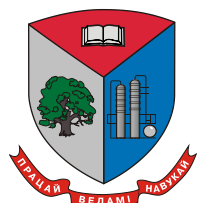


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»



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

12–23 апреля 2021 г.

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

В 4-х частях

Часть 2

Минск 2021

УДК 005.745:378.6](476)(06)  
ББК 66.75

**72-я научно-техническая конференция учащихся, студентов и магистрантов:** тезисы докладов : в 4-х ч. – Минск, 12–23 апреля 2021 г. [Электронный ресурс] – Минск : БГТУ, 2021. – Ч. 2. – 231 с.

Сборник составлен по итогам 72-й студенческой научно-технической конференции Белорусского государственного технологического университета, проведенной с 12 по 23 апреля 2021 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. Ветехин  
А.А. Черник  
О.В. Стасевич  
О.С. Залыгина

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2021

**Секция**

**ТЕХНОЛОГИИ  
ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Студ. В.И. Жолнеркевич, И.Н. Хатько  
Науч. рук. проф. Е.И. Грушова  
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ-ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОКИСЛЕНИЯ ГУДРОНА**

Деформационная устойчивость нефтяных битумных вяжущих, используемых в дорожном строительстве, в связи с ростом грузоподъёмности транспортных средств далеко не всегда соответствует приемлемому уровню. Поэтому регулированию структурно-группового, дисперсного состава битумных вяжущих различными способами воздействия на окисление нефтяного остатка уделяется значительное внимание.

С целью улучшения эксплуатационных свойств битумного вяжущего в данной работе приведены результаты исследований, направленных на разработку эффективных способов воздействия на процесс окисления гудрона. Для интенсификации процесса окисления гудрона в смеси с модифицирующей добавкой использовали обработку исходного сырья СВЧ-полем частотой 2450 МГц в микроволновой печи в течение 7 мин с целью повышения степени дисперсности нефтяных дисперсных систем (НДС). Обработку СВЧ-полем осуществляли перед окислением исходного гудрона, исходной модифицирующей добавки, а также смесей гудрона с модификатором, содержащих 1,2,5,10 мас. % добавки.

Спектроскопическое исследование структурно-группового состава исходных компонентов, их смесей показали, что обработка СВЧ-облучением не изменяет их структурно-групповой состав, но, по-видимому, благоприятно воздействует на структуру НДС, так как позволяет интенсифицировать окисление и получить продукт – битумное вяжущие с температурой размягчения на 1,5 - 2 °С выше в сравнении с аналогичными показателями для вяжущего, получаемого из сырья, которое не прошло обработку СВЧ-полем. При этом пластические свойства вяжущего не ухудшаются.

Таким образом, одним из способов улучшения качества битумного вяжущего является рациональная подготовка исходного сырья к процессу окисления.

УДК 678.742.2:665.775.4

Студ. М.В. Билица, А.А. Драч, А.П. Шман  
Науч. рук. доц. А.О. Шрубок  
(кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии, БГТУ)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИОЛЕФИНОВЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИКАТОРОВ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ**

Полиэтилен широко используется практически во всех областях: в строительстве, сельской и химической промышленности, в быту и даже медицине. Ежегодно в мире производится около 24 млн. т. полиэтилена, большая часть которого после использования окажется на свалках. Стремительное накопление полиэтиленовых отходов на свалках, загрязнение отходов другими полимерами и низкий уровень вторичного использования обуславливает необходимость разработки новых способов применения полиэтиленовых отходов. Одним из таких способов может выступать применение полиэтиленовых отходов как модификаторов нефтяных битумов.

Целью работы являлось исследование влияния полиэтиленовых отходов на прочностные свойства полимерно-битумных вяжущих. В качестве полиэтиленовых отходов использовали измельченные полиэтиленовые пленки, бывшие в употреблении. В нефтяной битум марки БНД 70/100 при температуре 160–180°C вводили полиэтиленовые отходы в количестве 1–10% мас., скорость перемешивания смеси составляла 500 об/мин, продолжительность – 1 час. Для полученных полимерно-битумных вяжущих определяли следующие прочностные свойства: пенетрацию, температуру размягчения и индекс пенетрации.

Установлено, что введение в нефтяной битум полиэтиленовых отходов приводит к повышению прочностных свойств полимерно-битумных вяжущих. При увеличении количества введенного модификатора в битуме возрастает температура размягчения и индекс пенетрации, снижается пенетрация. Например, введение 7% мас. отходов в битум приводит к возрастанию температуры размягчения в 2 раза, а пенетрация снижается в 2,1 раза.

Таким образом, в работе было показано, что полиэтиленовые отходы могут использоваться в качестве модификаторов нефтяных битумов, а их введение оказывает значительное влияние на прочностные характеристики вяжущих.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИКАРБОКСИЛАТНОГО ЛИГНИНА В СИНТЕЗЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ

В настоящее время в производстве карбамидоформальдегидных смол (КФС) применяются карбамидоформальдегидные концентраты (КФК) [1]. Они представляют собой продукты первичной конденсации формальдегида с карбамидом. Производство смол из карбамидоформальдегидного концентрата более безопасно и экологично, причем концентрат удобнее и безопаснее формалина в хранении и транспортировке. В тоже время особое внимание заслуживает один из основных компонентов древесинного вещества – лигнин, некоторые формы и модификации которого используются для получения топливных брикетов и топливного газа, в качестве сорбентов. Известно также использование в качестве органической добавки при получении ячеистого бетона поликарбоксилатного лигнина, являющегося окисленной формой гидролизного лигнина [2]. Поликарбоксилатный лигнин обладает высокой плотностью отрицательного заряда и может представлять интерес в синтезе карбамидоформальдегидных смол. В связи с этим в лабораторных условиях был осуществлен двухстадийный синтез КФС из КФК марки 85 (содержит по массе 60% формальдегида и 25% карбамида) и карбамида с мольным соотношением карбамида к формальдегиду 1:1,2 с использованием добавок поликарбоксилатного лигнина. В качестве контроля в аналогичных условиях синтезировалась КФС без использования добавок поликарбоксилатного лигнина. В соответствии с ГОСТ 14231-2008 определялись следующие показатели качества КФС: массовая доля сухого остатка, продолжительность желатинизации, вязкость по ВЗ-4, массовая доля свободного формальдегида, а также прочность адгезионного шва (табл.).

Таблица – Сравнение свойств КФС

Показатель	КФС (контроль)	КФС с добавкой	По ГОСТ 14231-2008
1	2	3	4
Вязкость по ВЗ-4, с	23,58	26,59	30-80
Продолжительность желатинизации, с	82	78,5	40–65

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Массовая доля сухого остатка, %	59,4	55,3	66 ± 2
pH	8,0	8,1	7,5–8,5
Массовая доля свободного формальдегида, %	0,38	0,35	0,25–0,9
Адгезионная прочность клеевого шва при растяжении, кН			
- в сухом состоянии	340	406	–
- во влажном состоянии	136	233	–

Как видно из таблицы, полученные образцы смол по большинству показателей качества не удовлетворяют требованиям ГОСТ 14231. Несмотря на это, при сравнении образцов смол между собой можно отметить незначительное снижение содержания свободного формальдегида в смоле, синтезированной с использованием добавок поликарбоксилатного лигнина. При этом показатель адгезионной прочности клеевого шва, состоящего из смолы с добавкой, имеет значительно большее значение, чем аналогичный показатель у контрольной смолы. Важно отметить и улучшение влагостойкости смолы: так прочность клеевого шва, состоящего из смолы с добавкой во влажном состоянии, в 1,7 раза выше прочности клеевого шва на основе исходной смолы.

Таким образом, использование поликарбоксилатного лигнина в синтезе карбаминоформальдегидной смолы, позволяет незначительно снизить содержание свободного формальдегида в ней и существенно повысить прочность клеевого шва при растяжении, как в сухом, так и во влажном состоянии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Махлай, В.Н. Введение в химию карбаминоформальдегидного концентрата / В.Н. Махлай, С.В. Афанасьева. – Тольятти: Наука, 2000. – 114 с.
2. Исследование влияния органических добавок на основе поликарбоксилатного лигнина на реологические свойства ячеистобетонных смесей / Е.И. Барановская [и др.] // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – Минск: БГТУ, 2018. – № 2 (211). – С. 77–82.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ШИННЫХ РЕЗИН ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Термогравиметрия (ТГ) – метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. Получаемая зависимость позволяет судить о термоустойчивости и составе вещества в начальном состоянии, на промежуточных стадиях процесса и о составе остатка. Термоанализатор состоит из высокоточных весов с тиглями, которые размещаются в камере небольшой электропечи [1]. Цель работы – исследование состава шинных резин термогравиметрическим методом. Объектами исследования являлись образцы резиновых смесей, предназначенные для изготовления протектора покрышки, различающиеся полимерной основой: образец №1 (НК+СКД); образец №2 (СКИ-3+СКД); образец №3 (НК+БСК). Исследования резиновых смесей протектора показали, что кривые ТГ имеют одинаковые интервалы температур сгорания компонентов. В первом интервале температур (140–360°C) происходит выделение низкомолекулярных веществ, таких как агенты и ускорители вулканизации, пластификаторы и противостарители. Здесь наименьшую остаточную массу имеет образец №1 – 82,62%. Во втором интервале температур (380–580°C) происходит деструкция полимерной основы. Наименьшую остаточную массу имеет образец №2 – 33,08%. На последнем этапе при температуре 600–900°C происходит сжигание наполнителя. После его полного сжигания остается невыгоревший остаток– неорганические компоненты. Наименьшую остаточную массу имеет образец №2 – 3,11% и образец №3 – 3,44%. Различия в остаточной массе связаны с получением полимеров, а также с выделением стабилизаторов и катализаторов.

Таким образом, методы ТГ можно применять как в научно-исследовательской работе, так и в промышленности. Они позволяют определять: теплофизические характеристики; изменение массы образца в процессе сгорания компонентов и его остаточную массу; некачественные заготовки, а также проводить сравнение составов резиновых смесей и резин различных производителей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Термический анализ. Ч. 1: Методы термического анализа: учеб. пос. / В.И. Ивлев [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – 42 с.



## **РАЗРАБОТКА СОСТАВА РАСТВОРА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕВАТЕЛЬНОЙ РЕЗИНКИ**

В последние годы большой популярностью у широких слоев населения пользуется жевательная резинка (ЖР). Менее чем за 100 лет жвачка стала одним из самых широко распространенных в мире пищевых товаров. Ежегодно жители нашей планеты потребляют 560 000 тонн ЖР [1]. На сегодняшний день жвачка – второй по популярности мусор в мире, от которого крайне сложно избавиться. Для очистки от жевательной резинки различных поверхностей многие государства тратят намного больше финансов, чем стоимость покупки всего объема этого продукта в магазинах.

Главной составляющей жевательной резинки является синтетическая резиновая основа. В идеале резиновую основу должен составлять сок деревьев – каучуконосов, который под действием кислоты или вываривания превращается в мягкую, но довольно упругую массу. Однако сегодня в большинстве случаев применяются синтетические резиновые основы [2]. В состав жевательной резинки входят: жевательная основа (смолы, парафин, резиновая основа); ароматические и вкусовые добавки; антиоксиданты – химические вещества, предотвращающие или замедляющие процесс окисления молекулярным кислородом; стабилизаторы; формообразующие компоненты; сахарозаменители и фториды. Существует большое количество народных методов очистки поверхностей от жевательной резинки, а также выпускаются специальные промышленные средства для удаления жвачки. Однако, все они в разной мере эффективны в случае удаления свежеприлипшей ЖР. Удалить затвердевшую жевательную резинку имеющимися способами достаточно проблематично, а зачастую невозможно.

Цель работы – разработка состава раствора для эффективного удаления жевательной резинки с различных поверхностей. В качестве объектов исследования выступали образцы жевательной резинки, а также различные поверхности, загрязненные жвачкой. На начальном этапе были проведены исследования по установлению возможности растворения жевательной резинки в этиловом спирте, этилацетате, эфирном масле, бензине, 50%-х растворах азотной и серной кислот.

Установлено, что полное растворение жвачки происходит в этилацетате и бензине, при этом использование этилацетата позволяет растворить жевательную резинку за самый короткий промежуток времени (25 минут). Частичное растворение жевательной резинки выявлено в случае использования в качестве растворителя эфирного масла.

Дальнейшие испытания проводились с использованием растворов этилацетата, бензина и эфирного масла, взятых в различных соотношениях. Сложность данного этапа исследований заключалась в подборе такого соотношения компонентов раствора, при котором молекулы растворителя могли бы быстро и полностью проникнуть в объем полимера и, тем самым, уменьшить силы межмолекулярного взаимодействия в каучуке, что, в свою очередь, приведет к набуханию полимерной массы и дальнейшему отрыву макромолекул друг от друга с переходом в слой растворителя. В результате диффузии оторвавшиеся макромолекулы равномерно распределяются по всему объему растворителя, и, как следствие этого, происходит отлипание жевательной резинки от твердой поверхности.

Выявлено, что полностью растворить жевательную резинку за минимальный промежуток времени (6 мин) позволяет применение раствора, содержащего бензин : этилацетат : эфирное масло при соотношении компонентов 2 : 1 : 0,5. Результаты исследования эффективности применения разработанного состава по удалению жевательной резинки с коврового, металлического, деревянного и асфальтированного покрытия и тротуарной плитки, а также с различных видов тканей показали, что применение раствора, включающего бензин, этилацетат и эфирное масло при соотношении компонентов 2 : 1 : 0,5, позволяет полностью и без пятен удалить жвачку с различных поверхностей в течение не более 20 секунд.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработан состав раствора на основе бензина, этилацетата и эфирного масла, взятых в соотношении 2: 1: 0,5, позволяющий быстро и эффективно удалить жевательную резинку с различных поверхностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чихранова, О.В. Микробиологическое исследование жевательной резинки / О.В. Чихранова, Е.Н. Макарова, А.А. Таланова // Актуальные проблемы инфекционной патологии и биотехнологии. – 2012. – № 3. – Р. 207–212.
2. Калилов, М. Состав жевательных резинок и их влияние на организм человека / М/ Калилов // Молодой ученый. – 2016. – № 17.1 (121.1). – С. 91–95.

## УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВТОРИЧНЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ

Сфера производства полиуретановых эластомеров развивается довольно высокими темпами. Объем использования полиуретановых эластомеров в различных сферах производства увеличивается, благодаря сочетанию уникальных характеристик и при этом довольно лёгкой переработке. Полиуретаны относятся к группе полимеров, для которой возможно проведение двух видов модификации, как путём наполнения, так и структурной. Методы структурной модификации целесообразно применять для изменения физико-механических параметров полимера. В тоже время, наполнение полиуретанов позволяет удешевить материал, что в свою очередь, вынуждает отказаться от структурных вариаций и прибегнуть к наполнению [1]. Для улучшения свойств смесевых композиций в них вводят различные модификаторы и добавки. Смешение осуществляется в расплаве. При этом возможно получение полимера с комплексом заданных свойств [2].

Цель данной работы является улучшение физико-механических свойств вторичных полиуретанов для дальнейшего практического применения. Объектом исследования данной работы является смесь вторичного вспененного полиуретана на основе простых полиэфиров (ПУ) и вторичного термопластического полиуретана (ТПУ), являющимися отходами обувной промышленности.

Для обувной промышленности основными характеристиками являются твёрдость и износостойкость. Значение твёрдости обувной подошвы составляет 80-85 ед. по Шору Аи  $2,5 \text{ см}^3/\text{м}$  согласно ГОСТ 1731. Было установлено, что введение ТПУ в процентном соотношении 10-20 мас.% к ПУ повышает значение твёрдости по Шору А. Введение ТПУ в количестве более 20 мас. % экономически нецелесообразно, так как ТПУ является материалом с более высокими показателями физико-механических характеристик.

Для модификации полиуретана был выбран минеральный дисперсный наполнитель (каолин, пирогенная двуокись кремния «Аэросил») и пластифицирующая добавка (глицериновый эфир канифоли (ГЭК), канифоль сосновая). Введение каолина повышает значение твёрдости полимерной композиции с 63,2 до 77,42 ед по Шору А. Это связано с появлением межфазного слоя определенного строения между

полимерной матрицей и наполнителем. В качестве минерального наполнителя в количестве 5-10 мас.% использовался каолин марки А. Происходит распределение полиуретана на поверхности наполнителя, что приводит к увеличению твёрдости полимерной композиции.

Введение аэросила так же повышает значение твердости материала. Это связано с развитой удельной поверхностью аэросила и возможным образованием силановых сшивок функциональных групп поверхности наполнителя с полиуретаном.

Основными характеристиками для обувной подошвы являются твёрдость и износостойкость. Известно, что повышение твёрдости материала приводит к повышению абразивного износа, поэтому было решено ввести пластификатор для повышения пластичности материала при переработке и эластичности его при эксплуатации.

Зависимость твёрдости композиции от содержания ГЭК носит экстремальный характер с оптимумом при 3 мас. % ГЭК. При этом происходит качественное распределение компонентов смеси друг в друге, что способствует повышению твёрдости.

Введение ГЭК в количестве 7 и 10 мас. % не повышает твёрдость композиции и ухудшает процесс переработки смеси методом литья под давлением. На поверхности получаемых образцов образуются пузыри, что свидетельствует об избытке пластифицирующей добавки в смеси. Введение канифоли не привело к повышению твёрдости. Поэтому для дальнейших исследований использовался ГЭК.

Таким образом, предложенный способ модификации позволяет добиться характеристик вторичного полиуретана достаточных для производства обувной подошвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зонненшайн, М. Полиуретаны. Состав, свойства, производство, применение/ М. Зонненшайн– СПб.: ЦОП «Профессия», 2011. – 576 с.
2. Бюист Дж. М. Композиционные материалы на основе полиуретанов/Дж. М. Бюист; пер. с англ. под ред. Ф. А. Шутова – Москва: Химия, 1982. – 240 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРОКАТЕХИНА НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ**

Специфику переработки каучуков и резиновых смесей определяют их вязкоупругие свойства, проявляющиеся в развитии высокоэластических деформаций, нарастающих до максимума и реализующих структурную релаксацию напряжений [1]. Релаксационные показатели, весьма чувствительные к структуре полимера, широко используют для оценки его реологических свойств.

Цель работы – исследование влияния качественного и количественного состава стабилизирующих добавок на релаксационные характеристики резиновых смесей. Объектами исследования являлись наполненные резиновые смеси на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКД, применяемые для производства формовых резинотехнических изделий. Стабилизирующие добавки на основе производных пирокатехина с циклоаминометильными и фенилазометиновым фрагментами вводили в исследуемые смеси в дозировках 1,0 и 2,0 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. В качестве образца сравнения использовались резиновые смеси с промышленным фенольным стабилизатором – ионолом, который применялся в равнозначных дозировках с опытными добавками. Испытание по определению релаксации напряжения резиновых смесей по Муни проводили автоматически после последнего измерения вязкости путем очень быстрой остановки вращения ротора и измерением падения итоговой вязкости по Муни с течением времени по степенному закону (ГОСТ Р 54552-2011). Анализ полученных результатов показал, что при введении промышленного стабилизатора в дозировке 1 мас.ч. значение коэффициента релаксации резиновых смесей составило 68,1 %. При использовании опытных добавок стабилизаторов в дозировке 1 мас.ч., коэффициенты релаксации несколько уменьшаются (от 67,0 до 64,4 %). В то же время при увеличении дозировок всех стабилизаторов до 2 мас.ч. происходит незначительное снижение данного показателя (изменение  $\pm 2,3$  %).

Таким образом, применение опытных стабилизаторов не оказывает существенного влияния на релаксационные показатели наполнен-

ных резиновых смесей (изменения значений коэффициентов релаксации в зависимости от дозировки стабилизатора составили  $\pm 3,7\%$  по сравнению с образцом с ионолом).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.

УДК 667.281

Студ. А.А. Гаврилова, Е.А. Плыгавко

Науч. рук. доц. А.И. Глоба

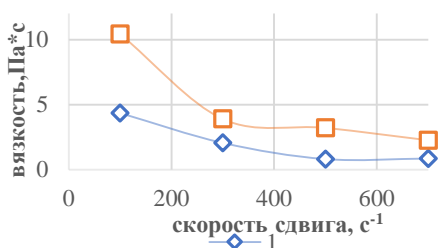
(кафедра полимерных композиционных материалов, БГТУ)

### **ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ВЯЗКОСТИ АКРИЛОВЫХ ДИСПЕРСИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЭМУЛЬГАТОРА**

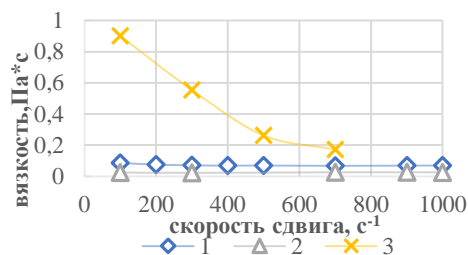
Эмульсионная (гетерофазная) полимеризация является одним из ведущих способов получения полимерных материалов. Это объясняется тем, что данный метод синтеза позволяет получать полимеры со свойствами, которые не достижимы при использовании других способов полимеризации (высокая молекулярная масса полимера). Акриловые дисперсии занимают одно из ведущих мест по возможным областям применения. Основной проблемой синтеза таких дисперсий является возрастание вязкости реакционной системы и снижение ее устойчивости из-за повышенной склонности к агломерации частиц при полимеризации. В результате образуется коагулум, который оседает на перемешивающем устройстве и стенках реакционного сосуда, что снижает качество дисперсии и вызывает трудности при ее переработке.

Цель работы – регулирование вязкости и устойчивости акриловых дисперсий за счет варьирования природы и соотношения исходных реагентов при их получении. Для этого были проведены опыты по сополимеризации бутилакрилата (БА) и стирола (Ст) методом эмульсионной радикальной полимеризации. В качестве инициатора использовался водорастворимый персульфат аммония. В качестве эмульгаторов были использованы анионогенные (додецилбензосульфат натрия (ДБСNa) и додецилсульфонат натрия (ДСNa)) и неионогенные (ТВИН-80 и ОП-10) поверхностно-активные вещества. Выбран следующий диапазон концентраций эмульгаторов: ДБСNa и ДСNa 1–6%, ТВИН-80 и ОП-10 6%, 10%. После проведения синтеза, были определены оптимальные концентрации эмульгаторов, которые составили для ДБСNa 2–6%, для ДСNa 3–6%, ТВИН-80 6%. По визуальной оценке, лучшие дисперсии были с концентрацией эмульгатора 6%. Образцы с эмульгатором ОП-10 были исключены сразу же после полимеризации, так как

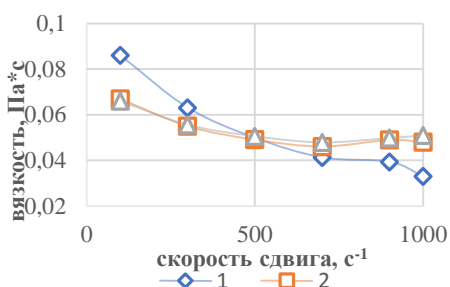
они незамедлительно скоагулировали. Измерение динамической вязкости дисперсий осуществляли с использованием ротационного вискозиметра Brookfield CAP-1000+L/H со шпинделем №1 при 20°C. На рисунках 1–4 изображены графики зависимости вязкости дисперсий от скорости сдвига. Из их анализа можно сделать следующие выводы: с увеличением скорости сдвига вязкость большинства образцов уменьшается, что свидетельствует о их псевдопластичности.



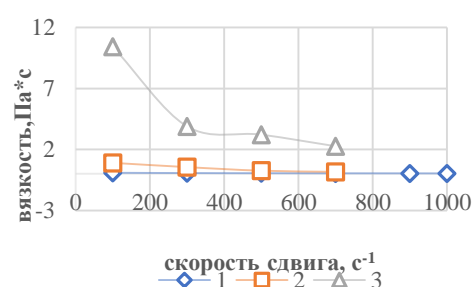
**Рисунок 1** – Зависимость вязкости дисперсий от скорости сдвига, с разной концентрацией эмульгатора ДСNa: 1 – 3%, 2 – 5%



**Рисунок 2** – Зависимость вязкости дисперсий от скорости сдвига, при разной концентрации эмульгатора ДБСNa: 1 – 3%, 2 – 5%, 3 – 6%



**Рисунок 3** – Зависимость вязкости дисперсий от скорости сдвига, с постоянной концентрацией эмульгатора ТВИН-80, но при разной концентрации инициатора: 1 – 0,6%, 2 – 0,2%, 3 – 0,4%



**Рисунок 4** – Зависимость вязкости дисперсий от скорости сдвига, эмульгаторов ДБСNa, ДСNa, ТВИН-80 при концентрации 6%: 1 – ТВИН-80, 2 – ДБСNa, 3 – ДСNa

При этом с увеличением концентрации эмульгатора одного типа (рис. 1–2) вязкость увеличивается. Для образцов с одинаковой концентрацией эмульгатора (6%), но с различной концентрацией инициатора значительных изменений динамической вязкости при средних скоростях сдвига не наблюдается (рис. 3). На рисунке 4 представлена зависимость различных по природе эмульгаторов при одинаковой их концентрации. Видно, что у дисперсий, стабилизированных анионогенными ПАВ, вязкость выше, чем у дисперсий, стабилизированных неионогенным эмульгатором.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Е.Е. Казакова, О.Н. Скороходова Водно-дисперсионные акриловые лакокрасочные материалы строительного назначения. – М: ООО «Пэйнт-Медиа». – С. 136.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ДИСПЕРСИЙ**

Использование водных дисперсий полимеров в различных областях техники вызывает необходимость регулирования строения сополимеров для удовлетворения требований, предъявляемых к сформированным из них адгезированным пленкам. Сополимеризация полимеров дает возможность расширить их область применения и улучшить эксплуатационные свойства изделий с их использованием. Для целенаправленного регулирования свойств покрытий необходимо знать мономерный состав сополимеров, который производители не спешат раскрывать. В связи с этим возникают задачи, связанные с идентификацией состава полимерных материалов.

Целью данного исследования являлось определение качественного состава и основных свойств водных полимерных дисперсий и покрытий на их основе. В качестве объектов исследования были выбраны промышленно производимые образцы акриловых и стирол-акриловых водных дисперсий. Выбранные плёнообразующие материалы характеризуются схожими свойствами, но отличаются производителями. Для определения качественного состава был выбран метод ИК-спектроскопии, который позволил идентифицировать схожесть составов водных полимерных дисперсий, а также определить их различия. Было выявлено, что в образцах присутствуют полосы в диапазоне частот, характерных для групп  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{CH}_2-$  ( $2960-2910 \text{ см}^{-1}$ ),  $-\text{OH}$  ( $3670-3580 \text{ см}^{-1}$ ) и  $-\text{C}-\text{O}-$  ( $1200-1000 \text{ см}^{-1}$ ). В некоторых образцах присутствуют эфирные, ароматические, карбонильные и непредельные углеводородные группы. Для измерения динамической вязкости дисперсий был использован прибор Brookfield CAP-2000+H со шпинделем №1. В ходе обработки полученных значений и построения графиков зависимости вязкости от скорости сдвига, было установлено, что с увеличением скорости сдвига вязкость уменьшается, а при снижении скорости сдвига вязкость увеличивается, возвращаясь к исходному значению. Следует отметить, что температура проведения эксперимента также влияет на значение вязкости: с увеличением температуры вязкость снижается. Для исследования твёрдости покрытий был использован маятниковый прибор типа А (ГОСТ 5233-89). Твёрдость покрытий составила от 0,09 до 0,33 отн.ед.



## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ КАЛИЯ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ**

Натрий и калий попадают в подземные воды за счёт растворения коренных пород. Основным источником натрия в природных водах являются залежи поваренной соли NaCl, образовавшиеся на месте древних морей. Калий встречается в водах реже, так как он лучше поглощается почвой и извлекается растениями [1].

Биологическая роль натрия крайне важна для большинства форм жизни на Земле, включая человека. Организм человека содержит около 100 г натрия. Ионы натрия активируют ферментативный обмен в организме человека [1].

Отличительная особенность калия – его способность вызывать усиленное выведение воды из организма. Дефицит калия в организме ведет к нарушению функции нервно-мышечной (парезы и параличи) и сердечно-сосудистой систем и проявляется депрессией, дискоординацией движений, мышечной гипотонией, гипорефлексией, судорогами, артериальной гипотонией и др. [2].

Цель данной работы: определить массовую концентрацию натрия и калия в пробах воды, взятых из разных источников г. Минска и агрогородка. Негорелое, сравнить полученные значения с предельно допустимыми концентрациями натрия и калия в питьевой и природной воде и сделать вывод о качестве анализируемой воды.

Для проведения анализа был использован метод эмиссионной фотометрии пламени. Метод основан на измерении интенсивности света, излучаемого возбуждёнными частицами (атомами или молекулами) при введении вещества в пламя горелки [3].

Для анализа по методу градуировочного графика мы приготовили серию стандартных растворов с известной концентрацией растворов натрия и калия.

Провели измерение силы фототока для каждого раствора со светофильтром для определения натрия, затем со светофильтром для определения калия и по полученным данным построили графики в координатах сила фототока–концентрация раствора.

Затем провели фотометрирование анализируемых проб воды, которые были взяты из следующих источников: г. Минск – водопроводная вода

из крана; агрогородок Негорелое – водопроводная вода из колонки, вода из скважины на участке частного дома, вода из озера.

Измерили значения фототока анализируемых проб, по графикам определили концентрацию натрия и калия данных пробах и по ней рассчитали массовую концентрацию (таблица).

**Таблица – Массовая концентрация натрия и калия**

Источник	Сигнал Na <sup>+</sup>	Сигнал K <sup>+</sup>	Концентрация Na <sup>+</sup> , мг/л	Концентрация K <sup>+</sup> , мг/л
г. Минск				
водопроводная вода	56	18	7,13	3,32
агрогородок Негорелое				
-колонка	51	12,8	7,25	1,44
-скважина	30,5	9,6	4,42	0,26
-озеро	8	10,8	1,306	0,7
Предельно допустимая концентрация (ПДК)			200,0	20,0

Учитывая, что ПДК натрия в питьевой воде составляет 200,0 мг/л, а ПДК калия в питьевой воде – 20,0 мг/л, мы можем сделать вывод, что каждая из проб, взятых из разных источников, удовлетворяет условию предельно допустимой концентрации и не представляет угрозы для здоровья населения. Но при этом концентрация катионов калия в минской воде в несколько раз превышает их концентрацию в негорельской воде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрохимия: учебно-методическое пособие / В. Д. Блинникова, Н. Л. Багнавец, А. Л. Кауфман. – Москва.: РГ-Пресс, 2019. – 136 с.
2. Инструкция по отбору проб воды / З. Н. Хренова. – Серпухов.: Центр гигиены эпидемиологии, 2017. – 9 с.
3. Физико-химические методы анализа: тексты лекций по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / А. Е. Соколовский, Е.В. Радион. – Минск.: БГТУ, 2007. – 128 с.

Студ. А.В. Вергейчик, В.П. Куксина  
Науч. рук. проф. Э.Т. Крутько  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ НАТРИЯ В ПИТЕВОЙ ВОДЕ**

Щелочные металлы имеют огромное биологическое значение. Катион натрия выполняет важнейшие функции поддержания водно-солевого баланса организма, способствует усвоению питательных веществ; воздействует на процесс снабжения тканей кислородом и транспортировку аминокислот и глюкозы через клеточные мембраны. Переизбыток ионов натрия в организме вызывает нарушение баланса жидкости в клетках, вздутие живота, отеки, рост артериального давления. Калий содержится в клетках, регулирует водный баланс в организме и нормализует ритм сердца, улучшает снабжение мозга кислородом. Даже незначительный недостаток калия может спровоцировать многие нарушения в нервной и мышечной ткани. Избыток же калия в крови вызывает гемолиз, обезвоживание, ацидоз, острую почечную недостаточность. Для проведения анализа был выбран метод эмиссионной фотометрии пламени. Этот метод состоит в том, что анализируемый раствор с помощью распылителя превращается в аэрозоль и подаётся на пламя горелки. Наблюдается выделение квантов света определённого спектра. Анализируемая спектральная линия выделяется с помощью светофильтра, а интенсивность её свечения измеряется фотоэлементом.

В ходе исследования установлено, что значения определяемых величин по содержанию натрия и калия лежат в пределах, допускаемых ПДК. Содержание NaCl и KCl в Минской воде 3,96 и 0,54 мг/л, в Борисовской воде 7,84 и 0,5 мг/л, в Климовичской воде 15 и 1,07 мг/л соответственно.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум / Е. В. Радион [и др.]; под ред. Е. В. Радион. – Минск: БГТУ, 2010. – 110 с.
2. Физико-химические методы анализа: Тексты лекций по дисциплине «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа» / А. Е. Соколовский, Е. В. Радион. – Минск.: БГТУ, 2007. – 128 с.

## СВОЙСТВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДВУХУПАКОВОЧНЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Большинство лакокрасочных материалов (ЛКМ), отверждаемых за счет химических реакций, состоят как минимум из двух компонентов, которые в процессе пленкообразования реагируют между собой. Наиболее известными двухупаковочными лакокрасочными материалами являются полиуретановые композиции. Двухупаковочные ЛКМ широко используются для покрытий металлических изделий для защиты их от различных повреждений благодаря своей прочности и эластичности, поэтому исследование свойств двухкомпонентных лакокрасочных композиций для защиты металлов от механических воздействий является актуальной в настоящее время темой. В работе синтезирована и изучены свойства модифицированного двухкомпонентного лакокрасочного материала на основе полиэфирной смолы ПДА 800У, полиизоцианата Desmodur 44V20L и тонкодисперсного модификатора на основе техуглерода. Рецепт модифицированной композиции представлена в таблице.

**Таблица – Рецепт модифицированной двухупаковочной композиции**

Наименование	Массовая доля, %		
	образцы		
	1	2	3
Полиэфирная смола	75	73,2	77
Полиизоцианат	24,8	26,5	22,8
Модификатор	0,6	0,3	0,2
	Соотношение пленкообразователь:отвердитель		
	3:1	2,76:1	3,38:1

Вязкость модифицированных композиций от времени отверждения растет медленно, плавно, что связано с введением добавки, которая вероятно препятствует быстрому сшиванию и образованию полиуретановых связей и количество отвердителя практически не влияет на скорость отверждения.

**ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ШИННЫХ РЕЗИН  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНО-ВРЕМЕННЫХ  
РЕЖИМОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ**

Вулканизация – процесс, в котором пластичный каучук превращается в резину. В результате вулканизации фиксируется форма изделия, оно приобретает необходимые прочность, эластичность, твердость. В процессе вулканизации протекают химические реакции и формируются основные свойства вулканизатов, которые зависят от температурных условий протекания процесса и от состава резиновой смеси (рецептуры резин, типа вулканизирующей системы и др.) [1, 2].

Целью работы являлось исследование влияния температурно-временных режимов вулканизации на упруго-прочностные показатели шинных резин. Объектам исследования являлась наполненная резиновая смесь на основе натурального каучука (НК), применяемая для изготовления дополнительного шнура.

Анализ результатов исследования показал, что при температуре 143°C время вулканизации не оказывает существенного влияния на упруго-прочностные показатели резин. Показатель условного напряжения при удлинении 300% находится в пределах 12,6–13,0 МПа, условной прочности при растяжении – 25,1–27,8 МПа, относительного удлинения при разрыве – 480–510%. С повышением температуры до 160°C при увеличении времени вулканизации уменьшается условная прочность при растяжении на 9,2%, при этом эластические свойства резин практически находятся на одном уровне, значения относительного удлинения при разрыве находятся в пределах 500–520%. Установлено, что при температуре 170°C с увеличением продолжительности вулканизации до 40 мин уменьшение показателя условного напряжения при удлинении 300% составляет 14,0 %. Увеличение температуры и продолжительности вулканизации оказывает отрицательное влияние на условную прочность при растяжении резин, поскольку показатель уменьшается на 16,4% (с 26,9 до 22,5 МПа), но показатель относительного удлинения при разрыве изменяется незначительно.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Корнев, А.Е. Технология эластомерных материалов / А. Е. Корнев, А. М. Буканов, О. Н. Шевердяев. – М.: НППА «Истек», 2009. – 500 с.
2. Аверко-Антонович И.Ю., Бикмуллин Р.Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.

## **ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПЭНД И МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК**

Важнейшим направлением исследований в области стабилизации пластмасс является изучение влияния компонентов на устойчивость к различным видам деструкции как при их использовании в отдельности, так и при совместном введении. Поэтому, целью нашей работы было изучение эффективности действия стабилизаторов в ПЭНД при наличии в композиции различных функциональных добавок, выявление возможных эффектов антагонизма и синергизма, а также разработка рекомендаций при составлении рецептур композиций полимерных материалов.

В ходе исследований определено изменение деформационно-прочностных свойств композиций, плотность и твердость по Шору Д, а также расчетные значения энергии активации термоокислительной деструкции. Образцы для испытаний получали методом литья под давлением на термопластавтомате BOY 22A (Dr. Boy, Германия) и подвергали ускоренному старению в воздушной среде при температуре 100°C. Для защиты композиций от термоокислительной деструкции применяли фенольный антиоксидант Hostanox O3 фирмы Clariant. Также в работе были использованы функциональные добавки: антипирены, антистатика, наполнители, пигменты, антиблоки, скользящие и процессинговые аддитивы.

В результате исследований установлено, что при введении в ПЭНД стабилизатора Hostanox в концентрации 0,3 % масс. наблюдается выраженный стабилизирующий эффект. Установлено, что после старения в течение 600 ч для чистого ПЭНД значения относительного удлинения составляют 105,2%. После старения значение удлинения для стабилизированной композиции на 8,7 % выше, чем для композиции без стабилизатора. Выявлен эффект антагонизма при совместном использовании в ПЭНД стабилизирующей добавки Hostanox O3 и пигмента White 41110. Так после старения в течение 300 ч относительное удлинение для композиции ПЭНД+White 41110 составило 102,3 %, в то время как при введении в композицию дополнительно стабилизатора Hostanox O3 значения удлинения падают до 79,8 %, что свидетельствует о возможном взаимодействии добавок, приводящем к снижению эффективности стабилизатора.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВУЛКАНИЗАТОВ С КОМБИНАЦИЕЙ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Основными свойствами каучуков, предопределившими их использование в производстве резины, является эластичность в сочетании с низкой плотностью и износостойкостью, которую многократно увеличивают введением в каучук активного наполнителя. В настоящее время двумя основными высокоактивными наполнителями эластомерных композиций являются технический углерод и кремнекислотный наполнитель (ККН) [1].

Целью работы являлось исследование влияния различных соотношений технического углерода и кремнекислотного наполнителя на динамические свойства шинных резин. В качестве объекта исследования использовалась эластомерная композиция на основе комбинации натурального, бутадиен-стирольного и бутадиенового каучуков. Технический углерод марки N339 и ККН марки Exstrasil 150 ВД вводились в резиновые смеси в соотношениях 1:1 и 3:1 соответственно.

Выявлено, что резины, наполненные техническим углеродом и ККН в равной дозировке, в зависимости от температуры обладают на 21–26% меньшими значениями комплексного модуля упругости, т.е. имеют пониженную сопротивляемость материала деформациям. Кроме того, вулканизаты, содержащие технический углерод и ККН в соотношении 1:1, обладают меньшими значениями модуля упругости (на 20–24%) и модуля потерь (на 22–28%) по сравнению с резинами с соотношением данных наполнителей 3:1. Исходя из этого эластомерные композиции с равным количеством наполнителей будут иметь повышенное сцепление с дорожным покрытием и меньшими потерями тепла в окружающую среду. Установлено, что вулканизаты с одинаковым содержанием наполнителей характеризуются пониженными до 7% значениями тангенса угла механических потерь в сравнении с резинами, наполненными техуглеродом и ККН в соотношении 3:1.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что наиболее целесообразно вводить в рецептуру резин технический углерод и кремнекислотный наполнитель в соотношении 1:1.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов, В.Ф. Современные тенденции применения каучуков и наполнителей в рецептуре резин / В.Ф. Каблов, В.И. Аксенов // Промышленное производство и использование эластомеров. – 2018. – № 3. – С. 24–34.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ АММИАЧНО-СУЛЬФИТНОГО САХАРНОГО КОЛЕРА**

Среди сахарных колеров «сульфитно-аммиачный» сахарный колер E150d имеет наибольшее содержание красящих соединений, а поэтому производители предпочитают использовать именно этот продукт в качестве пищевого красителя.

Технология получения «сульфитно-аммиачного» сахарного колера E150d предусматривает применение при его производстве сульфитных и аммонийных соединений, вызывающих образование азотсодержащих красящих соединений (меланоидинов) с высокой интенсивностью поглощения электромагнитных волн света в видимой области при  $\lambda = 610$  нм.

Учитывая тот факт, что присутствующий в рецептуре приготовления красителя сульфит-анион не только повышает скорость реакций кротеновой конденсации углеводов за счет повышения щелочности раствора, но и подавляет реакционную способность альдегидной группы к реакциям конденсации из-за своих нуклеофильных свойств нами изучено влияние этого соединения на процесс образования красящих веществ.

Сахарный колер получали термической обработкой глюкозо-фруктозного сиропа с массовой долей углеводов 70% при температуре 140–150°C с добавлением в реакционную массу сульфитных и аммонийных солей в плоскодонном термоизолированном стакане из нержавеющей стали при непрерывном перемешивании и температурном контроле.

Содержание красящих веществ сахарного колера определяли измерением оптических плотностей на фотоэлектроколориметре КФК–2 при длинах волн 590 и 670 нм с последующим расчетным экстраполированием величины оптической плотности для длины волны 610 нм (максимум поглощения для азотсодержащих пигментов) в кювете с толщиной оптического слоя 10 мм 0,1% раствора сахарного колера.

Численные характеристики окраски сахарных колеров определяли сканерометрическим методом с использованием планшетного сканера и применением компьютерной обработки изображений в режиме RGB.

Исследованиями показано, что если колер получать с добавлением к водному раствору вначале сульфита натрия, а затем после



нагрева реакционной массы до температуры 100°C вводить необходимое количество гидроксида аммония с последующим нагревом до температуры 140–150°C, то после добавления расчетного количества горячей воды получается колер с содержанием красящих веществ (в оптических единицах плотности) при  $\lambda=610$  нм 0,15 (таблица).

**Таблица 1 – Основные физические показатели сахарных колеров, полученных из глюкозо-фруктозного сиропа различными способами**

№	Наименование показателя	Нормируемые значения	Значение показателя	
			E150d способ 1	E150d способ 2
1	Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1,26	1,34	1,36
2	Массовая доля сухого вещества, %	40,0–75,0	70,0	75,0
3	Содержание красящих веществ, оптическая единица плотности при $\lambda = 610$ нм	0,10–0,60	0,15	0,32

При добавлении к нагретому до температуры 80–90°C водному раствору сиропа вначале раствор гидроксида аммония, а затем при температуре реакционной массы 110°C сульфита натрия с последующим нагреванием до температуры 140°C и добавлением горячей воды получаем колер с содержанием красящих веществ (в оптических единицах плотности) при  $\lambda=610$  нм 0,32 (табл.).

Результаты таблицы показывают, что сахарный колер, полученный по 2 способу, имеет в 2 раза больше содержание красящих веществ.

Полученные колеры имеют схожий цветовой профиль.

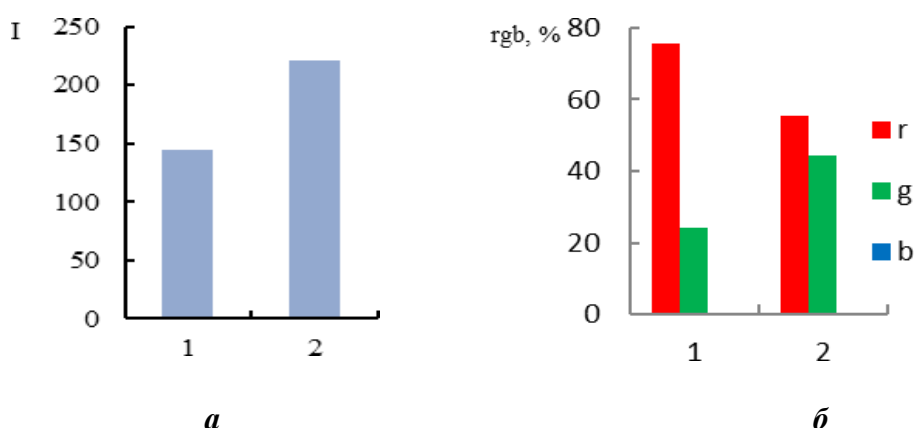
Интенсивность окраски раствора 75 усл. ед. достигается при объемной концентрации (%) для колера 1 способа получения – 0,85, а для 2 способа получения – 0,45.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно рекомендовать при получении сахарного колера E150d вначале в реакционную массу добавлять соединения аммония в щелочной среде, а затем – сульфит натрия.

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭМУЛЬСИОННЫХ КРЕМОВ ТИПА «МАСЛО В ВОДЕ» С ДОБАВЛЕНИЕМ АНТОЦИАНО-КАРОТИНОИДНЫХ ЭКСТРАКТОВ

Косметическая продукция с использованием экстрактов биологически активных веществ пользуется в последние годы большой популярностью. 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. Реализуя свои антиоксидантные свойства, они защищают кожу от воздействия ультрафиолетового излучения, обеспечивают защиту макромолекул и биомембран клеток от повреждений, являясь серьезным фактором повышения резистентности организма к различным патогенным воздействиям, в том числе к новообразованиям.

В качестве сырья для экстрактов выступали выжимки ягод ежевики (антоцианы) и плодов тыквы (каротиноиды). В результате экспериментов индивидуального и совместного выделения каротиноидов и антоцианов установлено, что рекомендуемыми условиями для их выделения являются  $\tau = 45$  мин,  $t^\circ = 78$  °С. Результаты цветометрической оценки объединенных экстрактов (рис. 1а) и полученных в ходе совместного экстрагирования (рисунок 1б) приведены ниже.



а – с объемной долей содержания экстрагента антоцианов 25 %;  
 б – с массовой долей содержания сырья антоцианов 25 %

**Рисунок 1 – Цветометрические характеристики экстрактов**

В эмульсиях «масло в воде» капельки масла распределены в водном растворе. Здесь масло будет дисперсной фазой, а вода – дисперсионной средой.

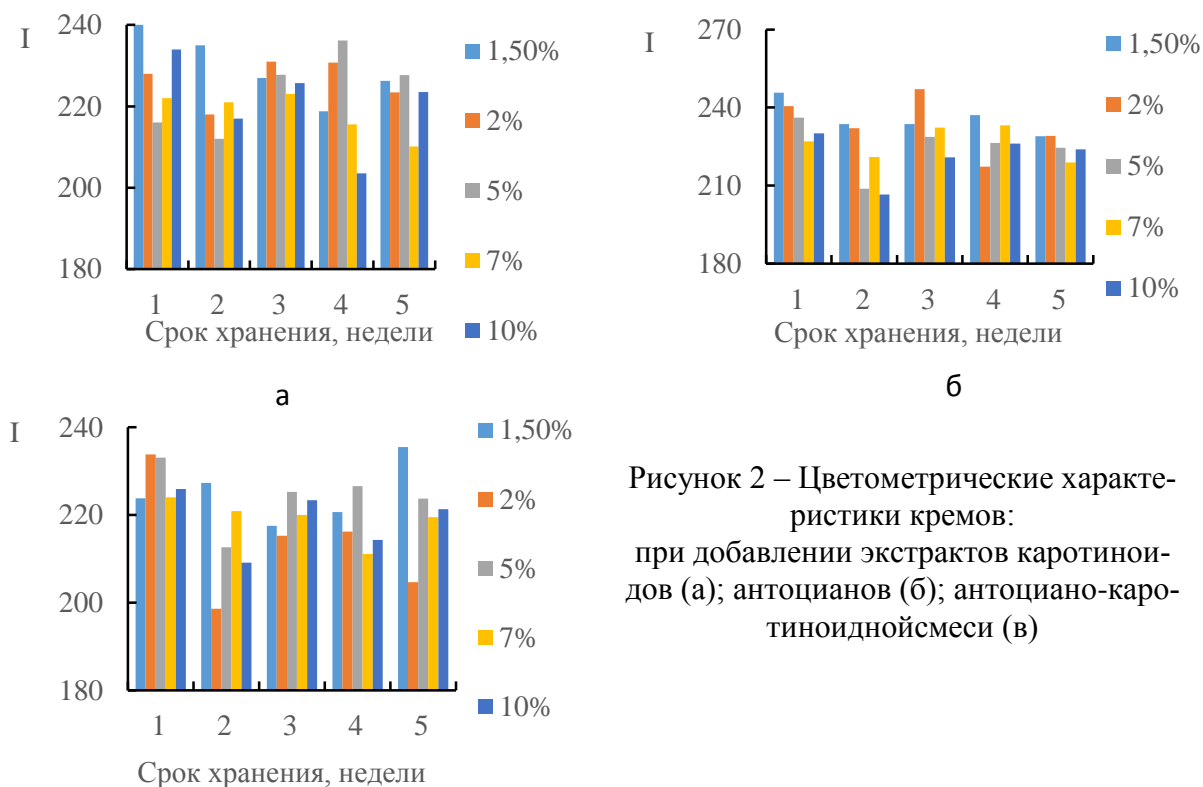


Рисунок 2 – Цветометрические характеристики кремов: при добавлении экстрактов каротиноидов (а); антоцианов (б); антоциано-каротиноидной смеси (в)

Рисунок 2

Такие эмульсии достаточно распространены, и на их основе создается огромный ряд косметических продуктов, как питательных, так и легких дневных кремов. Для эксперимента было подготовлено 3 вида кремов (с добавлением экстрактов каротиноидов, антоцианов и их смеси в разном процентном соотношении 1,5-10 %) по заданной рецептуре [1]. В течении пяти недель проводилась цветометрическая (рис. 2) и органолептическая оценка.

На основании результатов проведенных исследований можно заключить, что введение экстрактов антоцианов и каротиноидов в эмульсионные кремы типа «масло в воде» возможно в количестве 2-7 % от водной фазы крема.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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. А.А. Смотровая, Ю.А. Уварова  
Науч. рук. проф. В.М. Болотов (кафедра ГОСПиТБ, ВГУИТ)

## **ТЕХНОЛОГИЯ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА ОЧИЩЕННОГО КУКУРУЗНОГО КРАХМАЛА**

Изучены условия процесса гидролиза, очищенного от белков и липидов крахмала кукурузы в присутствии различных минеральных кислот при температуре 100°C.

Для проведения гидролиза крахмал помещали в водные растворы кислот различных концентраций.

Процесс гидролиза полисахаров крахмала проводили в трехгорлой колбе с обратным холодильником при непрерывном механическом перемешивании. Температуру гидролиза внутри колбы контролировали ртутным термометром.

В процессе гидролиза проводили анализ содержания сухих веществ (СВ, масс. %) рефрактометрическим методом по стандартной методике.

Анализ содержания редуцирующих углеводов проводили иодиметрическим и колориметрическим методами анализа с использованием градуировочного графика.

Спектральные характеристики продуктов гидролиза изучали на фотоэлектроколориметре КФК-2 в диапазонах длин волн 364–540 нм в стеклянных кюветах с толщиной оптического слоя 3,0 или 5,0 мм.

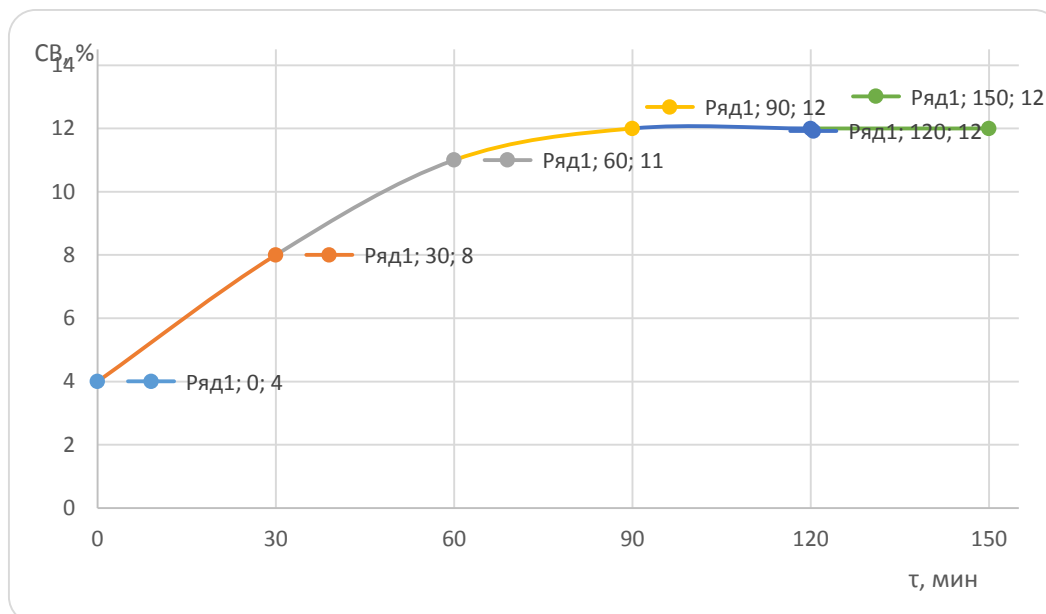
В качестве кислотных катализаторов процесса гидролиза полисахаридов исследовали соляную, серную и ортофосфорную кислоты различных концентраций.

Исходя из изменения содержания СВ в процессе гидролиза очевидно, что оптимальным временем гидролиза очищенного крахмала кукурузы для 1н и 2н растворов соляной кислоты является 45–60 мин. За этот период времени содержание СВ в составе гидролизата увеличивается на 8,8% для 1н HCl и 7,9% для 2н HCl.

Образующийся при гидролизе крахмала солянокислый гидролизат окрашен из-за многочисленных реакций кротоновой конденсации, образующейся при гидролизе глюкозы.

Причем, гидролизат с 2н HCl имеет более темный цвет по сравнению с 1н HCl из-за более интенсивных реакций конденсации в более кислой среде.

При использовании серной кислоты наибольшее содержание СВ продуктов гидролиза (8,0%) наблюдалось для 1н H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



**Рисунок 1 – Изменение содержания сухих веществ (СВ, %) в процессе гидролиза (τ, мин) очищенного кукурузного крахмала в 1 н (4,8 %) растворе  $H_2SO_4$  при температуре 100 °С**

Более высокие концентрации серной кислоты в реакционной массе вызывают большее разложение продуктов гидролиза крахмала с образованием красящих веществ (для 2н  $H_2SO_4$  содержание СВ – 6,2%, для 3,5  $H_2SO_4$  – 6,1%).

Меньшее содержание СВ продуктов гидролиза в реакционной массе с серной кислотой по сравнению с соляной (при одинаковой концентрации кислот в г-экв/л), по-видимому, связано с большей скоростью превращений редуцирующих сахаров в другие соединения в присутствии более активной серной кислоты.

В соответствии с изменением содержания СВ в процессе гидролиза оптимальным временем процесса для 1н  $H_2SO_4$  и 2н  $H_2SO_4$  является 60 мин., а для 3,5  $H_2SO_4$  – 45 мин.

Нейтрализация реакционной массы проводилась порошком карбоната кальция.

Изучение гидролиза очищенного от примесей кукурузного крахмала в присутствии ортофосфорной кислоты показало, что этот процесс не происходит при использовании 1н и 2н растворов, а начинается только с более концентрированного раствора (например, 5,6н). Низкие кислотные свойства ортофосфорной кислоты обуславливают и низкое содержание СВ в продукте гидролиза – 4,4%.

Значительно дольше в растворе сохраняются декстрины, способные вызывать цветную йодкрахмальную реакцию.

Магистранты Т.А. Гадомская, Н.Н. Емельянова  
Науч. рук. проф. В.М. Болотов (кафедра ТОСПиТБ, ВГУИТ)

## **ТЕХНОЛОГИЯ КИСЛОТНОГО ГИДРОЛИЗА КРАХМАЛА ЗЕРЕН КУКУРУЗЫ**

С целью получения глюкозы из крахмала кукурузы нами изучен процесс гидролиза полисахаров непосредственно из зерен без предварительного отделения белка и липидов, в присутствии некоторых минеральных кислот при температуре 100°C.

Процесс гидролиза полисахаридов крахмала проводили в трехгорлой колбе с механической мешалкой и обратным водяным холодильником. Для предотвращения испарения воды ось мешалки располагалась в отверстии со специальным стеклянным затвором в резиновой пробке.

Реакционная масса подогревалась электрическим колбоподогревателем до температуры 100°C. Температуру внутри колбы контролировали ртутным термометром со шлифтом.

Для проведения гидролиза зерна кукурузы измельчали и использовали фракцию с размером частиц не более 1 мм.

Содержание сухих веществ (% масс.) анализировали рефрактометрическим методом на рефрактометре ИРФ–454Б2М (Россия) по стандартной методике.

Анализ содержания редуцирующих сахаров проводили с использованием иодиметрического и поляриметрического методов анализа с предварительным построением градуировочного графика.

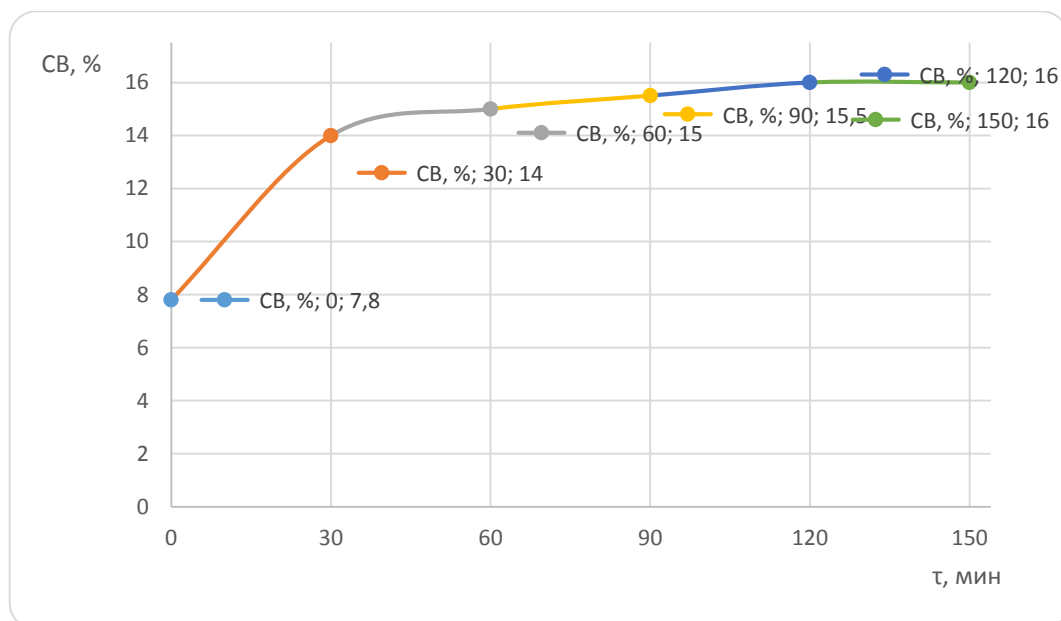
Спектральные характеристики растворов гидролизата изучали фотометрическим методом без разбавления реакционной массы на фотоэлектроколориметре КФК-2 (Россия) в диапазонах длин волн 364–540 нм при их фиксированных значениях в стеклянных кюветах с толщиной оптического слоя 3,0 или 5,0 мм.

Результаты изменения сухих веществ и спектральные характеристики гидролизатов измельченных зерен кукурузы в 1н и 2н растворах HCl при времени гидролиза от 30 до 180 мин показывают, что процесс наиболее результативно протекал для 1н HCl.

В условиях гидролиза в 2н растворе HCl в гидролизат в большей степени переходят аминокислоты (образующиеся при гидролизе белка), которые вызывают образование значительного количества красящих веществ. В присутствии серной кислоты (тех же концентраций, что и соляной) ускоряется как процесс гидролиза полисахаров так и

белка, что способствует образованию красящих соединений. Наибольшее содержание сухих веществ (9,2%) наблюдается при гидролизе зерен кукурузы в 2н  $H_2SO_4$ . Уменьшение концентрации кислот в 2 раза уменьшает содержание сухих веществ до 8%, а гидролиз в 3,5н  $H_2SO_4$  приводит к значительному разрушению продуктов гидролиза.

Изменения сухих веществ в процессе гидролиза в 2н  $H_2SO_4$  представлены на рисунке.



