

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ



## **НАУКА – ШАГ В БУДУЩЕЕ**

**XIX СТУДЕНЧЕСКАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ФАКУЛЬТЕТА  
ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

**Тезисы докладов**

**9–12 декабря 2025 года**

**приурочена к 95-летию основания  
Белорусского государственного  
технологического университета**

Минск 2025

УДК 001:005.745(06)

**Наука – шаг в будущее** : тез. докл. XIX студенческой науч.-практ. конф. факультета технологии орган. в-в, Минск, 9–12 дек. 2025 г. – Минск : БГТУ, 2025. – 70 с. – ISBN 978-985-897-325-4.

Сборник составлен по материалам докладов XIX студенческой научно-практической конференции факультета технологии органических веществ, проведенной 9–12 декабря 2025 г. Содержит результаты научных исследований учащихся, студентов, магистрантов и аспирантов, посвященных актуальным вопросам биотехнологии, технологии лекарственных препаратов, химической технологии переработки древесины, органических веществ, материалов и изделий, методам и приборам контроля качества продукции, синтезу и исследованиям новых неорганических веществ и материалов, изучению электрохимических процессов, охране труда и основам безопасности жизнедеятельности, охране окружающей среды.

Сборник предназначен для использования учащимися, студентами, магистрантами, аспирантами и преподавателями.

Тексты представлены в авторской редакции.

**ISBN 978-985-897-325-4**

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2025

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

### ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

**Радченко Ю.С.** – декан факультета технологии органических веществ, доц., канд. техн. наук.

### ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

**Остроух О.В.** – заместитель декана по учебной и научной работе, доц., канд. техн. наук.

### ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

**Рымовская М.В.** – ответственная за научно-исследовательскую работу студентов факультета технологии органических веществ, доц., канд. техн. наук.

**Михалёнок С.Г.** – зав. кафедрой, ответственный за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре органической химии, доц., канд. хим. наук.

**Осипенок Е. М.** – ответственная за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре нефтегазопереработки и нефтехимии, ассист.

**Сосновская А.А.** – ответственная за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре химической переработки древесины, ст. преп., канд. техн. наук.

**Масехнович А. А.** – ответственная за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре биотехнологии, ассист.

**Сергиевич О.А.** – ответственная за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре физико-химических методов и обеспечения качества, доц., канд. техн. наук.

**Машкин М.Е.** – ответственный за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре полимерных и композиционных материалов, мл. науч. сотр.

**Ковганко В.Н.** – ответственный за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре физической, коллоидной и аналитической химии, доц., канд. хим. наук.

**Гармаза А.К.** – ответственный за научно-исследовательскую работу студентов на кафедре безопасности жизнедеятельности, доц., канд. техн. наук.

**Маслаков А.А.** – студент 5 курса, секретарь конференции.

## СОДЕРЖАНИЕ

Капочус А. О., Шавель Т. И. ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ДЕГЛИКОЗИЛИРОВАНИЯ СОЕВЫХ БЕЛКОВ НА СТЕПЕНЬ ИХ ГИДРОЛИЗА .....	7
Сергеева П. С., Соловьева О. М. ОЦЕНКА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ СЕКТОРА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА СП ООО «ФАРМЛЭНД» .....	8
Прудников И. В., Воронова М. В. ОПТИМИЗАЦИЯ ТСХ-АНАЛИЗА И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РОЗМАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРЕДСТАВИТЕЛЯХ СЕМЕЙСТВА LAMIACEAE .....	9
Янчук А. С., Яковчик Д. С. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРА МЯГКОГО МОЦАРЕЛЛА: РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИХ РОЛЬ И ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО .....	10
Лапицкий Д. О. ЭКСПРЕССИЯ И ОЧИСТКА ГИБРИДНОЙ ДНК ПОЛИМЕРАЗЫ <i>PFU-SS07D</i> : ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕНАТУРАЦИИ НА УДАЛЕНИЕ ПРИМЕСНЫХ БЕЛКОВ .....	11
Соловьева О. М., Сергеева П. С. ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ К ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ СРЕДСТВАМ НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ .....	12
Сердюк А. Г. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТАНЦИИ БЕТАГИСТИНА ДИГИДРОХЛОРИД В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ...	13
Куршук Д. С. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММОБИЛИЗАЦИИ БИОМАССЫ АКТИВНОГО ИЛА НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ НОСИТЕЛЕЙ .....	14
Лапицкий Д. О. ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНЫХ РЕКОМБИНАНТНЫХ БЕЛКОВ .....	15
Навроцкая А. Г. ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ПО ГОСТ 29032-2022 В МОРКОВНОМ СОКЕ .....	16
Матылевич У. А. ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МОРКОВНОМ СОКЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ...	17
Прокопюк М. С. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА СОДЕРЖАНИЕ ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МОРКОВНОМ СОКЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ...	18
Гелахова А. А., Надточеева А. С. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ .....	19
Янчевская Д. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НАТРИЯ, КАЛИЯ, КАЛЬЦИЯ, МАГНИЯ В СОКОВОЙ ПРОДУКЦИИ .....	20
Ткачик М. А. УСТАНОВЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОБЩЕГО ФОСФОРА В МОЛОКЕ	21
Гаринина Т. А., Рогач А. А. ПРОДУКЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ ЕЛИ .....	22
Филон А. В., Сосновская А. В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МИРОВОЛОКОН В ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЯХ Г. МИНСКА .....	23
Горошик Ю. В. ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА ...	24
Шавейко Е. В., Макей И. В. ПОЛУЧЕНИЕ НЕОРГАНОЗОЛЕЙ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОЙ КОНДЕНСАЦИИ .....	25
Сташкевич В. П. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА БАЗЕ СЛОИСТОГО КОБАЛЬТИТА КАЛЬЦИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ ВИСМУТА	26
Макей И. В., Шавейко Е. В. ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕОРГАНОЗОЛЕЙ .....	27
Маслаков А. А. ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА ПИРАЗОЛ-5-ОНОВ .....	28
Шапоров И. В. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ НА СТРАЖЕ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ	29

Гавриленко М. А., Корпусь А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КОМБИНАЦИЯМИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ .....	30
Асташкевич Е. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИФОГОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНКАХ .....	31
Колосовский Р. С., Масейков С. С. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ И ВУЛКАНИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ .....	32
Кучма Н. Н., Кравченя А. В. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕТРОВАЛЬНО-БУРЕЛОМНЫХ ДЕРЕВЬЕВ .....	33
Кравченя А. В., Кучма Н. Н. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА И РОЛЬ ПРОФСОЮЗОВ В КОНТРОЛЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗДОРОВЫХ И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ .....	34
Шарова П. В., Гриневич З. Ю. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ .....	35
Гращенко Я. А., Юркевич К. В. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОАО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ БЕЛАРУСЬ» .....	36
Назаренко Е. П., Жук В. Е. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БЕЛАЭС .....	37
Сарычев И. Е. ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА .....	38
Сарычев И. Е. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОМИЦЕТОВ .....	39
Акулич А. А., Коженова А. С. КОФЕИН КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ КАТАЛИЗАТОРАМ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ .....	40
Мушук А. Н., Рай В. В. ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ВЯЗКОСНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА БИТУМА .....	41
Фадеев В. А., Ероховец А. А., Сенчило И. М. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ СИНТЕЗА .....	42
Нахай К. В, Козич А. И. ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ .....	43
Потис П. М., Линкевич А. Д., Калько Ю. А., Кот О. Г. ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУМАГИ-ОСНОВЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БУМАЖНО-СМОЛЯНЫХ ПЛЕНОК И ПЛАСТИКОВ .....	44
Сундукова В. Н., Молочко Д. С. ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА С РАЗНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЗАМЕЩЕНИЯ НА КАЧЕСТВО БУМАГИ .....	45
Захарчук Д. Д. ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В КОРОТКОМ ВОЛОКНЕ ЛЬНА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ .....	46
Стремецкая Е. И., Маршалова О. А, Езовитов З. В. МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	47
Дашкевич С. А. РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КАНИФОЛЬНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАЖНЫХ МАСС .....	48
Карабань В. Г., Грибачев И. Л. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВАРКИ ОСИНЫ НА СВОЙСТВА ПОЛУЧЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ .....	49
Грибачев И. Л., Карабань В. Г. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВОГО ВИДА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ БЕЛЕНОЙ ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ .....	50
Прилепов М. А., Швед Д. Р. ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ БУМАГИ ОФСЕТНОЙ ПРИ ЗАМЕНЕ ИМПОРТНОГО КРАХМАЛА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ .....	51
Швед Д. Р., Прилепов М. А., Дашкевич С. А. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КАРТОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ВМЕСТО ИМПОРТНЫХ .....	52

Пашкевич А. А., Савенок Н. С. ТОРФЯНЫЕ СОРБЕНТЫ .....	53
Жукова А. А., Устинова М. В. ПОЛУЧЕНИЕ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЗОЛЫ .....	54
Хамицевич И. Н. ПЕРЕРАБОТКА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛИ С ПОЛУЧЕНИЕМ ПИГМЕНТОВ .....	55
Демидович В. Д. УТИЛИЗАЦИЯ БАРИЙ СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	56
Брель С. А., Горбач К. Р. НОВОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УКУСОВ НАСЕКОМЫХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ .....	57
Долгова В. А., Зубрицкая А. А. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ .....	58
Донченко Е. А., Лукьянченко К. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА .....	59
Василевский В. В. БИОТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МАТКИ КАВКАЗСКОЙ ПЧЕЛЫ МЕТОДОМ ДУЛИТЛЯ .....	60
Свиридова А. Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ НИТРАТ- И ФОСФАТ-АНИОНОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МИКРОВОДОРОСЛЯМИ <i>CHLORELLA</i> .....	61
Константинов И. С. ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА САБЕЛЬНИКА БОЛОТНОГОНА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗЛАКОВ И БОБОВЫХ .....	62
Пряников И. Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ КАЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ <i>AMMI VISNAGA</i> .....	63
Протасова Е. С. ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА, ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНИ БАВ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ .....	64
Вусик Е. А., Нарубина Д. Ю. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ КЭФ .....	65
Юркевич Е. Д., Танцевило М. Д. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА, АЗОТА И КАЛИЯ В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ .....	66
Лазута А. Д., Алиновская Д. В. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭВТРОФИКАЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ СИСТЕМ МИНСКОГО РАЙОНА И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ВОДЫ .....	67
Карп А. А., Стребко С. А. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА .....	68

## ВЛИЯНИЕ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ДЕГЛИКОЗИЛИРОВАНИЯ СОЕВЫХ БЕЛКОВ НА СТЕПЕНЬ ИХ ГИДРОЛИЗА

Гидролизаты на основе соевых белков находят применение в медицине, пищевой промышленности и ветеринарии. Наиболее предпочтительным способом их получения является ферментативный гидролиз. Но даже при оптимальных значениях температуры, pH и фермент-субстратного соотношения (ФСС) не всегда возможно достичь требуемой степени гидролиза. Существенному повышению эффективности протеолиза способствует предварительная обработка соевого субстрата (ультразвуковая, экструзионная, термическая и др.).

$\beta$ -Конглицинин – один из основных белков сои – представляет собой гликопротеин, углеводная часть которого состоит из 38 маннозных и 12 глюкозоаминных остатков [1]. Показано [2], что дегликозилирование  $\beta$ -конглицинина пептид-N-гликозидазой F приводит к значительным изменениям структуры белковой части. Предполагаем, что применение ферментативного дегликозилирования в качестве предварительной обработки соевого субстрата позволит повысить доступность пептидных связей  $\beta$ -конглицинина к действию протеаз.

Цель исследования – установить влияние ферментативного дегликозилирования соевых белков на степень их гидролиза.

В работе использовали обезжиренную соевую муку (содержание белка – 48 %, жира – 1 %, углеводов – 35 %; ООО «Иркутский масложиркомбинат», Российская Федерация), ферментный препарат (ФП) «Фекорд-АМП» (активность маннаназная – 5 000 ед/г, пектиназная – 3 500 ед/г,  $\alpha$ -галактозидазная – 300 ед/г; ООО «Фермент», Республика Беларусь) и ФП на основе щелочной протеазы (207 400 ед/г, 40–50 °C, pH 10–11; Sunson Industry Group Co., Китай; предоставлен ООО «Лабфарма»).

Установлено, что предварительная обработка соевой муки ФП «Фекорд-АМП» приводит к конформационным изменениям структуры белковых молекул (рисунок 1) и способствует повышению эффективности протеолиза (рисунок 2).

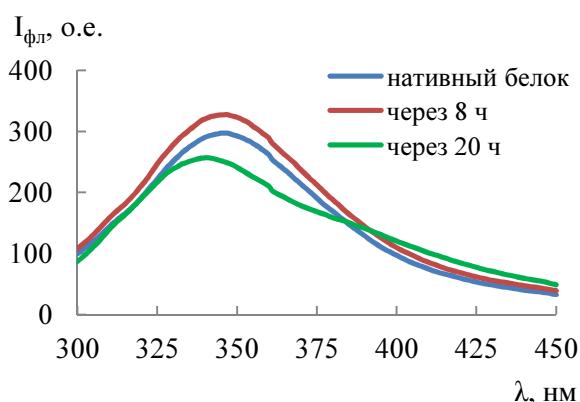


Рисунок 1 – Спектры флуоресценции соевых белков после ферментативного дегликозилирования ФП «Фекорд-АМП» ( $\lambda_{возб} = 280$  нм, ширина щелей 2,5 нм)

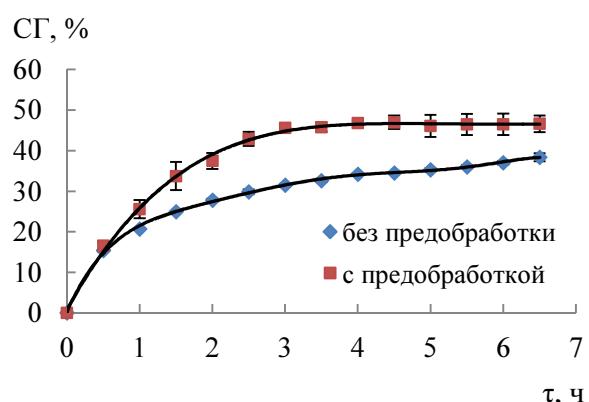


Рисунок 2 – Зависимость степени гидролиза от продолжительности протеолиза ФП на основе щелочной протеазы (45 °C, pH 10, ФСС = 1:20)

Таким образом, применение ферментативного дегликозилирования соевых белков позволяет увеличить степень их гидролиза.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Soy protein modification: a review / M. B. Barać, S. P. Stanojević, S. T. Jovanović, M. B. Pešić // Acta Periodica Technologica. – 2004. – Vol. 2004, № 35. – P. 3–16.
2. Structure characterization and IgE-binding of soybean 7S globulin after enzymatic deglycosylation / A. Yang, H. Deng, Q. Zu [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2018. – Vol. 21, № 1. – P. 171–182.

## ОЦЕНКА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ СЕКТОРА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА СП ООО «ФАРМЛЭНД»

Согласно действующим нормам GMP [1] (стандарты, принятые на территории Республики Беларусь, а также международные руководства, рекомендованные ВОЗ и ЕК), в разделе «Контроль над средой и оборудованием» подчеркивается обязательность регулярного микробиологического мониторинга воздуха, поверхностей и оборудования фармацевтических производств. Это направлено на предотвращение контаминации продукции и обеспечения контроля соответствия помещений классам чистоты (A, B, C, D, НК).

Цель исследования – провести оценку микробиологического статуса сектора микробиологических испытаний на СП ООО «ФАРМЛЭНД». В качестве объектов исследования выступили микроорганизмы, выделенные из воздуха (с помощью пробоотборника воздуха TRIO.BAS DUO), а также с поверхностей (с использованием контактных чашек) на среду № 1 (для выращивания бактерий) и среду № 2 (для выращивания грибов) [2]. Полученные данные использовали для анализа тенденций микробиологического мониторинга. Средние значения общего количества микроорганизмов, обнаруженных в воздухе и на поверхностях оборудования помещений, представлены на рисунке.

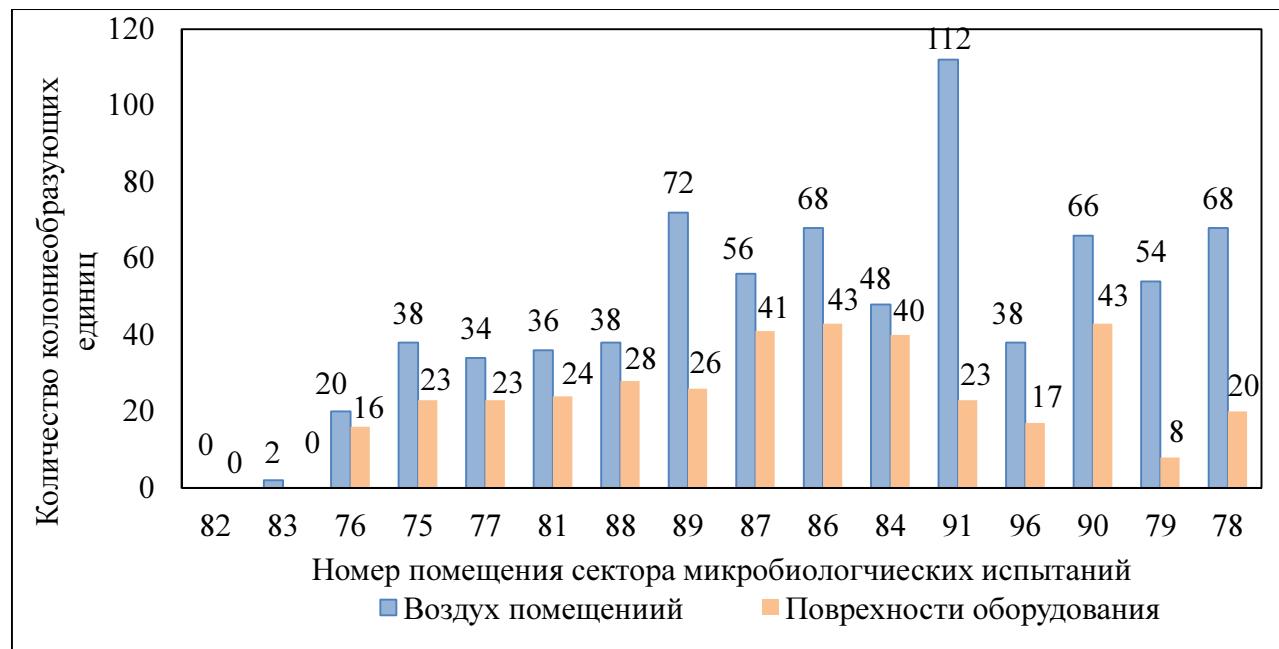


Рисунок – Средние значения общего количества микроорганизмов

Выделенные в процессе мониторинга штаммы микроорганизмов будут идентифицированы и положены в основу коллекции микроорганизмов. В условиях необходимости обязательного регулярного микробиологического мониторинга воздуха, поверхностей и оборудования наличие такой коллекции упростит обработку результатов мониторинга в части идентификации микроорганизмов и выявления случайного загрязнения. Кроме того, наличие чистых культур микроорганизмов позволит проводить работу по обнаружению устойчивости микроорганизмов к антимикробным средствам, что важно для обеспечения стандартов качества и безопасности исследований.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bunn, Graham P. Good manufacturing practices for pharmaceutical / Graham P. Bunn. – Florida: CRC Press, 2019. – P. 387.
2. Микробиологический мониторинг помещений СМБИ ХАЛ: СОП 0502-0026 ред. 10. – Введ. 31.01.25. – Несвиж: СП ООО «ФАРМЛЭНД», 2025. – 18 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТСХ-АНАЛИЗА И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ РОЗМАРИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ПРЕДСТАВИТЕЛЯХ СЕМЕЙСТВА LAMIACEAE

Проблема устойчивости микроорганизмов к антибиотикам представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для мирового здравоохранения. Широкое и не всегда обоснованное применение антибиотиков привело к распространению штаммов микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью, что значительно снижает эффективность стандартных схем лечения. В этой связи ведется активный поиск новых подходов к борьбе с инфекциями. Одним из наиболее перспективных направлений является использование эффекта усиления действия между антибиотиками и природными соединениями, такими как фенольные кислоты. Розмариновая кислота обладает подтвержденной антиоксидантной, противовоспалительной и выраженной антимикробной активностью. Однако ее потенциал как усилителя действия стандартных антибиотиков в отношении устойчивых штаммов изучен недостаточно полно. Наиболее богатыми источниками данного соединения являются представители семейства *Lamiaceae*, такие как шалфей, душица и чабер [1].

В работе исследовано содержание розмариновой кислоты в растениях *Salvia officinalis L.*, *Origanum vulgare L.* и *Satureja hortensis L.* Экстракцию розмариновой кислоты проводили 70 % этанолом при 65 °C в течение 30 минут (соотношение сырье:растворитель = 1 : 50). Полученные экстракты упаривали до сухого остатка и ресуспенсировали в 70 % этаноле для последующего анализа методом тонкослойной хроматографии (ТСХ). При подборе оптимальной подвижной фазы были протестированы три системы растворителей. Система хлороформ : метанол : вода (60 : 30 : 10) не обеспечила достаточного разделения компонентов, что привело к перекрытию пятен на хроматограмме. Система этилацетат : муравьиная кислота : вода (48 : 1 : 2) вызвала чрезмерную миграцию веществ с фронтом подвижной фазы, затрудняя их детекцию. Наилучшие результаты по качеству разделения и четкости пятен были получены при использовании системы толуол : этилацетат : уксусная кислота (4 : 10 : 2), которая была выбрана как оптимальная для дальнейшего анализа.

Идентификация розмариновой кислоты осуществлялась с помощью УФ-детекции при длинах волн 254 и 365 нм с последующей обработкой хроматограмм 1 % раствором хлорида алюминия. РК идентифицирована по характерному голубому флуоресцирующему пятну с величиной  $R_f = 0,6$ , совпадающему с референсным стандартом. Анализ показал, что максимальное содержание розмариновой кислоты наблюдается в надземных частях *Salvia officinalis L.*, как в листьях, так и в цветках, о чем свидетельствует высокая интенсивность соответствующего пятна на хроматограмме. Умеренный уровень РК выявлен в образце шалфея (*Salvia sp.*), тогда как в экстрактах *Origanum vulgare* и *Satureja hortensis* содержание кислоты оказалось существенно ниже.

В результате работы была успешно оптимизирована методика ТСХ-анализа для идентификации розмариновой кислоты в растительном сырье, где в качестве оптимальной подвижной фазы зарекомендовала себя система толуол : этилацетат : уксусная кислота (4 : 10 : 2). Полученные данные подтверждают, что *Salvia officinalis* является наиболее перспективным видом среди исследуемых растений для получения розмариновой кислоты. Высокое содержание целевого соединения в шалфее лекарственном позволяет рассматривать его как основное сырье для стандартизации и промышленного использования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Петерсен, М. Розмариновая кислота: распространение и биологическая активность / М. Петерсен, М. С. Симмондс // Фитохимия. – 2003. – Т. 62. – С. 121–125. – DOI : 10.1016/S0031-9422(02)00456-6.

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЫРА МЯГКОГО МОЦАРЕЛЛА: РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИХ РОЛЬ И ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО

Сыр – пищевой продукт, вырабатываемый из молока путем коагуляции белков, обработки полученного белкового сгустка и последующего созревания сырной массы. Микробиологический состав сыра складывается из микробиоты молока и закваски, приготовленной из чистых культур микроорганизмов, кроме того, в процессе производства и хранения в сыр могут поспасть посторонние микроорганизмы [1]. В производстве мягких сыров используют такие микроорганизмы, как *Laktobacillus plantarum*, *Laktobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*, *Laktobacillus helveticum*, *Laktobacillus lactis* и др. Знание состава микробиоты важно для понимания процесса изготовления и хранения сыров, так как наличие данных микроорганизмов предотвращает развитие нежелательных. В качестве закваски для сыра моцарелла используют термофильные молочнокислые бактерии (*Streptococcus thermophilus*), которые задерживают рост мезофильных стрептококков, а также швейцарскую палочку (*Laktobacillus helveticus*).

