.В.</i> Получение желтых марсов из железосодержащих отходов.....	195
<i>Суццик М.В.</i> Получение капут-мортуумов из железного купороса, загрязненного хлоридами.....	196
<i>Борисевич В.Ю.</i> Сравнение способов получения коричневых марсов из отходов.....	197
<i>Заянчковская Е.А., Завадский А.В.</i> Получение черного железосодержащего пигмента из отхода металлургического производства.....	198
<i>Тимошенко Е.А., Драченко П.Н.</i> Получение желтых и оранжевых железосодержащих пигментов из отходов.....	199
<i>Гуторов Д.В.</i> Выбор способа получения красных железосодержащих пигментов.....	200
<i>Фомко А.И.</i> Характеристика пигментов «венецианский красный», полученных из отходов.....	201

<i>Радкевич С.В.</i> Сравнительная характеристика пигментов, полученных методом прокаливания из железного купороса и отхода регенерации травильного раствора.....	202
<i>Магзом А.К.</i> Расчет углеродного следа нефтеперерабатывающего завода.....	203
<i>Большиков А.Б.</i> Сравнительная оценка способов обращения с металлургическим шлаком.....	204
<i>Брель А.С.</i> Извлечение ванадия из шлама ТЭЦ.....	205
<i>Казимирская Е.Н.</i> Определение сорбционной емкости магнитных сорбентов, полученных из отходов.....	206
<i>Окунев К.Ю., Дорожко Е.Ю., Россинский Е.М.</i> Декарбонизация нефтегазовой отрасли – современные тенденции, подходы и решения.....	207
<i>Рожницкая А.А.</i> Обработка и использование промывных вод станций обезжелезивания.....	208
<i>Щемарев Д.С.</i> Получение гипсовых вяжущих на основе синтетического гипса.....	209
<i>Некраш Н.С.</i> Исследование свойств безводного метасиликата натрия.....	210
<i>Манкевич В.А.</i> Получение цементных композиций с использованием сульфата железа (III).....	211
<i>Астрейко А.Н., Бут-Гусаим Е.А.</i> Получение портландцемента с использованием синтетического гипса из серной кислоты и некондиционного клинкера.....	212
<i>Стасевич А.И.</i> Глушеные титансодержащие полуфриттованные глазури для керамогранита.....	213
<i>Саплев А.В.</i> Поликомпонентная сырьевая смесь для получения плиток внутренней облицовки стен на основе сырья Республики Беларусь.....	214
<i>Хилимон К.А.</i> Титансодержащие ангобы для керамических облицовочных плиток.....	215
<i>Лукьянец Н.Д.</i> Использование базальтов Новодворского месторождения в составе масс для плиток внутренней облицовки стен.....	216
<i>Омельюсик М.С.</i> Разработка технологии производства штапельного волокна на основе отсевов дробления гранитоидов Республике Беларусь.....	217
<i>Федарович М.С.</i> Разработка технологии получения стеновых изделий светлых тонов на основе легкоплавкого глинистого сырья.....	218
<i>Рихтер Д.А.</i> Разработка составов и технологии получения фотолюминесцентных стекол.....	219
<i>Довнар И.Н.</i> Разработка составов стекол и технологии получения люминесцирующих стеклокристаллических материалов.....	220
<i>Жуков Я.В.</i> Разработка составов окрашенных тарных стекол с повышенным содержанием стеклобоя.....	221
<i>Грицкевич К.С.</i> Разработка составов и технологии получения смальт.....	222
<i>Уваров А.А.</i> Исследование влияния модификаторов на свойства базальтовых стекол.....	223
<i>Терещук А.М.</i> Разработка составов люминесцентных стекол, активированных ионами переходных и редкоземельных металлов.....	224
<i>Лях А.Д.</i> Разработка составов масс и параметров получения термостойкой керамики по аддитивной технологии.....	225
<i>Андрянова К.Д.</i> Разработка составов и технологических параметров получения биокерамических материалов в системе $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{ZrO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$	227

<i>Шокаль Е.В.</i> Разработка составов и технологических параметров получения кальцийфосфатных керамических материалов с использованием метода СВС.....	229
<i>Боровко Д.А.</i> Разработка составов и технологических параметров получения керамических имплантатов в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$	231
<i>Борозна И.А.</i> Разработка составов и технологических параметров производства биоактивных кальций-фосфатных материалов.....	233
<i>Жерноклёва А.В.</i> Разработка составов и технологических параметров получения керамических материалов на основе гидроксиапатита.....	235
<i>Жур А.О.</i> Разработка составов стекол для щелочестойкого волокна.....	237
<i>Концов В.В.</i> Использование колеманита в производстве листового стекла.....	238
<i>Тимановский Д.И., Пономарев Л.Ю.</i> Оптимизация работы приводов технологического оборудования на предприятиях строительных материалов.....	239
<i>Фокин Т.П., Гедерт К.Д.</i> Анализ системы автоматизации процесса коагуляции технического казеина на предприятии СОАО «Ляховичский молочный завод».....	240
<i>Бекиш М.С., Лысенко А.Ю.</i> Анализ системы автоматизации процесса изомеризации пентан-гексановой фракции на предприятии ОАО «Мозырский НПЗ».....	241
<i>Лившиц В.А., Ивашко Е.В.</i> Анализ системы автоматизации процесса моющей станции на предприятии ОАО «Минский молочный завод № 1».....	242
<i>Цуркану П.Ю., Алешевич А.С.</i> Модернизация системы управления печи парового риформинга установки производства водорода.....	243
<i>Межуев А.А., Скрыпов А.А.</i> Модернизация процесса получения технического казеина.....	244
<i>Турейко Д.А.</i> Модернизация процесса получения игристого вина акратофорным методом.....	245
<i>Тимановский Д.И., Журавкова С.А.</i> Анализ развития машинного обучения.....	246
<i>Фокин Т.П., Карabanь М.А.</i> Анализ развития ERP-систем.....	247
<i>Бекиш М.С., Новицкая Д.О.</i> Анализ развития больших данных.....	248
<i>Сандихаев Ю.Д.</i> Виды обеспечений АСУ ТП нефтеперерабатывающих заводов.....	249
<i>Алексеюк А.М., Чепурко М.В.</i> Автоматизация процесса водоподготовки.....	250
<i>Голодушко Е.Д.</i> Расчет эффективности применения вентильно-индукторных двигателей на приводе электродвигателей насосных агрегатов.....	252
<i>Семащук А.Д.</i> Анализ эффективности энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях.....	253
<i>Абражей А.В.</i> Анализ нетрадиционных способов измельчения материалов.....	255
<i>Малюш А.А.</i> Анализ конструкций оборудования для измельчения полимерных материалов.....	256
<i>Грецкий А.О.</i> Оборудование технологической линии по производству нестерильных жидких лекарственных форм.....	257
<i>Гомалинский В.А.</i> Анализ движения загрузки в горизонтальной планетарной мельнице.....	258