**Рисунок – Изменения содержания сухих веществ (СВ, %) в процессе гидролиза (мин) измельченных зерен кукурузы в 2н (9,3%) растворе  $H_2SO_4$  при температуре 100°C**

Сравнивая относительные изменения оптических плотностей (пропорциональных концентрациям) бесцветных и окрашенных соединений в гидролизате зерен кукурузы и соответствующие значения в гидролизате очищенного от белков крахмала видно повышенное содержание бесцветных соединений в гидролизате зерен кукурузы из-за дополнительного гидролиза белка. Образующиеся в процессе гидролиза белка аминокислоты в кислой среде с минимальной скоростью реагируют с углеводами с образованием красящих соединений.

Нейтрализация реакционной массы проводилась порошком карбоната кальция до нейтральной реакции по индикатору (лакмус) при перемешивании с последующим фильтрованием.

**ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОЛИЗА ПРИРОДНЫХ ФЛАВОНОИДОВ**

Проведены исследования по изучению свойств природных и получению гидрофобных флавоноидных антиоксидантов из флавоноидсодержащего растительного сырья для использования в пищевой, медицинской и парфюмерно-косметической промышленности реакцией гидролиза природных гликозидных форм полифенолов [1].

Предложен способ получения гидрофобных флавоноловых и антоциановых соединений из флавоноидсодержащего растительного сырья, в качестве которого использовали выжимки ягод черной смородины, черноплодной рябины, лепестки красных цветов, шелуха репчатого лука, включающий высушивание, измельчение сырья, экстрагирование природных флавоноидов, отделение экстракта пигментов и концентрирование с последующим гидролизом гликозидных форм природных флавоноидов путем добавления к экстракту пигментов концентрированной ортофосфорной кислоты в количестве 4–6 от содержания сухих веществ в экстракте и нагреванием реакционной массы при температуре 70–80°C до постоянного содержания сухих веществ в экстракте, с последующим фильтрованием и сушкой выпавших в осадок агликоновфлавоноидов [2].

Например, агликоны антоцианов из выжимок ягод черной смородины или черноплодной рябины получают следующим образом: 50 г высушенного сырья измельчают и заливают 2н водным раствором соляной кислоты объемом 200 мл (до полного закрытия поверхности ягод). Экстрагирование проводят при постоянном перемешивании при температуре 70–75°C с периодическим контролем содержания сухих веществ в составе экстракта рефрактометрическим методом.

При достижении постоянного содержания сухих веществ в составе экстракта процесс завершается. Полученный экстракт отделяют от сырья фильтрованием. Для более полного выделения антоциановых соединений из сырья экстрагирование проводят аналогичным образом еще раз. После второго экстрагирования извлечение антоцианов прекращают, экстракты объединяют и концентрируют в 2 раза отгонкой воды при температуре до 70°C при непрерывном перемешивании до постоянного содержания сухих веществ в реакционной массе. По окончании гидролиза (в среднем процесс длится 30 мин.) раствор охлаждают, а выпавшие в осадок агликоны антоцианов (антоцианидины) отфильтровывают и сушат.



Для получения флавонол-агликонов в шелуху исходного сырья можно взять шелуху репчатого лука в количестве 5 г, добавить 200 мл дистиллированной воды (до полного закрытия поверхности шелухи) и провести экстрагирование гликозидных форм флавонолов при температуре 70°C до постоянного содержания сухих веществ в составе экстракта. После второго экстрагирования экстракты объединяют и концентрируют в 3 раза отгонкой воды при температуре 70°C.

К полученному концентрату добавляют 6% (от содержания сухих веществ в составе экстракта) концентрированной ортофосфорной кислоты. Кислотный гидролиз проводят при температуре 80°C при непрерывном помешивании до постоянного содержания сухих веществ в составе экстракта.

По окончании гидролиза раствор охлаждают и выпавшие в осадок агликоны флавоноидов отфильтровывают и сушат.

Изучение физических свойств и результаты ИК-исследований подтверждают изменения химических структур природных гликозидов.

По внешнему виду гликозиды флавоноидов являются кристаллическими соединениями темно-красного (антоцианы) или желто-коричневого (флавонолы) цветов

Агликоны флавоноидов представляют собой порошки от шоколадно-коричневого (для антоцианов) до темно-коричневого (для флавонолов) цвета, не растворимые в воде, хорошо растворяются в низших спиртах (этиловом и изопропиловом спирте), ацетоне, плохо растворяются в сложных эфирах (этил- и бутилацетате) и других малополярных растворителях.

Получаемые антоциан- и флавонол-агликоны обладают антиоксидантными и фотостабилизирующими свойствами, что позволяет их использовать не только для окраски и придания антиоксидантных свойств жиросодержащим продуктам питания, но и использовать для защиты некоторых полимерных материалов медицинского назначения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов В.М. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение [Текст] / В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. СарафANOVA. СПб.: ГИОРД, 2008. – 240 с.

2. Патент № 2733411 (РФ). Способ получения гидрофобных флавоноидных и антоциановых соединений из флавоноидсодержащего растительного сырья/ В.М. Болотов, Е.В. Комарова, П.Н. Саввин // БИ 2020 г, № 28. – с. 6.

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТКО НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Современная жизнь людей тесно связана с образованием большого количества твердых коммунальных отходов (ТКО), которые являются основой химических, биологических и биохимических веществ, наносящих вред окружающей среде. Переработка таких отходов – серьезная проблема, требующая организации системы и разработки мероприятий по отдельному сбору мусора как на улицах, так и на бытовом уровне.

Цель данного исследования – оценка влияния полигона твердых коммунальных отходов на объекты окружающей среды, на примере действующего полигона ТКО ООО «Каскад».

Исследован состав подземных и поверхностных вод. Качество подземных вод в осенний период отвечает требованиям СанПиНа 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» за исключением железа (12 ПДК), фтора (1,3 ПДК), бора (2 ПДК) и мутности (509 ПДК). Вода, по классификации химического состава, гидрокарбонатная натриево-кальциевая с минерализацией 368-613 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено соответствие качества поверхностных вод принятым нормам. Исключение составляет повышенное содержание в них железа (0,53 мг/дм<sup>3</sup>) и показатель ХПК (15,2 мг/дм<sup>3</sup>).

По результатам мониторинга почво-грунтов полигона ТКО в пробах почв содержание тяжелых металлов и микроэлементов не превышает фоновых значений, и их уровень не оказывал отрицательного влияния на состояние окружающей среды вокруг полигона. Превышения содержания экзогенных химических веществ над локальными фоновыми значениями были установлены лишь в местах разлива фильтрата.

Исследования атмосферного воздуха на территории полигона свидетельствуют о том, что содержание основных нормируемых ингредиентов не превышает допустимых значений.

Процессы биологического разложения отходов в условиях полигона ТКО не оказывают существенного влияния на химический состав атмосферы.

Мониторинг уровня шума и радиационной обстановки позволяет сделать вывод, что полигон ТКО ООО «Каскад» оказывает не существенное влияние на окружающую среду.

## ПЛЕНКООБРАЗОВАНИЕ ГЕТЕРОПОЛИМЕРНОГО ИЗОПРЕН-НИТРИЛЬНОГО ЛАТЕКСА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Для получения тонкостенных резиновых изделий, в частности перчаток медицинского и технического назначения, широко применяются либо натуральный, либо синтетические полихлоропреновые и бутадиен-нитрильные латексы [1].

В настоящее время в России отсутствует производство полихлоропреновых латексов; бутадиен-нитрильные латексы отдельными партиями производятся Воронежским филиалом ФГУП НИИСК.

Предполагается, что замена бутадиена на изопрен в рецептах синтеза латексов позволит получить тонкостенные изделия с улучшенными физико-механическими свойствами.

В рамках синтеза новых типов полимерных дисперсий появляется необходимость в изучении процесса пленкообразования, как определяющего при изготовлении маканых изделий.

Особый интерес представляет исследование влияния различных факторов на гелеобразование из латекса, так как физико-механические свойства сырого геля важны для предупреждения появления дефектов в процессе его усадки на стадии сушки.

Поэтому целью работы явилось изучение пленкообразования латексов с применением метода ионного отложения.

В качестве объекта исследования был выбран гетерополимерный изопрен-нитрильный латекс (с морфологией частиц типа «ядро-оболочка») [2], полученный затравочной безэмульгаторной сополимеризацией изопрена и нитрила акриловой кислоты на высококарбокислированных затравочных частицах (табл. 1).

**Таблица 1 – Коллоидно-химические свойства латекса**

Показатели	Значения
Массовая доля сухого вещества, %	43,2
Поверхностное натяжение, мН/м	40,9
рН	9,1
Размер частиц, нм	190,0
Дзета-потенциал, мВ	-51
Массовое соотношение ядро:оболочка	3:1

Исследовались закономерности влияния продолжительности ионного отложения на эластичность сырого геля (оценивалась по относительному удлинению (ГОСТ 12580-78)), массовую долю сухого вещества в сыром геле, толщину геля и конечной пленки (таблице 2). Испытания проводились на латексе, содержащем 30 % масс. сухих веществ. Формирование пленок осуществлялось методом коагулянтного макания (водный фиксатор  $\text{CaCl}_2$ , загущенный каолином).

**Таблица 2 – Влияние продолжительности ионного отложения на параметры сырого геля и конечной пленки**

Время ионного отложения, с	Эластичность сырого геля, %	Толщина сырого геля, см	Массовая доля сухого вещества в сыром геле, %	Толщина пленки, см
5,0	>1600	0,047	55,4	0,026
10,0	>1600	0,050	53,7	0,027
20,0	>1600	0,054	59,3	0,032
30,0	>1600	0,054	55,3	0,030
40,0	>1600	0,058	49,8	0,029
50,0	>1600	0,070	58,3	0,041
60,0	>1600	0,087	52,0	0,045

Результаты опыта показывают, что с увеличением времени ионного отложения толщина конечной пленки монотонно возрастает, при этом снижается концентрация сырого геля. Это можно объяснить формированием более рыхлого геля, образование которого происходит за счет первоначального отложения плотной пленки на поверхности подложки, что снижает скорость диффузии ионов кальция в водную дисперсию полимера.

В результате отмечается нелинейный характер зависимости толщины готовой пленки (по завершении операций гелеобразования, синерезиса и сушки) от продолжительности ионного отложения.

Полученные результаты исследования пленкообразования позволят составить рекомендации для использования исследуемого латекса в производстве тонкостенных резиновых изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вережников, В.Н. Синтез латексов [Текст] / В.Н. Вережников, Е.А. Гринфельд. – Воронеж: Издательство ВГУ, 2006. – 48 с.
2. Гринфельд, Е.А. Разработка новых латексов для изготовления гипоаллергенных медицинских перчаток / Е.А. Гринфельд, Л.К. Хватова, А.П. Один, Е.В. Галкина // Резиновая промышленность. Сырье, материалы, технология: Материалы 23-ой Российской научно-практической конференции. – М.: 2018. С.52–54.

## **ТРУБНЫЕ МАРКИ ПОЛИПРОПИЛЕНА – ЗАЛОГ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ СИБУР**

В рамках концепции устойчивого развития компания СИБУР придерживается мировых экологических, экономических и социальных трендов.

На выбор потребителей влияют потенциал продукта к переработке и повторному использованию, а также приверженность компании – производителя принципам устойчивого развития [1]. Для устойчивого развития компании необходимо совершенствовать свой перспективный продуктовый портфель.

Цель работы – перечислить положительные эффекты, формирующие ценность для клиентов в области устойчивого развития, от применения продуктов СИБУР; предложить технологическое решение по повышению вклада выбранного продукта в улучшение показателей устойчивого развития, как клиента, так и производителя.

Общие мощности СИБУРа по производству полиолефинов превышают 1,2 млн. тонн. Ежегодно компания экспортирует клиентам из FMCG, строительной и химической отраслей более 200 тыс. тонн полипропилена. Запуск комплекса «ЗапСибНефтехим», входящего в ТОП-5 крупнейших мировых проектов по базовым полимерам, в 2019 году позволил увеличить производство полиолефинов втрое и расширить марочный ассортимент выпускаемой продукции.

За 1-е полугодие 2020 года российские производители полипропилена (ПП) увеличили выпуск различных марок продукта на 26% по сравнению с аналогичным периодом 2019 года, достигнув отметки 765,3 тыс. т. Основной прирост обеспечивался мощностями Тобольского комплекса СИБУР (168,6 тыс. т за пять месяцев), «ЗапСибНефтехима» (193,1 тыс. т) и омского «Полиома» (78,9 тыс. т).

Исходя из требований увеличения жизненного цикла, производство линейки полипропилена, в частности трубных марок, будет занимать одно из главных мест в продуктивном портфеле.

В 2016 году продуктовый портфель СИБУРа расширен новыми продуктовыми решениями линейки полипропилена.

Основными типами полипропилена, доступными на рынке, являются гомополимерные и сополимерные марки материала.

Гомополимер полипропилена характеризуется высокой удельной прочностью, жесткостью и прочностью по сравнению с сополимерными марками полипропилена. Эти свойства в сочетании с высокой химической стойкостью и свариваемостью позволяют использовать материал при производстве многих коррозионностойких изделий. Гомополимер полипропилена применяется в производстве труб для канализационных систем внутри помещений, а также для фитингов.

Сополимер полипропилена характеризуется большей мягкостью, но и более высокой ударной прочностью и долговечностью по сравнению с гомополимером пропилен. Этот материал характеризуется пластичностью благодаря сополимеризации в нужных пропорциях пропилен с этиленом. Материал подходит для производства полипропиленовых труб в отопительных и водопроводных системах.

Компания СИБУР, к примеру, выпускает полипропилен трубных марок – PP H007 EX/1(для ненапорных труб) и PP R003 EX/1(для напорных труб).

Трубы из ПП легче и дешевле стальных, они обладают высокой химической и коррозионной стойкостью к водопроводной воде и имеют продолжительный срок службы (20–50 лет).

Главное достоинство термопласта полипропилена – это способность к формованию в расплаве и повторной переработке.

В процессе переработки полипропилена, включающей рециклинг, собранное вторичное сырье отправляется на дробление, промывку и сушку, затем смешиваясь с первичными гранулами ПП, полимерная смесь проходит стадию экструзии.

В конечном итоге получают ПП трубы ненапорного давления, использующиеся в неответственных изделиях (каналы электропроводки и пр.).

Таким образом, сочетание переработки ПП с рециклингом, позволяет: обеспечить химическую нейтральность, ведущую к уменьшению количества уходящих в почву вредных веществ; вернуть вторичные материальные ресурсы в сферу производства и потребления; сократить потребление первичных природных ресурсов; уменьшить нагрузку на природную среду путем значительного снижения потока отходов на полигонное захоронение и сжигание; способность заменить стальные трубы с меньшим углеродным следом более безопасными для экологии материалами; снизить себестоимость производимой с использованием вторичного сырья продукции, сделать ее конкурентоспособной на рынке.

Студ. А.И. Семерунчик  
В.Ю. Соломоненко, Е.Д. Хлабыстов, Ю.В. Яровая  
Науч. рук. проф. В.А. Седых (кафедра ТОСПиТБ, ВГУИТ)

## **ЭЛЕМЕНТЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОДУКЦИИ КОМПАНИИ СИБУР**

Тема устойчивого развития прочно вошла в современный мир. Главным должно быть не изобретение, а всесторонний анализ последствий его использования – экологических, социальных, экономических.

Основная идея, является достижение экоэффективности, т.е. производства продукции по конкурентной цене при снижении воздействия на окружающую среду и повышении интенсивности использования ресурсов в течение жизненного цикла (система LCA – оценка жизненного цикла продукта) [1].

Цель работы – перечислить положительные эффекты, формирующие ценность для клиентов в области устойчивого развития, от применения продуктов СИБУРа, а также предложить технологические решения по повышению вклада выбранного продукта в улучшение показателей устойчивого развития, как клиента, так и производителя.

Проанализировав примеры модернизаций зарубежных и отечественных компаний (Роснефть, ФосАгро, BASF) определены направления движения крупных компании химической отрасли.

Из структуры распределения выручки СИБУР выбор остановили на пластиках. СИБУР имеет четыре завода по производству пластиков и продуктов органического синтеза, вспенивающегося полистирола, акрилатов. Данный сегмент по данным за 2019 год приносит компании 51 млрд. руб., что составляет 29% выручки компании.

Современной тенденцией в сфере производства пластиков является внедрение на предприятиях экономики замкнутого цикла, декарбонизация производства (уменьшение выбросов парниковых газов).

Известно, что углеродный след продукции, произведённый из первичных ресурсов, намного выше, чем у продукции, полученной из вторичного сырья. Пластиковые отходы должны перерабатываться, так как разлагаются за 100-200 лет, а при сжигании пластика выделяются токсичные вещества.

Наибольшее применение пластики находят в сфере упаковки. Это обусловлено их относительной дешевизной, возможностью массового производства, инертностью, эстетическим достоинством. Отсюда пла-

стиковых отходов образуется достаточно много. Недостаток – устойчивость к самопроизвольному разложению, необходимо квалифицированно использовать в строительстве.

На примере вспенивающегося полистирола (ПСВ) сформирована система показателей оценки вклада в устойчивое развитие СИБУРа. Вклад оценивался в экономическую, экологическую и социальную сферы. Анализ проводили при рассмотрении всего жизненного цикла продукции.

СИБУР производит ПСВ в основном для упаковочных материалов и теплоизоляционных строительных плит. Использование ПСВ плиты в качестве теплоизоляционного материала значительно сократит энергопотребление. Долговечность плит достигает 80 лет.

При организации системы раздельного сбора пластика, возможно, направить до 10% вторичного полистирола от упаковочных материалов в производство ПСВ. В результате, используя полистирол упаковок вторично, удовлетворяем растущие потребности рынка в теплоизоляционных материалах.

Поскольку пенополистирол на 97–98% состоит из полых ячеек и только на 2–3% из собственно полистирола, поэтому возить воздух экономически и экологически не выгодно (в атмосферу при транспортировке попадают выхлопные газы). Отсюда предлагается идея «мобильной станции вспенивания».

Суть – поместить в размеры грузового контейнера станцию по производству пенополистирольных плит из ПСВ. В результате воздействия пара парогенератора, на гранулы ПСВ расширяются и принимают требуемую форму. Выделяющиеся пары изопентана конденсируют и утилизируют. Полученная теплоизоляционная плита используется по месту строительства.

Реализация предлагаемого технического решения облегчит сбыт ПСВ компании СИБУР. В результате использования «мобильной станции вспенивания», по предварительной оценке, уменьшаются выбросы парниковых газов на 80–87%. Увеличение жизненного цикла полистирола формирует ответственное отношение к полимерным отходам и создание положительного экологического имиджа компании.

Совмещение первичного ПСВ с вторичным полистиролом с учетом затрат на передвижные станции обеспечит прибыль до 100-130 млн. руб. в год и самоокупаемость через 4 года.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Top 10 ESG Trends in Chemicals[Electronic resource]// <https://adanalytics.com/2020/07/24/top-10-esg-trends-in-chemicals/> Data of access : 16.03.2021.



УДК 678.7

Магистрант М. А. Кулигина; студ. А. Ю. Василевская  
Науч. рук. зав. кафедрой О.В. Карманова (кафедра ТОСПиТБ, ВГУИТ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧУКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Бутилкаучук является продуктом сополимеризации изопрена и изобутилена, малое содержание изопреновых звеньев – 0,5–5 % мол., позволяет обеспечить его устойчивость к действию щелочей, кислот, спиртов и других агрессивных сред, а, следовательно, и его атмосферостойкость, что обусловило его широкое применение в различных отраслях техники. Для получения термостойких резин, эксплуатируемых при 180–200 °С бутилкаучук вулканизуют при температурах не ниже 160 °С акилфенолформальдегидными смолами в присутствии хлорсодержащих активаторов [1].

Известно, что ионизирующие излучения вызывают деструкцию бутилкаучука. Поэтому для регенерации резин на его основе применяют радиационные технологии [2].

Проведены исследования влияния радиационной обработки бутилкаучука и его смоляных вулканизатов на параметры вулканизационной структуры образцов.

В микросмесителе Vrabender изготавливали резиновые смеси, содержащие каучука БК-1675Н, смолу SP-1045, Наирит ДП, оксид цинка, стеариновую кислоту, масло ПМ, технический углерод. Резиновую смесь вулканизовали при температуре 155 °С в течение 90 минут в соответствии с рекомендациями ГОСТ ISO 2393-2016.

Образцы каучука и вулканизатов на его основе подвергали обработке ионизирующим излучением (ускоренные электроны) в диапазоне поглощенных доз 30-140 кГр. Оценивали остаточную плотность поперечных связей, которую определяли методом равновесного набухания в толуоле. Определяли равновесную степень набухания  $Q$ , молекулярную массу между узлами пространственной сетки  $M_c$ , эффективную концентрацию поперечных связей  $n_{эф.}$ , плотность сетки вулканизата  $\nu$ . Каждый показатель определяли как среднее арифметическое трех параллельных измерений. Результаты исследований представлены в таблицах 1–2.

При расчете плотности сшивания облученных резин учитывали, что под действием ионизирующего излучения происходит деструкция макромолекул и поперечных связей вулканизата и определяется оста-

точная плотность сшивания. В то время как для образцов на основе облученного бутилкаучука определяется действительная плотность сшивания.

**Таблица 1 – Структурные параметры вулканизатов на основе облученного каучука**

Доза облучения, кГр	Q, %	Mc	$n_{эф}$ , $см^{-3} \times 10^{19}$	$\nu$ , моль/ $см^3 \times 10^5$
Исходный	272,6	25620	2,14	3,55
30	370,6	53029	1,18	1,95
60	416,5	82127	0,69	0,98
90	400,8	130193	0,42	0,70
120	364,2	139441	0,39	0,65
140	растворился			

Установлено интенсивное снижение плотности поперечных связей вулканизатов на основе облученных дозой выше 60 кГр каучуков, облучение дозой 140 кГр привело к полному растворению образцов.

**Таблица 2 – Структурные параметры облученных вулканизатов**

Доза облучения, кГр	Q, %	Mc	$n_{эф}$ , $см^{-3} \times 10^{19}$	$\nu$ , моль/ $см^3 \times 10^5$
Исходный	226,1	22500	2,43	4,05
30	724,6	108924	0,51	0,84
60	764,6	208940	0,22	0,36
90	768,9	248576	0,23	0,39
120	растворился			
140	растворился			

Для облученных вулканизатов интенсивная деструкция поперечных связей протекает уже при дозе 30 кГр, а растворение наступает при 120 кГр.

Анализ результатов испытаний показал, что при облучении каучука с последующим получением на его основе вулканизатов снижение плотности сшивания снижается в 5 раз, а при облучении вулканизатов – в 10 раз.

Результаты исследований будут использованы при разработке методов регенерации отработанных резин на основе бутилкаучука.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверко-Антонович Л.А., Давлетбаева И.М., Кирпичников П.А. Химия и технология синтетического каучука. –М.: КолосС, 2008. - 357 с.
2. Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., Kayushnikov S.N., Shashok Zh.S., Polevoy P.S. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation // Radiation Physics and Chemistry. 2019. V. 159. P. 154–158.

Студ. Л.В. Капустян; магистрант А.А. Чвирова  
Науч. рук. зав. кафедрой О.В. Карманова (кафедра ТОСПиТБ, ВГУИТ)

### **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА КОМПЛЕКСНЫХ АКТИВАТОРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ НА ИХ ВУЛКАНИЗАЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ**

Вулканизация как заключительный процесс получения резиновых изделий с заданными свойствами определяет комплекс упруго-прочностных свойств получаемых резин [1]. В настоящее время в рецептуростроении используются вулканизирующие системы, включающие соединения различных классов. Поэтому необходимо учитывать взаимодействие между компонентами вулканизирующей группы как на стадии приготовления композиций, так и на стадии вулканизации [2]. Проведены исследования вулканизационных свойств резиновых смесей и физико-механических показателей наполненных резин на основе каучука СКИ-3, которые включали: вулканизирующий агент - серу, ускоритель вулканизации – сульфенамид Ц, комплексный активатор вулканизации на основе оксида цинка, жирной кислоты, бентонита. Исследовали 4 типа опытных образцов, которые были изготовлены с использованием бентонита разной дисперсности (шифры образцов Б-1, Б-2, Б-3, Б-4). Методом ситового анализа определен гравиметрический состав бентонитовых порошков 4-х марок. Установлено, что в бентонитах шифров Б-1 и Б-2 максимальное содержание фракции 0,05 мм; в образце Б-3 – 0,2 мм; для образца шифра Б-4 – 0,1 мм.

При исследовании свойств резиновых смесей, изготовленных на основе комплексных активаторов вулканизации с разными марками бентонита установлено, что лучшие вулканизационные характеристики имеют образцы Б-1 и Б-2. По физико-механическим показателям резин все исследуемые образцы близки. Установлено, что относительное удлинение при разрыве резин увеличивается при использовании активаторов вулканизации, содержащих бентонитовые порошки с большим содержанием мелких фракций.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Шершнева, В. А. Развитие представлений о роли активаторов серной вулканизации углеводородных эластомеров. Часть 1 // Каучук и резина. – 2012. – № 1. – С. 31–36.
2. Карманова О. В. Технологические активные добавки на основе сопутствующих продуктов производства растительного масла // Каучук и резина. 2009. № 5. С. 18–21.

Студ. К.Д. Сафонов, С.А. Голубева  
 Науч. рук. доц. В.Н. Щербаков  
 (кафедра ТОСПиТБ, ВГУИТ, ООО «Совтех», г. Воронеж)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ АКТИВАТОРОВ ВУЛКАНИЗАЦИИ В РЕЦЕПТУРЕ ФОРМОВЫХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИ**

Проблема оптимизации режимов вулканизации и получение резинотехнических изделий высокого качества связаны с использованием компонентов, которые максимально проявляют свои функциональные свойства в реакциях вулканизации. К таким компонентам можно отнести комплексные активаторы вулканизации, включающие оксид цинка, жирные кислоты, тонкодисперсные наполнители [1].

Проведены исследования свойств формовых резиновых смесей и вулканизатов на основе каучука СКИ-3 при замене оксида цинка и стеариновой кислоты на продукты марки Вулкатив производства ООО «Совтех» (г. Воронеж), которые представляют собой комбинацию оксида цинка, стеариновой кислоты и бентонита в разных соотношениях: Вулкатив С-1, Вулкатив С-2, а также Вулкатив С-Н, содержащий вместо бентонита органоминеральный комплекс [2]. Рецептура резиновых смесей включала также серу, сульфенамид Ц, технический углерод П514, парафин. Результаты испытаний приведены в таблице.

**Таблица – Физико-механические показатели формовых резин**

№	Показатели	Шифры образцов			
		С-1	С-2	С-Н	Стандартный
3	$M_{300}$ , МПа	14,3	11,6	12,8	13,5
4	$f$ , МПа	22,6	20,4	21,9	19,0
5	$\epsilon$ , %	447	474	467	374

Установлено улучшение физико-механических показателей в присутствии опытных продуктов (табл.). По нашему мнению, это обусловлено увеличением активных центров сшивания при использовании комплексных активаторов вулканизации и формированием более равномерной пространственной структуры вулканизата.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Карманова О.В., Попова Л.В., Пойменова О.В., Гусев Ю.К. Создание активирующих систем для эффективной вулканизации эластомеров // Вестник ВГУИТ. 2014. № 3 (61). С. 126–129.
2. Карманова О.В. Технологические активные добавки на основе сопутствующих продуктов производства растительного масла // Каучук и резина. 2009. № 5. С. 18–21.

## **ВЛИЯНИЕ ТИПА ВУЛКАНИЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА СВОЙСТВА АТМОСФЕРОСТОЙКИХ РЕЗИН**

В настоящее время в строительной индустрии широко применяются мягкие кровельные материалы (покрытий и уплотнительных деталей), от которых зависит общее состояние остальных элементов кровли. Они изготавливаются на основе атмосферостойких каучуков, наполненных техническим углеродом или минеральными наполнителями (для кровель в цветном исполнении) [1].

Проблема современного рынка кровельных материалов заключается в том, что эластомерные материалы подвержены разрушению на открытом воздухе в результате атмосферных воздействий. Поэтому задача повышения стойкости кровельных материалов к различным видам внешних воздействий является актуальной.

Цель работы – разработка рецептурно-технологических решений по созданию эластомерных композиций, предназначенных для изготовления кровельных материалов, стойких к атмосферному и тепловому старению; исследование их технологических, вулканизационных, физико-механических свойств и эксплуатационных показателей (различных видов старения).

В работе использовали атмосферостойкий тройной сополимер – этиленпропиленовый каучук, имеющий небольшое количество двойных связей в боковой цепи полимера, благодаря чему он может вулканизоваться с применением серы, ускорителей высокой активности и активаторов, пероксидами с применением различных соагентов вулканизации [2]. При вулканизации СКЭПТ с применением пероксидов получают резины повышенной термостойкости.

Разработаны две рецептуры резиновых смесей для черных (I) и цветных (II) кровельных материалов на основе 100 масс.ч. этилен-пропилен-диенового каучука (СКЭПТ). Для наполнения были выбраны: технический углерод ТУ П-514 (68 масс.ч.) – для образца I, комбинация минеральных наполнителей (74 масс.ч.) белая сажа БС-115 + микроволлостанит марки Миволл в соотношении 1:2 – для образца II. Применяли мягчитель – минеральное масло. Вулканизирующий агент – Пероксимон F-40. Для повышения степени сшивания и увеличения скорости вулканизации применение соагент пероксидной вулканизации, обеспечивающий образование нескольких типов поперечных связей – Вулкаген П103-12. Использовали два типа активаторов вулканизации: цинковые

белила марки БЦОМ +стеариновая кислота или комплексный активатор с содержанием оксида цинка 30 % мас. марки Вулкатив С-1. Таким образом, получены 4 варианта эластомерных композиций: I-ЦБ, I-В, II-ЦБ, II-ВС-1.

Изготовление резиновых смесей осуществляли в две стадии:

1. изготовление маточной смеси в микросмесителе «Vrabender»;
2. введение вулканизирующей системы на вальцах ЛБ 320-160/160.

Вулканизаты получали прогревом смесей в прессе с электрообогревом.

В ходе изготовления резиновых смесей отмечено, что при использовании технического углерода и системы минеральных наполнителей образцы характеризуются удовлетворительными технологическими свойствами. По вулканизационным характеристиками преимущество имели саженаполненные композиции. Введение в рецептуру комплексного активатора вулканизации обеспечивало увеличение скорости вулканизации в главном периоде.

Анализ физико-механических свойств резин показал, что условная прочность при растяжении и относительное удлинение при растяжении выше у саженаполненных образцов, содержащих Вулкатив С-1. Требуемые значения твердости и сопротивления раздиру обеспечиваются для всех вариантов резин. Однако, влияние активаторов на данные показатели неоднозначно. Поэтому требуется провести дополнительные исследования по определению плотности сшивания исследуемых образцов и разработать варианты рецептур с разным содержанием вулканизирующих агентов, соагентов и активаторов вулканизации.

При испытании на стойкость к старению установлено, что коэффициенты старения по прочности и относительному удлинению выше у саженаполненных образцов и незначительно отличаются при варьировании активаторов вулканизации.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что разработанные рецептуры кровельных материалов в черном и цветном исполнении обеспечивают необходимый комплекс технологических, вулканизационных, упруго-прочностных свойств и стойкость к старению. Применение эффективной вулканизирующей системы будет способствовать улучшению стойкости к внешним воздействиям кровельных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Осошник И.А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2007. – 972 с.
2. Корнев А.Е., Буканов А.М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. – М.: НППА «Истек», 2009. – 504 с.

## **ОЦЕНКА КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К СОЛЯМ МЕДИ**

Введение. Микроэлементы – важные минеральные элементы, необходимые как для развития растений, так и для человека. Нехватка микроэлементов приводит к замедлению роста сельскохозяйственных и лесных культур. Поэтому микроэлементы необходимо использовать в качестве удобрений для повышения эффективности NPK удобрений. Микронутриенты улучшают вкусовые свойства сельскохозяйственных растений, их урожайность, устойчивость к засухе, вредителям и болезням. Урожайность при использовании микроэлементов увеличивается от 10 до 70%, в зависимости от вида вносимого в почву микроэлемента.

На торфянистых и на кислых песчаных почвах Беларуси наблюдаются признаки медного голодания, что неблагоприятно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. При недостатке в почве меди у зерновых культур белеют и засыхают кончики листьев. При сильном недостатке меди растения начинают усиленно куститься, но в дальнейшем колошения не происходит, и весь стебель постепенно засыхает. Высокие дозы азотных удобрений усиливают потребность растений в меди и способствуют обострению симптомов медной недостаточности.

Особенность действия солей меди заключается в том, что этот микроэлемент повышает устойчивость сельскохозяйственных растений к грибковым и бактериальным заболеваниям, снижает поражаемость зерновых культур головнёй, повышает устойчивость растений к бурой пятнистости.

Перспективным способом введения микроэлементов является использование комплексных соединений. Комплексоны и комплексоны на их основе можно отнести к достаточно перспективным биологически активным соединениям. Они обладают рядом ценных свойств: практически нетоксичны, хорошо растворимы в воде, обладают высокой устойчивостью в широком диапазоне значений pH, адсорбируются почвой и не разрушаются микроорганизмами, длительное время удерживаются в почве, хорошо сочетаются с различными ядохимикатами.

Основным свойством комплексонов является способность образовывать с большинством ионов металлов в водных растворах комплексоны, устойчивость которых высока, и соответствующий катион вводимого металла не обнаруживается при помощи классических аналитических методик.

К синтетическим комплексонам относится этилендиаминтетрауксусная кислота, диэтилентриаминпентауксусная кислота, дигидроксипутилен-диаминтетрауксусная кислота, этилендиаминдиантарная кислота, окси-этилидендифосфоновая кислота, нитрилтриметиленфосфоновая кислота. Для этих соединений характерно наличие высокого значения константы комплексообразования и высокой цены. Механизм комплексообразования этих соединений хорошо изучен.

Технические лигносульфонаты (ЛС), являющиеся отходом производства целлюлозы по сульфитному способу, могут быть использованы как комплексообразователи. Известны коммерческие препараты на основе ЛС и биогенных элементов – меди и цинка (продукция фирм Marasperse AG, Borrechel Micronutrients).

В отечественной литературе работ, связанных с использованием ЛС в качестве комплексообразователей, крайне мало. Поэтому целью настоящей работы является исследование комплексообразующей способности технических ЛС трёх производителей (производство Сясьского, Выборгского и Соликамского целлюлозно-бумажных предприятий, РФ) с сульфатом, ацетатом, хлоридом и нитратом меди.

Методика эксперимента. В мерную колбу на 25 мл к 2 мл 1%-ного раствора ЛС добавляли различные объёмы раствора соли меди, раствор буферной смеси  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  до метки. Раствор перемешивали и визуально оценивали его прозрачность без использования нефелометра и спектрофотометрического оборудования [1]. Концентрация ЛС составляла 0,010 г/мл, солей меди – от 0,004 до 0,010 г/мл (на ион меди). Значение ёмкости ЛС рассчитывали в тех экспериментах, в которых получали переход из прозрачного раствора к непрозрачному (мутноватому) раствору.

Выводы. Установлено, что ёмкость по отношению к ЛС колеблется в пределах 15–66% в пересчете на ион меди. Наибольшая ёмкость наблюдается для ЛС Выборгского ЦБК: 66, 65, 41, 15 (%) в ряду ацетат, сульфат, хлорид, нитрат, соответственно. Среднее положение занимает ЛС Сясьского комбината – 52, 45, 51, 20 (%), наименьшая ёмкость у ЛС Соликамского ЦБК – 33, 28, 44, 15 (%).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. М.А. Зильберглейт. Использование метода цветометрии для контроля за концентрацией технических лигносульфонатов / М. А. Зильберглейт; Полимерные материалы и технологии, Т.1 (2015), №1, 75–78 с.



## **СВОЙСТВА УКСУСНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Уксус и уксусная кислота, полученные микробным синтезом, широко используется в быту и различных отраслях промышленности. Однако при производстве уксуса возникает ряд проблем, обусловленных высокой чувствительностью ряда продуцентов к содержанию молекулярного кислорода в ферментационной среде [1]. Кроме того, промышленные штаммы-продуценты со временем могут утрачивать свои свойства, что требует их совершенствования либо замены.

Целью настоящей работы являлось выделение из природных источников новых высокопродуктивных штаммов уксуснокислых бактерий (УКБ) и изучение их свойств.

Для выделения УКБ в работе использовали образцы яблок, груш, рябины, винограда, красной смородины, испорченного вина. Накопительные культуры бактерий получали с использованием жидкой среды Лойцянской [2]. В качестве источника углерода добавляли этиловый спирт (4% об.). Для подавления роста грибов вносили антибиотик (флуконазол). В среду помещали 3–4 г сырья и культивировали в течение 7 суток при температуре 28–30°C и частоте встряхиваний 200 мин<sup>-1</sup> (шейкер-инкубатор Environmental Shaker-incubator ES-20 (BIOSAN, Латвия)).

Далее производили высеv суспензий из колб на агаризованную среду с дрожжевым экстрактом (источник факторов роста) и мелом (индикатор образования органических кислот). Через 7 суток отбирали колонии микроорганизмов при условии наличия вокруг них зон просветления среды (признак выделения кислот). Чистые культуры бактерий получали по стандартным методикам [3]. Полученные продуценты культивировали в жидкой среде и образцы КЖ проверяли на наличие уксусной кислоты по [2]. Из более чем десяти выделенных штаммов УКБ далее изучали тот, для которого на плотной среде с мелом отмечены зоны просветления наибольшего диаметра.

Морфологические характеристики продуцента определяли при помощи микроскопа «Биологический». Приготовление препаратов производили согласно [3]. Установлено, что исследуемые бактерии представляют собой палочковидные клетки размером (0,4–0,7) × (0,7–1,4) мкм, грамтрицательные, спор не образуют.

Для выявления влияния интенсивности перемешивания на рост изучаемых УКБ культивирование проводили с использованием шейкера-инкубатора при температуре 30°C, число встряхиваний варьировали в пределах 50–250 мин<sup>-1</sup> с шагом 50 мин<sup>-1</sup>. Оптическую плотность суспензий измеряли 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 в интервале частот встряхивания 200–250 мин<sup>-1</sup> оптическая плотность клеточных суспензий быстрее достигает наибольших значений, что определяет выбор условий перемешивания для дальнейших экспериментов. При меньшей интенсивности перемешивания скорость роста культуры снижается, но гибель бактерий не наступает, что важно в случае промышленного использования УКБ.

Далее определяли динамику накопления бактериями уксусной кислоты в условиях периодического глубинного культивирования при температуре 30°C и интенсивности встряхиваний 200 мин<sup>-1</sup>. Содержание уксусной кислоты определяли титриметрическим методом [2].

Установлено, прирост биомассы происходит одновременно с накоплением кислоты. Наибольшая оптическая плотность суспензии (0,37) наблюдалась к 80-му часу культивирования, что соответствовало концентрации биомассы в КЖ около 0,16 г/дм<sup>3</sup>. Значение рН при этом достигало 3,2, концентрация кислоты – 2,3%. При дальнейшем культивировании анализируемые показатели изменялись незначительно. Это позволяет сделать вывод, что к 80-му часу этиловый спирт практически полностью потребляется микроорганизмами.

В целом согласно результатам проведенных исследований при исходной концентрации спирта 4% об. в КЖ накапливается не более 2,9% уксусной кислоты. Для повышения этого показателя необходимо переход на ферментацию с подпиткой или осуществление ее в проточном режиме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Генюш, И.В. Выделение и характеристика активных продуцентов уксусной кислоты / И.В. Генюш, В.Ю. Кузьмицкая, Н.А. Белясова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2015, № 4. – с. 89–93.

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.

3. Белясова, Н.А. Микробиология. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биоэкология», «Биология» / Н.А. Белясова. – Минск: БГТУ, 2007. – 160 с.

Студ. И.Д. Кучук; магистрант А.А. Масехнович  
Науч. рук. доц. И.А. Гребенчикова (кафедра биотехнологии, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ДИНАМИКУ РОСТА И МОРФОЛОГИЮ НИТЧАТЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Явление нитчатого вспухания сопровождается чрезмерным развитием в активном иле практически постоянно присутствующих в нем организмов с нитчатой структурой (хламидобактерий, цианобактерий и др.). За счет увеличения объема ила, ухудшения его седиментационных свойств вспухание приводит к проблемам разделения иловой смеси: происходит флотация биомассы, вынос ее из вторичных отстойников и в итоге – загрязнение природных водоемов [1].

Целью настоящей работы являлось изучение свойств одного из видов нитчатых бактерий, постоянно в массе присутствующих в иловой смеси городской очистной станции, для разработки мероприятий по профилактике вызываемого им нитчатого вспухания.

Согласно ранее проведенным исследованиям [2], изучаемые бактерии представляют собой палочковидные клетки размером  $3,0 \times (1,5-2,0)$  мкм с перитрихальным типом жгутикования, грамположительные, спор, капсул, чехлов не образуют, на плотной и в жидкой средах формируют нитчатые структуры длиной до 250 мкм.

Культивирование бактерий осуществляли на средах, основой которых служила среда ММ9 [3], с добавлением дрожжевого экстракта (изучаемые микроорганизмы являются ауксотрофными).

Технологии очистки сточных вод в большинстве случаев предполагают аэрирование иловой смеси в биореакторах, при котором происходит насыщение жидкости кислородом воздуха и ее перемешивание. Для выявления влияния интенсивности перемешивания на рост исследуемых бактерий культивирование проводили с использованием шейкера-инкубатора Environmental Shaker-incubator ES-20 (BIOSAN, Латвия) при температуре 30°C, число встряхиваний варьировали в пределах 50–250 мин<sup>-1</sup> с шагом 50 мин<sup>-1</sup>. Оптическую плотность суспензий измеряли при помощи спектрофотометра Specord M40 (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия) при длине волны 600 нм (кюветы с толщиной оптического слоя 1 см).

Согласно результатам эксперимента, интенсификация перемешивания и, соответственно, поступления кислорода в культуральную жид-

кость приводит к пропорциональному росту оптической плотности суспензий, однако при этом культура представлена одиночными клетками либо короткими нитями, равномерно распределенными в жидкости. Напротив, отсутствие перемешивания способствует формированию длинных нитчатых структур и их агрегатов (достаточно плотного осадка, пленки). Полученные данные позволяют предположить возможность развития нитчатого вспухания, вызываемого данным видом бактерий, в биореакторах с чередованием зон с различным режимом аэрирования иловой смеси, а также при наличии в сооружениях застойных зон.

Представляло интерес изменение морфологии изучаемых бактерий и способность формировать нити в зависимости от степени концентрации среды. Эксперимент проводили при разбавлении основной среды с коэффициентами 3, 5, 10, 50, 100.

Установлено, что наиболее интенсивный рост исследованных микроорганизмов, образование длинных нитчатых структур и их объединение в более крупные образования наблюдались при более высоких концентрациях компонентов среды. С увеличением степени разбавления пропорционально снижались количество и длина нитей. Таким образом, на городских очистных станциях данные бактерии могут вызывать нитчатое вспухание активного ила при поступлении концентрированных потоков сточных вод.

По результатам проведенных исследований для снижения вероятности развития данных бактерий в очистных сооружениях можно рекомендовать интенсификацию перемешивания иловой смеси во избежание образования застойных зон, а также усреднение сточных вод для предотвращения поступления в систему концентрированных потоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

2. Каленская, Е.И. Свойства бактерий, вызывающих нитчатое вспухание активного ила в аэротенках городской очистной станции / Е.И. Каленская, И.Д. Кучук // Наука – шаг в будущее: тез. докл. XIV студенческой науч.-практ. конф. факультета технологии органических веществ, Минск, 30 ноября – 4 декабря 2020 г. – Минск: БГТУ, факультет ТОВ, 2020. – с. 35.

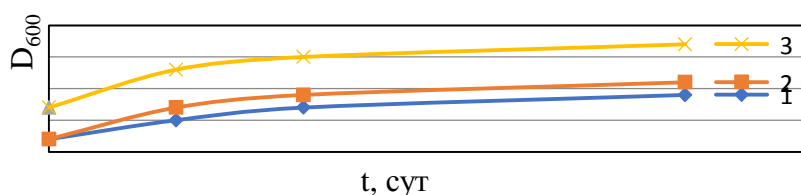
3. Белясова, Н.А. Микробиология. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов специальностей «Биотехнология», «Биоэкология», «Биология» / Н.А. Белясова. – Минск: БГТУ, 2007. – 160 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ $\beta$ -ГАЛАКТОЗИДАЗ И АНАЛИЗ ИХ АКТИВНОСТИ

Переработка и рациональное использование отходов пищевых производств – актуальная биотехнологическая задача. Одним из направлений переработки молочной сыворотки является получение глюкозо-галактозного сиропа с помощью ферментов  $\beta$ -галактозидаз, которые могут быть выделены из дрожжей, бактерий и грибов [1]. В настоящее время основными продуцентами  $\beta$ -галактозидаз являются мицелиальные грибы, однако их активность на несколько порядков ниже, чем у бактерий.

Цель работы – разработка способа получения внутриклеточных бактериальных  $\beta$ -галактозидаз и анализ их активности.

В качестве продуцентов фермента  $\beta$ -галактозидазы использовали бактерии *B. subtilis*, *E. coli*, *Lactobacillus acidophilus* из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ. Подготовку молочной сыворотки осуществляли путем нагрева до 95°C, 15 мин с целью коагуляции белков и пастеризации. За нарастанием содержания бактерий следили по изменению оптической плотности  $D_{600}$ . В конце культивирования клетки осаждали центрифугированием при 6000 об./мин, 10 мин. Для получения  $\beta$ -галактозидаз биомассу клеток обрабатывали лизоцимом, ЭДТА. Концентрацию белков и содержание лактозы определяли рефрактометрическим методом. На рисунке 1 приведены результаты наращивания биомассы для трех культур микроорганизмов.



**Рисунок 1 – Изменение светорассеивания среды при культивировании бактерий: 1 – *B. subtilis*, 2 – *E. coli*, 3 – *Lactobacillus acidophilus***

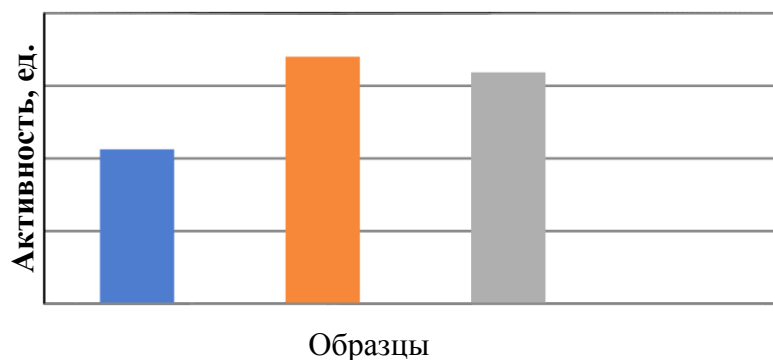
Как видно из рисунка 1, максимальное содержание клеток при росте на молочной сыворотке наблюдается для лактобактерий.

Для выделения внутриклеточных галактозидаз Гр<sup>+</sup> бактерии *Bacillus subtilis* обрабатывали лизоцимом (1 мг/мл), а Гр<sup>(-)</sup> бактерий

*Escherichia coli* и Gr(+) лактобактерии лизоцим и ЭДТА ( $10^{-3}$  М) в течение 1 ч при температуре 37°C. Гидролизованную биомассу бактерий осаждали центрифугированием, а надосадочную жидкость использовали для определения содержания белков и анализа их  $\beta$ -галактозидазной активности рефрактометрическим методом.

На рисунке 2 приведены результаты определения  $\beta$ -галактозидазной активности изученных микроорганизмов.

Известно, что при ферментативном гидролизе лактозы одна единица активности фермента  $\beta$ -галактозидазы соответствует выходу 1 мкМ/мин восстанавливающих сахаров [2]. Как видно из рисунка 2, максимальную  $\beta$ -галактозидазную активность проявляли бактерии *B. subtilis*. В присутствии ЭДТА активность выделенных ферментов терялась, что указывает на присутствие ионов металлов в их активном центре.



**Рисунок 2 – Величина  $\beta$ -галактозидазной активности бактерий: 1 – *E. coli*, 2 – *B. subtilis*, 3 – *Lactobacillus acidophilus*, 4 – сЭДТА**

Таким образом, в результате проведенной работы установлено, что бактерии *B. subtilis* при культивировании на молочной сыворотке проявляли большую ЭДТА зависимую  $\beta$ -галактозидазную активность, чем клетки *E. coli* и *Lactobacillus acidophilus*.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костеневич, А.А. Бактериальные  $\beta$ -галактозидазы: биохимическое и генетическое разнообразие / А.А. Костеневич, Л.И. Сапунова // Труды БГУ. – 2013. – Том 8. – С. 52– 63.
2. Скрипнюк, А.А. Современные методы получения  $\beta$ -галактозидаз / А.А. Скрипнюк, С.А. Рябцева // Технические науки. Наука. Инновации. Технологии. – 2014. – Вып. 3. – С. 197–204.

## **ВЫДЕЛЕНИЕ И ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

Сывороточные белки являются наиболее ценными компонентами молочной сыворотки, которые быстро и легко усваиваются организмом. В настоящее время белковые добавки являются одними из самых востребованных в пищевой и фармацевтической области.

Цель работы – получение сывороточных белков и лактоферрина из молочной сыворотки.

В работе использовали молочную сыворотку, полученную после кислотной коагуляции натурального обезжиренного молока. Неосветленная сыворотка представляет собой мутную грубодисперсную суспензию, включающую частицы жира, казеинатов, микроорганизмов.

Удаление грубодисперсных примесей и обеззараживание сыворотки проводили методом центрифугирования. Бактериальную обсемененность молочной сыворотки контролировали методом биолюминесценции. Для фракционирования белков молочной сыворотки использовали метод гель-хроматографии на колонке 1x40 см, заполненной сефадексом G-50. Анализ химического состава молока проводили с помощью ультразвукового анализатора молока Лактан 1-4, молочной сыворотки – с помощью рефрактометрического анализатора ИРФ-464.

Полученные результаты указывают на высокое содержание белков в молоке – 4,99%. Как известно, белки молочной сыворотки представлены казеинатами и сывороточными белками. Для определения общего содержания казеинатной фракции молоко подвергалось кислотной обработке при рН 4,6 – при этом крупные агрегаты казеинатов выпадают в осадок, в то время как сывороточные белки остаются в растворенной форме, как и мелкие ассоциаты казеиновых белков.

Содержание последних определяли взвешиванием сырого осадка после центрифугирования молочной сыворотки при 6000 об/мин в течение 10 мин. Содержание казеинатов составило 2,5%.

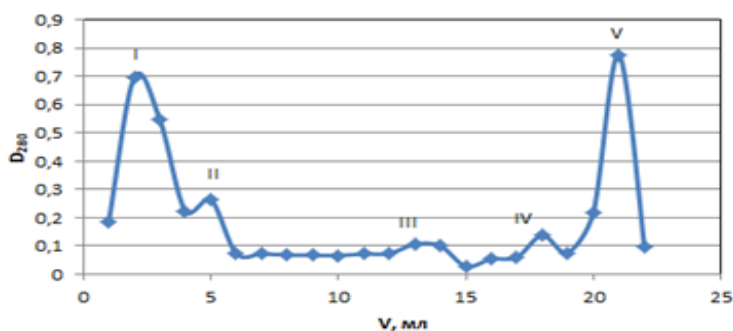
Для определения лактозы в молоке и молочной сыворотке осаждали все белки с помощью 4% соли CaCl<sub>2</sub>. О содержании лактозы судили по показаниям рефрактометра, предварительно построив калибровочную зависимость.

Полученные результаты приведены в таблице, на рисунке приведена гель-хроматограмма выделенных фракций сывороточных белков

и их содержание, определенное по величине оптической плотности  $D_{280}$ .

**Таблица – Химический состав молока и молочной сыворотки**

Показатели	Единицы измерения	Содержание	
		обезжиренное молоко	молочная сыворотка
1.Жир	%	0,49	0,4
2.Белок	%	4,98	4,2
- казеинаты	%	2,6	2,5
- сывороточные белки	%	2,4	1,7
3.СОМО	%	12,67	8,9
4.Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1047,99	1023,4
5. Лактоза	%	4,7	4,3
6. рН		7	6



**Рисунок 1 – Гель-хроматограмма разделения белков молочной сыворотки на колонке 1x40 см с сефадексом G-50**

Как видно из рисунка, выделяется 5 фракций белков. Фракция 1 выходила в свободном объеме колонки, что свидетельствует о высокой молекулярной массе ее белков, характерной для иммуноглобулинов. Остальные фракции соответствовали возможностям разделения белков сефадексом G-50, позволяющего фракционировать белки с молекулярной массой 15000–80000 Да.

Идентификация фракций по цветной реакции с хлоридом железа показала, что цвет раствора меняется только для фракции 2, что указывает на ее восстановительную активность, характерную для лактоферрина.

Таким образом, в результате выполненной работы было выделено пять фракций сывороточных белков, одна из которых была идентифицирована как лактоферрин.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки технологии получения лактоферрина и сывороточных белков из молочной сыворотки.



Студ. Д.И. Марзалюк  
Науч. рук. доц. А.В. Игнатенко  
(кафедра биотехнологии, БГТУ)

## **СОВМЕСТНОЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ И ДРОЖЖЕЙ НА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКЕ**

В молокоперерабатывающей отрасли при получении сыра, творога или казеина образуется молочная сыворотка, выход которой составляет примерно 90% всего молока, используемого для получения этих продуктов [1]. Молочная сыворотка является ценным вторичным сырьем, в котором содержатся практически все биологически активные вещества, присутствующие в молоке [3]. В этой связи переработка молочной сыворотки считается одной из актуальных эколого-биотехнологических задач.

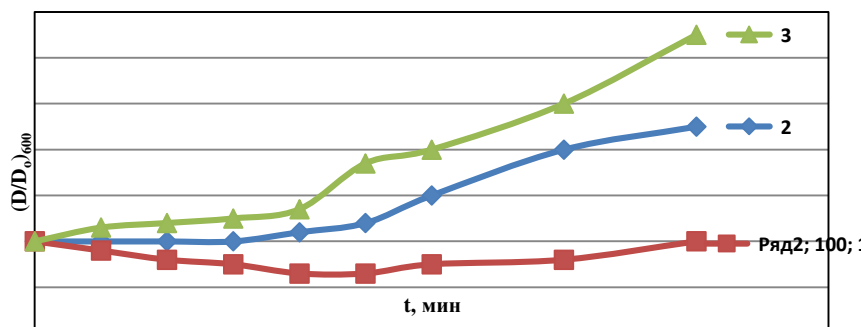
Среди важных направлений переработки молочной сыворотки можно выделить наращивание биомассы пробиотиков, дрожжей для производства функциональных продуктов питания и кормовых добавок, поскольку пробиотики подавляют развитие патогенной микрофлоры, а дрожжи являются хорошими продуцентами витаминов. Однако, дрожжи, кроме лактозоутилизирующих культур, не способны расти на молочной сыворотке и их выращивание на ней возможно только в условиях ассоциативных культур. С помощью микробных ассоциаций дрожжей и молочнокислых бактерий можно получать белково-витаминные препараты, которые находят широкое применение в пищевой промышленности [2, 3].

Целью работы была проверка возможности получения ассоциативной культуру пробиотиков и дрожжей на молочной сыворотке и оценка скорости их роста и наращивания биомассы микроорганизмов при совместном культивировании для производства функциональных продуктов питания и кормов.

В работе использовались чистые культуры молочнокислых бактерий закваски *Lactoferm*, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* и их совместная культура (1:1). Сыворотку осветляли центрифугированием при 2000 об/мин, 10 мин с помощью лабораторной центрифуги ОС-6М. Ростовую активность клеток и биомассу микроорганизмов определяли по изменению оптической плотности  $D_{600}$  сыворотки, которую измеряли с использованием спектрофотометра СФ-16 (РФ).

На рисунке приведены результаты отдельного и совместного культивирования молочнокислых бактерий *Lactoferm* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на молочной сыворотке. Как видно из рисунка

1, данный вид дрожжей слабо развивается на молочной сыворотке, в отличие от молочнокислых бактерий. Совместное культивирование дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий привело к ускорению роста бактерий в 1,5 раза.



**Рисунок 1 – Кинетика изменения относительной оптической плотности  $(D/D_0)_{600}$  при культивировании бактерий и дрожжей на молочной сыворотке:**

**1 – дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*; 2 – молочнокислые бактерии *Lactoferm*; 3 – ассоциативная культура (1:1) T = 20°C**

Таким образом, полученные результаты указывают на то, что в процессе совместного культивирования молочнокислых бактерий закваски *Lactoferm* и дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на молочной сыворотке образуется ассоциативная культура, обеспечивающая одновременно быстрый рост биомассы клеток дрожжей и бактерий. Совместное культивирование пробиотической культуры молочнокислых бактерий с дрожжевыми клетками увеличило биологическую активность и прирост биомассы в 1,5 раза, что может быть использовано при производстве функциональных продуктов питания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анацкая А.Г. Создание новых молочных продуктов // Молочная промышленность. - 2000. – № 2. – С. 29.
2. Разработка биотехнологии получения напитков функционального назначения на основе молочной сыворотки / Вестник развития науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 3–6.
3. Волкова Т.А., Кравченко Э.Ф. Новые напитки на основе молочной сыворотки. // Сыроделие, 2000. № 3. – С. 41.

**СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
И ФЛАВОНОИДОВ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ  
МОРОШКИ ПРИЗЕМИСТОЙ**

К числу малоизученных ягод относится морошка приземистая (*Rubus chamaemorus* L), содержащая различные биологически активные вещества. Место для произрастания – север Европы, в средней полосе европейской части России, в Беларуси, Сибири, на Дальнем Востоке, и в некоторых северных странах. Растёт на торфяных болотах, в заболоченных лесах, в моховых и кустарниковых тундрах, в арктической и северной лесной зоне. Это связано с тем, что повышенная влажность, прохлада, суровый климат являются лучшими условиями для ее распространения. Несмотря на значительный интерес в последнее время к данному виду как редкому и нуждающемуся в охране, так и потенциальному источнику биологически активных веществ, сведений о биохимическом составе морошки недостаточно. Поэтому важно получить новые сведения и изучить биохимический состав различных органов морошки приземистой.

Из биологически активных веществ наибольший интерес при изучении биохимического состава морошки приземистой представляет группа полифенольных соединений. Фенольным соединениям принадлежит важная роль в формировании фармакологических свойств. Антиоксидантные свойства любых растений обеспечиваются, как правило, деятельностью фенольных соединений, витамина С и др. Флавоноиды играют огромную роль в защите растений от бактериальной, вирусной и грибковой инфекции, от проникновения паразитов и повреждения насекомыми. Одной из наиболее заметных функций флавоноидов является их участие в защите растений от окислительного стресса благодаря выраженной антиоксидантной активности [1].

Морошка является лидером по количеству фенольных соединений среди северных ягод. В качестве объекта исследования использовали листья и ягоды морошки приземистой (оз. Лонно). Целью исследований являлось определение общего содержания фенольных соединений и флавоноидов в образцах морошки приземистой. Определение концентрации фенольных соединений проводили методом Фолина и Чокальтеу в модификации Сиглетона и Росси [2], содержание флавоноидов определяли по методике взаимодействия с  $AlCl_3$  [3]. Результаты исследований представлены в таблице.

**Таблица – Содержание фенольных соединений и флавоноидов  
в ягодах и листьях *Rubus chamaemorus* L.**

Объект исследования	Содержание внутриклеточных фенольных соединений, мг-экв галловой кислоты / г абсолютно сухого сырья	Содержание флавоноидов, мг-экв рутина/ г абсолютно сухого сырья
Листья	53,75	40,62
Ягоды	35,02	2,54

Проведенные исследования, результаты которых представлены в таблице, показали, что в листовых пластинках содержание фенольных веществ и флавоноидов выше, чем в ягодах морошки. Таким образом, листья морошки могут быть использованы для создания функциональных пищевых продуктов и продуктов лечебно-профилактического назначения с повышенным антиоксидантным действием.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина /Ю. С. Тараховский [и др.]; отв. ред. Е. И. Маевский – Пушино: Synchronbook, 2013 – 310 с.
2. Singleton V. L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent // *Methods in Enzymology*. 1999. Vol. 299. P. 152–178.
3. Антиоксидантная и антирадикальная активность in vitro экстрактов травы *Sanguisorba officinalis* L., собранной в различные фазы развития / Е.М. Мальцева, Н.О. Егорова, И.Н. Егорова // *Вестник уральской медицинской академической науки*. – 2011. – № 3(1). – С. 68.