Целью данного исследования является определение оптимальных условий хранения, обеспечивающих стабильность микробиологического состава и высокие потребительские качества мягких сыров в течение максимально возможного срока. Актуальность вопроса обусловлена динамичностью развития отрасли молочной промышленности и необходимостью улучшения качества и органолептических показателей мягких сыров. Влияние различных условий хранения на стабильность микробиологического состава является ключевым фактором, определяющим потребительские свойства сыров.

На развитие микробиологического процесса влияют не только культуры заквасок, но и посторонние микроорганизмы. Ферменты этих бактерий зачастую выдерживают высокие температуры при пастеризации и в дальнейшем могут повлиять на хранение сыра. С целью ограничения роста микробиоты, вызывающей дефекты продукта, в состав закваски вводят молочнокислые бактерии – антагонисты таких возбудителей [2, 3].

В соответствии с нормативно-технической документацией на молочную продукцию качество кисломолочных продуктов оценивают по микробиологическим показателям, которые должны соответствовать установленным требованиям в течение всего срока годности при соблюдении условий хранения. К ним относятся: определение мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ); наличие и количество бактерий группы кишечной палочки (БГКП); наличие патогенных сальмонелл и токсигенных стафилококков; количество плесневых грибов и дрожжей; количество протеолитических и пептонизирующих бактерий; количество молочнокислых бактерий. Данные показатели микробиологической безопасности мягкого сыра не должны превышать допустимый уровень [2].

При производстве сыра моцарелла важную роль играют микробиологические и биохимические процессы, протекающие в периоды формирования сгустка, чеддеризации и плавления. Ход этих процессов зависит от вида вносимых микроорганизмов, их количества и устойчивости к соли. Поэтому определяющим фактором формирования необходимых потребительских характеристик является интенсивное развитие микрофлоры закваски и протекание биохимических изменений в процессе производства и хранения мягких сыров [1].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Охлопкова, М.К. Микробиологические и биохимические процессы в производстве мягких сыров из местного молочного сырья / М.К. Охлопкова // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 1 (43) – 2008. – С. 57–58.
2. Фокина, П.В. Исследование твердых сыров / П.В. Фокина, С.П. Степанова // Инновационная наука. – 2019. – № 6 – 2019. – С. 21–24.
3. ООО «ПРОПИОНИКС» [Электронный ресурс] / Л. Воробьева. Микробиология сыра. – Режим доступа: <https://propionix.ru/mikrobiologiya-syra>. – Дата доступа: 22.11.2025.

**ЭКСПРЕССИЯ И ОЧИСТКА ГИБРИДНОЙ ДНК ПОЛИМЕРАЗЫ *Pfu-Sso7D*  
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЕНАТУРАЦИИ НА УДАЛЕНИЕ  
ПРИМЕСТНЫХ БЕЛКОВ**

Гибридная ДНК-полимераза *Pfu-Sso7d* является рекомбинантным полипептидом с молекулярной массой около 100 кДа, состоящим из соединенных термостабильной ДНК-полимеразы *Pyrococcus furiosus* (*Pfu*) и ДНК-связывающего белка термофильных архей вида *Sulfolobus solfataricus* (*Sso7d*) [1].

После экспрессии целевого белка в клетках *BL21(DE3)/pET-28b(+)* проводили их гомогенизацию с PMSF (Фенилметилсульфонил фторид) и центрифугирование. Полученный супернатант подвергали тепловой денатурации для очистки. Исследовали зависимость эффективности осаждения примесей от температуры при фиксированном времени инкубации (15 мин). Анализировали влияние продолжительности термообработки (до 60 мин) при постоянной температуре 70 °C для разных объемов образца (рисунок 1). После каждого воздействия проводили центрифугирование для отделения денатурированных примесей от целевого белка.

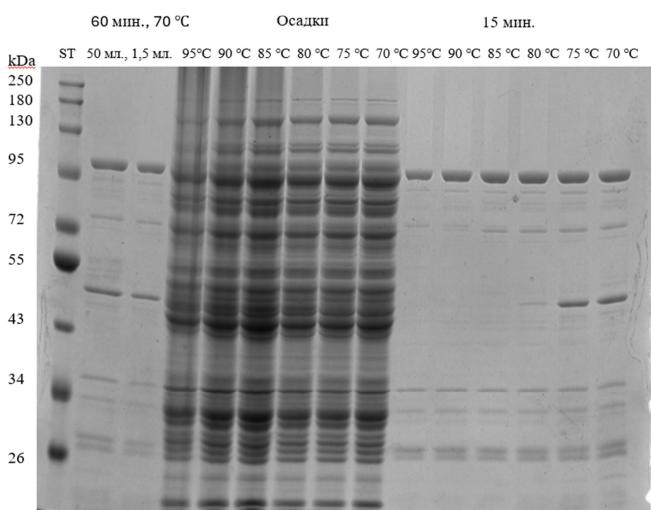


Рисунок 1 – Электрофореграмма образцов после термической денатурации при различных температурах, их осадков, образцов с увеличенным временем обработки температурой

В результате оптимизации первичной очистки рекомбинантного белка методом термической денатурации установлено, что инкубация при 85 °C является оптимальным режимом, обеспечивающим максимальное удаление примесных белков при полном сохранении целевого продукта, что подтверждается его отсутствием в осадке и минимальными потерями. Также можем сделать вывод, что объем, подвергаемый, температурной денатурации стоит учитывать при оптимизации методики очистки полимеразы, т. к. чем он меньше, тем менее выражено влияние времени воздействия температуры (60 мин. оптимальны для образца 50 мл, 15 мин. – для 1,5 мл). Для полного удаления низкомолекулярных примесей и концентрирования конечного продукта проводят дальнейшую очистку, включающую металлоаффинную хроматографию и последующую ультрафильтрацию на мембранах с пористостью 50 кДа.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. A novel strategy to engineer DNA polymerases for enhanced processivity and improved performance in vitro / Y. Wang, D. E. Prosen, L. Mei [et al.] // Nucleic acids research. – 2004. – Vol. 32, № 3. – P. 1197–1207.

**ФАКТОРЫ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ  
МИКРООРГАНИЗМОВ К ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМ СРЕДСТВАМ  
НА ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Каждое предприятие фармацевтической промышленности заинтересовано в гарантии качества и безопасности выпускаемой продукции. В производственных условиях способны развиваться различные микроорганизмы, среди которых наиболее часто встречаются такие условно-патогенные бактерии и грибы, как *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* и *Aspergillus brasiliensis*. Эти микроорганизмы служат основой для формирования биоплёнок, с целью профилактики образования которых применяют различные способы дезинфекции.

Интерес ученых к выявлению новых, более эффективных методов борьбы с условно-патогенными бактериями растёт. Для разработки методик необходимо учитывать факторы, влияющие на развитие микроорганизмов в условиях производства: нарушение условий хранения биоцидов, что ведет к снижению содержания действующих веществ, длительное использование одного антимикробного агента, фаза развития и скорость размножения клеток, состав среды, температура, время культивирования клеток.

На сегодняшний день обработка на предприятиях осуществляется дезинфектантами различного состава, которые регулярно меняются через равные промежутки времени (1–2 месяца). Однако периодической ротации действующего вещества недостаточно для предотвращения развития толерантности у многих штаммов бактерий. Ключевыми механизмами формирования резистентности являются: активация эффлюксных систем, которые обеспечивают активное выведение биоцида из клетки, снижение проницаемости клеточной стенки и мембран для противомикробных агентов, модификация мишени действия дезинфектанта, ферментативная инактивация действующего вещества [1].

Актуальная проблема приобретенной (возникающей у микроорганизмов в результате генетических изменений и адаптации к антимикробным средствам) и перекрестной (устойчивости к нескольким препаратам, связанной с общими механизмами защиты, в результате адаптации к дезинфицирующим средствам) резистентности служит основанием для разработки и совершенствования стратегии дезинфекции и контрольных мероприятий. Среди подходов, заслуживающих внимания, – использование комбинаций различных активных веществ, что затрудняет развитие устойчивости у бактерий, внедрение методов мониторинга чувствительности микроорганизмов к дезинфектантам, а также обязательный скрининг на антибиотикорезистентность у производственных штаммов в реальном времени [2]. Кроме того, необходимо постоянное повышение квалификации персонала и развитие стандартных протоколов контроля за чистотой и стерильностью оборудования, помещений, персонала.

Борьба с микроорганизмами в фармацевтическом производстве – это динамическая задача, требующая постоянного развития методов, научных исследований и практического внедрения инновационных решений, направленных на поддержание высокого уровня гигиены и предотвращение формирования устойчивых штаммов бактерий, что особенно важно для гарантии безопасности конечной продукции.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Гренкова, Т. А. Контроль за устойчивостью микроорганизмов к антибиотикам, антисептикам и дезинфицирующим средствам / Т. А Гренкова., Е. П. Селькова, М. П. Гусарова [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2014. – № 1 (74). – С.29–33.
- Горбунов В. А. Сравнительная активность некоторых дезинфектантов в отношении клинических штаммов *P. aeruginosa*, выделенных в стационарах Республики Беларусь / В. А. Горбунов // Военная медицина. – 2010. – № 3. – С.46–50.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СУБСТАНЦИИ БЕТАГИСТИНА ДИГИДРОХЛОРИД В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

Обеспечение безопасных условий труда является одной из приоритетных задач на любом производстве. Воздух рабочей зоны может содержать вредные вещества, попадающие в организм человека ингаляционным путем, что требует постоянного контроля их концентрации. Учитывая увеличение промышленного выпуска отечественных лекарственных средств, содержащих бетагистина дигидрохлорид (БГ), разработка и валидация надежных методов аналитического контроля БГ в воздухе рабочей зоны приобретает высокую практическую значимость для охраны труда и здоровья персонала.

В ходе комплексного токсико-фармакологического исследования на крысах линии Вистар и аутбредных мышах рассчитана ПДК фармацевтической субстанции БГ в воздухе рабочей зоны равная 6,3 мг/м<sup>3</sup>.

Литературный анализ показал, что для количественного определения БГ могут быть использованы титриметрические методы, высокоэффективная жидкостная хроматография и УФ-спектрофотометрия [1, 2]. Установлено, что БГ хорошо растворим в воде. Благодаря этому свойству и наличию характерного максимума поглощения в УФ-спектре водного раствора при 260 нм, наиболее целесообразным является применение метода прямой спектрофотометрии.

В результате проведенных исследований на базе аналитической лаборатории государственного предприятия «НПЦ ЛОТИОС» разработана методика измерений концентрации БГ в воздухе рабочей зоны. Пробы воздуха для исследований, содержащие распыленный БГ, отбирались в вытяжном шкафу пробоотборником М-822 в течение 6 минут при объемном расходе 10 дм<sup>3</sup>/мин через фильтр АФА-ХП-20. Затем пробы экстрагировали дистиллированной водой и измеряли оптическую плотность полученных растворов на спектрофотометре СФ-2000 при длине волны 260 нм в кюветах 1 см на фоне растворителя.

Линейность методики измерений была подтверждена на шести уровнях концентраций БГ в дистиллированной воде (2,0, 4,0, 8,0; 12,0, 16,0 и 20,0 мкг/см<sup>3</sup>). Установленная градуировочная зависимость описывается уравнением  $y = 0,0189 \cdot x + 0,0068$  при высоком коэффициенте корреляции 0,9993. Это обеспечивает линейность методики в диапазоне концентраций БГ в воздухе рабочей зоны от 0,7 до 66,7 мг/м<sup>3</sup>. Нижний предел чувствительности соответствует 0,11 ПДК фармацевтической субстанции БГ, что более чем в 4 раза ниже допустимой величины. Методика также продемонстрировала селективность (отсутствие значимого влияния матрицы). Были установлены и подтверждены все ключевые метрологические характеристики: повторяемость, внутрилабораторная воспроизводимость, прецизионность, правильность, а также максимальная расширенная неопределенность, составившая 22 %.

Внедрение разработанной методики измерений в лабораторную практику позволит с высокой степенью достоверности контролировать содержание фармацевтической субстанции БГ в воздухе рабочей зоны, что является основой профилактики воздействия на здоровье человека данного загрязнителя и минимизации риска его воздействия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bakshi, S. RP-HPLC Method Development and Validation for Betahistine Hydrochloride Controlled Release Tablets / S. Bakshi // International Journal of Chemical and Pharmaceutical Analysis. – Dec., 2014. – No. 2 (1). – P. 18–22.
2. Государственная фармакопея Республики Беларусь. В 2 т. Т. 1. Общие методы контроля лекарственных средств / М-во здравоохр. Респ. Беларусь, УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под общ. ред. А. А. Шерякова. — Молодечно: Тип. «Победа», 2012. – 1220 с.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИММОБИЛИЗАЦИИ БИОМАССЫ АКТИВНОГО ИЛА НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ НОСИТЕЛЕЙ

Современные сооружения биологической очистки сточных вод играют критически важную роль в защите окружающей среды. Ключевым элементом этих систем является активный ил – сложная микробная экосистема, ответственная за биодеградацию поллютантов. Однако традиционные системы с взвешенным активным илом часто сталкиваются с такими проблемами, как низкая концентрация биомассы, сложность отделения ила и чувствительность к нагрузкам.

Внедрение носителей биомассы активного ила в системы биологической очистки значительно повышает эффективность и устойчивость процесса удаления загрязнений из сточных вод. Использование этих носителей позволяет не только увеличить производительность очистных сооружений, но и снизить потери активного ила. Их применение особенно оправдано в условиях высоких органических нагрузок и при значительных колебаниях качественного состава поступающих стоков [1].

Цель исследования – сравнительная оценка эффективность иммобилизации биомассы активного ила на различных типах носителей, а также комплексный анализ влияние их внедрения на процессы очистки сточных вод.

Объектами исследования являлись пластмассовый, керамический и волокнистый носители биомассы активного ила.

Эксперимент проходил в лабораторных условиях в колбах с использованием шейкера-инкубатора. Очистка сточных вод осуществлялась в условиях, моделирующих реальные процессы очистки: в диапазоне температур 20–25 °C, при pH 7,0 и скорости перемешивания 150 об/мин.

Синтетические сточные воды готовили на основе водопроводной воды и имели следующий состав: NH<sub>4</sub>Cl – 160 мг/дм<sup>3</sup>; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 54 мг/дм<sup>3</sup>; CaCl<sub>2</sub> – 7,5 мг/дм<sup>3</sup>; HgSO<sub>4</sub> – 510 мг/дм<sup>3</sup>; глюкоза – 100 мг/дм<sup>3</sup>; дрожжевой экстракт – 150 мг/дм<sup>3</sup>.

Избыточный активный ил и синтетические сточные воды смешивали в соотношении 1 : 1, носитель биомассы вносили в количестве 10 об. % и параллельно ставили контроль (иловая смесь без носителя). Эксперимент осуществлялся в течении пяти суток с подпиткой каждый день в количестве 30 %. Ежедневно проводили мониторинг состояния хлопка активного ила микроскопированием и эффективности очистки по ХПК согласно [2].

Согласно результатам эксперимента, все типы носителей в той или иной степени улучшили процессы очистки по сравнению с контрольным образцом, где ХПК осталось относительно высоким и наблюдалось его незначительное повышение к концу эксперимента после первоначального падения. Это подтверждает, что внедрение носителей способствует более эффективной и стабильной деградации загрязняющих веществ.

Кроме того, использование пластикового носителя показало наибольшую перспективность для улучшения морфологии активного ила, способствуя формированию более плотных и компактных хлопьев с сокращением численности нитчатых микроорганизмов. Эти изменения, как правило, коррелируют с улучшением седиментационных свойств ила и общей эффективности процесса очистки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bacterial biofilm attachment to sustainable carriers as a clean-up strategy for wastewater treatment: A review / A. Lago, V. Rocha, O. Barros [et al.] // Journal of Water Process Engineering. – 2024. – Vol. 63 (105368). – P. 1–20.
2. Маркевич, Р. М. Биотехнологическая переработка промышленных отходов/ Лабораторный практикум / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенникова, М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2019. – 153 с.

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ СУЛЬФАТОМ АММОНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОЧИСТКИ МОДЕЛЬНЫХ РЕКОМБИНАНТНЫХ БЕЛКОВ

В качестве альтернативы аффинной хроматографии исследован метод высаливания для первичной очистки рекомбинантных белков, не содержащих гистидиновой метки. Метод основан на снижении растворимости белков при повышении концентрации сульфата аммония. Ионы соли конкурируют с белками за молекулы воды, нарушая их гидратную оболочку. Это приводит к вскрытию гидрофобных участков и агрегации молекул белка. Поскольку разные белки осаждаются при различной концентрации соли, то возможно их фракционирование. Проводился систематический подбор концентраций сульфата аммония для установления условий селективного осаждения модельных белков *Lira Precursor* (13,5 kDa), *CRM197* (60,4 kDa), *SSB* (19 kDa) при минимальном содержании примесных белков.

В ходе работы мы осуществляли лизис клеточной супензии (10 мг белка в 100 мкл супензии), после чего осуществляли центрифугирование полученного лизата. Далее к полученному супернатанту добавляли сульфат аммония до насыщения в 30 % и перемешивали на ротаторе, центрифугировали и анализировали с помощью электрофореза полученный осадок. Постепенно повышали его концентрацию до 90 % с шагом 10 % и оценивали, где выпадает белок с наименьшим количеством примесей (рисунок 1).

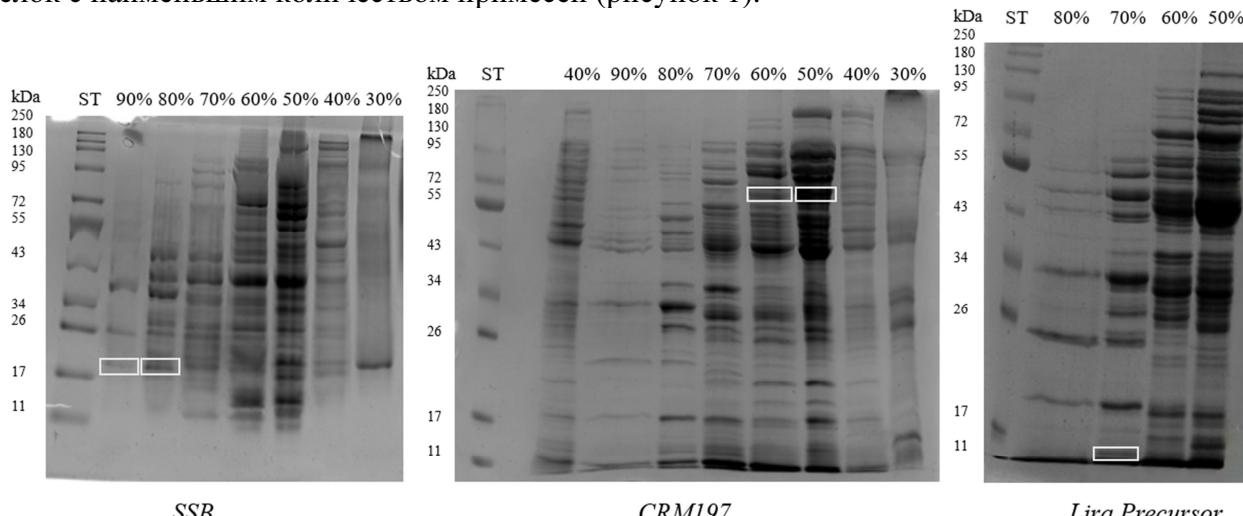


Рисунок 2 – Электрофореграмма образцов после высаливания при различном содержании сульфата аммония

Для каждого из исследуемых белков был успешно подобран индивидуальный оптимальный диапазон насыщения, обеспечивающий максимальный выход целевого продукта с минимальным количеством примесей:

- белок *SSB* наиболее эффективно осаждался от 80 до 90 % насыщения,
- белок *Lira Precursor* демонстрировал максимальную чистоту при 70 % насыщения,
- белок *CRM197* осаждался от 50 до 60 % насыщения.

Таким образом, метод доказал свою надежность для первичного очищения белков и может быть использован в качестве начального этапа в многоступенчатых схемах очистки.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта БРФФИ № Х23КУБ-018 от 01.12.2023.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Duong-Ly K. C. Salting out of proteins using ammonium sulfate precipitation / K. C. Duong-Ly, S. B. Gabelli // Methods in Enzymology. – 2014. – Vol. 541. – P. 85–94.

(кафедра физико-химических методов и обеспечения качества, БГТУ)

**ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ  
ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ  
ПО ГОСТ 29032-2022 В МОРКОВНОМ СОКЕ**

ГОСТ 29032-2022 широко используется для количественного спектрофотометрического определения ОМФ, однако его градуировочный диапазон ориентирован на сравнительно высокие уровни аналита (2–20 мг/кг). Во многих пищевых матрицах, включая морковный сок, концентрации ОМФ могут быть существенно ниже 5 мг/кг, что делает стандартный диапазон недостаточным. Отсутствие регламентированной аналитической чувствительности в низкоконцентрационном диапазоне создаёт риск недооценки содержания ОМФ и необходимости дополнительной адаптации методики.

Ввиду вышеизложенного особый интерес вызывает экспериментальная проверка возможности смещения рабочего диапазона к низким концентрациям с одновременной оценкой метрологических характеристик, что и было целью нашей работы.

Объектом исследования являлись образцы морковного сока «Сады придонья» и «Топтышка», предмет исследования концентрация ОМФ в них. Нами был построен градуировочный график (рис.1) в диапазоне 1–6 мг/кг, обеспечивающий линейность при низких сигналах.

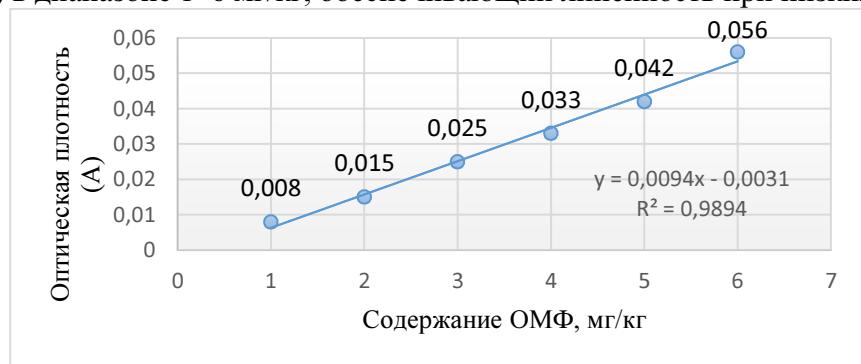


Рисунок 1 – Градуировочный график в диапазоне 1–6 мг/кг

Результаты исследования и сравнительная характеристика данных по стандартному и расширенному графикам приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования и сравнительная характеристика данных по графикам

График 1–6 мг/кг (расширенный)		График 2–20 мг/кг (стандартный)	
Сады придонья (A = 0,003)	Топтышка (A = 0,016)	Сады придонья (A = 0,003)	Топтышка (A = 0,016)
Уравнение градуировочного графика			
$y=0,0094x-0,0031; R^2 = 0,9894$		$y=0,0151x+0,0256; R^2 = 0,9943$	
м <sub>1</sub> – масса ОМФ в полученном растворе пробы, найденная по градуировочному графику (мкг)			
0,65	2,03	-1,50	-0,64
Х – массовая доля ОМФ, рассчитанная по формуле из ГОСТ 29032-2022 (мг/кг)			
1,63	5,08	-3,75	-1,60

Нами показано, что методика ГОСТ 29032-2022 может быть успешно адаптирована для определения ОМФ в низком диапазоне концентраций (1–6 мг/кг). Построение отдельного градуировочного графика для малых концентраций обеспечивает улучшенную чувствительность и корректность результатов измерений в сильно окрашенных матрицах, к которым и относится морковный сок. В настоящее время продолжаются исследования по набору данных, что позволит в дальнейшем получить более точную и обоснованную оценку метрологических характеристик методики измерения низких концентраций ОМФ спектрофотометрическим методом.