<i>Гордиенко Д.Д.</i> Методы поверхностного упрочнения, позволяющие повысить эксплуатационный ресурс деталей, работающих в условиях пульсирующего контактного нагружения.....	259
<i>Григорьев И.Е.</i> Взаимодействие компонентов и примесей в высокоэнтропийных сплавах.....	260
<i>Вайцехович А.А.</i> Исследование влияния толщины слоя на свойства наполненных фотополимерных систем.....	261
<i>Смеян В.Е., Ошмяна Т.С.</i> Оценка влияния технологических параметров процесса SLA-печати на свойства фотополимерных материалов.....	262
<i>Гаврилик А.А., Лишко Д.А.</i> Исследования реологических свойств и кинетики отверждения фотополимерных композиций.....	263
<i>Толстик Д.Р.</i> Влияние толщины слоя на свойства образцов, изготовленных методом лазерной стереолитографии.....	264
<i>Ваишкевич Б.А., Шостко В.О.</i> Композиционные материалы на основе эпоксидного связующего.....	265
<i>Фурсов Т.О., Савицкий Д.А., Новоселов М.Д.</i> Исследование влияния параметров fdm-печати (толщина слоя, температура сопла, скорость печати) на свойства угленасыщенного материала.....	266
<i>Якимчук К.В.</i> Влияние дисперсности наполнителя на свойства наполненных фотополимерных композиций.....	267
<i>Сырокваш М.Г.</i> Влияние параметров термообработки на физико-механические свойства фотополимерных материалов, полученных методом SLA.....	268
<i>Дубкова А.А., Прищеп В.С.</i> Кинематический анализ плоского механизма.....	269
<i>Климова Д.М., Хрущ А.Д.</i> Равновесие системы трех тел.....	270
<i>Сакович Д.В., Житкий Т.А.</i> Температурные зависимости параметров вязкоупругости термопластичных полимерных материалов в изделиях, полученных методом 3d-печати.....	272
<i>Вешторт Д. Ю., Овсейчик А. Г.</i> Применение аддитивных технологий для изготовления элементов систем кондиционирования и отопления автомобиля БелАЗ.....	274
<i>Жук О.С.</i> Конструкция среднего клина облегченной спортивно-беговой лыжи и технология его производства с применением методов аддитивного синтеза.....	275
<i>Михасёнок А.П.</i> Конструкция светильника-ночника с датчиком движения и аддитивные технологии для его производства.....	276
<i>Пограновская Д.А.</i> Конструкции крупногабаритных изделий из термо-пластов и аддитивные технологии их производства.....	277
<i>Ямщикова А.О.</i> Технология изготовления силиконовых форм с применением адаптированных мастер-моделей изготовленных аддитивным синтезом.....	278
<i>Колесень В.С.</i> Листовые изделия-полуфабрикаты на основе вторичных термопластов, технология и оснастка для их производства.....	279
<i>Жуковская А.О.</i> Оценка комплексометрических свойств технических лигносульфонатов.....	280
<i>Фадеева А.М., Грибовский Д.А.</i> Цветометрический анализ рН-метрических шкал.....	282

<i>Беляцкий И.А., Чекуть К.С.</i> Получение гранулированных комплексных слоисто-смешанных N-P-K-удобрений прессованием.....	282
<i>Ширвель А.А.</i> Влияние частоты тока на плазменно-электрохимическое оксидирование титана.....	284
<i>Боуфал В.П.</i> Исследование физико-химических и механических свойств КЭП на основе сплава Sn-Ni.....	285
<i>Суцник З.С.</i> Электроэкстракция металлов при переработке марганцево-цинковых источников тока.....	286
<i>Карзан С.Н.</i> Методика активации углеродных наноматериалов, полученных плазмохимическим методом.....	288
<i>Зиневич Д.В.</i> Осаждение и исследование покрытий сплавом цинк-никель.....	290
<i>Шелемет К.Ю.</i> Оптические свойства пленок SnS _x , полученных химическим и электрохимическим методом.....	292
<i>Липпинг Я.А.</i> Электрохимическое осаждение сплавов Sn-Ni, модифицированных наночастицами TiO ₂	294

Научное издание

**Тезисы докладов
73-й научно-технической конференции
учащихся, студентов и магистрантов**

Часть 2

Электронный ресурс

В авторской редакции

Компьютерная верстка: *О.В. Стасевич, О.С. Залыгина,
С.В. Бушева, Е.О. Черник*

Усл. печ. л. 17,73. Уч.-изд. л. 18,30.

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