УДК 573.6: 577.158

Студ. А.А. Климович (Минченя)

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

### **РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ПРИМЕНЕНИЮ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ДЛЯ ДЕГРАДАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ НА ОСНОВЕ 2,4-Д-КИСЛОТ И ПРОИЗВОДНЫХ СУЛЬФОНИЛМОЧЕВИНЫ**

В настоящее время при обработке посевов сельскохозяйственных культур для уничтожения сорной растительности используются боль-

шие объёмы различных гербицидов. Они, в свою очередь, являются серьёзными источниками загрязнения окружающей среды и представляют потенциальную опасность для здоровья населения.

Целью исследования стало изучение динамики деградации пестицидов на основе 2,4-Д и производных сульфонилмочевины при их совместном применении культурами бактерий-деструкторов в почве с использованием косубстратов.

В работе использованы штаммы-деструкторы пестицидов на основе 2,4-Д и производных сульфонилмочевины, выделенные из почвы (коллекция микроорганизмов кафедры биотехнологии БГТУ).

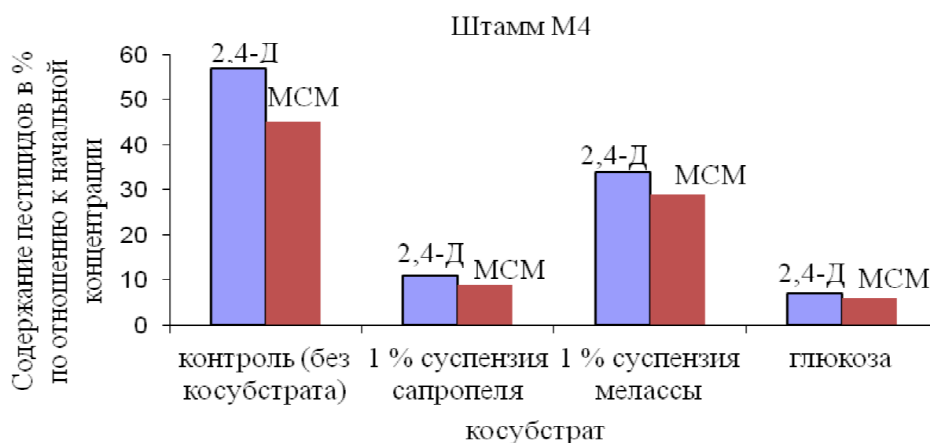
На начальном этапе отобрали штамм бактерий-деструкторов, проявивший наиболее активный рост, путем высева, предварительно полученных, изолированных колоний на плотную синтетическую питательную среду MM9, содержащую одновременно 2,4-Д (2- этилгексилэфир) и метсульфурон-метил (МСМ). Выращивали культуры в течение 3-х суток при температуре 25°C.

Выбранные бактерии охарактеризовали по морфологическим и физиолого-биохимическим признакам. Бактерии штамма М4 – грамотрицательные подвижные прямые палочки, обладающие каталазной активностью.

На питательном агаре колонии бактерий имеют круглую форму, диаметр 1-2 мм (средний), профиль выпуклый, край ровный, поверхность гладкая, колонии матовые, светло-желтого цвета, легко снимаются со среды.

Дальнейшим этапом исследований стал выбор наиболее эффективного косубстрата [1]. Суточную культуру бактерий разводили средой MM9, в соотношении 1:9, содержащей в качестве субстрата этилгексилэфир 2,4-Д (0,05 %), МСМ (0,05 %), а в качестве косубстратов: глюкозу (0,1 %); меласса (1 %); сапропель (1 %), инкубировали в колбах Эрленмейера объёмом 250 мл (объём среды 50 мл) с аэрацией в течение 48 часов. Остаточное количество пестицидов в среде контролировали методом ВЭЖХ-МС. Анализ проводили на высокоэффективном хромато-масс-спектрометре «Waters» с диодно-матричным спектрофотометрическим детектором PDA 996 и масс-детектором «Micromass ZQ 2000» (Waters, США), использовали колонку «HYPERASIL C18» длиной 250 мм, диаметром 4,6 мм и с размером частиц 5 мкм.

Запись масс-спектров производили в режиме регистрации положительных (ESI<sup>+</sup>) и отрицательных ионов (ESI<sup>-</sup>). Результаты исследований представлены в виде диаграммы (рисунок).



**Рисунок – Остаточное содержание пестицидов 2- этилгексилового эфира 2,4-Д и МСМ в культуральной жидкости после 24 ч культивирования бактерий-деструкторов**

Из рисунка видно, что наилучшими косубстратами в процессах деградации для бактерий-деструкторов МСМ и этилгексилового эфира 2,4-Д оказались глюкоза и сафрель. На следующем этапе НИР проводили испытания по изучению динамики деградации указанных пестицидов бактериями-деструкторами в модельной почвенной системе. В подготовленную стерильную почву вносили бактерии-деструкторы и гербициды, помещали в эксикатор и инкубировали при температуре 18-20°C в течение 6 недель. Влажность почвы поддерживали на уровне 40 %. В качестве косубстратов использовали сафрель и глюкозу. Культуры микроорганизмов-деструкторов интродуцировали в почву, куда предварительно вносили пестициды в количестве 0,01 % в соответствии со следующей схемой:

- почва + клетки бактерий-деструкторов + пестициды;
- почва + клетки бактерий-деструкторов + пестициды + глюкоза;
- почва + клетки бактерий-деструкторов + пестициды + сафрель;

Образцы почвы подвергали экстракции метиленхлоридом и определяли остаточное количество пестицидов методом ВЭЖХ-МС. Использование косубстратов в экспериментах с модельно-загрязненной почвой и интродуцированными бактериями позволило добиться остаточных количеств пестицидов на уровне 21,4 % по МСМ и полной деградации 2,4-Д 2-этилгексилового эфира.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцева О.В., Головлева Л.А. Изучение роли дополнительных субстратов при деградации ДДТ культурой *Pseudomonas aeruginosa* // Микробиология. – 1985. – Т. 54, Вып. 2. – С. 222–226.

Магистрант А.И. Лашук  
Науч. рук.: зав. кафедрой В.Н. Леонтьев (кафедра биотехнологии, БГТУ);  
зам. директора Е.Д. Расюк  
(РНПЦ трансфузиологии и медицинских биотехнологий)

## **ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРЕПАРАТА ИММУНОГЛОБУЛИНА ДЛЯ ВНУТРИВЕННОГО ВВЕДЕНИЯ**

Потребность в лекарственных препаратах иммуноглобулинов человека в нашей стране и за рубежом постоянно возрастает. Такие препараты входят в перечень жизненно необходимых и важнейших. Иммуноглобулины (для внутримышечного, подкожного, внутривенного введения, энтерального применения) применяют для заместительной терапии при первичных иммунодефицитах с нарушением продукции антител, заместительной терапии при вторичных иммунодефицитах, в качестве иммуномодулирующего средства и для специфической профилактики определенных бактериальных и вирусных инфекций [1].

Препарат иммуноглобулина для внутривенного введения получали на основе использования базовой технологии фракционирования плазмы донорской крови по Сohn с включением этапа вирусинактивации путем сольвент/детергентной обработки препарата. Для анализа использовали одну из приготовленных серий 5% раствора. Оценку контроля качества проводили в соответствии с частной фармакопейной статьей «Иммуноглобулин человеческий нормальный для внутривенного введения» 03/2016:0918, а также с [2].

Из вышеуказанных нормативных документов составлен проект фармацевтической статьи производителя (ФСП), в который вошли все основные показатели контроля качества.

К основным показателям контроля качества относятся следующие параметры: «Пирогенность», «Иммуноглобулин А», «Иммуноглобулин М», «Распределение молекул по размеру», «Антикомплементарная активность», «Активатор прекалликреина», «Анти-А и Анти-В геммагглютинины», «Анти-D-антитела», «Антитела к вирусу кори», «Антиальфастафилолизин», «Антитела к HBsAg», «Три-н-бутилфосфат», «Тритон X-100», «Мальтоза».

Каждый показатель соответствует оценке определенного свойства препарата на основе иммуноглобулина человека.

С помощью показателя «Распределение молекул по размеру» подтверждается подлинность препарата.

Показатели «Антикомплементарная активность», «Анти-А и Анти-В гемагглютинины» и «Анти-D-антитела» применяются для оценки специфической безопасности лекарственного препарата.

Параметр «Активатор прекалликреина» применяется для доказательства атромбогенности лекарственного препарата на основе иммуноглобулина человека.

Показатель «Антикомплементарная активность» также используется в качестве доказательной базы целостности молекулы иммуноглобулина, в частности, функционирования ее Fc конца.

Показатели «Антитела к вирусу кори» и «Антиальфастафилолизин» используются для изучения иммуномодулирующей и противовоспалительной активности препаратов на основе иммуноглобулина человека.

Показатель «Пирогенность» доказывает отсутствие в препарате бактериальных эндотоксинов и клеточных стенок грамотрицательных бактерий, способных вызвать у пациента побочные реакции в виде температуры после внутривенного введения.

Параметры «Три-н-бутилфосфат» и «Тритон X-100» вводятся в проект ФСП потому, что необходимо контролировать остаточное количество сольвента и детергента в конечном продукте, так как данные вещества являются токсичными в определенных концентрациях.

Если соблюдать рекомендации ЕАЭС [3] и Государственной Фармакопеи Республики Беларусь, это позволит провести разнонаправленную и многофункциональную оценку качества препарата иммуноглобулина для внутривенного введения. В свою очередь это способствует созданию конкурентоспособного и качественного лекарственного средства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методические подходы к экспертной оценке доклинических и клинических исследований препаратов иммуноглобулинов человека / В.Б. Иванов [и др.] // Медицинская иммунология. – 2017 – Т. 19, № 5 – С. 615–628.

2. Guideline on the clinical investigation of human normal immunoglobulin for intravenous administration (IVIg) / European Medicines Agency, 2018. – 14 p.

3. Решение Совета Евразийской экономической комиссии № 89 «Об утверждении Правил проведения исследований биологических лекарственных средств Евразийского экономического союза» / Астана: Евразийская экономическая комиссия, 2016. – 716 с.



Студ. А.В. Севостьянова  
Науч. рук.: зав. кафедрой В.Н. Леонтьев  
(кафедра биотехнологии, БГТУ);  
зам. директора Н.К. Юркштович  
(Государственное предприятие «АКАДЕМФАРМ»)

## АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛЕКАРСТВЕННОГО СРЕДСТВА «РОЗУТАТИН»

Целью исследования была оценка соответствия лекарственного средства «Розутатин, 5 мг», произведенное Государственным предприятием «АКАДЕМФАРМ», одному из важных показателей качества – подлинность.

Лекарственное средство «Розутатин» представляет собой таблетки, покрытые пленочной оболочкой, действующим веществом которого является розувастатин в виде розувастатина кальция.

Это препарат первой линии для коррекции гиперхолестеринемии у пациентов с факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, связанных с атеросклерозом [1]; является ингибитором 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермента А редуктазы (ГМГ-КоА-редуктазы) – фермента, превращающего 3-гидрокси-3-метилглутарил-кофермент А в мевалонат, предшественник холестерина [2].

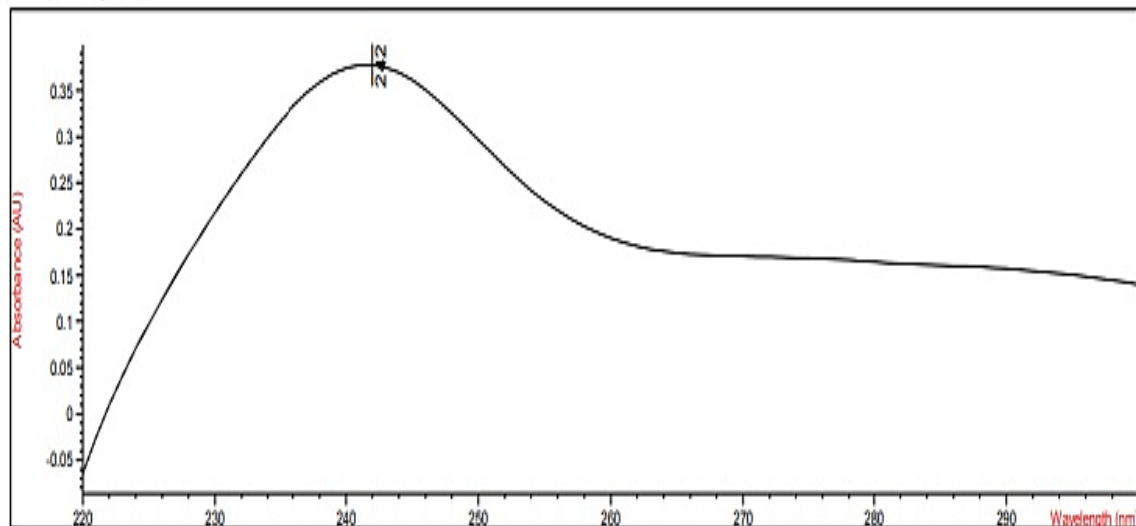
Исследование проводили методом молекулярно-абсорбционной спектроскопии в УФ-области спектра, которому соответствует диапазон длин волн 200–400 нм. Принцип метода основан на избирательном поглощении электромагнитного излучения нерассеивающими системами – растворами, газами и тонкими пленками твердых веществ.

Для определения соответствия тщательно растирали 8 таблеток лекарственного препарата в фарфоровой ступке. В колбу на 100 мл вносили 300 мг порошка и добавляли 50 мл 0,1 М раствора *натрия гидроксида Р*. Обработывали ультразвуком в течение 15 минут. Доводили раствор до метки тем же растворителем, перемешивали и фильтровали через бумажный фильтр «белая лента», отбрасывая первую порцию фильтра. 1,0 мл полученного раствора доводили 0,1 М раствором *натрия гидроксида Р* до 10,0 мл.

Регистрацию УФ-спектра образца проводили на спектрофотометре Agilent 8453 (Agilent Technologies, США) в диапазоне длин волн от 220 нм до 300 нм в кювете с длиной оптического пути 10,0 мм. В качестве компенсационной жидкости использовали 0,1 М раствор *натрия гидроксида Р*. Полученный УФ-спектр представлен на рисунке.

Method file : D:\Agilent\Methods\ROZUTATINE\ROZUTATINE-SPECTRUM.M (modified)  
Last update: Date 18.03.2021 Time 12:09:18  
Information : Default Method  
Data File : <data not saved>

Overlaid Spectra:



**Рисунок – УФ-спектр испытуемого раствора**

Из рисунка следует, что спектр испытуемого раствора имеет максимум поглощения при длине волны 242 нм. Данное значение соответствует требуемому значению нормативной документации. Таким образом, взятые для эксперимента таблетки «Розутатин, 5 мг» прошли испытание на подлинность.

#### ЛИТЕРАТУРА

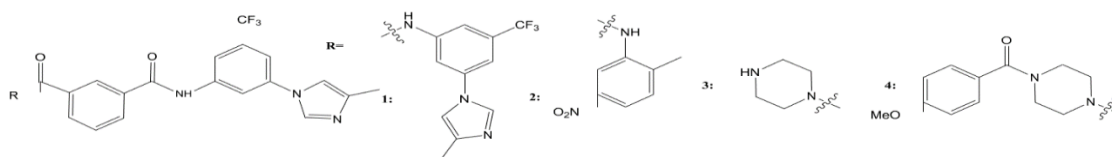
1. McKenney, J.M. Efficacy and safety of rosuvastatin in treatment of dyslipidemia / J.M. McKenney // Am. J. Health Syst. Pharm. – 2005. – Vol. 62. – P. 1033–1047.
2. Ключевые аспекты применения розувастатина в кардиологической практике: материалы III Евраз. конгр. ревматологов, Минск, 26–27 мая 2016 г.; под ред. Л.Н. Гавриленко, Е.В. Кравченко. – Минск, 2016. – 4 с.

УДК 574.853+544.

Студ. В.В. Синявский, Я.Д. Капустин  
Науч. рук.: зав. кафедрой В.Н. Леонтьев (кафедра биотехнологии, БГТУ);  
науч. сотр. А.В. Фарина (НПЦ «ХимФармСинтез»)

## НОВЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ ФТАЛЕВЫХ КИСЛОТ, СОДЕРЖАЩИЕ ФРАГМЕНТ 5-ТРИФТОРМЕТИЛАНИЛИНА, КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИНГИБИТОРЫ ПРОТЕИНКИНА 3

Цель исследования – изучение потенциальной противокиназной активности производных изофталевой кислоты методом молекулярного докинга. Структуры соединений представлены на схеме.



В качестве рецептора для докинга использовали трехмерная структура тирозинкиназы Abl-человека, полученная из базы данных PDB (PDB: 3CS9). По результатам докинга с использованием программы AutoDock Vina для каждого соединения получены значения оценки эффективности связывания (таблица).

Таблица–Результаты докинга изучаемых соединений

Номер соединения	Оценка связывания, ккал/моль	Наличие водородных связей		
		Glu286	Met318	Asp381
Соединение1	-11,0	+	-	+
Соединение2	-12,0	+	+	+
Соединение3	-11,2	+	-	+
Соединение4	-10,0	+	-	+

Результаты докинга для соединений, обладающих наибольшей энергией связывания, визуализированы и проанализированы на предмет наличия водородных связей на рисунке.



Рисунок– Размещение молекул в активном центре Abl тирозинкиназы

Таким образом, соединение 2 размещается в активном центре тирозинкиназы, образуя три водородные связи, обладает хорошей энергией связывания, следовательно, оно может быть потенциальным ингибитором протеинкиназ и обладать противоопухолевой активностью.

## ОСОБЕННОСТИ КВАЛИФИКАЦИИ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Квалификация чистых помещений является неотъемлемой частью валидационных процедур. Особенности квалификации можно рассматривать в нескольких аспектах.

1) По сравнению с другими видами валидации, например, квалификация складских помещений и валидация очистки. Можно заметить, что характерным испытанием при квалификации чистых помещений является определение концентрации аэрозольных частиц. Для этого используется дискретный счетчик частиц (рисунок 1), в основе работы которого лежит принцип рассеяния света. Это прибор, позволяющий проводить счет отдельных взвешенных в воздухе частиц, определять их размер и выдавать данные о размере частиц, под которым понимается эквивалентный оптический диаметр [1].

Определение числа точек отбора проб, расположение этих точек, определение класса чистых зон и необходимое количество данных должно соответствовать требованиям ИСО 14644-1. Класс чистоты воздуха по концентрации частиц обозначается классификационным числом ИСО. Предельно допустимые концентрации частиц для каждого порогового размера приведены в таблице [2].

**Таблица – Классификация чистых помещений**

Класс ИСО	Предельно допустимые концентрации частиц, частиц/м <sup>3</sup> , с размерами, равными или большими следующих значений					
	0,1 мкм	0,2 мкм	0,3 мкм	0,5 мкм	1,0 мкм	5,0 мкм
1 ИСО	10					
2 ИСО	100	24	10			
3 ИСО	1000	237	102	35		
4 ИСО	10000	2370	1020	352	83	
5 ИСО	100000	23700	10200	3520	832	
6 ИСО	1000000	237000	102000	35200	8320	293
7 ИСО				352000	83200	29390
8 ИСО				3520000	832000	29300
9 ИСО				35200000	8320000	293000

2) По сравнению с другими отраслями промышленности, в которых также есть чистые помещения (пищевая, ракетно-космическая, микроэлектроника и др.). В чистых помещениях фармацевтической от-

расли (рис. 2) недопустимо присутствие микроорганизмов, т.к. это может привести к возникновению инфекции. В то время как для чистых помещений в производстве микроэлектроники, микромеханики, оптики главным является отсутствие частиц, поскольку их наличие может нарушать функционирование изделий или снижать срок их службы [3].

В связи с этим, в отличие от вышеперечисленных отраслей, при квалификации чистых помещений фармацевтической промышленности определяют содержание микроорганизмов в воздухе и на поверхностях.



**Рисунок 1 – Портативный счетчик частиц Lighthouse SOLAIR 3100**



**Рисунок 2 – Пример чистых помещений фармацевтической отрасли**

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы испытаний. ГОСТ Р ИСО 14644-3-2007. – Введ. 01.10.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 89с.

2. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 1. Классификация чистоты воздуха по концентрации частиц. ГОСТ Р ИСО 14644-1-2017. – Введ. 01.12.2018. – М.: Стандартинформ, 2019. – 57с.

3. Проектирование чистых помещений. Под ред. В. Уайта. Пер. с англ. – М.: изд. «Клинтрум», 2004. – 360 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ЗАПУСКА АНАЭРОБНОГО БИОРЕАКТОРА  
ТИПА SBR С ГРАНУЛИРОВАННЫМ ИЛОМ**

Анаэробные технологии очистки сточных вод реализуются в основном с использованием сложного сообщества спонтанно развивающихся микроорганизмов, иммобилизованных на неподвижном носителе (в биофильтрах) и в составе гранулированного либо флокулированного ила (UASB реакторы, биореакторы с псевдооживленным слоем ила). Задачей при этом становится создание условий для самой требовательной группы микроорганизмов – метаногенных бактерий (температура, pH, определённые субстраты), для сохранения постоянства этих условий предпочитают вести процесс в непрерывном (проточном) режиме. Однако есть сообщения и о возможности ведения процесса в режиме с периодической подпиткой, в том числе в системе типа SBR (suspended bed reactor) [1]. Основные преимущества биореакторов этого типа – простота аппаратурного исполнения и обслуживания, невысокая стоимость эксплуатации. Смена периодов голодания и наличия источников питания могут как способствовать флокуляции ила (например, в результате синтеза экзополисахаридов, защищающих клетки микроорганизмов и выступающих биофлокулянтами), так и приводить к нарушению плотности упаковки микроорганизмов в составе гранулы либо флокулы из-за разбалансированности сообщества микроорганизмов. Основной проблемой эксплуатации таких систем по этой причине становится избыточный вынос ила при отведении биологически очищенной воды из-за нарушения структуры флокулы или гранулы ила. Представляет интерес поэтому изучение работы анаэробного биореактора типа SBR с инокуляцией его гранулированным активным илом на стадии пуска.

Лабораторная установка состояла из емкости для сточной воды, перистальтического насоса, анаэробного биореактора типа SBR, емкости для биологически очищенной воды и газгольдера. Анаэробный биореактор имел цилиндрическую форму, полный объем  $10,5 \text{ дм}^3$ , рабочий объем  $4,5 \text{ дм}^3$ , содержимое усреднялось перемешиванием. Для его запуска использовали гранулированный активный ил из анаэробного биореактора, работающего на ОАО «Туровский молочный комбинат». Объем влажного ила составлял  $545 \text{ см}^3$ , доза ила по сухому веществу в момент внесения составила  $35,4 \text{ г/дм}^3$ . Биореактор заполнялся

модельной сточной водой на основе сыворотки со средним значением ХПК 2000 мгО/дм<sup>3</sup> в количестве 4 дм<sup>3</sup>. Цикл работы биореактора включал остановку перемешивания, отстаивание ила (15 мин), отвод части биологически очищенной воды (осветлённого слоя жидкости из верхней части биореактор) (15 мин), ввод сточной воды (15 мин), обеспечение условий биологической очистки (перемешивание для усреднения состава) (23 ч 15 мин). Объем сменяемой жидкости составлял в течение первых двух недель с момента пуска 2 дм<sup>3</sup>. В течение первой недели биореактор подпитывали раз в три дня, затем – каждый день, кроме выходных.

В первые четыре дня после пуска биореактора доля флокулированного ила в общей массе заметно увеличилась, достигнув 4,7 г/дм<sup>3</sup> в верхней части биореактора при работающей мешалке. Более тяжелые гранулы активного ила не переходят во взвешенное состояние при работе мешалки, оставаясь в придонном слое. Скорость осветления жидкости в биореакторе при остановке мешалки ухудшалась с течением времени.

В первые две недели работы биореактора ХПК биологически очищенной воды снизился с 1040 до 150 мгО/дм<sup>3</sup>, что свидетельствует об успешной адаптации ила и отсутствии перегрузки по компонентам питания. Щелочность в пересчете на CaCO<sub>3</sub> в период пуска составляла 1,35 мг·экв/дм<sup>3</sup>, что является приемлемым для успешного поддержания рН на нейтральном и слабо-щелочном уровне, и далее снижалась до 0,9 мг·экв/дм<sup>3</sup>, что привело к снижению рН в биореакторе с 7,8-8,0 до 7,5-7,6.

В процессе нашей дальнейшей работы планируется изучить особенности структуры флокул и гранул ила в процессе эксплуатации анаэробного SBR-реактора при увеличении нагрузки на ил по органическим веществам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Venkata Mohana, S. Composite chemical wastewater treatment by biofilm configured periodic discontinuous batch process operated in anaerobic metabolic function / S. Venkata Mohana, N. Chandrasekhara Raoa, P.N. Sarma // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2007. – Vol. 40. – P. 1398–1406.

## **СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВИН ОТ ПОМУТНЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ**

Проблема помутнений виноматериалов до сих пор актуальна для виноделов. Одним из главных условий получения стойких и стабильных вин является высокое качество используемого исходного сырья. Для придания стабильности виноматериалы перед розливом в бутылки подвергаются технологическим приёмам различного характера.

Целью данного исследования является анализ современных способов стабилизации вин к наиболее частым помутнениям.

В зависимости от характера помутнения они подразделяются на микробиологические [1], обратимые коллоидные, необратимые коллоидные, кристаллические, металлические (кассы) и биохимические [2]. В настоящее время к виноматериалам для изготовления игристых вин предъявляются повышенные требования. Например, содержание железа не должно превышать  $10 \text{ мг/дм}^3$  [3], что исключает вероятность появления железной кассы.

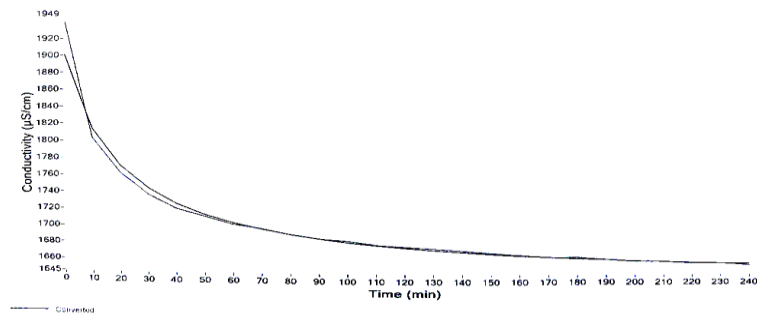
Очень широкое распространение в борьбе с коллоидными помутнениями получил метод оклейки купажа. В эксперименте в качестве оклеивающих веществ использовались бентонит (10% раствор) и рыбий клей (1% раствор). Оклеивающие вещества могут вноситься как отдельно, так и комбинированно, поэтому была поставлена задача выявить наиболее эффективную дозу и способ оклейки. Для одного опыта брали  $10 \text{ см}^3$  отфильтрованного купажа. По результатам проведённой серии пробных оклеек видно, что при одиночном добавлении бентонит эффективен лишь в высоких дозах (минимальная из них  $2,8 \text{ см}^3$ ), а рыбий клей вообще не даёт удовлетворительных оклеек. При комбинированной оклейке минимальная удовлетворительная доза составила  $1,6 \text{ см}^3$  бентонита и  $0,2 \text{ см}^3$  рыбьего клея. Поэтому именно комбинированная оклейка является наиболее эффективной.

В борьбе с кристаллическими помутнениями распространение и успешное внедрение получил метод электродиализа [4], пришедший на смену менее удобному и сравнительно долгому методу отстаивания купажа при низких температурах, а затем фильтрования на фильтр-прессе. В данном случае метод применяется для удаления из купажа тартратов, которые могут выпадать в осадок при охлаждении и хранении готового продукта. Как известно, растворимость тартратов сильно снижается при понижении температуры, следовательно, при выпадении их в осадок



уменьшится суммарное содержание электролитов в вине, а значит снизится электропроводность. Степень тартратной нестабильности вина определяют кондуктометрически на аппарате Stabilab. По полученному значению степени нестабильности устанавливается оптимальная производительность электродиализатора SV10-100.

Зависимость электропроводности вина от времени при низкотемпературной выдержке приведена на рисунке.



**Рисунок – Зависимость электропроводности вина от выдержки**

Для придания готовому продукту стабильности к микробиологическим помутнениям широкое распространение получил метод сульфитации, так как сернистый газ является губительным для микробиоты вина. До недавнего времени в качестве сульфитирующего агента использовался сернистый ангидрид в виде сжиженного газа. Однако это вещество является особо опасным и токсичным для человека, поэтому на замену сернистому ангидриду пришёл менее опасный метабисульфит натрия в виде порошка. При его добавлении выделяется сернистый газ в количестве 65% от исходной массы соли. Оптимальное содержание сернистого газа в готовой продукции – 150-200 мг/дм<sup>3</sup>.

В целях экономии используемого объёма сульфитации подвергают только экспедиционный ликёр, который затем соединяют с основным потоком шампанизированного вина.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вино – энциклопедия виноделия [Электронный ресурс] / Помутнения вин и способы борьбы с ними. Режим доступа: <https://eniw.ru>. Дата доступа: 14.04.2021.

2. Винный центр – центр винограда и вина [Электронный ресурс] / Физико-химические помутнения вина. Режим доступа: <http://vinocenter.ru>. Дата доступа: 14.04.2021.

3. Вина виноградные и виноматериалы виноградные обработанные. Общие технические условия: ГОСТ 7208-93. – Введ. 01.01.1995. – Москва: Госстандарт России, 1995.

4. Агеева, Н.М. Современные способы стабилизации вин к помутнениям / Н.М. Агеева // Известия вузов. Серия пищевой технологии. – 1995. – № 5–6.

## СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛИЧЕСТВА ЦИКЛОВ ЭКСТРАКЦИИ

В процессе экстракции биологически активных веществ (БАВ) из растительного сырья следует учитывать, что на данный процесс влияет большое количество разнообразных факторов, которые связаны различными закономерностями. В результате экстракции БАВ из сырья в определенный момент времени концентрация веществ в извлечении перестает повышаться, что говорит о достижении равновесной концентрации в системе сырье-экстрагент, которая устанавливается, когда уравниваются количества веществ, диффундирующих из сырья в экстрагент и обратно. Известным фактом является зависимость количества БАВ в экстрактах растительного сырья в зависимости от количества циклов экстракции. Однако в литературе не много данных по конкретному растительному сырью, подтверждающему данный постулат. Чаще всего можно встретить рекомендации о 3-, 4-х кратном экстрагировании БАВ из сырья.

*Задачей исследования* было определить количество БАВ в экстрактах после каждого цикла экстракции. В качестве *объекта исследования* использовали голубичный жмых (только кожура), полученный из плодов узколистной голубики, собранных в 2020 г. в Витебской области, Шарковщинском районе, ГЛХУ «Поставский лесхоз», экстрагент – этиловый спирт (70 %). Предмет исследования БАВ жмыха – сумма флавоноидов, аскорбиновая кислота, а также определяли содержание экстрактивных веществ, плотность экстракта и коэффициент экстракции. В ходе исследования получены данные, представленные в таблице (% от общего содержания в сырье).

**Таблица – Физико-химические показатели экстрактов**

Цикл экстракции	Содержание, %		
	экстрактивные вещества	сумма флавоноидов	аскорбиновая кислота
I	40±3	76±5	10±3
II	5±2	12±2	34±7
III	18±3	7±1	25±2
IV	37±5	5±1	31±3

Представленные результаты будут использованы для разработки технологии по переработке данного вторичного сырьевого ресурса, с целью извлечения БАВ и использования их для создания лекарственных средств и пищевых продуктов для здорового питания человека.

## АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

В настоящее время известно более 2000 эфиромасличных растений. Содержание эфирных масел в растениях колеблется в пределах 0,1–4,0 %. Эфирные масла производятся согласно различным нормативным документам (стандарты, технические условия и другие документы) в зависимости от области применения масел.

Эфирные масла пользуются огромным спросом благодаря своим свойствам. Именно по этой причине некоторые недобросовестные производители эфирных масел идут на различные фальсификации продукции, чтобы увеличить свою прибыль. Согласно международной статистике эфирных масел продается намного больше, чем производится. Проблема фальсификации на сегодняшний день особенно актуальна. Использование фальсифицированных эфирных масел может нанести здоровью человека непоправимый вред. Высококачественные эфирные масла – дорогой продукт, так как себестоимость их высока.

Только натуральные и чистые эфирные масла обладают терапевтическим эффектом и при правильном применении являются безопасными для здоровья. Фальсифицированные эфирные масла только по запаху могут приближаться по свойствам к натуральному продукту. Их единственное преимущество – невысокая цена. В лучшем случае подделки не принесут пользы, в худшем – могут нанести серьезный вред здоровью.

*Цель работы* – анализ качества эфирных масел, представленных на рынке Республики Беларусь.

*Объект исследования* – эфирные масла различных производителей. *Предмет исследований* – различные показатели масел, такие как: «Органолептические показатели»; «Подлинность»; «Растворимость»; «Жирные и минеральные масла»; «Плотность»; «Оптическое вращение»; «Показатель преломления»; «Кислотное число»; «Микробиологическая чистота»; «Хроматографический профиль» и др.

Исследованы представленные на рынке Республики Беларусь образцы эфирных масел следующих производителей: Young Living (США); Vivasan (Швейцария); Medical Fort (Беларусь); Ladecor (Китай); Art Made (Беларусь); doTERRA (Россия); Aromashka (Россия). Анализ образцов проводили по вышеуказанным показателям качества в соответствии с фармакопейными методиками.

В ходе исследования было установлено, что только половина из исследованных образцов масел выдержали все испытания.

## **ВЫДЕЛЕНИЕ И ОТБОР БАКТЕРИЙ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ЗАКВАСОК**

Крафтовый хлеб в наши дни пользуется большой популярностью, в связи с возрождением традиций домашнего хлебопечения. Спрос на этот вид хлеба возник вместе с ростом популярности здорового образа жизни и правильного питания.

Основной вкусо- и ароматообразующей стадией в производстве хлеба является брожение заготовок, которое может осуществляться как исключительно дрожжами, так и с применением заквасок. При использовании закваски в качестве разрыхляющего агента улучшаются органолептические показатели продукции, а вырабатываемые изделия обладают более высокими потребительскими свойствами, лучшими физико-химическими показателями, хорошей усвояемостью, так как в процессе ферментации закваски повышается биодоступность питательных веществ.

Целью исследовательской работы является разработка новой закваски с улучшенными свойствами для хлебопекарной промышленности путём отбора молочнокислых бактерий с полезными характеристиками. Основным объектом исследования являлась закваска спонтанного брожения муки и воды. На первых этапах исследования мы провели анализ видового состава консорциума микроорганизмов в закваске спонтанного брожения, выделили отдельных представителей микробиоты закваски, изучили их морфологические свойства (форма, наличие эндоспор, Грампринадлежность, каталазная и оксидазная активности).

В ходе идентификации установили принадлежность 5 выделенных штаммов к роду *E. coli*, 1 штамма – к роду *Bacillus sp.*, 11 штаммов – к *Lactococcus sp.*, 3 штамма – к роду *Enterococcus sp.*

На следующем этапе устанавливали способность отобранных микроорганизмов сквашивать молоко, изучали ферментативную активность, в частности протеолитические, целлюлолитические и амилолитические свойства исследуемых штаммов. Проверка данных свойств у отобранных штаммов способствовала проведению более точной идентификации, а также на основе выявленных свойств можно установить пригодность конкретного микроорганизма для использования в составе

проектируемой закваски. На рисунке изображены результаты оценки амилолитической и целлюлолитической активности изолятов.

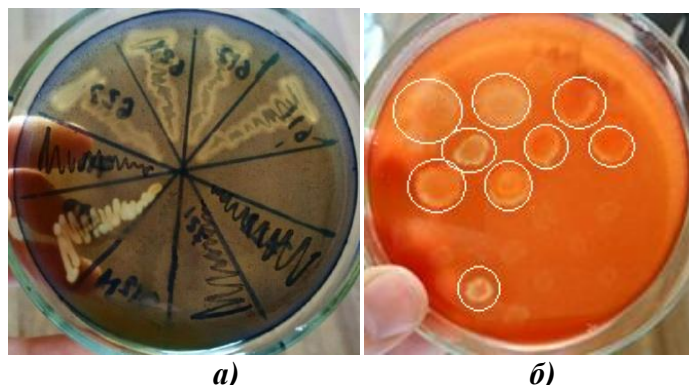


Рисунок – Амилолитическая (а) и целлюлолитическая (б) активность изолятов

Полученные данные свели в таблицу, содержащую основные характеристики микроорганизмов закваски.

Таблица – Характеристика исследуемых микроорганизмов

Штамм	Сквашивание молока	Утилизация крахмала	Утилизация целлюлозы	Утилизация казеина	Утилизация желатина
<i>B. subtilis</i> СБД2Ю22	-	+	+	-	-
<i>E. coli</i> СБД3Ю11	-	+	+	-	-
<i>E. coli</i> СБД2Ю11, СБД2Ю12, СБД2Ю21, СБД3Ю12	-	-	+	-	-
<i>Lactococcus sp.</i> СБД3Ю21, СБД3Ю22	+	-	-	-	-
<i>Lactococcus sp.</i> СБД4Ю11, СБД4Ю21, СБД7Ю11, СБД7Ю21, СБД7Ю22	-	-	-	-	-
<i>Enterococcus sp.</i> СБД4Ю12, СБД4Ю22, СБД7Ю12	-	-	-	-	-
<i>Lactococcus sp.</i> СБД6Ю11, СБД6Ю12, СБД6Ю21, СБД6Ю22	+	+	-	-	-

Из таблицы видно, что среди исследуемых штаммов сильными амилолитическими свойствами среди представителей непатогенной микробиоты обладают такие штаммы, как *Lactococcus sp.* СБД6Ю11, СБД6Ю12, СБД6Ю21 и СБД6Ю22, и эти изоляты могут стать основой разрабатываемой закваски для хлебобулочных изделий.

Студ. А.С. Калилец; асп. А.И. Савельев  
Науч. рук.: ассист. Е.Ф. Чернявская (кафедра биотехнологии, БГТУ);  
зав. кафедрой С.Г. Михалёнок (кафедра органической химии, БГТУ)

## **ОЦЕНКА АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕТРАГИДРОКАРБАЗОЛОНОВ**

Устойчивость к антимикробным препаратам возникает в результате постепенной мутации бактерий, вирусов, грибов и утраты ими восприимчивости к лекарственным препаратам, затрудняя лечение инфекций. Это приводит к утрате эффективности антибиотиков и других антимикробных препаратов и постепенно осложняет или делает невозможным лечение инфекций. Значение проблемы антимикробной резистентности подтверждается многими исследованиями. Одним из путей решения этой проблемы является разработка новых препаратов, обладающих целенаправленной местной антимикробной активностью – современных антисептических лекарственных средств. Среди множества разрабатываемых препаратов особый интерес представляют соединения, содержащие карбазольный фрагмент и включающий в свой состав функциональные заместители.

Целью исследования стала оценка антимикробных свойств новых функционализированных тетрагидрокарбазолонов.

Объектами исследования являются производные тетрагидрокарбазолонов, модифицированные по 6-му положению вещества: 1 - 2,3,4,9-тетрагидро-1Н-карбазол-1-он. Сравнение антимикробного потенциала проводили относительно 1 вещества, оценивая влияние наличия различных радикалов в структуре исследуемых веществ. Для определения антимикробной активности использовали диффузионный и суспензионный методы, в качестве тест-культур выступали *E. coli* ATCC 8739, *St. aureus* ATCC 6538, *Pseudomonas aeruginosa* B-126, *Candida albicans* ATCC 10231, *Saccharomyces cerevisiae*.

На основании проведенного эксперимента установлено, что образцы тетрагидрокарбазолонов 2 и 4 оказывают антимикробное действие на все исследуемые культуры, но в разной степени. Анализируемые вещества обладают большим антимикробным потенциалом по отношению к дрожжам (*Candida albicans* ATCC 10231, *Saccharomyces cerevisiae*) и грамположительной бактериальной тест-культуре (*St. aureus* ATCC 6538).

Таким образом показано, что наличие 6-нитро и 6-карбокисильного радикалов повысили активность веществ относительно исходного вещества (1). Повышение активности, обусловленное модификацией соединения, вызывает особый интерес в процессе поиска и открытия новых антимикробных препаратов.

На следующем этапе оценивали антимикробную активность исследуемых веществ (2 и 4) суспензионным методом, в качестве тест-культур использовали дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, проявившие наибольшую чувствительность.

На основании проведенного эксперимента установлено, что при продолжительности 20 часов образец (2) с концентрациями (0,005%; 0,01%; 0,05%; 0,1%) проявил 100%-ую эффективность по отношению к дрожжам *Saccharomyces cerevisiae*. Для получения достоверных данных снизили время экспозиции до 6 часов. Результаты представлены в таблице.

**Таблица – Антимикробные свойства тетрагидрокарбазолонов 2 и 4**

Концентрация препаратов	Концентрация ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ), КОЕ/мл в присутствии:			
	Тетрагидрокарбазолон 2		Тетрагидрокарбазолон 4	
	С <sub>обр</sub> (р)	RF	С <sub>обр</sub> (р)	RF
0,001%	$8,2 \cdot 10^4$	1,3	$2,1 \cdot 10^4$	1,9
0,005%	$3,7 \cdot 10^3$	2,7	$1,7 \cdot 10^4$	2,0
0,01%	$9 \cdot 10^1$	4,3	$9,2 \cdot 10^3$	2,3
0,1%	-	-	$9,1 \cdot 10^1$	4,3
DMSO	$9,4 \cdot 10^4$	1,3	$8,5 \cdot 10^4$	1,3

Примечание: - отсутствие роста.  
Концентрация тест-культуры: С<sub>конт</sub>= $1,8 \cdot 10^6$  КОЕ/мл

Установлено, что биоцидный эффект тетрагидрокарбазолон 2 с концентрацией (0,005%) и тетрагидрокарбазолон 4 с концентрацией (0,01%) по отношению к тест-культуре (*Saccharomyces cerevisiae*) достигается уже при 6-и часовом совместном инкубировании (RF>2). Использование данных препаратов в виде антимикробной добавки, позволит снизить вероятность развития посторонней микробиоты в продукции.

На основании проведенных исследований отобраны образцы 2 и 4, проявляющие наибольшую биоцидную активность по отношению к исследуемым культурам и могут быть использованы в качестве биоцидных препаратов.

Студ. Е.М. Коровацкая  
Науч. рук.: доц. О.Г. Бабак (ИГиЦ НАН Беларуси);  
ст. преп. А.М. Шимкевич (кафедра биотехнологии, БГТУ)

## НАКОПЛЕНИЕ $\beta$ -КАРОТИНА В ПЛОДАХ ТОМАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АЛЛЕЛЬНОГО СОСТАВА ГЕНОВ КАРОТИНОИДНОЙ ИЗОМЕРАЗЫ И ЛИКОПИН- $\beta$ -ЦИКЛАЗЫ

$\beta$ -каротин наряду с ликопином является одним из наиболее важных каротиноидов для здоровья человека. Он, будучи мощным антиоксидантом, является средством профилактики и лечения раковых, сердечно-сосудистых заболеваний. Перспективным источником  $\beta$ -каротина являются томаты. Ценный состав биологически активных веществ и низкая калорийность плодов делает их востребованным продуктом для здорового питания. В связи этим целью данного исследования было изучение особенностей накопления каротиноидов в плодах томата в зависимости от аллельного состава генов каротиноидной изомеразы (*CRTISO*) и ликопин- $\beta$ -циклазы (*CYCB*) и выделение комбинаций аллелей, детерминирующих повышение концентрации бета-каротина в плодах.

На накопление каротиноидов (в т.ч.  $\beta$ -каротина) наибольшее влияние оказывают следующие гены: мутация *tangerine* (*t*) гена каротиноидной изомеразы *CRTISO*, нарушает стадию трансформирования проликопина (тетра-*цис*-ликопина) в ликопин (*транс*-форму) и ведет к повышенной концентрации проликопина и образованию плодов насыщенной желтой окраски; доминантный аллель *Beta* (*B*) *CYCB* гена, кодирует фермент хромопластспецифическую ликопин- $\beta$ -циклазу и приводит к повышенному содержанию  $\beta$ -каротина и оранжево-красной окраске мякоти плодов; мутация *high pigment 2 dark green* (*hp2<sup>dg</sup>*) гена ядерного белка DE-ETIOLATED (*DET1*) характеризуется увеличением количества каротиноидов в плодах при созревании, а также замедлением процесса созревания плодов. Проявление фенотипа *hp2<sup>dg</sup>* связано с трансверсией А-Т во втором экзоне белка *DET1*, что приводит к замене Аспарагин<sup>34</sup> на Изолейцин<sup>34</sup> и подавлению активности данного белка, что приводит к повышению уровня хлорофиллов, каротиноидов и других пигментов в плодах.

Молекулярный анализ идентификации аллелей, ответственных за накопление каротиноидов в плодах, проводили с помощью ДНК-маркеров (*dCAPS*, *CAPS*, *SCAR*), выявляемых в результате полимеразной цепной реакции [1]. Содержание каротиноидов определяли методом



ВЭЖХ. Результаты молекулярного и биохимического анализов представлены в таблице. Согласно представленным данным наибольшим накоплением  $\beta$ -каротина характеризовались формы с сочетанием в генотипе аллелей *B* и *hp-2<sup>dg</sup>*.

Таблица – Содержание каротиноидов в плодах томата, мг/100 г

Аллельный состав, окраска плода	zeta-каротин		$\beta$ -каротин	Ликопин	Нейроспорин	Сумма
	cis-	trans-				
<i>b/b//Y/Y</i> , красный	0,04	0,06	1,77	7,1	0	8,96
<i>b/b//Y/Y</i> , красный	0,12	0,18	3,44	13,76	0	17,50
<i>b/b//Y/Y</i> , красный глянцевоый	0,28	0,13	5,92	23,7	0,0	30,08
<i>b/b//y/y</i> , розовый	0,03	0,06	0,93	8,36	0	9,38
<i>t/t//b/b//Y/Y</i> , жёлтый	0,42	0,20	0,24	0,95	1,42	3,22
<i>t/t//b/b//Y/Y</i> , жёлто-оранжевый	0,58	0,36	0,13	0,52	1,21	2,8
<i>t/t//b/b</i> , жёлтый	0,51	3,39	0,74	2,95	2,27	9,86
<i>t/t//b/b//y/y</i> , жёлтый	0,39	0,18	0,15	1,53	1,41	3,66
<i>t/t//b/b//y/y</i> , жёлтый	0,92	5,48	0,11	1,01	1,74	9,26
<i>B/B//Y/Y</i> , желтый	0,02	0,06	32,64	0,67	0	33,39
<i>B/B//Y/Y//hp2<sup>dg</sup>/hp2<sup>dg</sup></i> , красно-оранжевый	0,10	0,06	124,47	2,54	0	127,17
<i>B/B//Y/Y//hp2<sup>dg</sup>/hp2<sup>dg</sup></i> , жёлтый	0,03	0,01	146,12	2,98	0	149,14
<i>t/t//B/B//Y/Y//hp2<sup>dg</sup>/hp2<sup>dg</sup></i> , жёлтый с зелёным	0,26	1,66	9,4	0,19	0,01	11,52

Таким образом, высокое накопление  $\beta$ -каротина обеспечивает наличие в генотипе аллеля *Beta* структурного гена ликопин- $\beta$ -циклазы. Сочетание в генотипе аллелей *Beta* и *high pigment 2 dark green (hp-2<sup>dg</sup>)* увеличивает содержание  $\beta$ -каротина в плодах томата в 4-5 раз. Сочетание в генотипе аллелей *Beta* гена ликопин- $\beta$ -циклазы и *tangerin* гена каротиноидной изомеразы уменьшает содержание  $\beta$ -каротина в плодах томата и увеличивает количество нейроспорина и zeta-каротина cis-формы. Соответственно, в селекционном процессе на высокое накопление  $\beta$ -каротина желателно использовать образцы томата с набором аллелей *B* и *hp-2<sup>dg</sup>* (*B/B//hp-2<sup>dg</sup>*).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кильчевский А.В. ДНК-типирование генов качества плодов и устойчивости к болезням томата/ Методические рекомендации. / А.В. Кильчевский, О.Г. Бабак, С.В. Малышев, В.Ф. Аджиева, Н.А. Некрашевич, К.К. Яцевич, А.В. Кондратюк; Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Национальная академия наук, Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси. – Минск, 2016. – с. 42.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГНОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ИЗ ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

Древесное сырье (хвойные и лиственные породы) является единственным источником получения такого важного целевого продукта, как целлюлоза. Она является незаменимым волокнистым полуфабрикатом для получения высококачественных видов бумаги и картона, отличающихся свойствами и областью применения. Свойства целлюлозы (целевого продукта) существенно зависят от химического состава древесного сырья и условий его химической переработки. Особое значение имеют такие основные факторы, как составы варочных растворов (щелочных или кислотных) и технологические режимы варки целлюлозы, учитывающие температуру, давление и продолжительность химической переработки древесной щепы. Поэтому целлюлозу получают по щелочным (сульфатным и натронным) [1] и кислотным (сульфитным, бисульфитным и моносулфитным) [2] способам, а также по ступенчатым и комбинированным способам варки [1, 2]. Основные химические реакции направлены на протекание процесса делигнификации, сущность которого заключается в «удалении» из древесной щепы лигнина. Побочными продуктами при получении целлюлозы являются черные щелока. Их компонентные составы практически не зависят от способов варки. Они содержат 28–30% лигнина, а также глюкоманнаны (1,0–5,5%), ксиланы (4,0–16,3%), экстрактивные вещества (0,5–1,3%) и другие сопутствующие компоненты.

Объемы образовавшихся черных щелоков зависят от гидромодуля и способа варки целлюлозы. Они ежегодно увеличиваются во всем мире из-за постоянного наращивания объемов производства целлюлозы. В Республике Беларусь в условиях ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат» (далее – Предприятие) производят два вида целлюлозы: небеленую бисульфитную и беленую сульфатную. При проектной мощности нового производства целлюлозы сульфатной беленой (400 тыс. т/год) объемы черных щелоков превышают 1600 тыс. т/год.

Цель работы – исследование свойств лигносодержащих продуктов, полученных при химической переработке древесины хвойных и

лиственных пород по бисульфитному и сульфатному способам. Получено, что лигносодержащие продукты, отобранные на Предприятии, содержат 10–15% сухих веществ.

Сравнение бисульфитной и сульфатной варок хвойных и лиственных пород древесины по выходу целлюлозных масс и присутствующих в них компонентам (лигнин, глюкоманнаны, ксиланы, экстрактивные вещества) представлено в таблице.

**Таблица – Выход и компонентный состав целлюлозных масс в зависимости от способа химической переработки древесного сырья**

Наименование компонента	Содержание компонента, %			
	Бисульфитная варка		Сульфатная варка	
	порода древесины			
	хвойная	лиственная	хвойная	лиственная
Выход, %	52,0–55,0	49,0–53,0	48,0–50,0	54,0–58,0
в том числе:				
целлюлоза	41,0–41,5	40,0–43,0	35,5–36,0	34,0–36,0
лигнин	1,5–2,0	2,0–2,7	3,0–3,2	2,5–3,2
глюкоманнаны	5,0–5,5	1,0–1,6	4,0–4,6	1,0–1,7
ксиланы	4,0–4,2	5,0–5,4	5,0–5,4	16,0–16,3
экстрактивные вещества	0,5–0,8	1,0–1,3	0,5–0,8	0,5–0,8

Получено, что лигносодержащие продукты имеют плотность 1,05–1,10 г/см<sup>3</sup>, температуру кипения 101–105°C и вязкость в пределах от 1,52·10<sup>-3</sup> до 1,64·10<sup>-3</sup> Па·с.

Таким образом, способы химической переработки древесины влияют на свойства черных щелоков в целом и лигносодержащих продуктов в частности. Последние образуются в количествах 37,5 и 29,7% при сульфатной и бисульфитной варках соответственно. Свойства производственных проб лигносодержащих продуктов соответствуют установленным нормам. Поэтому «реальные» лигноцеллюлозные продукты можно, по нашему мнению, рассматривать в качестве исходного сырья для получения стимуляторов роста сеянцев древесных пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная, Н.В. Технология производства щелочной целлюлозы. В 2 ч. : учеб. пособие для учреждений высшего образования / Н.В. Черная, Н.В. Жолнерович. – Минск : БГТУ, 2015. (Ч. 1. – 268 с.; Ч. 2. – 205 с.).

2. Черная, Н.В. Технология производства сульфитной целлюлозы : учеб. пособие для учреждений высшего образования / Н.В. Черная. – Минск : БГТУ, 2012. – 351 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВСХОЖЕСТИ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИГНОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ**

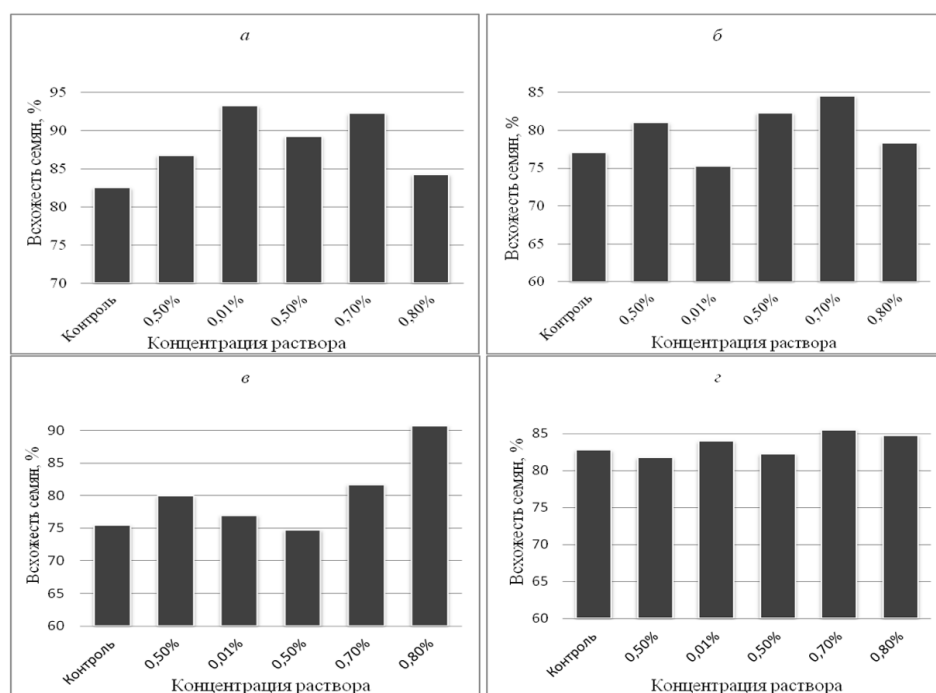
Получение качественного посадочного материала древесных пород предполагает использование ростостимулирующих веществ. При этом одним из решающих факторов являются технологические условия применения регуляторов роста растений, т. к. необоснованное увеличение дозировки вносимых препаратов способно привести к обратному, ингибирующему, эффекту. На сегодняшний день в мире известно порядка нескольких тысяч различных видов стимуляторов роста, имеющих в своей основе химический, растительный, микробный т.д. способы происхождения [1]. Лигносодержащие продукты – это экологически безопасное и экономически выгодное перспективное направление в области применения стимуляторов роста при выращивании лесных культур [2].

Цель работы – исследовать всхожесть семян древесных пород в зависимости от условий использования в качестве ростостимулирующего вещества производных черного щелока.

Объектом исследования явились прошедшие предварительную обработку в лигносодержащих растворах семенасосны обыкновенной *pinus sylvestris* с изменением времени мацерации от 6 до 18 ч и постепенным увеличением концентрации от 0,05 до 0,80%.

Эксперимент осуществлялся по ГОСТ 13056 на проращивателе RUMED и проводился в несколько этапов, включающих в себя подготовку разноконцентрированных лигносодержащих растворов, дезинфекцию семян и их последующую обработку стимулятором, а также обязательный ежедневный учет нормально проросших семян. Для мацерации всех проб контрольных образцов использовалась вода. Положительное влияние лигнинного препарата на всхожесть семян сосны обыкновенной подтверждено результатами нашего исследования, согласно которым после 6 часов вымачивания 0,10%-ным раствором энергия прорастания семян увеличилась с 79,25 до 91,75%, и всхожесть повысилась с 82,50 до 93,25%. При 10-ти часовой мацерации семян 0,7%-ным раствором всхожесть семян увеличилась с 71,00 до 82,25%. После

14 ч вымачивания 0,80%-ным раствором лигнинного препарата всхожесть повысилась от 75,50 до 90,75%. Аналогичная концентрация раствора при 18-ти часовом замачивании способствовала увеличению показателей энергии прорастания семян от 79,5 до 83,0%. Всхожесть в варианте с концентрацией 0,70% и временем вымачивания 18 ч составила 85,5%. Положительное воздействие лигнинных растворов на всхожесть семян сосны обыкновенной продемонстрировано на рисунке.



**Рисунок – Всхожесть семян при увеличении времени их замачивания (τ, ч) в лигносодержащем растворе от 6 до 18 ч: а – τ = 6 ч; б – τ = 10 ч; в – τ = 14 ч; г – τ = 18 ч**

Таким образом, лигносодержащий продукт в ходе нашего исследования продемонстрировал свое эффективное влияние на всхожесть семян сосны обыкновенной при разных условиях его применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Копытков, В.В. Композиционные полимерные материалы при лесовыращивании / В.В. Копытков. – Минск : Белорус. наука, 2008. – 304 с.
2. Носников, В. В. Оценка возможности применения хинонполикарбоновых кислот для регулирования прорастания семян сосны обыкновенной / В.В. Носников, Е.П. Шишаков, С.А. Дашкевич // Лесное хозяйство : тезисы 84-й науч.-технич. конф. профессорско-преподавательского состава (с международным участием), Минск, 03–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс]. – Минск : БГТУ, 2020. – С. 54–56.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ФАНЕРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА

В процессе производства фанеры образуется большое количество отходов (до 50%). К отходам данного производства относятся: древесина, шпон-рванина, карандаш, кора. Особенностью этих отходов является то, что они после гидротермической обработки. Основную массу отходов фанерного производства отправляют на сжигание, что не является рациональным их использованием.

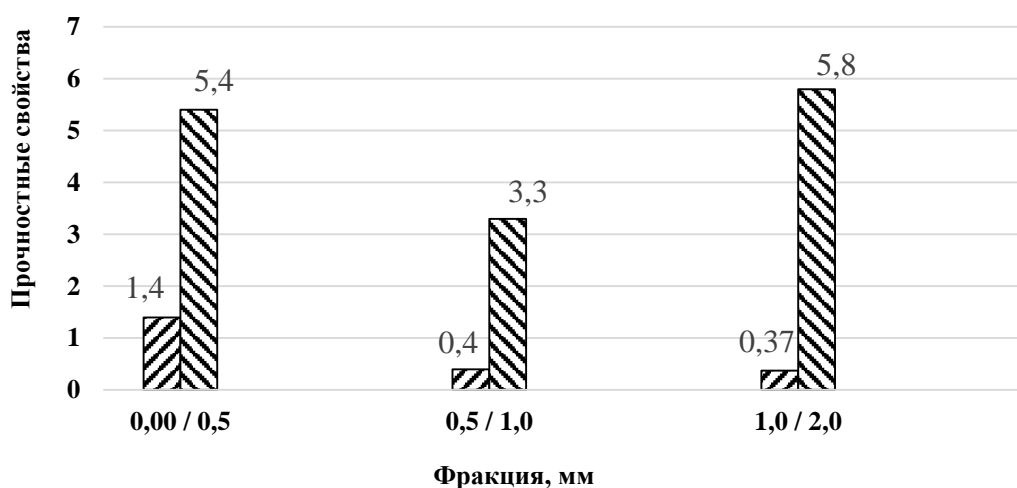
Целью исследования является изучение физико-механических свойств отходов фанерного производства для их использования в производстве твердого биотоплива (гранул, брикетов). В производстве шпона одной из основных стадий при подготовке кряжей (балансов) к лущению является гидротермическая обработка. Без проведения этой операции невозможно получение качественного шпона, он будет растрескиваться в процессе лущения. Гидротермическая обработка сырья позволяет повысить пластичность древесины при последующем ее резании, но при этом повышение влажности древесины, как правило, до 25%, что не соответствует требованиям к исходному сырью для получения высококачественных брикетов, гранул по традиционным технологиям. Исследование качественного состава исходного сырья показало, что отходы фанерного производства по породному составу состоят из ольхи и березы, в которых содержание коры до 25%, древесной составляющей – 75%. Наличие коры не является отрицательным моментом, т.к. кора большинства древесных пород по теплотворной способности не уступает древесине, при этом теплотворная способность коры березы и ольхи выше, чем у древесины на 17 и 12% соответственно. Предварительная подготовка исходного сырья заключалась в измельчении и фракционировании с выделением фракций с размерами частиц 0,00/0,5; 0,5/1,0; 1,0/2,0 мм. В таблице 1 представлены результаты физических характеристик полученных фракций древесного сырья.