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МОРКОВНОМ СОКЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Соковая продукция из моркови является популярным функциональным продуктом, благодаря высокому содержанию каротиноидов, витаминов и антиоксидантов. Однако для обеспечения микробиологической безопасности и продления срока годности она подвергается термической обработке (пастеризации или стерилизации). Побочным эффектом нагревания является образование оксиметилфурфурова (ОМФ), который является маркером контроля качества и индикатором интенсивности термического воздействия. Его содержание регламентируется в ряде пищевых продуктов, т.к. при высоких концентрациях он может оказывать негативное влияние на здоровье человека.

Согласно имеющимся научным данным, добавление моно- и дисахаридов в пищевые продукты может интенсифицировать образование в них ОМФ. Установлено, что по уровню интенсификации образования ОМФ эти углеводы располагаются в следующем порядке: глюкоза > фруктоза > сахароза.

На основании вышесказанного представляет интерес определить влияние добавления сахарозы, фруктозы и глюкозы на образование ОМФ в соковой продукции из моркови.

Исследования проводили на лабораторных образцах морковного нектара, в которые вводили сахарозу, фруктозу и глюкозу в количестве 1,5 % от массы продукта. Термическую обработку проводили при температурах 100 и 110 °C с выдержкой при максимальной 10, 20 и 30 минут. Контрольным образцом был морковный нектар без добавок.

Содержание ОМФ определяли спектрофотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 29032-2022. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты определения количества ОМФ в лабораторных образцах морковного нектара с углеводами

Добавленный углевод	Время выдержки, мин	Изменение содержания ОМФ, мг/кг при температурах:	
		100 °C	110 °C
Сахароза	10	5,08	6,15
	20	5,00	7,75
	30	5,28	7,75
Глюкоза	10	5,08	8,00
	20	8,00	11,00
	30	9,10	15,50
Фруктоза	10	5,35	7,50
	20	5,60	9,88
	30	6,50	12,25
Контрольный	10	5,08	7,20
	20	5,08	7,50
	30	5,08	7,75

Анализируя данные таблицы видно, что ключевым фактором увеличения ОМФ является температурный режим, однако более интенсивное увеличение ОМФ наблюдается при температуре 110 °C. Это объясняется тем, что реакции разложения сахаров происходят медленно, а при 110 °C процессы карамелизации и разложения сахаров происходят наиболее активно, что способствует увеличению образования ОМФ в нектаре. Следовательно, можно сделать вывод, что для минимизации образования ОМФ при производстве соковой продукции из моркови рекомендуется использовать максимально щадящие режимы термообработки.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА СОДЕРЖАНИЕ ОКСИМЕТИЛФУРФУРОЛА В МОРКОВНОМ СОКЕ ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Соковая продукция на основе морковного сока относится к продуктам с высокой концентрацией сахаров, которые при термической обработке вступают в реакции, приводящие к образованию оксиметилфурфурола (ОМФ). Образование ОМФ происходит за счёт кислотно-катализируемой дегидратации фруктозы с последовательным отщеплением воды и образованием устойчивой фурфурольной структуры. Интенсивность процесса определяется температурой нагрева и кислотностью среды. За счёт усиления кислотного воздействия, протоны ( $H^+$ ), высвобождаются из органических кислот и присоединяются к гидроксильным группам сахаров, делая структуру сахаров менее стабильной, что значительно облегчает отщепление молекул воды, ускоряя дегидратацию фруктозы и образование оксиметилфурфурола.

При выполнении эксперимента использовали морковный нектар, приготовленный в лабораторных условиях путем разбавления морковного пюре асептического консервирования дистиллированной водой в соотношении 1:1. Полученный нектар делили на 6 частей, в каждый вносили раствор лимонной кислоты в количестве 0,225 г на 25 мл и нагревали при температуре 100 и 110 °C в течение 10, 20 и 30 минут. Затем охлаждали до комнатной температуры и определяли оксиметилфурфурол спектрофотометрическим методом. Аналогичные манипуляции осуществляли и с раствором аскорбиновой кислоты, добавляя в каждый образец по 0,056 г на 25 мл. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1. По итогам исследования при температурах 100 и 110 °C, было установлено, что органические кислоты — лимонная и аскорбиновая — оказывают разное влияние на накопление ОМФ. Лимонная кислота, обладающая выраженной кислотностью, значительно снижала pH морковного нектара и тем самым активирует реакции дегидратации. Аскорбиновая кислота проявляет более сложное действие из-за сочетания кислотных свойств и выраженной антиоксидантной активности.

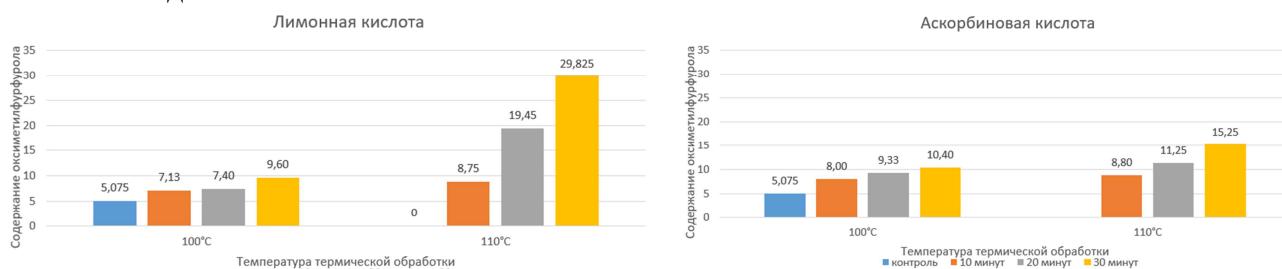


Рис. 1. –Изменение содержания оксиметилфурфурола в лабораторных образцах морковного нектара при разных температурах нагрева

Визуальный анализ графика, отражающего зависимость содержания оксиметилфурфурола от температуры и типа кислоты, демонстрирует, что повышение температуры с 100 до 110 °C приводит к резкому росту концентрации ОМФ, повышение температуры ускоряет реакции Майяра и процессы карамелизации.

Таким образом, графическое представление экспериментальных данных подтверждает, что лимонная кислота является сильным катализатором образования ОМФ при повышении температуры, тогда как аскорбиновая кислота обеспечивает заметно более эффективное торможение нежелательных реакций благодаря антиоксидантной природе. Температурная зависимость и различие механизма действия кислот являются ключевыми факторами, которые необходимо учитывать при разработке температурных режимов и подборе кислых корректоров при производстве морковных соков. Полученные данные указывают на то, что выбор кислоты способен существенно влиять на качество конечного продукта, степень термического разложения сахаров и интенсивность нежелательного потемнения. Это подчёркивает важность оптимизации технологических параметров и необходимости дальнейших исследований для установления безопасных и эффективных режимов обработки соковой продукции.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТОВ ОКИСЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Масла и жировые продукты относятся к продуктам массового потребления всех категорий населения, они являются источником эссенциальных пищевых веществ и играют важную роль в обеспечении здоровья. Анализ питания людей показал, что одной из проблем является высокое содержание продуктов окисления липидов. Факторами развития окислительных процессов в липидах являются: автоокисление, термическое разложение и ферментативное окисление. Имеют место случаи, когда масла, особенно льняное масло, а также семена льна могут приобретать горький вкус, что снижает их потребительскую привлекательность и вызывать сомнения в качестве продукта. Основной причиной горечи в льняном масле и семенах льна является процесс окисления жирных кислот, который приводит к появлению в жиро содержащих продуктах соединений перекисного характера, альдегидов, кетонов, низкомолекулярных кислот, оксикислот и других соединений. Процесс окисления липидов идет по свободно радикальному, цепному, автокатализитическому механизму, который обычно разделяют на три этапа: инициирование, разветвление и обрыв цепей. Гидропероксиды трилициеридов способны разрушать витамин Е в мембранах клеток. В свою очередь, снижение уровня витамина Е может привести к развитию окислительного стресса. Вторичные продукты окисления также способствуют развитию окислительного стресса, обладают мутагенными и канцерогенными свойствами.

Поэтому, важным является оценка изменения содержания продуктов окисления в процессе производства растительных масел. В качестве объектов исследования использовали семена льна, горчицы, льняное и горчичное масла, а также их жмы. Показатели окисления определяли по следующим методам: перекисное число по ГОСТ ISO 3960, кислотное число – по ГОСТ 31933. Результаты оценки снижения значений показателей окисления в жмыхе и маслах горчичном и льняном представлены на рисунке 1.

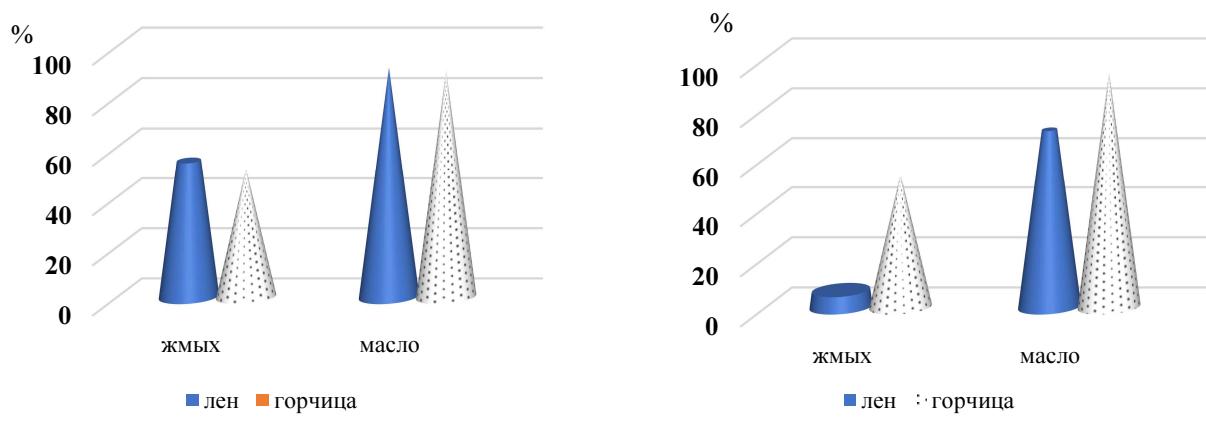


Рис. 1 – Снижение содержания перекисного числа (а) и кислотного числа (б) в процессе производства масел из льна и горчицы

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что важное значение принадлежит качеству семян масличных, соблюдению надлежащих условий и продолжительности хранения, недопущению заражению плесневыми грибами. Сохранение качества и вкуса масел и семян требует защиты от света, тепла, кислорода воздуха, который ускоряют процессы окисления и ухудшают вкусовые свойства.

Соковая продукция является важным источником макроэлементов (Na, K, Ca, Mg). Контроль их содержания является важным критерием идентификации и необходим для оценки пищевой ценности, соответствия требованиям технических регламентов.

Цель работы – определение массовых концентраций натрия, калия, кальция и магния в образцах соковой продукции с применением метода атомно-абсорбционной спектрометрии.

В качестве объекта исследования использовался образец восстановленного фруктового сока, производства Республики Беларусь. Для количественного определения элементов применяли метод атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной атомизацией (ацетилен/воздух) на спектрометре Solaar S2.

Ключевые этапы пробоподготовки, выполненные по ГОСТ 33462-2015, включали:

– кислотную очистку лабораторной посуды;

– кислотная минерализация пробы проводилась на современной микроволновой системе PreeKem M6 (с использованием азотной кислоты и перекиси водорода), которая проводилась для полного разрушения органической матрицы. Условия разложения: повышение температуры до 220 °C;

– приготовление градуировочных растворов и разбавление минерализатов.

Измерения проводили на длинах волн: Na (589,0 нм), K (766,5 нм), Ca (422,7 нм), Mg (285,2 нм).

В результате проведённого анализа в образце восстановленного фруктового сока были определены средние массовые концентрации макроэлементов, представленные в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты определения элементов

Наименование пробы	Навеска, г/см <sup>3</sup> V = 25 см <sup>3</sup>	Элемент	Содержание, мг/дм <sup>3</sup>	
			X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>ср</sub>
сок фруктовый восстановленный	5,0	Na	29,81	29,1
	5,0		28,44	
сок фруктовый восстановленный	5,0	K	72,77	72,0
	5,0		71,24	
сок фруктовый восстановленный	5,0	Ca	136,43	136,3
	5,0		136,19	
сок фруктовый восстановленный	5,0	Mg	66,24	65,8
	5,0		65,36	

Проведенный анализ показал, что массовые концентрации макроэлементов в образце восстановленного фруктового сока соответствуют установленным нормативам ТР ТС 023, Постановлению Совета Министров № 37 от 25.01.2021 г. и СанПин от 21 июня 2013 № 52:

– натрий – 29,1 мг/дм<sup>3</sup> при нормативе не более 200 мг/дм<sup>3</sup>;

– калий – 72,0 мг/дм<sup>3</sup> при нормативе (70 – 300) мг/дм<sup>3</sup>.

Важно отметить, что кальций и магний не нормируются указанными документами для соковой продукции. Однако определенные в ходе исследования уровни этих элементов (136,3 мг/дм<sup>3</sup> и 65,8 мг/дм<sup>3</sup> соответственно) являются значительными и существенно обогащающими минеральный состав продукта. Таким образом, исследованный сок не только полностью соответствует нормативным требованиям по содержанию натрия и калия, но и представляет ценность как источник биологически важных макроэлементов.

(кафедра физико-химических методов и обеспечения качества, БГТУ)

**УСТАНОВЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ОБЩЕГО ФОСФОРА В МОЛОКЕ**

Молоко является сложной коллоидной полидисперсной системой, в состав которой входит до 200 различных химических веществ, его питательная ценность определяется содержанием белков, жиров, витаминов и минеральных солей [1]. Молоко и молочные продукты являются источником поступления фосфора в организм человека. Фосфор – это макроэлемент, который поддерживает кислотно-щелочной баланс, и входит в состав: фосфолипидов (основа биомембран), гидроксиапатита (основа костной ткани и зубов), белков (казеин) и других важнейших органических соединений (АТФ, ДНК). Физиологическая потребность в фосфоре для взрослых составляет 800 мг/сутки. Однако избыток фосфора в организме может привести к развитию остеопороза, нарушению сердечного ритма, мышечным спазмам и т.д.

Актуальность данной работы определяется количественным определением содержания фосфора и его соединений в поступающих в организм человека продуктах питания, в т.ч. в молоке. В качестве объекта исследований было выбрано молоко питьевое ультрапастеризованное нормализованное «Савушкин продукт» с массовой долей жира 3,1 %. Целью работы является определение массовой доли общего фосфора в молоке в соответствие с ГОСТ 31980–2012 [2].

Спектрофотометрический способ определения с проведением измерений методом мокрой минерализации заключается в пробоподготовке молока, соответствующих реактивов и лабораторной посуды с последующим измерением оптической плотности градуировочных и исследуемых контрольных растворов образовавшегося молибденового голубого на приборе марки ПЭ-5400УФ при длине волны 820 нм допускаемой абсолютной погрешностью измерений коэффициента пропускания  $\pm 0,5 \%$ , оснащенной кюветой длиной оптического пути 10,07 мм. В качестве раствора сравнения согласно методике использовалась свободная от фосфорных соединений дистиллированная вода. Результаты измерений оптической плотности стандартных градуировочных растворов с различным содержанием фосфора, а также исследуемой пробы молока представлены на рисунке 1.

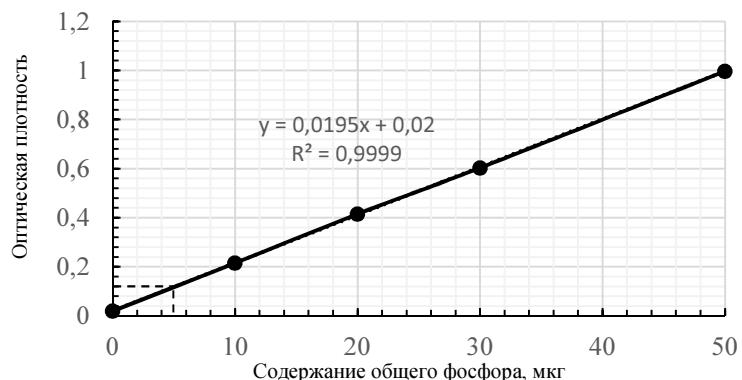


Рисунок 1 – Зависимость оптической плотности от общего содержания фосфора

Для представленной пробы молока методом мокрой минерализации усредненное значение оптической плотности двух параллельных определений составило 0,120, что соответствует содержанию общего фосфора в навеске средней пробы молока массой 1,5000 г – 5 мкг. Массовая доля общего фосфора составила 1,67 % при надежности  $P=0,95$ , что соответствует требованиям ГОСТ 31980–2012.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Твердохлеб, Г. В. Химия и физика молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Р.И. Раманаускас. – М. : ДeЛи принт, 2006. – 359 с.
2. Молоко. Спектрометрический метод определения массовой доли общего фосфора : ГОСТ 31980-2012. – Введ. 01.07.2016. – Минск : Госстандарт : Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации, 2016. – 15 с.

**ПРОДУКЦИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ ЕЛИ**

Беларусь располагает значительной сырьевой базой для развития лесоперерабатывающей промышленности.

К древесной зелени относится специфический вид лесного сырья, в составе которого преобладают живые клетки хвои, молодых побегов и коры. Как известно, в живых растительных клетках содержатся белки, углеводы, витамины, ферменты, желтые и зеленые пигменты, стерины, микроэлементы и другие вещества, которые необходимы для обеспечения жизнедеятельности растений, животных и человека. В составе древесной зелени хвойных пород около 80 % приходится на хвою. В составе хвои обнаружено до 35 компонентов, относящихся к некоторым группам соединений: монотерпеновым и сесквитерпеновым углеводородам, кислородосодержащим и другим соединениям, из них основная доля (60 %) приходится на монотерпеновые углеводороды.

Цель работы – разработать технологию комплексной переработки биомассы хвойных растений и получения экстрактов хвойных растений, а также создать новые виды продукции на их основе.

Одним из наиболее перспективных и актуальных направлений использования древесной зелени является безотходная химическая переработка с получением биологически активных веществ (БАВ) кормового и лечебно-профилактического назначения.

Комплексная переработка древесной зелени хвои предполагает многостадийный подход, позволяющий максимально полно извлечь различные фракции БАВ, используя при этом минимальное количество растворителей и энергии. Целью является не только получение высококачественных экстрактов, но и минимизация отходов и снижение воздействия на окружающую среду [1].

Процесс комплексной переработки древесной зелени хвойных растений включает: сбор и подготовка сырья, последовательная экстракция, первая стадия (гидродистилляция или СКФ-экстракция  $\text{CO}_2$ ), извлечение эфирных масел и других липофильных соединений; вторая стадия (спиртовая или водно-спиртовая экстракция, возможно, с использованием УЗ или СВЧ), извлечение флавоноидов, фенолокислот, смолистых веществ. Третья стадия (водная или ферментативная экстракция), извлечение полисахаридов, водорастворимых витаминов и минералов. Очистка и концентрирование экстрактов. Модификация и стабилизация, при необходимости – химическая или энзиматическая модификация, капсулирование, микроИнкапсулирование для повышения стабильности, биодоступности и придания заданных функциональных свойств.

В работе проведен анализ ряда методов экстракции: макерация и перколяция, рефлюкс-экстракция, гидродистилляция, сверхкритическая флюидная экстракция (СКФ-экстракция), микроволновая экстракция (СВЧ-экстракция), ультразвуковая экстракция (УЗ-экстракция).

На предприятии «Эксклюзивкосметик-М» разработаны и внедрены технологические приемы получения хвойных экстрактов. Это открывает широкие возможности для создания инновационной, импортозамещающей продукции в косметической, фармацевтической и других отраслях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Шанина, Е. В. Переработка древесной зелени сосны обыкновенной с использованием водно-этанольных смесей: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.21.03 / Е. В. Шанина; Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2004. – 20 с.

(кафедра физико-химических методов и обеспечения качества, БГТУ)  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОВОЛОКОН  
В ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЯХ Г. МИНСКА**

Микропластик, в частности полимерные микроволокна размером менее 5 мм, представляет собой растущую угрозу для водных ресурсов и здоровья человека [1]. Их опасность заключается в способности накапливаться в организме, приводя не только к физическим повреждениям, но и к длительному отравлению, что повышает риски возникновения аллергических реакций, иммунных нарушений и других заболеваний [2].

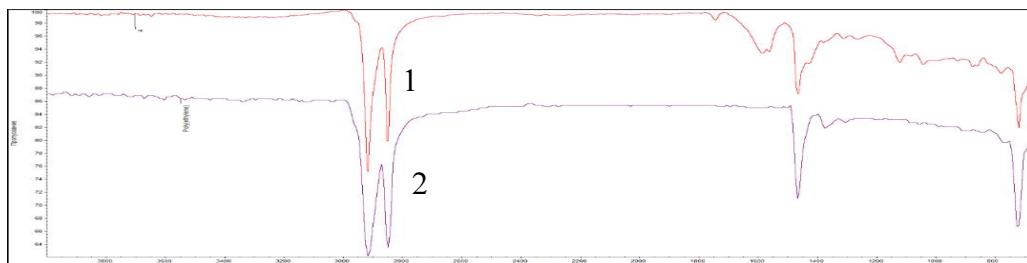
Целью работы являлось экспериментальное подтверждение наличия синтетических микроволокон в водопроводной воде Минска и выявление зависимости их концентрации от состояния коммуникаций в точках отбора.

Для количественного определения содержания полимерных микроволокон в отобранных пробах было отфильтровано 300 дм<sup>3</sup> воды [3]. Для фильтрации использовалась специальная фильтровальная установка. После этого образцы были обработаны на определение точного содержания частиц микропластика. В работе использовался метод оптической спектроскопии и ИК-спектроскопия. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание микроволокон в водопроводных сетях г. Минска (ед. на 1 дм<sup>3</sup>)

Место отбора, номер точки отбора	Количество полимерных микроволокон
Система централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Первомайского района (1)	1,98
БГТУ (2)	0,13
Общежитие БГТУ №19 (3)	0,1

При проведении качественного анализа было получено несколько спектров различных полимеров, и в частности ИК-спектр полиэтилена, который представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Сравнение ИК-спектра полиэтилена (в пробе с микропластиком)  
со спектром образца

Таким образом, была обнаружена значительная разница в содержании полимерных микроволокон в воде Минска в зависимости от точки забора проб. Это объясняется сочетанием фонового загрязнения (недостаток очистки) и локальным износом труб. Природа частиц была подтверждена методом ИК-спектроскопии: спектр образца полностью совпал с эталонным спектром полиэтилена, что доказывает наличие синтетических полимеров в пробах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Homin K., Jiyo K., Seonghyeon J., Microplastics in water systems: A review of their impacts on the environment and their potential hazards, Vol. 9, Issue 3, March 2023, 14359.
2. Садретдинов С.С. Влияние микропластика на организм животных и человека. / Садретдинов С.С., Казакова Е.В. // Научный альманах. – 2019 г. – №5. – С. 176-178.
3. Казмирук, В. Д. Микропластик в донных отложениях: методы определения / В. Д. Казмирук, Т. Н. Казмирук // Вода: химия и экология. – 2017. – №1. – С. 87-92.

## ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПКОВОГО МАСЛА ПО ПОКАЗАТЕЛЮ КИСЛОТНОГО ЧИСЛА

Высокое качество и безопасность продукции является одним из главных условий рыночной успешности предприятия. В современных условиях жесткой конкуренции и стремительного развития технологий такой инструмент как статистические методы контроля качества наиболее оперативно обеспечивает стабильность и должный уровень основных параметров продукции. Применение статистического контроля позволяет выявить и устранить неисправности и отклонения в производственном цикле, что существенно повышает производительность и качество выпускаемой продукции. В основе статистического контроля лежит измерение и анализ данных, что позволяет наблюдать за процессом производства и уточнять действующую технологическую модель. В практическом применении статистические методы в менеджменте качества – это, прежде всего: статистический контроль процесса (SPC), анализ измерительных систем (MSA), методы выборочного контроля и оценка надежности процесса и продукции.

Статистический контроль процесса (SPC) — это процесс проверки продукта или услуги в процессе их производства. В производственных процессах статистический контроль процесса (SPC) широко используется для анализа того, насколько надежно и стабильно идет производственный процесс и позволяет вовремя его откорректировать или остановить при обнаружении проблем, не допуская появления брака. Сущность SPC заключается в отслеживании стабильности основных характеристик продукции в течение определенного периода времени. Это достигается с помощью контрольных карт, которые позволяют оценить, работает ли механизм так, как должен. Контрольные карты давно используются в таких методологиях, как «шесть сигм» и всеобщее управление качеством в производстве и улучшении процессов.

Очевидно, масложировая отрасль не является исключением и требует повсеместного внедрения современных подходов к управлению качеством, в том числе методов статистического анализа и контроля в условиях соответствия продукции и требованиям покупателей, в том числе в плане ее функциональных характеристик. При этом основное внимание уделяется качеству сырья и соблюдению технологических норм в условиях контроля требуемого уровня качества на всех этапах производственного цикла: входной контроль сырья, отслеживание параметров технологического процесса, выходной контроль готовой продукции.

Одним из важнейших показателей качества, определяющих пригодность масла к употреблению, является кислотное число, которое напрямую связано со степенью гидролиза триглицеридов и определяет пригодность масла к пищевому использованию. Повышенное кислотное число может свидетельствовать о недостаточной очистке или нарушениях условий хранения и переработки сырья. Стабильность кислотного числа на различных стадиях – важный индикатор устойчивости и воспроизводимости технологического процесса.

Среди статистических методов контроля качества чаще всего применяются контрольные карты (например, X и MR), ведется анализ пригодности процессов ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$ ). Получаемые при этом вероятностные графики и гистограммы отличаются высокой наглядностью и позволяют своевременно выявлять нестабильные периоды производства, принимать обоснованные решения по корректировке технологических режимов и предотвращать выпуск продукции, не соответствующей требованиям.

Был проведен анализ технологического процесса производства хлопкового масла, дана оценка стабильности производства по одному из ключевых показателей – кислотному числу с использованием контрольных карт и индексов пригодности процесса на одном из предприятий Южного Казахстана. Необходимость внедрения методов SPC на предприятии вызвана расширением рынков сбыта и необходимостью обеспечения соответствия продукции национальным и международным стандартам качества. Использование статистических методов может помочь понять характер, степень и причины неустойчивости технологического процесса с последующим оперативным устранением или снижением вероятности возникновения проблем.

(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

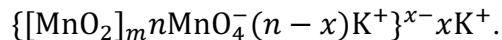
**ПОЛУЧЕНИЕ НЕОРГАНОЗОЛЕЙ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОЙ КОНДЕНСАЦИИ**

Диоксид марганца в нанокристаллическом состоянии находит применение как компонент катодов в оксидно-полупроводниковых конденсаторах на основе оксидов тантала, ниобия и алюминия, в качестве катализаторов, сорбентов, в источниках постоянного тока, для обеззараживания воды, для понижения выбросов диоксида серы, для окисления фенола при очистке фенольных стоков, а также в качестве ReRAM устройств (энергонезависимой резистивной памяти) и др [1]. Наночастицы берлинской лазури используются для создания красок, катализаторов, электрохимических и биосенсоров, терапевтических препаратов с антиоксидантной активностью, а также диагностических иммунохроматографических тест-систем. [2]. В связи с этим получение устойчивых золей диоксида марганца и берлинской лазури представляет интерес для различных отраслей науки и техники. Одним из методов, позволяющим получить золь, является химическая конденсация.

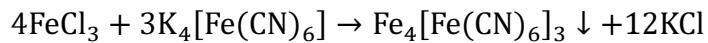
Для получения гидрозоля диоксида марганца нами предложена следующая последовательность: к 50 мл дистиллированной воды добавить 5 мл 1,5%-го раствора  $\text{KMnO}_4$ , после тщательного перемешивания к полученному раствору медленно, по каплям, тщательно перемешивания добавлять 1,2 мл 1% -го раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , по уравнению:



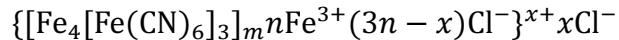
образуется золь оксида марганца (IV), структурную единицу которого можно представить в виде:



Для получения гидрозоля берлинской лазури с положительно заряженными частицами использовалась следующая методика: 0,1 мл насыщенного (47%-ного) раствора хлорида железа (III) разбавляют 150 мл воды и в полученные раствор при перемешивании добавляют 1 каплю 20%-ного раствора  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$



образуется золь берлинской лазури, структуру мицеллы которого можно представить в виде следующей формулы



Для подтверждения заряда частиц золя был использован капиллярный (капельный) метод, подтвердивший, что полученный золь содержит положительно заряженные частицы дисперсной фазы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Применение различных модификаций кристаллических структур диоксида марганца в технологических процессах / Д.А. Новикова [и др.] // Известия СПбГТИ(ТУ).– 2022.– №63(89).– С.58–64.
2. Использование гидрозолей гексацианоферрата железа для создания диагностических иммунохроматографических тест-систем / С.Н. Скопинская [и др.] // Вестник РАМН.– 2012.– № 3.– С. 80–85.

## ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОМПОЗИТЫ НА БАЗЕ СЛОИСТОГО КОБАЛЬТИТА КАЛЬЦИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ ВИСМУТА

Высокотемпературные термоэлектрогенераторы позволяют преобразовывать в электрическую энергию высокопотенциальное тепло, выделяемое предприятиями и автотранспортом, но для их создания необходимы специальные термоэлектрические материалы. Перспективными термоэлектриками являются материалы на основе слоистого кобальтита кальция  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  [1,2], однако свойства керамики на его основе уступают таковым для монокристаллов. Ввиду этого исследуются различные стратегии по улучшению свойств керамических материалов, наибольший интерес среди которых вызывают создание в керамике фазовой неоднородности, что возможно путем введения в керамику частиц другой фазы, а также применение специальных методик спекания. В данной работе исследовалось влияние количества вводимого модификатора (наночастиц  $\text{Bi}$ ) на свойства композиционной керамики на базе  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ , полученной с применением методики двухстадийного спекания.

Получение образцов, исследование их свойств и расчет параметров проводили методами, описанными в работах [3,4], а количество модификатора составило 3, 7,5 и 15 мас. %. Значения кажущейся плотности керамики изменялись в интервале 3,48–4,25 г/см<sup>3</sup> и росли при увеличении количества вводимых наночастиц висмута. Температурные зависимости удельной электропроводности образцов с добавками 3 и 7,5 мас. %  $\text{Bi}$  в интервале температур 300–500 К носили металлический характер, который вблизи 500 К изменялся на полупроводниковый, а для образца с добавкой 15 мас. % во всем интервале температур зависимость носила полупроводниковый характер. Для всех образцов значения удельной электропроводности были выше, чем для базового слоистого кобальтита кальция, а максимальное значение отвечало образцу с добавкой 7,5 мас. %  $\text{Bi}$  (таблица).

Таблица – Свойства термоэлектрической керамики различного химического состава

$T_{\text{спекания}}$ , °C	$x\text{Bi}$ , мас. %	$\rho_t$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_k$ , г/см <sup>3</sup>	$\Pi$ , %	$\sigma_{1100}$ , См/см	$S_{1100}$ , мкВ/К	$P_{1100}$ , мкВт/м $\square$ К <sup>2</sup>	$\mu_{1100}$ , см <sup>2</sup> /В $\square$ с	$p_{1100} \cdot 10^{19}$ , см <sup>-3</sup>
900	0	4,68	2,86	39	16,8	192	62	1,0	10,2
1100	3	4,83	3,48	28	50,7	204	212	3,6	8,8
	7,5	5,06	4,04	20	61,3	195	234	3,8	10,0
	15	5,45	4,25	22	56,3	212	255	4,4	7,9

Знак коэффициента термо-ЭДС был положительным во всем интервале температур, что говорит о «дырках» как основных носителях заряда, а значения коэффициента термо-ЭДС росли с ростом температуры и несколько увеличивались при модификации  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  висмутом в количестве 3 и 15 мас. %. Рассчитанные значения фактора мощности для модифицированной висмутом керамики были в 3,4–4,1 раза выше, чем для базового  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ . Результат расчетов взвешенной подвижности и концентрации носителей заряда показывает, что рост проводимости связан с ростом подвижности носителей, в то время как их концентрация оставалась практически неизменной.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Texture, mechanical and thermoelectric properties of  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  ceramics / D. Kenfaui [et al.] // J. Alloys Compd. – 2010. – Vol. 490, № 1-2. – P. 472–479.
2. Ohtaki, M. Oxide thermoelectric materials for heat-to-electricity direct energy conversion / M. Ohtaki // Nov. Carbon Resour. Sci. News. – 2010. – Vol. 3. P. 1–6.
3. Влияние добавки частиц меди на термоэлектрические свойства керамики  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ , полученной методом двухстадийного спекания / А.И. Клындюк [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2022. – Т. 67, № 2. – С. 248–256.
4. Weighted Mobility / G. J. Snyder [et al.] // Adv. Mater. – 2020. – Vol. 32, № 25. – P. 2001537.

(кафедра физической, коллоидной и аналитической химии, БГТУ)

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ НЕОРГАНОЗОЛЕЙ**

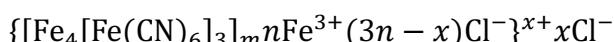
Проблема устойчивости дисперсных систем имеет огромное значение для протекания многих процессов, как природных, так и осуществляемых в различных отраслях промышленности. Обеспечить устойчивость дисперсных систем важно при получении из них различных изделий, покрытий, связующих материалов, продуктов питания, лекарственных препаратов, аэрозольных средств и т. д. [1]. Один из методов, позволяющих получить систему с требуемыми свойствами, является золь-гель метод. Для получения качественного продукта золь-гель методом необходимо обеспечить равномерное распределение компонентов, что может быть достигнуто только при сохранении агрегативной устойчивости золей [2].

В связи с широким использованием [3], в качестве объекта изучения нами были выбраны гидрозоли берлинской лазури с частицами, имеющими различный заряд. Как правило, гидрозоли берлинской лазури с положительным зарядом частиц неустойчивы, поэтому требуют стабилизации.

Золи получали по реакции обмена при различных соотношениях действующих реагентов. В случае избытка гексацианоферрата калия получали золь с отрицательно заряженными частицами:



При избытке хлорида железа получаемый золь содержит частицы, заряженные положительно:



В ходе работы в 6 пробирок были отобраны пробы по 5 мл свежеполученного гидрозоля с положительно заряженными частицами. К гидрозолю был добавлен стабилизатор (в качестве стабилизатора выбран раствор желатина ( $C=1$  г/л)) в следующих количествах: 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 мл. Через неделю золь, не содержащий желатин, сконгелировал. Золь, содержащий 0,5 мл и более раствора желатина на 5 мл золя оставался агрегативно и седиментационно устойчивым по крайней мере в течение месяца наблюдений.

Для очистки гидрозолей методом диализа, был выбран золь с отрицательно заряженными частицами. Диализ проводился в специальных ячейках, разделенных между собой целлофановой мембраной. В одну часть ячейки заливался гидрозоль берлинской лазури, а в другую – дистиллированная вода. Периодически проводились измерения  $\zeta$ -потенциалов (зарядов коллоидных частиц) электрофоретическим методом [1] и замена воды.

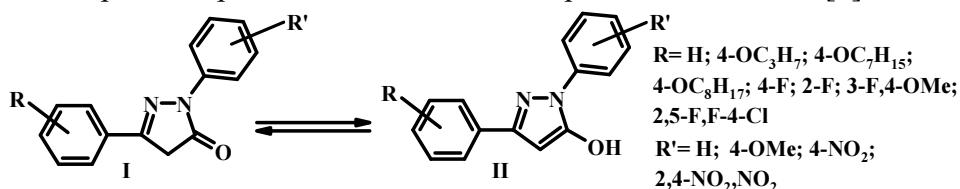
**ЛИТЕРАТУРА**

1. Клындюк, А. И. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебник / А. И. Клындюк. - Минск : РИВШ, 2024. – 396 с.
2. Синтез и некоторые свойства гидрозолей диоксида марганца, полученных с использованием тиосульфата натрия / Ко Зо Аунг [и др.] // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тез. докл. XXX Рос. молодеж. науч. конф. с междунар. участием, Екатеринбург, 6–9 окт. 2020 г. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – С. 27.
3. Fast Reaction of the Prussian Blue Based Nanozyme “Artificial Peroxidase” with the Substrates: Pre-Steady-State Kinetic Approach / M.A. Komkova [et al.] // J. Phys. Chem. Lett.–2024. – Vol. 15, No. 34.– P. 8642–8649.

## ОСОБЕННОСТИ СПЕКТРОВ ПОГЛОЩЕНИЯ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЯДА ПИРАЗОЛ-5-ОНОВ

Соединения ряда 1,3-диарилпиразолонов обладают различными типами биологической активности, а также используются при получении реагентов для экстракции [1].

Ранее нами синтезированы замещенные 1,3-диарилпиразолоны I на основе различных 3-арил-3-кетоэфиров и гидразинов. В результате проведенной ранее работы получены 3-арилпиразолоны, содержащие различные заместители при атоме азота N-1 [2].



Нами проведен анализ спектров поглощения в УФ и видимой областях синтезированных соединений. Например, в УФ спектре раствора 1-(4-нитрофенил)-3-(2-фторфенил)пиразол-5-она в этаноле (рисунок) присутствует максимум при 340 нм, который соответствует поглощению сопряженного хромафора.

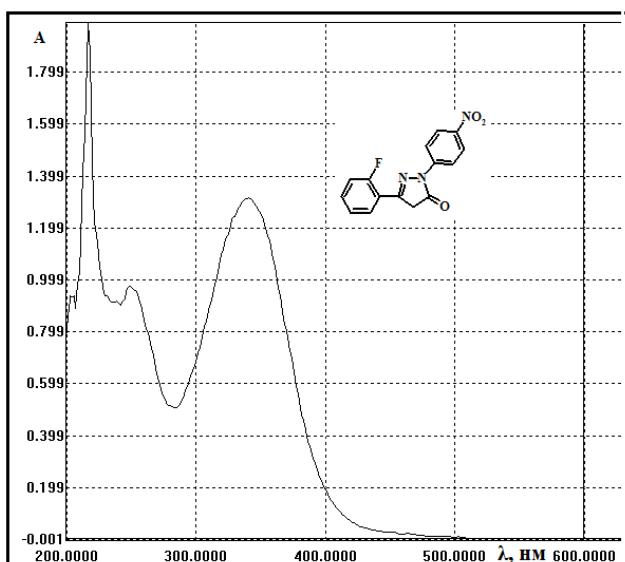


Рисунок – УФ спектре раствора 1-(4-нитрофенил)-3-(2-фторфенил)пиразол-5-она в этаноле

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия» (подпрограмма Синтез и направленное модифицирование регуляторов биопроцессов» (Биорегуляторы), задание 2.2.01 (НИР 8).

### ЛИТЕРАТУРА

1. J. Arichi, G. Goetz-Grandmont, J.P. Brunette. Solvent extraction of europium(III) from nitrate medium with 4-acyl-isoxazol-5-ones and 4-acyl-5-hydroxy-pyrazoles. Effect of salts and diluents. / Hydrometallurgy. – 2006. – Vol. 82. – P. 100-109.

2. Ковганко В.Н., Ковганко Н.Н., Слабко И.Н., Дорошук Д.С., Кручик В.И. Использование замещенных 3-арил-3-кетоэфиров в синтезе биологически активных и мезогенных пиразолов. / Сборник тезисов докладов Республиканской конференции с международным участием «Физико-химическая биология как основа современной медицины», посвященной 110-летию со дня рождения В. А. Бандарина. Ч. 1 / под ред. В. В. Хрусталёва, Т. А. Хрусталёвой. – Минск : БГМУ, 2019. С. 144.

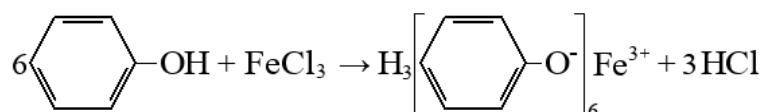
**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ НА СТРАЖЕ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ**

Современной альтернативой традиционному курению стало курение жидкостей для электронных систем доставки никотина и POD-систем. Принято считать, что они менее вредны, поскольку не содержат типичных продуктов горения табака (угарный газ, сажа и др.). Однако жидкости для вейпинга, как было установлено в данной работе, могут содержать и другие незаявленные в составе компоненты, такие как фенол.

В Беларуси с 1 апреля 2022 г. была введена обязательная сертификация нетабачной никотиносодержащей продукции. Согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 6 января 2022 г. № 8 «Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 21 октября 2016 г. № 849», состав курительных смесей должен состоять только из никотина, глицерина, пропиленгликоля, натурального и (или) синтетического ароматизатора. На сегодняшний день отсутствуют строгие протоколы контроля количественного содержания отдельных компонентов в продуктах для вейпинга, а утверждения о низком содержании каких-либо добавок на упаковке носят декларативный характер и не всегда подтверждены документально. Это и способствует формированию у потребителя жидкостей для электронных систем доставки никотина и POD-систем ошибочного восприятия безопасности, в то время как совокупность потенциальных рисков для здоровья может быть сопоставима или даже значительно выше, чем при курении традиционных табачных изделий.

Объектами исследования в данной работе были выбраны смеси для вейпинга бюджетной ценовой категории с ярко выраженным цветочно-фруктовыми ароматами, которые пользуются наибольшей популярностью среди подростков и молодежи. В связи с вышеизложенным возникло предположение, что устойчивый специфический аромат данной курительной продукции может служить для маскировки отдельных компонентов с выраженным неприятным химическим запахом. Одним из таких веществ является фенол, который может присутствовать в солевых формах смесей для электронных сигарет, для которых никотин получают методом десульфатирования.

Классической реакцией для качественного определения фенола в бесцветных или слабоокрашенных растворах является его взаимодействие с хлоридом железа (III), в результате которой образуется комплексное соединение (трифенилфенолят железа) насыщенного фиолетового цвета:



На рисунке представлены результаты качественного анализа исследуемых солевых форм никотиносодержащих смесей для электронных сигарет на наличие в них фенола.

Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4

Рисунок – Исследуемые солевые формы никотинсодержащих смесей для электронных сигарет на наличие на содержание фенола

Таким образом, используя качественный метод аналитической химии можно наглядно продемонстрировать наличие фенола (относится к 2 классу опасности веществ) в солевых формах курительных смесей для электронных сигарет и POD-систем.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВУЛКАНИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С КОМБИНАЦИЯМИ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Вулканизация является одним из важнейших процессов в технологии производства резиновых изделий. Как заключительный процесс получения резиновых изделий с заданными свойствами вулканизация имеет как теоретическое, так и практическое значение. Сложность протекающих при этом химических процессов, их специфичность для каучуков различной природы и строения обусловили исследования в этой области [1]. Сущность процесса вулканизации состоит в создании «сшитой» системы путем соединения линейных макромолекул каучука в вулканизационную сетку. Данный процесс характеризуется изменением прочностных характеристик эластомера, твердости, эластичности, тепло- и морозостойкости, степени набухания и растворимости в органических растворителях [2].

Целью исследования являлась оценка влияния типа и дозировки высокодисперсных добавок на вулканизационные свойства эластомерных композиций, содержащих минеральный наполнитель.

В качестве объектов исследования были использованы образцы резиновых смесей на основе комбинации каучуков общего назначения (натурального и полибутадиенового каучуков), содержащие высокодисперсный кремнекислотный наполнитель. В исследуемые смеси вводили образцы нанодисперсного диоксида кремния и углеродного наноматериала в дозировках 0,05–0,20 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучука. Образцом сравнения являлась эластомерная композиция без наноматериалов.

Испытания исследуемых резиновых смесей по определению их кинетических параметров процесса вулканизации проводили по ГОСТ 12535-84 на реометре ODR 2000 фирмы Alpha Technologies. Температура испытания составляла  $(143 \pm 1)$  °С.

Результаты определения вулканизационных показателей резиновых смесей показали, что эластомерные композиции с нанодисперсным диоксидом кремния, характеризуются более высокими (до 13,8 %) значениями минимального крутящего момента по сравнению с образцом, содержащим только кремнекислотный наполнитель. При этом с повышением дозировки данной нанодобавки выявлено некоторое снижение минимального крутящего момента. При введении в исследуемые резиновые смеси углеродного наноматериала установлена обратная зависимость. Показано наибольшее значение (49,92 дН·м) максимального крутящего момента для образца, содержащего углеродную нанодобавку в дозировке 0,05 мас. ч., а для смеси сравнения значение показателя составляет 42,85 дН·м. Для образца с минеральной нанодобавкой данный показатель в зависимости от дозировки находится в диапазоне 43,47–44,77 дН·м. Определено, что использование наноматериалов различных типов в исследуемых резиновых смесях приводит к снижению их времени начала подвулканизации на 5,8–18,6 %. Причем введение нанодисперсного диоксида кремния в большей степени сокращает индукционный период эластомерных композиций по сравнению с применением углеродного наноматериала, что может быть связано с особенностями функциональных групп на поверхности нанодобавок, которые способны изменять pH среды и ускорять образование действительного агента вулканизации. Однако время достижения оптимальной степени вулканизации резин с нанодисперсным диоксидом кремния или углеродным наноматериалом увеличивается до 6,4 % по сравнению с вулканизатом без нанодобавок, что свидетельствует о влиянии вводимых высокодисперсных добавок на завершающую стадию формирования вулканизационной структуры резин.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов В. Ф. Современные тенденции эволюции рецептов резин / В. Ф. Каблов // Каучук и резина. – 2018. – № 5. – С. 14–16.
2. Кулезнев В. Н. Химия и физика полимеров / В. Н. Кулезнев, В. А. Шершнев. – СПб.: Лань, 2022 – 368 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИФОГОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЁНКАХ

Особое место среди упаковочных материалов занимают многослойные полимерные пленки, обладающие уникальными барьерными, механическими и оптическими свойствами. Однако одной из существенных проблем, ограничивающих их применение, является склонность к запотеванию поверхности при эксплуатации в условиях повышенной влажности и перепадов температур. Запотевание приводит к ухудшению прозрачности пленки, снижению эстетических и эксплуатационных характеристик, а в ряде случаев к порче упакованной продукции, что особенно критично для пищевой промышленности. Для решения данной проблемы в последние годы активно разрабатываются и внедряются специальные добавки – антифоги, способные предотвращать или существенно снижать образование конденсата на поверхности полимерных материалов.

Данная работа направлена на решение важной производственной задачи, целью которой является поиск минимальной концентрации антифога, обеспечивающей требуемые характеристики пленки, а именно, обеспечение устойчивости к запотеванию. Исследовали полученные на промышленной 9-слойной выдувной экструзионной линии NOSOKAWA AL-PINE (Германия) пленки, содержащие антифог 1000170-E AF PE MB производства фирмы Ampacet (США). Добавку вводили в два последних слоя: 8-й и 9-й. Изменяли концентрацию добавки в 9-м слое, непосредственно контактирующем со средой лотка, и определяли эффективность действия антифога. Концентрацию добавки изменяли в интервале от 9 до 16 мас. %. При концентрациях 9 и 10% пленка соответствует 5-ти баллам, т.е. на поверхности образуется сплошной слой мелких капель, из-за чего очень трудно разглядеть содержимое лотка. При увеличении содержания антифога до 11% устойчивость к запотеванию составляет 3 балла после 30 мин и 5 баллов после 6 ч (рисунок, а), что не соответствует требованиям к образцам. При 14%-й концентрации наблюдается полное исчезновение капель на поверхности пленки через 30 мин, что соответствует 9 баллам (рисунок, б).