**Таблица 1 – Физические характеристики фракций**

Размер фракции, мм	Влажность, %	Зольность, %	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, град
0,00/0,5	23,20	0,83	270	46
0,5/1,0	24,18	0,78	260	49
1,0/2,0	24,00	0,22	240	53

Анализ таблицы показывает, что с уменьшением размеров частиц зольность увеличивается. Это связано с тем, что кора, по сравнению с древесиной, имеет пониженные показатели прочности, поэтому при измельчении кора истиралась до более мелких размеров. С уменьшением размеров частиц увеличивается насыпная плотность, что в дальнейшем отразилось положительно на прочностных показателях твердого биотоплива.

Из данных фракций были изготовлены экспериментальные образцы твердого биотоплива с последующим испытанием на следующие физико-механические показатели: предел прочности при сжатии и изгибе (рисунок), содержание неразрушившихся образцов, влажность и зольность. Максимальное содержание неразрушившихся образцов 98% было достигнуто для фракции 0,00/0,5 мм. Влажность полученных образцов варьировалась в диапазоне 4,3–5,0%. Зольность образцов каждой из фракций составила: 0,00/0,5 – 1,20%; 0,5/1,0 – 0,70%; 1,0/2,0 – 0,36%.



■ Предел прочности при сжатии, МПа    ▨ Предел прочности при изгибе, МПа

**Рисунок – Предел прочности при сжатии и изгибе образцов твердого биотоплива**

Опираясь на основополагающие характеристики, полученные в результате опытов, а также на данные технических нормативных документов на твердое биотоплива, можно рекомендовать отходы фанерного производства, измельченные до размеров фракции 0,00/0,5 мм, для получения биотоплива.

## **ПОЛУЧЕНИЕ ТВЁРДОГО БИОТОПЛИВА ИЗ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОГО ДРЕВЕСНОГО СЫРЬЯ**

В процессе гидротермической обработки древесины, в основном из коры и древесины удаляются экстрактивные вещества. Экстрактивные вещества (ЭВ) – вещества, которые можно извлекать (экстрагировать) из древесины нейтральными полярными и неполярными растворителями. Экстрактивные компоненты древесины не входят в состав клеточных стенок, а содержатся в полостях клеток или межклеточных каналах, но могут иногда пропитывать клеточную стенку. Различают ЭВ: эфирные масла, смолы и водорастворимые. Так как процесс происходит в водной среде, то соответственно из коры и древесины удаляются ЭВ растворимые в воде. Другие компоненты древесины в данном процессе не удаляются и химически не изменяются.

Различают следующие режимы гидротермической обработки: мягкий, жесткий и комбинированный. Отходы от фанерного производства, используемые для исследований, прошли гидротермическую обработку в мягких условиях. Мягкий режим характеризуется температурой обрабатываемой среды (воды) в диапазоне 35–45°C и длительным временем, зависящем от температуры воздуха и диаметра бревна (в зимний период составляет 10–80 ч, а в летний период 5–24 ч) [1].

Отходы после гидротермической обработки при производстве шпона имеют влажность 25–30%. При этом следует отметить, что прочностные характеристики твердого биотоплива в значительной степени зависят от влажности. По традиционной технологии производства биотоплива влажность древесного сырья не должна превышать 10%. Основной проблемой является затраты большого количества энергии на сушку древесного сырья. Снизить энергоемкость процесса сушки можно за счет добавления в фанерные отходы после гидротермической обработки хлорида натрия. Хлорид натрия является гигроскопическим веществом, обладающими высокой температурной депрессией, что предотвращает вскипание влаги при пьезотермической обработке. Техническим продуктом, содержащим 98% хлорида натрия, является отход от калийного производства минеральный галит. Галит не проводит электричество, хорошо впитывает влагу, полностью растворяется в воде любой температуры [2].



Предварительные испытания показали, что после измельчения, фракционирования отходов фанерного производства и их прессования в формоустойчивое твердое биотопливо, наилучшими физико-механическими свойствами обладают образцы, полученные из фракции с размером частиц 0,00/0,5 мм (таблица 1).

**Таблица 1 – Физико-механические свойства твердого биотоплива**

Влажность, %	Зольность, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Плотность, г/м <sup>3</sup>	Содержание неразрушившихся образцов, %
5,0	0,95	5,4	1,4	1,063	98,24

Следующий этап исследований заключался в установлении количества хлорида натрия, достаточного для получения твердого биотоплива из сырья повышенной влажности. Расход порошкообразного хлорида натрия варьировали в диапазоне 1,0–2,0% к а.с.в. Эффективность применения хлорида натрия оценивали физико-механическими показателями твердого биотоплива (таблица 2).

**Таблице 2 – Результаты исследований образцов твердого биотоплива с использованием хлорида натрия**

Содержание хлорида натрия, %	Влажность, %	Зольность, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Содержание неразрушившихся образцов, %
1,0	5,2	1	1,9	1,36	96,5
1,5	5,3	2,60	2,1	1,25	95,7
2,0	5,0	2,90	2,2	1,30	95,6

Анализ результатов выполненных исследований показывает, что при добавлении хлорида натрия в количестве 1,0% в отходы фанерного производства после гидротермической обработки возможно получение твердого биотоплива с удовлетворительными прочностными свойствами, при этом достигается интенсификация процесса сушки исходного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов, В.А. Производство фанеры / В.А. Куликов. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 367с.
2. Способ получения древесного композитного топлива / Т.В. Соловьева, И.А. Хмызов, Н.А. Сычева, А.В. Молчан, С.В. Калитко. – пат. 22109 ВУ. С 10L 5/44. БГТУ. Заявка – № а20150570; заявл. 19.11.2015; опубл. 30.06.2017, патент опубл. 30.08.2018.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС  
ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Продукция масложировой отрасли пищевой промышленности является важным компонентом питания. К одному из крупнотоннажных видов такой продукции относится маргарин. Для его производства в качестве твердой жировой основы применяются модифицированные жиры. Для получения модифицированных жиров с необходимыми физико-химическими свойствами до недавнего времени применяли гидрогенизацию масел и жиров. Однако в полученном при этом саломасе и, соответственно, маргариновой продукции, содержалось повышенное количество транс-изомеров жирных кислот. Поэтому в настоящее время в качестве твердой жировой фазы при производстве маргариновой продукции применяют переэтерифицированные жиры, получаемые перераспределением ацильных групп между молекулами глицеридов [1]. Процесс переэтерификации позволяет как снижать содержание транс-изомеров в твердых жирах, так и изменять их консистенцию и температуру плавления. Используются такие жиры в маргариновой продукции, в производстве кулинарных, мучных, кондитерских и хлебобулочных изделий, в производстве комбинированных масел (спредов) и др. [2].

В соответствии с СТБ [3], содержание транс-изомеров в маргариновой продукции должно быть не более 2%. Соблюдение данного требования может быть обеспечено за счёт использования жиров, полученных путём химической и ферментативной переэтерификации.

В данной работе для получения смеси модифицированных жиров применяли смесь рафинированных дезодорированных пальмового и рапсового масла. Переэтерификацию жиров проводили химическим методом. Пищевое пальмовое масло в соответствии с [4] содержит не более 1% транс-изомеров жирных кислот, что является допустимой величиной, следовательно, задача модифицирования данной жировой смеси ради снижения содержания транс-изомеров не является актуальной. Однако рафинированное дезодорированное пальмовое масло из-за температуры плавления выше температуры тела человека ограничено переваривается в желудке и вызывает нарушение пищеварения, что снижает его физиологические свойства. Данную задачу

можно решить переэтерификацией смеси пальмового и рапсового масел для превращения тугоплавких глицеридов в низкоплавкие, следовательно, понижения температуры плавления переэтерифицированного жира, что повышает его усвояемость и позволяет также получать жир, используемый для питания младенцев как заменитель грудного молока.

Исследование влияния технологических параметров на процесс химической переэтерификации смеси масел проводили с использованием в качестве катализатора смесь гидроксида натрия с глицерином. Эксперимент проводили с применением дробного факторного плана  $2^{3-1}$  [5]. Варьировали соотношение рапсовое масло : пальмовое масло (80 : 20–60 : 40), температуру (140–160 °С), продолжительность (35–45 мин). В качестве критерия оптимизации применяли температуру плавления.

Статистическая обработка полученных результатов позволила определить параметры технологического процесса, обеспечивающие необходимую консистенцию полученной продукции при производстве кулинарных и кондитерских жиров и температуру в 27°С, что повышает её физиологическую ценность.

Оптимальными условиями проведения химической переэтерификации смеси пальмового и рапсового масел являются: соотношение пальмовое масло : рапсовое масло – 70 : 30; температура процесса – 150 °С; продолжительность процесса – 45 мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рабинович, Л.М. Гидрогенизация и переэтерификация жиров / Л.М. Рабинович. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 240 с.
2. Технология переработки жиров / Н.С. Арутюнян [и др]; под общ. ред. Н.С. Арутюняна – М.: Агропромиздат, 1985. – 386 с.
3. Продукция масложировая пищевая. Маргарины и спреды. Общие технические условия: СТБ 2016–2009 / Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 10 декабря 2009 г. № 68. – 34 с.
4. Масло пальмовое. Рафинированное дезодорированное для пищевой промышленности. Технические условия : ГОСТ Р 53776–2010 – Введ. 25.03.2010 – Меж-гос. совет по стандартиз., метрол. и сертифик.: Белорус. гос. ин-т стандартиз. и сертифик., 2010. – 16 с.
5. Статистические методы в целлюлозно-бумажном производстве / Р.З. Пен, Э.М. Менчер – М.: Лесная промышленность, 1973. – 120 с.

УДК [615.415+634.71]:615.281

Студ. Ю.В. Шацких; асп. Н.Ю. Адамцевич  
Науч. рук. проф. В.С. Болтовский  
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ БЕССМЕРТНИКА ПЕСЧАНОГО И ВОРОБЕЙНИКА ЛЕКАРСТВЕННОГО

В современной пищевой, парфюмерно-косметической и фармацевтической промышленности в качестве антимикробных средств особую роль занимает использование препаратов растительного происхождения. В последние годы среди перспективных биологически активных веществ выделяют класс флавоноидов. Представители данного класса БАВ обладают антибактериальной активностью в отношении различных штаммов микроорганизмов [1].

Цель работы – исследование антимикробной активности экстрактов цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного.

В цветках бессмертника песчаного встречаются следующие флавоноиды: нарингенин, салипурпозид, прунин, апигенин, лютеолин, кемпферол, кверцетин и их гликозиды [2]. В листьях воробейника лекарственного содержащиеся флавоноиды представлены гликозидами кверцетина (рутин и изокверцитрин) [3]. Для получения экстрактов воздушно-сухое сырье экстрагировали 50%-ным этиловым спиртом в течение 40 мин при температуре 65–70°C. Соотношение массы сырья к объему экстрагента для цветков бессмертника песчаного составляло 1:50, для листьев воробейника лекарственного – 1 : 20. Полученные водно-спиртовые экстракты упаривали до постоянной массы на ротаторном испарителе при пониженном давлении и температуре 40°C.

Антимикробную активность экстрактов изучали методом диффузии в агар по методике, приведенной в Государственной Фармакопее Республики Беларусь. Навески сухих экстрактов растворяли в 50% этиловом спирте. Для каждого образца готовили растворы экстрактов с концентрациями: 5; 10; 25; 50 мг/мл. В качестве тест-штаммов микроорганизмов использовали *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* и дрожжеподобные грибы – *Candida albicans* из коллекции кафедры биотехнологии БГТУ.

Оценку антибактериальных свойств осуществляли по величине зоны отсутствия роста микроорганизмов. Диаметр зоны менее 10 мм указывал на то, что микроорганизмы не чувствительны к исследуемому образцу; 10–15 мм – на низкую антимикробную активность; 15–25 мм

– на среднюю антимикробную активность; более 25 мм – свидетельствовал о высокой чувствительности микроорганизмов к исследуемому образцу.

Результаты исследования, приведенные в таблице 1, показали, что экстракт цветков бессмертника песчаного при концентрации выше 25 мг/мл обладает высокой антимикробной активностью только по отношению к грамположительным бактериям (*S. aureus* и *B. Subtilis*). Вокруг лунок с экстрактом листьев воробейника при концентрациях ниже 50 мг/мл зона отсутствия роста бактерий составляла менее 10 мм, следовательно, *S. aureus* и *B. subtilis* не чувствительны к данному экстракту. По отношению к грамотрицательным бактериям (*E. coli*, *P. aeruginosa*) и дрожжеподобным грибам (*C. albicans*) экстракты цветков бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного не проявляли антимикробного действия.

**Таблица 1 – Оценка антимикробной активности экстрактов соцветий бессмертника песчаного и листьев воробейника лекарственного (мм)**

Тест-штамм	Концентрация экстракта, мг/мл							
	Экстракт цветков бессмертника песчаного				Экстракт листьев воробейника лекарственного			
	5	10	25	50	5	10	25	50
<i>Staphylococcus aureus</i>	16±2	18±1	24±2	26±2	<10	<10	<10	12±2
<i>Bacillus subtilis</i>	14±2	17±2	23±2	24±3	<10	<10	<10	13±1
<i>Escherichia coli</i>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Candida albicans</i>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Таким образом, антимикробной активностью обладает только экстракт цветков бессмертника песчаного по отношению к грамположительным бактериям.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солёнова, Е.А. Флавоноиды. Перспективы применения в антимикробной терапии / Е.А. Солёнова, Л.Н. Величковска // Медицинский вестник Евразии. – 2017. – № 3. – 50–57.
2. Полифенольные соединения новой биологически активной композиции из цветков бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench.) / В.С. Гринёв [и др.] // Химия растительного сырья. – 2015. – № 2. – С. 177–185.
3. Содержание кофейной, розмариновой и хлорогеновой кислот в листьях некоторых видов семейства бурачниковые (*Boraginaceae*) / Н.В. Петрова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2015. – № 1. – С. 211–215.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ДУШИЦЫ**

Польза ультрафиолетовых лучей неоспорима, потому что они способствуют разрушению бактерий, снижению уровня холестерина, нормализации процессов обмена и усилению тканевого дыхания. Однако ультрафиолет запускает процесс старения. Проникая в генетические аппарат клеток кожи, УФ-лучи способствуют активации свободных радикалов, которые и вызывают старение. То есть вреден не сам загар, а его крайняя степень – ожоги. Поэтому кожу от ультрафиолета надо защищать с помощью одежды и специальной косметики.

Солнцезащитное средство может быть представлено в виде эмульсии, масла, геля, крема, мусса, аэрозоля, твердого карандаша, спрея, стика, молочка, лосьона, флюида и характеризуется «фактором солнечной защиты» (SPF). Значение SPF отражает то, какое количество UVB-лучей блокирует средство.

В состав фотозащитной косметики могут входить два вида фильтров: физические (минеральные, органические) и химические.

Идеальных солнцезащитных косметических продуктов не существует. Одним из последних направлений в косметологии является применение для ухода за кожей натуральных косметических масел, не содержащих промышленных антиоксидантов, консервантов, красителей и продуктов нефтехимии, а также применение растительных экстрактов.

Наличие в экстрактах природных антиоксидантов – витаминов, фенольных групп и других компонентов, способствует подавлению свободнорадикальных механизмов, протекающих при облучении. В результате проведенных ранее исследований [1] было установлено, что водный экстракт душицы эффективно поглощает UVB-лучи.

Цель работы – исследовать фотопротекторные свойства масляных экстрактов душицы, которые могут найти применение в качестве природных УФ-фильтров эмульсионных косметических средств и масел для загара. Для этого на первом этапе исследования методом УФ-спектрофотометрии была изучена способность некоторых растительных масел поглощать УФ-лучи (таблица 1).

Для получения масляных экстрактов душицы использовали рапсовое, оливковое и подсолнечное масла как самые доступные. Измельченную душицу настаивали в течение 6 суток при температуре  $40 \pm 2^\circ\text{C}$  (соотношение трава душицы : масло составляло 1 : 20).

Результаты измерения фотопротекторных свойств масляных экстрактов представлены в таблице 2.

**Таблица 1 – Максимумы поглощения УФ-лучей некоторыми растительными маслами**

Растительное масло	Максимум поглощения, нм	Растительное масло	Максимум поглощения, нм
Миндальное	227	Оливковое	227
Виноградной косточки	215	Рапсовое	227
Грецкого ореха	223	Кокосовое	219
Конопляное	221	Зародышей пшеницы	227
Кунжутное	283	Подсолнечное	241

**Таблица 2 – Способность поглощения УФ-лучей масляными экстрактами душицы**

Экстракт душицы	Способность поглощать УФ-лучи, нм	
	Максимум поглощения	200–290 (УФ-С)
Рапсовый	237	
Оливковый	245	
Подсолнечный	223	

Установлено, что душица позволяет улучшить фотопротекторные свойства оливкового и рапсового масел соответственно на 4,5 и 8,0 %. Масляные экстракты обладают слабой УФ-защитой (УФ-С), поэтому могут быть рекомендованы для использования в составе масел для загара и дневных косметических эмульсиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прибыщук, М. А., Андрухова М. В. Исследование фотопротекторных свойств растительных экстрактов / М. А. Прибыщук, М. В Андрухова // XIV студ. науч.-практ. конф. факультета технологии органических веществ, 30 ноября – 4 декабря 2020 г., г. Минск: тез. докл. – Минск: БГТУ, факультет ТОВ, 2020. – С. 72.

Студ. К.Г. Козлович  
 Науч. рук. ассист. А.А. Сосновская  
 (кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

## ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗ ЖМЫХОВ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ КРАСИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ АНТОЦИАНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ОТТЕНОЧНОМ БАЛЬЗАМЕ ДЛЯ ВОЛОС

Среди натуральных растительных красящих веществ наиболее привлекательными для использования в косметической промышленности являются антоцианы благодаря широкой распространенности в природе, растворимости в воде, широкой гамме цветов, а также высокой антиоксидантной активности. К числу известных источников антоцианов относятся ягоды черники, черной смородины, паслена, бузины, черно-плодной рябины, винограда, цветки чая каркаде и многие другие [1].

Для выделения антоцианов используется способ экстракции разными растворителями: подкисленной водой, органическими кислотами, спиртами и др. Количественное определение антоцианов осуществляли с помощью определения оптической плотности экстрактов на спектрофотометре. В качестве объекта для оценки влияния вида экстрагента на степень извлечения антоцианов были выбраны замороженные ягоды черной смородины [2].

Результаты количественного анализа антоцианов с учетом выбранного экстрагента представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, наибольшее количество антоцианов извлекается ацетоном – 2,70 % и изопропиловым спиртом – 2,92%. Однако использование ацетона оказывает разрушительное воздействие на антоцианы [3]. По этой причине экстрагентом для последующего качественного анализа выбран изопропиловый спирт.

**Таблица 1 – Суммарное содержание антоцианов в растворе  
 в зависимости от вида экстрагента**

Экстрагент	Оптическая плотность, D	Содержание антоцианов, %
Вода	0,1398	0,75
20 %-ная уксусная кислота	0,1558	0,88
10 %-ная муравьиная кислота	0,1474	1,00
10 %-ная муравьиная кислота с добавкой ацетонитрила (10 %)	0,2186	1,49
Этанол	0,2312	1,58
Ацетон	0,3560	2,70
Изопропиловый спирт	0,3623	2,92



В качестве объектов для определения содержания наибольшего количества антоцианов в сырье использовали замороженные ягоды черной смородины, ежевики, черники и черной рябины. Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что максимальное содержание антоцианов характерно для черной смородины (2,92 %) и черники (2,94 %) (таблица 2).

**Таблица 2 – Суммарное содержание антоцианов в экстрактах в зависимости от вида сырья**

Сырье	Оптическая плотность, D	Содержание антоцианов, %	Влажность сырья, %
Ежевика	0,0918	0,43	61,15
Черная рябина	0,3225	1,76	67,35
Черная смородина	0,3623	2,92	74,71
Черника	0,3648	2,94	77,86

Для получения концентрата антоцианов жмых плодово-ягодного сырья экстрагировали изопропиловым спиртом и концентрировали полученную смесь под вакуумом (3,33 кПа) при температуре 25–35°C. В полученные концентраты добавляли цитратный буфер для стабилизации значения pH и окраски [4].

Окрашивание проводилось двумя способами: красителем на основе антоцианов в цитратном буфере; бальзамом для волос с добавлением полученного красителя на основе антоцианов в цитратном буфере. Для окрашивания использовали натуральные обесцвеченные волосы, связанные в небольшие пучки. Наиболее насыщенный цвет наблюдался при окрашивании экстрактом антоцианов из жмыха ягод черники с добавлением бальзама. Далее была разработана и приготовлена основа для оттеночного бальзама и серия оттеночных бальзамов с концентрацией красителя на основе антоцианов полученных из жмыха плодов черники 5 %, 10 %, 15 % и 20 %.

Установлено, что концентрация красящей основы в оттеночном бальзаме прямо пропорциональна интенсивности окрашивания волос. Это наблюдение дает возможность получать разные оттенки окрашенных волос. Оценивая результаты данного эксперимента можно сделать вывод, что антоцианы отлично подходят для получения натурального оттеночного бальзама, который не только окрасит волосы в яркий цвет не повредив структуру волоса, но и защитит от УФ-лучей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека, Е.И. Шапошник, В.Н. Сорокопудов, А.А. Сиротин / Антоцианы плодов черной смородины Москвы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация – 2005. – №4. – с. 41–65.

2. В.С. Болтовский, Е.А. Флюрик. – Минск: БГТУ, 2020. – 196 с.
3. Демина, Т.Г. Антоцианы некоторых сортов смородины / Т.Г. Демина // Биологически активные соединения растений сибирской флоры. – Новосибирск: Наука, 1974. – 23–26 с.
4. Способ получения антоцианового красителя из цветочного сырья: патент № 2220172 RU / В. И. Федосеев. – Оpubл. 02.03.2016.

УДК 303.621.028; 687.552.2.053

Студ. А.В. Безручко  
Науч. рук. ассист. А.А. Сосновская  
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЙ УБТАНА КАК МЯГКОГО СКРАБА НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ КОЖИ ЛИЦА. СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ ОПРОС**

Для приготовления убтана используется различное эфиромасличное сырье, глины и мука. В состав убтана входят различные сухие травы (содержание трав – 20–30%), мука (содержание муки – 40–50%), вещества богатые сапонинами (содержание – 20–30%). Срок хранения готового убтана зависит от ингредиентов, входящих в его состав. Сухие травы и глины могут храниться довольно долго, но мука (особенно ее ореховые виды) склонна к быстрому прогорканию. Убтаны можно использовать один раз в день в качестве повседневного очищающего средства, т.е. в качестве мягкого скраба. Для этого небольшое количество убтана смешивают с небольшим количеством воды или цветочного гидролата до состояния кашицы и наносят на очищенную кожу лица. Слегка массируют кожу, а затем смывают теплой водой [1].

Цель исследования – исследовать действие убтана как мягкого скраба на кожу лица. В результате работы было получено 8 образцов убтана с различным содержанием сухих трав. Определены размеры частиц и рН полученных убтанов. Проведен социологический опрос, с помощью которого мы смогли выявить достоинства и недостатки полученных образцов мягкого скраба. В качестве исходного сырья использовали листья перечной мяты, цветки лаванды, календулы, ромашки, чабреца, корень имбиря, кора дуба, цедра грейпфрута, почки березы. Влажность сырья составляла не более 14 %.

Исходное сырье (500 г) подвергали паровой дистилляции для получения гидролатов. Далее его извлекали из реакционной колбы, высушивали до постоянной массы при комнатной температуре. После чего

измельчали с помощью измельчителя (3 мин) в мелкую пудру и просеивали через мелкое сито (диаметр отверстий сита был 2 мм).

С помощью микроскопа DeltaOptical определили размер частиц, для отделения необходимой фракции. В скрабах для лица размер скрабирующих частиц должен быть не более 2 мм. Определяли рН среды убтана согласно ГОСТ 33487-2015 «Продукция косметическая пастообразная. Общие технические условия» [2].

Далее были составлены рецептуры убтана, которые были разделены на 3 группы, в соответствии с типом кожи, а именно жирная, комбинированная и сухая кожа лица.

Для определения эффективности использования убтанов, был проведен социологический опрос, в опросе участвовало 20 потребителей. Опрос был разделен на 3 блока : ознакомление потребителя с продуктом, органолептические показатели убтанов, применение убтана и эффект после использования.

По результатам первого блока, можно сделать вывод, что убтан новый продукт для потребителя, но потребитель готов, после ознакомления с составом продукта, потребитель готов его применить.

По результатам второго блока, можно сделать вывод, что потребителю нравится нейтральный запах убтана, но не вызывает приятных ощущений внешний вид, а именно серый цвет.

По результатам третьего блока, можно сделать вывод, что убтан легко наносить и смывать с кожи лица. Потребителю нравятся ощущения после использования, но некоторым потребителям хотелось бы более крупные скрабирующие частички.

Таким образом, при сопоставлении полученных данных видно, что убтаны можно эффективно применять в качестве мягких скрабов, они не уступают по качеству другим скрабам. По результатам социологического опроса из всех убтанов были выделены такие показатели, как степень отшелушивания, легкость использования, легкость смывания продукта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс/ Режим доступа: <https://www.aromashka.ru/ubtan-universalnoe-sredstvo-dlya-uxoda-za-kozhej.html> – Дата доступа: 12.12.2020.

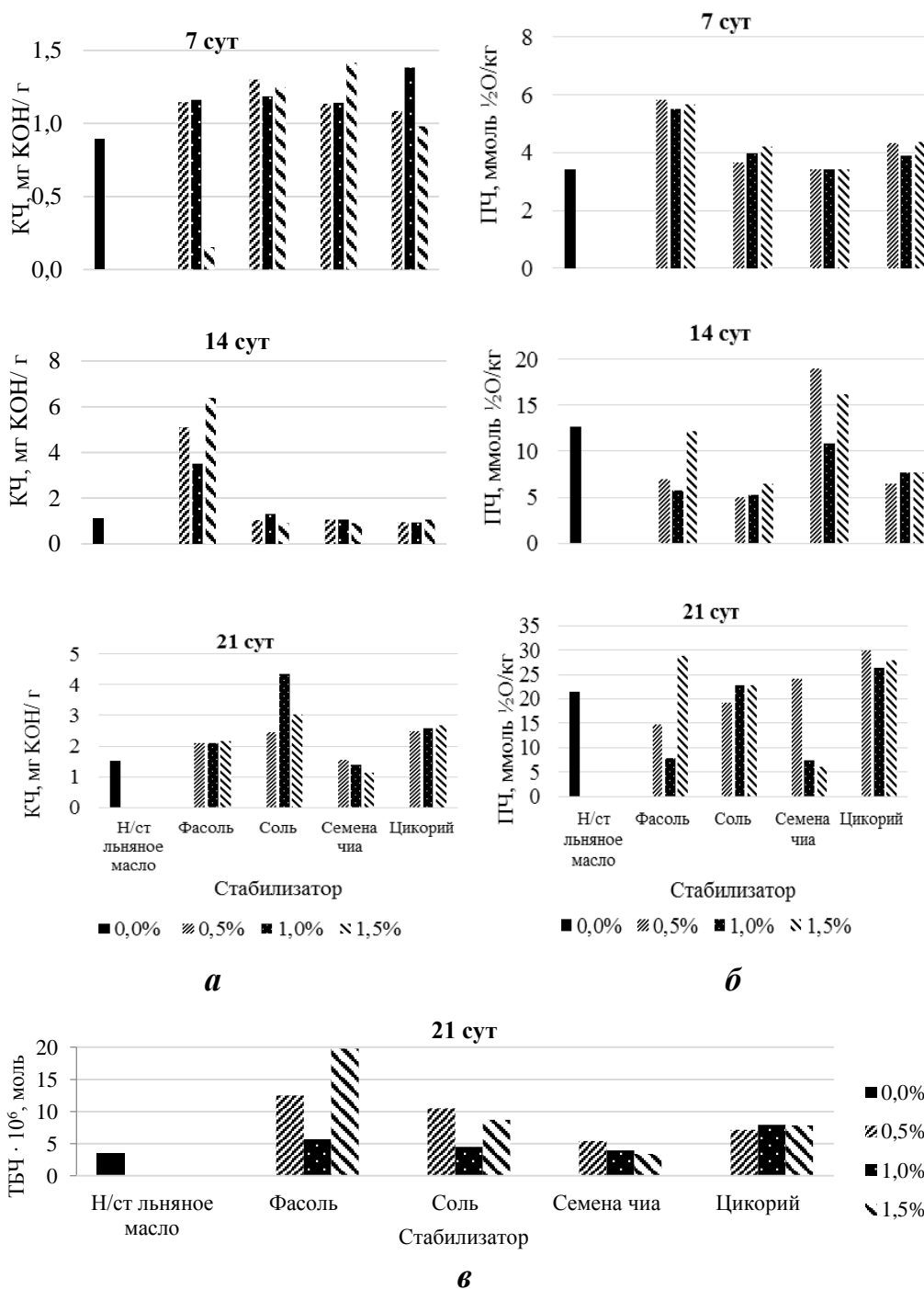
2. ГОСТ 33487-2015 «Продукция косметическая пастообразная. Общие технические условия» – Введен 7.10.2015 Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации.

**ВЛИЯНИЕ ВИДА СТАБИЛИЗАТОРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
ЛЬНЯНОГО МАСЛА К ОКИСЛЕНИЮ**

Уникальность льняного масла заключается в высоком суммарном содержании полиненасыщенных жирных кислот ( $\alpha$ -линоленовой и линолевой), незаменимых в рационе человека. Лечебные свойства льняного масла позволяют использовать его для лечения и профилактики сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных заболеваний, болезней печени и эндокринной системы, кожи, сахарного диабета, ожирения, воспалительных заболеваний и др. В то же время полиненасыщенные жирные кислоты в большей степени склонны к окислению, чем ненасыщенные. Окисление льняного масла приводит к накоплению в нем низкомолекулярных соединений, пероксидов, альдегидов, свободных жирных кислот, кетонов и др., что ухудшает его органолептические свойства, и, как следствие, снижается пищевая ценность масла. Регламентируемыми показателями безопасности для растительных масел являются кислотное (КЧ) и перекисное (ПЧ) числа (как показатели гидролитической и окислительной порчи масел). Данные показатели характеризуют степень свежести жира и отражают пригодность масла для пищевых целей. С целью изучения глубины окислительных изменений химического состава жирных кислот могут определяться тиобарбитуровое (ТБЧ), анизидиновое и Totox числа.

Для защиты растительных масел от окислительного старения и увеличения сроков их хранения в пищевой промышленности широко используются синтетические антиоксиданты. Однако их применение в последнее время в ряде стран ограничено из-за возможных токсических последствий, поэтому цель работы – исследовать влияние природных стабилизаторов (семян красной фасоли и чиа, соли, цикория) и их содержания в льняном масле на устойчивость его к окислению.

Добавки вводились в льняное масло в измельченном виде (размер частиц 0,5–1,0 мм). Исследуемые образцы хранились на протяжении 21 сут в термостате при температуре  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Через 7, 14 и 21 сут хранения определяли КЧ, ПЧ и ТБЧ образцов (рисунок 1). Показатели исходного масла: КЧ – 0,88 мг КОН/г; ПЧ – 2,9 ммоль  $\frac{1}{2}$  О/кг; ТБЧ –  $1,01 \cdot 10^{-6}$  моль.



**Рисунок 1 – Зависимость КЧ (а), ПЧ (б) и ТБЧ (в) льняного масла от вида и содержания стабилизатора при хранении**

Установлено, что семена красной фасоли (1 масс. %) и семена чиа (1,0–1,5 масс. %) являются эффективными антиоксидантами.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ЦВЕТНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПРЕССОВАНИЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

При производстве и отделке древесных плит важно иметь возможность оценки их цветности. Цвет может изменяться в связи с неоднородностью породного состава, используемого в производстве сырья, а также различным содержанием коры и гнили. Вместе с тем, изготавливаемая продукция должна быть стабильна по цвету вне зависимости от этих факторов. Для оценки и моделирования окраски древесных плит была использована цветовая модель RGB.

Цветовая модель RGB оценивает любой цвет как сочетание трёх основных цветов (красного, зелёного и синего) различной интенсивности. Таким образом, мы можем получить количественную оценку цветности поверхности каждой анализируемой плиты и на основании полученных данных построить математические модели. В дальнейшем, руководствуясь полученными моделями, можно изготавливать плиты заданного цвета. Для проведения исследования были изготовлены ДВП при различных параметрах горячего прессования. Далее для количественной оценки цветности по модели RGB оцифровалось изображение поверхности плиты сканированием. Оцифровка изображения неизбежная разнотонность устранялась с применением программы Adobe Photoshop, один из фильтров которой (Blur→Average) приводит к среднему значению каждый участок изображения (то есть осветляет более тёмные участки, затемняет более светлые для каждого цвета). Результаты анализа цветности по RGB-модели приведены в таблице.

Были построены математические модели, отражающие зависимость яркости поверхности плиты и соотношения цветов от технологических параметров:

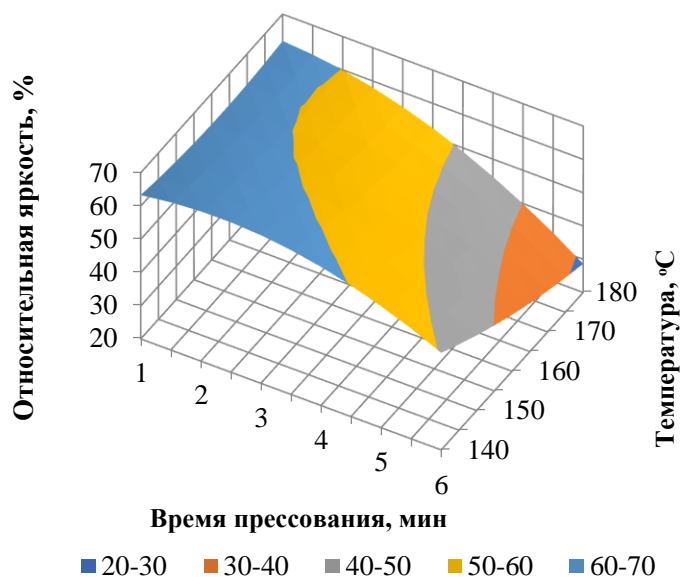
$$\begin{aligned}
 Y &= 56,2 - 5,57 * T - 11,78 * t + 1,9 * T * t - 7,25 * T^2 - 4,88 * t^2 \\
 K:C &= 45,57 - 0,56 * T - 1,56 * t + 0,01 * T * t - 0,02 * t^2 \\
 Z:C &= 19,28 - 0,22 * T - 0,61 * t
 \end{aligned}$$

В уравнениях регрессии приняты следующие обозначения: Y – относительная яркость поверхности плиты (%); K:C – соотношение интенсивности красного и синего цветов; Z:C – соотношение интенсивности зелёного и синего цветов.

**Таблица – Цветность поверхностей ДВП по RGB-модели**

Температура прессования, °С	Время прессования, мин.	Яркость цвета			Соотношение яркостей R:G:B	Относительная яркость, %
		R	G	B		
140	1	234	161	91	2,56:1,77:1	63,6
140	3,5	230	153	90	2,55:1,7:1	62,0
140	6	224	150	88	2,55:1,70:1	60,4
160	1	231	152	87	2,66:1,75:1	61,5
160	3,5	222	140	73	3,04:1,92:1	56,9
160	6	214	133	66	3,25:2,02:1	54,0
180	1	208	127	58	3,56:2,17:1	51,4
180	3,5	154	84	30	5,07:2,77:1	35,2
180	6	130	67	22	5,93:3,05:1	28,7

Двумерное сечение поверхности отклика для показателя «яркость» приведено на рисунке.



**Рисунок – Зависимость относительной яркости поверхности ДВП от параметров горячего прессования**

Таким образом, была разработана методика количественной оценки цветности поверхности древесных плит. Данная методика может быть использована для оценки цветности всех древесных плит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Photoshop [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://photoshop.demiart.ru/book/index.html>

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ ПОВЫШЕННОЙ КЛЕЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ В ХОЛОДНОМ СОСТОЯНИИ**

В производстве древесных плит основной стадией является горячее прессование. Режим прессования должен обеспечить оптимальные характеристики плит при минимальной продолжительности процесса. На первой его стадии происходит сближение древесных частиц и вытеснение воздуха, начинают действовать силы молекулярного сближения, древесные частицы переплетаются.

Для сокращения цикла горячего прессования используется предварительная холодная подпрессовка. Значительную часть цикла горячего прессования составляет смыкание плит пресса и сжатие ковра до конечной толщины плиты. В производстве ДСтП начальная плотность ковра составляет всего 60–65 кг/м<sup>3</sup>, что также осложняет его транспортировку. В результате холодной подпрессовки толщина ковра (пакета) уменьшается в два-три раза, а плотность его возрастает до 200 кг/м<sup>3</sup>. Это позволяет сократить время горячего прессования.

Для повышения эффективности холодной подпрессовки предлагается использование в клеевой композиции гидроксиэтилцеллюлозы (ГЭЦ). Она является загустителем, позволяющим получать растворы с широким диапазоном вязкости. Её получают взаимодействием очищенной целлюлозы с гидроксидом натрия. ГЭЦ совместима с синтетическими и природными смолами, также хорошо растворяется в спиртах и растворителях для целлюлозы. Противопенными компонентами, эмульгаторами и эмульсионными полимерами. Имеет широкий рабочий интервал рН (2-12).

На первой стадии исследований было определено необходимое количество параллельных опытов для получения статистически достоверных значений краевого угла смачивания (КУС) клеевыми составами поверхности древесины и усилия отрыва диска (липкости) исследуемых составов. Установлено, что для показателя «липкость» требуемое количество параллельных опытов составляет не менее 12, при этом коэффициент вариации не превышает 20% и остается стабильным при дальнейшем увеличении количества опытов. Для показателя «КУС» количество параллельных опытов должно быть не менее 10, но значение



коэффициента вариации в данном случае колеблется в пределах 8-10%, что говорит о высокой точности методики.

Далее было определено влияние ГЭЦ на технологические показатели связующего. Полученные данные приведены в таблице.

**Таблица – Влияние гидроксиэтилцеллюлозы на показатели связующего**

Связующее	Усилие отрыва диска		КУС		Вязкость по ВЗ-4	
	Н/м <sup>2</sup>	Е, %	град	Е, %	с	Е, %
КФ-НП	52,8	10,0	82,8	4,1	239	6,9
КФ-НП+ 0,3% ГЭЦ	55,8	9,0	86,1	7,1	270	8,3
КФ-НП+ 1,0% ГЭЦ	66,6	10,5	87,7	7,5	308	10,6

Установлено, что связующее с добавлением ГЭЦ обладает повышенной клеящей способностью в холодном состоянии – усилие отрыва диска, характеризующее липкость связующего, увеличивается с 52,8 до 66,6 Н/м<sup>2</sup>, т.е. на 26%. За счет этого можно сократить толщину древесного ковра после холодной подпрессовки. Кроме того, можно ожидать, что использование ГЭЦ позволяет сократить эффект упругого восстановления ковра, повышающего его толщину на 10-15%. Одновременно с ростом липкости закономерно увеличивается вязкость клеевой композиции – с 239 с до 308 с.

Вместе с тем, следует отметить, что увеличение липкости и вязкости не приводит к существенному увеличению краевого угла смачивания, во многом определяющего распределение связующего по поверхности древесных частиц. Этот показатель увеличивается с 82,8 до 87,7°, т. е. только на 5,9%

#### Выводы

1. Установлено, что для получения статистически достоверных значений краевого угла смачивания необходимо не менее 10 параллельных определений, для значений липкости – не менее 12.

2. Модификация карбамидоформальдегидных олигомеров гидроксиэтилцеллюлозой позволяет существенно увеличить липкость клеевой композиции при незначительном снижении способности смачивать поверхность древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, В. И., Цветков, В. Е. Полимеры в производстве древесных материалов: Учебник для студентов спец. 260300, 260200. - М.: МГУЛ 2003.-236 с.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ ДИФЕНИЛОЛПРОПАНОМ

Древесно-клееные материалы находят широкое применение в строительстве и мебельной отрасли. Одним из перспективных из них является фанера. При небольшой толщине она обладает высокой гибкостью и прочностью. Однако, фанера имеет и отрицательные стороны, такие как высокая гигроскопичность, формоизменяемость при использовании в среде высокой влажности. Для устранения недостатков фанеры используют различные модифицирующие добавки. А для производства фанеры повышенной водостойкости применяются фенолоформальдегидные смолы (ФФС). Однако эти смолы токсичны и фанера на их основе запрещена к использованию внутри помещений.

Следовательно, актуальна разработка экологически безопасной технологии получения водостойких смол. Это позволит исключить из технологического процесса изготовления водостойких смол высокотоксичного компонента – фенола и, как следствие, ликвидацию на деревообрабатывающих предприятиях участков по его приёму и хранению в подогретом состоянии (42–50°C), улучшить экологические показатели окружающей среды из-за отсутствия высокотоксичных газовых выбросов в атмосферу и токсичных сточных вод [1].

Одной из современных направлений решения повышения водостойкости и одновременно снижения токсичности плитных материалов заключается в применении связующего на основе меламин. Основной сдерживающий фактор при этом – более высокая стоимость меламин в сравнении с фенолом. Кроме того, отверждённый клеевой слой меламиновых клеев более жёсткий, чем фенольных. Последнее не может не сказаться на долговечности конструкций из фанеры, особенно в строительстве. Карбамидоформальдегидные смолы имеют ограниченную водостойкость и остается нерешенный вопрос с эмиссией свободного формальдегида из готовой продукции.

Для увеличения экологической безопасности фанерной плиты начали применять низкомолекулярные КФС. При производстве фанеры данные виды смол также имеют ряд недостатков:

- незначительный срок хранения;
- сложно транспортировать;
- низкая реакционная способность;
- повышенное набухание древесного сырья;

– уменьшение прочности клеевого шва.

В настоящее время на предприятиях страны в качестве модифицирующих добавок к смоле применяют акцепторы [2]. Использование этих добавок при производстве фанеры приводит к снижению токсичности готового материала и повышению его водостойкости. Одним из перспективных видов модификатора карбамидо-формальдегидных смол является 4,4-дигидроксидифенилпропан (диан, или дифенилолпропан). Дифенилолпропан – кристаллическое вещество (порошок) белого цвета. Его насыпная плотность составляет 0,43 г/см<sup>3</sup>; температура плавления 157°С. Он хорошо растворяется в этиловом спирте, эфире, безводной уксусной кислоте; плохо – в холодной воде (1 мас.ч. на 2820 мас.ч. воды), несколько лучше в горячей воде (1 мас.ч. на 130 мас.ч. воды). По величине показателя токсичности (степени вредного воздействия на организм человека) он на порядок лучше фенола: фенол относится к веществам второго класса (опасным веществам), а дифенилолпропан – к веществам третьего класса (умеренно опасным веществам) [3–4].

В процессе химического взаимодействия дифенилолпропана с формальдегидаомв зависимости от соотношения компонентов можно получить моно-, ди-, три- и тетраметилольные производные (соединения) дифенилолпропана. Реакции поликонденсации дифенилолпропана с формальдегидом влияют как на её скорость, так и на свойства получаемой смолы. Соотношение реакционных компонентов и катализаторов позволяет управлять молекулярной структурой образующихся смол и их водостойкостью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леонович, А.А. Основные направления и принципы модифицирования древесных плит / А.А. Леонович. – СПб.: СПбГЛТУ, 2017. – 96 с.
2. Волынский, В.Н. Технология стружечных и волокнистых древесных плит: учеб. пособие для вузов / В.Н. Волынский. – Таллинн: Дезидерата, 2004. – 192 с.
3. Пасько, Ю.В. Исследование влияния модифицирования дифенилпропаном смолы КФК-СФ / Ю.В. Пасько, Н.И. Янтурина, В.Д. Скрипкин / Наука без границ. – № 6. – 2019. С. 41–45.
4. Пресс-масса для изготовления древесно-стружечных плит: пат. 2097394 RU, МПК C08L61/24 Прусак А.П.; заявитель Прусак А.П – № 96103395/04; заявл. 06.02.1996; опубл. 27.11.1997 // Режим доступа: <http://www.freepatent.ru> – Дата доступа 21.04.2021.

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ СУЛЬФАТНОЙ БЕЛЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УПАКОВОЧНОЙ БУМАГИ**

Целлюлозу сульфатную небеленую из хвойных пород древесины производят в Республике Беларусь на ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат». Химическая переработка хвойных пород древесины позволяет получать целлюлозу, обладающую высокой способностью к отбелке, что расширяет область ее применения.

Актуальность выбранной темы состоит в том, что в отличие от вторичных волокнистых полуфабрикатов (макулатуры), целлюлоза обладает высокими бумагообразующими свойствами. Этому способствуют условия процесса размола [1]. Основными факторами этого процесса являются концентрация волокнистой суспензии и продолжительность воздействия на нее размалывающей гарнитуры. Однако отсутствие в научной и технической литературе информации о влиянии процесса размола на бумагообразующие свойства целлюлозы сульфатной беленой, полученной из хвойных пород древесины, сдерживает возможности перерабатывающих предприятий по сокращению продолжительности процесса размола и, следовательно, по использованию энергосберегающих технологий при производстве выпускаемого ассортимента бумаги и картона.

Цель исследования – разработка способа повышения прочности упаковочной бумаги на основе управления процессом фибриллирования на стадии размола целлюлозы беленой.

В лабораторных условиях кафедры химической переработки древесины на моделирующем оборудовании ЛКР-1 размалывали целлюлозу при различной концентрации волокнистой суспензии ( $C$ ), которая составляла 1,0 и 1,7%. При этом увеличивали продолжительность процесса размола ( $\tau$ ) от 1 до 50 мин.

Исследования проводили в два этапа. На первом этапе получали размолотые целлюлозные суспензии, отличающиеся степенью помола (от 20 до 70°ШР) и концентрацией ( $C = 1,0\%$  и  $C = 1,7\%$ ). На втором этапе из этих суспензий изготавливали образцы бумаги и элементарных слоев картона с постоянной массоемкостью ( $80 \text{ г/м}^2$ ); для каждого из

них определяли бумагообразующие свойства целлюлозы, которые характеризовали прочностными показателями качества – разрушающим усилием в сухом состоянии и разрывной длиной.

На первом этапе работы установлено, что условия процесса размола (время и концентрация массы) влияют на степень помола массы. На втором этапе работы установлено, что при исследованных значениях концентраций масс, составляющих 1,0 и 1,7%, наблюдается сначала характерное повышение прочности исследуемых образцов бумаги до высоких показателей при увеличении степени помола от 30 до 50°ШР, а при дальнейшем возрастании степени от 50 до 70°ШР – ее снижение. Поэтому степень помола 50°ШР для целлюлозной массы является предпочтительной, поскольку улучшенная прочность является приемлемой для упаковочных видов бумаги и картона.

При  $7 \leq \tau \leq 25$  мин процесс размола протекал с преобладанием желаемого фибриллирования волокон и максимального раскрытия гидроксильных групп, участвующих в структурообразовании образцов бумаги и элементарных слоев картона и способствующих повышению их прочности. Повышение  $\tau$  от 35 до 50 мин сопровождалось укорочением волокон из-за протекающего процесса «рубки» и увеличением степени помола от 60 до 70°ШР.

**Таблица – Влияние процесса фибриллирования волокон на прочность образцов бумаги (элементарных слоев картона)**

Условия процесса фибриллирования		Прочность образцов бумаги	
Концентрация массы, %	Степень помола, °ШР	Разрывная длина, м	Удлинение, %
1,0	30	6050	4,1
	50	8800	4,4
	70	6600	4,7
1,7	30	7305	3,5
	50	9570	3,0
	70	8475	3,3

Появление мелковолокнистой фракции приводило к снижению разрушающего усилия в сухом состоянии и разрывной длины на 20–40 и 23–35% соответственно.

В работе показано, что достоинства разработанной технологии по сравнению с существующей состоят в следующем: повышается в 1,7 раза производительность бумагоделательных и картоноделательных машин, т. к. за одно и то же время будет переработано в 1,7 раза целлюлозы за счет повышения концентрации полученной из нее волокнистой суспензии от 1,0 до 1,7%; уменьшаются энергозатраты на 20% на

производство каждой тонны бумаги и картона за счет сокращения продолжительности процесса размола и снижения степени помола волокнистой суспензии от 60 до 50°ШР.

*Исследования проводили в рамках заключенного договора о сотрудничестве и утвержденного плана взаимодействия между БГТУ и ГУО «Средняя школа № 108 г. Минска».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная Н.В. Технология производства бумаги и картона / Н.В. Черная [и др.]. – Минск: БГТУ. – 2013. – 435 с.

УДК 676.064.2:655.1

Учащаяся Е.Д. Белковская  
Науч. рук. учитель Ж.В. Труханенко  
(ГУО «Средняя школа № 101 г. Минска»)

### **ВЛИЯНИЕ ЛАТЕКСНО-КРАХМАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА СВОЙСТВА БУМАГИ ПРИ ИХ ПОВЕРХНОСТНОМ НАНЕСЕНИИ**

Современная тенденция развития целлюлозно-бумажного производства характеризуется наращиванием объемов производства высококачественных видов бумаги и картона, отличающихся свойствами и областью применения. Важным направлением является совершенствование существующих и создание инновационных технологий, обеспечивающих решение таких актуальных проблем, как ресурсосбережение, импортозамещение и возможность вторичной переработки без нанесения ущерба окружающей среде.

Дальнейшее развитие бумажного и картонного производства определяется необходимостью комплексного решения технологических, экономических и экологических проблем. Необходимо улучшить качество продукции, снизить себестоимость, повысить ритмичность функционирования предприятий и уменьшить экологическое воздействие на окружающую среду. Обозначенные проблемы приобретают особую актуальность, поскольку во всем мире предприняты серьезные шаги по ограничению использования одноразовой пластиковой посуды и упаковки.

В Беларуси с 1 января 2021 года государственному и частному общепиту запрещено использовать и продавать одноразовую пластиковую посуду. Также взят курс на поэтапное снижение использования полиэтиленовой упаковки с замещением ее экологически безопасной, в

том числе из стекла и бумаги. Разрабатываются новые государственные стандарты, которые за счет оптимизации требований к упаковке позволят снизить объем отходов и уменьшить их воздействие на окружающую среду.

В связи с этим актуализируется проблема повышения качества упаковочной бумаги посредством улучшения ее физико-механических качеств (устойчивость к разрыву и влагопрочность), обеспечение соответствия санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям. Одним из направлений решения данной проблемы является поверхностная обработка бумаги, в том числе используемой для производства одноразовой бумажной посуды, такими компонентами, которые при переработке не будут загрязнять окружающую среду и смогут разлагаться естественным путем.

Цель работы: изучение влияния покрытий из латексно-крахмальных смесей разных видов на качество бумаги.

Задачи: подготовить образцы бумаги путем нанесения покрытия из латексно-крахмальных смесей разных видов; исследовать качество полученных образцов бумаги по основным параметрам; сделать вывод о возможности использования латексно-крахмального покрытия при производстве одноразовой посуды.

Объект исследования: бумага листовая для офисной техники производственного унитарного предприятия «Бумажная фабрика» Гознака Департамента государственных знаков Министерства финансов Республики Беларусь.

Гипотеза: нанесение смеси из латекса и крахмала улучшит физико-механические свойства бумаги, что позволит использовать ее для производства одноразовой посуды не только для холодных, но и для горячих продуктов. В данном исследовании были использованы: крахмал картофельный (Республика Беларусь); латекс акриловый (Россия).

Для проведения испытаний предварительно были изготовлены образцы бумаги, на которую нанесены покрытия из латексно-крахмальных смесей. Для получения смесей использовали крахмальный клейстер с концентрацией (с) 1, 2 и 3 % и латекс акриловый с концентрацией 45 и 25 %. При помощи вискозиметра ВЗ-4 определена вязкость полученных смесей, которые наносили смеси на поверхность бумаги в один слой с одной стороны. Результаты исследований показали, что: 1) самую большую вязкость имеет латекс с наибольшей концентрацией (с = 45 %), а самую небольшую вязкость имеют растворы крахмалов; вязкость остальных смесей находится в промежутке между этими крайними значениями; 2) самыми прочными показали себя образцы бумаги

с нанесенной смесью из 25 % латекса и 3 % крахмала (массовое соотношение 4 : 1); 3) показатель влагопрочности у бумаги с нанесенной смесью из 25 % латекса и 3 % крахмала (массовое соотношение 2 : 3) самый высокий; 4) лучшие гидрофобные свойства показали образцы бумаги, на которую нанесено покрытие из смеси 45 % латекса и 2 % крахмала (массовое соотношение 2 : 3).

Таким образом, добавление к латексу крахмальных клейстеров приводит к повышению показателей качества бумаги. Это связано с уменьшением вязкости полученных смесей, что позволяет наносить их более равномерным слоем, улучшает адгезионные свойства нанесенного покрытия с поверхностью бумаги-основы.

Использование латекса с меньшей концентрацией при получении смесей с крахмалом позволит уменьшить их отрицательное воздействие на окружающую среду при повторной переработке.

*Исследования проводили в рамках заключенного договора о сотрудничестве и утвержденном плане взаимодействия между БГТУ и ГУО «Средняя школа № 101 г. Минска».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черная, Н.В., Ламоткин, А.И. Разработка комплексной оценки эффективности процесса проклейки волокнистой массы / Н.В. Черная, А.И. Ламоткин // Журнал «Человек и экономика», 1994. – № 10. – С. 12–21.
2. Черная, Н. В. Свойства обратного брака бумаги с латексной проклейкой / Н. В. Черная, В. Л. Колесников, Г. С. Гридюшко // Изв. ВУЗов. Лесной журнал, 1985. – № 2. – С. 71–74.
3. Черная, Н. В. Влияние механических воздействий на удержание частиц осадка каучука на поверхности волокон при латексной проклейке бумаги и картона / Н. В. Черная, В. Л. Колесников, Г. С. Гридюшко // Изв. ВУЗов. Лесной журнал, 1986. – № 1. – С. 87–91.
4. [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/32057/Kompozicionnye\\_materialy\\_v\\_upakovke.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/32057/Kompozicionnye_materialy_v_upakovke.pdf?sequence=1&isAllowed=y) дата обращения: 09.11.2020.



**СТРУКТУРА, ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ  
И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ  
РАСТВОРОВ  $\text{Nd}(\text{Ba},\text{Sr})(\text{Fe},\text{Co},\text{Cu})_2\text{O}_{5+\delta}$**

В настоящее время кислороддефицитные слоистые перовскиты типа  $\text{LnBa}(\text{Me}',\text{Me}'',\text{Me}''')_2\text{O}_{5+\delta}$  (Ln – редкоземельный элемент (РЗЭ),  $\text{Me}', \text{Me}'', \text{Me}'''$  – Mn, Fe, Co, Ni, Cu) широко используются в сфере разработки электродных материалов среднетемпературных ТОТЭ [1]. Их функциональные характеристики могут быть в значительной степени улучшены путем замещения катионов в их структуре, поэтому исследование влияния частичного изовалентного замещения ионов бария ионами стронция в структуре  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  представляет определенный научный интерес.

Целью работы является получение твердых растворов  $\text{NdBa}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  ( $x = 0,02; 0,05; 0,10; 0,20$ ) с частичным замещением бария на стронций до 20 мас. % и исследование их кристаллической структуры, термической стабильности, теплового расширения и электрофизических свойств.

Синтез образцов осуществлялся керамическим методом из  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (НО-Л),  $\text{BaCO}_3$  (ч.),  $\text{SrCO}_3$  (ч.),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (ос.ч.),  $\text{CuO}$  (ч.д.а.),  $\text{Co}_3\text{O}_4$  (ч.), которые смешивали в стехиометрических соотношениях, прессовали и отжигали при температуре 1173 К в течение 40 ч. Спекание образцов осуществляли при 1273 К в течение 9 ч. Идентификация образцов методами рентгенофазового анализа и ИК-спектроскопии поглощения показала, что образцы являются однофазными и обладают тетрагональной структурой (пр. гр. симм.  $P4/mmm$ ). Параметры элементарной ячейки изменялись в пределах  $a = 3,903 - 3,914 \text{ \AA}$ ,  $c = 7,707 - 7,715 \text{ \AA}$ , несколько уменьшаясь с ростом  $x$ . На ИК-спектрах поглощения твердых растворов наблюдается смещение полос валентных колебаний связи металл–кислород в сторону больших частот, что свидетельствует об увеличении энергии связи, что согласуется с уменьшением параметров кристаллической решетки данных твердых растворов. Значения открытой пористости образцов ( $P_{\text{откр}}$ ) составили 10,4% ( $x = 0,02$ ), 8,4% ( $x = 0,05$ ), 11,5% ( $x = 0,1$ ) и 20,6% ( $x = 0,2$ ).

Исследование термической стабильности образцов производилось на воздухе (интервал температур 300–1100 К, скорость нагрева 5°C/мин, термоаналитическая система TGA/DSC-1/1600 HF). По результатам исследования было установлено, что, начиная

с температур 610–650 К до 1100 К наблюдалось незначительное уменьшение массы образцов в пределах 0,25–0,75%, связанное с выделением из образцов в окружающую среду слабосвязанного кислорода.

Удельную электропроводность и коэффициент термо-ЭДС керамики определяли на воздухе в интервале температур 300–1100 К. Электропроводность образцов при небольших температурах носила полупроводниковый, а при повышенных – металлический характер, проходя через максимум в интервале температур 710–735 К. Коэффициент термо-ЭДС образцов во всем исследованном интервале температур был положительным, из чего следует, что исследованные твердые растворы являются проводниками  $p$ -типа. На зависимости  $S = f(1/T)$  наблюдался минимум вблизи 650–750 К. Наличие экстремумов на температурных зависимостях удельной электропроводности и коэффициента Зеебека, очевидно, обусловлено выделением из образцов слабосвязанного кислорода [2].

Исследование теплового расширения проводилось на воздухе в температурном диапазоне 300–1000 К (дилатометр NETZSCHDIL 402 РС, 5 К/мин.). На зависимости  $\Delta l/l_0 = f(T)$  наблюдается излом, сопровождающийся изменением КЛТР от  $\approx 1,6 \times 10^{-5}$  до величины  $\approx 2,0 \times 10^{-5} \text{ К}^{-1}$  в области температур 640–670 К, связанный с выделением слабосвязанного кислорода из структуры образцов.

Таким образом, частичное изовалентное замещение бария на стронций в структуре  $\text{NdBaFeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$  приводит к уменьшению параметров элементарной ячейки, коэффициента термо-ЭДС, увеличению открытой пористости электропроводности, что предполагает актуальность их дальнейшего исследования и апробирования в качестве катодных материалов для ТОТЭ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk, A.I.  $\text{YBa(Fe,Co,Cu)}_2\text{O}_{5+\delta}$  Cathode Materials for Solid Oxide Fuel Cells / A.I. Klyndyuk [etal.] // Физическая химия и электрохимия расплавленных и твердых электролитов: сб. науч. трудов. – Екатеринбург: Издательский Дом «Ажур». – 2020. – С. 171–174.

2. Журавлева Я.Ю. Структура и электротранспортные свойства твердых растворов  $\text{Nd (Ba,Sr) (Fe,Co,Cu)}_2\text{O}_{5+\delta}$  // Материалы докладов 85-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, г. Минск, 1–13 февраля 2021 г. [Электронный ресурс] – Минск: БГТУ, 2021. – С. 154–156.

## КОМПОЗИТЫ $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ / $\text{Cu}$ : ПОЛУЧЕНИЕ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Разработка новых термоэлектриков, эффективно преобразующих теплоту, выделяющуюся в окружающую среду при работе промышленных предприятий, автотранспорта и т.д., в электроэнергию представляет собой научно значимую и практически важную задачу. Перспективной базой для разработки таких материалов является слоистый кобальтит кальция  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ , характеризующийся высокими значениями удельной электропроводности ( $\sigma$ ) и коэффициента термо-ЭДС ( $S$ ), низкой теплопроводностью ( $\lambda$ ) и устойчивостью к окислению кислородом воздуха при повышенных температурах. Создание композиционной керамики на базе  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  является перспективным методом улучшения функциональных характеристик этого слоистого оксида [1]. Получить композиты на основе  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  можно либо путем введения добавки второй фазы в синтезированный однофазный материал [2], либо использованием шихты состава, выходящего за пределы области гомогенности слоистого кобальтита кальция [1].