а – 5 баллов, 1 тип через 6 ч экспозиции; б – 9 баллов, 2 тип  
Рисунок – Определение устойчивости к запотеванию

Дальнейшее увеличение концентрации до 16% не является целесообразным. В этом случае пленка также соответствует 9-ти баллам, однако, возможно возникновение дефектов в виде расслоения пленки между 8-м и 9-м слоями.

Таким образом, наилучшие результаты по устойчивости к запотеванию показали образцы многослойной пленки, содержащие антифог в концентрации 14 мас. %. В дальнейшем исследования будут проводиться и для других антифогов с целью снижения себестоимости и повышения устойчивости пленочных материалов к запотеванию.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ПЛАСТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ И ВУЛКАНИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОДЕЛЬНЫХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В связи со стабилизацией ассортимента каучуков и основных ингредиентов резиновых смесей для создания резин с новыми свойствами весьма перспективным является использование в резиновых смесях новых химических добавок полифункционального действия. При смешении каучуков с такими добавками образуются композиции, применение которых позволяет в сильной степени изменить свойства, как резиновых смесей, так и полученных из них резин. Возможность использования полифункциональных добавок связана с их химическим строением, агрегатным состоянием и влиянием на структуру эластомерных композиций. Правильный подбор и введение добавок в резиновую смесь может облегчать ее переработку (эффект пластификации), изменять клейкость, когезионную прочность, параметры вулканизации и многие другие характеристики.

Целью исследования является установление влияния технологически активной добавки (ТАД-ЖК) при частичной и/или полной замене отдельных ингредиентов вулканизующей группы на реологические и кинетические характеристики модельных эластомерных композиций на основе синтетического изопренового каучука общего назначения СКИ-3.

Применяемая в данной работе ТАД-ЖК представляет собой органоминеральный комплекс на основе смеси жирных кислот и природного бентонита. В рецептурах модельных резиновых смесей осуществлялась различная процентная замена отдельных компонентов вулканизующей группы на ТАД-ЖК, которая дозировалась в соответствии с уменьшением дозировки вулканизующей группы.

Определение пластиэластических свойств резиновых смесей проводилось на сдвиговом дисковом вискозиметре MV2000 в соответствии с ГОСТ 10722–76. Определение кинетических параметров вулканизации модельных резиновых смесей проводили на реометре ODR2000 фирмы Alpha Technologies согласно ГОСТ 12535–84. Установлено, что частичная замена (до 30%) таких компонентов вулканизующей группы как альтакс, цинковые белила, сера и гуанидин Ф на ТАД-ЖК приводит к значительному (до 60,2%) снижению вязкости по Муни резиновых смесей благодаря пластифицирующему действию жирных кислот, входящих в состав исследуемой добавки [1]. Однако замена стеариновой кислоты, а также применение высоких дозировок ТАД-ЖК (свыше 50%) приводит к увеличению показателя вязкости, что вероятно, объясняется структурирующим эффектом бентонита, который ограничивает подвижность полимерных цепей [2].

Применение ТАД-ЖК повышает технологическую безопасность процесса вулканизации, увеличивая начала времени вулканизации до 57,3% для большинства исследуемых систем, что снижает риск подвулканизации. При этом технологически активная добавка существенно ускоряет основную стадию вулканизации, сокращая оптимум вулканизации с 37,22 до 5,75–35,96 мин. При полная замене серы и гуанидина Ф на ТАД-ЖК не наблюдается процесса вулканизации, что указывает на их незаменимую роль в формировании поперечных связей и невозможность данной замены.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Investigation on the properties of rubber composites containing modified clay Available to Purchase / S.H. El-Sabbagh [et al.] // Pigment & Resin Technology. – 2015. – Vol. 44, no. 3. – P. 131–142.
2. Preparation and characterization of natural rubber latex/modified montmorillonite clay nano-composite / F.H.J. Al-Shemmari [et al.] // Research on Chemical Intermediates. – 2012. – Vol. 39, no. 9. – P. 1–9.

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВЕТРОВАЛЬНО-БУРЕЛОМНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Июльский ураган, который прошел по территории Беларуси в середине лета 2024 года, назвали одним из самых разрушительных по последствиям для лесов нашей республики.

Минлесхоз оценил площадь затронутых июльским ураганом лесных угодий в 44 тыс. га, а объем поврежденной древесины, которая оказалась на этой территории – в 6 млн. га.

Наиболее пострадавшими оказались леса Гомельской области – 33 тыс. га. Ураган за-дел территории 30 лесхозов. Самые пострадавшие: Буда-Кошелевский опытный лесхоз – 1184 га, Калинковичский – 1866 га, Речицкий опытный – 1916 га, Василевичский – 2795 га, Мозырский опытный – 3002 га, Жлобинский – 3054 га.

Общая площадь территории, на которой необходимо было провести сплошные санитарные рубки, по оценкам Минлесхоза, составила 16378 га.

В начале августа Мозырский район посетил А.Г. Лукашенко. Президент поручил завершить работы по заготовке и очистке лесосек на сплошных санитарных рубках до 1 ноября 2024 года, чтобы затем обеспечить своевременное и качественное лесовосстановление. Для работы по ликвидации бурелома Минлесхозом было задействовано более 4 тысяч человек и около 6,8 тысячи единиц техники.

Работы по разработке ветровально-буреломных деревьев начались в авральном режиме. И это не способствовало безопасному выполнению работ.

В ходе контрольных мероприятий Комитета государственного контроля, Департамента государственной инспекции труда, специалистами по охране труда лесхозов выявлено более 5 тысяч нарушений правил и норм охраны труда, применено к нарушителям более 950 взысканий.

29% производственных травм (12 травмированных, в том числе 2 смертельно) о общего количества получено в ходе разработки ветровальных и (или) буреломных лесосек.

В ходе проверок выявлены характерные нарушения требований законодательства об охране труда:

- недостатки и (или) нарушения при подготовке (составлении) технологической карты на разработку лесосеки в Вилейском опытном, Витебском, Ганцевичском, Копыльском опытном, Лидском, Лоевском, Малоритском, Осиповичском опытном, Оршанском, лесхозах;

- нарушения при проведении лесосечных работ в Быховском, Вилейском опытном, Ганцевичском, Пинском, Телеханском, Червенском, Чериковском лесхозах;

- не осуществление непосредственными руководителями работ должного контроля за соблюдением требований по охране труда работниками в Быховском, Ганцевичском, Горецком, Пинском, Речицком опытном, Стародорожском опытном, Телеханском лесхозах;

- неприменение работниками выданных средств индивидуальной защиты в Ганцевичском, Горецком, Костюковичском, Пинском, Рецицком опытном, Стародорожском опытном лесхозах.

Выявленные нарушения допущены в связи с низкой трудовой дисциплиной и квалификацией руководителей работ, специалистов, что требует дополнительного внимания в части качества подготовки руководителей работ и структурных подразделений.

В целях профилактики и недопущения в дальнейшем травматизма работающих при выполнении работ по уборке ветровально-буреломных деревьев Департамент государственной инспекции труда требует от работодателей обеспечить безусловное соблюдение Правил по охране труда при ведении лесного хозяйства, обработке древесины и производства изделий из дерева, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 30.03.2020 № 32/5.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА**  
**И РОЛЬ ПРОФСОЮЗОВ В КОНТРОЛЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ**  
**ЗДОРОВЫХ И БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

Анализ несчастных случаев на производстве показывает, что 90% всех причин обусловлены неправильными действиями работников «человеческим фактором», в том числе нарушением потерпевшими требований трудовой и производственной дисциплины, инструкций по охране труда и невыполнением должностными лицами нанимателя своих трудовых обязанностей. Бороться с данной проблемой можно и нужно, и участвовать в этом должны все - наниматель, профсоюзы, работники.

В этой связи огромная роль отводится профсоюзам. Их задача конкретно и четко определить свои функции и работников в структуре системы управления охраной труда (СУОТ) на предприятии.

Законодательством определены механизмы представительства профсоюзов и работников в управлении охраной труда и осуществления ими общественного контроля.

Согласно пункту 5 Указа Президента Республики Беларусь «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности общественный контроль в форме проведения проверок осуществляют профессиональные союзы, их организационные структуры [1].

Виды общественного контроля, право на осуществление которого предоставлено профессиональным союзам, установлены Законом Республики Беларусь «О профессиональных союзах». Данным Законом установлено, что профсоюзы вправе осуществлять общественный контроль за:

соблюдением законодательства об охране труда;

выполнением коллективного договора (соглашения);

деятельностью организаций здравоохранения в области охраны здоровья;

соблюдением нанимателем, собственником или уполномоченным им органом управления законодательства Республики Беларусь о труде;

соблюдением нанимателем, собственником или уполномоченным им органом управления законодательства Республики Беларусь о профсоюзах;

проведением проверок в случаях, установленных законодательными актами.

Общественный контроль за соблюдением законодательства об охране труда в порядке, установленном в Указе № 240, осуществляют профсоюзы через их технических инспекторов труда, общественных инспекторов по охране труда, других уполномоченных представителей профсоюзов [2].

Право на осуществление общественного контроля в форме проверок предоставляется только правовым и техническим инспекторам труда профсоюзов, которыми могут быть лица, состоящие в трудовых отношениях с профсоюзами. Обязательным квалификационным требованием к правовым и техническим инспекторам труда профсоюзов является наличие у них соответственно высшего юридического или высшего технического образования.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь. Указ Президента Республики Беларусь, 18 октября, 2009 г. № 510 // [Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь](#) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=p30900510>. Дата доступа 20.11.2025.

2. Об осуществлении общественного контроля профессиональными союзами. Указ Президента Республики Беларусь, 6 мая, 2010 г. № 240 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31000240>. Дата доступа 20.11.2025.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЭКОЛОГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Основной проблемой является химическое загрязнение почв. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС, а также текущая агрохимическая деятельность приводят к накоплению в почвах радионуклидов, тяжёлых металлов и остаточных количеств пестицидов и нитратов. Это негативно влияет на количество сельхозпродукции и безопасность пищевых цепочек.

Авария на Чернобыльской АЭС 26.04.1986 представляет собой крупнейшую техногенную катастрофу современности. Наибольший ущерб был нанесён Гомельской области, где площадь территорий, подвергшихся загрязнению Cs-137 с плотностью выше 1 Ки/км<sup>2</sup> по состоянию на 1986 год, составила 28 тыс. км<sup>2</sup> или 69% от общей площади региона.

Наши родные города (Мозырь и Ельск), расположенные в южной части Гомельской области, подверглись радиоактивному воздействию в результате аварии на Чернобыльской АЭС. По критериям плотности загрязнения, территории Мозыря были отнесены к зоне с умеренным и слабым уровнями, несмотря на регистрацию значимых мощностей дозы гамма-излучения в начальный поставшийся период. В то же время, Ельск характеризовался высокой степенью радиоактивного загрязнения.

Согласно Постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 08.02.2021, г. Ельск относится к зоне проживания с периодическим радиоактивным контролем – территория с плотностью загрязнения почв Цезием-137 от 1 до 5 Ки/км<sup>2</sup> (накапливается во внутренних органах и замещает калий), Стронцием-90 от 0,15 до 0,5 Ки/км<sup>2</sup> (накапливается, в основном, в костях и замещает кальций), изотопами Плутония-238, 239, 240 до 0,02 Ки/км<sup>2</sup> (накапливается в крови и замещает железо), и где среднегодовая эффективная доза облучения населения не должна превышать 1 мЗв в год.

В 2010 году г. Мозырь был официально исключен из перечня территорий радиоактивного загрязнения. Тем не менее, 37 населённых пунктов Мозырского района по-прежнему сохраняют статус зон с правом на льготное социально-экономическое положение, что предполагает проведение системного радиационного мониторинга.

Второй значимой проблемой является загрязнение водных объектов. Поверхностные и грунтовые воды подвержены воздействию сточных вод промышленных предприятий, а также диффузному загрязнению с сельскохозяйственных угодий.

Перспективными направлениями решения указанных проблем являются:

1. Внедрение и совершенствование технологий очистки промышленных и сельхозстоков.
2. Развитие систем мониторинга окружающей среды с применением современных физико-химических методов анализа.
3. Продвижение принципов «зеленой» химии и наилучших технологий на производствах.
4. Разработка и применение активных сорбентов для ремедиации загрязнённых почв и вод, в том числе на основе местного сырья и отходов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-З «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=vC22100075>.

2. Перечень населенных пунктов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения на территории Беларуси. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rad.org.by/radiation-in-rb/>.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ОАО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ БЕЛАРУСЬ»

Проблема экологии как никогда актуальна, ведь она связывает воедино три задачи развития современного общества: безопасность жизнедеятельности, экологию и технологические процессы. Заводы, чьи выбросы отравляют воздух, – это не только экологическая, но и социальная проблема, подрывающая здоровье населения. Устаревшая технология, приведшая к аварии, – это не только технический просчет, но и прямой удар по безопасности тысячи людей. Данная работа посвящена анализу этих проблем и поиску путей к устойчивому и безопасному будущему.

Актуальные проблемы экологии и технологических процессов, которые мы видим сегодня, – это техногенное воздействие на экосистемы: выбросы парниковых газов, загрязнение почв и водных ресурсов, риски для населения, проживающего вблизи промышленных объектов, моральный и физический износ инфраструктуры, ведущий к повышенной аварийности.

Проведем анализ этих проблем на примере компании «Газпром трансгаз Беларусь», которая является надежным оператором магистральных газопроводов.

Особое внимание ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» уделяет популяризации идеи перевода автотранспорта на газомоторное топливо. Согласно Государственному плану перевода общественного и коммунального транспорта на экологически чистое топливо, в Беларусь создается широкая сеть заправочных и сервисных станций. Именно здесь, на таком критически важном объекте, экология и безопасность становятся абсолютным приоритетом. Компания активно внедряет передовые технологические процессы, направленные на минимизацию воздействия на окружающую среду. Это позволяет не только снизить выбросы, но и обеспечить высочайший уровень промышленной безопасности на объектах.

Вот лишь несколько конкретных мер по улучшению экологии и технологических процессов, которые проводятся на ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»:

**1. Программа модернизации.** Старые газотурбинные приводы на компрессорных станциях постепенно заменяются на современные, более эффективные и экологичные агрегаты. Это позволяет значительно сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

**2. Системы экологического мониторинга.** По всему маршруту газопроводов размещены датчики, которые в режиме реального времени отслеживают состояние воздуха, почвы и воды. Это не только предотвращает инциденты, но и позволяет мгновенно на них реагировать.

**3. Безопасность технологических процессов.** Внедряются цифровые двойники трубопроводов, которые прогнозируют возможные точки напряжения и износа. Это активный подход, позволяющий устранять риски до того, как они приведут к аварии.

**4. Подготовка и обучение персонала.** Регулярные учения по ликвидации условных аварий, отработка действий при чрезвычайных ситуациях – это неформальная, но крайне важная часть работы.

В заключение можно сказать, что опыт такой компании, как «Газпром трансгаз Беларусь», наглядно доказывает, что современные технологические процессы – это не угроза экологии и безопасности, а главный инструмент их обеспечения. Решение актуальных проблем лежит не в отказе от промышленности, а в ее разумной трансформации.

### ЛИТЕРАТУРА

1. О компании ОАО «Газпром трансгаз Беларусь». Режим доступа: <https://belarus-tr.gazprom.ru/about/>. Дата доступа 19.11.2025.

2. Экологические проблемы республики Беларусь. Режим доступа: <https://ecoportal.info/ekologicheskie-problemy-belorussi/>. Дата доступа 19.11.2025.

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ БЕЛАЭС

### 1. Эксплуатация и интеграция в энергосистему

Основной источник энергии: ископаемое топливо (нефть, газ, уголь).

Диспетчеризация и балансировка: Мощность станции сопоставима с пиковым потреблением страны, что создает сложности в периоды низкого энергопотребления.

Ключевая проблема: выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания топлива усиливают парниковый эффект и глобальное потепление.

Риск для стабильности: Внезапное отключение блока может привести к масштабным веерным отключениям.

Режим маневрирования: Работа в режиме переменной нагрузки не является штатной для реакторов ВВЭР-1200 и создает дополнительные циклические нагрузки, потенциально снижая ресурс оборудования.

Атомная энергетика: современные реакторы обладают повышенной безопасностью, разработаны технологии для надёжного обращения и переработки радиоактивных отходов (РАО).

«Детские болезни»: Как новый сложный объект, станция сталкивается с необходимостью тонкой настройки систем и устранения недочетов во вспомогательном оборудовании.

### 2. БелАЭС: Общие сведения и значимость

Станция с двумя современными реакторами ВВЭР-1200.

Мощность: ~2400 МВт – ключевой объект энергосистемы Беларуси

### 3. Топливный цикл и радиоактивные отходы

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ): Актуальна проблема безопасной и своевременной транспортировки ОЯТ для переработки в Россию.

Радиоактивные отходы (РАО): Отсутствие в Беларуси национального пункта окончательного захоронения РАО — острая долгосрочная проблема. Накопление отходов на временных хранилищах создает растущую нагрузку.

### 4. Кадровые и организационные вызовы

Культура безопасности: Формирование безупречной культуры безопасности на первой в стране АЭС – сложный и длительный процесс, сохраняются риски человеческого фактора.

Сохранение кадров: Ключевая задача – удержание высококвалифицированных специалистов и предотвращение их «выгорания» на протяжении всего срока эксплуатации станции (60+ лет).

### 5. Внешние риски.

Технологическая зависимость: Зависимость от российских технологий, топлива, запасных частей и сервиса создает потенциальные риски для долгосрочной эксплуатации в условиях санкций.

Трансграничный фактор: Близость к границам ЕС обуславливает повышенное внимание и требует постоянной работы по обеспечению прозрачности для минимизации репутационных рисков.

Заключение: Проблемы БелАЭС сместились от строительства к сложной эксплуатации. Ключевые вызовы – интеграция в малую энергосистему, обращение с ОЯТ и РАО, поддержание высокой кадровой культуры и управление внешнеполитическими рисками. Поддержание высочайшего уровня эксплуатационной культуры. Работа в условиях внешнеполитического давления. Успешное решение этих задач определит надёжную и безопасную работу станции на десятилетия вперёд.

## ЛИТЕРАТУРА

- 100 вопросов 100 ответов об атомной энергетике [Печатный ресурс].

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА

Антропогенная эвтрофикация водоемов, вызванная сбросом недостаточно очищенных сточных вод, богатых биогенными элементами, представляет собой одну из наиболее серьезных экологических проблем современности.

Поступление избыточного количества соединений азота и фосфора в водные экосистемы приводит к интенсивному размножению цианобактерий и фитопланктона, что вызывает «цветение» воды, дефицит растворенного кислорода, формирование зон замора рыб и общую деградацию водных экосистем.

Перспективным направлением в решении этой проблемы является использование микроводорослей для доочистки сточных вод. Такие виды как хлорелла обыкновенная и сцепнедесмус косой демонстрируют высокую эффективность в усвоении соединений азота и фосфора в процессе своего роста [1]. Эти микроорганизмы поглощают загрязняющие вещества, преобразуя их в собственную биомассу через сложные биохимические процессы. Технология может реализовываться в открытых прудах или закрытых фотобиореакторах. После стандартной очистки сточные воды направляются на доочистку, где микроводоросли в течение нескольких дней поглощают из воды биогенные элементы. Ключевым преимуществом является способность микроводорослей одновременно усваивать разные формы азота – аммонийный, нитратный и нитритный, а также фосфаты, что обеспечивает комплексную очистку. При этом в процессе фотосинтеза они обогащают воду кислородом, улучшая ее качество перед сбросом в водные объекты. Оптимальные результаты достигаются при поддержании определенных параметров среды – температуры, освещенности и pH, что позволяет максимизировать скорость роста и потребления питательных элементов. Очистка завершается отделением выращенной биомассы от очищенной воды с помощью флотации или центрифugирования. Таким образом, этап доочистки с помощью микроводорослей позволяет практически полностью удалить из стоков избытки азота и фосфора, предотвращая эвтрофикацию водоемов.

Основное преимущество данной технологии заключается в ее двойной выгоде: достигается высокая степень очистки сточных вод от биогенных элементов, одновременно производится ценная биомасса, которая может быть использована в различных направлениях. Накопленная биомасса микроводорослей служит сырьем для производства биотоплива, кормовых добавок для сельского хозяйства, биоудобрений и других полезных продуктов.

Важным аспектом является и то, что в процессе фотосинтеза микроводоросли поглощают углекислый газ, способствуя снижению его концентрации в атмосфере. Это делает технологию особенно актуальной в условиях современного изменения климата [2]. Эффективность удаления азота и фосфора может достигать 90% и более, что соответствует самым строгим экологическим нормативам.

Таким образом, применение микроводорослей для очистки сточных вод представляет собой экологически безопасный и экономически перспективный метод, который позволяет не только решать проблему эвтрофикации водоемов, но и получать полезные продукты из образующейся биомассы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гринь, С.К. Биотехнология очистки сточных вод с использованием микроводорослей / С.К. Гринь, Т.П. Куницкая // Вода и экология: проблемы и решения. – 2020. – № 3. – С. 45–52.
2. Wang, Y. Nutrient removal from municipal wastewater by microalgae cultivation in a circular bioeconomy context / Y. Wang, H. Ho // Bioresource Technology. – 2022. – Vol. 363. – P. 127–135.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОМИЦЕТОВ

Загрязнение почв тяжелыми металлами представляет собой одну из наиболее серьезных экологических угроз для природных экосистем и здоровья человека. Источниками такого загрязнения являются промышленные выбросы, автомобильные выхлопы, сельскохозяйственные и промышленные стоки, отходы, в результате чего загрязняющие вещества могут сохраняться в почве, постепенно накапливаясь и усиливая негативное воздействие на окружающую среду.

Тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий, ртуть, цинк, обладают способностью накапливаться в почве, мигрировать в грунтовые воды и включаться в пищевые цепочки. Достигая организма животных и человека, они оказывают токсическое воздействие даже при относительно низких концентрациях и приводят к развитию хронических заболеваний.

Традиционные методы очистки загрязненных почв, включая химические и термические методы, удаление верхнего слоя грунта, требуют значительных финансовых затрат и могут привести к разрушению естественной структуры почвы, потере ее плодородия. Кроме того, эти методы зачастую негативно влияют на почвенную микрофлору и требуют использования специального оборудования. В связи с этим все более актуальными становятся альтернативные, экологически безопасные подходы к восстановлению загрязненных территорий.

Одним из таких перспективных направлений является биоремедиация с использованием микроскопических грибов – микромицетов [1]. Эти организмы обладают способностью адаптироваться к неблагоприятным условиям окружающей среды благодаря уникальным биохимическим особенностям. Многие виды грибов обладают естественной устойчивостью к токсическому действию тяжелых металлов и развили сложные механизмы детоксикации в процессе эволюции.

Данные механизмы включают несколько взаимодополняющих процессов [2]. Во-первых, это биосорбция – пассивное связывание ионов металлов компонентами клеточной стенки, такими как хитин, меланин и глюканы. Во-вторых, внутриклеточное накопление, при котором металлы транспортируются внутрь клетки и обезвреживаются с помощью специальных белков, например, металлотионеинов. В-третьих, биопреципитация – превращение растворимых ионов металлов в нерастворимые соединения, такие как оксалаты или фосфаты, что резко снижает их подвижность и доступность для живых организмов.

Совокупность этих процессов приводит к эффективному сокращению содержания биодоступных форм в почве. Грибной мицелий образует в почве разветвленную сеть, которая стабилизирует состав почвы и собственные загрязнения, а также повышает аэрацию и водопроницаемость грунта. Этот барьер ограничивает дальнейшее перемещение твердых металлов в окружающую среду.

Таким образом, применение микромицетов позволяет не только очистить загрязненную почву, но и восстановить ее экологические функции и природное плодородие. Данный метод является экономически выгодным и экологически устойчивым для решения проблем загрязнения почвы тяжелыми металлами. Перспективы этого метода объясняются выбором различных штаммов грибов для очистки различных типов почв с разным характером загрязнения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонова, Н.О. Детоксикация тяжелых металлов в почве штаммами микромицетов / Н.О. Тихонова, В.И. Савенков // Прикладная биохимия и микробиология. – 2019. – Т. 55, № 4. – С. 345–351.
2. Gadd, G.M. Fungal bioremediation of soils contaminated with heavy metals / G.M. Gadd // Current Opinion in Biotechnology. – 2022. – Vol. 76. – P. 102–110.

## КОФЕИН КАК ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ КАТАЛИЗАТОРАМ В ОРГАНИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Современная наука стремится к снижению токсичности и отходов в химических процессах. Использование биоразлагаемых катализаторов снижает экологическую нагрузку и риск для здоровья. Имеет значение и экономический фактор использования природных веществ как дешёвого и доступного продукта, в отличие от дорогих металлов.

Кофеин, благодаря своей структуре (пуриновое ядро, наличие донорно-акцепторных центров и способность образовывать водородные связи), может проявлять катализическую активность в ряде органических реакций (например, конденсации, окисления, образования комплексов), что позволит рассматривать его как экологически безопасную альтернативу традиционным катализаторам.

Цель данного исследования: определение возможности использования кофеина в качестве экологически безопасного катализатора и разработка методики по внедрению кофеина в органический синтез, выявление возможных областей его применения в «зелёной химии».

В ходе данной работы были проиллюстрированы экологические проблемы, связанные с загрязнением отходами химического происхождения, рассмотрены способы внедрения технологий «зелёной химии» как инструмента минимизации этих отходов. Применение биоразлагаемых катализаторов, в частности алкалоидов и других биологических систем, позволяет значительно снизить или полностью исключить использование токсичных, коррозионных и тяжело утилизируемых металлических катализаторов и агрессивных реагентов. Это напрямую способствует предотвращению загрязнения окружающей среды, что является первым и основным принципом «зелёной химии».

Данной работой было продемонстрировано, что кофеин в роли биоразлагаемого катализатора полностью соответствует концепции «зелёной химии» и является перспективной альтернативой привычных оснований. К его преимуществам можно отнести не только безопасность в использовании за счет нетоксичности и возобновляемости, но и мягкость условий, в которых он себя реализовал.

Каталитические свойства кофеина и его солей были исследованы на примере доминно-реакций с участием  $\beta$ -дикетонов и ароматических альдегидов [1]. Показано, что направленность реакций зависит от pH реакционной среды. Исключительная субстратная селективность данной каталитической системы минимизирует образование побочных продуктов, что упрощает процессы выделения и очистки целевого соединения, снижает количество отходов и повышает атомную экономичность реакций. Эти результаты подтверждены экспериментально и доказаны методами тонкослойной хроматографии и ЯМР-спектроскопии.

Разработка других методик внедрения кофеина как альтернативы основным катализаторам в тонких органических синтезах лекарств, природных соединений, феромонов и пестицидов может служить перспективным инструментом «зелёной химии», который поможет снизить ущерб окружающей среде, облегчить работу по производству органических веществ и обеспечить хорошими выходами целевых продуктов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Saghanezhad, S. J. Caffeine- $\text{H}_2\text{SO}_4$ : An efficient bio-based catalyst for the one-pot preparation of 1,8-dioxo-octahydro-xanthenes / S. J. Saghanezhad // Revue Roumaine de Chimie. – 2018. Vol. 63. – № 1. – P. 67–72.

## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА БИТУМА

Одним из важнейших свойств битумного вяжущего является вязкость. Вязкость характеризует консистенцию битума, возможность его смешения с минеральными материалами, условия приготовления и укладки асфальтобетонного покрытия. Чем больше вязкость битума, тем более высокие температуры необходимы для формирования тонкого слоя битума на поверхности твердых частиц минерального компонента асфальтобетонной смеси. Однако высокие температуры при приготовлении вяжущего способствуют усиленному старению битума и ухудшению его качественных показателей. Современный подход оценки качества битума основан на установлении реологических характеристик вяжущего в различных условиях (температуры, приложенных нагрузок и т.п.) для определения оптимальных условий и температуры технологических стадий приготовления асфальтобетонных смесей. Так, при приготовлении асфальтобетонных смесей рекомендуется ориентироваться на значения вязкости битумных вяжущих: 0,2 Па·с – вязкость, соответствующая оптимальной температуре перемешивания асфальтобетонных смесей, и 30 Па·с – вязкость, соответствующая минимальной температуре уплотнения. В случае производства модифицированного битума введение в него полимерного компонента приводит к резкому увеличению вязкости и, как следствие, повышению температуры и длительности приготовления асфальтобетонных смесей. Для лучшего распределения и набухания полимера в объеме битума, обеспечение необходимой вязкости при смешении битума с минеральными компонентами в процессе используются различные пластификаторы.

Целью данной работы было изучение вязкостно-температурных свойств модифицированного битума с различным содержанием пластификатора. В качестве пластификатора для модифицированного битума использовали рапсовое масло, содержание которого составляло 3-7 мас. %. Динамическую вязкость модифицированного битума определяли при различных температурах с помощью ротационного вискозиметра RVDV-2H (C-Tech, Китай), используемый шпиндель №21. На рисунке показана зависимость вязкости от содержания пластификатора при различных температурах.

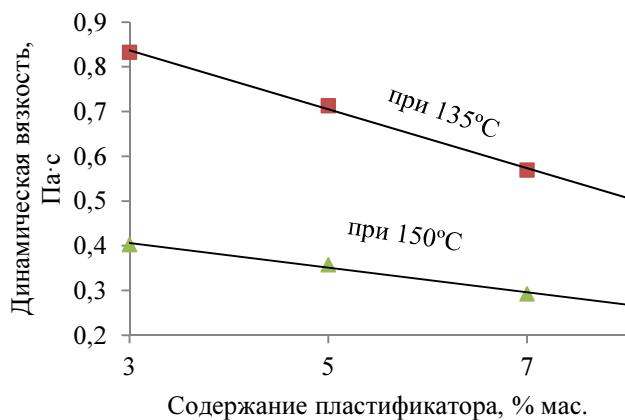


Рисунок – Зависимость динамической вязкости битумов от содержания пластификатора

Установлено, что с увеличением содержания пластификатора в составе модифицированного битума наблюдается снижение динамическая вязкость вяжущего. Введение 7 мас. % рапсового масла приводит к снижению вязкости модифицированного вяжущего в 1,8 раза.

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ СИНТЕЗА

Фенолоформальдегидные смолы (ФФС), являющиеся продуктами поликонденсации фенольных соединений с формальдегидом, занимают весомое место в общем объеме мирового производства синтетических смол. Наиболее широко их используют для производства древесной плитной продукции и других композитных материалов. Для получения ФФС с улучшенными эксплуатационными свойствами и для уменьшения токсичности в неё вводят различные модификаторы. Перспективным модификатором является талловое масло, представляющее собой побочный продукт целлюлозно-бумажного производства. Также известно, что в качестве модифицирующей добавки используют борную кислоту, которая позволяет снизить содержание свободного формальдегида и таким образом уменьшить токсичность получаемой ФФС [1].

Объектом исследования являлась содержащая поликарбоксилатный лигнин (ПКЛ) ФФС резольного типа с использованием в качестве модификаторов борной кислоты и таллового масла в количестве 5% от массы получаемой смолы для каждого. В качестве контрольного образца использовалась ФФС, содержащая ПКЛ в количестве 4% от массы смолы.

Целью исследования был синтез ФФС на основе лигнина, модифицированных борной кислотой и талловым маслом, с определением их показателей качества в соответствии с требованиями ГОСТ 20907–2016.

Результаты исследований приведены в таблице.

Таблица – Показатели качества ФФС

Свойства	Образцы			ГОСТ 20907–2016 (для СФЖ-3014)
	ФФС (контроль)	ФФС (бор- ная кисло- та)	ФФС (тал- ловое мас- ло)	
1. pH	10,7	6,1	8,4	–
2. Условная вязкость, с	23,4	64,3	76,8	17 – 130
3. Массовая доля нелетучих веществ, %	47,5	48,1	51,6	46 – 52
4. Массовая доля щёлочи, %	6,4	5,8	6,1	6,0 – 7,5
1. 5. Массовая доля формальдегида, %	0,22	0,07	0,13	≤ 0,10
1. 6. Время желатинизации, с	115	104	92	–

Как следует из таблицы, модифицирование ФФС талловым маслом и борной кислотой, привело к уменьшению времени желатинизации на 20% и 9% соответственно. Кроме того, добавление таллового масла позволило снизить содержание формальдегида в получаемой смоле на 40%, а использование борной кислоты уменьшило его содержание на 68% относительно контрольной смолы.

Таким образом, использование в процессе синтеза содержащих поликарбоксилатный лигнин фенолоформальдегидных смол в качестве модификаторов борной кислоты и таллового масла позволяет существенно улучшить показатели качества получаемых синтетических смол.

### ЛИТЕРАТУРА

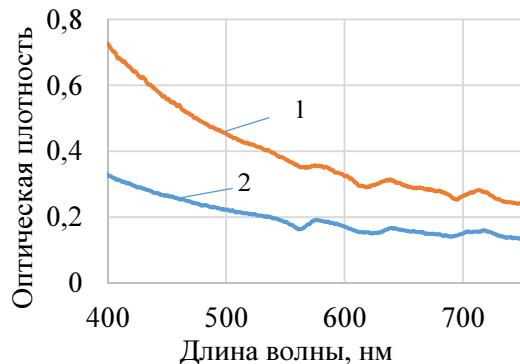
1. Виткарова, И.А. Технологии получения и свойств фенолоформальдегидных смол и композиций на их основе / Виткарова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. // ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых» – Журнал Научное обозрение. Технические науки. – № 2. – 2017. – С. 15 – 28.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЫ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

В настоящее время одной из экологических проблем является накопление отработанных масел. Существуют различные способы переработки и регенерации данного вида отходов потребления, среди которых можно выделить такие, как коагуляция, фильтрация, сернокислотная очистка, ионообменная и гидрогенизационная очистка. Однако в независимости от способа очистки главной проблемой остается оценка уровня загрязненности отработанных масел. Из-за поверхностно-активных веществ, входящих в состав присадок для масел, отработанные масла представляют собой устойчивые дисперсные системы, в которых дисперсной фазой выступают загрязнители. В качестве загрязнителей могут выступать продукты окисления, образующиеся в процессе эксплуатации масла, а также сажа, образовавшаяся за счет неполного сгорания топлива. Кроме того, в масла попадает пыль, песок, частички металлов, образующиеся при износе металлических материалов машин, агрегатов и аппаратов. Эти загрязнения имеют различную природу и обуславливают возможное направление переработки отработанного масла.

Все загрязняющие компоненты отработанных масел можно условно разделить на две категории: механические примеси и продукты окисления. Существуют два стандартных способа определения содержания механических примесей (ГОСТ 20684 и ГОСТ 6370), которые основаны на центрифугировании или фильтрации раствора масла в легком углеводородном растворителе, с последующим гравиметрическим анализом. Недостатком этих способов является продолжительность процесса и невозможность уловить частицы менее 8-12 мкм. Для оценки образующихся продуктов окисления в масле применяют такие показатели как кислотное число (ГОСТ 11362) и щелочное число (ГОСТ 30050), которые определяются потенциометрическим титрованием навески масла в растворителе. Недостатками этих методов являются длительность процесса и применение специфических дорогостоящих реагентов. Одним из перспективных способов оценки загрязнителей в отработанных маслах является спектрофотометрический метод. Продукты окисления, находящиеся в масле, поглощают свет, тем самым повышая оптическую плотность раствора, а механические примеси, содержащиеся в масле, рассеивают свет в видимой области спектра, что позволяет оценить степень загрязнения.

Цель работы заключалась в изучении дисперсной системы отработанного масла и определении степени его загрязнения до и после коагуляционной очистки спектрофотометрическим методом. Оптические спектры записывались при комнатной температуре ( $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ) в кюветах толщиной 1,06 мм на спектрофотометре СФ-2000 в диапазоне длин волн от 400 до 800 нм (рисунок).



Отработанное масло: 1 – до очистки, 2 – после очистки

Рисунок. Видимые спектры отработанного масла до и после очистки

Показано, что после коагуляционной очистки отработанного масла наблюдается снижение оптической плотности, что свидетельствует о снижении загрязненности масла.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУМАГИ-ОСНОВЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БУМАЖНО-СМОЛЯНЫХ ПЛЕНОК И ПЛАСТИКОВ

Бумажно-смоляные пленки и пластики – это композиционные материалы, получаемые путем пропитки бумаги синтетическими смолами с последующим термопрессованием.

Цель работы – исследовать разработанные составы для пропитки бумажной основы при производстве декоративно-бумажных слоистых пластиков (ДБСП), а также оценить влияние клеевых составов на физико-механические свойства бумаги и обосновать выбор оптимальных составов для повышения эксплуатационных характеристик ДБСП.

Выбор глицерина в качестве модификатора смолы обоснован его способностью образовывать водородные связи, снижая межмолекулярное взаимодействие внутри сетки смолы. В таблице представлены результаты исследований по равномерности пропитки бумаги раствором карбамидоформальдегидной смолы (КФС), содержащей глицерин (расходом 5% к а. с. смоле) и без него.

Таблица – Равномерность пропитки бумаги

Параметр	Образец с КФС	Образец с КФС и глицерином
Равномерность пропитки, %	4,94	3,37
Содержание летучих веществ, %	5,97	6,02
Содержание смолы, %	53,63	60,19

Результаты оценки равномерности пропитки бумаги показали, что добавление глицерина не изменяет технологические параметры процесса и позволяет применять его для изготовления бумажно-смоляных пленок и пластиков. Содержание смолы и летучих веществ увеличилось за счет способности глицерина удерживать влагу и приблизилось к стандартным значениям.

Эффективность применения глицерина заключается в улучшении физико-механических показателей бумажно-смоляных пленок и пластиков, стадии получения которых в лабораторных условиях представлены на рисунке.



Рисунок – Технологический процесс получения ДБСП

Применение модифицирующей добавки, такой как глицерин, позволяет существенно улучшить эксплуатационные свойства ДБСП. Использование карбамидоформальдегидной смолы с глицерином позволяют повысить эластичность и прочность ДБСП, а также снизить его токсичность. Материалы на основе данного состава клеевой системы могут найти широкое применение в мебельной, упаковочной, машиностроительной отраслях.

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО КРАХМАЛА С РАЗНЫМИ СТЕПЕНЯМИ ЗАМЕЩЕНИЯ НА КАЧЕСТВО БУМАГИ

Специфика бумажно-картонных производств настолько сложна, что на каждом предприятии результат от применения катионного модифицированного крахмала (КМК) может быть различен. Необходимо учитывать множество факторов для достижения желаемого эффекта от применения добавки (повышение прочности, удержание мелкого волокна). Поэтому, как правило, для каждого КМК разрабатывается индивидуальная технология его применения с учетом конкретных целей и вида продукции [1]. Исследование влияния степеней замещения (СЗ) КМК на свойства бумаги может упростить подбор применяемой добавки, необходимой для достижения оптимальных свойств бумажной продукции.

Цель исследования – изучение влияния различных степеней замещения КМК на качество образцов бумаги.

Объектами исследования были выбраны КМК, синтезированные на кафедре химической переработки древесины (ХПД) БГТУ, а также полученные образцы бумаги с использованием данных КМК.

Роспуск и размол волокнистого полуфабриката (целлюлозы сульфатной из хвойных пород древесины (ГОСТ 9571-89)) проводили на дезинтеграторе и лабораторном ролле. Бумагообразующие свойства 1 %-ной волокнистой суспензии характеризовали степенью помола (СП = 35 °ШР), которую измеряли на аппарате СР-2. Измерение показателей качества готовых образцов бумаги проводили на разрывной машине (Testometric) и приборе Кобба.

Бумажная композиция состояла из: 100 %-ной целлюлозы (Ц), синтетического алкилкетен димера (расход 0,16 % от а. с. в.), КМК (расход 0,54 % от а.с.в.) с разной СЗ (0,05....0,4).

Свойства исследуемых образцов бумаги характеризовали такими показателями качества, как впитываемость при одностороннем смачивании (ВПИТ), разрушающее усилие в сухом ( $P_{сух}$ ) и во влажном ( $P_{вл}$ ) состояниях, разрывная длина (РД) и влагопрочность (В). Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица – Влияние степени замещения КМК на качество образцов бумаги

Состав бумажной композиции	Качество образцов бумаги				
	ВПИТ, г/м <sup>2</sup>	$P_{сух}$ , Н	$P_{вл}$ , Н	РД, м	В, %
Ц	92,2	63,4	1,9	4940	3,1
Ц+КМК <sub>0,4</sub>	92,3	62,7	1,2	4830	2,1
Ц+КМК <sub>0,25</sub>	98,3	77,5	1,0	5360	1,2
Ц+КМК <sub>0,1</sub>	99,3	68,0	1,5	5030	2,2
Ц+КМК <sub>0,05</sub>	99,3	74,1	1,6	5390	2,2
Ц+АКД	24,1	76,2	6,0	5350	7,9
Ц+КМК <sub>0,4</sub> + АКД	21,5	69,2	6,5	4835	9,6
Ц+КМК <sub>0,25</sub> + АКД	28,9	84,4	9,5	5560	11,2
Ц+КМК <sub>0,1</sub> + АКД	35,0	91,9	8,6	5650	9,3
Ц+КМК <sub>0,05</sub> + АКД	53,9	92,4	5,5	5335	6,0

Таким образом, выявлено, что КМК с наименьшей СЗ = 0,05 позволил повысить прочность полученных бумаги в сухом состоянии (от 63,4 Н до 74,1Н), а КМК со СЗ = 0,4 усиливает гидрофобизирующее действие проклеивающего агента в готовых образцах, о чем свидетельствует снижение показателя впитываемости при одностороннем смачивании.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы использования модифицированного крахмала для улучшения эксплуатационных свойств бумаги и картона / К. В. Пинчукова [и др.] // Молодой ученый. – 2016. – № 28. – С. 163–166.

## ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЛИГНИНА В КОРОТКОМ ВОЛОКНЕ ЛЬНА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В последние десятилетия наблюдается значительный рост спроса на целлюлозу и продукты её химической переработки в различных отраслях промышленности, что стимулирует разработку эффективных, экономически целесообразных и экологически безопасных методов её получения. Промышленное производство целлюлозы базируется на древесном сырье, преимущественно с использованием сульфатного процесса варки, который широко применяется в Республике Беларусь.

При получении целлюлозы одной из основных задач является делигнификация растительной биомассы. Традиционно данный процесс осуществляется с применением агрессивных химических реагентов и высоких температур, что сопровождается значительным образованием отходов, сточных вод и выбросов в атмосферу, негативно влияющих на окружающую среду. Поэтому при решении этой проблемы важным является использование новых химических, физико-химических и физических подходов при переработке возобновляемого растительного сырья.

Для устранения недостатков характерных для химических способов делигнификации, целесообразно использование инновационных методов микроволновой (СВЧ) и ультразвуковой (УЗ) обработки.

Ультразвук и микроволновое излучение оказывают значительное воздействие на скорость и направление протекания реакций. В ряде случаев применение УЗ и СВЧ-энергии позволяет повысить селективность протекания химических процессов.

Представляет практический интерес применение одновременно микроволнового и ультразвукового воздействия для обработки растительных материалов, в том числе льняного волокна.

Основная задача такого воздействия заключается в использовании его разрушающего влияния на лигниноцеллюлозный материал для увеличения реакционной способности компонентов растительной биомассы. Предварительная обработка субстрата ультразвуком изменяет скорость и глубину деструкции сырья и может быть применена для ускорения процессов делигнификации при непосредственной обработке или предобработке. При микроволновом нагреве осуществляется интенсивный нагрев в массе материала, а сочетание УЗ и СВЧ нагрева, оказывает значительное влияние на состав, структуру и свойства материала.

Обработку короткого льняного волокна проводили на установке в лаборатории химико-энергетических процессов Института тепло- и массообмена Национальной академии наук Беларусь при различных способах физического воздействия: ультразвуковой и СВЧ обработке и их комбинированном применении с целью выявления влияния особенностей деструкции льняного волокна и последующего определения содержания лигнина в полученных образцах.

При обработке суспензии короткого льняного волокна указанными методами установлены параметры воздействия, при которых достигается снижение содержания лигнина в образцах в два раза по сравнению с исходным материалом. Одновременно наблюдается значительное осветление волокна, что согласуется с характерной потерей интенсивности окраски при удалении лигнина и дополнительно подтверждает эффективность выбранного режима делигнификации, что обеспечивает возможность получения целлюлозы высокого качества при минимальном использовании химических реагентов и повышение эффективности процесса.

## МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМОЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основные задачи исследования заключались: в изучении возможности использования термопластичного полимера в качестве модификатора и акцептора формальдегида – политетленовой смолы [1] в композиции трехслойных древесностружечных плит (ДСтП); установить наиболее оптимальное соотношение карбамидоформальдегидной смолы КФС и политетленовой смолы (ПС).

Для проведения эксперимента были подобраны различные соотношения компонентов, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Композиционный состав ДСтП

Наименование компонента	Соотношение КФС : ПС				
	100:0	95:5	90:10	80:20	70:30
Стружка наружный слой, г	270	270	270	270	270
Стружка внутренний слой, г	139	139	139	139	139
КФС наружный слой, г	30	28	27	24	21
КФС внутренний слой, г	47	44	42	37	33
ПС наружный слой, г	–	2	4	8	12
ПС внутренний слой, г	–	3	6	12	18
Отвердитель наружный слой, г	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
Отвердитель внутренний слой, г	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3

Полученные результаты изготовленных плит на физико-механические свойства приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительный анализ полученных плит в различном соотношении КФС : ПС

Наименование параметра	Соотношение КФС : ПС					
	Единицы измерения	100:0	95:5	90:10	80:20	70:30
Влажность	%	4,5	4,5	4,5	5,0	4,4
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	550	645	580	700	585
Прочность при изгибе	МПа	14	11	11	12	6
Разбухание	%	18	51	27	33	63
Водопоглощение	%	104	101	95	49	60
Свободный формальдегид	%	9	8	5	7	7

Из таблицы 2 видно, что предпочтительным является введение политетленовой смолы в количестве 10% от массы сухого связующего. Это позволяет уменьшить содержание свободного формальдегида почти в 2 раза и, соответственно, снизить класс эмиссии, сохранив физико-механические свойства ДСтП на приемлемом для эксплуатации уровне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Е. И. Стремецкая, О. А. Маршалова. Сравнительный анализ свойств карбамидоформальдегидных и политетленовых смол для получения древесных композиционных материалов / Е. И. Стремецкая, О. А. Маршалова // Наука – шаг в будущее: тез. докл. студенческой науч.-практич. конф. факультета технологии орган в-в, Минск, 14–30 апреля 2025 г. – Минск: БГТУ, 2025. – Ч. 2. – С. 43.

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
КАНИФОЛЬНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАЖНЫХ МАСС**

Существующая технология kleеных видов бумаги и картона основана на осуществлении канифольной проклейки бумажных масс с использованием модифицированных канифольных продуктов (МКП) и электролита.