В данной работе с целью разработки термоэлектрических материалов на основе слоистого кобальтита кальция с улучшенными характеристиками получена и исследована композиционная керамика, модифицированная частицами металлической меди.

Слоистый кобальтит кальция  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  синтезировали из  $\text{CaCO}_3$  (ч.) и  $\text{Co}_3\text{O}_4$  (ч.д.а.) при температуре 1173 К в течение 12 ч, затем перетирали и к готовому порошку добавляли 3, 6 или 9 мас.% порошка металлической меди, снова перетирали, прессовали, делили на 4 части и подвергали спеканию. Одну часть спекали в течение 24 ч при температуре 1173 К, остальные три части спекали в течение 6 ч при температурах 1273, 1373 и 1473 К. Затем полученную керамику подвергали окислительному отжигу при температуре 1173 К в течение 71 ч. Образец, содержащий 9 мас. %  $\text{Cu}$ , при температуре 1473 К расплавился, поэтому его исследовать не удалось.

Кажущаяся плотность керамики (ркаж), найденная по массе и геометрическим размерам образцов, варьировалась в пределах 3,03–4,52 г/см<sup>3</sup>, увеличиваясь с ростом содержания в образцах металлической меди и, в целом, температуры спекания.

Удельная электропроводность ( $\sigma$ ) образцов, отожженных при 1173 К, 1273 К и 1473 К, измеренная на воздухе четырехконтактным методом перпендикулярно оси прессования была на 5–15 См/см выше, чем проводимость, измеренная параллельно оси прессования. С ростом температуры спекания наблюдалось уменьшение разницы в удельной электропроводности, измеренной в различных направлениях, вплоть до ее обращения для образцов, отожженных при 1373 К. С ростом плотности образцов удельная электропроводность, как правило, повышалась. Наибольшее значение удельной электропроводности наблюдалось для керамики, содержащей 3 мас. % меди, спеченной при 1273 К (при температуре 1100 К оно составило 73,0 См/см). Энергия активации электропроводности, измеренной перпендикулярно оси прессования, найденная из линейных участков зависимостей  $\ln(\sigma \cdot T) = f(1/T)$ , менялась в пределах 0,086–0,308 эВ и была наименьшей для керамики, спеченной при температуре 1273 К. Значения коэффициента термо-ЭДС при 1100 К менялись в пределах 170–219 мкВ/К, увеличиваясь с ростом температуры спекания и уменьшаясь с увеличением содержания меди в образцах. Наибольшее значение коэффициента термо-ЭДС наблюдалось для керамики, содержащей 3 мас.% Cu, спеченной при температуре 1373 К, в связи с чем для нее наблюдалось наибольшее значение фактора мощности ( $P$ ), рассчитанного по формуле  $P = S^2 \cdot \sigma$ , который при 1100 К оказался в 3,4 раза выше фактора мощности немодифицированного  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ , получаемого обычным твердофазным способом.

Таким образом, полученные нами результаты указывают на возможность улучшения термоэлектрических свойств керамики на основе  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  путем модифицирования ее частицами меди с последующим двухстадийным спеканием.

*Работа выполнена в рамках ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» (подпрограмма «Материаловедение и технологии материалов», задание 1.55).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Klyndyuk, A. Thermoelectric Properties of Inhomogeneous Ceramics Based on the Layered Calcium Cobaltate / A. Klyndyuk, E. Chizhova, I. Matsukevich, E. Tugova // Universal Journal of Materials Science. – 2019. – Vol. 7. – N4. – P. 43–53.
2. Термоэлектрическая керамика на основе слоистого кобальтита кальция с добавками оксидов тяжелых и переходных металлов / Е.А. Чижова [и др.] // Огнеупоры и техническая керамика. 2019. № 9. С. 13–17.

УДК 546.161:543.554.6

Студ. В.А. Шевчук, А.Ю. Косило, В.А. Цылько  
Науч. рук. доц. Н.А. Коваленко  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФТОРИД-СЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА МАРКИ «ЭКОМ F»

Определение содержания фторидов имеет большое значение при анализе питьевой воды, природных и сточных вод, различных технологических объектов, так как избыточное содержание фторидов оказывает вредное воздействие на организм человека. Для определения фторидов используют хроматографические и спектрофотометрические методики анализа, выполнение которых требует больших временных затрат. Применение ионоселективных электродов позволяет быстро решить поставленную задачу без использования дорогостоящего оборудования и реактивов.

Цель настоящей работы – определить основные электрохимические характеристики фторид-селективного электрода марки «Эком F».

В рамках поставленной цели было необходимо:

- приготовить стандартные растворы фторида натрия, измерить значения потенциала фторид-селективного электрода и построить градуировочный график в координатах  $E - pC$ ;
- оценить влияние мешающих ионов  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  на метрологические характеристики фторид-селективного электрода;
- определить концентрацию фторид-ионов в анализируемом растворе методом градуировочного графика.

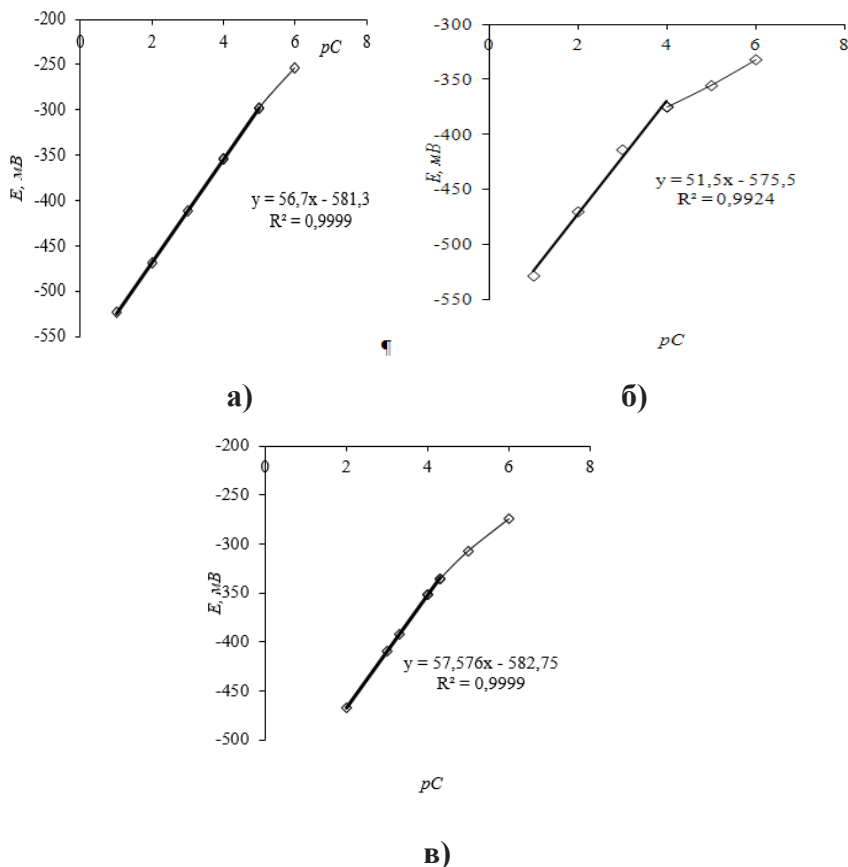
Определение фторид-ионов проводили методом прямой потенциометрии с помощью иономера «Hanna». В качестве индикаторного электрода использовали фторид-селективный электрод марки «Эком F», который перед проведением измерений вымачивали в растворе NaF с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л в течение 24 ч. Электродом сравнения являлся хлорид-серебряный электрод марки ЭВЛ-1МЗ.1, заполненный насыщенным раствором KCl. Оптимальный интервал pH, равный 5,0–5,5, контролировали с помощью комбинированного стеклянного электрода марки ЭСКЛ-08.1, добавляя в случае необходимости небольшие концентрации растворов NaOH или HCl.

Для построения градуировочного графика использовали стандартные растворы фторида натрия с концентрациями  $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-6}$  моль/л, приготовленные методом последовательного разбавления 0,1 М раствора NaF в мерных колбах объемом 50,0 мл с последующим доведением до метки раствором фоновго электролита. В качестве фо-

нового электролита для поддержания постоянной ионной силы использовали растворы  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  с концентрациями 0,1 моль/л. Измерение потенциалов в стандартных растворах проводили от меньшей концентрации к большей. Между измерениями электроды просушивали фильтровальной бумагой.

Анализируемый раствор пробы помещали в мерную колбу объемом 50,0 мл и доводили до метки 0,1 М растворами  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  или  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

Основными электрохимическими характеристиками ИСЭ являются интервал выполнения электродной функции, крутизна электродной функции, нижний предел определения, коэффициент селективности и время отклика ИСЭ. Для определения этих характеристик по результатам измерений потенциала фторид-селективного электрода в стандартных растворах с различными фоновыми электролитами был построен график зависимости  $E - pC$ , представленный на рисунке.



**Рисунок – Градуировочный график для определения фторид-ионов в присутствии: а)  $\text{NO}_3^-$ -ионов; б)  $\text{Cl}^-$ -ионов; в)  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов**

На основании анализа полученных данных были определены основные электрохимические характеристики фторид-селективного элек-

трода «Эком F», представленные в таблице. По своим электрохимическим характеристикам фторид-селективный электрод марки «Эком F» пригоден для анализа фторид-ионов в присутствии мешающих нитрат-, хлорид- и сульфат-ионов с требуемым уровнем точности и чувствительности. При использовании в качестве фонового электролита 0,1 М растворов  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  крутизна электродной функции соответствует заявленному производителем значению  $56 \pm 6$  мВ/рF.

**Таблица – Основные характеристики фторид-селективного электрода «Эком F»**

Мешающий ион	Интервал выполнения электродной функции	Крутизна электродной функции, мВ/рF	Коэффициент селективности	Время отклика, сек
$\text{NO}_3^-$	$10^{-5} - 10^{-1}$	56,7	$1 \cdot 10^{-4}$	10
$\text{Cl}^-$	$10^{-5} - 10^{-1}$	59,5	$1 \cdot 10^{-4}$	5
$\text{SO}_4^{2-}$	$5 \cdot 10^{-5} - 10^{-1}$	57,6	$3 \cdot 10^{-4}$	45

По значениям измеренных потенциалов в растворах пробы в присутствии мешающих ионов  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Cl}^-$  с учетом разбавления по градуировочным графикам или уравнениям зависимости  $E - \text{pC}$  (рис.) была рассчитана концентрация фторид-ионов в анализируемом растворе. Относительная погрешность определения фторид-ионов в растворах на фоне  $\text{NO}_3^-$ -ионов ниже, чем в растворах, содержащих в качестве фонового электролита  $\text{Cl}^-$ -ионы, и составляет соответственно 1 и 4%.

УДК 543.253:665.583

Студ. И.А. Садовская, А.А. Песковая  
 Науч. рук. доц. Н.А. Коваленко  
 (кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИД-ИОНОВ В ЗУБНЫХ ПАСТАХ «ДЕНТАВИТ»**

Фтор является микроэлементом и находится в организме человека в зубных и костных тканях. При недостатке фтора развивается кариес, поэтому для его восполнения в состав средств по уходу за полостью рта вводятся фториды. По литературным данным противокариозное действие фтора обусловлено проникновением ионов фтора в решетку гидроксиапатита  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  на поверхности зубов, в результате чего образуется фторгидроксиапатит  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})\text{F}$ , более устойчивый к воздействию кислот. Вместе с тем избыточные концен-

трации фторидов токсичны для человека. Поэтому содержание фторидов в зубных пастах строго регламентировано. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения оптимальная концентрация фторидов в зубных пастах должна составлять 0,1%. Зубные пасты для взрослых содержат от 0,11 до 0,76% фторида натрия или от 0,38 до 1,14% монофторфосфата натрия.

Цель настоящего исследования – ионометрическое определение концентрации фторид-ионов в зубных пастах производства ЗАО «Витэкс» различными фторидсодержащими компонентами.

В качестве объектов исследования использовали образцы зубных паст «Дентавит с минералами Мертвого моря», содержащую монофторфосфат натрия, и «Дентавита абсолютная защита», содержащую фторид натрия. Определение фторид-ионов проводили методом прямой потенциометрии. В качестве индикаторного электрода использовали фторид-селективный электрод марки «Эком F», который перед проведением измерений вымачивали в растворе NaF с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л в течение 24 ч. Электродом сравнения являлся хлорид-серебряный электрод.

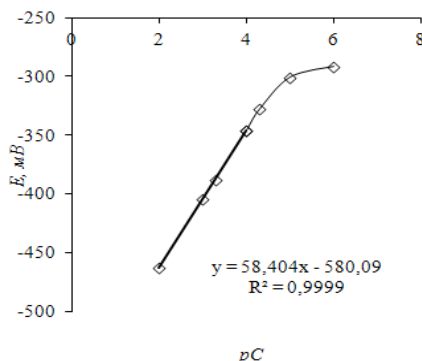
Для построения градуировочного графика использовали стандартные растворы фторида натрия с концентрациями  $1 \cdot 10^{-1}$  –  $1 \cdot 10^{-6}$  моль/л, приготовленные методом последовательного разбавления 0,1 М раствора NaF в мерных колбах объемом 50,0 мл с последующим доведением до метки дистиллированной водой. В качестве фонового электролита использовали буферный раствор, содержащий уксусную кислоту, ацетат натрия, цитрат натрия и трилон Б.

Для определения содержания фторидов навеску зубной пасты 1,0000 г, взятую на аналитических весах, помещали в термостойкий стакан, добавляли 20 мл 2 М соляной кислоты, накрывали стакан часовым стеклом и нагревали содержимое на кипящей водяной бане в течение 10 мин. После охлаждения и центрифугирования раствор помещали в мерную колбу объемом 250,0 мл и доводили до метки дистиллированной водой.

Значения потенциалов фторид-селективного электрода в стандартных и анализируемых растворах измеряли при перемешивании с помощью магнитной мешалки в полиэтиленовом стакане объемом 50 мл, в который добавляли 20,0 мл фторид-содержащего раствора и 5 мл буферного раствора для поддержания нужного значения pH в интервале 5,0–5,5 и устранения мешающего действия катионов алюминия и железа. Измерение потенциалов в стандартных растворах проводили от меньшей концентрации к большей. Между измерениями электроды просушивали фильтровальной бумагой. По усредненным результатам



измерений потенциала фторид-селективного электрода в стандартных растворах строили график зависимости  $E - pC$ , представленный на рисунке.



**Рисунок – Градуировочный график для определения фторид-ионов**

После измерения потенциалов в растворах образцов зубных паст по градуировочному графику (рисунок) или уравнению:

$$y = 58,404x - 580,09$$

рассчитывали концентрацию фторид-ионов с учетом всех разбавлений вычисляли массовую долю фтора в образцах зубной пасты.

По результатам проведенных исследований содержание фторид-ионов в изученных образцах зубных паст соответствует информации, представленной на упаковке производителем.

УДК 546.161:543.554.6

Студ. М.М. Козловская, Т.В. Ясенко  
Науч. рук. ст. преп. Г.Н. Супиченко  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФТОРИДОВ В ПОЛИРУЮЩЕЙ СМЕСИ**

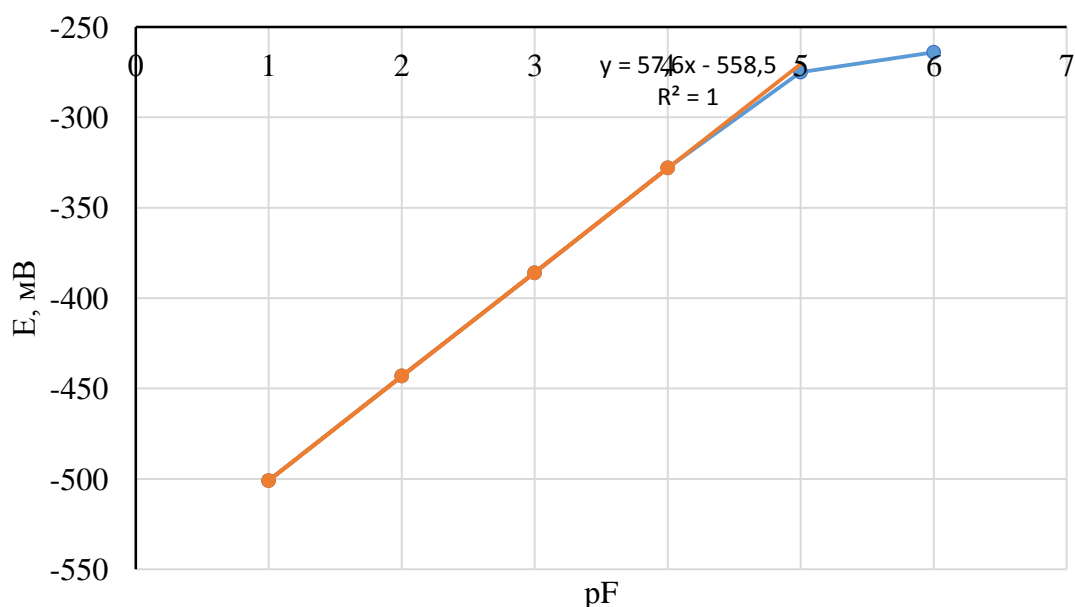
Полирование стеклоизделий проводят воздействием полирующей смеси, основными компонентами которой являются плавиковая и серная кислоты. Плавиковая кислота, вступая в реакцию со стеклом, образует газообразный фторид кремния, а также фториды и кремнефториды металлов. Серная кислота превращает их в легкосмываемые сернокислые соли. Эти реакции приводят к растворению стекла и сглаживанию шероховатостей на шлифованной поверхности. Содержание фторидов в полирующей смеси необходимо контролировать.

Цель работы – оптимизация условий пробоподготовки и определения фторидов методом ионометрии.

Метод определения фторидов заключается в измерении разности потенциалов измерительного фторид-селективного электрода и электрода сравнения (хлоридсеребрянного) в растворе с помощью иономера. Концентрацию определяемого иона находят по градуировочному графику зависимости потенциала ( $E$ ) от отрицательного логарифма мольной концентрации фторид-иона ( $pF$ ).

Наиболее распространенным электродом с твердой мембраной является  $F^-$ -селективный электрод на основе  $LaF_3$ . Его использование позволяет проводить определение фторидов в широкой области концентраций — от  $10^{-6}$  до 1 М. В более разбавленных растворах происходит частичное растворение мембраны, что приводит к нарушению прямолинейной зависимости  $E=f(pF)$ . Селективность электрода в существенной степени зависит от рН анализируемых растворов. При высоких значениях рН на поверхности электрода может образоваться слой малорастворимого  $La(OH)_3$ .

При использовании ионоселективного электрода «Эком-F» необходимо подобрать оптимальные условия проведения анализа. Для регулирования ионной силы раствора и устранения мешающего действия катионов тяжелых металлов, входящих в состав стекла, использовали концентрированные растворы ацетатного буфера и трилона Б.



**Рисунок – Зависимость потенциала фторид-селективного электрода от концентрации фторид-ионов**

Для приготовления калибровочных растворов в полиэтиленовые стаканы вносили 10,0 мл стандартных растворов NaF, 10,0 мл 10% раствора трилона Б (для маскировки тяжелых металлов) и 5,0 мл раствора ацетатного буфера (для поддержания pH=5-5,5). В раствор погружали фторид-селективный и хлорсеребряный электроды. Измерение  $E$  6-ти приготовленных растворов с концентрацией NaF от  $C(\text{NaF})=1 \cdot 10^{-1}$  моль/л до  $C(\text{NaF})=1 \cdot 10^{-6}$  моль/л проводили последовательно, переходя от растворов с меньшими концентрациями к растворам с большими концентрациями. На основании полученных значений  $E$  строили график зависимости  $E$  от  $\text{pF}$  (рисунок).

На основании полученной графической зависимости определяли основные характеристики фторид-селективного электрода: интервал выполнения электродной функции, крутизну и нижний предел определения фторид-ионов ( $C_{\text{min}}$ ). Полученные значения показали пригодность фторид-селективного электрода.

Измерение ЭДС анализируемых растворов проводят также, как и стандартных, предварительно разбавив исходный раствор в 125 и 250 раз. По значениям  $E_{x1} = -452$  мВ;  $E_{x2} = -435$  мВ, используя уравнение прямой зависимости, рассчитали концентрации фторидов в анализируемых растворах и их содержание в полирующей смеси (33,1285 г/л).

Таким образом, установлено, что для пробоподготовки необходимо разбавление полирующей смеси не менее, чем в 125 раз; содержание фторид-ионов в полирующей смеси необходимо проводить в присутствии концентрированных растворов ацетатного буфера и трилона Б методом градуировочного графика с использованием фторид-селективного электрода.

УДК 543.432:615.322

Студ. У.Ю. Гайда, Ю.А. Нечай

Науч. рук.: ст. преп. Г.Н. Супиченко; доц. Н.А. Коваленко  
(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

## **АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ НЕКОТОРЫХ РАСТЕНИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В связи с возрастающими потребностями в натуральном лекарственном сырье возникает необходимость расширения ассортимента ценных хозяйственно-полезных культур отечественного происхождения. Особый интерес вызывают растения семейства *Lamiacea*, экс-

тракты которых содержат комплекс веществ, обладающих антиоксидантным эффектом. Среди природных антиоксидантов ведущую роль играют полифенольные соединения.

В научной литературе приводятся различные методы определения антиоксидантной активности, различающиеся используемыми модельными соединениями и температурными режимами модельной реакции, присутствием или отсутствием инициаторов. По способу регистрации аналитического сигнала методы определения антиоксидантной активности делятся на потенциометрические, амперометрические, хроматографические, электрохимические и т.д. Наиболее доступными и простыми в исполнении являются спектрофотометрические методики, обладающие достаточной точностью, чувствительностью и воспроизводимостью полученных результатов.

Целью настоящей работы являлось спектрофотометрическое определение общего содержания полифенольных соединений в экстрактах некоторых растений Республики Беларусь.

Объектами исследования являлись этанольные экстракты из воздушно-сухого сырья базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum L.*) сорта 'Настена' и душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) сорта 'Завіруха' из коллекции пряно-ароматических и лекарственных растений Ботанического сада Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (УО «БГСХА»). Сорта базилика 'Настена' и душицы 'Завіруха' были зарегистрированы в качестве новых перспективных сортов в Государственном реестре сортов Республики Беларусь.

Для количественного определения полифенольных соединений в качестве фотометрического реагента использовали 18-молибдендифосфатный гетерокомплекс структуры Доусона (18-МФК). Сумму полифенольных соединений определяли методом градуировочного графика в расчете на стандартное вещество – рутин.

Для получения спиртовых экстрактов навеску измельченного растительного сырья (~1 г) помещали в круглодонную колбу с обратным холодильником, добавляли 30 мл 70%-ного этанола и содержимое нагревали на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Экстракцию проводили дважды. После отделения нерастворимого остатка фильтрованием полученный экстракт помещали в мерную колбу вместимостью 100,0 мл, охлаждали и доводили объем до метки 70%-ным этанолом. Перед проведением измерений антиоксидантной активности полученный экстракт разбавляли в 10 раз.

Для измерения антиоксидантной активности экстрактов растений и стандартных растворов рутина аликвоту анализируемого раствора

объемом 1,0 мл помещали в мерную колбу вместимостью 25,0 мл, вносили 1,25 мл раствора 18-МФК с концентрацией  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л, 5 мл фосфатного буферного раствора с pH 7,7 и доводили объем до метки дистиллированной водой. Оптическую плотность измеряли через 15 минут при 820 нм на спектрофотометре ПЭ-5400 УФ в стеклянной кювете с толщиной слоя 1 см относительно раствора сравнения, содержащего все компоненты, кроме анализируемого.

Для построения градуировочного графика использовали стандартные растворы рутина с концентрациями  $1 \cdot 10^{-6}$ –  $4 \cdot 10^{-5}$  моль/л.

Уравнение градуировочного графика имеет вид:

$$y = 23497x - 0,02.$$

Значение коэффициента корреляции, равное 0,9994, свидетельствует о наличии линейной зависимости оптической плотности от концентрации рутина.

Результаты спектрофотометрического определения суммы фенольных соединений (пересчет на рутин) в спиртовых экстрактах *Ocimum basilicum L.* и *Origanum vulgare L.* в расчете на 1 г растительного сырья представлены в таблице.

**Таблица – Антиоксидантная активность экстрактов растений**

Растение	Оптическая плотность	Содержание полифенольных соединений, г/г
<i>Ocimum basilicum L.</i>	0,145	0,021
<i>Origanum vulgare</i>	0,466	0,063

Полученные экспериментальные данные показывают более высокую антиоксидантную активность экстрактов душицы по сравнению с экстрактами базилика обыкновенного.

УДК 630.187.1 : 630.551.52

Студ. А.В. Сакович

Науч. рук. доц. С.А Ламоткин

(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

## **СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Сосна обыкновенная является первой по значимости хвойной породой в видовом составе лесов Республики Беларусь. Химический состав эфирного масла определяют качество выпускаемой продукции.

При этом существенное влияние на состав масла оказывает значительное количество факторов (сезонность, климатические условия и т.д.) и в том числе экологическая обстановка в местах произрастания.

В связи с этим целью настоящей работы был анализ состава эфирного масла сосны обыкновенной, произрастающей в условиях Национальных парков Республики Беларусь.

В качестве объекта исследования были выбраны деревья сосны обыкновенной, находящиеся на территории Березенского биосферного заповедника Минской и Витебской области, ГПУ НП «Браславские озера» Витебской области, ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» Минской области, Ландшафтного заказника Налибокский, ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуша» Гродненской области.

В отобранных образцах древесной зелени физико-химическими методами определили содержание токсичных элементов и радионуклидов.

Выделенное сосновое масло представляло собой жидкость светло-жёлтого цвета с древесно-хвойным запахом и жгучим вкусом, величина показателя преломления ( $n_d^{20}$ ) составила  $1,4951 \pm 0,0003$ .

Качественный и количественный анализ проводили на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой 100% диметилсилоксаном. Запись спектров ЯМР проводили на спектрометре AVANCE-500 (Германия) с рабочими частотами для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  – 500 МГц и 125 МГц, соответственно.

Методами ГЖХ и ЯМР спектроскопии было идентифицировано и количественно измерено порядка 28 компонентов.

Таким образом проведенные исследования показали, что состав эфирного масла сосны обыкновенной, произрастающей в условиях Национальных парков Республики Беларусь, в результате статистической обработки результатов практически не изменяются.

УДК 630.187:630.425

Студ. Е.С. Ракуть

Науч. рук. доц. С.А. Ламоткин

(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ СПЕКТРАЛЬНЫМИ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Ель европейская (обыкновенная) (*Picea abies* L. Karst) – типовой вид вечнозеленых деревьев из рода Ель семейства Сосновые. Широко

распространена в северо-восточной части Европы, где растет сплошными лесными массивами. Еловые насаждения *Picea abies* L. Karst занимают 9,6% от лесов республики, что составляет 669,9 тыс.га, ель европейская является второй по значимости хвойной породой в видовом составе лесов Республики Беларусь.

Цель настоящей работы – анализ состава эфирных масел хвои ели европейской (*Picea abies* L. Karst) произрастающей на экологически чистых территориях.

Образцы древесной зелени отбирались в национальных парках Республики Беларусь – Березенский биосферный заповедник Минская и Витебская область, ГПУ НП «Браславские озера» Витебская область, ГПУ «Национальный парк «Нарочанский» Минской области, Ландшафтный заказник Налибокский, ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуца» Гродненская область с деревьев 50-60 летнего возраста в декабре месяце.

Хроматографический анализ выполняли на хроматографе Кристалл 5000.1 с использованием кварцевой капиллярной колонки длиной 60 м с нанесенной фазой 100% диметилсилоксаном. Запись спектров ЯМР проводили на спектрометре AVANCE-500 (Германия) с рабочими частотами для ядер  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  – 500 МГц и 125 МГц, соответственно.

Качественный анализ эфирного масла ели европейской показал наличие порядка 46 соединений. Основными компонентами с содержанием более 1% являются: трициклен –  $1,4 \pm 0,3$ ;  $\alpha$ -пинен –  $8,5 \pm 0,5$ ; камфен –  $15,7 \pm 0,5$ ;  $\beta$ -пинен –  $1,6 \pm 0,3$ ; мирцен –  $4,3 \pm 0,6$ ; лимонен –  $16,1 \pm 0,7$ ; 1,8-цинеол –  $9,3 \pm 0,7$ ; камфора –  $2,1 \pm 0,3$ ; цитронеллаль –  $1,3 \pm 0,2$ ; борнеол –  $3,7 \pm 0,6$ ;  $\alpha$ -терпинеол –  $2,5 \pm 0,3$ ; борнилацетат –  $19,2 \pm 1,3$ .

Таким образом, проведенные исследования показали, что состав эфирного масла ели европейской выделенного из растений, произрастающих на территориях с одинаковой техногенной нагрузкой и идентичных географических и климатических условиях, в рамках статистической обработки результатов практически не изменяются.

**АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДОВ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕТРАГИДРОКАННАБИНОЛА  
В ПРОДУКТАХ НА ОСНОВЕ КАННАБИСА**

Тетрагидроканнабинол (ТГК) является одним из основных каннабиноидов, содержащихся в соцветиях и листьях конопли. По химической структуре представляет собой ароматический терпеноид и является одним из основных веществ, подтверждающих наличие каннабиса в продуктах, которые запрещены к ввозу в Республику Беларусь. Таким образом, идентификация ТГК в объектах, ввозимых на территорию Республики Беларусь, является актуальной задачей.

Цель работы – осуществление идентификации ТГК в различных продуктах на основе каннабиса методами тонкослойной хроматографии (ТСХ), а также газовой хроматографии с масс-детекцией (ГХ-МС) и сравнение чувствительности этих методов.

В качестве объектов исследования выступали марихуана, гашиш, гашишное масло. Исследования проводились в лаборатории Управления Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь по Гродненской области.

Выделение ТГК из марихуаны и гашиша осуществлялось экстракцией метанолом в соотношении 1:10 (м : о). Пробу доводили до кипения и оставляли на 30 мин. Полученный раствор центрифугировали в течение 5 мин при 5000 об/мин. Супернатант подвергали анализу. Выделение ТГК из гашишного масла осуществляли троекратной экстракцией гексаном в аппарате Сокслета, экстракт упаривали при пониженном давлении и растворяли в метаноле для дальнейшего исследования.

Полученные пробы анализировали методом газовой хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией. В ходе анализа использовали хроматограф газовый Agilent GC7890Network/MSD5977 (Agilent Technologies, США) с масс-детектором типа квадруполь и устройством автоматического ввода жидких проб. В качестве неподвижной фазы служил фенилметилполисилоксан, нанесенный слоем толщиной 0,25 мкм на внутренние стенки хроматографической капиллярной колонки HP-5MS длиной 30 м, с внутренним диаметром 0,25 мм.

Для обработки результатов использовалась программа для работы с хромато-масс-спектрометром. Подвижной фазой служил газ гелий. Параметры хроматографирования были следующими: темпера-



тура инжектора – 250°C, температура интерфейса – 250°C; объем вводимой пробы – 1 мкл; температура термостата – 100°C (1 мин); 20°C/мин до 290°C (28,5 мин); скорость потока газа носителя – 0,9 мл/мин. Предварительную дериватизацию пробы не проводили, так как при данных условиях хроматографирования ТГК обладает хорошей летучестью и термической стабильностью.

Параметры режима работы масс-спектрометрического детектора были следующими: условия ионизации – электронный удар с энергией ионизации 70 эВ; температура источника – 230°C; температура квадруполя – 150°C. Запись хроматограммы осуществлялась в режиме полного ионного тока (ПИС), которая представляла собой суммарную интенсивность во всем диапазоне масс  $m/z$  29–550 а.е.м., обнаруживаемых в каждой точке анализа. Тетрагидроканнабинол идентифицировали на хроматограмме по времени удерживания 12,55 мин и масс-спектру, который соответствовал спектру вещества «тетрагидроканнабинол» из библиотеки масс-спектров АИПСИН.

Наиболее интенсивные пики в масс-спектре соответствовали катион-радикалам  $M^+$  с  $m/z$  314,  $[M-CH_3]^+$  с  $m/z$  299,  $[M-CH_2CH_2CH_3]^+$  с  $m/z$  271,  $[M-CHCH_2CH_2CH_3]^+$  с  $m/z$  258,  $[M-CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3]^+$  с  $m/z$  243,  $[M-C_5H_8-CH_3]^+$  с  $m/z$  231. Как видно, фрагментация ТГК при электронном ударе осуществлялась по алифатической цепочке. Тетрагидроканнабинол был идентифицирован во всех исследуемых образцах.

Далее в целях сравнения чувствительности ГХ-МС и ТСХ методов для исследования был выбран экстракт марихуаны, который был разведен в 2, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100 раз. ТСХ-анализ проводили на пластинах для ТСХ Kieselgel 60 F254 (Merck, США) в системе растворителей гексан-диэтиловый эфир (4:1). Проявление пятен проводили обработкой 0,5% водным раствором прочного синего Б. Идентификацию ТГК осуществляли путем сравнения окраски пятна и показателя  $R_f$ , который совпадал с показателем  $R_f=0,72$  стандартного образца ТГК по литературным данным.

В результате было выявлено, что при разведении исходного экстракта в 10 раз идентифицировать пятно ТГК на ТСХ хроматограмме уже нельзя, в то время как при разведении пробы в 100 раз метод ГХ-МС все еще позволял определить пик малой интенсивности, соответствующий ТГК. Таким образом, можно утверждать, что чувствительность метода ГХ-МС при качественном определении ТГК в продуктах на основе каннабиса больше чувствительности метода ТСХ в 10 раз.

Следовательно, применение метода ГХ-МС позволяет определять минимальные содержания каннабиса в продуктах, поступающих на территорию Республики Беларусь.

**АНАЛИЗ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ Y-ХРОМОСОМЫ  
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ БЕЛОРУССКОЙ ПОПУЛЯЦИИ  
РАЗЛИЧНЫМ ГАПЛОГРУППАМ**

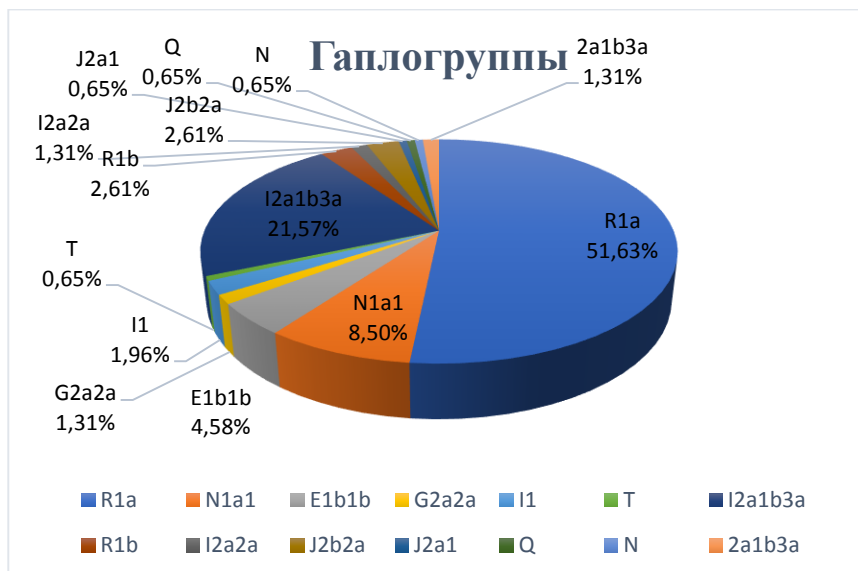
Полиморфизм является одним из основных свойств ДНК, что позволяет проводить исследования, направленные на изучение генетического разнообразия популяции, процессов эволюции, а также генетическую идентификацию биологического материала человека. Последнее является весьма важным как в фундаментальных работах научного характера при изучении генофонда, так и в криминалистике для идентификации биологических следов человека и установления биологического родства при проведении следственных мероприятий. Для проведения таких исследований одним из важнейших генетических маркеров является Y-хромосома (только отцовская линия передачи наследственной информации). Анализ принадлежности Y-хромосом представителей белорусской популяции определенной гаплогруппе и изучение их мутаций дает возможность применять полученные результаты в популяционных и криминалистических исследованиях, что является актуальным.

Целью данной работы является генотипирование выборки биологического материала мужчин белорусской популяции, определение принадлежности Y-хромосом соответствующей гаплогруппе и установление их мутаций.

В качестве объектов исследования выступали коллекционные образцы биологического материала (буккальный эпителий) доноров мужского пола, которые проживают на территории Республики Беларусь. Исследования проводились в лаборатории Государственного учреждения «Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь». Амплификацию осуществляли с использованием коммерческого набора Yfiler® Plus PCR Amplification Kit (Thermo Fisher Scientific, США), представляющего собой тест-систему для исследования коротких tandemных повторов (STR), позволяющую амплифицировать следующие локусы: DYS576, DYS389I, DYS635, DYS389II, DYS627, DYS460, DYS458, DYS19, YGATAH4, DYS448, DYS391, DYS456, DYS390, DYS438, DYS392, DYS518, DYS570, DYS437, DYS385 a/b, DYS449, DYS393, DYS439, DYS481, DYS387S1, DYS533. Генотипирование ДНК в вышеуказанных локусах

осуществляли с использованием олигонуклеотидных праймеров методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) на автоматическом программируемом термоциклере «С 1000» (Bio-Rad, США) с использованием положительного контроля (ДНК с заведомо известным генотипом). Разделение амплифицированных фрагментов осуществляли методом капиллярного электрофореза в автоматическом генетическом анализаторе «ABI 3500 GeneticAnalyzer» (Thermo Fisher Scientific, США). Учет и анализ результатов электрофореза выполняли с использованием программного обеспечения «Run 3500 DataCollection v.3.1» и «GeneMapper™ ID-X SoftwareVersion 1.2».

В процессе исследования было прогенотипировано 153 образца, для которых (с использованием предиктора NEVGEN ([www.nevgen.org](http://www.nevgen.org))) была определена принадлежность к соответствующей гаплогруппе Y-хромосом, а также их мутации. Была выявлена принадлежность исследуемых образцов к 14 различным гаплогруппам (рисунок).



**Рисунок – Распределение исследуемых Y-хромосом по гаплогруппам**

Как видно, в исследуемой выборке преимущественно встречается гаплогруппа R1a, следующими по количеству образцов в выборке были представлены гаплогруппы I2a1b3a, N1a1 и E1b1b. При этом в гаплогруппе R1a чаще всего встречались мутации Y5570 (14,8%), YP593 (7,4%), YP270 (6,2%).

Таким образом, гаплогруппа R1a является самой многочисленной в представленной выборке белорусской популяции, что соответствует литературным данным и показывает принадлежность белорусов к восточно-европейским народам.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ И ОЦЕНКА ИХ ЗНАЧИМОСТИ В ОТНОШЕНИИ БЕСПРИСТРАСТНОСТИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ**

Если испытательная лаборатория хочет быть признана лабораторией третьей стороны, она должна быть способна продемонстрировать свою беспристрастность и то, что ни она, ни ее сотрудники не испытывают никакого коммерческого, финансового или другого давления, которое могло бы оказать влияние на объективность результатов испытаний и их технические суждения (ГОСТ ISO/IEC 17025-2019). Одним из основных принципов деятельности, осуществляемой в лаборатории, является беспристрастность. Деятельность лаборатории должна осуществляться на основе непредвзятости, быть структурированной и управляться таким образом, чтобы сохранять беспристрастность, а также должны на постоянной основе определяться риски, связанные с беспристрастностью.

Учитывая вышесказанное, целью данной работы было определение рисков и оценка их значимости в отношении беспристрастности ООО «Центр испытаний Стандарт». Объектом исследования являлась деятельность лаборатории ООО «Центр испытаний Стандарт». Оценку степени риска ( $P$ ) осуществляли на основании перечня идентифицированных опасностей с использованием показателей вероятности возникновения риска ( $B$ ) и серьезности последствий ( $C$ ), в случае его возникновения по формуле  $P=B \times C$ .

В результате проведенных исследований было выявлено 17 видов рисков, среди которых 12 рисков было отнесено к существенным, остальные – к несущественным. Для минимизации существенных рисков были предложены такие мероприятия, как обучение сотрудников; организация проверки знаний сотрудников; повышение ответственности работников за предоставление недостоверных результатов; недопущение возникновения конфликта интересов; утверждение регламентов в Обществе, исключающих возможность появления административного, финансового, коммерческого давления на сотрудников и руководство лаборатории; назначение на должность руководителя лаборатории лица, в обязанности которого не входят функции, ставящие под сомнение беспристрастность проведения испытаний (измерений) и др. Полученные данные были использованы в разработке проекта документированной процедуры для оценки рисков в отношении беспристрастности в лаборатории ООО «Центр испытаний Стандарт».

Студ. Д.С. Шелегова; соискатель О.А. Гмырак  
Науч. рук. доц. З.Е. Егорова  
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОНУКЛИДНОГО СОСТАВА ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОЛБАС**

В настоящее время требования безопасности комплексных пищевых добавок регламентируются ТР ТС 029 «О безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». Однако в документе отсутствуют предельно допустимые уровни радионуклидов цезия и стронция в данных продуктах, что может создать потенциальную угрозу для здоровья потребителей. На территории Беларуси документом, регламентирующим содержания радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в пищевых продуктах, является РДУ-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде».

Целью работы было изучение радионуклидного состава комплексных пищевых добавок, применяемых в колбасном производстве. Объектами исследований были 5 образцов комплексных пищевых добавок, наиболее часто применяемых в производстве колбас на Минском мясокомбинате.

Исследование радионуклидного состава проводили на гамма-радиометре «АДАНИ РУГ-91-2». Изучаемыми радионуклидами были: Cs-137 и K-40. Измерения одного образца проводили в течение не менее 2 ч. Анализ полученных результатов показал следующее. В трех из пяти образцов комплексных пищевых добавок радионуклиды Cs-137 обнаружены не были. В двух других образцах их содержание было незначительным. Так как в доступных нам источниках научной литературы данных по уровню содержания цезия 137 в комплексных пищевых добавках мы не обнаружили, сравнить полученные нами результаты не представляется возможным. Содержание калия 40 в объектах исследования колебалось от нескольких десятков до нескольких тысяч Бк/кг, что может быть объяснено составом комплексных пищевых добавок.

Сравнивая полученные нами результаты и критические уровни содержания радионуклидов цезия 137 и калия 40 для организма человека (Cs-137 – от 148 МБк; K-40 – 400 МБк) [1], а также учитывая количество ежедневно употребляемых среднестатистическим потребите-

лем колбасных изделий, можно говорить об отсутствии какой-либо значимой отрицательной роли для здоровья человека той радиоактивной нагрузки, которая возможна от комплексных пищевых добавок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Левин М. Н. Природный радиационный фон: учебное пособие для вузов / М. Н. Левин [и др.]. – Воронеж, ИПЦ ВГУ, 2008. – 52 с.

УДК 543.6

Студ. В.Д. Давыденков, С.А. Смирнова  
Науч. рук. доц. Т.М. Шачек  
(кафедра физико-химических методов сертификации продукции, БГТУ)

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛУТАМАТА НАТРИЯ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

Глутамат натрия 1-замещенный (MONOSODIUM GLUTAMATE, E621) – самый распространенный усилитель вкуса и аромата во всем мире. Его потребление в мире достигло 200 тысяч тонн в год. Глутамат – соль глутаминовой кислоты, которая выполняет важнейшие биологические функции в организме: обеспечивает работоспособность быстро делящихся клеток иммунной системы, эпителий желудочно-кишечного тракта и др.; ее доля среди аминокислот мышечной ткани составляет до 60 % и т.д.

Усиление вкуса, а именно придание продуктам питания так называемого «мясного» вкуса обеспечивается за счет присутствия свободного (то есть не связанного с белками) глутамата, или глутамата в форме солей натрия или калия. При этом метаболизм естественного глутамата, встречающегося в пище и метаболизм глутамата натрия в виде искусственных добавок не отличаются.

В 1995 году в отчете FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) было признано, что у некоторого процента населения избыточное потребление глутамата натрия вызывает негативную реакцию и приводит к появлению следующих симптомов: головная боль, тошнота, учащенное сердцебиение, бронхоспазм, боль в груди, сонливость, слабость и потливость.

В Республике Беларусь гигиенические нормативы для применения усилителей вкуса и аромата установлены в ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», который устанавливает максимальный уровень глутамата натрия в продукции – 10 г/кг (Приложение 16).

Глутамат натрия – белый кристаллический порошок, хорошо растворимый в воде. Для определения его концентрации в пищевых продуктах применяют методы тонкослойной хроматографии, колориметрии, вольтамперометрии, потенциометрии и кислотно-основного титрования. Сравнительная характеристика некоторых методов представлена в таблице.

**Таблица – Метрологические и технологические характеристики методов определения глутамата натрия в пищевых продуктах**

Метод	Диапазон измерений	Точность	Примечания
Тонкослойная хроматография с люминисцентным детектированием	1,54–4,22 мг/г	$S_r = 8,0–9,2 \%$	Простой, чувствительный метод
Колориметрия	0,93 до 4,9 г/кг (LoD – 2 ммоль дм <sup>3</sup> )	RSD, $S_r = 1,2\%$	Быстрый, чувствительный и простой
Капиллярный электрофорез	1,0–100 г/кг для пищевых продуктов, продовольственного сырья; 2,5–100% для пищевых добавок	–	Методика позволяет определить суммарное содержание свободных форм глутаминовой кислоты
Потенциометрия	1,0–100% для пищевых добавок	–	Метод оценки качества добавки

Следующим этапом работы является верификация методик определения глутамата натрия в условиях испытательной лаборатории по контролю качества пищевых продуктов БГТУ, выбор оптимальной методики выполнения измерений с учетом ее метрологических, технологических и экономических характеристик и определение уровня содержания усилителя вкуса в различных образцах продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. U. S. Department of Health and Human Services, U. S. Food and Drug Administration // FDA and Monosodium Glutamate (MSG). – 1995.
2. Бельтюков С. В., Малинка Е.В. Определение глутамата натрия методом тонкослойной хроматографии с люминисцентным детектированием / С. В. Бельтюкова, Е. В. Малинка // Вісник ОНУ. Хімія. – 2016. – Том 21, вып. 1(57). – С 50–56.

**ИЗУЧЕНИЕ ВКЛАДА СЛУЧАЙНЫХ И ИЗВЕСТНЫХ  
ФАКТОРОВ В НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ  
МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ВИТАМИНОВ В<sub>2</sub> И В<sub>4</sub>  
В ПРЕМИКСАХ**

Премиксы представляют собой витаминно-минеральные добавки к комбикорму, которые содержат необходимые для организма животных витамины, микро- и макроэлементы, за счет действия которых из организма поглощаются и выводятся токсичные продукты пищеварения, ядовитые и радиоактивные вещества, попавшие в организм животного из окружающей среды, с кормом и водой. Согласно международным требованиям качество результата измерений оценивают через неопределенность измерений. Неопределенность измерений важна не только с точки зрения полноты информации о проведенном измерении и полученном результате, но и с точки зрения метрологической совместимости результатов измерений и оценки рисков принятия неверного решения о соответствии требованиям на основании полученного результата измерений.

Целью работы было изучение вклада случайных и известных факторов в неопределенность измерений массовой концентрации витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>4</sub> в премиксах для сельскохозяйственных животных.

Оценивание неопределенности измерений осуществляли с использованием метода моделирования. Были установлены модели измерений, связывающие измеряемую величину с влияющими величинами, рассчитана стандартная неопределенность каждой влияющей величины и оценена, с учетом коэффициентов чувствительности, стандартная неопределенности измерений массовой концентрации витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>4</sub> в премиксах. Для оценки суммарной неопределенности применяли закон распространения неопределенности [1]. Контроль содержания витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>4</sub> в премиксах для сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы осуществляли с использованием стандартизованных методов (СТБ 1079 п.6.11 и п. 6.14).

В результате применения модельного подхода были выявлены следующие источники неопределенности, влияющие на результат измерений витаминов В<sub>2</sub> и В<sub>4</sub> в премиксах: масса навески исследуемого образца премикса; объемы растворов; степень чистоты реактивов; мо-



лярные массы; значения эталонных образцов; градуировочные функции; погрешность цифровых приборов; повторяемость. Как видно, неопределенность измерений витаминов включает в себя много составляющих. Некоторые из этих составляющих (например, повторяемость определения массовой концентрации витаминов) были оценены по типу А на основании статистического распределения значений величины из серий измерений и характеризовались стандартными отклонениями. Другие составляющие, которые были оценены по типу В (например, масса навески, массовая концентрация рибофлавина в испытуемом растворе и др.), также характеризовались стандартными отклонениями, оцениваемыми из функций плотности вероятностей на основании опыта, литературной информации. Результаты расчета процентного вклада входных величин в неопределенность измерений витаминов представлены в таблице.

**Таблица – Процентный вклад входных величин в неопределенность измерений витаминов**

Входные величины	Процентный вклад, %	
	Витамин В <sub>2</sub>	Витамин В <sub>4</sub>
Масса навески исследуемого премикса	0,05	0,05
Объем мерной посуды	10,40	10,40
Объем раствора	8,10	7,20
Кратность разведения	0,006	0,007
Массовая концентрация витамина	0,0003	0,0002
Оборудование	0,20	0,50
Повторяемость	81,50	79,80

Рассчитанная стандартная неопределенность измерений массовой концентрации витаминов составила: 1,397 г/т (В<sub>2</sub>); 0,012 г/т (В<sub>4</sub>). Полный результат измерений: 17,604±2,794 г/т В<sub>2</sub> и 66,640±0,024 г/т В<sub>4</sub> в премиксе «Рими» (Josera Gmb H&Co.KG, Германия).

Таким образом, было установлено, что основной вклад в неопределенность измерений витаминов группы В в премиксах вносят стандартная неопределенность объемов мерной посуды и повторяемость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения: ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. Введ. 01.09.2018.– Минск: Госстандарт, 2018. – 112с.

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБОНАТОВ КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ В МЕЛЕ**

Лаборатория технологического управления ОАО «Керамин» аккредитована на соответствие требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и осуществляет входной контроль сырьевых материалов и испытания готовой продукции.

В область аккредитации лаборатории входит, в том числе, и контроль за содержанием углекислого кальция и углекислого магния в меле, который используется при производстве керамических глазурей. В соответствии с требованиями ГОСТ ИСО/МЭК 17025 точность получаемых результатов должна оцениваться неопределенностью. Так как лаборатория по этому показателю аккредитована не только на анализ, но и на отбор образцов, то она должна оценивать неопределенность измерений с учетом неопределенности пробоотбора. Неопределенность отбора проб может вносить существенный вклад в неопределенность измерений и оказывать влияние на принимаемое решение относительно контролируемой партии.

Оценка неопределенности аналитического процесса измерения достаточно хорошо разработана и прописана в различных документах. Требование же по оценке неопределенности отбора проб является новым для аккредитованных лабораторий, и пока нет достаточного опыта проведения такой оценки.

Целью работы является оценка неопределенности, с учетом неопределенности отбора проб массовой доли углекислого кальция и углекислого магния в меле по ГОСТ 21138.5. Работа проводилась совместно с лабораторией технологического управления ОАО «Керамин».

Определение карбонатов в меле осуществляется титриметрическим методом, основанным на титровании суммы кальция и магния раствором трилона Б в аммиачно-хлоридной среде в присутствии индикатора хромоген черного.

В общем случае весь процесс измерений делят на два этапа: отбор проб и непосредственно анализ, каждый из которых вносит вклад в неопределенность измерений. Источниками неопределенности отбора и подготовки пробы являются: несовершенство протоколов пробоотбора, неоднородность пробы, перекрестное загрязнение, неполная стабилизация пробы и другие факторы.

Проведенный обзор литературы и международных требований показал, что есть два основных подхода к оценке неопределенности

пробоотбора: «метод моделирования», требующий наличия модели пробоотбора и метод эмпирический, основанный на экспериментальных данных.

Для оценки неопределенности был использован эмпирический подход. Были спланированы и проведены экспериментальные исследования по методу двойных проб (дубликатов). С целью исследования всех существенных факторов влияющих на пробоотбор, в эксперименте участвовали два отборщика, которые отобрали пробы в соответствии со стандартизированной методикой, от 8 партий мела. Каждый отборщик отобрал от одной партии две пробы в разное время, из которых затем были подготовлены две параллельные пробы для анализа. В общей сложности было проведено 64 анализа по определению карбонатов в меле. Обработку результатов осуществляли методом размахов [1]. Результаты расчетов неопределенности приведены в таблице.

**Таблица – Результаты расчетов неопределенности измерения и неопределенности отбора образцов**

Неопределенность	Обозначение величины	Стандартная неопределенность, % отн.	Расширенная неопределенность, % отн.
Анализ (сходимость параллельных результатов)	$CV_A$	0,156	0,31
Отбор проб	$CV_S$	0,349	0,7
Между целевыми объектами (партиями мела)	$CV_I$	1,23	2,46

Таким образом, наибольшая неопределенность (более 2 %) получена из-за разброса между целевыми объектами (партиями), что связано очевидно с их неоднородностью.

Аналитическая неопределенность, составляет 0,3 отн. % и сопоставима со сходимостью методики (0,25 %), что говорит о хорошей сходимости результатов анализа. Неопределенность измерений с учетом отбора проб составляет 0,73 % отн. и указывают на то, что неопределенность отбора образцов вносит существенный вклад в неопределенность измерений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство ЕВРАХИМ/СИТАК. Неопределенность измерения, источником которой является отбор проб. Руководство по методам и подходам / Первое издание 2007. Разработано совместно с EUROLAB, Nordtest и комитетом по аналитическим методам (АМС) Великобритании. – Киев, 2015. – 102 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

На сегодняшний день в основном используют только стволую часть дерева, т. е. не более 65 % всей фитомассы. В то же время хвоя, листья и кора содержат практически все группы органических веществ, необходимых в жизни человека и животных. Концентрация некоторых полезных веществ в хвое, листьях и коре достаточно высока, чтобы при наличии определенных знаний и опыта сделать их выделение и использование весьма перспективным.

Состав хвои, особенно содержание в ней пигментов, фитонцидов, витаминов и других физиологически активных веществ, зависит от многих факторов: видовых особенностей растения, его возраста, условий окружающей среды, времени суток, времени года, количества выпадающих осадков, рельефа местности, типа почвы, колебаний температуры, освещенности и др.

Хвойный водный экстракт содержит водорастворимые витамины (В1, В2, В3, В6, РР, С), макро- (К, Са, Mg, Fe, S, P, N) и микроэлементы, белки (8–16 %), аминокислоты, танниды, янтарную кислоту, сахарозы, глюкозы, фруктозы и другие БАВ. В хвое в значительном количестве также находятся жирорастворимые витамины А и Е ( $\alpha$ -токофенол),  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -каротины, пектиновые и дубильные вещества.[1]

Многообразие компонентов, входящих в состав хвои различных пород деревьев, не позволяет выделить какие-либо универсальные методы анализа их водных экстрактов. Это обусловило цель исследования – определение оптических методов, которые можно применить для определения концентрации экстрагированных веществ в водных экстрактах хвойных деревьев, а также их отдельных компонентов.

Были проанализированы такие методы как поляриметрия, рефрактометрия, спектрофотометрия и фотоколориметрия.

В конце вегетации перед опадением хвои снижается или прекращается биосинтез полярных соединений, необходимых для жизнедеятельности клеток. Доля малополярных соединений, соответственно, возрастает. Поэтому поляриметрия малоэффективна для анализа хвои, собранной в зимний период.

В ходе испытаний проводимых при помощи фотоколориметра КФК-3 было выявлено, что с уменьшением концентрации экстрактов оптическая

плотность растворов также уменьшалась. Наблюдались хорошие воспроизводимые линейные зависимости оптической плотности от концентрации для всех водных экстрактов. При этом величина оптической плотности для экстрактов, полученных из различных пород, остается величиной практически постоянной при определенной длине волны. Таким образом, фотоколориметрию можно применять в качестве экспресс методики для определения концентрации сухих веществ.

Несмотря на значительное содержание полипренолов и других веществ, способных преломлять свет, рефрактометрический анализ хвойных экстрактов не дал положительных результатов. Измеренные показатели преломления оказались очень близки к показателю преломления воды. Измерения на спектрофотометре показали, что интенсивность поглощения наибольшая при длинах волн 560–570 для ели и 325–350 для пихты. Соответственно при данных длинах волн можно определять концентрацию для хвойных экстрактов. При этом, в разных породах хвойных деревьев есть, как и отличия в структуре, так и сходства. При помощи спектрофотометрии можно провести анализ содержащихся химических связей.

Показатели точности для методик выполнения измерений методами фотоколориметрии и спектрофотометрии приведены в таблице.

**Таблица –Показатели точности МВИ**

Название оптического метода	СКО повторяемости, $S_r$	СКО промежуточной прецизионности, $S_R$	Предел повторяемости, $r$	Предел промежуточной прецизионности, $R$
Фото-колориметрия	0,0164	0,0128	0,0458	0,1073
Спектро-фото-метрия	0,03752	0,06499	0,1051	0,1820

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что применение таких оптических методов как спектрометрия, фотоколориметрия и поляриметрия для хвои, собранной в весенне-летний период, возможно при экспресс определении концентрации экстрактивных веществ в водных растворах хвойных растений, а также для идентификации отдельных компонентов. При этом методики являются хорошо воспроизводимыми, что подтверждают рассчитанные значения показателей точности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миксон Д. С., Рощин В. И./ Состав сложных эфиров экстрактивных веществ хвои лиственницы сибирской/ Миксон Д. С./СПбГЛТУ имени С.М.Кирова. – г. Санкт-Петербург. –2015 г.

## **ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТАЛЛОКОРДА НА ОАО «БЕЛШИНА»**

При производстве автомобильных шин в качестве армирующего материала используют металлокорд, который представляет собой трос, свитый из специальной высококачественной стальной латунированной проволоки. По прочности на разрыв, минимальному удлинению при растяжении, теплопроводности и теплостойкости металлокорд значительно превосходит все другие виды корда.

На ОАО «Белшина» используют металлокорд, производимый на Белорусском металлургическом заводе по ТУ ВУ 400074854.004-2006 «Металлокорд для шин. Технические условия».

ЦЗЛ «Белшина» осуществляет входной контроль поступающего на предприятие металлокорда на соответствие установленным требованиям. Цель работы – провести анализ качества поступающего металлокорда по показателям: диаметр и разрывное усилие, которые контролируются по ГОСТ 14311.

Объектом исследования является металлокорд 9Л20/35 конструкции  $3 \times 0,20 + 6 \times 0,35$  (3 проволоки диаметром 0,20 мм, 6 оплеточных проволок диаметром 0,35 мм).

Металлокорд изготавливается из стальной латунированной проволоки, диаметр которой до свивки в металлокорд должен быть равен номинальному диаметру с предельно допустимым отклонением  $\pm 0,01$  мм. Временное сопротивление разрыву оплеточной проволоки должно быть от 1800 до 3200 Н/мм<sup>2</sup>. Разрыв с узлом проволоки должен быть не менее 57 % для металлокорда нормальной прочности, не менее 55 % для металлокорда высокой и сверхвысокой прочности.

Для контроля качества металлокорда по таким показателям как «Диаметр металлокорда» и «Разрывное усилие» было предложено использовать контрольные карты индивидуальных значений (*X*-карта) и скользящих размахов (*R<sub>m</sub>*-карта). Выбор карт объясняется тем, что указанные показатели контролируются количественно и объем выборок не постоянен из-за непостоянства объема партий.

Были проанализированы результаты 28 выборок, объемом 10 % от объема партии (от 3 до двадцати семи единиц).