Цель исследования – изучить влияние бинарных систем «электролит – катионный полиэлектролит» на эффективность канифольной проклейки бумажных масс и удержание волокон и проклеивающих комплексов в структуре образцов бумаги и картона.

Объектами исследования являлись образцы бумажных масс (дисперсных систем), содержащих целлюлозные волокна и частицы дисперсной фазы двух видов канифольных эмульсий (нейтральной и высокосмоляной, применяемых для проклейки в кислой (рН 4,8–5,2) и нейтральной (рН 6,5–7,2) средах соответственно) и отличающихся видом и содержанием бинарных систем «электролит – катионный полиэлектролит».

Установлено (таблица), что использование бинарных систем «электролит – катионный полиэлектролит» вместо индивидуального применения процессных химических веществ (электролита и катионного полиэлектролита) способствует повышению удержания в структуре образцов бумаги (картона) компонентов бумажных масс.

Таблица – Удержание проклеивающих комплексов и волокон в структуре образцов бумаги

Удержание компонентов бумажных масс, %	Проклейка в кислой среде (рН 4,8–5,2) при использовании ТМ		Проклейка в нейтральной среде (рН 6,5–7,2) при использовании ТМВС-2Н	
	Существующая технология	Предлагаемая технология	Существующая технология	Предлагаемая технология
<b>Использование слабоосновного катионного полиэлектролита ППЭС</b>				
Проклеивающие комплексы	50,4–60,6	96,7–98,8	54,7–67,5	97,6–99,2
Волокна	93,0–95,3	95,6–97,3	93,0–95,3	98,6–99,5
<b>Использование сильноосновного катионного полиэлектролита ПДМДААХ</b>				
Проклеивающие комплексы	50,4–60,6	96,0–97,5	54,7–67,5	97,0–98,6
Волокна	93,4–95,6	96,5–97,7	93,4–95,6	99,0–99,6
<b>Использование сильноосновного катионного полиэлектролита СА МХ ДМАПА</b>				
Проклеивающие комплексы	50,4–60,6	94,8–97,0	54,7–67,5	96,5–98,0
Волокна	94,3–96,8	97,9–98,7	94,3–96,8	99,2–99,7

Таким образом, эффект ресурсосбережения при канифольной проклейке бумажных масс зависит от способов применения процессных химических веществ – электролита и катионного полиэлектролита. Использование бинарных систем «электролит – катионный полиэлектролит» способствует повышению удержания проклеивающих комплексов в структуре бумаги (картона) в 1,4–1,9 раза благодаря смещению процесса канифольной проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции; одной из основных причин достигаемого эффекта ресурсосбережения является участие слабоосновного катионного полиэлектролита ППЭС в процессе пептизации. Сокращаются расходы проклеивающего вещества на 2–4 кг/т и электролита на 6–12 кг/т. Экономия волокнистого сырья достигает 15–26 кг/т.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Способ получения бумажной массы: пат. 24648 РБ, МПК D 21 H 23/02, D 21 H 21/20, D 21 H 21/16, D 21 H 11/00 / Черная Н.В., Шишаков Е.П., Чернышева Т.В., Гордейко С.А., Герман Н.А., Дашкевич С.А., Мисюров О.А. – Патентообладатель БГТУ. Заявка № 20230323 от 18.12.2023; опубл. 20.07.2025.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВАРКИ ОСИНЫ НА СВОЙСТВА  
ПОЛУЧЕННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

В Республике Беларусь производство целлюлозы из древесины базируется исключительно на сульфатном методе варки, обладающем значительными технологическими и экологическими ограничениями. Данный факт обуславливает необходимость поиска альтернативных решений, среди которых перспективным направлением является разработка технологии получения целлюлозы при повышенном давлении. Такой подход может способствовать снижению ресурсоемкости и повышению экологической безопасности процесса.

В качестве сырья была выбрана щепа осины обыкновенной. Варку целлюлозы при атмосферном давлении в лабораторных условиях осуществляли в несколько стадий: стадия 1 – кислотный гидролиз; стадия 2 – фильтрование полупродукта; стадия 3 – щелочной гидролиз; стадия 4 – фильтрование полупродукта; стадия 5 – варка; стадия 6 – фильтрование целевого продукта; стадия 7 – сушка. Варочный раствор состоял из 67,0 мас. % уксусной кислоты, 8,4 мас. % пероксида водорода, 0,6 мас. % катализатора (0,5 %-я серная кислота). Гидромодуль варочный раствор: щепа составлял 15 : 1. Полноту протекания процессов оценивали по выходу продуктов.

Влияние условий процесса на свойства целлюлозы на каждой из стадий процесса:

– кислотный гидролиз (стадия 1 – удаление гемицеллюлоз). На полноту и скорость гидролиза влияют концентрация серной кислоты и продолжительность процесса. При понижении концентрации ниже 5,0 % полнота гидролиза снижалась, при повышении гидролизу подвергалась целлюлоза, на что указывало снижение содержания  $\alpha$ -целлюлозы в промежуточном продукте. При увеличении продолжительности процесса наблюдалось снижение содержания  $\alpha$ -целлюлозы.

– щелочной гидролиз (стадия 2 – разрушение эфирных связей лигнина). На полноту и скорость гидролиза наибольшее влияние оказывала концентрация NaOH, оптимальной концентрацией NaOH 17,5 %, время 2 ч. При концентрации щелочи ниже 17,5 % полнота гидролиза падает, при концентрации выше 17,5 % происходит деструкция целлюлозы.

– варка целлюлозы (стадия 3). Повышение давления позволило повысить температуру кипения варочного раствора, повышение температуры на 10 °C – сокращает продолжительность варки в 2–4 раза. Перемешивание реакционной смеси способствовало диффузии варочного раствора и, следовательно, сокращало время набухания щепы.

На основании анализа условий варки на выход целлюлозы выбраны следующие параметры предварительных стадий и стадии варки целлюлозы из осины в автоклаве (лабораторный варочный котел (дигесор) серия BN-ZZ). Стадия 1 – концентрация 5,0 %, продолжительность 1,5 ч; стадия 2 – концентрация 17,5 %, продолжительность 2,0 ч; стадия 3 – температура 130 °C, давление 300 кПа.

Анализ полученной целлюлозы показал, что содержание  $\alpha$ -целлюлозы составило 50,0 %; содержание остаточного лигнина – 3,0 %;  $\beta$ ,  $\gamma$ -целлюлозы – 46,7 %; минеральных веществ – 0,3 %. Разработанный способ является менее вредным с экологической точки зрения по сравнению с сульфатным.

Проведено исследование целесообразности применения указанного волокна в производстве бумаги. Установлено, что гидрофобные и физико-механические свойства образцов бумаги, изготовленных с использованием полученного целлюлозного волокна, соответствуют требованиям, предъявляемым к бумаге для внутренних слоев гофрированного картона. Однако как первичный полуфабрикат полученная целлюлоза является более дорогостоящей по сравнению с вторичным волокном, используемым при производстве указанного вида продукции.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВОГО ВИДА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ  
БЕЛЕНОЙ ИЗ ОДНОЛЕТНИХ РАСТЕНИЙ**

В настоящее время в Республике Беларусь единственным сырьем для получения целлюлозы является древесина. Это обуславливает необходимость рассмотрения возможности получения целлюлозы из однолетних растений.

В качестве сырья выбран котонизированный лен. Варку целлюлозы из однолетних растений при атмосферном давлении в лабораторных условиях осуществляли в несколько стадий: стадия 1 – предобработка 8 %-м раствором NaOH ; стадия 2 – промывка полупродукта; стадия 3 – варка целлюлозы; стадия 4 – промывка целевого продукта; стадия 5 – сушка. Варочный раствор состоял из 25 мас. % уксусной кислоты, 5 мас. % пероксида водорода. Гидромодуль варочный раствор : котолен составлял 20 : 1. Варку проводили при температуре около 100 °C (кипение реакционной массы) в течение 0,5 ч. Выход целевого продукта составил 75 % от массы исходного сырья. Содержание  $\alpha$ -целлюлозы – 87 % от абсолютно сухого волокна. В таблице 1 приведен полный химический состав исходного сырья (котолен) и полученного волокнистого полуфабриката.

Таблица 1 – Химический состав котольна и целлюлозы беленой

Показатели качества	Значение	
	котолен	целлюлоза беленая из котольна
содержание $\alpha$ -целлюлозы, %	73,5	87,0
содержание $\beta$ , $\gamma$ -целлюлозы, %	19,2	11,7
содержание остаточного лигнина, %	6,5	1,0
содержание минеральных веществ, %	0,8	0,3
влажность, %	10,0	10,0

Целевой продукт представлял собой рыхлую массу белого цвета. Из таблицы 1 видно, что содержание  $\alpha$ -целлюлозы в конечном продукте является достаточно высоким, а содержание остаточного лигнина минимально, что говорит о высоком качестве продукта. Средняя длина волокна полученной целлюлозы составляла 30–40 мм.

С использованием полученной целлюлозы беленой из однолетних растений изготавливали образцы бумаги. Композиционный состав по волокну – целлюлоза сульфатная беленая из смеси лиственных пород древесины (ГОСТ 28172-89 «Целлюлоза сульфатная беленая из смеси лиственных пород древесины. Технические условия») и целлюлозу беленую из однолетних растений (лен) в соотношении 90/10 %. Образцы бумаги после кондиционирования подвергали испытаниям на гидрофобность и прочность по стандартным методикам (ГОСТ 12605-97 «Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости при одностороннем смачивании (метод Кобба)»; ГОСТ 13525.1-79 «Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении»). Получено, что использование целлюлозы из котольна при изготовлении бумаги не влияет на ее разрушающее усилие в сухом состоянии и впитываемость при одностороннем смачивании. Для равномерного распределения нового вида целлюлозы в бумажной массе рекомендуется использовать диспергаторы на стадии роспуска.

Данное волокно потенциально может быть использовано как 100 %-е биоразлагаемое армирующее волокно при изготовлении специальных видов бумаги и как замена дорогостоящего хлопка при изготовлении высококачественных тканей и медицинской ваты.

## ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОФОБНОСТИ И ПРОЧНОСТИ БУМАГИ ОФСЕТНОЙ ПРИ ЗАМЕНЕ ИМПОРТНОГО КРАХМАЛА НА ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ

В связи с необходимостью обеспечения экономической безопасности и технологической независимости Республики Беларусь в условиях ограничений на импорт, проводится политика импортозамещения.

Целью исследования является изучение возможности замены импортного крахмала в производстве офсетной бумаги на отечественный белорусский крахмал без ухудшения таких эксплуатационных характеристик, как гидрофобность и прочность. Это позволит снизить зависимость от внешних поставщиков, оптимизировать логистику и себестоимость продукции.

В ходе эксперимента были получены 3 вида образцов офсетной бумаги. В первом образце использовалась только чистая размолотая сульфатная хвойная белёная целлюлоза, она нужна для сравнения двух последующих образцов, в которых использовались химикаты. Второй и третий образец были получены по двум технологиям с использованием той же целлюлозы, что и в первом образце. По существующей технологии в качестве упрочняющей добавки использовался импортный крахмал (Hi-Cat 323 A, Франция), а в предлагаемой технологии была произведена замена импортного крахмала на отечественный крахмал марки № 7 производства (ООО «Ютанол», г. Могилев). Дозировку всех химикатов в бумажную массу осуществляли при их 1 %-ной концентрации. Химический композиционный состав второго и третьего образца, а также последовательность их дозировки имеет следующий вид: АКД, крахмал, отбеливатель и каолин.

После изготовления образцов офсетной бумаги и их высушивания, полученные образцы подверглись изучению их основных характеристик. Показатели качества образцов бумаги представлены в таблице.

Таблица – Основные свойства образцов бумаги офсетной

Состав бумажной массы	Разрывная длина, м	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м <sup>2</sup>	Влагопрочность, %
100 % сульфатная хвойная белёная целлюлоза (образец 1)	4640	74	3,9
По существующей технологии (образец 2)	4470	18,5	21,9
По предлагаемой технологии (образец 3)	4430	17	25,3

Из таблицы видно, что между образцами 2 и 3 разрывная длина и впитываемость при одностороннем смачивании очень близки, а показатель влагопрочности для предлагаемой технологии увеличился на 4 %, по сравнению с существующей технологией.

Таким образом, использование крахмала белорусского производства, появляется возможность уменьшить себестоимость бумаги офсетной, не теряя основных показателей качества, а также сэкономить упрочняющую добавку.

Науч. рук. проф. Н. В. Черная, доц. С. А. Гордейко, доц. И. В. Николайчик  
(кафедра химической переработки древесины, БГТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КАРТОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ВМЕСТО ИМПОРТНЫХ

Проблема импортозамещения является актуальной.

Целью исследования является изучение возможности замены импортных химикатов в производстве картона листового водостойкого на отечественные белорусские химикаты, а также улучшение свойств продукции. Это позволит повысить уровень импортозамещения, обеспечить независимость предприятия от санкций, упростить и оптимизировать логистику.

В ходе эксперимента были получены 3 вида элементарных слоев картона листового водостойкого. В образце 1 использовали только размолотую небеленую сульфатную целлюлозу без химикатов, она нужна для сравнения двух последующих образцов, в которых использовались химикаты. Образцы 2 и 3 были получены по двум технологиям с использованием той же целлюлозы, что и в образце 1. Образец 2 был получен по существующей технологии предприятия ООО «Тиллит–Бел». Образец 3 был получен по предлагаемой технологии с заменой всех импортных химикатов на отечественные. Дозировку химикатов в бумажную массу осуществляли при их концентрации 1 %, а флокулянта – с концентрацией 0,01 %. Композиционные составы образцов 2 и 3, а также последовательность их дозировки имеет следующий вид: АКД (канифольная эмульсия), коагулянт, влагопрочная смола и флокулянт.

После изготавлили образцы элементарных слоев картона их высушивали и определяли основные свойства (таблица).

Таблица 1 – Основные характеристики образцов бумаги офсетной

Состав бумажной массы	Разрывная длина, м	Впитываемость при одностороннем смачивании, г/м <sup>2</sup>	Влагопрочность, %
100 % сульфатная хвойная небелёная целлюлоза (образец 1)	4380	88,7	3
По существующей технологии (образец 2)	2440	37,6	25
По предлагаемой технологии (образец 3)	4100	21,5	28,6

Из таблицы видно, что между образцами 2 и 3 имеется существенное различие. Влагопрочность и разрывная длина увеличились на 3,6% и 1660 м соответственно, а впитываемость при одностороннем смачивании уменьшилась на 16,1 г/м<sup>2</sup>

Таким образом, используя отечественные химикаты, предприятие может добиться лучших показателей качества при тех же расходах, либо уменьшить себестоимость за счет снижения расходов с сохранением требуемых основных характеристик.

## ТОРФЯНЫЕ СОРБЕНТЫ

Сорбционные процессы являются основными в области защиты окружающей среды от загрязнения нефтепродуктами. В мире производится и используется для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов более двухсот различных сорбентов, которые подразделяют на природные и синтетический, на неорганические, органические и органоминеральные. Их качество определяется сорбционной емкостью по отношению к нефтепродуктам, степенью гидрофобности, плавучестью, а также возможностью десорбции нефтепродуктов и регенерации или утилизации сорбента.

При поиске новых сорбционных материалов также учитывается доступность сырья при получении сорбентов. И здесь, прежде всего, ориентируются на местные сырьевые ресурсы. Известно, что торф является важным природным ресурсом Республики Беларусь. Благодаря значительным запасам торфа, страна занимает ведущие позиции в его добыче и переработке в Европе. Проведенный анализ показывает, что характеристики торфяных сорбентов для сбора нефтепродуктов позволяют им успешно конкурировать с прочими видами материалов, имея средние значения емкости поглощения и преимущество по экономическим и экологическим показателям.

Целью данной работы является получение сорбентов на основе торфа для очистки природных и сточных вод от нефтепродуктов.

Для получения сорбентов использовался верховой и низинный торф, а также в качестве основы, на которую наносился сорбент, вспученные материалы перлит и вермикулит. Торф использовался неразделенный и его фракции. В ходе исследования получили 8 видов сорбентов.

Для обоснования выбора варианта синтеза сорбента для очистки воды от нефти и нефтепродуктов, были определены характеристики полученных сорбентов: влагоемкость, влагопоглощение, плавучесть, адсорбционная активность, удельная поверхность, нефтеемкость и нефтепоглощение.

Наблюдается четкая тенденция: чем мельче фракция торфа, тем ниже показатели влагоемкости и влагопоглощения материала. Наилучшие показатели имеет низинный торф, модифицированный вермикулитом, также неплохими показателями обладают низинный торф, модифицированный перлитом, верховой торф, модифицированный вермикулитом и композиционный сорбент на основе неразделенного верхового торфа. При этом наилучшей плавучестью обладали сорбенты, модифицированные перлитом. Это объясняется наличием в нем гидрофобных пор, способствующих отталкиванию воды и обеспечению плавучести сорбента.

Самое высокое значение адсорбционной активности у верхового торфа фракции меньше 3,5 мм, модифицированного вермикулитом. Верховой торф демонстрирует более высокую удельную поверхность по сравнению с низинным в одинаковых условиях. Это связано с его более пористой и менее разложившейся структурой. Наблюдается четкая зависимость: чем мельче фракция, тем выше удельная поверхность. Фракция 3,5-5,5 мм показывает максимальные значения для обоих типов торфа без минеральных добавок.

Самыми высокими значением нефтеемкости и нефтепоглощения обладает сорбент из верхового торфа, модифицированный вермикулитом.

Таким образом, сорбенты, полученные в результате исследований, эффективны для сбора нефти и нефтепродуктов. Но, учитывая то, что у них невысокая плавучесть, то рекомендуется их использовать в различных формах: в виде гранул или крошки, для насыпки на твердые поверхности и последующего сбора; в виде рукавов, матов и подушек, для локализации разливов на поверхности воды.

## ПОЛУЧЕНИЕ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЗОЛЫ

В технологическом процессе сжигания твердого и жидкого топлива образуется отход – зола. Проблема обращения с данным отходом актуальна не только для Республики Беларусь, но и для многих стран мира.

Не смотря на то, что известны различные способы переработки золы и использования её вторично, она не находит широкого применения на практике. Зола может использоваться в качестве удобрения, в производстве строительных материалов. Анализ научно-технической литературы позволил определить, что интересным направлением использования золы может стать ее использование в производстве абразивных материалов. На данный момент эта тема мало изучена и плохо разработана. Поэтому целью выполненной работы являлось исследование возможности получения абразивных материалов из золы, полученной при сжигании местных видов топлива.

Объектами исследования являлись образцы золы, отобранный в филиалах РУП «Минскэнерго»: «Молодечненские электрические сети» (топливо щепа) и «Жодинская ТЭЦ» (топливо щепа – торф – торфобрикет)

Работа выполнялась в следующей последовательности:

- фракционирование золы на фракции с размерами: более 0,5 мм, 0,25-0,5 мм, 0,16-0,25 мм и менее 0,16 мм;
- определение водородного показателя (рН);
- промывка и последующая сушка золы. Т.к. рН водной суспензии золы составила 12,5, то предположили, что сильно щелочная среда может оказать негативное воздействие на результаты, поэтому исследования проводили как с промытой, так и с не промытой золой;
- изготовление абразивных материалов в разных формах: в порошковом виде, абразивные ленты на различных основах (тканевая, полимерная, бумажная) и суспензии (пасты). Выбор разных форм объясняется разным назначением и способами применения абразивных материалов. Порошки используются для заточки, шлифовки и полировки, абразивные ленты – для обработки больших поверхностей, а суспензии (или пасты) – для тонкой полировки и финишной обработки, особенно для сложных поверхностей и инструментов;
- обработка полученными материалами поверхности изделий из разных материалов: керамика, металл, дерево, стекло.

По результатам исследований можно отметить следующее:

- разные фракции золы можно использовать для получения абразивных материалов с разным размером зерен. Крупные – для грубой обработки материалов, а мелкие – для финишной (полировки);
- наилучшие материалы получены на тканевой основе;
- для получения абразивных материалов предпочтение необходимо отдавать эпоксидному клею, а не полиуретновому. Срок службы абразивных материалов увеличился;
- после промывки размер золы уменьшился, поэтому можно получить только мелко-дисперсные материалы.

Развитие производства абразивных материалов из золы позволит снизить нагрузку на природные ресурсы и уменьшить объемы захоронения отходов, что особенно актуально в современных условиях устойчивого развития. Внедрение данной технологии может стимулировать создание новых рабочих мест и расширить ассортимент экологичных материалов на рынке. В перспективе возможно сочетание золы с различными связующими веществами для улучшения эксплуатационных характеристик абразивов и расширения их промышленного применения.

**ПЕРЕРАБОТКА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПЫЛИ  
 С ПОЛУЧЕНИЕМ ПИГМЕНТОВ**

В настоящее время переработка отходов является одной из важнейших экологических задач. В соответствии с законом Республики Беларусь «Об обращении с отходами» переработка отходов представляет собой приоритетное направление обращения с отходами.

На сегодняшний день ежегодно на машиностроительных заводах образуется достаточно большое количество отходов железосодержащей пыли – отхода III класса опасности, который в большинстве случаев подвергается захоронению на полигонах. Однако, высокое содержание в этом отходе железа позволяет предположить возможность его использования в качестве вторичного материального ресурса для получения товарной продукции. Среди возможных направлений утилизации – переплавка, получение коагулянтов, катализаторов и магнитных сорбентов – наиболее рациональным и технологически реализуемым оказалось получение железооксидного пигмента, востребованного в строительной, лакокрасочной, полимерной и керамической отраслях. Такой выбор обусловлен высоким содержанием железа (40–60 %), обладающего хромофорными свойствами, в составе пыли, простотой технологии, экологической безопасностью конечного продукта.

В работе предлагается следующий способ получения пигмента из рассматриваемого отхода:

Подготовка сырья – разделение отхода на немагнитную и магнитную фракцию в электромагнитном сепараторе. Немагнитную фракцию (песок) предлагается далее использовать в производстве керамики.

Кислотное выщелачивание – выделенная магнитная фракция (железосодержащая пыль) подвергается обработке в 18%-ной соляной кислотой (HCl) при температуре 60–90 °C. В результате железо переходит в раствор в виде ионов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ .

Окисление – добавление 3%-ной перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) для полного перевода железа в трёхвалентную форму, что необходимо для стабильной кристаллической структуры будущего пигмента.

Нейтрализация и осаждение – постепенное введение раствора гидроксида натрия (NaOH) до значения pH 8,5 – 9 в результате чего образуется осадок гидроксида железа(III).

Фильтрация – отделение осадка от маточного раствора.

Сушка – осадок сушится в сушильном шкафу до влажности менее 1 %.

Измельчение – высушенный осадок измельчают в шаровой мельнице, просеивают через сито для получения требуемой дисперсности

Термообработка – предварительно высушенный и измельченный осадок подвергают прокаливанию в муфельной печи. Температурный режим на этом этапе определяет цветовую гамму пигмента: при умеренном нагреве получают жёлтый гётит ( $\alpha$ -FeOOH), при более высоких температурах – красный гематит ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) или даже чёрный магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).

Таким образом, вместо того чтобы ежегодно отправлять железосодержащую пыль на захоронение, её можно превратить в полезный продукт. Это позволяет не только решить экологическую проблему, но и получить ценную товарную продукцию – яркий пример, как отходы становятся ресурсом.

## УТИЛИЗАЦИЯ БАРИЙ СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СТЕКОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На предприятии ОАО «МЗШ» образуется отход, содержащий соли бария и другие соединения, из закалочных ванн для термообработки, который относится к III классу опасности. Однако их химический состав, включающий соединения бария, представляет потенциальную опасность для окружающей среды. В соответствии с Законом «Об охране окружающей среды» и санитарными нормами, необходимо предотвращение вредного воздействия отходов на здоровье человека и природную среду. Годовой объем образования данных отходов составляет 1,32 тонны при нормативе 15% от массы используемого сырья. Устойчивый характер образования отходов требует организации специализированной системы их переработки в соответствии с принципами государственной политики в области обращения с отходами.