Контрольные границы для построения *X*-карты вычисляли по формуле

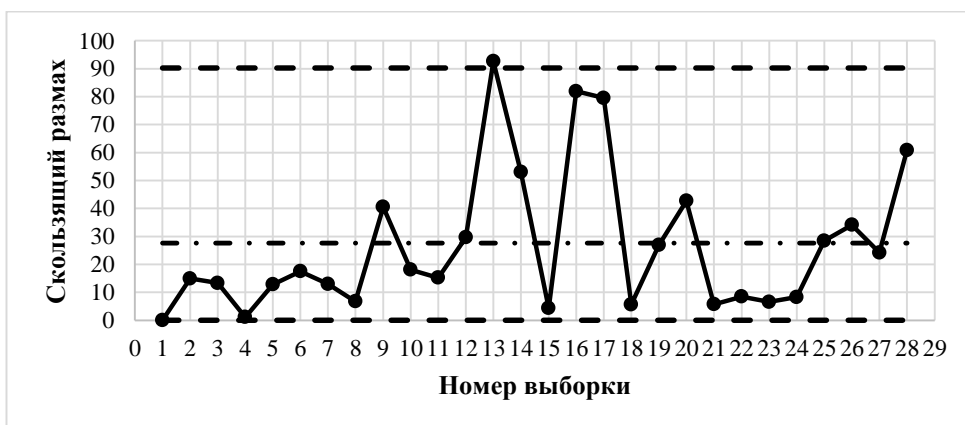
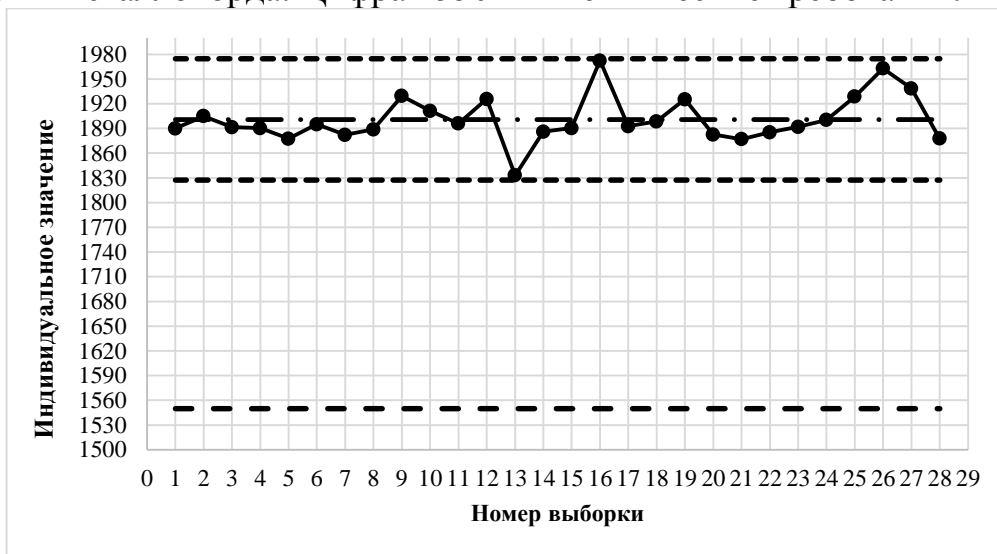
$$UCL_X(LCL_X) = \bar{X} \pm 2,660 \cdot \bar{R}_m, \quad (1)$$

где  $UCL$  – верхняя контрольная граница;  $LCL$  – нижняя контрольная граница;  $\bar{X}$  – общее среднее результатов измерений;  $\bar{R}_m$  – среднее арифметическое скользящих размахов.

Верхнюю контрольную границу для построения  $R_m$ -карты вычисляли по формуле (нижняя граница равна нулю)

$$UCL = 3,267 \cdot \bar{R}_m, \quad (2)$$

На рисунке показаны контрольные карты индивидуальных значений ( $X$ -карта) и скользящих размахов ( $R_m$ -карта) контроля разрывного усилия металлокорда. Цифра 1550 Н – технические требования.



**Рисунок– Контрольные карты индивидуальных значений и скользящих размахов**

Таким образом, контрольные карты показывают, что по контролируемым показателям качество металлокорда стабильно и соответствует техническим требованиям.

### **СИТУАТИВНОЕ ЛИДЕРСТВО**

Ситуативное лидерство (ситуативное руководство) – набор тактических методов управления подчиненными, при котором руководитель подбирает стиль руководства в зависимости от конкретной ситуации. В данном случае «ситуация» означает необходимость решить поставленную задачу с оптимальными трудозатратами. Ситуативное лидерство позволяет отвечать на главные вопросы с которыми сталкивается каждый руководитель: как управлять персоналом, как мотивировать сотрудников. Основная цель ситуационного управления - выбор оптимального стиля управления для каждого из сотрудников. К задачам ситуационного управления относятся: анализ ситуации в зависимости от требований к организации в конкретных условиях; выбор оптимального управленческого подхода наиболее подходящим образом отвечающего требованиям успешной деятельности компании в данной ситуации; создание соответствующего гибкого стиля управления в организации; оперативное внесение необходимых изменений для эффективного управления деятельностью людей и ситуацией [1]. Ситуационный стиль управления предполагает эффективное овладение руководителем четырьмя основными стилями управления, которые он применяет в управлении персоналом, комбинируя или разделяя их по отношению к разным сотрудникам. Директивный (авторитарный). Для него характерны: высокая степень сосредоточенности на задаче, низкая степень сосредоточенности на людях, высокий уровень контроля начальника над подчиненными, четкая постановка приказов, высокий уровень наказания сотрудника за ошибку [2]. Наставнический стиль предполагает предоставление возможности сотрудникам проявить инициативу и высказать свои мысли. Он характеризуется: высокой степенью нацеленности на задачу, высокой степенью нацеленности на людей. В этом случае лидер дает указания и следит за их исполнением, и в то же время дает пояснения, зачем нужно выполнить поставленную задачу, предлагает подчиненному поделиться идеями, правками и предложениями [2]. Дружеский (поддерживающий) стиль руководства нацелен на помощь сотруднику, степень контроля минимальная. Он характеризуется: низкой степенью нацеленности на задачу, высокой степенью нацеленности на людей. Управленческие решения принимаются не лидером, а работниками. Наблюдается регулярная помощь руководителя с минимальным контролем. Лидер занимает уровень кадров, а не руководителя [2].



Делегирующий (эталонный) стиль предполагает полную свободу решения задач сотруднику. Вся ответственность за выполнение также лежит на подчиненном. Он характеризуется: низкой степенью нацеленности на задачу, низкой степенью нацеленности на людей. Лидер полностью передает ответственность, права обязанности и задачи команде. Стиль основывается на отсутствии вмешательства лидера. Грамотное сочетание стилей и есть ситуационное лидерство, которое обеспечивает высокий уровень эффективности управления персоналом. Ситуационная теория руководства и лидерства не предполагает выбора единого стиля. Она учит использовать разные стили в зависимости от уровня сотрудника.

Были разработаны ситуационные модели, которые помогли разобраться в сложностях процесса руководства: ситуационная модель руководства Фидлера, подход Митчелла и Хауса «путь-цель», теория жизненного цикла Херси и Бланшара, модель принятия решений руководителем Врума-Йеттона, модель ситуационного лидерства Стиinsona-Джонсона. Модель эффективного руководства Фреда Фидлера основана на том, что результативность команды во многом зависит от того, насколько каждая отдельная ситуация позволяет руководителю осуществлять контроль над своими сотрудниками и влиять на их работу. Основная идея этой модели заключается в том, что различные стили управления будут наиболее эффективны в различных условиях. В связи с этим было выделено несколько стилей лидерства и различных ситуаций, а также составлены наиболее оптимальные комбинации этих двух компонентов. Подход Митчелла и Хауса «путь-цель» во многом аналогичен модели Фидлера и также указывает руководителям на необходимость применять стиль руководства наиболее соответствующий ситуации. Согласно подходу «путь-цель» руководитель может побуждать подчиненных к достижению целей организации, воздействуя на пути достижения этих целей. Руководитель может повлиять на подчиненных, увеличивая их личную выгоду в достижении ими цели данной работы. [3]. Суть теории Херси и Бланшара заключается в выборе стиля, наиболее соответствующего уровню готовности (этапу жизненного цикла) сотрудников: их образованию, профессиональным навыкам, самооценке и установкам. Стиль объяснения наиболее подходит для сотрудников, находящихся на очень низком уровне готовности, стили убеждения и участия эффективны, когда подчиненные находятся на среднем и высоком уровнях готовности, а стиль делегирования наиболее приемлем, когда сотрудники демонстрируют очень высокую готовность выполнять задачи [3].

С точки зрения В. Врума и Ф. Йеттона, имеется пять стилей, которые может использовать руководитель в зависимости от того, в какой степени подчиненным разрешается участвовать в принятии решений. Эти пять стилей представляют континуум, который начинается с авторитарного стиля принятия решений (1-й и 2-й стили), затем идет консультативный (3-й и 4-й) и, наконец, завершается полным участием (5-й). Применение каждого из этих стилей зависит от характеристик ситуации или проблемы. Различные ситуационные модели помогают осознать необходимость гибкого подхода к руководству. Чтобы точно оценить ситуацию, руководитель должен хорошо представлять способности подчиненных и свои собственные, природу задачи, потребности, полномочия и качество информации. В настоящее время считают, что самым эффективным стилем в быстро меняющемся мире является стиль адаптивный, или стиль, ориентированным на реальность, определяемую внешней средой, возможностями подчиненных, особенностями решаемой задачи и возможностями организации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Важнейшие понятия и концепции в современном управлении: Терминологический словарь / Гончаров В.В. Москва: МНИИПУ, 1998. 173 с.
2. Менеджмент: Учебник / Виханский О.С. Москва: Гардарики, 2001. 528 с.
3. Стратегическое управление: Учебник / Виханский О.С. Москва: Гардарики, 1998. 296 с.

УДК 60:502.12

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

#### **РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ БИОТЕХНОЛОГИЙ И ИХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ**

Среди учёных нет единого мнения по вопросу о точном определении понятия «биотехнология». Можно сказать, что биотехнология изучает методы получения полезных для человека веществ и продуктов в управляемых условиях на основе использования микроорганизмов, клеток животных и растений или изолированных биологических структур клеток. Нельзя не отметить также возможность решения глобаль-

ных экологических проблем с помощью применения современных методов биотехнологии. К этим серьёзным проблемам относятся: исчезновение растительных и животных видов, видового многообразия, генофонда флоры и фауны Земли, исчезновение лесов (особенно тропических) со скоростью несколько десятков гектаров в минуту, истощение природных ресурсов, загрязнение атмосферы, воды и почвы, непрерывный и бурный рост энергетических затрат человечества и многие другие. Чтобы хоть немного улучшить экологическую обстановку, следует изменить образ жизни и мышление человека [1].

Важнейшая цель биотехнологии состоит в том, чтобы дать будущему специалисту представление о современном состоянии и перспективах развития биотехнологии при использовании биообъектов в промышленном производстве, сельском хозяйстве, здравоохранении и в сохранении окружающей среды. В самом общем понимании в основе усилий по развитию биотехнологии лежит гуманистически-экологическая идея заботы общества о гармоничном сосуществовании и взаимозависимом сохранении человека и природы в их сопряженном, регулируемом развитии наиболее безопасными способами. Однако при этом необходимо понимать, что в развитии биотехнологии, как и любого другого научного направления, следует учитывать формирование позитивных и негативных последствий практического использования биотехнологий и их продуктов в широком понимании. Методы прогнозирования результатов различных применений биотехнологических разработок должны строиться на основе расчетов возможных соотношений позитивных и негативных последствий использования их продуктов в тех или иных условиях. Поэтому формирование предмета биотехнологии (углубленное изучение, в т.ч. и на молекулярном уровне, биообъектов; улучшение аппаратного оформления биотехнологических процессов; изучение взаимосвязей биообъектов и оборудования для повышения их совместимости [2]) должно осуществляться с учетом прогнозов результатов опытного воплощения биотехнологического знания.

Биотехнология как область знаний и динамически развиваемая промышленная отрасль призвана решить многие из проблем сохранения баланса в системе взаимоотношений «человек - природа - общество», ибо биологические технологии, базирующиеся на использовании потенциала живого по определению нацелены на дружественность и гармонию человека с окружающим его миром [3].

Биотехнология позволяет конструировать источники энергии различными способами: получение биогаза из органических отходов

или из специально выращиваемой зеленой массы быстрорастущих растений и деревьев, водорослей путем метанового брожения; получение водорода биофотоллизом воды. Известны фототрофные бактерии, которые способны выделять водород под действием света. Ферменты этих бактерий наряду с водородом образуют и кислород, т.е. происходит биофотоллиз воды. Пока это направление пока еще не дало практических результатов, но является весьма перспективным; биосинтез углеводов микроорганизмами. Например, в США для получения жидких углеводов используют микроводоросль *Botriococcus braunii*, которая под действием света накапливает до 75% углеводов от сухой массы клеток; получение моторного топлива путем смешивания бензина с этанолом, который получается из растительных отходов (такая смесь называется газохол) [1].

Последние десятилетия XX в. ознаменовались бурным развитием молекулярной генетики, приведшим к появлению генной инженерии, на основе которой разрабатываются различного рода биотехнологии, создаются генетически модифицированные продукты. Молекулярная биология и генетика открыли большие возможности для манипуляций с генетическим фондом человека: стало возможным исправлять генетические дефекты или вводить новую генетическую информацию в хромосомы человека [4]. Однако возрастают, опасности и риски неконтролируемого использования биотехнологий, что может привести к катастрофическим последствиям для человека и общества и поэтому необходимо развивать опережающее знание о последствиях и принимать превентивные меры безопасности и контроля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лоуган П. [и др.] «Окружающая среда профессиональная занятость и здоровье», «О вас и вашем теле: Книга о женщинах и для женщин»: Пер. с англ.– М.: Издательская группа «Прогресс» «Универс», 1995. 592с.
2. Основы биотехнологии: краткий курс лекций для студентов III курса направления подготовки 19.03.01 Биотехнология / Сост.: Е.А. Фауст. ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». Саратов, 2015. 52 с.
3. Бирюков, В.В. Основы промышленной биотехнологии. М.: КолосС, 2004. 296 с.
4. Коваленко К.Е. О возрастающей роли разумности в правосознании общества//Право и государство: теория и практика. 2012. № 2. С. 12 – 16.

## **СОВРЕМЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

В настоящее время биотехнология играет важную роль в удовлетворении различных потребностей человека. Однако не все ее достижения однозначно положительно оцениваются общественностью. В среде самих специалистов обсуждаются вопросы о необходимости контроля за практической реализацией различных биотехнологических исследований и проектов, которые сопряжены с дополнительными социально-этическими проблемами их адаптации и материальными затратами по обеспечению их безопасности. Ниже отмечены некоторые из основных областей биотехнологии [1].

1) Биоинформатика или золотая биотехнология – это междисциплинарная область, которая решает биологические проблемы с использованием вычислительных методов и делает возможными быструю организацию и анализ биологических данных.

2) Красная биотехнология относится к медицине и ветеринарным продуктам. Она включает в себя производство вакцин и антибиотиков, разработку новых лекарств, методы молекулярной диагностики, регенеративную терапию и развитие генной инженерии для лечения заболеваний с помощью генетических манипуляций.

3) Белая биотехнология относится к промышленной биотехнологии. Она уделяет особое внимание разработке низкопотребляющих ресурсов процессов и продуктов, что делает их более энергоэффективными и менее загрязняющими окружающую среду, чем традиционные.

4) Желтая биотехнология используется для обозначения использования биотехнологии в производстве продуктов питания, например, при производстве вина, сыра и пива путем ферментации.

5) Серая биотехнология принадлежит к экологическим приложениям для поддержания биоразнообразия и удаления загрязняющих веществ с использованием микроорганизмов и растений с целью выделения и утилизации множества видов веществ, таких как тяжелые металлы и углеводороды.

6) Зеленая биотехнология ориентирована на сельское хозяйство. Зеленые биотехнологические подходы и приложения включают в себя

создание новых сортов растений, представляющих интерес для сельского хозяйства, производство биофертилизаторов и биопестицидов. Эта область биотехнологии основана исключительно на трансгении.

7) Голубая биотехнология основана на эксплуатации морских ресурсов для создания продуктов и приложений, представляющих промышленный интерес.

8) Фиолетовая биотехнология занимается юридическими, этическими и философскими вопросами, связанными с биотехнологией.

9) Темная биотехнология связана с биотерроризмом или биологическим оружием и биологическими войнами с использованием микроорганизмов и токсинов, вызывающих болезни и смерть людей, домашних животных и сельскохозяйственных культур.

В современной литературе представлены несколько видов биотехнологии [2].

Биомедицина – раздел медицины, изучающий с теоретических позиций организм человека, его строение и функцию в норме и патологии, патологические состояния, методы их диагностики, коррекции и лечения. Биофармакология – раздел фармакологии, который изучает использование биотехнологических лекарственных средств или биофармацевтических препаратов. Бионика – это наука, пограничная между биологией и техникой, решающая инженерные задачи на основе анализа структуры и жизнедеятельности организмов. Клонирование – появление естественным путём или получение нескольких генетически идентичных организмов путём бесполого (в том числе и вегетативного) размножения или партеногенеза. Генная инженерия – искусственные манипуляции, модификация и рекомбинация ДНК или других молекул нуклеиновой кислоты с целью изменения организма или популяции организмов. Биоремедиация использует живые организмы, такие как микробы и бактерии, в удалении загрязняющих веществ, загрязняющих веществ и токсинов из почвы, воды и других сред.

Выделяются четыре основные социально-этические проблемы, сопровождающие развитие биотехнологий [3]. Вред окружающей среде. Эта озабоченность, пожалуй, наиболее широко цитируется теми, кто выступает против ГМО. Очень трудно предсказать, что произойдет в экосистеме, где был введен новый организм – будь то генетически модифицированный или нет. Биотерроризм. Правительства обеспокоены тем, что террористы будут использовать биотехнологии для создания новых супербактерий, инфекционных вирусов или токсинов, от которых у нас нет лекарств. Использование биотехнологии в качестве оружия было запрещено Женевской конвенцией. Лабораторная/производственная безопасность. Некоторые новые технологии создают коммерческие

производственные линии до того, как они будут достаточно проверены на безопасность. Существует также озабоченность по поводу безопасности техников в лабораториях – даже в безопасных условиях – при работе с организмами неизвестной вирулентности. *Этические вопросы*. Помимо извечных дебатов о том, является ли клонирование генов кощунством, возникают бесчисленные этические вопросы по поводу целесообразности лицензирования генетических изобретений и других вопросов ИС. Существуют и другие проблемы, в том числе, когда ученые используют людей и животных в качестве объектов клинических испытаний. В процессе развития биотехнология возникают новые угрозы для окружающей среды и человечества в целом, что требует постоянного внимания специалистов к разработке упреждающих мер безопасности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Что такое биотехнология? [Электронный ресурс] // Conserveenergyfuture.

URL: <https://www.conserve-energy-future.com/biotechnology-types-examples-applications.php> (Дата обращения: 26.04.21)

2. Биотехнология [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотехнология#Виды\\_биотехнологии](https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотехнология#Виды_биотехнологии) (Дата обращения: 26.04.21).

3. Социальные проблемы с биотехнологией [Электронный ресурс] // ThoughtCo. URL: <https://www.thoughtco.com/societal-concerns-with-bio-tech-3973289> (Дата обращения: 26.04.21).

УДК 004:60

Студ. О.В. Левонюк

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

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ И СОВРЕМЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

В настоящее время биотехнологические методы познания находятся в процессе разработки и совершенствования. Повысить позитивную результативность решения соответствующих задач позволяют цифровые технологии. Цифровизация предполагает укорененное внедрение современных цифровых технологий в разные области жизни человека, включая и производство. В целом цифровизация оценивается многими специалистами как процесс прогрессивных изменений различных функций, которые выполняют технологии.

Цифровизация оказывает воздействие на достижения науки и техники в плане улучшения умственных и физических возможностей человека, что отражается, например, в такой философской концепции

как трансгуманизм. Философ и футуролог Макс Мор формулирует определение трансгуманизма как философского учения о возможностях и потенциальной опасности так называемых «Emerging technology», оказывающих помощь человечеству в преодолении определенных фундаментальных ограничений его природы. В этом отношении «Emerging technology» резервирует свои возможности в биотехнологии, нанотехнологии, а также в когнитивной науке. По сути трансгуманизм генерирует идеи возможности бесконечного совершенствования человека, что якобы должно привести к устранению неизбежности смерти и старения, к значительному повышению физического и умственного потенциала человека. Если трансгуманизм направлен на решение конкретных проблем и обоснование непосредственного улучшения жизни человека, как существа биосоциального, то его оппоненты главным образом рассматривают пути, возможности и технологии, в том числе по изменению деятельности направленной вовне в целях сохранения природы и создания более безопасных экологических условий жизни человека и общества в целом. Например, актуализируются вопросы совершенствования технологий по сокращению выбросов вредных веществ в атмосферу, обосновывается необходимость создания разнообразных препятствий по использованию генной инженерии в сельском хозяйстве и др. Условия, создаваемые наукой и техникой для человечества, не могут компенсировать вред, наносимый природе и человеку его собственной деятельностью. В этих условиях биотехнология занимается изучением практического внедрения микроорганизмов и всевозможных биологических систем в производственные процессы. Для этих целей могут использоваться растительные или животные ткани, протопласты, рекомбинантные ДНК, генетически модифицированные организмы и др. Значение информационных ресурсов для работ в области биотехнологий чрезвычайно велико. Так как в процессе исследований и проведении крупных проектов собирается большое количество данных, эти данные необходимо обработать и сохранить, что выполнимо при наличии ресурсов информационных технологий. Влияние цифровизации на биотехнологию рассмотрим на примере конкретных направлений этой науки. Для генетики главным способом получения информации является секвенирование геномной ДНК. Если до 2001 года секвенирование осуществлялось методом Сенгера и было достаточно дорогой процедурой, то новые технологии секвенирования (Next Generation Sequencing или NGS) после 2011 года существенно снизили стоимость обработки одного генома до 10 тыс. долларов (в 2001 году это обошлось бы в 100 млн. долларов). Снижение стоимости привело к большему количеству процедур секвенирования, что повлекло за собой накопление больших баз данных структур всех



возможных биомолекул: ДНК, РНК, белков и др. Биоинформатика занимается развитием и применением компьютерных методов для анализа различных геномных данных. Возможности Интернета делают различные исследования общедоступными. Так политическое решение об открытости базы данных о геноме человека позволило всем учёным мирового сообщества иметь доступ к новейшим исследованиям. Цифровизация сельского хозяйства способствует значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Также цифровые технологии могут значительно уменьшить материальные затраты на электричество, средства защиты растений, оплату труда, способствуют сохранению плодородия почв и защиты окружающей среды. Многочисленные инновации в селекции трансгенных сельскохозяйственных животных формируют условия создания организмов генетически устойчивых к ряду заболеваний.

Таким образом, нынешние биотехнологии играют большую роль в качественном улучшении жизни человека. С помощью биотехнологий получают новые средства для диагностики, вакцины, продукты питания, лекарства. Однако все это не может компенсировать того вреда, который наносится человеку и природе его собственной деятельностью. Поэтому прогресс биотехнологий должен сопровождаться опережающим предвидением результатов их практического внедрения с учетом положительных и отрицательных последствий их соотношения и оценки степени безопасности для человека и природы. Следовательно, цифровизация в сфере биотехнологической деятельности должна решать вопросы разработки методологии предупреждения и уменьшения рисков и угроз, вызываемых массовым использованием конструируемых человеком биопродуктов или заменителей живых тел, сложившихся естественным эволюционным путем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Балашенко Н.А. Информационные технологии в генетике/ Н.А.Балашенко// Информатизация образования. – 2016. -№1.– с.84-94.
2. Большие данные в биоинформатике/ Н.Н.Назипова, Е.А. Исаев, В.В. Коршилов [и др.]// Математическая биология и биоинформатика. – 2017. – Т.12, №1. – с. 102-119.
3. Шиповалова Л.В. О субъекте научной деятельности в цифровую эпоху / ред. А.А. Аргамаковой, Е.В. Масланова, В.В. Слюсарева, Т.М. Хусяинова – М.: Русское общество истории и философии наук, 2019. – с. 23-37.
4. Маркова Л.А. Новое мышление как базис философии трансгуманизма / ред. А.А. Аргамакова, Е.В. Масланова, В.В. Слюсарева, Т.М. Хусяинова – М.: Русское общество истории и философии наук, 2019. – с. 38-52.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУКОВОДСТВА ОРГАНИЗАЦИЯМИ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ**

В настоящее время для построения успешной карьеры в подавляющем большинстве случаев нужно получить профильное образование. Пристальное внимание образованию уделяется в экономически развитых странах, к которым относятся страны Западной Европы, а также США и Япония. И если системы образования США и Западной Европы в сущности схожи, то японский подход имеет отличия.

Первая отличительная черта японской образовательной системы – фирма сама обучает сотрудников. Японские организации делают упор на то, что их персонал должен обладать широким кругозором, а не получать формальное управленческое образование. Преимуществом такой позиции является то, что работники обладают знаниями в большом ряде дисциплин, а впоследствии применяют свои теоретические знания на практике, и это в современном мире считается действительно необходимым навыком. В образовательной системе США широко распространены «школы бизнеса». В связи с большим спросом на обучение в данных учреждениях, можно сделать вывод, что в стране действует стандартизация управления, которая ведет к централизации подготовки сотрудников фирмы, для чего используются стандартные образовательные программы.

Сравнив два эти вида обучения – узкоспециальное, характерное для США и Европы, и многопрофильное японское – однозначно выделить лучшее нельзя. В каждой системе можно найти свои преимущества и недостатки. Вероятнее, сейчас важен не багаж знаний, предоставляемый учебными заведениями и местами трудоустройств, а развитие у сотрудников гибкого мышления, позволяющего сочетать теоретические и практические знания.

Что касается найма и продвижения по служебной лестнице, ситуации в США и Японии также имеют некоторые различия. Система найма сотрудников в Японии после экономического кризиса 1970-х годов постепенно перешла от пожизненного найма рабочих к гибким формам их занятости. В странах Европы и в США к данной системе прибегли гораздо раньше.

Однако, в некоторых крупных компаниях Японии до сих пор применяется пожизненный найм, признанный нерентабельным многими специалистами. Деятельность членов компании в Японии оценивается

лишь после 10 лет работы, до этого отсутствует всякая возможность карьерного роста. В американских фирмах, в отличие от японских, продвижение по службе происходит намного быстрее. Оно основывается на конкретных достижениях и результатах работы специалиста. Так как в японских компаниях не существует понятия «личных функций сотрудника», а действует только понятие «функции фирмы», зачастую применяется ротация кадров. Она предназначена для расширения кругозора всех людей, работающих в компании, путем получения опыта работы в различных подразделениях. Высококвалифицированным работником в США и европейских странах считается тот, кто разбирается во всех тонкостях своей профессии.

Получается, что их индивидуализм противоположен коллективизму в Японии. Различие между ними заключается в том, что пока американский и европейский работник осуществляет только определенный функционал в разных фирмах, японский – работы разного профиля только в своей компании. Индивидуализм и коллективизм проецируются и на контроль деятельности членов компании. Контроль можно назвать одной из самых важных функций наряду с мотивацией, если речь идет о менеджменте.

Именно контроль необходим для успешной работы компании и достижения установленных целей. Для Америки и Европы характерен следующий порядок – каждый работник несет личную ответственность за выполнение назначенных ему задач. Это объясняется наличием в компаниях строго определенных формализованных показателей контроля. Контроль в Японии, напротив, неформальный. Сотрудники не только следят за закрепленными за ними участками и состоянием дел на них, но и привносят максимальный личный вклад в компанию.

На производительность труда и качество выполнения должностных обязанностей влияет наличие в японских компаниях кружков качества. Предпочтительной из данных систем контроля является – японская. В современных условиях организации должны быть гибкими и реагировать на все внешние факторы, оказывающие влияние на их деятельность. Что может показаться на первый взгляд идентичным в фирмах Европы, США и Японии так это способ принятия решений. Стоит он из нескольких этапов: от постановки проблемы до постановки задач исполнителям. Но японский менеджмент все так же руководствуется принципами коллективизма.

В этой связи при принятии решений должен быть достигнут консенсус. Также необходимо упомянуть, что в японских компаниях действует вертикальная направленность управления «сверху - вниз». Си-

стема, где все заинтересованные лица, независимо от своего положения, принимают участие в решении проблем фирмы, является очень эффективной.

В США и Европе такая коллективная ответственность отсутствует, а принимают решения и несут за них ответственность отдельные лица. Такой тип управления значительно уступает японскому. Ведь компания представляет собой единый организм, а всех сотрудников объединяют общие цели, поэтому и приниматься решения должны совместно.

Если японцы в основном работают ради удовлетворения идейного и процессного мотивов, и лишь для малого количества работников важен мотив достижения, то в Европе и США этот мотив преобладает. Разумеется, объединяет всех потребность в справедливом вознаграждении. Но каждая компания должна учитывать, что помимо оплаты труда важно и мотивирование подчиненных развитием системы стимулирования труда. Данный подход является самым эффективным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко А.И. История менеджмента: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Академический Проект, 2002. 560с.
2. Курицын А.Н. Секреты эффективной работы. Опыт США и Японии для предпринимателей и менеджеров. М., 1994. 198с.
3. Морита, А. Sony. Сделано в Японии. М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.290с.
4. Оучи У. Методы организации производства. Теория Z. Японский и американский подходы. М.: Экономика, 1984. 184с.
5. Удалов Ф.Е., Удалов О.Ф., Алехина О.Ф. Менеджмент: Американский и японский подходы: Учеб. пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1999. – 53 с.

**Секция  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ  
И ТЕХНИКИ**

## **АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ**

Пивная дробина – это побочный продукт пивоварения, который представляет собой остатки ячменного сырья после выработки из него сусла. Она содержит частицы семян и оболочек зерна, богатые растительной клетчаткой. Норматив образования дробины пивной согласно [1] может составлять 27,0 % от объема готового пива. В соответствии с классификатором отходов Республики Беларусь [2] дробина солодовая (пивная) имеет код 1140501 и относится к неопасным отходам.

Влажность пивной дробины может составлять 80%, что ограничивает срок ее хранения. При длительном хранении пивной дробины наблюдается ее закисание, что приводит к потере ценных компонентов. В пивной дробине содержится значительное количество белковых веществ и других питательных элементов.

Анализ научно-технической и патентной литературы позволит выделить следующие направления переработки пивной дробины:

- 1) производство кормовых добавок для сельскохозяйственных животных и птицы;
- 2) получение белкового напитка, который может быть использован в спортивном и диетическом питании;
- 3) производство колбасных изделий из мяса птицы и биологически активной добавки на основе пивной дробины;
- 4) получение субстрата, используемого в качестве основы для получения удобрения, подкормки для рыбы или кормовых добавок.

Трудность переработки пивной дробины в товарные продукты обусловлена ее высокой влажностью, что вызывает необходимость ее подсушки на пивоваренных предприятиях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18.07.2017 г. № 5-т.
2. ОКРБ 021-2019. «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9.09.2019 г. № 3-Т.

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ЛОС**

Для защиты металлических изделий от коррозии широкое применение получили лакокрасочные покрытия. В процессе нанесения лакокрасочных материалов (ЛКМ) на поверхность происходит выброс значительного количества летучих органических соединений (ЛОС).

В 2019 году от стационарных источников загрязнения Республики Беларусь было выброшено 55,0 тыс. т неметановых летучих органических соединений [1]. Для снижения выбросов ЛОС в атмосферный воздух применяются технологические и организационные мероприятия (повышение герметичности емкостей для хранения ЛКМ; использование ЛКМ с низким содержанием органических растворителей или ЛКМ на водной основе и др.), а также очистку выбросов от ЛОС.

Методы очистки выбросов от ЛОС можно разделить на две группы: деструктивные, при использовании которых происходит разрушение ЛОС, и методы, которые позволяют вернуть уловленные вещества в технологический процесс. К первой группе относят термическое, каталитическое и фотокаталитическое окисление, биологическую деструкцию и др. Ко второй группе относятся адсорбция, абсорбция, мембранные и конденсационные методы. Целесообразным является использование методов очистки выбросов второй группы.

Адсорбционный метод предпочтительнее применять при очистке выбросов, образующихся не на стадии сушки, а на стадии нанесения ЛКМ, где концентрация ЛОС ниже. Для рекуперации ЛОС обычно применяют активные угли. Абсорбция применяется реже, так как при ее использовании требуется подбор абсорбента, способного извлекать ЛОС из выброса и не вступать с ним в химическое взаимодействие. Мембранные и конденсационные методы очистки относятся к дорогостоящим способам. Их целесообразно использовать при незначительных объемах выбросов с высокими концентрациями ЛОС. Указанные особенности применения рассмотренных методов очистки выбросов приводят к широкому применению на практике окислительных методов обезвреживания ЛОС.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник. – Минск: РУП «Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь», 2020. – 203 с.

## **ПОИСК СПОСОБОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ**

Ионообменные смолы находят широкое применение на ТЭЦ для получения деминерализованной воды и на станциях водоподготовки предприятий фармацевтической, пищевой и других отраслей промышленности. В процессе эксплуатации иониты постепенно теряют свои свойства и при снижении обменной емкости на 30-50 % по сравнению с паспортными значениями их заменяют на новые. Срок службы ионитов обычно составляет от 4 до 10 лет.

Отработанные ионообменные смолы в зависимости от марки имеют третий или четвертый класс опасности [1]. Согласно данным [2] в 2019 году в Республике Беларусь образовалось 360 т отработанных ионообменных смол различных марок. Данные отходы не используются и подлежат захоронению на специальных полигонах. Известные способы переработки и обезвреживания отработанных ионообменных смол можно разделить на две группы:

1) термическая (сжигание или пиролиз) и термохимическая обработка ионитов, что позволяет снизить объем отходов, но приводит к образованию ряда побочных продуктов, которые необходимо обезвреживать (зольный остаток, кубовые фракции углеводородов и др.) или очищать от высокотоксичных соединений (например, диоксинов, содержащихся в выбросах);

2) термохимическая и механохимическая переработка отработанных смол с получением на их основе различных продуктов (например, флокулянтов и коагулянтов).

Указанные способы переработки и обезвреживания отработанных ионообменных смол дорогостоящие и, как правило, их реализация на практике приводит к образованию новых отходов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ОКРБ 021-2019. «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» // Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 9.09.2019 г. № 3-Т.

2. Отходы производства [Электронный ресурс] / Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология». – Минск, 2021. – Режим доступа: <http://www.ecoinfo.by/content/2399.html> – Дата доступа: 21.02.2021.



## **ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

Гальваническое производство является одним из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды вследствие образования отработанных электролитов. Отработанные электролиты характеризуются высокой концентрацией ионов тяжелых металлов (до 250 г/л), которые обладают токсическим и канцерогенным действиями.

На многих предприятиях производят совместную очистку отработанных электролитов и промывных сточных вод. Это нарушает работу очистных сооружений вследствие периодического повышения концентрации загрязняющих веществ и приводит к риску попадания в окружающую среду ионов тяжелых металлов. Поэтому необходимо организовать раздельное отведение промывных сточных вод и отработанных электролитов с последующей переработкой последних.

В большинстве случаев проводят регенерацию отработанных электролитов [1], однако количество циклов регенерации ограничено вследствие образования примесей, удаление которых не представляется возможным. Существуют также различные способы переработки отработанных электролитов: извлечение металлов, получение катализаторов, пигментов и др.

Извлечение металлов из электролитов является достаточно энергозатратным и дорогостоящим процессом. Получение катализаторов из отработанных электролитов является перспективным направлением, однако затруднено вследствие высоких требований, предъявляемых к чистоте получаемых катализаторов. В ряде работ описываются исследования, свидетельствующие о возможности получения пигментов из отработанных электролитов [2]. Поскольку в Республике Беларусь производство пигментов отсутствует, в качестве наиболее перспективного направления переработки было выбрано получение на их основе пигментов.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Виноградов, С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / под ред. проф. В. Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002. – 352 с.
2. Zalyhina V. Pigments from spent Zn, Ni, Cu, and Cd electrolytes from electroplating industry / V. Zalyhina [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – P. 1–9.

## **АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЫВОРОТКИ**

Сыворотка, жидкий побочный продукт, образующийся при производстве сыра, казеина и йогурта, является одним из крупнейших источников пищевого белка, доступных на сегодняшний день. Только небольшая часть данного отхода находит практическое применение. Вследствие высокой биохимической потребности в кислороде сбрасываемая в канализацию сыворотка приводит к ухудшению седиментационных свойств активного ила и нарушению нормальной работы очистных сооружений биологической очистки.

С другой стороны, молочная сыворотка является ценным вторичным сырьем. В результате переработки из нее можно получить множество полезных продуктов: напитки, концентраты и изоляты сывороточных белков, производные лактозы и др.

Республика Беларусь является одним из мировых лидеров по производству молочной продукции. На долю Республики Беларусь приходится 10% мирового производства животного масла, 9 % – от мирового производства сыра. Наша страна входит в десятку стран по объему экспорта молока [1]. Поэтому важно решить, что делать с сывороткой, которая остается в результате производства.

Анализ научно-технической и патентной литературы позволит выделить следующие направления переработки сыворотки:

- 1) полное использование всех компонентов сыворотки (свежие и сквашенные напитки, сгущенные и сухие продукты и др.)
- 2) раздельное использование компонентов сырья (извлечение жира, белков, лактозы и др.)
- 3) получение производных компонентов молочной сыворотки (гидролизаты сывороточных белков, глюкозо-галактозные сиропы, лактулоза и др.) [2].

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Переработка сыворотки [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/ru/chapter/pererabotka-syvorotki> – Дата доступа: 30.03.2021.

2. Анализ переработки молочной сыворотки и создание перспективных ресурсосберегающих технологий [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-pererabotki-molochnoy-syvorotki-i-sozdanie-perspektivnyh-resursosberegayuschih-tehnologiy/viewer> – Дата доступа: 30.03.2021.

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРОЦЕССА НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

Гальванические покрытия являются одним из наиболее распространенных методов защиты изделий от коррозии, придания им необходимых эксплуатационных характеристик и декоративных свойств. Гальванические технологии широко применяются в машиностроении, приборостроении, авиационной, электронной и радиотехнической промышленности, в других областях. Вместе с тем гальваническое производство оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду. Воздействие данного производства во многом обусловлено видом используемых реагентов, входящих в состав технологических растворов, применяемых на стадиях подготовки поверхности и нанесения никелевого покрытия на детали.

Линии нанесения гальванических покрытий характеризуются значительным водопотреблением. Основное количество воды расходуется на промывку деталей. Вода используется также на приготовление технологических растворов.

Образующиеся в гальваническом производстве промывные сточные воды содержат в своем составе ионы тяжелых металлов, минеральные и органические примеси, входящие в состав технологических растворов, используемых на разных стадиях производства. Практически на всех предприятиях сточные воды гальванического производства подвергаются локальной очистке с использованием реагентных или электрохимических методов, в процессе которой образуется значительное количество осадков сточных вод. Осадки сточных вод с влажностью 98–99,6 % при реагентном способе очистки могут составлять до 10%, при электрокоагуляционном способе очистки – до 12% от объема сточных вод. В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, данные отходы относятся к третьему классу опасности. Также к отходам гальванического производства относятся гальваношламы и отработанные технологические растворы. Эти отходы образуются в значительно меньших количествах, чем осадки сточных вод, вследствие чего им уделяется недостаточно внимания.

Воздействие на атмосферный воздух гальванических цехов обусловлено выделением аэрозолей и паров кислот, щелочей, солей из технологических ванн.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Возрастающие требования к экологической безопасности производства обуславливают поиск новых способов переработки и применения промышленных отходов. Литейные цеха по плавке чугуна и стали характеризуются значительным количеством отходов, которые, с одной стороны, способны наносить серьезный урон окружающей среде, а с другой – при умелом использовании могут быть ценными материалами, заменяющими естественное природное сырье.

Одними из основных отходов литейного производства являются металлургические шлаки – электроплавильный и ваграночный.

Электроплавильный шлак – сыпучий материал фракции до 5 мм. Химический состав, масс. %: CaO – 40–50, SiO<sub>2</sub> – 10–25, FeO – 12–15, MgO – 1–8, MnO – 5–10, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2–4, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,5–2. Норматив образования отхода составляет 22–110 кг /т стального литья.

Ваграночный шлак по структуре очень плотный, имеет цвет от серого до черного с блеском. Фракционный состав 0 – 30 мм. Химический состав, масс. %: SiO<sub>2</sub> – 42–50, CaO – 18–30, MgO – 1–8, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3–20, FeO – 5–15, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,1–0,5, S – 0,05–3. Норматив образования отхода составляет до 186 кг/т чугуна литья.

Значительная роль в использовании металлургических шлаков в Республике Беларусь принадлежит промышленности строительных материалов, т.к. данные шлаки по своему химическому составу и свойствам близки к природному сырью, используемому в строительной индустрии.

Наиболее доступным и простым методом является использование ваграночного и электроплавильного шлака при производстве бетона и изделий на его основе. Высокое содержание в металлургических шлаках оксидов железа позволяет предположить возможность их использования для получения цветных глазурных покрытий бежево-коричневой гаммы.

В работе были проведены исследования, которые подтвердили возможность использования электросталеплавильного и ваграночного шлака в производстве бетона, а также цветных глазурных покрытий. Достаточно высокое содержание оксидов железа в шлаках позволяет предположить перспективность получения пигментов на их основе.

## **ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ СО СКОПОМ КАРТОННО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Решение проблемы переработки отходов является приоритетным направлением деятельности в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Одним из отходов, вовлечение которого в хозяйственный оборот затруднено, является осадок сточных вод предприятий картонно-бумажной промышленности, который называется скопом. В Республике Беларусь функционирует более десяти предприятий по производству картонной и бумажной продукции, для которых эта проблема является весьма актуальной.

Состав скопа определяется видом производимой бумаги и картона, а также технологией очистки сточных вод и выделения из них скопа. Состав скопа определяется видом производимой бумаги и картона, а также технологией очистки сточных вод и выделения из них скопа. В любом случае скоп состоит из макулатурного волокна механических примесей. Его влажность составляет около 65%, зольность - около 35%. Скоп относится к отходам 4 класса опасности.

Скоп может быть возвращен в производственный цикл. Однако, в составе скопа содержится большое количество мелких волокон, которые обладают большой водоудерживающей способностью. Поэтому добавление скопа в композицию бумаги и картона вызывает ряд затруднений: увеличение расхода пара в сушильной части, замедление водоотдачи бумажной массы, уменьшение прочности бумажного листа во влажном состоянии, снижение производительности бумагоделательных машин. Поэтому в настоящее время в большинстве случаев скоп складывается на полигонах ТКО.

В работе была рассмотрена возможность его компостирования с последующим применением полученного компоста в качестве удобрения. Было установлено, что компостирование скопа протекает крайне медленно вследствие содержания в нем трудноразлагаемых целлюлозных волокон.

Поэтому в работе было предложено использовать скоп в качестве выгорающей добавки при производстве керамического кирпича. Было установлено, что введение его в состав керамической массы в количестве до 15 масс. % обеспечивает получение продукции необходимого качества. Кроме этого наблюдается снижение температуры обжига на 50 – 70 градусов, что обеспечивает экономию топлива.

**ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОАО «КЕРАМИН»  
ОТ ИОНОВ ЖЕСТКОСТИ**

ОАО «Керамин» является крупнейшим предприятием Республики Беларусь по производству керамической плитки и санитарно-технической керамики. На ОАО «Керамин» не только внедряются новые инновационные технологии, но и уделяется большое внимание вопросам охраны окружающей среды. На предприятии существует оборотная система водоснабжения, и после очистки сточные воды возвращаются в техпроцесс на стадию приготовления шликера. Исключение составляют сточные воды завода «Стройфарфор», эффективность очистки которых не превышает 60%.

Сточные воды завода «Стройфарфор» представляют собой многокомпонентные, устойчивые к седиментации суспензии, содержащие частицы кварцевого песка размером 50-100 мкм, частицы каолина размером около 10 мкм, а также коллоидные взвешенные вещества, представляющие собой остатки фритты с размером частиц менее 0,1 мкм. Суммарная концентрация взвешенных частиц около 15 г/л. Кроме этого сточные воды характеризуются повышенной жесткостью (более 10 мг-экв/л).

Для очистки сточных вод от взвешенных частиц применяется отстаивание с использованием флокулянта Praestol 2530. Эффективность очистки может быть увеличена путем подбора более эффективных коагулянтов и флокулянтов либо их композиций. Так, в работе предложено использование кроме флокулянта Praestol 2530 коагулянта сульфата алюминия. При этом эффективность очистки от взвешенных веществ достигает более 90%.

После очистки от взвешенных веществ в воде по-прежнему содержится много ионов жесткости, которые отрицательно влияют на реологические свойства шликера. Существуют различные способы умягчения воды, но в данном случае была выбрана обработка фосфатом натрия.  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  является хотя и дорогим, но надежным реагентом. После обработки воды фосфатом натрия концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  снизилась до 1,3 мг-экв/л, концентрация  $\text{Mg}^{2+}$  – до 0,5 мг-экв/л. Кроме этого фосфат натрия оказывает положительное влияние на реологические свойства шликера. Таким образом, предлагаемые мероприятия по очистке сточных вод позволят вернуть воду в технологический процесс и снизить воздействие предприятия на гидросферу.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТЕКСТИЛЬНОГО КОРДА КАК АЛЬТЕРАТИВНОГО ВИДА ТОПЛИВА**

Динамичный рост парка автомобилей во всех странах мира приводит к постоянному накоплению изношенных шин. Вышедшие из эксплуатации шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды.

Считается, что механические способы измельчения шин на валковом имельничном оборудовании являются наиболее привлекательными методами их переработки. Вместе с тем, данный вид переработки амортизованных автошин связан с образованием отходов текстильного корда, выход которого колеблется от 8 до 12 мас. %.

На сегодняшний день, отработанный текстильный корд широко применяется в строительной, нефтегазовой промышленности. Известно, что его можно использовать в качестве утеплителя, добавки для повышения прочности бетонных и асфальтобетонных изделий.

В тоже время отходы текстильного корда представляют огромную ценность, как источник ценного топлива. Теплотворная способность корда в несколько раз выше, чем торфа, а сам отход является достаточно дешевым вторичным сырьем, что значительно уменьшает себестоимость получаемой энергии.

Однако сжигание отходов сопряжено с эмиссией загрязняющих веществ (оксидов азота, оксидов углерода, полиароматических соединений и др.) в атмосферный воздух, что может ограничить данный вид использования текстильного корда. Поэтому использование данного отхода в качестве топлива должно сопровождаться анализом состава выбросов.

Целью работы является проведение анализа выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании отходов текстильного корда и оценка их соответствия экологическим нормам Республики Беларусь.

В результате расчетов установлено, что при полной замене топлива на отход текстильного корда, концентрация оксидов азота в выбросах от котлов превысит  $3,5 \text{ г/м}^3$ , что более чем в 14 раз превышает значения нормативных концентраций, установленных в ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. Соответственно полная замена топлива данным отходом в Беларуси возможна лишь при организации дополнительной очистки газов от оксидов азота.

## **СВЕКЛОВИЧНЫЙ ЖОМ КАК ИСТОЧНИК СЫРЬЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Производство сахара из сахарной свеклы связано с образованием большого количества отходов до 70–85 мас. % исходного сырья, которые являются вторичными сырьевыми ресурсами, поскольку содержат значительные количества ценных веществ – витаминов, клетчатки, белка, микроэлементов и др.

К вторичным сырьевым ресурсам можно отнести свекловичный жом, образующийся в значительном количестве. В состав жома входят (% к общей массе): пектиновые вещества – 48–50, целлюлоза – 22–25, гемицеллюлозы – 21–23, азотистые вещества – 1,8–2,5, зола – 0,8–1,3, сахара – 0,15–0,20, а также витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С), ферменты, небольшие количества жира и микроэлементов [2].

Таким образом, свекловичный жом является ценным источником микроэлементов, аминокислот и белков и вследствие этого может применяться как один из основных компонентов кормов, используемых в животноводстве.

Наиболее эффективным способом сохранения питательной ценности жома считается его сушка до влажности 10–12%. Поэтому на Слуцком и Скидельском сахарных комбинатах создано производство сухого свекловичного жома. Это позволяет предприятиям увеличить объем переработки сахарной свеклы с получением ценного продукта. Однако сушка жома относится к весьма энергоемким процессам. Также во время продолжительной сушки сахар, белки, витамины жома частично разрушаются.

Для сохранения и увеличения кормовой ценности свекловичного жома его подвергают различным технологическим приемам – силосованию, гранулированию, обогащению заменителями протеина. За рубежом активно ведутся разработки по комплексному использованию сырья и безотходной переработки образующихся вторичных ресурсов с применением микробиологической биотрансформации сырья, главным образом в направлении обогащения его белком, синтезируемым бактериями, дрожжами или грибами в целях получения кормов и кормовых добавок. В странах СНГ к инновационным направлениям относят разработку и внедрение технологий, направленных на получение из свекловичного жома осветленных свекловичных волокон, биологически активных добавок, пектина и других продуктов.



## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ОТХОДОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

В настоящее время химические лаборатории есть на многих предприятиях, учебных учреждениях, проектных институтах. В таких лабораториях используется большой ассортимент химических реактивов, качество которых во многом определяет точность проводимых анализов. Сроки годности и хранения реактивов определяются действующими ТНПА. Если срок годности реактива истёк и его свойства изменились, то он переходит в разряд лабораторных отходов. Одна из проблем, которая возникает при обращении с реактивами с истёкшим сроком годности, заключается в том, что отходы образуются в небольших количествах, но в большой номенклатуре наименований.

В Республике Беларусь в соответствии с действующим ОКРБ 021-2019 «Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» 40 наименований отходов относятся к лабораторным. Это отходы, образующиеся в медицинских лабораториях, в производственных лабораториях, которые контролируют качество текстильной продукции, лабораторные отходы, образующиеся в научных, учебных и других лабораториях.

В стране функционирует три объекта по использованию отходов: ОАО «Могилевхимволокно» и ООО «Солярис» г. Могилев; НПЧУП «Старт», г. Минск. При этом от сторонних организаций принимают только лакокрасочные отходы. В Республике Беларусь функционирует 352 объекта обезвреживания отходов. Обезвреживанием занимается 63 организации, при этом только 5 из них принимают отходы от других организаций, остальные обезвреживают только собственные отходы.

При обращении с лабораторными отходами в первую очередь необходимо проверить их пригодность к применению в лаборатории. Если они пригодны, то их применяют для выполнения измерений. Для не пригодных отходов применяют следующие способы обращения: обезвреживание в местах образования, термическая обработка, переработка, захоронение.

Результаты выполненной работы показывают, что из лабораторного отхода ацетата никеля, являющегося реактивом с истекшим сроком годности, можно получать пигменты.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ КОМПСТИРОВАНИЯ ОТХОДОВ**

Одним из основных способов обращения с органическими отходами производства и потребления является их компстирование. Многие отходы, образующиеся в сельском хозяйстве, деревообрабатывающей промышленности, при производстве медицинских и парфюмерно-косметических препаратов на основе экстрактов из растительного сырья, содержат трудноразлагаемые целлюлозосодержащие компоненты. Такие отходы компстируются длительное время – от 3 месяцев до года. Поэтому для ускорения процесса компстирования применяют различные способы, которые условно можно разделить на механические, биологические и химические.

К механическим способам относятся в основном те, которые способствуют созданию благоприятных условий для естественной аэрации буртов, например, предварительное измельчение отходов, регулирование размеров буртов, добавление в компстируемые отходы структурообразующей добавки, а также для поддержания требуемой влажности и температуры компстирования, например, укрывание бурта слоем зрелого компста для предотвращения пересыхания и остывания компстируемой смеси в холодный период года.

К химическим способам относится добавление в компстируемую смесь веществ, которые создают благоприятные условия для развития организмов, участвующих в компстировании.

Биологические способы предусматривают меры, позволяющие ввести в компстируемую смесь микроорганизмы, способствующие разложению отходов. Например, готового компста, биопрепаратов, червей, слизней, мокриц, навоза животных, птичьего помета.

Целью выполняемой нами работы является необходимость проведения сравнительного анализа веществ по их способности ускорять процесс разложения целлюлозосодержащих отходов.

В качестве объектов исследования используются такие вещества, как птичий помет, ферментированные отруби, отходы корня лопуха, компост, полученный из отходов корня лопуха, а также вещества, используемые для введения в компстируемую смесь необходимых питательных элементов, например, морковь, миндаль и др. Результаты исследований свидетельствуют о перспективности использования названных веществ для ускорения разложения целлюлозосодержащих отходов.

### **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ЗАО «ВИТЭКС»**

В производстве экстрактов из растительного сырья на ЗАО «Витэкс» (производится около 50 наименований экстрактов) образуются отходы растительного сырья, которые из-за особенностей своего состава на данный момент не перерабатываются и вывозятся на объекты захоронения отходов.

В последнее время уделяется большое внимание переработке отходов растительного сырья с целью получения органических удобрений, поэтому предлагается рассматриваемые отходы биокомпостировать, что позволит решить актуальную для предприятия проблему обращения с данными отходами и при этом получить высококачественный продукт – компост.

В лабораторных условиях по результатам технологического моделирования была предложена технологическая схема биокомпостирования отходов ЗАО «Витэкс».

Предложенная технология включает такие стадии, как: сбор отходов, их классификация (состав и свойства отходов учитываются при составлении компостируемой смеси), подготовка отходов к компостированию (удаление остатков экстрагирующего вещества, промывка отходов, отведение промывных сточных вод), составление компостируемой смеси, компостирование, контроль качества полученного материала.

Для увеличения коэффициента использования сырья в технологической схеме предусмотрено повторное использование отходов экстрагентов (фильтраты пропиленгликолевый и масляный) в качестве кормовой добавки в животноводстве. С целью снижения водопотребления предусмотрено использование промывной воды от II ступени промывки повторно на I ступени промывки отходов.

Предложенная технологическая схема переработки отходов растительного сырья позволит получить готовый продукт, который в качестве почво- и структуроулучшающей добавки, удобрения и в составе почвогрунта может быть использован в сельском хозяйстве, зеленом строительстве, при рекультивации земель, для выращивания саженцев и комнатных растений.

Получаемые материалы по качеству соответствуют установленным требованиям, поскольку в производстве продукции строгие требования по составу предъявляются к растительному сырью.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Все стадии технологического процесса гальванического производства характеризуются высокой энергоемкостью. Вода в данном технологическом процессе потребляется практически на каждой стадии, либо для приготовления технологических растворов, либо для промывки деталей, которая присутствует практически после каждой технологической стадии. Соответственно практически каждая стадия технологического процесса является источником образования жидких отходов разнообразных по составу.

Существующая на данный момент схема водопотребления и водоотведения предусматривает совместный отвод всех жидких отходов, образующихся в процессе нанесения покрытий на детали, что затрудняет повторное использование воды и полезных компонентов (например, тяжелых металлов).

Предложенная схема водопотребления и водоотведения гальванического производства предполагает разделение образующихся жидких отходов:

- совместное отведение растворов обезжиривания и активации для взаимной нейтрализации и с последующим сбросом их в канализационные сети. Промывные сточные воды, образующиеся после данных операций, предполагается совместно отводить на локальные очистные сооружения, с последующим повторным использованием воды в технологическом процессе (например, для приготовления технологических растворов обезжиривания или активации).

- Отработанный электролит хромирования от линии хромирования и раствор пассивации от линии цинкования можно отводить вместе, так как они очень близки по составу;

- отработанные электролиты цинкования предлагается отдельными потоками отводить на переработку с целью получения пигментов.;

- предлагается очищать промывные сточные воды после стадий цинкования, пассивации и хромирования отдельными потоками, что позволит не только повторно использовать уловленные компоненты, но и очищенную воду.

Студ. Д.В. Качинская; студ. Е.Н. Казимирская  
Науч. рук. зав. кафедрой А.В. Лихачева  
(кафедра промышленной экологии, БГТУ)

## **ПЕРЕРАБОТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ОКАЛИНЫ**

Почти на каждом промышленном предприятии образуется такой отход, как смесь окалины и сварочного шлака. На некоторых предприятиях он образуется в основном технологическом процессе, на других при выполнении ремонтных работ. По составу этот отход отличается незначительно, а вот количество может отличаться очень сильно. Поэтому для переработки такого отхода в рамках республики необходимо предусмотреть систему его сбора.

В нашей работе мы использовали данный отход для получения материалов для очистки сточных вод: коагулянта и сорбента. Данное направление актуально тем, что даже на тех предприятиях, на которых отход образуется в небольших количествах, его можно перерабатывать, а полученные материалы использовать для очистки сточной воды данного предприятия.

В результате проведения исследований были определены оптимальные параметры получения коагулянта с наилучшими характеристиками: обработка соляной кислотой с концентрацией 7 %; нагрев до 100 °С; выдержка при комнатной температуре 24 часа; аэрация воздухом – 2 часа. При очистке сточных вод от взвешенных веществ полученным коагулянтом эффективность очистки составляла 80-85 %.

Исследования свойств получаемых из отходов сорбентов показали, что наилучшими сорбционными свойствами обладал материал, полученный при обработке отхода 20%-ным раствором серной кислоты. Сравнение сорбционной емкости полученного материала и известных в настоящее время сорбентов, применяемых на практике, показало, что полученный сорбент имеет хорошие характеристики. Полученный сорбент можно рекомендовать для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Особенностью проведенных исследований являлось то, что магнитные сорбенты были получены из железосодержащих отходов, в то время как в научно-технической литературе есть информация о получении таких сорбентов только из чистых веществ.

На предприятиях Республики Беларусь образуется более 150 наименований железосодержащих отходов и многие из них могут рассматриваться в качестве сырьевых ресурсов.

## **БИОПРЕПАРАТЫ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА БИОКОМПОСТИРОВАНИЯ**

В работе проводили исследования, направленные на поиск наиболее эффективного биоактиватора процесса компостирования. В качестве биоактиваторов использовали следующие варианты: биопрепараты, которые находятся в свободной продаже под торговыми марками «Горыныч», «Зеленый пакет», «Компостелло», «Eхрел», «Доктор Робик», «Microbes», а также водную вытяжку из почвы, обработанную минеральными удобрениями, экстрактом луковой шелухи, водную вытяжку из отходов корня лопуха (отход образуется при производстве парфюмерно-косметической продукции на основе экстракта из корней лопуха).

Работа проводилась в несколько этапов:

- приготовление растворов биоактиваторов;
- определение степени разложения целлюлозы;
- анализ визуальных наблюдений и расчета степени разложения целлюлозы
- выбор наилучшего биоактиватора;
- изучение микробиологического состава биоактиваторов методом микроскопии.

Выполненная работа показала, что для ускорения процесса компостирования наиболее целесообразно применять водные вытяжки из почвы с добавлением фосфорных или комплексных удобрений. Такие биопрепараты, приготовленные даже самостоятельно, содержат микроорганизмы, которые активно участвуют в процессе разложения органических веществ, присутствующих в отходах, которые подвергаются компостированию.

Результаты исследований показали, что полученные в работе биопрепараты более эффективны, чем биопрепараты, которые продаются в торговой сети.

Изучение микробиологического состава микроорганизмов, выросших на субстрате, методом микроскопии показало присутствие организмов, которые активно участвуют в разложении растительных отходов и присутствуют в компостируемой смеси.

## **СПОСОБЫ ОБРАЩЕНИЯ С ГАЛЬВАНОШЛАМАМИ И ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос обращения с отходами, образующимися на предприятиях. В большинстве случаев разработка новых или модернизация старых методов обращения с отходами ведется с целью обеспечения повторного использования отходов в качестве сырьевых материалов в различных отраслях промышленности. Данная тенденция касается и отходов гальванического производства, в т.ч. гальваношламов и осадков сточных вод, которые образуются практически на всех предприятиях, имеющих гальванические цеха или участки.

Несмотря на проводимые исследования в данном направлении, уровень использования отходов гальванического производства является низким. Ввиду этого предприятия вынуждены складировать их на своей территории.

Гальваношламы и осадки сточных вод гальванического производства в основном относятся к 1-3 классам опасности. В результате складирования опасных отходов может происходить загрязнение окружающей среды ввиду негерметичности емкостей для хранения, разливов при транспортировке и др.

Все способы обращения с данными отходами можно разделить на следующие группы: хранение (захоронение), использование в производстве строительных материалов, извлечение тяжелых металлов из отходов.

Основным направлением обращения с отходами остается их хранение на территории предприятий или захоронение на полигонах. В связи с этим много внимания уделяется обработке отходов с целью закрепления в них тяжелых металлов и предотвращения их миграции при длительном хранении (захоронении).

Применение отходов в производстве строительных материалов в качестве наполнителя приводит к нерациональному использованию полезных свойств металлов.

Состав данных отходов позволяет их рассматривать в качестве сырьевых ресурсов при производстве металлосодержащих продуктов: пигментов, сорбентов, глазурей для керамики и пр. Это направление особенно актуально для страны, не имеющей природных запасов руд.

## МАГНИТНЫЕ СОРБЕНТЫ

В научно-технической литературе относительно недавно появился термин «магнитные сорбенты», которые представляют собой твёрдые тела, избирательно сорбирующие из окружающей среды растворённые вещества и обладающие ферромагнитными свойствами.

К числу наиболее перспективных наноразмерных сорбентов относятся магнитные наночастицы оксидов железа, преимущественно  $Fe_3O_4$ . Интерес к магнитным наночастицам вызван рядом необычных физических и химических свойств, что связано с проявлением квантовых размерных эффектов. Бесспорное достоинство магнитных наночастиц заключается в возможности управлять их перемещением с помощью внешнего постоянного магнитного поля.

На основе магнитных наночастиц оксидов железа разработаны уникальные средства для медицины и биохимии: контрастные вещества для магнитно-резонансной томографии; магнитоуправляемые лекарственные препараты химиотерапевтического, диагностического и гипертермического действия для целевой доставки лекарственных веществ; магнитные сорбенты для выделения популяций клеток, субклеточных культур, белков и ДНК. Для охраны окружающей среды их применение также широко: с их помощью проводят анализ пестицидов в воде, осуществляют сорбцию разливов нефтепродуктов, осуществляют определение содержания тяжелых металлов, красителей и многое другое.

В научно-технической литературе представлены способы получения магнитных сорбентов из чистых веществ, а также химической модификации полученных магнитных наночастиц с целью улучшения их сорбционных свойств. Целью нашей работы является получение магнитных сорбентов из отходов.

Многие железосодержащие отходы (например, железная окалина) вывозятся на полигоны твердых коммунальных отходов и захораниваются, вследствие чего происходит потеря ценного востребованного металла и загрязнение окружающей среды. В общем случае процесс получения магнитного сорбента из железосодержащих отходов состоит из следующих основных стадий: получение солей железа (II, III); получение смешанного оксида железа; подготовка сорбента к использованию. Получение магнитного сорбента из отходов позволит превратить эти отходы во вторичное сырье.



## **ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ СТОЧНЫХ ВОД**

Работы по использованию ультразвуковой обработки в технологии очистки сточных вод и обработке осадков ведутся уже давно. Основными направлениями таких исследований являются:

– использование ультразвука для обработки осадков биологической очистки сточных вод с целью повышения выхода биогаза и интенсификации анаэробного сбраживания;

– ультразвуковая обработка активного ила и сырого осадка, обеспечивающая интенсификацию механической и биологической очистки сточных вод, снижение содержания тяжелых металлов в избыточном активном иле;

– ультразвуковая обработка сырого осадка первичных отстойников, позволяющая увеличить содержание легкоокисляемой органики и летучих жирных кислот в жидкой фазе, что способствует улучшению окислительных свойств активного ила и повышению эффективности работы очистных сооружений канализации.

В ходе проведенных исследований установлено, что ультразвуковая обработка влияет на дисперсный состав и состав жидкой фазы активного ила. К наиболее значимым эффектам, которые сопровождают ультразвуковую обработку активного ила и сырого осадка, можно отнести изменение дисперсного состава, увеличение ХПК жидкой фазы, переход в жидкую фазу внутриклеточных и внеклеточных полимеров.

Изменение состава и свойств осадков сточных вод позволяет предположить, что обработанные ультразвуком избыточный активный ил и осадок сточных вод будут быстрее подвергаться биотермической деструкции, что позволит снизить затраты на компостирование данных отходов.

Основными стадиями технологического процесса компостирования осадков сточных вод являются: удаление влаги из осадков сточных вод в илоуплотнителе; ультразвуковая обработка; составление компостируемой смеси (введение структурообразующей добавки, корректировка по питательным элементам); компостирование; отделение структурообразующей добавки; контроль качества полученного компоста и определение области его применения.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ

В настоящее время, наиболее применяемыми противогололедными реагентами являются песчано-солевые смеси, доля которых в Беларуси составляет более 90% от общего количества применяемых противогололедных реагентов. Их применение сопряжено с рядом негативных экологических последствий для окружающей среды:

1) *Атмосферный воздух.* Высокодисперсные частицы NaCl поступают в атмосферу как на стадии внесения реагента, так и в период эксплуатации дороги, обработанной реагентом. Данный аэрозоль проявляет высокие адгезивные свойства, что приводит к его переносу и закреплению на деревьях.

2) *Почва.* Использование солевых реагентов приводит к засолению почв. При отрицательных температурах и отсутствии стока, противогололедные реагенты, и в первую очередь NaCl, способствует концентрированию NaCl в корнеобитаемой части почвы. Это приводит к снижению активности почвенной биоты в ранневесенний период, а солевой стресс может привести к гибели растений с незаглубленной корневой системой при положительных температурах воздуха.

3) *Поверхностные и подземные воды.* На этапе приготовления противогололедных материалов загрязнение подземных вод отсутствует, т. к. смешивание компонентов производят на площадках с асфальтобетонным покрытием, исключающих просачивание растворов в почву. На участках дороги, где отсутствует система сбора и отведения поверхностных сточных вод, при таянии снега и льда вода поглощается почвой, за счет фильтрации хлориды могут поступать в подземные воды, загрязняя их.

4) *Растения.* Под влиянием натрий-хлоридного засоления происходит повреждение мембранных структур, нарушение процессов обмена, ингибированием восхождения и роста растений. Наблюдается изменение структур растения в сторону засухоустойчивости.

Несмотря на значительные отрицательные последствия использования противогололедных реагентов на основе хлорида натрия, его замена на более безопасные для окружающей среды в ближайшее время не прогнозируется. В этой связи необходимо разработать мероприятия, направленные на минимизацию последствий применения данных материалов для окружающей среды.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗЫ ОБОЖЖЕННОГО ДОЛОМИТА НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АЗОТА И ФОСФОРА ИЗ ИЛОВЫХ ВОД**

Избыточное поступление азота и фосфора со сточными водами в поверхностные водные объекты является ключевым фактором антропогенного эвтрофирования. Загрязнение водных объектов соединениями азота и фосфора вызывает негативное воздействие на живые организмы, в том числе и человека, может

Поэтому особый интерес представляет изучение процессов извлечения азота и фосфора из сточных вод на очистных сооружениях канализации. Один из вариантов реализации такого процесса является извлечение азота и фосфора из возвратных потоков очистных сооружений канализации, образующихся при обработке осадков сточных вод, с использованием в качестве сорбента обожженного доломита.

Целью данной работы было оценить эффективность извлечения азота и фосфора из иловых вод обожженным доломитом в статических условиях в зависимости от его дозировки.

Для достижения поставленной цели была использована следующая схема процесса: готовилось шесть модельных растворов объемом  $100 \text{ см}^3$ , концентрации азота аммонийного и фосфора фосфатного соответствовали концентрациям в фугате от обработки осадков сточных вод. В приготовленные растворы дозировали обожженный доломит в количестве соответствующем дозе сорбента в диапазоне от 4 до  $14 \text{ г/дм}^3$ . Сорбция протекала в статических условиях, по прошествии 96 часов определяли остаточные концентрации азота аммонийного и фосфора фосфатного.

В ходе эксперимента установлено, что оптимальная доза доломита составляет  $4 \text{ г/дм}^3$  в статических условиях. При такой дозе степень извлечения азота аммонийного и фосфора фосфатного равна 87,4% и 91,1% соответственно. При увеличении дозы обожженного доломита в два раза (до  $8 \text{ г/дм}^3$ ) степень извлечения составит 91,1% и 95,8% для азота аммонийного и фосфора фосфатного соответственно.

Таким образом, в работе показано, что извлечение азота и фосфора из возвратных потоков очистных сооружений канализации обожженным доломитом может быть эффективным, достигается высокая степень очистки.

## **АККУМУЛЯТОРНАЯ КИСЛОТА**

Аккумуляторная кислота – основной компонент для работы АКБ. В отсутствие кислоты невозможен процесс заряда и разряда батареи. Это одна из самых активных разновидностей, которая способна вступать во взаимодействие практически с любым металлом, включая их оксиды. К тому же кислота может вступать в реакции обмена, а ее активность зависит от содержания воды.

Однако аккумуляторная кислота является одним из источников загрязнения природной среды, влияющее на атмосферу, почву, растительность, здоровье человека. Поэтому изучение ее свойств, характеристик, видов, степени опасности и способов утилизации особенно актуально.

Различают следующие виды электролита:

- 1) жидкий электролит;
- 2) электролит в виде геля;
- 3) связанный электролит (абсорбированный в сепараторе).

Задачей электролита, кроме его участия в химическом процессе, является проводимость электрического тока между положительными и отрицательными пластинами.

Чтобы избежать потенциальной для здоровья опасности, проводится утилизация аккумуляторов и аккумуляторной кислоты после выработки ресурса. Поэтому жидкость из свинцово-кислотных АКБ подлежит утилизации:

1. с последующим использованием в производстве (при изготовлении удобрений, бытовой химии и т. д.);
2. без дальнейшего применения, снижая опасность отравления окружающей среды или получения ожогов обслуживающим персоналом;
3. восстанавливая «чистую» серную кислоту для производства новых свинцово-кислотных аккумуляторных батарей [1].

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Задира, М.И. Аккумуляторы: Учебно-метод. пособ. / М.И. Задира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.oattspo.ru/netcat\\_files/566/632/Elektronnyy\\_resurs\\_Uchebno\\_metodicheskoe\\_posobie\\_Akkumulyator.pdf](http://www.oattspo.ru/netcat_files/566/632/Elektronnyy_resurs_Uchebno_metodicheskoe_posobie_Akkumulyator.pdf). – Дата доступа: 15.04.2021.

УДК 621.311

Студ. В.П. Куксина, В.Ю. Авдеенко

Науч. рук.: доц. Н.П. Коровкина

(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ);

доц. Н.Н. Пустовалова

(кафедра информационных систем и технологий, БГТУ)

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Оптимизация работы электроприводов технологического оборудования предприятий имеет своей целью энергосбережение, что особенно актуально в условиях всеобщего экономического кризиса. На предприятиях строительных материалов можно выделить следующие мероприятия по экономии электрической энергии: оптимизация работы приводов технологического оборудования; внедрение систем автоматического управления; замена существующих двигателей, работающих с низким коэффициентом загрузки, на двигатели меньшей мощности и др.

Внедрение автоматического управления синхронным двигателем на шагающем экскаваторе с заменой трехмашинного агрегата на статический регулируемый привод (АУСДЭ) является одним из способов оптимизации работы электроприводов. АУСДЭ регулирует ток возбуждения синхронного электродвигателя, а также выполняет функции генератора собственных нужд. Основным преимуществом предлагаемой замены агрегатов является значительное снижение энергопотребления экскаватора за счет плавного регулирования тока возбуждения синхронного электродвигателя. Эффект энергосбережения достигается за счет снижения тока возбуждения синхронного двигателя в зависимости от режима работы. Расчеты показали, что внедрение автоматического управления СД и АУСДЭ дает экономию электроэнергии за год 322704 кВт.

Оптимизация работы приводов сушильных барабанов может быть осуществлена путем внедрения частотно-регулируемого электропривода. Годовая экономия электроэнергии составит 40000 кВт·ч.

Оптимизация работы пресса путем замены двигателя пресса мощностью 200 кВт на двигатель мощностью 132 кВт и установке частотно-регулируемого привода приводит к годовой экономии электроэнергии в объеме 70693 кВт·ч.

Проведенные расчеты показывают, что применение частотно-регулируемого привода при замене электродвигателей меньшей мощности, а также внедрение автоматического управления является перспективным направлением в системе энергосбережения предприятий строительных материалов.

## **ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях приводит к ощутимому снижению себестоимости продукции и повышению рентабельности производства. Целью данной работы является анализ экономии электроэнергии на предприятиях резинотехнических изделий при внедрении некоторых энергосберегающих мероприятий.

Следующие энергосберегающие мероприятия на предприятиях резинотехнических изделий Республики Беларусь обеспечивают значительную экономию электроэнергии в год, в частности:

- при замене электродвигателя насоса мощностью 18,5 кВт на двигатель 11 кВт экономия составляет 25540 кВт/ч;

- перевод сварки с постоянного тока на переменный ток обеспечивает экономию 58203 кВт/ч;

- отключение части электродвигателей вентиляционных систем для поддержания температурного режима дает экономию в объеме 302640 кВт/ч;

- оптимизация процесса смешения по активной мощности привода резиносмесителя при помощи компьютера с целью снижения расхода электроэнергии экономит 324078 кВт/ч;

- замена машинных агрегатов системы Г–Д для питания обмотки возбуждения синхронного двигателя продольно-строгального станка на выпрямитель переменного тока дает экономию 21024 кВт/ч;

- установка на электродвигателе постоянного тока мощностью 200 кВт резиносмесителя ограничителя холостого хода экономит 56045 кВт/ч;

- перевод сварки с постоянного тока на переменный ток сварочного аппарата обеспечивает экономию 14510 кВт/ч;

- отдельное питание системы освещения лестничных клеток и вспомогательного помещения позволяет экономить 1440 кВт/ч;

- замена двигателя вентилятора мощностью 30 кВт на вентиляционно-индукторный двигатель той же мощности экономит 14233 кВт/ч;

- отключение транспортных систем и линии отбора передвигаемого материала обеспечивает экономию 13700 кВт/ч.

Результаты выполненных расчетов свидетельствуют о принципиальной возможности и реальной практической эффективности проводимых мероприятий на предприятиях резинотехнических изделий.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В соответствии с нормами, действующими на большей части постсоветского пространства, суточная потребность потребления воды – 140 литров на человека, где порядка 60 литров из них приходится на горячую воду. При этом энергоэффективность и качество регулирования системы горячего водоснабжения оставляет желать лучшего.

Выявление недостатков и способов их устранения начинается с анализа как самого объекта, так и существующей САУ.

Теплообменник ГВС представляет собой ОУ с нелинейной характеристикой в виде зоны насыщения и некоторой инерционностью, характеристика зависит от 4 параметров: Температура греющего теплоносителя на входе, расход греющего теплоносителя, температура и расход холодной воды. Циркуляционный контур ГВС представляет собой звено чистого запаздывания.

К примеру, в 10-х домах используются трубы диаметром 50мм, при этом расход холодной воды в «холодном» контуре в них  $\sim 3,7$  т/ч, откуда скорость движения жидкости в нём  $\sim 0,5$  м/с, при этом протяжённость трубопровода в нём составляет порядка 130 м откуда запаздывание составляет 260 с.

На данный момент большинство систем управления [2] представляют собой одноконтурные регуляторы.

Первым из них можно назвать отсутствие учета влияния на модель объекта температуры греющего теплоносителя. Увеличение температуры греющего теплоносителя вызывает изменения статической характеристики теплообменника, при том тем больше, чем больше изменение температуры [2]. Данный недостаток значительно влияет на качество регулирования ввиду смещения рабочей точки, что критично поскольку характеристика объекта нелинейна. Данный недостаток хорошо заметен в течении отопительного сезона, когда температура теплоносителя изменяется достаточно часто, в зависимости от температуры окружающей среды, и при каждом изменении температуры теплоносителя происходит смещение рабочей точки и снижение качества регулирования, восстановление которого до заданных значений требует изменения параметров настройки регулятора.

Другим недостатком подобных систем является отсутствие учета влияния расхода нагреваемой воды. Увеличение расхода воды приводит к уменьшению удельного теплового потока, что вызывает снижение температуры нагретой воды. Этот вид возмущений характеризуется значительной амплитудой и скоростью. Данный недостаток главным образом влияет на энергоэффективность системы в случаях резких перепадов расхода воды. Ввиду инерционности системы ГВС и наличия в ней чистого запаздывания в виде циркуляционного контура, регуляторы плохо реагируют на подобный вид возмущений, пытаясь регулировать уже отсутствующее возмущение, более того начиная реагировать уже после подачи в контур недогретой воды. В результате чего можно наблюдать как падение качества регулирования, так и переход системы в неустойчивое состояние. Наиболее заметно [1] это в периоды максимального потребления: 6-11 ч. и 16-19 ч.

Также хотелось бы выделить проблему использования устаревших конструкций самой системы ГВС, в частности использование тупиковых систем ГВС, которые имеют значительно больший расход энергии ввиду простоя и охлаждения нагретой воды. Однако данную проблему сложно назвать таковой, поскольку её решением является замена тупиковой системы на замкнутую циркуляционную систему, в которой нагретая вода, в случае неиспользования возвращается в нагреватель, однако в то же время появляется звено чистого запаздывания ввиду не мгновенного перемещения воды по трубам.

Исходя из вышеописанных недостатков, совершенствование САУ системой ГВС можно свести к:

1. Разработке модели объекта, учитывающей большее число влияющих факторов.
2. Оценке качества регулирования в этих условиях существующей САУ.
3. Предложению алгоритма адаптации, обеспечивающего наилучшее качество регулирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.К. Аверьянов, В.Н. Толмачев. Адаптивное управление в системах тепло и электроснабжения зданий и сооружений. // Вестник гражданских инженеров. – 2017.– N 6. – С. 164-171. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-164-171 ..
2. С.А. Чистович, В.К. Аверьянов, Ю.Я. Темпель, С.И. Быков. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. – Л.: Стройиздат, 1987. – 248 с.



## **МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ СЕТИ БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В РЕЖИМЕ ПОЛНОЙ АВТОНОМИИ**

С помощью анализа потоков энергии по межсистемным линиям электропередачи решается целый ряд задач, среди которых наиболее важными являются:

а) улучшение использования энергетических ресурсов и генерирующих мощностей;

б) взаимопомощь энергосистем в связи с разновременностью наступления максимумов нагрузки и разновременностью возникновения потребности использования резерва;

в) перераспределение нагрузок электростанций, которое приводит к более экономному производству энергии или к снижению суммарных электрических потерь в объединении энергосистем;

г) питание потребителей на трассе МЛЭП.

Снижение суммарного максимума нагрузки по сравнению с суммой максимумов происходит благодаря возрастанию смещения и разброса во времени колебаний потребления энергии по мере увеличения числа потребителей, что приводит к выравниванию графиков нагрузки. При этом выравнивание графиков нагрузки осуществляется как за счет регулярных (закономерных), так и нерегулярных (случайных) колебаний нагрузки.

При увеличении числа совместно работающих агрегатов происходит уменьшение относительного размера резерва, то есть снижение максимума нагрузки и освобождение резервных мощностей может быть использовано при уменьшении установленных мощностей и маневрировании перетоками между системами. Система, получившая помощь от соседних систем, сама участвует в оказании помощи другим системам.

Снижение суммарного максимума нагрузки на некоторую величину  $\Delta P$  МВт при прочих равных условиях позволяет не устанавливать в объединении систем генерирующую мощность в размере  $(\Delta P + \Delta p)$  МВт, где  $\Delta p$  – изменение потерь в сетях. Уменьшение размера оперативного резерва за счет объединения энергосистем на  $\Delta N_{рез}$ , по сравнению с суммарным резервом при раздельной работе систем позволяет настолько же уменьшить установленную мощность в объединении. Совместное действие обоих факторов приводит к уменьшению установленной мощности объединения на следующее значение:

$$\Delta N_0 = (\Delta P + \Delta p) + \Delta N_{\text{рез.}}$$

Чтобы произведенное уменьшение установленной мощности каждой из систем можно было скомпенсировать за счет взаимопомощи систем, должна быть обеспечена некоторая минимальная пропускная способность межсистемных ЛЭП. При полном развитии всех возможных связей к каждой системе подходит  $(n-1)$  связей, то есть каждая из этих связей должна иметь в среднем следующую пропускную способность:

$$\frac{\Delta N}{n-1} = \frac{\Delta N_0}{n(n-1)}$$

Так как общее число связей составляет  $0,5n(n-1)$ , то их суммарная пропускная способность равна:

$$\Sigma S = \frac{\Delta N_0}{n(n-1)} \frac{n(n-1)}{2} = \frac{\Delta N_0}{n_2}$$

Таким образом, экономический эффект от снижения капиталовложений за счет уменьшения установленной мощности станций при некотором повышении за счет сооружения МЛЭП и усиления примыкающих к ним внутрисистемных ЛЭП является весьма существенным. Кроме того, появляется возможность лучшего использования энергоресурсов и достижения более рационального и экономичного распределения нагрузок.

**Таблица – Потери мощности в различных режимах работы межгосударственных и межсистемных высоковольтных линий электропередачи**

	$\Sigma P_H$	$\Sigma P_G$	$\Sigma \Delta P$	$\Sigma \Delta Q$
Всё включено	4682,7	5047,8	365,15	2347,94
Отключ. 2-х ЛЭП из РФ (Витебск – Талашкино, Рославль – Кричев)	недопустимое снижение напряжения в узле 6 (Кричев)			
Отключ. всю РФ	недопустимое снижение напряжения в узле 6 (Кричев)			
Отключ. всю Украину	4603,7	4885	281,32	1825,15
Отключ. всю Прибалтику	4552,7	4764,2	211,48	1346,11
Полный автономный режим РБ	3690,9	3837,7	146,74	935,87
Автономный режим + ЛЭП-707	3690,9	3882,2	191,32	1160,51
Отключ. ЛЭП-707	4682,7	5046,8	364,12	2338,38

Выполненные расчеты практически для любого режима позволяют сделать вывод, что минимальные потери мощности в энергообъединении Республики Беларусь будут определяться в условиях полного автономного режима.

УДК621.1.016

Студ. А.С. Ковалевский; маг. Ы.А. Усманов, Ж.Р. Ниезов  
Науч. рук. доц. Н. П. Саевич  
(кафедра процессов и аппаратов химических производств, БГТУ)

## **ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЦИРКУЛЯЦИОННОГО КОНТАКТНОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ**

Контактные теплообменники смешения имеют ряд преимуществ перед поверхностными, если необходимо обеспечить интенсивный теплообмен между средами, допускающими их непосредственный контакт: отсутствует термическое сопротивление стенки между теплоносителями; движение паровых пузырей в жидкости вызывает интенсификацию теплообмена за счет турбулизации; более редкие чистки оборудования.

В большинстве случаев при нагреве острым паром используются контактные подогреватели жидких сред барботажного и струйного типов. Струйные теплообменники-подогреватели по сравнению с барботажными более компактны и легко встраиваются в технологическое оборудование и трубопроводы. Однако работа струйных устройств внутри колонных или емкостных аппаратах может вызывать коррозию и повышенный износ внутренних элементов конструкции из-за возникающей кавитации. Проблема может быть решена при использовании вынесенного контактного теплообменника с вводом струи пара в жидкость. Он не требует установки насоса для организации циркуляции жидкости и, следовательно, дополнительного расхода энергии на его привод.

В учебной и в фундаментальной научной литературе [1-4] информация по расчетам, конструированию и режимах работы подобных струйных контактных теплообменников смешения отсутствует.

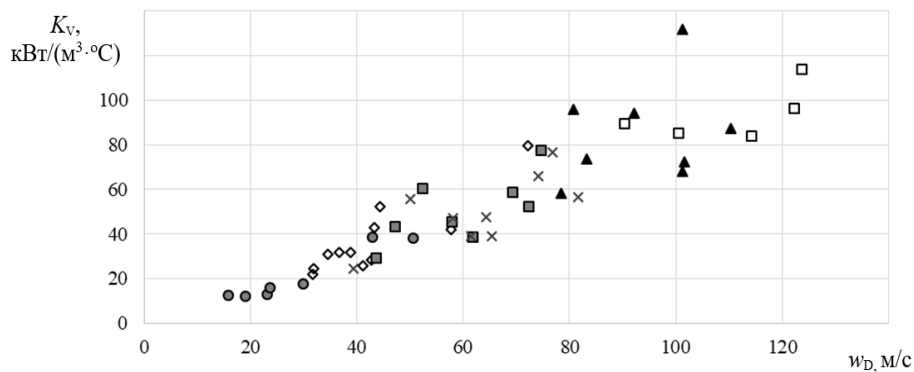
Авторами был разработан образец циркуляционного контактного подогревателя, а также экспериментальная установка для его исследований [5].

В ходе эксперимента определялась динамика изменения температуры среды в различных точках установки. Визуальными наблюдениями за течением введённого трассера оценивался характер взаимодействия пара и жидкости в аппарате.

При выполнении опытов поддерживалось избыточное давление пара от 15 до 40 кПа при скоростях истечения пара от 20 до 125 м/с. Определялись количество тепла на нагрев жидкости; скорость циркуляции жидкости в холодной трубе; скорость пара на выходе из сопла;

удельный объемный коэффициент теплопередачи.

На рисунке 1 представлена зависимость объемного коэффициента теплопередачи  $K_v$ , кВт/(м<sup>3</sup>·град), от скорости истечения острого пара  $w_D$ , м/с.



**Рисунок 1 – Зависимость объемного коэффициента теплопередачи  $K_v$  от скорости истечения острого пара  $w_D$**

По итогам проведенных исследований выявлено, что объемный коэффициент теплопередачи (в расчете на объем теплообменного аппарата) при скоростях истечения острого пара 80–125 м/с составляет 70–130 кВт/(м<sup>3</sup>·К). Значение коэффициента теплопередачи при этом возрастает с ростом скорости истечения.

Исследованный контактный подогреватель имеет простую конструкцию, легко встраивается в существующие емкостные или колонные аппараты и не требует установки насоса. Выносная конструкция исключает влияние динамических воздействий высокоскоростной струи острого пара на элементы конструкции основного аппарата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Контактные теплообменники / Е. И. Таубман [и др.]. – М.: Химия, 1987. – 256 с.
2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Зингер Н. М. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
3. Цегельский, В. Г. Двухфазные струйные аппараты / В. Г. Цегельский. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 408 с.
4. Соснин, Ю. П. Контактные водонагреватели / Ю. П. Соснин. – М.: Стройиздат, 1974. – 359 с.
5. Саевич, Н. П. Теплообмен и гидродинамика в струйном циркуляционном контактном теплообменнике-подогревателе / Н. П. Саевич [и др.] / В сб. НЕФТЕХИМИЯ– 2020: материалы III Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 2–3 декабря 2020 г. – Минск: БГТУ, 2020. – с. 219 – 223.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗОКАЛЬЦИЙСОДЕЖАЩЕГО ПИГМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО $\text{H}_3\text{PO}_4$

Железооксидные пигменты и пигменты-наполнители являются одними из наиболее широко и давно используемых человеком, благодаря богатой цветовой палитре, светостойкости, низкой токсичности, химической стабильности. Основой железооксидных пигментных материалов являются мелкодисперсные оксиды и гидроксиды двух- и трехвалентного железа.

Модифицирование пигментных материалов широко применяется для повышения их качества, в частности, чистоты и яркости цвета, кроющей и красящей способности. В качестве модифицирующих добавок используют различные соединения: кислоты, соли, гидратированные оксиды металлов, поверхностно-активные полимеры различной природы. В частности, известна оригинальная технология производства композиционных пигментов-наполнителей для окрашивания силикатного кирпича [1]. Особого внимания заслуживают фосфорсодержащие соединения, придающие пигментным материалам яркость оттенков цвета.

Целью данной работы являлось исследование процесса получения железокальциевого пигмента-наполнителя, модифицированного ортофосфорной кислотой.

Железокальциевый пигмент получали щелочной конверсией железного купороса в системе  $\text{FeSO}_4 - \text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{O} - \text{O}_2$  как описано в работе [2]. Способ получения включает следующие стадии: 1) смешение  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  с мелом, водой и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; 2) окисление железосодержащей фазы микроволновой обработкой в СВЧ-печи; 3) обработка образовавшейся массы в планетарной мельнице; 4) классификация на сите размером 0,056 мкм; 5) переработка в муфельной печи. Мольное соотношение  $\text{FeSO}_4 : \text{CaSO}_4, \text{H}_2\text{O} : \text{CaCO}_3$  составляло 1,06 и 0,93, соответственно. Массовую долю вводимой 45%-ной термической ортофосфорной кислоты варьировали в пределах 2,0 – 6,0 % от массы железного купороса. Микроволновую обработку проводили при мощности излучения 70 Вт в течении 3 – 5 часов. Термическую обработку осуществляли в муфельной печи, политермическом режиме, интервале температур 100 – 650 °С. Согласно экспериментальным данным, при смешении исходных компонентов образуется пастообразная масса, основными составляющими которых являются  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  и  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Фосфорсодержащие соединения, скорее всего, присутствуют в жидкой

фазе в виде акважелезофосфат содержащих комплексных ионов. Показано, что протекание процесса окисления  $Fe^{2+}$  в  $Fe^{3+}$  при микроволновой обработке продуктов щелочной конверсии  $FeSO_4$  приводит к образованию сложных по составу железосодержащих фаз, с общей формулой  $[Fe^{2+}_{(6-x)} Fe^{3+}_x (OH)_{12}]^{x+} [(A)_{x/y} \cdot yH_2O]^{x-}$ , где  $x = 0,9 - 4,2$ ; А – анион с зарядом  $n$ ;  $y$  - количество воды, включенное в межслоевое пространство, согласно многочисленным исследованиям. Данные соединения являются нестабильными и легко окисляются до  $\alpha$ - $FeOOH$  или  $\gamma$ - $FeOOH$ . В качестве промежуточной фазы образуется ферригидрид, которое в литературе описано как  $Fe_2O_3 \cdot 9H_2O$ . Формирование указанных фаз происходит при удалении  $H_2O$  из пастообразной массы, в результате чего образуется твердый продукт оранжево-коричневого цвета. Содержание  $H_2O$  в продукте после микроволновой обработки составляет более 20,0 мас. %, железа (II), в пересчете на  $FeO$  – не более 2 мас. %.

На стадии термической обработки происходят процессы дополнительного окисления соединений  $Fe^{2+}$ , дегидратация соединений железа, сульфата кальция, кристаллизации гематита  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ . Согласно рентгенофазовому анализу, кристаллическими фазами продуктов термообработки при 600 – 650 °С являются  $\alpha$ - $Fe_2O_3$  и  $CaSO_4$ . Фосфорсодержащие фазы рентгенографически не идентифицируются, что может быть связано с их небольшим количеством, слабой окристаллизованностью при заданной температуре или внедрением фосфат-иона в решетку образующихся кристаллических соединений. Несмотря на это, модифицированные  $H_3PO_4$  железо-кальцийсодержащие соединения имеют несколько отличный цветовой фон по сравнению с железокальциевыми пигментами, полученными в системе  $FeSO_4 - CaCO_3 - H_2O - O_2$ . Показано, что фосфатсодержащие пигменты-наполнители, хромофором в которых является  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ , а наполнителем –  $CaSO_4$ , характеризуются наличием ярко выраженного темно-коричневого оттенка, укрывистостью 8-12 г/м<sup>2</sup> и представляют несомненный интерес для окрашивания строительных материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Применение модифицированных пигментов и сухих суспензий на их основе при производстве окрашенного силикатного кирпича / С. В. Дугуев, В. Б. Иванова // Научно-технический и производственный журнал. Декабрь 2014.
2. Получение железокальцийсодержащих пигментных материалов для окрашивания строительных изделий / Л.С. Ещенко, А.А. Мечай, Е.И. Барановская, Э.И. Вечерская // материалы Международной научно-технической конференции, Минск, БГТУ, 3 декабря 2020.

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ  $Al_2O_3 - AlPO_4$   
ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ**

Как показывает мировой опыт, основная роль в создании эффективных электроуправляемых материалов многофункционального действия принадлежит дисперсной фазе, в качестве которой используют химические соединения. Среди неорганических соединений интерес представляют химически, термически устойчивые фосфаты металлов, что обусловлено специфическими свойствами как поливалентных металлов, так и фосфора.

Ранее показано [1,2], что электрореологическая активность характерна для ортофосфатов алюминия, железа и определяется как их составом, структурной, так и дисперсностью, которые зависят от условий получения. Известно, что одним из способов получения высокодисперсных пористых металлфосфатов является гомогенное осаждение по схеме раствор – золь – гидрогель – ксерогель. При этом, образование гелеобразных осадков наблюдается при определенных соотношениях  $P_2O_5/Me_2O_3$  в исходном растворе.

Целью данной работы явилось получение золь-гель методом алюмофосфатных соединений с соотношением  $Al_2O_3/AlPO_4 > 1,0$  как наполнителей для электрореологических суспензий.

В качестве исходных реагентов использовали нитрат алюминия, фосфорную кислоту и карбамид. Процесс получения алюмофосфатных соединений проводили смешением 1М растворов нитрата алюминия и фосфорной кислоты при мольных соотношениях  $P_2O_5 : Al_2O_3$ , равных 0,9 – 0,3/1,0. Полученные растворы нагревали до 70 – 80°C и вводили карбамид, массовую долю которого рассчитывали исходя из схемы химических превращений, протекающих в исследуемой системе, в частности, гидролиза карбамида, соли алюминия с образованием гидроксида алюминия, азотной кислоты и их взаимодействия по мере протекания процесса.

Исследование процесса золеобразования в системе  $Al(NO_3)_3 - H_3PO_4 - CO(NH_2)_2$  показало, что скорость перехода гомогенной системы микрогетерогенную, когда наблюдается помутнение и быстрое превращение золя в гель, зависит от соотношения  $P_2O_5 : Al_2O_3$ . Изучена зависимость продолжительности образования гелеобразного осадка от мольного соотношения  $Al(NO_3)_3$  и  $H_3PO_4$  в пересчете на  $Al_2O_3$  и  $AlPO_4$ . Установлено, что с увеличением мольного соотношения  $P_2O_5 : Al_2O_3$  от

0,3 до 0,9 продолжительность золеобразования повышается примерно в 2 раза и составляет 6 часов.

Образовавшиеся гелеобразные продукты представляют собой плотную прозрачную, с матовым оттенком систему, содержащую до 80 мас.% жидкой фазы. Характерно, что с повышением содержания  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в исследуемой системе, увеличивается продолжительность не только золеобразования, но и содержание жидкой фазы в гелеобразной массе, в результате чего она менее прозрачная и плотная, обладает текучестью.

Полученные гелеобразные продукты оставляли на старение при температуре 50 – 60°C в течение 10 – 12 часов, после чего осуществляли отмывку твёрдой фазы от растворимых соединений, которыми являются нитрат аммония и карбамид. В процессе отмывки гелеобразный продукт смешивали с водой, затем суспензию разделяли на жидкую и твёрдую фазы фильтрацией. Отмечена низкая скорость фильтрации гелеобразного осадка.

С целью интенсификации процесса отмывки до достижения отрицательной реакции на нитрат-ионы, частично отмывые продукты сушили при 70 – 80°C и снова подвергали промывке. Показано, что в результате сушки гелеобразных осадков происходит их усадка, особенно при температурах выше 80°C.

Полученные после сушки и измельчения алюмофосфатные продукты являются высокодисперсными. Химический состав синтезированных соединений, исходя из условий получения, можно представить как  $\text{AlPO}_4 \cdot x\text{P}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $x = 0,3, 0,5, 0,7, 0,9$  или  $\text{AlPO}_4 \cdot 0,7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlPO}_4 \cdot 0,5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlPO}_4 \cdot 0,3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , соответственно, которые можно рассматривать как композитные материалы, представляющие интерес в качестве наполнителей для электрореологических суспензий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С. Ещенко, Е.В. Лаевская, Е.В. Коробко, З.А. Новикова. Получение наполнителей для ЭРС на основе гидратированного ортофосфата алюминия (Труды БГТУ, серия химия, – 2015 – №3, – с. 56 – 63.

2. Разработка составов дисперсных наполнителей для ЭРС / Л.С. Ещенко, О.В. Понятовский, Е.В. Коробко, З.А. Новикова // Материалы XI Международной научной конференции «Фуллерены и нано-структуры в конденсированных средах», 24 – 26 ноября 2020 года, Минск. – Минск: ИТМО НАН Беларуси, 2020. – С. 21 – 26.

3. Л.С. Ещенко. Основные закономерности образования фосфатов трёхвалентных металлов и разработка научных основ их получения: автореф. дис. д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург, 1992. – 40 с.



## **ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЕЧАТИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОПОЛНЕННОГО PLA**

При печати с использованием древопластика методом послойного наплавления получается слоистая структура материала в изделиях, для которой характерна анизотропия свойств по главным направлениям печати, а именно продольному, поперечному и направлению синтеза. Степень анизотропии определяют при сравнении основных физико-механических свойств по указанным направлениям. Наибольший интерес в данной работе представляют испытания напечатанных образцов на растяжение и изгиб.

Физико-механические характеристики определяли на образцах в соответствии с ГОСТ. Печать образцов производилась при температуре 200°С и скорости – 50 мм/с). Наиболее высокие значения физико-механических характеристик показывают образцы в продольном направлении печати. При этом линии заполнения и направление сил, растягивающих материал совпадает с осью «дорожек» из сплошного материала, а в поперечном и направлении синтеза прочность материала обусловлена силой адгезионных взаимодействий между «дорожками». Наиболее низкие значения физико-механических свойств характерны для образцов, напечатанных в направлениях синтеза. Тем не менее, высокие значения коэффициентов вариации (от 2 до 20 %) характеризуют направление синтеза как неустойчивое в постоянстве значений физико-механических характеристик. Предполагается, что это связано с образовавшимися при печати дефектами микроструктуры, такими как неровности наложения дорожек и поры в адгезионных слоях.

При исследовании подтвердили закономерность, установленную производителем, связанную с более высокими физико-механическими характеристиками материала при работе на изгиб по сравнению с работой на растяжение. Особенность данного материала заключается в хаотическом армировании, при котором на макроуровне – материал квазиизотропный, на микроуровне – остается анизотропным в силу того, что древесная мука представляет собой очень короткие волокна. Предполагается, что если волокна будут ориентированы ортогонально по отношению к элементарным слоям, то это будет препятствовать межслойному сдвигу, что приведет к увеличению модуля упругости при изгибе.

## МНОГОКРАТНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ОТХОДОВ ДУБЛЕННЫХ КОЖ

В представленной работе исследовали влияние числа циклов переработки на физико-механические свойства для композиции с 30 мас. % наполнителя wetblue при совместном измельчении со вторичным полипропиленом. Первичным считали материал, однократно переработанный и измельченный. В результате дробления отформованного материала получили измельченную массу с размером гранул 5–6 мм, однородную, без видимых частиц наполнителя. Значения основных механических характеристик от числа циклов переработки представлены в таблице.

**Таблица – Значение физико-механических свойств материалов  
от циклов переработки**

Переработка	Растяжение		Изгиб	
	$\sigma_p$ , МПа	$E_p$ , ГПа	$\sigma_{и}$ , МПа	$E_{и}$ , ГПа
Первичная	12,65	0,99	19,37	1,67
Четырехкратная	8,07	1,15	18,74	1,75
Шестикратная	7,96	1,05	17,60	1,5

При четырехкратной переработке модуль упругости увеличился на 17% по сравнению с первичной. С увеличением числа переработок прочность уменьшается. Так при шестикратной переработке, в сравнении с первичной, прочность уменьшилась на 35%. Это происходит из-за снижения молекулярной массы. В свою очередь при уменьшении молекулярной массы увеличивается кристалличность. Но большое количество переработок ускоряет деструкцию, из-за чего уменьшается прочность при разрыве. На первых циклах переработки, когда молекулярная масса выше, изменения механических свойств больше; с ростом циклов эти свойства выравниваются и изменения не такие значительные. Модуль упругости при изгибе у четырехкратно переработанного материала на 4,8% больше, чем у первичного. Прочность при изгибе снижается монотонно на 3,2% при четырехкратной и на 9% при шестикратной переработке. Увеличение модуля упругости при изгибе, так же как и при растяжении обусловлено ростом кристалличности. Результаты эксперимента показывают возможность последующей переработки вышедших из строя изделий без существенной потери основных эксплуатационных свойств до шести раз.

Студ. А.В. Егорова, И.А. Цапик  
Науч. рук. доц. Е.И. Кордикова (кафедра механики  
и конструирования, БГТУ)

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА И ОТХОДОВ ДУБЛЕННЫХ КОЖ**

При переработке высоконаполненных композиций скольжение на границе с формующим инструментом и возникающие при этом силы трения относят к важнейшим факторам, определяющим производительность и энергоемкость процессов. Их учитывают при конструировании инструмента и назначении режимов переработки композиций в изделия.

В исследованиях в качестве наполнителя композиционного материала использовали отходы кожевенного производства различного вида: отходы wetblue с различным средним размером частиц (6,5 мм, 5 мм, 3 мм).

Коэффициенты трения композиций на основе вторичного полипропилена достигают максимальных значений при 130–140°C, т. е. в диапазоне между температурой размягчения и температурой плавления полипропилена. Увеличение средней длины частиц наполнителя приводит к более строгой их ориентации в плоскостях, параллельных поверхности контакта, поэтому увеличивается составляющая сил сопротивления, зависящая от матричного полимера, и ввиду этого возрастает коэффициент трения.

При температурах, превышающих температуру плавления матричного полимера (~165°C), наблюдается резкое снижение коэффициента трения. Температурная зависимость в диапазоне 165–220°C удовлетворительно описывается уравнением Аррениуса.

Увеличение размеров частиц наполнителя способствуют более значимому повышению коэффициентов трения с ростом скорости скольжения. Влияние давления на коэффициент трения композиций в исследованном диапазоне от 1,0 до 2,5 МПа невелико. С увеличением давления коэффициенты трения композиций различного состава снижаются не более чем на 7–8%.

Поскольку условия скольжения при сжатии диска в большей мере соответствуют условиям скольжения при прессовании изделий из высоконаполненных пластицированных композиций, то полученные результаты можно использовать при назначении режимов формования изделий.

## ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ

Лазерная стереолитография (SLA – *Stereolithography*) – это технология, основанная на послойном отверждении жидкого фотополимерного материала под действием луча лазера. После печати образцы промывают от остатков смолы и помещают в сушильную камеру для финального отверждения. Целью представленной работы является изучение влияния продолжительности термообработки на физико-механические характеристики стандартной фотополимерной смолы Formlabs standart white. Определение основных физико-механических характеристик проводили в соответствии с ГОСТ на образцах рекомендованной формы и размеров. Напечатанные образцы подвергались термообработке в течении 30, 45 и 60 минут при температуре 60°C.

Наибольшие физико-механические характеристики при растяжении наблюдаются у образцов, время термообработки которых составило 60 минут. Показания предела прочности и модуля упругости увеличились на 18,7% и 21,7% относительно значений образцов, не подвергавшихся термообработке (таблица).

**Таблица – Основные физико-механические свойства фотополимерной смолы**

Время термообработки, мин	Без термообработки	30	45	60
Предел прочности при растяжении, МПа	36,8	45,3	48,8	50,3
Модуль упругости при растяжении, %	1,2	1,5	1,8	2,0
Предел прочности при изгибе, %	36,5	99,2	104,0	102,7
Модуль упругости при изгибе, %	1,0	2,9	3,8	3,0

Наибольшие физико-механические характеристики при изгибе наблюдались у образцов, время термообработки которых составило 45 минут. Показания предела прочности и модуля упругости увеличились на 64,9% и 73,2% относительно значений образцов, не подвергавшихся термообработке (таблица). Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о необходимости проведения финальных операций по термообработке напечатанных изделий из фотополимерных смол, что приводит к повышению физико-механических свойств. Продолжительность выдержки при температуре должно составлять не менее 45 минут.

УДК 678.072.027

Студ. Д.И. Анципович, Д.О. Максимук, Е.А. Римашевский  
Науч. рук. ассист. Г.Н. Дьякова  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

### **ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТИ ДЛЯ ДРЕВЕСНОПОЛНЕННОГО ФИЛАМЕНТА**

Древеснонаполненный композит представляет собой материал, который на 40% состоит из натуральных древесных опилок (частицы в форме призм размером 1–5 мм) или древесной муки (частицы произвольной формы с размером < 1,2 мм) и на 60% из связующего полимера (чаще всего используется полилактид). Полимерная часть придает материалу прочность, износостойкость и высокую влагостойкость, наполнитель характеризуется широким цветовым диапазоном и текстурой, и придает материалу характерный аромат. Влияющими параметрами на качество печати являются толщина слоя, температура и скорость.

При исследовании физико-механических характеристик образцов, наиболее предпочтительная толщина слоя представлена в диапазоне от 0,2 до 0,35 мм. При других толщинах механические свойства полученных изделий как при изгибе, так и при растяжении будут ниже. Причём, при всё большем увеличении толщины слоя, прочностные и упругие характеристики будут всё сильнее падать.

В ходе исследования влияния температуры экструдера на физико-механические показатели образцов было выявлено, что оптимальной температурой экструдера является 225°C, так как при печати с данной температурой достигаются максимальные значения по прочности и модулю упругости. При испытании на изгиб наблюдается, что повышение температуры приводит к ослаблению прочности материала, однако, действует и обратный эффект относительно модуля упругости, где с увеличением температуры его характеристики растут до пиковых. По результатам испытаний на растяжение у образцов, напечатанных при более высокой скорости печати, предел прочности уменьшился на 22%, а модуль упругости увеличился на 9% по сравнению с образцами, напечатанных рекомендуемой скоростью. При испытании на изгиб у образцов, напечатанных при более высокой скорости печати, предел прочности уменьшился на 5%, а модуль упругости уменьшился на 19% по сравнению с образцами, напечатанных рекомендуемой скоростью.

Как итог – лучшими параметрами для печати являются: температура печати 225 градусов, скорость печати 50 мм/с, высота слоя 0,25–0,3 мм.

## **АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ FDM-ПЕЧАТИ ИЗ УГЛЕНАПОЛНЕННОГО SAN**

Характерной особенностью угленаполненного филамента на основе SAN (сополимерный пластик, состоящий из стирола и акрилонитрила) является его лёгкость, что связано с наличием микроскопических пор в его структуре. Изделие, напечатанное из данного материала, имеет минимальную анизотропию свойств. Благодаря вспениванию полимера при нагреве во время печати, поверхность наносимого слоя весьма развитая, что увеличивает площадь контакта с расплавом полимера при нанесении следующего слоя.

В качестве наполнителя используется углеродное волокно. Распределение волокон – хаотическое с длиной элементарного волокна 100–500 мкм, диаметр – 5 мкм.

Для оценки неоднородности механических характеристик угленаполненного SAN по главным направлениям печати при формировании слоистой структуры исследовали образцы с различными направлениями линии заполнения. Параметр «направления линии заполнения» задается углом между базовой плоскостью и направлением ориентации нитей в слое. Для продольного направления этот угол принимается равным  $0^\circ$ , для поперечного направления устанавливается значение угла в  $90^\circ$ . В качестве дополнительного направления выбрано направление печати под углом  $\pm 45^\circ$ , которое придаёт изделию средние между продольным и поперечным направлениями значения механических характеристик.

Из проведённых испытаний образца, напечатанного из угленаполненного SAN, на такие механические показатели как предел прочности при растяжении и изгибе, модуль упругости при растяжении и изгибе, ударная вязкость, можно сделать вывод о том, что образец, имеющий продольное направление печати, имеет наиболее высокие показатели прочности и жёсткости, чем образец с другим направлением печати. Данный результат объясняется тем, что при таком направлении линий заполнения, при испытании или эксплуатации, растягивающие силы совпадают с продольной осью образца, в следствии чего работает сам материал и адгезионная связь между слоями, а при других направлениях в большей степени работает только адгезионная связь. Низкие значения коэффициента вариации говорят о постоянстве физико-механических характеристик композиционного материала.

Выявленной особенностью угленаполненного SAN является лучшая работа на изгиб по сравнению с работой на растяжение.

## **ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ ЧЕРЕДУЮЩЕГОСЯ $\pm 45^\circ$ ПАТТЕРНА ЗАПОЛНЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА**

В связи с развитием технологий аддитивного синтеза и появлением возможности получения изделий с внутренними не монолитными макроструктурами для снижения их веса и материалоемкости, появилась необходимость исследования влияния характеристик данных структур на свойства получаемых изделий.

Цель исследований – установление влияния геометрических характеристик структур заполнения, чередующегося  $\pm 45^\circ$  паттерна, на физико-механические характеристики получаемого изделия, определение оптимального соотношения степени заполнения по массе. Одной из основных задач данной работы является определение таких параметров заполнения исследуемых структур, при которых достигаются наиболее высокие физико-механические характеристики по отношению к их массе.

Исследование проводили для материалов на основе PLA-пластика, изготавливаемых на 3D-принтере Ultimaker 3. Образцы испытывали на растяжение согласно ГОСТ 17370-2017 «Пластмассы ячеистые жесткие. Метод испытания на растяжение».

Исходя из полученных зависимостей для прочности и модуля упругости, следует, что для печати изделий конструкционного назначения следует применять 100% степень заполнения, так как различия между падением эффективной прочности и облегчением конструкции крайне велики. Однако стоит учитывать, что, как правило, механические напряжения сконцентрированы на поверхности изделия и в таких случаях решающее влияние оказывает прочная и жесткая оболочка.

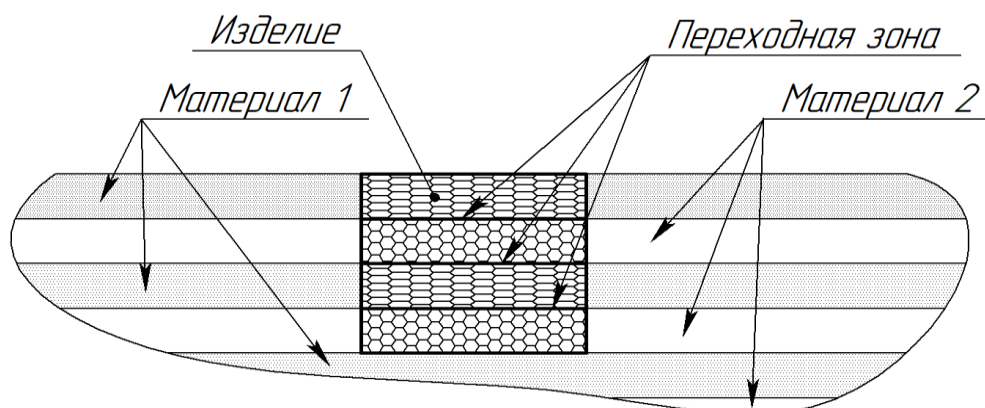
Для печати изделий, не выполняющих несущую функцию, падение прочности на диапазонах заполнения от 10% до 50% крайне мало по сравнению с падением массы конструкции, поэтому для таких изделий рекомендуется использовать параметры с минимально возможным заполнением. Однако стоит учитывать, что при коэффициентах заполнения ниже 20% качество получаемой геометрии значительно снижается, но с увеличением количества слоёв оболочки изделия, падения качества можно избежать. Данный вопрос требует отдельного исследования.

## ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ

В рамках данной работы предпринята попытка реализации процесса 3Д-печати несколькими материалами на базе технологии выборочного лазерного сплавления металлических порошков, на базе металлургического 3Д-принтера ProX DMP 300.

В случае успеха появится возможность создавать изделия, обладающие уникальными характеристиками на основе свойств металлических композиционных материалов, а также имеющие геометрическую форму любой сложности с возможностью управления их структурой.

Основная задача сводится к последовательному формированию слоев металлического порошка из определенного материала, как показано на рисунке.



**Рисунок – Схема расположения слоев при 3Д-печати двумя материалами соотношении один к одному**

Для реализации данной технологии на базе металлургического 3Д-принтера ProX DMP 300 разработана система подачи нескольких порошковых материалов на платформу подачи материала. Данная система базируется на основе уже имеющейся системы рециркуляции металлического порошка, встроенной в 3Д-принтер.

В рамках работы проводится разработка конструкции устройства, обеспечивающего ввод необходимого порошка в систему рециркуляции, а также математическое моделирование процессов многокомпонентного выборочного лазерного сплавления металлических порошков.



Студ. О.С. Жук, А.П. Михасенок, Е.В. Нестерович  
Науч. рук. А.Л. Наркевич  
(кафедра механики и конструирования, БГТУ)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ И ТРАНСВЕРСАЛЬНОЙ ИЗОТРОПИИ, ПОЛУЧЕННОЙ ПО СХЕМЕ $[0^\circ; 90^\circ; \pm 45^\circ]$ , ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ АДДИТИВНОГО СИНТЕЗА**

В настоящее время получает широкое распространение аддитивный синтез термопластичными полимерами, при котором экструдированный полимер в виде узкой полосы, последовательно формируя слои, образует монолитное изделие за счет связи между слоями и соседними экструдированными полосками в слое (3-д печать). Таким образом может быть получен анизотропный материал. В ряде изделий плоской формы целесообразно иметь изотропию в плоскости (трансверсальная изотропия). Для достижения этого используются, так называемые, звездные укладки, например, по схеме  $[0^\circ; 90^\circ; \pm 45^\circ]$ .

Цель работы – исследовать анизотропию и трансверсальную изотропию для образцов, полученных аддитивным синтезом из различных термопластичных полимерных материалов (акрилонитрилбутадиенстирольный пластик (АБС), полилактид (ПЛА) и стирол-бутадиен сополимер (СБС)).

Для исследования анизотропии печатали наборы образцов со следующей ориентацией экструдированной полосы: вдоль образца, формируя структуры с продольным направлением; поперек образца, формируя структуры с поперечным направлением; в направлении синтеза. Для подтверждения трансверсальной изотропии печатали пластины по выше приведенной схеме звездной укладки, из которых затем вырезали образцы под углами  $0^\circ; 30^\circ; 45^\circ; 60^\circ; 90^\circ$ .

Результаты испытания при растяжении и изгибе при исследовании анизотропии для указанных полимеров показали разные зависимости свойств от направления печати, но для каждого материала наибольшие свойства были в продольном направлении. Для АБС наименьшие значения наблюдались в направлении синтеза, для ПЛА – в поперечном направлении, для СБС – в поперечном направлении и в направлении синтеза. Определение характеристик для пластин со звездной укладкой слоев доказало наличие трансверсальной изотропии. Полученные результаты можно использовать при дальнейшем исследовании материалов, применяемых в 3-д печати, и при разработке конструкций, полученных аддитивным синтезом, из полимерных материалов.

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ СМЕШАННЫХ НЕКОНДИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ**

Один из первых этапов на пути вовлечения твердых бытовых отходов в переработку – это их отдельный сбор посредством специальных контейнеров. Затем следуют сортировка и т.п. операции, на которых отбираются коммерчески привлекательные отходы для последующей переработки. Остальная часть (для полимерных отходов - до 75%) подлежит захоронению или накапливаются на предприятиях. В основном вывозимые на полигоны полимерные отходы представляют собой смесь на основе термопластичных полимеров.

Цель работы – оценить уровень свойств материалов из смеси некондиционных полимерных отходов, а также влияние наполнителя на эти свойства.

Известно, что большая часть указанных некондиционных отходов может быть переработана в изделия, например, методом прессования предварительно пластицированной заготовки. Этот метод достаточно гибкий к компонентному составу, что важно при переработке неоднородной смеси. Оценивались свойства материалов, образцы которых получены указанным методом из следующих смешанных некондиционных полимерных отходов: остающихся после сортировки отдельно собранных твердых бытовых отходов; измельченных этикеток, образующихся после дробления пластмассовых бутылок из-под напитков и сепарации частиц; вышедшие из употребления ящики из-под плодоовощной продукции. Также для удешевления материалов в них вводили в качестве наполнителя неплавкие полимерные отходы на основе сшитого полиэтилена. Результаты проведенных испытаний на растяжение и изгиб показывают, что прочностные и упругие характеристики имеют относительно низкие значения. С введением наполнителя прочностные характеристики материалов несколько снижаются, а упругие – возрастают.

Несмотря на относительно низкие механические характеристики, изученные композиции можно использовать для формования изделий ответственного назначения, а требуемые жесткость и прочность в изделиях возможно обеспечить за счет утолщения стенки и добавлением ребер жесткости в изделия (плитка, бордюр, малые архитектурные формы и др.).

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДА РАСЧЕТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИТНЫХ ЛЫЖ И ПРОВЕРКА ЕГО АДЕКВАТНОСТИ**

Современные спортивно-беговые лыжи представляют собой достаточно легкие многослойные конструкции, которые отвечают всем требованиям по жесткости и прочности. Указанные требования выполняются за счет неоднородной структуры по толщине лыжи.

Цель работы – разработка метода расчета для оптимизации структуры лыж облегченной конструкции на основе полимерных композиционных материалов.

Для оптимизации структуры лыж предлагается метод расчета, основанный на теории изгиба для стержня составного сечения, элементы которого имеют различные модули упругости. В модели учитывается, что лыжа по длине имеет переменное поперечное сечение и переменный внутренний изгибающий момент. Применили формулу для жесткости составного поперечного сечения для расчета перемещения (прогиба) и максимальных нормальных напряжений в каждом слое в зависимости от продольной координаты лыжи. Практический интерес представляет жесткость отдельных частей лыжи (следует отличать от жесткости поперечного сечения), равная отношению приложенной нагрузки к соответствующему прогибу.

Для расчета нормальных напряжений в слоях использовали нормативное значение нагрузки, не ниже которого должна выдержать средняя часть ее часть при испытании до разрушения. Для проверки адекватности метода расчета использовали данные по результатам испытаний экспериментальных и опытных образцов облегченных спортивно-беговых пластиковых лыж, изготовленных в филиале «Телеханы» Государственного предприятия «Беларусьторг». Расчет нормальных напряжений при нормативной нагрузке показал наличие запаса прочности, что подтверждено экспериментами – превышение значений разрушающей нагрузки по сравнению с нормативной. При оценке жесткости расхождение между экспериментальными и расчетными значениями не превысило  $\pm 6\%$ . Отклонение можно объяснить разбросом упругих характеристик материалов отдельных слоев лыж.

Предложенный метод расчета можно применять для оптимизации структуры облегченных спортивно-беговых лыж и подобных конструкций.

## РЕШЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ЗАДАЧ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

При рассмотрении реальных процессов, протекающих в механических системах, в ряде случаев необходимо учитывать, что исходные данные задачи являются некоторыми случайными величинами, подчиняющимися заданному распределению. Типичным примером такой задачи является задача о движении тела, брошенного под углом к горизонту (артиллерийского снаряда). При этом отклонение вектора начальной скорости снаряда от среднего значения может быть вызвано, например, непостоянством химического состава метательного заряда и износом самой артиллерийской системы.

Пренебрегая сопротивлением воздуха, для дальности полета снаряда может быть записано соотношение вида

$$L(v, \alpha) = v^2 / g \sin 2\alpha ,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $v$  и  $\alpha$  – начальная скорость снаряда и угол возвышения ствола орудия соответственно.

Если принять, что начальная скорость снаряда и угол возвышения орудия являются независимыми случайными величинами с гауссовским распределением и заданными значениями математических ожиданий ( $\langle v \rangle$ ,  $\langle \alpha \rangle$ ) и дисперсий ( $\sigma_v$ ,  $\sigma_\alpha$ ) то для математического ожидания дальности полета снаряда  $\langle L \rangle$  и дисперсии  $\sigma_L$  данной величины получим

$$\langle L \rangle = L(\langle v \rangle, \langle \alpha \rangle), \quad \sigma_L = \left( \frac{\partial L}{\partial v} \right)_{\langle v \rangle, \langle \alpha \rangle}^2 \sigma_v + \left( \frac{\partial L}{\partial \alpha} \right)_{\langle v \rangle, \langle \alpha \rangle}^2 \sigma_\alpha .$$

Для оценки диапазона расстояний, на котором окажется 90%, выпущенных снарядов можно воспользоваться таблицей нормированной функции распределения  $F(\xi)$ . С учетом дополнительного предположения о симметричности диапазона расстояний относительно его математического ожидания получим, что параметр  $\xi_{\min} = -1,6$  и  $\xi_{\max} = 1,6$ .

Следовательно, для границ указанного диапазона имеем

$$L_{\min} = \langle L \rangle + \xi_{\min} \sigma_L, \quad L_{\max} = \langle L \rangle + \xi_{\max} \sigma_L .$$

При принятии средней начальной скорости снаряда равной 1000 м/с с дисперсией 10 м/с, а математического ожидания угла возвышения орудия  $10^\circ$  с дисперсией  $0,1^\circ$ , получим:  $\langle L \rangle = 34900$  км,  $L_{\min} = 34125,9$  км и  $L_{\max} = 35674,1$  км.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА НА ОСНОВЕ СЕРНОГО ШЛАМА**

Использование серы в качестве вяжущего вещества известно давно, однако интерес к нему в настоящее время не только не пропал, но и продолжает расти, открывая все новые перспективные области применения.

В Республике Беларусь производство серной кислоты ведется на трех предприятиях – ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «Гродно Азот» и ОАО «Нафтан». Данные предприятия столкнулись с проблемой утилизации отходов, которые образуются при плавлении и фильтрации расплавленной серы. Таким отходом является серный кек (серный шлам). Содержание серы в нем варьируется от 27 до 76%. Данный отход, относящийся к IV классу опасности, не востребован на рынке, характеризуется способностью к самовозгоранию и запрещен к захоронению на полигонах промышленных отходов, что приводит к его накоплению и загрязнению окружающей среды. Одним из перспективных направлений по утилизации серного шлама является получение серного бетона.

Целью работы являлось получение бетона на основе серного вяжущего с заменой части природной серы на серный шлам. В качестве наполнителя использовался песок пылеватой фракции (размер частиц песка  $< 0,14$  мм). Соотношением природной серы и серного шлама варьировали в следующих пределах, мас.%, соответственно: 25–65; 10–50. С увеличением содержания шлама удобоукладываемость смесей значительно ухудшалась. Наилучшие показатели по данному свойству были достигнуты при содержании шлама до 30 мас.%. Изученные прочностные свойства образцов-кубиков размером  $2 \times 2 \times 2$  см в 1 сутки твердения показатели снижения прочности на сжатие с увеличением содержания серного шлама в составе смеси. Полученные значения находились в диапазоне 24,7–36,1 МПа. Прочность контрольного образца без шлама (75 мас.% серы, 25 мас.% песка) составила 24,5 МПа.

Из данных результатов видно, что показатели прочности образцов, полученных с применением серного шлама, превышают показатель прочности контрольного образца. Это свидетельствует о возможности частичной замены природной серы серным шламом в составе бетона, что позволит утилизировать данный отход производства при сохранении основных свойств материала.

## ПОЛУЧЕНИЕ СВЯЗУЮЩЕГО ДЛЯ ЛЕГКОВЫБИВАЕМЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Материал, из которого изготавливаются литейные формы, представляет собой композицию, состоящую из связующего и наполнителя. В качестве наполнителя используют кварцевый формовочный песок, а как связующее – самые разнообразные неорганические и органические связки. Наиболее ответственным компонентом в этой композиции является связующее, которое должно обеспечивать достаточную механическую прочность форме в момент заливки жидкого металла, а после застывания отливки производят выбивку форм, то есть эта песчаная форма должна легко разрушиться.

Целью исследования являлось получение алюмосиликатной связки и исследование ее физико-механических свойств. В качестве наполнителя использовался кварцевый формовочный песок с массовой долей  $\text{SiO}_2$  не менее 93 мас.% и глинистой составляющей не более 2,0 мас.%. Алюмосиликатную связку получали путем смешения калиевого жидкого стекла с силикатным модулем 3 и плотностью  $1,47 \text{ кг/м}^3$  с 45%-ным раствором  $\text{NaOH}$  плотностью  $1,48 \text{ г/см}^3$ . Щелочно-алюминатный раствор готовили растворением  $\text{Al}(\text{OH})_3$  в растворе  $\text{NaOH}$ . Количеством наполнителя варьировали в диапазоне от 40 до 60 мас.% от общей массы. Для оценки вяжущих свойств алюмосиликатной связки изготавливали образцы-кубики размером  $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$ . Наибольшими прочностными характеристиками обладали композиты с содержанием наполнителя в количестве 55 мас.%, а связующего – 25 мас.%. Для оценки способности смеси к выбиванию проводили испытание образцов термоударом. Образцы помещали в муфельную печь и фиксировали количество циклов до разрушения образцов. При  $T = 1000^\circ\text{C}$  образцы на алюмосиликатной связке разупрочнились за 2–3 мин, при  $T = 1100^\circ\text{C}$  – за 3–4 мин, при  $T = 1200^\circ\text{C}$  – за 4–5 мин. Образцы на жидком стекле не разрушились под действием термоудара, а наоборот, по мере повышения температуры, сразу упрочнились, а затем остаточная величина прочности несколько снизилась. Остаточная прочность образцов, приготовленных на жидком стекле составила, %: при  $T = 1000^\circ\text{C}$  – 125;  $T = 1100^\circ\text{C}$  – 96 и  $T = 1200^\circ\text{C}$  – 40. Таким образом установлено, что обе связки обеспечивают достаточную начальную прочность композициям, но эффект разупрочнения, необходимый для литейных форм, наблюдается только в образцах, приготовленных на алюмосиликатной связке.

## ПОЛУЧЕНИЕ БЕЗВОДНОГО МЕТАСИЛИКАТА НАТРИЯ

В Республике Беларусь основными производителями гидратированных силикатов щелочных металлов (9-водный и 5-водный метасиликаты натрия) являются ОАО «Домановский производственно-торговый комбинат», а также ЧПУП «Белхимос» (г. Лепель). Однако они имеют ограниченные области применения. В первую очередь, это обусловлено недостаточно высокой концентрацией основного вещества. Производство безводного метасиликата натрия имеет ряд преимуществ: – более высокое содержание основного вещества ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), чем в водорастворимых формах; – более широкие области применения (пищевая, косметическая промышленность, производство синтетических моющих средств и другие); – более низкие затраты на транспортировку. Безводные метасиликаты щелочных металлов в Республике Беларусь не производятся, а потребность в них покрывается за счет импорта из Китая и Бельгии. В связи с этим, разработка технологии получения безводного силиката натрия является важной задачей, поскольку позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции, а также выйти на новые рынки сбыта. Несмотря на более высокую стоимость безводных метасиликатов щелочных металлов, по сравнению с их водорастворимыми формами, их применение является экономически целесообразным за счет более низкой дозировки в составе композиционных материалов, а также лучших эксплуатационных свойств.

Проведенный анализ литературных и патентных источников по технологиям получения безводного метасиликата натрия позволил выделить два основных способа: – «сухой» способ, основанный на высокотемпературном взаимодействии кремнезема с карбонатом или сульфатом натрия, однако он достаточно энергоемкий; – «мокрый» способ, основанный на растворении аморфного кремнезема в растворе каустической соды. Поисковые исследования по определению оптимальных режимов получения безводного метасиликата натрия были условно разделены на три этапа: первый – сернокислотный синтез осажденного кремнезема; второй – его щелочная обработка раствором  $\text{NaOH}$ ; третий – кристаллизация безводного метасиликата натрия.

Таким образом, разработка технологии получения безводных метасиликатов щелочных металлов требует проведения системных исследований по установлению влияния основных технологических параметров на выход и качество целевых продуктов.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРБОНАТНОЙ ДОБАВКИ

Производство ячеистого бетона по различным технологиям (Wehrhahn, Masa-Henke) является материально- и энергоёмким процессом. В последнее время ввиду роста цен на вяжущие материалы целесообразным является использование карбонатных добавок взамен части дорогостоящих вяжущих компонентов (извести, цемента). Их применение позволит снизить себестоимость изделий из ячеистого бетона при сохранении их физико-химических характеристик.

Целью работы является разработка составов ячеистобетонных смесей с частичной заменой вяжущих (цемента или извести) на карбонатные добавки и получение бетона с требуемыми физико-механическими характеристиками.

На первом этапе осуществляли подготовку сырьевых материалов для приготовления ячеистобетонной смеси. Все компоненты предварительно подвергались помолу до требуемой удельной поверхности и смешивались в смесителе в заданных соотношениях. Карбонатные добавки вводили вместе с вяжущим. На реологические свойства и процесс вспучивания смеси карбонатные добавки не оказывали существенного влияния.

В табл. приведены физико-механические свойства образцов разработанных составов.

**Таблица – Физико-механические свойства образцов**

Содержание карбонатной добавки, мас.%	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение прочности на сжатие, МПа	Коэффициент конструктивного качества
0	470,3	2,15	97
15	447,3	2,15	107
20	471,6	2,0	90

Таким образом, в результате проведенных на данном этапе исследований установлена оптимальная дозировка карбонатной добавки (15 мас.%), при которой достигается повышение прочностных характеристик ячеистого бетона.

Кроме того, применение карбонатных добавок позволит утилизировать отходы местных производств.



## **ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

Целью исследовательской работы является получение активных минеральных добавок с высокой пуццолановой активностью.

Активные минеральные добавки, обладающие пуццолановыми свойствами, используются для улучшения физико-механических свойств получаемых материалов на основе портландцемента, повышения их долговечности, а также химической стойкости. Они способны связывать гидроксид кальция, образующийся при гидратации цемента. Связывание в нерастворимые соединения гидроксиды кальция способствует предупреждению высокообразованию. Активные минеральные добавки, содержащие аморфный  $\text{SiO}_2$ , вводимые в состав портландцемента, способствует уплотнению структуры цементного камня и повышению его прочности.

Преимуществом портландцемента с пуццолановой добавкой является увеличение степени гидролиза алита, снижение основности гидросиликатов кальция и замена части дорогостоящего клинкера.

В результате проведенных исследований определены основные физико-механические свойства портландцемента с активными минеральными добавками. На данном этапе работ были подобраны оптимальные дозировки активных минеральных добавок (2 мас.% и 4 мас.%).

Добавки были получены при разных режимах термообработки. Для контрольного образца нормальная плотность составила 29,85 %, для состава с дозировкой добавки 2 мас.% – 33,57 %, для состава с дозировкой добавки 4 мас.% – 34,57 %. Повышение значения нормальной плотности обусловлено высокой удельной поверхностью добавок и увеличением водопотребности цементного теста.

При определении водоотделения было установлено, что с увеличением дозировки активной добавки коэффициент водоотделения снижался. Для контрольного образца коэффициент водоотделения – 21,05 %, для состава с дозировкой добавки 2 мас.% – 18,91 %, для состава с дозировкой добавки 4 мас.% – 18,42 %. Это объясняется тем, что активные добавки повышают растворимость трехкальцевого алюмината, способствуя образованию этtringита в межзерновом пространстве, что ведет к повышению седиментационной устойчивости цементно-водных систем и снижению водоотделения.

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭТТРИНГИТОВОЙ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Одной из главных причин снижения прочности бетонов, вплоть до разрушения, является позднее образование этtringита в цементном камне при действии различных факторов окружающей среды. На сегодняшний день большинство исследователей исходит из того, что начинающееся сразу после затворения цемента водой образование этtringита в бетоне, твердеющем в нормальных условиях, завершается через 24 часа. При этом образуется мелкокристаллический, равномерно распределенный в цементном камне этtringит.

Целью работы является получение этtringитовой суспензии для цементных композиций и использование ее далее в качестве кристаллической затравки. Было рассчитано теоретическое соотношение исходных компонентов, а именно  $Al_2(SO_4)_3$ , CaO и  $CaCO_3$ . При смешивании компонентов согласно расчетам образовывалось небольшое количество кристаллов этtringита. Однако, с помощью изменения соотношения компонентов удалось достигнуть увеличения числа кристаллов.

Основными факторами, оказывающими влияние на форму и размер кристаллов этtringита, являются: механизм его образования, состав реагирующих компонентов и наличие примесей, концентрация ионов, показатель pH раствора, наличие примесей и т.д. [1]. При pH = 11–12 образуется классический игольчатый этtringит. При уменьшении pH до 9 и ниже, резко уменьшается размер кристаллов вплоть до полного разложения этtringита. Сначала образуются очень мелкие кристаллы этtringита непосредственно на поверхности частиц цемента. Нормальное начало твердения наступает благодаря тому, что вначале очень маленькие кристаллы этtringита растут и в дальнейшем перекрывают пространство между частицами цемента. На следующем этапе выполнения работ планируется введение полученной этtringитовой суспензии в состав цементных композиций и исследование структуры и свойств полученных образцов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона. Пер. с нем. – Киев.: Оранта, 2004. – 295 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ НА УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Пластификаторы – добавки, позволяющие снизить количество воды, необходимое для обеспечения бетонной смеси требуемую подвижность. Эти добавки улучшают свойства твердеющего бетона и, в частности, повышают его прочность. Существуют и другие причины использования таких добавок: одновременное снижение содержания и воды, и цемента, при сохранении удобоукладываемости смеси и прочности бетона на том же уровне. В настоящее время одним из дешевых и часто применяемых пластификаторов является ЛСТ (лигносульфонат технический).

Целью работы является исследование влияния модифицированных лигносульфонатов на удобоукладываемость бетонной смеси.

Для исследований использовался цемент ПЦ500-Д0 и кварцевый песок в соотношении 1 : 3. Водоцементное отношение в смеси составило 0,5. Модифицирование лигносульфонатов осуществлялось научным коллективом кафедры ТНВиОХТ БГТУ. Растекаемость смеси определяли по осадке стандартного конуса согласно ГОСТ 310.4. Растекаемость контрольного образца (без добавки) составила 110 мм. Полученные результаты исследований представлены в таблице.

**Таблица – Влияние модифицированных лигносульфонатов  
 на растекаемость смеси**

№ образца модифицированного лигносульфоната	Растекаемость смеси (мм) в зависимости от количества лигносульфоната, мл		
	1	2	3
ЛСТ (не модифицированный)	126	151	183
1	110	149	165
2	110	115	178
3	125	150	175
4	120	152	187
5	110	110	120

Из приведенных данных видно, что растекаемость смеси увеличивается при использовании всех модифицированных лигносульфонатов. Однако наибольшую растекаемость обеспечивают образцы ЛСТ № 3 и №4.

Студ. А.С. Гнуда, студ. Е.В. Голикова  
Науч. рук. зав. кафедрой А. А. Мечай  
(кафедра химической технологии вяжущих материалов, БГТУ)

## **ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПЦ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ И КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

В настоящее время в производстве портландцементов в мире широко применяются активные минеральные добавки природного и техногенного происхождения с целью замены части клинкера. В связи с этим ищут наиболее простые и сравнительно дешевые способы повышения эффективности композиционных вяжущих и бетонов на их основе. На сегодняшний день одной из важных задач цементной промышленности является сокращение выбросов  $\text{CO}_2$ . Решением этой проблемы может быть использование композиционных портландцементов с минеральными добавками.

Целью работы являлась разработка композиционных портландцементов, исследования влияния добавок на физико-механические свойства цементного камня.

Основные задачи: изучение влияния алюмосиликатных и карбонатных добавок на свойства получаемых композиционных портландцементов, а также исследование влияния условий твердения на прочность цементного камня и влияние добавок на процесс водоотделения. Практическая часть исследовательской работы заключалась в получении композиционного портландцемента при совместном помоле в вибромельнице клинкера с гипсом и добавками при разных соотношениях компонентов.

В качестве сырьевых материалов использовали глину «Новолукомль», известняк, доломит, и мел. Содержание глины в смеси составляло 5–10 мас.%, добавок 10–30 мас.%. Поскольку в глинистых породах кремнезем и глинозем химически связаны в глинистые минералы и не могут участвовать в реакциях гидратации портландцемента, для придания им активности породу подвергали термообработке при температуре 750 °С.

По результатам испытаний основных физико-механических свойств цементов были определены оптимальные составы с дозировкой добавки глины 5–10%, доломита 10%–30%, известняка 10%–20%.

Результаты исследования показали эффективность использования добавок и могут быть интересны для предприятий производителей бетонов и железобетонов.

## ПОЛУЧЕНИЕ ШТАПЕЛЬНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ГРАНИТОИДОВ МИКАШЕВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Базальтовые волокна обладают уникальными свойствами: высоким уровнем физико–механических и химических свойств, повышенной стойкостью в агрессивных средах и к вибрациям, долговечностью, стабильностью свойств при длительной эксплуатации в различных условиях, хорошей адгезией к различным связующим.

В то же время, базальты и им подобные породы являются достаточно сложными объектами с точки зрения технологии получения волокнистых материалов на их основе вследствие непостоянства химического состава, высокой температуры плавления, неизбежности перегрева полученного расплава, содержания тугоплавких включений и склонности к кристаллизации расплавов, низкой теплопроводности.

В Республике Беларусь отсутствуют разрабатываемые месторождения базальтов, однако, имеются месторождения гранодиоритовых пород Микашевичского месторождения, значительная доля которых (до 40 %) так называемые отсевы (фракция <5 мм), используются слабо и загрязняют окружающую среду.

В ходе научно-исследовательских работ, проведенных на кафедре технологии стекла и керамики, показана возможность получения штапельного волокна на основе дисперсной составляющей гранитоидных отсевов (фракция менее 40 мкм), при условии введение в состав шихты доломита до 15 % месторождения Руба. Основным условием для этого является достижение вязкости <3 Па·с при температуре волокнообразования. Ниже приведена температурная зависимость вязкости шихты, содержащей 10 % доломита.

**Таблица 2 – Химический состав шихты на основе пробы**

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	ППШ
Д-10	45,63	12,84	8,79	7,037	10,022	9,12	6,45

Как следует из приведенных данных, для шихты, содержащей 10 % доломита получены близкие к требуемым технологией значения вязкости  $\eta < 3$  Па·с при температуре 1450 °С. Полученные стекла характеризуются высокой однородностью, отсутствием газовых включений.

## **ПОЛУЧЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ СОСТАВОВ ДРОБЛЕНИЯ ГРАНИТОИДОВ МИКАШЕВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

В настоящее время базальтовое волокно из горных пород, обладающее уникальными свойствами, находит широкое применение в разнообразных, в том числе и наукоемких, отраслях промышленности. Среди новых перспективных материалов наиболее эффективными являются волокнистые изделия, отличающиеся высокой химической стойкостью, сопротивляемостью износу, пожаростойкостью, и хорошими диэлектрическими свойствами.

С другой стороны, следует отметить ряд проблем, связанных с использованием базальтового сырья:

- непостоянство химического состава, как и у всякого природного сырья не прошедшего предварительной подготовки;
- наличие тугоплавких минералов (оливин, кварц, пироксены);
- высокая склонность к кристаллизации расплавов с выделением авгита и магнетита или гематита, процесс волокнообразования является следствием минералогии породы;
- проблемы с достижением гомогенного состояния расплава. В частности, установлено, что температура достижения однородного состояния для расплавов базальтов составляет 1550–1650 °С, то есть необходим значительный перегрев расплава;
- высокое поверхностное натяжение базальтовых расплавов и низкая теплопрозрачность.

В Республике Беларусь имеются разведанные месторождения базальтовых пород, которые, однако, пока не используются. В то же время имеется мощное месторождение гранитоидиоритовых пород, на базе которого функционирует РУП «Гранит». В результате функционирования предприятия ежегодно образуется около 4 млн тонн отходов – отсевов, получаемых при дроблении породы. В настоящее время в отвалах накопилось около 40 млн тонн отсевов, которые, будучи сугубо местным материалом, перевозка которого обходится дороже, чем сам материал, практически не используется. Сложившаяся ситуация отражается на экологической обстановке в регионе.

Обогащенная гранитоидная порода Микашевичского месторождения может быть использована без подшихтовки в качестве сырья для получения тонкого непрерывного волокна и изделий из него.

Студ. Е.Г. Федарович  
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. И.А. Левицкий  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## МЕДЬСОДЕРЖАЩИЕ БИОЦИДНЫЕ ГЛАЗУРИ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

Сырьевая композиция для получения металлизированных глазурей включала многокальциевую алюмоборосиликатную фритту 2/154, оксид меди (CuO), продукты пиролиза резино-технических изделий (РТИ).

Постоянными составляющими в состав композиции входили полевой шпат, доломитовая мука, глинозем, кварцевый песок, глина огнеупорная и каолин.

Глазурный шликер готовился совместным мокрым помолом компонентов в шаровой мельнице Speedy (Италия) по мокрому способу при влажности суспензии 45–48 % до остатка на сите № 0063 в количестве 1,2–1,5 %. Заглазурированные опытными составами образцы высушивались при температуре  $105\pm 5^\circ\text{C}$  в течении 30 мин, а затем обжигались по скоростному режиму в промышленной печи FMS-2950 ОАО «Керамин» при температуре  $1200\pm 5^\circ\text{C}$  в течении 48 мин.

Показатели блеска глазурных покрытий лежат в интервале от 47 до 100 %. Значения ТКЛР синтезированных покрытий составляют  $(68,12\text{--}78,91)\cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . Микротвердость покрытий находится в интервале 6587–7231 МПа. Образцы проявили термостойкость при температурах 200–275 °С и химическую стойкость к раствору № 3.

Рентгенофазовым анализом [1] поверхностного слоя глазурей установлено, что в покрытиях присутствуют следующие фазы: тенорит (CuO), анортит ( $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ), куприт (CuO), Cu, андалузит ( $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ ), фаялит ( $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ ).

Установлено, что глазурные покрытия обладают сравнительно высокой антибактериальной активностью в отношении тест-штаммов *Escherichia coli* ATCC 8739 и *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, составляющей соответственно 1,51 и 1,97.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова Н.М. Идентификация фазового состава строительных материалов. Учебно-методическое пособие / Н.М. Бобкова, И.А. Левицкий, Л.Г. Дащинский. – Минск: БГТУ, 1996. – 73 с.

**ВОЛЛАСТОНИТСОДЕРЖАЩАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ  
ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Целью настоящей работы является получение волластонитсодержащей керамики на основе карбонатного и кремнеземистого природного сырья Республики Беларусь. Данный вид керамики широко востребован при производстве алюминиевых заготовок и сплавов на его основе в машиностроительной отрасли, станкостроении, при литье изделий из цветных металлов в кокиль.

Образцы керамики изготавливали методом полусухого прессования. Прессовались на гидравлическом прессе из предварительно увлажненных и усредненных по влажности (7–8 %) керамических масс при давлении 20–25 МПа (прессование двухступенчатое), подвергались сушке при температуре  $100 \pm 5$  °С в сушильном шкафу и обжигались в печи в интервале температур 1100–1200 °С с подъемом температуры 5 °С/мин и при максимальной температурной экспозиции 1 ч. Образцы охлаждались инерционно вместе с печью до комнатной температуры.

Для получения огнеупорной волластонитсодержащей керамики состав первой серии включал следующие компоненты: мел Волковысского месторождения, маршалит, глину Веселовского месторождения. Разработанный керамический материал характеризовался следующим комплексом физико-технических показателей: открытая пористость – 43,40–44,4 %, водопоглощение – 27,10–28,10 %, кажущаяся плотность – 1577–1602 кг/м<sup>3</sup>, механическая прочность при сжатии – 4,28–5,48 МПа. Качественный фазовый состав образцов, обожженных при оптимальной температуре, представлен в основном волластонитом, значительным количеством кварца. Вторая серия составов осуществлялась на основе мела Волковысского месторождения, трепела Стальное месторождение и огнеупорной глины Веселовского месторождения. Образцы этой серии обладали следующими характеристиками: открытая пористость – 24,1–29,1 %, водопоглощение – 11,6–15,0 %, кажущаяся плотность – 1936–2075 кг/м<sup>3</sup>, механическая прочность при сжатии – 33,94–65,90 МПа. Рентгенофазовый анализ показал, что основной кристаллической фазой синтезированного материала являлся волластонит, а примесной составляющей – кварц и алюмосиликаты кальция и натрия. В процессе работы установлена принципиальная возможность получения волластонитсодержащей керамики на основе выбранного природного сырья, а также определены температурно-временные параметры получения керамики.



## РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ МАСС КАЛЬЦИЙФОСФАТНОЙ КЕРАМИКИ, ПРИГОДНОЙ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ИЗДЕЛИЙ

Керамические массы, используемые для 3D-печати, должны быть хорошо усреднены, достаточно однородными с отсутствием воздушных включений, а также характеризоваться заданным дисперсным составом при равномерном распределении связующей добавки в объеме композиции; отклонение от требуемых параметров может вызвать образование дефектов и разрушение изделия при термической обработке (сушке и обжиге); не должны растекаться во время печати, то есть обеспечивать сохранение требуемой формы.

Как известно, значительное влияние на структурно-реологические свойства керамических масс оказывает влажность, поэтому в настоящей работе изучена зависимость динамической вязкости суспензии гидроксиапатита от влажности (рисунок 1а), а также содержания альгината натрия, который применялся в качестве связующей добавки и вводился в суспензию гидроксиапатита влажностью 70 мас. % (рисунок 1б). Для определения динамической вязкости использовался вискозиметр марки VISCOMETRВ-ONEPLUSLR (Франция).

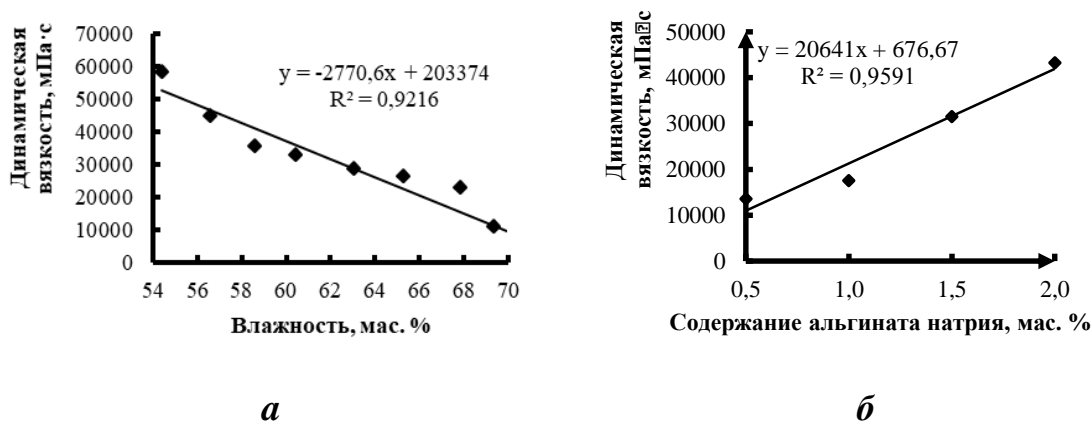


Рисунок 1 – Зависимость динамической вязкости суспензии гидроксиапатита: а – от влажности; б – от содержания альгината натрия

Таким образом, на данном этапе исследований можно сделать вывод, что суспензии гидроксиапатита влажностью 56–60 мас.%, также, как и массы на его основе, влажностью 70 мас.%, полученные с использованием в качестве связующего альгината натрия в количестве от 1,5–2,0 мас. %, могут быть использованы для 3D-печати изделий.

Студ. А.В. Бука  
Науч. рук. доц., канд. техн. наук Е.М. Дятлова  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО МУЛЬТИФЕРРОИКА ОРТОФЕРРИТА ВИСМУТА И ПОЛИМЕРОВ**

Современный мир невозможно представить без композиционных материалов (КМ), которые находят применение в электронной технике, машиностроении и других отраслях промышленности. КМ представляют собой материалы, которые изготовлены из двух и более компонентов. Одной из ключевых особенностей композитов является нивелирование отрицательных свойств исходных компонентов с сохранением их положительных качеств.

Целью данной научно-исследовательской работы является синтез композиционных материалов на основе системы «мультиферроик-полимер» и изучение их физических, физико-химических и электрофизических характеристик во взаимосвязи с составом и технологическими параметрами.

В качестве керамической субстанции в системе «мультиферроик-полимер» выбран модифицированный ортоферрит висмута  $\text{BiFeO}_3$  (модифицирующий ион  $\text{La}^{3+}$ ), синтезированный химическим нитрат-цитратным методом (НЦМ) и ортоферрит висмута, синтезированный методом высокотемпературного спекания (ВС), а в качестве полимерной составляющей выбран ряд часто используемых полимеров: полиэфирэфиркетон (4ПЭЭК), термоэластопласт Б2-ИБ, полиамид-6.

Для синтеза ортоферрита висмута (НЦМ) применяли кристаллогидраты солей металлов: 5-водный нитрат висмута  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 9-водный нитрат железа  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , раствор нитрата модифицирующего иона –  $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ , в качестве восстановителя использовали лимонную кислоту, а в качестве окислителя – нитрат аммония и кислород воздуха. Синтез проводился путём смешивания растворов до образования геля, затем полученный осадок медленно обезвоживался при температуре 95 °С на электрической плитке и одновременно с этим происходила экзотермическая реакция. Полученный материал измельчался в микрошаровой мельнице и спекался в электрической печи при температуре 950 °С в течении 60 мин, затем повторно проводилась диспергация.

Ортоферрит висмут (ВС) получен согласно классической керамической технологии, порошки оксидов  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{La}_2\text{O}_3$  подвергались совместному помолу, согласно стехиометрии соединения  $\text{BiFeO}_3$ ,

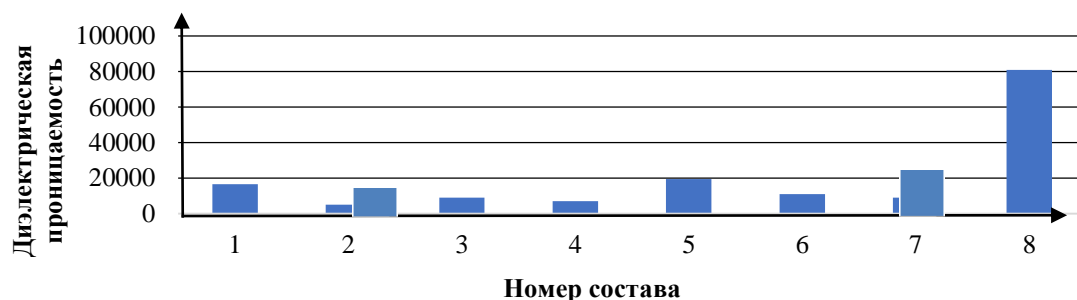
в микрошаровой мельнице и обжигались в электрической печи при температуре 850°C, с выдержкой при максимальной температуре – 1 ч.

Полимеры в предварительной подготовке не нуждались, так как материалы имели заданный гранулометрический состав.

Для получения композита порошки полимеров и сегнетокерамики смешивались в соотношении от 25:75 до 75:25 с шагом 25 мас. %, в агатовой ступке. В таблице 1 представлены составы композитов на основе феррита висмута, синтезированного различными методами, и полимеров.

С помощью гидравлического пресса получены образцы в виде дисков с диаметром 12 мм и толщиной 3 мм, в качестве связки применялся поливиниловый спирт (ПВС), давление прессования составляло от 20 до 60 МПа, использовалось двухступенчатое прессования в целях недопущения запрессовки воздуха. Затем образцы подвергались термической обработке в электрической печи в диапазоне температур от 220 до 400 °С, термическая обработка проводилась в соответствии с температурой деструкции полимеров, определенной по кривой ДСК.

Диэлектрическая проницаемость опытных образцов находится в пределах от 5000 до 90000 и зависит от состава композита (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Гистограмма зависимости диэлектрической проницаемости опытных образцов от состава композита**

На данном рисунке видно, что состав 8 имеет наибольшее значение диэлектрической проницаемости, это объясняется тем, что в качестве керамической субстанции используется ортоферрит висмута (НЦМ), а в качестве полимера – 4ПЭЭК. Ортоферрит висмута (НЦМ) является нанодисперсным и обладает большей степенью тетрагональности перовскитовой структуры, чем  $\text{BiFeO}_3$  (BC), так как метод традиционного спекания не позволяет получить частицы наноразмерного диапазона. 4ПЭЭК практически не влияет на электрофизические свойства композиции, что обусловлено структурой и природой полимера.

Студ. Е.И. Редько  
Науч. рук. проф. И.А. Левицкий  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ТИТАНСОДЕРЖАЩИЕ 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 [1].

Сырьевая композиция для получения глазурей включала многокальциевую алюмоборосиликатную фритту прозрачной глазури М6 (производственный состав ОАО «Березастройматериалы»), полевой шпат ПШС, глинозем марки – NO-105. Постоянными компонентами в композиции являлись доломит класса 4 марки А, диоксид титана технический; кварцевый песок марки ВС-050; глина огнеупорная «Гранитик-Веско», каолин марки АК Prime и волластонитовый концентрат.

Глазурная суспензия приготавливалась из высушенных до постоянной массы, сырьевых материалов методом совместного мокрого помола в шаровой мельнице типа до остатка на сетке № 0056. Влажность глазури составляла 45–50 %, рабочая плотность –  $1720 \pm 20$  кг/м<sup>3</sup>.

Глазурные покрытия наносились на поверхность высушенного керамогранита методом полива, с сушкой при температуре  $105 \pm 1$  °С и последующим обжигом в промышленной конвейерной пламенной печи при температуре  $1200 \pm 2$  °С с общей продолжительностью процесса  $43 \pm 2$  мин.

Значения белизны синтезированных покрытий составляют 65–70 %, показатели блеска – от 7 до 15 %. Температурный коэффициент линейного расширения в интервале 20–400 °С глазурей находится в интервале  $(62,9–75,2) \cdot 10^{-7}$  К<sup>-1</sup>. Покрытия имеют высокую микротвердость, составляющую 7013–7783 МПа. Степень износостойкости – 3.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Влияние некоторых компонентов на свойства титановых глазурей / П. Г. Паукш [и др.] // Неорганические стекла, покрытия и материалы: Сб. ст. – Рига: Рижск. политехн. ин-т, 1983. – Вып. 2. – С. 163–169.

Студ. Д.В. Боровская, Е.В. Толстыко, И.В. Трубач  
Науч. рук. зав. кафедрой Ю.Г. Павлюкевич  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ФАРФОРОВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ**

Основной функцией фарфоровых изоляторов является бесперебойная поставка электрической энергии, а также обеспечение надежной изоляции высоковольтных линий электропередач от токопроводящих опор. Современные высоковольтные изоляторы обладают повышенной надежностью, имея все необходимые характеристики: диэлектрика, абсолютная прочность на изгиб, не горючесть, водонепроницаемость, «равнодушие» к ультрафиолету. Однако практически любое устройство рано или поздно начинает приходить в негодность, терять те качества, которые в него закладывались. Фарфоровые изоляторы не являются исключением.

С целью изучения возможных причин разрушения высоковольтных фарфоровых изоляторов были выполнены работы по исследованию свойств материала фарфоровой крышки ПВМо-110Б-30, разрушенной после 25 лет эксплуатации на подстанции Волковыские электрические сети РУП «Гродноэнерго», на соответствие ГОСТ 20419-83. Было установлено, что материал фарфоровой крышки по изучаемым показателям соответствует ГОСТ. Осмотр изолятора показал, что его разрушение произошло на 1,5–2 см ниже верхней кромки армирующего фланца. Трещина кольцевая и проходит по всему периметру крышки на равноудаленном от торцевой поверхности расстоянии. Подобный характер разрушения типичен для разрывных нагрузок. Анализ величин напряжений, действующих при эксплуатации изолятора указывает на значительный запас конструкционной прочности, заложенной в изделии. По-видимому, в процессе эксплуатации возникли неучтенные и малоизученные факторы, которые могли привести к разрушению изделия, например, старение и усталость материала.

Изолятор состоит из фарфорового цилиндра и чугунных фланцев (арматуры), закрепленных раствором портландцемента. При изменении температуры фарфоровых изоляторов в местах соединения фарфора с арматурой (разрушение в основном происходит в зимний период) возникают механические напряжения. Они обусловлены разницей температурных коэффициентов линейного расширения фарфора и арматуры. Это приводит к изменению напряженно-деформированного состояния в месте соединения и может служить причиной разрушения в процессе длительной эксплуатации.

Студ. Е.В. Толстыко, И.В. Трубач, Д.В. Боровская  
Науч. рук. зав. кафедрой Ю.Г. Павлюкевич  
(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

## **КОМПОЗИТНЫЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ЭМ ЗАЩИТЫ**

В настоящее время диэлектрическими материалами называют вещества, обладающие малой электропроводностью, т. к. у них очень мало свободно заряженных частиц – электронов и ионов.

В качестве диэлектриков может применяться большое количество материалов, таких как линейные полимеры, эластомеры, композиционные порошковые пластмассы, пропиточные вещества, компаунды, лаки, волокнистые непропитанные материалы, лакоткани, слоистые пластики, неорганические стекла, ситаллы, керамика, монокристаллы и материалы на их основе.

Керамические диэлектрические материалы обладают высокой нагревостойкостью, отсутствием у большинства материалов гигроскопичности, хорошими электрическими характеристиками при достаточной механической прочности, стабильностью характеристик и надёжностью, стойкостью к воздействию излучения высокой энергии.

В большинстве случаев для получения диэлектрических керамических материалов используются титанаты бария, стронция, циркония и других элементов, а также твердые растворы титанатов.

Целью работы является разработка диэлектрических материалов для ЭМ защиты на основе оксида магния со значениями диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  в пределах 15–20 и температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости  $\text{ТК}\epsilon (20\div 40)\times 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ .

Для синтеза материалов использовались реактивы марки х.ч.

Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь изучались в диапазоне 8–78 ГГц.

Установлено, что частотные зависимости амплитуд прошедшего сигнала для исследуемых образцов в частотных диапазонах 26 – 37, 37 – 53, 53 – 78 ГГц с добавлением в резонатор образца композитного диэлектрического материала смещаются в область низких частот с значительным снижением его амплитуды. Расчет диэлектрической проницаемости дает типичные значения  $\epsilon$  на уровне 20 единиц.

Диэлектрический материал для ЭМ защиты на основе оксида магния характеризуется температурой обжига 1475 °С, водопоглощением – менее 1 %, высокой механической прочностью – 260 МПа, требуемыми диэлектрической проницаемостью и тангенсом угла диэлектрических потерь.

## СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЖАРОСТОЙКОЙ ПОСУДЫ

В настоящее время в Республике Беларусь производство жаростойкой посуды не организовано. Основными поставщиками на рынок страны являются предприятия стран Европы и США. Компания Pyroflam (Франция) поставляет жаропрочную посуду из белой стеклокерамики; Vision (США) – жаропрочную посуду из прозрачного креолового (затененного) стекла и т.д. Разработка новых составов и технологии получения стеклокристаллических материалов для жаростойкой посуды является актуальной задачей.

Область исследуемых составов стекол включает, мас. %:  $\text{SiO}_2$  62–68;  $\text{Li}_2\text{O}$  3–9;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  18–24;  $\text{MgO}$  1,5;  $\text{BaO}$  2;  $\text{ZnO}$  2;  $\text{TiO}_2$  2;  $\text{ZrO}_2$  3;  $\text{CeO}_2$  0,5. Стекла синтезированы в газопламенной печи при температуре  $1500^\circ\text{C}$  с выдержкой 1 ч. Температура отжига стекол составила  $580^\circ\text{C}$ . Стекла кристаллизуются в интервале температур  $880$ – $1000^\circ\text{C}$ . Высокая кристаллизационная способность стекол подтверждена методом термического анализа. Изучены зависимости свойств стекол от химического состава. ТКЛР изменяется в пределах  $(39,14$ – $72,37) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ; плотность изменяется от 2403 до 2453  $\text{кг/м}^3$ ; по химической устойчивости стекла относятся к Шгидролитическому классу, микротвердость стекол изменяется от 3696 до 3921 МПа, водостойкость составила 0,22–0,45 %. Синтезированные стекла подвергнуты двухступенчатой термообработке. Нагрев исходного стекла производился со скоростью  $300^\circ\text{C/ч}$  до температуры  $580^\circ\text{C}$  и выдержкой 6 ч, далее нагрев до температуры  $880^\circ\text{C}$  с выдержкой 4 ч и затем инерционное охлаждение в печи. В результате термообработки получены ситаллы белого цвета с различной структурой. ТКЛР стеклокристаллических материалов изменяется  $(15,6$ – $23,6) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ ; плотность стеклокристаллических материалов изменяется от 2278 до 2474  $\text{кг/м}^3$ . Фазовый состав закристаллизованного стекла оптимального состава представлен кристаллической фазой  $\beta$ -сподумена ( $\text{Li}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_6$ ), без присутствия примесных фаз, что подтверждается рамановской спектроскопией. Стеклокристаллический материал данного состава характеризуется ТКЛР равным  $15,6 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ . По комплексу полученных свойств разработанные материалы могут быть рекомендованы для производства жаростойкой посуды.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Секция ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

<i>Жолнеркевич В.И., Хатько И.Н., Грушова Е.И.</i> Использование СВЧ-облучения для интенсификации окисления гудрона.....	4
<i>Билида М.В., Драч А.А., Шман А.П., Шрубок А.О.</i> Применение полиолефиновых отходов в качестве модификаторов нефтяных битумов...	5
<i>Ковалевский А.С., Кузёмкин Д.В.</i> Использование поликарбоксилатного лигнина в синтезе карбамидоформальдегидной смолы.....	6
<i>Трускова В.М., Лешкевич А.В.</i> Исследование состава шинных резин термографическим методом.....	8
<i>Корнатовский Д.В., Александрович М.А., Кротова О.А.</i> Разработка состава раствора для удаления жевательной резинки.....	9
<i>Казусик Я.П., Касперович О.М.</i> Улучшение физико-механических свойств вторичных полиуретанов.....	11
<i>Васьков Я.А., Усс Е.П.</i> Исследование влияния производных пирокатехина на релаксационные характеристики резиновых смесей.....	13
<i>Гаврилова А.А., Плыгавко Е.А., Глоба А.И.</i> Изучение устойчивости и вязкости акриловых дисперсий в зависимости от природы и концентрации эмульгатора.....	14
<i>Гарченко С.И., Духович Ю.В., Глоба А.И.</i> Исследование свойств водных полимерных дисперсий.....	16
<i>Роткович А.А., Пайковская М.В., Крутько Э.Т.</i> Определение содержания ионов калия в питьевой воде.....	17
<i>Вергейчик А.В., Кускина В.П., Крутько Э.Т.</i> Определение содержания ионов натрия в питьевой воде.....	19
<i>Липатова Е.А., Долинская Р.М.</i> Свойства модифицированных двухпаковачных лакокрасочных материалов.....	20
<i>Габрусъ А.А., Шашок Ж.С.</i> Особенности свойств шинных резин в зависимости от температурно-временных режимов вулканизации.....	21
<i>Марач Д.Г., Ленартович Л.А.</i> Полимерные материалы на основе ПЭНД и модифицирующих добавок.....	22
<i>Белобоцкая Н.Г., Кротова О.А.</i> Исследование динамических свойств вулканизаторов с комбинацией наполнителей.....	23
<i>Воронцов И.Н., Болотов В.М.</i> Технология получения аммиачно-сульфитного сахарного колера.....	24
<i>Пичугина Е.С., Саввин П.Н.</i> Оценка показателей эмульсионных кремов «масло в воде» с добавлением антоциано - каротиноидных экстрактов.....	26
<i>Смотрова А.А., Уварова Ю.А., Болотов В.М.</i> Технология кислотного гидролиза очищенного кукурузного крахмала.....	28
<i>Гадомская Т.А., Емельянова Н.Н., Болотов В.М.</i> Технология кислотного гидролиза крахмала зёрен кукурузы.....	30
<i>Шищенко А.М., Булгаков А.С., Болотов В.М.</i> Технология гидролиза природных флавоноидов.....	32



<i>Серикова Н.С., Санникова Н.Ю.</i> Оценка влияния полигона ТКО на окружающую среду.....	34
<i>Боголепова О.В., Седых В.А., Гринфельд Е.А.</i> Пленкообразование гетерополимерного изопрен-нитрильного латекса при получении маканых изделий.....	35
<i>Глубокова А.С., Гришина Ю.А., Зайцева Е.В., Седых В.А.</i> Трубные марки полипропилена – залог устойчивого развития компании СИБУР.....	37
<i>Семерунчик А.И., Соломоненко В.Ю., Хлабыстов Е.Д., Яровая Ю.В., Седых В.А.</i> Элементы устойчивого развития продукции компании СИБУР.....	39
<i>Кулигина М.А., Василевская А.Ю., Карманова О.В.</i> Исследование структурных параметров резин на основе бутилкаучука при воздействии ионизирующих излучений.....	41
<i>Капустян Л.В., Чвирова А.А., Карманова О.В.</i> Изучение влияния фракционного состава комплексных активаторов вулканизации на их вулканизационную активность.....	43
<i>Сафонов К.Д., Голубева С.А., Щербанов В.Н.</i> Применение комплексных активаторов вулканизации в рецептуре формовых резинотехнических изделий.....	44
<i>Киргизова К.В., Гурьев И.О., Карманова О.В.</i> Влияние типа вулканизирующей системы на свойства атмосферостойких резин.....	45
<i>Кособуцкая А.В., Карловская Т.В., Скалаба В.А., Шевчук М.О.</i> Оценка комплексообразующей способности лигносульфонатов по отношению к солям меди .....	47
<i>Друзь К.Д., Гребенчикова И.А.</i> Свойства уксуснокислых бактерий, выделенных из природных источников.....	49
<i>Кучук И.Д., Масехнович А.А., Гребенчикова И.А.</i> Влияние условий культивирования на динамику роста и морфологию нитчатых бактерий, выделенных из биоценоза активного ила городских очистных сооружений.....	51
<i>Горелик С.А., Игнатенко А.В.</i> Получение бактериальных $\beta$ -галакто-зидазы анализ их активности.....	53
<i>Паришито Д.А., Игнатенко А.В.</i> Выделение и фракционирование белков молочной сыворотки.....	55
<i>Марзаялюк Д.И., Игнатенко А.В.</i> Совместное культивирование молочнокислых бактерий и дрожжей на молочной сыворотке.....	57
<i>Сасновская К.А., Каючкина В.А., Страх Я.Л., Игнатовец О.С.</i> Содержание фенольных соединений и флавоноидов в разных частях морошки приземистой.....	59
<i>Климович (Минченя) А.А., Игнатовец О.С., Леонтьев В.Н.</i> Разработка практических подходов к применению бактерий-деструкторов для деградации пестицидов на основе 2,4-Д-кислот и производных сульфонил мочевины.....	60
<i>Лашук А.И., Леонтьев В.Н., Расюк Е.Д.</i> Основные критерии контроля качества препарата иммуноглобулина для внутривенного введения.....	63
<i>Севостьянова А.В., Леонтьев В.Н., Юркишович Н.К.</i> Анализ качества лекарственного средства «Розутатин».....	65

<i>Синяевский В.В., Капустин Я.Д., Леонтьев В.Н., Фарина А.В.</i> Новые производные фталевых кислот, содержащие фрагмент 5-трифторметилани-лина, как потенциальные ингибиторы протеинкиназ.....	67
<i>Исаченко В.А., Остроух О.В.</i> Особенности квалификации чистых помещений фармацевтической промышленности.....	68
<i>Наврость А.Н., Свердлов А.Р., Рымовская М.В.</i> Изучение запуска анаэробного биореактора типа SBR с гранулированным илом.....	70
<i>Гуцу М.Н., Тананайко Т.М.</i> Современные способы стабилизации вин от помутнений различных видов.....	72
<i>Яо Х., Бушкевич Н.В., Флюрик Е.А.</i> Содержание биологически активных веществ в зависимости от количества циклов экстракции.....	74
<i>Марушкевич О.Ю., Флюрик Е.А.</i> Анализ отечественного рынка эфирных масел.....	75
<i>Диконова Ю.Д., Чернявская Е.Ф.</i> Выделение и отбор бактерий, пригодных для создания хлебопекарных заквасок.....	76
<i>Калилец А.С., Савельев А.И., Чернявская Е.Ф., Михалёнок С.Г.</i> Оценка антимикробных свойств новых функционализированных тетрагидрокарбазолонов.....	78
<i>Коровацкая Е.М., Бабак О.Г., Шимкевич А.М.</i> Накопление $\beta$ -каротина в плодах томата в зависимости от аллельного состава генов каротиноидной изомеразы и ликопин- $\beta$ -циклазы.....	80
<i>Дашкевич С.А., Шишаков Е.П., Черная Н.В.</i> Получение лигносодержащих продуктов из древесного сырья.....	82
<i>Дашкевич С.А., Носников В.В., Шишаков Е.П.</i> Исследование всхожести семян древесных пород в зависимости от условий применения лигносодержащих продуктов.....	84
<i>Погорелов В.А., Займист А.С., Герман Н.А.</i> Использование вторичного сырья фанерного производства для получения твердого биотоплива.....	86
<i>Погорелов В.А., Чайчиц А.В., Герман Н.А.</i> Получение твердого биотоплива из гидротермически обработанного древесного сырья.....	88
<i>Кухаренко К.С., Болтовский В.С.</i> Исследование влияния параметров на процесс химического модифицирования растительных масел.....	90
<i>Шацких Ю.В., Адамцевич Н.Ю., Болтовский В.С.</i> Исследование антимикробной активности экстрактов бессмертника песчаного и воробейника лекарственного.....	92
<i>Прибыщук М.А., Андрюхова М.В.</i> Исследование фотопротекторных свойств масляных экстрактов душицы.....	94
<i>Козлович К.Г., Сосновская А.А.</i> Выделение из жмыхов плодово-ягодного сырья красителя на основе антоцианов и его применение в оттеночном бальзаме для волос.....	96
<i>Безручко А.В., Сосновская А.А.</i> Исследование действий убтана как мягкий скраб на качество очистки кожи лица. Социологический опрос.....	98
<i>Лозикова Н.Н., Андрюхова М.В.</i> Влияние вида стабилизатора на устойчивость льняного масла к окислению.....	100
<i>Воронов В.Ю., Хмызов И.А.</i> Моделирование процесса изменения цветности в процессе прессования древесных плит.....	102
<i>Езубчик Д.С., Хмызов И.А.</i> Оптимизация состава связующего для древесных плит повышенной клеящей способности в холодном состоянии.....	104

<i>Бухта В.П., Шпак С.И.</i> Модифицирование карбамидоформальдегидной смолы дифенилопропаном.....	106
<i>Липницкая А.С., Москаленко Е.А., Скунда В.Н.</i> Разработка способа применения сульфатной блененой целлюлозы для получения упаковочной бумаги.....	108
<i>Белковская Е.Д., Труханенко Ж.В.</i> Влияние латексно-крахмальных смесей на свойства бумаги при их поверхностном нанесении.....	110
<i>Журавлева Я.Ю., Клындюк А.И.</i> Структура, термическая стабильность и электрофизические свойства твердых растворов Nd(Ba,Sr) (Fe,Co,Cu) <sub>2</sub> O <sub>5+δ</sub> .....	113
<i>Латыпов Р.С., Чижова Е.А.</i> Композиты Ca <sub>3</sub> Co <sub>4</sub> O <sub>9+δ</sub> / Cu: получение и термоэлектрические свойства.....	115
<i>Шевчук В.А., Косило А.Ю., Цылько В.А., Коваленко Н.А.</i> Основные характеристики фторид-селективного электрода марки «Эком F».....	117
<i>Садовская И.А., Песковая А.А., Коваленко Н.А.</i> Определение фторид-ионов в зубных пастах «Дентавит».....	119
<i>Козловская М.М., Ясенко Т.В., Супиченко Г.Н.</i> Определение фторидов в полирующей смеси.....	121
<i>Гайда У.Ю., Нечай Ю.А., Супиченко Г.Н., Коваленко Н.А.</i> Антиоксидантная активность экстрактов некоторых растений Республики Беларусь.....	123
<i>Сакович А.В., Ламоткин С.А.</i> Состав эфирного масла сосны обыкновенной в условиях национальных парков республики Беларусь.....	125
<i>Ракуть Е.С., Ламоткин С.А.</i> Исследование состава эфирного масла ели европейской спектральными и хроматографическими методами.....	126
<i>Дворников А.А., Стасевич О.В.</i> Анализ чувствительности методов определения тетрагидроканнабинола в продуктах на основе каннабиса.....	128
<i>Мирончик П.А., Стасевич О.В.</i> Анализ принадлежности Y-хромосомы представителей белорусской популяции различным гаплогруппам.....	130
<i>Бекало Е.К., Егорова З.Е.</i> Определение рисков и оценка их значимости в отношении беспристрастности испытательной лаборатории.....	132
<i>Шелегова Д.С., Гмырак О.А., Егорова З.Е.</i> Исследование радионуклидного состава пищевых добавок, применяемых в производстве колбас.....	133
<i>Смирнова С.С., Давыденков В.Д., Шпчек Т.М.</i> Сравнительный анализ методов определения глутамата натрия в пищевых продуктах.....	134
<i>Гайдук А.В., Зеленкова Е.Н.</i> Изучение вклада случайных и известных факторов в неопределенность измерений массовой концентрации витаминов В <sub>2</sub> и В <sub>4</sub> в премиксах.....	136
<i>Климец М.Н., Заяц Н.И.</i> Оценка точности определения карбонатов кальция и магния в меле.....	138
<i>Клименок Н.И., Горжанов В.В., Ламоткин С.А.</i> Определение содержания экстрактивных веществ в водных растворах хвойных растений оптическими методами.....	140
<i>Царанок В.Ю., Заяц Н.И.</i> Входной контроль физико-механических показателей металлокорда на ОАО «Белшина».....	142
<i>Жинь Т.А., Бурак П.М.</i> Ситуативное лидерство.....	144
<i>Залогова Е.В., Бурак П.М.</i> Развитие современных биотехнологий и их социально-экологические последствия.....	146

<i>Денисова А.В., Бурак П.М.</i> Современная биотехнология и социально-этические проблемы ее развития.....	149
<i>Левонюк О.В., Бурак П.М.</i> Цифровизация и современная биотехнология.....	151
<i>Ульянов С.В., Бурак П.М.</i> Сравнительная характеристика руководства организациями в различных странах.....	154

## Секция ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ

<i>Сиделёва В.А., Шибека Л.А.</i> Анализ направлений переработки пивной дробины.....	158
<i>Танкович М.В., Шибека Л.А.</i> Анализ способов очистки выбросов от ЛОС.....	159
<i>Тукальская И.Н., Шибека Л.А.</i> Поиск способов переработки отработанных ионообменных смол.....	160
<i>Беляева О.Д., Залыгина О.С., Чепрасова В.И.</i> Переработка отработанных электролитов.....	161
<i>Куришко О.С., Залыгина О.С.</i> Анализ направлений переработки сыворотки.....	162
<i>Никитенко С. А., Залыгина О.С.</i> Воздействие на окружающую среду процесса нанесения гальванических покрытий.....	163
<i>Предченко М.А., Залыгина О.С.</i> Исследование возможности использования металлургических шлаков в промышленности строительных материалов.....	164
<i>Латош Е.С., Залыгина О.С.</i> Проблемы обращения со скопом картонно-бумажной промышленности.....	165
<i>Лисай Е.А., Залыгина О.С.</i> Очистка сточных вод ОАО «Керамин» от ионов жесткости.....	166
<i>Мартюченко Е.И., Сапон Е.Г.</i> Использование отходов текстильного корда как альтернативного вида топлива.....	167
<i>Бельнева А.И., Сапон Е.Г.</i> Свекловичный жом как источник сырья в пищевой промышленности.....	168
<i>Розыкулыев Х.Д., Лихачёва А.В.</i> Использование лабораторных отходов в Республике Беларусь.....	169
<i>Россинский Е.М., Лихачева А.В.</i> Интенсификация компостирования отходов.....	170
<i>Елец И.Н., Лихачева А.В.</i> Переработка отходов ЗАО «Витэкс».....	171
<i>Санкевич Н.Л., Лихачева А.В.</i> Совершенствование схемы водопотребления и водоотведения гальванического производства.....	172
<i>Качинская Д.В., Казимирская Е.Н., Лихачева А.В.</i> Переработка железной окалины.....	173
<i>Шапечко М.Ю., Жук П.М., Лихачева А.В., Коршун Л.А.</i> Биопрепараты для ускорения процесса биокомпостирования.....	174
<i>Верлатая М.В., Лихачева А.В.</i> Способы обращения с гальваношламами и осадками сточных вод гальванического производства.....	175
<i>Казимирская Е.Н., Лихачева А.В.</i> Магнитные сорбенты.....	176

<i>Рагель А.Н., Лихачева А.В.</i> Применение ультразвуковой обработки в процессах очистки сточных вод и обращения с осадками сточных вод.....	177
<i>Лукиша Ю.А., Янута Ю.Г.</i> Экологические аспекты применения противогололедных реагентов.....	178
<i>Останук О.Н., Сапон Е.Г.</i> Исследование влияния дозы обожженного доломита на степень извлечения азота и фосфора из иловых вод.....	179
<i>Мушинская А.Д., Марицель В.Н.</i> Аккумуляторная кислота.....	180
<i>Куксина В.П., Авдеенко В. Ю., Коровкина Н.П., Пустовалова Н.Н.</i> Оптимизация работы приводов технологического оборудования на предприятиях строительных материалов.....	181
<i>Куксина В.П., Авдеенко В. Ю., Коровкина Н.П.</i> Значение организационно-технических мероприятий по экономии электроэнергии на предприятиях резинотехнических изделий.....	182
<i>Фокин Т.П., Бакаленко В.И.</i> Совершенствование современных систем автоматического управления системой горячего водоснабжения.....	183
<i>Демьянкова В.С., Готовчик Е.М., Александров О.И.</i> Минимизация потерь электроэнергии в высоковольтной сети белорусской энергосистемы в режиме полной автономии.....	185
<i>Ковалевский А.С., Усманов Ы.А., Ниезов Ж.Р., Саевич Н.П.</i> Влияние гидродинамических характеристик на эффективность работы циркуляционного контактного подогревателя.....	187
<i>Блинов В.С., Ещенко Л.С.</i> Получение железокальцийсодержащего пигмента, модифицированного $\text{H}_3\text{PO}_4$ .....	189
<i>Широкова А.В., Ещенко Л.С.</i> Получение композитов $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{AlPO}_4$ золь-гель методом.....	191
<i>Халенков Д.С., Кордикова Е.И., Дьякова Г.Н.</i> Влияние направления печати на физико-механические свойства древеснонаполненного <i>PLA</i> .....	193
<i>Волчѣк Н.А., Кордикова Е.И.</i> Многократная переработка композиций на основе вторичного полипропилена и отходов дубленых кож.....	194
<i>Егорова А.В., Цапик И.А., Кордикова Е.И.</i> Изучение процесса трения композиций на основе вторичного полипропилена и отходов дубленых кож.....	195
<i>Згурская М.С., Кордикова Е.И.</i> Влияние продолжительности термообработки на физико-механические свойства фотополимерных смол.....	196
<i>Анципович Д.И., Максимук Д.О., Римашевский Е.А., Дьякова Г.Н.</i> Подбор параметров печати для древеснонаполненного филамента.....	197
<i>Жолтиков А.А., Дьякова Г.Н.</i> Анизотропия свойств образцов, полученных методом <i>fdm</i> -печати из угленаполненного <i>SAN</i> .....	198
<i>Вишневский Е.О., Колодкин Д.Ю.</i> Влияние степени заполнения чередующегося $\pm 45^\circ$ паттерна заполнения на механические характеристики материала.....	199
<i>Вишневский Е.О., Карпович О.И.</i> Технология многокомпонентной трехмерной печати металлическими порошками.....	200
<i>Жук О.С., Михасенок А.П., Нестерович Е.В., Наркевич А.Л.</i> Исследование анизотропии и трансверсальной изотропии, полученной по схеме $[0^\circ; 90^\circ; \pm 45^\circ]$ , термопластичных материалов аддитивного синтеза.....	201

<i>Арефьев Н.Д., Колесень В.С., Фролова М.А., Наркевич А.Л.</i> Механические характеристики материалов на основе некоторых типов смешанных некондиционных полимерных отходов.....	202
<i>Билинский Д.А., Наркевич А.Л.</i> Разработка метода расчета для оптимизации структуры композитных лыж и проверка его адекватности.....	203
<i>Кашиевич А.Н., Грода Я.Г.</i> Решение вероятностных задач теоретической механики.....	204
<i>Южик А.В., Шалухо Н.М.</i> Исследование прочностных свойств бетона на основе серного шлама.....	205
<i>Коридорова А.С., Шалухо Н.М.</i> Получение связующего для легковываемых литейных форм.....	206
<i>Качурина В.С., Лукаш Е.В.</i> Получение безводного метасиликата натрия.....	207
<i>Дашук А.А., Барановская Е.И.</i> Получение ячеистого бетона с использованием карбонатной добавки.....	208
<i>Гречуха Н.П., Барановская Е.И.</i> Получение активных минеральных добавок комплексного действия для цементных композиций.....	209
<i>Гапанюк Е.В., Барановская Е.И.</i> Получение этtringитовой суспензии для цементных композиций.....	210
<i>Мороз Н.А., Хотянович О.Е.</i> Исследование влияния модифицированных лигносульфонатов на удобоукладываемость бетонной смеси.....	211
<i>Гнуда А.С., Голикова Е.В., Мечай А.А.</i> Получение композитных ПЩ на основе алюмосиликатных и карбонатных пород.....	212
<i>Войтова А.В., Терещенко И.М.</i> Получение штапельного волокна на основе гранитоидов Микашевичского месторождения.....	213
<i>Доманьков А.С., Терещенко И.М.</i> Получение непрерывного волокна на основе составов дробления гранитоидов Микашевичского месторождения.....	214
<i>Федарович Е.Г., Левицкий И.А.</i> Медьсодержащие биоцидные глазури для керамогранита.....	215
<i>Самсонова А.С., Попов Р.Ю.</i> Волластонитсодержащая керамика на основе природного сырья Республики Беларусь.....	216
<i>Подсосонная А.Д., Шиманская А.Н.</i> Разработка составов масс кальцийфосфатной керамики, пригодной для 3d-печати изделий.....	217
<i>Бука А.В., Дятлова Е.М.</i> Композиционные материалы на основе керамического мультиферроика ортоферрита висмута и полимеров.....	218
<i>Редько Е.И., Левицкий И.А.</i> Полуфриттованные титансодержащие глазури для керамогранита.....	220
<i>Боровская Д.В., Толстыко Е.В., Трубач И.В., Павлюкевич Ю.Г.</i> Изучение возможных причин разрушения высоковольтных фарфоровых изоляторов.....	221
<i>Толстыко Е.В., Трубач И.В., Боровская Д.В., Павлюкевич Ю.Г.</i> Композитные диэлектрические материалы эм защиты.....	222
<i>Залетко Н.М., Трусова Е.Е.</i> Стеклокристаллические материалы для жаростойкой посуды.....	223

Научное издание

**Тезисы докладов  
72-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. 13,43. Уч.-изд. л. 13,86.

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