Несмотря на заявленную экологическую опасность, ключевой компонент отхода – барий, обладает значительным ресурсным потенциалом для вовлечения в хозяйственный оборот. Оксид бария (BaO) является целенаправленно вводимым компонентом в шихты для производства ряда специальных стекол, где он выполняет функции модификатора сетки, влияя на такие свойства, как плотность, показатель преломления и химическая стойкость. Высокотемпературный процесс стекловарения представляет собой эффективный метод иммобилизации токсичных компонентов, обеспечивающий за счет силикатного синтеза перевод подвижных ионов тяжелых металлов в химически инертную форму, прочно фиксированную в аморфной силикатной матрице.

Использование барийсодержащего отхода в составе стекольной шихты позволяет не только решить экологическую задачу и снизить себестоимость продукции, но и придает конечному материалу уникальные декоративные свойства. Наличие оксида хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), поступающего в состав шихты из отхода, обеспечивает стеклу устойчивую зеленую окраску. Оттенок может варьироваться в зависимости от концентрации отхода в шихте и условий варки – от светло-изумрудного до глубокого темно-зеленого. Это открывает возможность для использования полученного стекла в производстве декоративно-отделочных материалов, таких как облицовочная плитка, интерьерная мозаика, декоративные панно, сортовые и художественные изделия.

Поэтому в работе предлагается введение барий содержащего отхода в состав стекольной шихты для варки стекол.

В традиционной стекольной технологии оксид бария (BaO) вводится в состав шихты в виде химически чистого и стабильного карбоната бария ( $\text{BaCO}_3$ ). В процессе варки при температурах выше 1000°C  $\text{BaCO}_3$  разлагается с выделением  $\text{CO}_2$  и образованием активного BaO, который взаимодействует с кремнеземом, формируя силикатную структуру стекла. В работе предлагается частичное или полное замещение  $\text{BaCO}_3$  отходом производства. Были проведены лабораторные эксперименты по подбору наиболее эффективной концентрации отхода в составе шихты. Были получены стекла, содержащие от 5 до 60 масс.% барийсодержащего отхода. Все стёкла имеют красивый изумрудный цвет, интенсивность которого увеличивается с повышением содержания отхода в шихте. Это обусловлено наличием в отходе кроме солей бария других соединений, в частности, соединений хрома, обладающих хромофорными свойствами.

Таким образом, предлагаемый метод утилизации решает двуединую задачу: экологическую – за счет ликвидации опасного отхода методами глубокой переработки, и ресурсную – за счет замены дефицитного первичного сырья (баритового концентрата) в составе стекольной шихты.

## НОВОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ УКУСОВ НАСЕКОМЫХ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В современном мире проблема защиты человека и животных от кровососущих насекомых остается актуальной, особенно в сезон их активности. Традиционно для этих целей используются синтетические репелленты, основным действующим веществом которых является диэтилтолуамид (ДЭТА). Однако многочисленные исследования указывают на возможные негативные последствия применения синтетических репеллентов: токсичность, аллергические реакции, раздражение кожи, а также развитие устойчивости у насекомых к химическим компонентам. В связи с этим возрастаёт интерес к созданию эффективных и безопасных альтернатив на основе натурального растительного сырья (РС).

Натуральные репелленты могут применяться даже для детей, беременных и людей с повышенной чувствительностью к химическим веществам. Разработка таких репеллентов на основе РС не только способствует снижению химической нагрузки на окружающую среду и здоровье человека, но и позволяет использовать возобновляемые природные ресурсы.

Именно поэтому перед нами была поставлена цель: разработать новое средство для облегчения заживления и предотвращения укусов насекомых на основе РС.

Работа предполагала изучение механизма действия репеллентов на насекомых и, на основе полученных сведений, разработку безопасного и эффективного натурального средства на основе РС. Выбор растительного материала основывался на литературных сведениях о репеллентных свойствах сырья и анализе его химического состава.

Для исследования использовали листья базилика душистого (*Ocimum basilicum*), лемонграсса (*Cymbopogon*), мяты перечной (*Mentha piperita*), тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium*) и полыни горькой (*Artemisia absinthium*), цветки лаванды узколистной (*Lavandula officinalis*) и календулы лекарственной (*Calendula officinalis*).

Выбор РС был обусловлен их химическим составом, который придает репеллентные и лечебные свойства нашему средству, что делает его эффективной альтернативой синтетическим аналогам. Так, базилик душистый, содержащий эвгенол, линалоол и цинеол, обладает сильным запахом, который отталкивает комаров, мух и моль. Полынь горькая благодаря наличию туйона и абсинтина обладает резким запахом, отпугивающим многих вредителей, включая мух, моль и клещей. Лаванда узколистная известна своим успокаивающим ароматом, а ее эфирные масла, содержащие линалоол и линалилацетат, эффективно отталкивают моль, блох и комаров. Лемонграсс, в свою очередь, содержит цитраль, дезориентирующий комаров и других летающих насекомых. Мята перечная богата ментолом – соединением, которое вызывает ощущение прохлады у человека, но при этом отпугивает комаров, мух и других назойливых насекомых. Тысячелистник обыкновенный содержит ахиллеин и хамазулен, обладающие противоспалительными и антисептическими свойствами, а также отпугивающие насекомых своим ароматом. Наконец, календула лекарственная богата терпентинами и каротиноидами, создающими отпугивающий эффект против тли, комаров.

Таким образом, разработанное нами средство обладает двойным эффектом (предназначено для решения двух задач): по возможности предотвратить укусы насекомых, но, в случае их появления, способствует их быстрому заживлению. Подходы для решения поставленных задач различны, т. к. в первом случае имеется в виду профилактическая мера, направленная на избежание самого факта укуса; во втором случае происходит ликвидация последствий укуса. Благодаря этому наше средство будет обеспечивать комплексную защиту, что существенно отличает его от аналогов, представленных на современном рынке, т. к. они обладают такими же эффектами, но по отдельности.

## **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

В современном мире человек сталкивается с огромным количеством стрессовых ситуаций, не правильное и не регулярное питание, постоянное чувство усталости, вредные привычки, все это приводит к развитию так называемой «болезни цивилизации». Одной из основных причин развития этого заболевания является неправильное питание: избыток сахара, жиров, соли, обработанных продуктов (фастфуд, готовая еда). Именно поэтому на государственном уровне стоит вопрос об организации правильного питания начиная с детских садов, школ. Развитие с малых лет культуры правильного питания, позволит сохранить здоровье нации [1, 2].

Таким образом актуальной задачей является разработка новых и расширение имеющихся линеек продуктов, относящихся к правильному питанию. В настоящее время мы все чаще сталкиваемся с термином «функциональные продукты питания» – это обычная еда обогащенная дополнительными полезными ингредиентами (витаминами, минералами, пищевыми волокнами, пробиотиками и др.) или лишенная вредных компонентов, чтобы оказывать положительное воздействие на здоровье.

Целью работы является обогащение продуктов питания полезными компонентами. В качестве сырья предлагаем использовать растительный жмых (клюквенный, голубичный, яблочный). В ходе литературного поиска и на основании своих собственных исследований установили, что данный вид вторичного растительного сырья в своем составе содержит целый комплекс биологически активных компонентов (антоцианы, флавоноиды, витамины, клетчатка и др.).

Был подготовлен ягодный жмых из растительного сырья заготовленного в 2025 г. в Витебской области. Жмых высушили при температуре 50°C и использовали для дальнейших исследований. Были разработаны рецептуры чая с добавлением жмыха и конфеты с присыпкой из жмыха.

В ходе дегустации, проведенной среди респондентов (одна возрастная группа – 14-17 лет), было установлено, что разработанные продукты питания получили максимальное количество баллов и все респонденты отметили, что с удовольствием приобрели бы данные продукты.

Тем самым можно сделать вывод, что обогащенные ягодным жмыхом продукты питания получились не только полезными, но и вкусными, что делает их перспективным товаром.

Дальнейшая работа будет направлена на проведение дегустации среди разных возрастных групп, а также разработку новых продуктов с использованием жмыха из другого растительного сырья, например, свекольного.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Здоровое питание : информационный бюллетень ВОЗ. Женева : Всемирная организация здравоохранения, 2020. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения: 11.05.2024).
2. Ловкис, З. В. Функциональные продукты питания / З. В. Ловкис, Е. А. Моргунова // Наука и инновации. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 13–17.

(кафедра фармацевтической технологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», кафедра фармацевтической технологии)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА**

Структура геля из поливинилового спирта (ПВС) представляет собой трехмерную пространственную сетку из высокомолекулярных веществ, которая удерживает жидкую дисперсионную среду (воду или органический растворитель). Эта сетка придает гелям способность сохранять форму, прочность, эластичность и вязкость.

Вязкость геля зависит от консистенции ПВС. Чем выше концентрация полимера, тем более вязким и густым будет сам гель. Работа с изменением концентрации позволяет контролировать консистенцию геля для получения конкретных модельных смесей с определенными физико-химическими свойствами.

Прочность геля связана с плотностью сетки полимера. Гели на основе ПВС могут быть как жидкими с неустойчивой сеткой, так и создавать плотные прочные структуры. Также, на прочность геля могут влиять вспомогательные вещества, такие как тетраборат натрия, используемый как сшивающий агент в опытных образцах, так как водный раствор ПВС легко превращается в гидрогель при добавлении тетрабората натрия вследствие образования межмолекулярного хелатного соединения при взаимодействии гидроксильных групп полимера с борат-ионами. Гели из ПВС, сшитые тетраборатом натрия, не распадаются при нагревании до 230 °С. Полученные гидрогели являются слабосшитыми и сильнонабухшими в воде материалами, содержащими до 95 % воды [1].

Однако, чистый ПВС-гель при нагревании может становиться более жидким и терять свою структуру. При охлаждении он снова загустевает и становится более вязким. Также для некоторых марок ПВС (пр. 16/1) температура необходима для самого гелеобразования, так как полностью омыленные ПВС после набухания растворяются только в горячей воде.

В процессе исследования было разработано два геля 16% вязкий гель из ПВС с добавлением 2,5% глицерина в качестве пластификатора и гидрогель состава: 5% ПВС, 1,5% глицерин, 1% тетраборат натрия. В дальнейшем планируется использование гелей как основ для введения в них лекарственных веществ и изготовления из них пленочных покрытий

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Полетаева А. Н. и др. Гидрогели поливинилового спирта и их применение в индустрии детских товаров //Пластические массы. – 2022. – №. 9-10. – С. 46-49.
2. Мягкие лекарственные формы: ОФС.1.4.1.0008 // Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. В 4 т. Т. 1. — Москва : Минздрав России, 2020. — С. 512–520.
3. Воробьёва Е. В. Полимерные комплексы и гидрогели на основе полиакриловой кислоты и поливинилового спирта //Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2020. – Т. 64. – №. 1. – С. 55-62.

## **БИОТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МАТКИ КАВКАЗСКОЙ ПЧЕЛЫ МЕТОДОМ ДУЛИТЛЯ**

Порода серых кавказских пчёл является одной из лучших и продуктивных пород на территории Беларуси. Морфо-биологические особенности матки серой кавказской пчелы показывают, что порода достаточно трудолюбива, способна легко отыскивать новые медоносы, но из-за низкой плодовитости и с целью сохранения породы было принято решение об искусственном выведении матки. Работу вели на пасеке, которая находится на границе Республики Беларусь и Российской Федерации (Смоленская область, Велижский район, деревня Верховье)  $55^{\circ}28.09'c.ш.$  и  $31^{\circ}00.10'v.д.$  На пасеке 20 ульев: 16 вертикальных и 4 горизонтальных. Существует несколько способов искусственного выведения пчелиных маток. В результате изучения процесса зарождения и развития пчелиных маток, для исследования решили использовать метод Дулитля – комбинированный путь искусственного выведения пчелиной матки. Для выведения матки мы взяли большой здоровый рой в горизонтальном улье [1].

В центральной части рамки вощиной прикрепили к бруски кассету, которая представляет собой небольшую плату с ячейками. Изготавливаем прививочную рамку, к которой в дальнейшем будем крепить мисочки. Мисочка представляет собой небольшой контейнер из натурального материала (воск) или пластика. Глубина от донышка – 8 мм, диаметр отверстия в мисочке – 4,6 мм. Мы использовали мисочки системы Никот из пищевого пластика. В дальнейшем в мисочке будет развиваться личинка будущей матки. Прививочные рамки помещаем заранее (1-2 дня). Кассету смазываем мёдом или опрыскиваем медовой сытой (мёд, растворенный в воде в разных пропорциях). Пчёлы привыкают к новому объекту. За это время кассета пропитывается запахом гнезда и согревается до нужной температуры.

За неделю до загрузки прививочной рамки устанавливаем потолочные кормушки. Семья подкармливается сахарным сиропом. Иногда добавляется кобальт. Кобальт является неотъемлемой частью систем организма пчелы. Он регулируют обмен минералов, белков, и углеводов. Хлористый натрий в составе препарата помогает восполнить недостаток соли в организме пчелы, что особенно важно весной и осенью.

Матку пчелы подсаживаем в кассету и закрываем заглушку. По проходу между кассетой и рамкой пчёлы свободно проходят к матке для кормления. Кассету проверяем через сутки. Если матка заложила кладку, то ее выпускаем. Рамка с сотом убирается в нижний магазин. Устанавливаем прививочную рамку на подготовленное место. Мисочки с однодневными личинками ставим на прививочную рамку. Мисочки прикрепляем очень быстро, чтобы личинки не успели остыть и высохнуть. Для приема личинок смотрим специальный календарь вывода маток. Формируется семья из личинок и пчёл, которые за ними ухаживают. Из улья убираем все соты без расплода (запечатанные ячейки с личинкой трутня и пчелы). Остаются только рамки с пергой. Центр улья оставляем свободным. Медовые запасы размещаем за диафрагмой. На пятые сутки проводим контроль семьи и удаляем все мелкие, кривые, свищевые маточники, оставляем ровные и крупные маточники. Отобранные маточники помещаем в клеточки для того чтобы после выхода первой матки не потерять остальных. Ожидаем появление первой матки. После появления маток подсаживаю их в крупную пчелиную семью, для формирования нового роя. Подготавливаем улей для зимовки.

Оформленный дневник наблюдений может служить руководством по самостоятельному выводу маток для пасечников-любителей. Самомотльное выведение маток позволит не только сэкономить финансы, но и увеличит медосбор со своей пасеки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Вывод маток [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pasichnyk.com.ua/ru/news/vivod-matok#:~:text>. – Дата доступа: 12.08.2023.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УТИЛИЗАЦИИ НИТРАТ- И ФОСФАТ-АНИОНОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД МИКРОВОДОРОСЛЯМИ *CHLORELLA*

Проблема очистки сточных вод становится одной из наиболее актуальных проблем в мире. Интенсивное промышленное и сельскохозяйственное производство, а также рост урбанизации приводят к образованию огромных объемов сточных вод, содержащих биогенные элементы, органические и минеральные загрязнители, тяжелые металлы. Для процесса водоочистки применяют механические, физико-химические и биологические методы.

Существующие методы и способы очистки не все универсальны и обладают недостатками, в то время как очистка микроводорослями активно изучается и используется благодаря их способности поглощать биогенные вещества и микроэлементы в процессе своего культивирования [1-2].

Целью работы было исследование процесса утилизации нитрат- и фосфат-анионов из сточных вод микроводорослями *Chlorella*.

Культивирование штамма микроводорослей *Chlorella sorokiniana* IPPAS C-1, полученного из каталога коллекции микроводорослей и цианобактерий Института физиологии растений РАН им. К.А. Тимирязева, осуществляли на модельных сточных водах в фотобиореакторе объемом 2 л, при аэрации газовоздушной смесью с концентрацией углекислого газа 0,03-0,06 % (расход  $3\pm0,5$  л/мин) в течение 9 суток при температуре  $30\pm1^{\circ}\text{C}$  и уровне фотосинтетически активной радиации (ФАР) 150 мкмоль фотонов/( $\text{м}^2\cdot\text{с}$ ), посевной материал микроводорослей концентрацией 60 млн кл/мл вносился в объеме 10 %. Подсчет клеток в образце осуществляли каждые сутки методом прямого подсчета в камере Горяева. Концентрацию нитрат-анионов в культуральной жидкости измеряли спектрофотометрическим методом, концентрацию фосфат-анионов в культуральной жидкости – фотометрическим методом с восстановлением аскорбиновой кислотой на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ [3].

По результатам проведенного исследования было определено, что за 9 суток культивирования на модельных сточных водах концентрация нитрат-анионов снизилась с 261 до 53,1 мкг/л (на 79,7 %). При этом активный спад концентрации происходил на 2 сутки. Концентрация фосфат-анионов при культивировании в модельных сточных водах снизилась с 45 до 3,3 (на 92,7%). Наблюдалось увеличение концентрации клеток за весь период с 1,1 до 9,1 млн клеток/мл. На 8 сутки концентрация клеток составляла 13,4 млн клеток/мл, что являлось наибольшим значением в данном исследовании.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что применение микроводорослей в качестве биологического агента для утилизации нитрат- и фосфат-анионов из сточных вод является перспективным решением для современных экологических проблем, связанных с системами очистки вод.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексное использование микроводорослей в очистке сточных вод и переработке отходов пищевой промышленности / Н. Зибарев, В. Жажков, М. Андрианова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2021. – Т. 25, № 11. – С. 18-23.
2. Субботина, Ю. М. Теоретические и методологические подходы к очистке сточных вод компонентами водной экосистемы / Ю. М. Субботина, И. Р. Смирнова, К. А. Кутковский // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 5 (127). – С. 99-106.
3. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии / под ред. К. Уилсона, Дж. Уолкера; пер. с англ. Т. П. Мосоловой, Е. Ю. Бозелек-Решетняк. – 3-е изд. – Москва: Лаборатория знаний. – 2020. – 855 с.

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА САБЕЛЬНИКА БОЛОТНОГО****НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ЗЛАКОВ И БОБОВЫХ**

Пшеница – главная пищевая культура мира. Из мягкой пшеницы изготавливают муку и хлебобулочные изделия [1]. Ячмень – один из самых распространённых культурных злаков, из его зерна изготавливают муку и крупы, корм для животных [2]. Горох – важная кормовая и продовольственная культура [3]. Важно получить качественную продукцию, без излишков остаточных пестицидов, опасных для здоровья населения и ограничить загрязнение ими почвы. Для этого, вместо излишнего внесения минеральных удобрений, можно использовать биологически активные вещества лекарственных растений, как регуляторы ростовых процессов. Среди них перспективен сабельник болотный (*Comarum palustre*). В его биомассе содержится большое количество кумаринов, которые стимулируют транспорт азота из корневой части растения в побеги, так же отмечается положительное влияние на развитие корней [4].

Материал и методы исследования. В исследования включены сорта пшеницы (Тобольская, Калинка), гороха (Багу, Астронавт), ячменя (Ирина). Перед посевом семена обработаны экстрактом сабельника болотного в концентрации 0,001% раствора, затем посевы в торфяную почву в соответствии с ГОСТ 12038-84. На 7 сутки определены показатели всхожести семян, линейные и весовые параметры растений.

Всхожесть семян была в диапазоне 80%–90% в зависимости от культуры. Воздействие БАВ *Comarum palustre* на этот показатель выявлено только по сорту пшеницы Тобольская (+10%). Получены достоверные значения по увеличению длины корней по пшенице 0,2-11%, ячменю – 24%, гороху - 16-20%; по длине побега по пшенице - от 21% до 22%, ячменю -14%, гороху – от 0,3% до 15%; по количеству корней по пшенице – 0,3% до 4%, по ячменю 1% Следовательно, выявлены существенные различия как на видовом, так и на сортовом (рис.1).

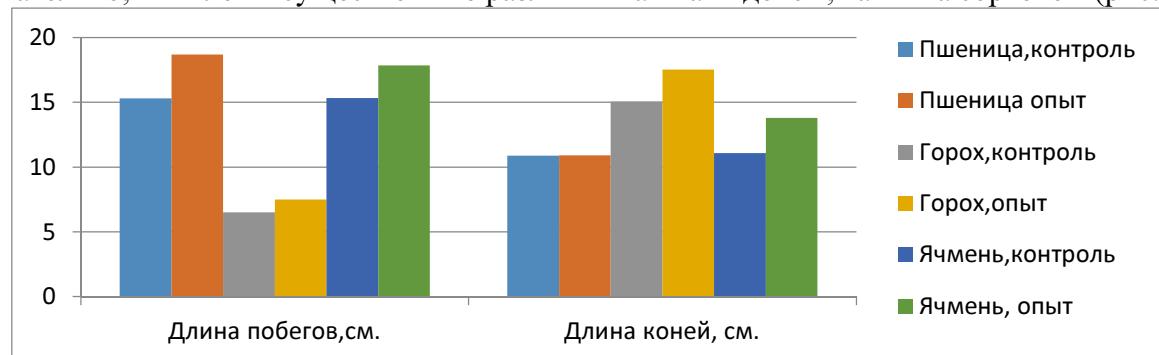


Рисунок 1 – Показатели культур

В ходе исследования была выявлена закономерность: на пшеницу регулятор действует в основном на побеги, на горох на корни, на ячмень и на корни, и на побеги.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Романов, Б. В. Перспективная линия озимой мягкой пшеницы / Б.В. Романов, И.Ю.Сорокина // МНИЖ. 2022. №4-1 (118). С 128-144.
2. Казак, А.А. Хозяйственная ценность озимого ячменя и его использование в селекции ярового в Тюменской области / А.А. Казак, Ю.П. Логинов, Л.И. Якубышева, С.Н.Ященко, А.С. Гайзатулин // Вестник КрасГАУ. 2025. №2 –С. 215 –218
3. Шаповникова, Ю.В. Изменение основных морфологических признаков растений зернового гороха в результате длительной селекции / Н.А. Коробкова, А.П. Коробков, Е.В. Пучкова // Известия НВ АУК. 2024. №3 (75). – С. 148–156.
4. Стругар, Й. Химические компоненты COMARUM PALUSTRE L. и их биологическая активность // Медико-фармацевтический журнал Пульс, Здоровье и образование в XXI веке. 2020. №12. –С. 127-128.

(Научно-образовательный центр биотехнологии и биоинженерии,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический  
университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации)

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ

### КАЛЛУСНОЙ КУЛЬТУРЫ *AMMI VISNAGA*

**Актуальность:** Антиоксиданты – важные растительные соединения, способствующие замедлению биологического старения клеток [1]. Для массового производства необходимо осуществлять поиск альтернативных источников промышленного получения растительных антиоксидантов. Перспективным объектом для промышленного культивирования является каллусная культура растения *Ammi visnaga*, за счет содержания широкого спектра биологически активных веществ.

**Цель исследования:** изучение антиоксидантной активности экстрактов каллуса *A. visnaga* в сравнении с активностью сухой биомассы растения.

**Материалы и методы:** исследование антиоксидантной активности проводилось спектрофотометрически. Метод основан на реакции свободного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) с антиоксидантами. [2].

**Результаты:** итоги исследований приведены в таблице.

Таблица – Результаты определения антиоксидантной активности экстрактов сухой биомассы растения *A. visnaga* и его каллуса

Образец	Антиоксидантная активность, %
Экстракт сухой биомассы растения	77,47
Экстракт каллуса	14,27

По результатам исследований показано, что экстракт сухой биомассы растения имеет ярко выраженные антиоксидантные свойства в отличие от экстракта каллуса.

**Выводы:** для повышения антиоксидантной активности экстракта каллусной культуры в дальнейших исследованиях необходимо провести работы оптимизации процесса культивирования каллуса, например, использовать элиситоры [3].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зверев, Я. Ф. Флавоноиды как перспективные природные антиоксиданты / Я. Ф. Зверев, В. М. Брюханов // Бюллетень медицинской науки. — 2017. — №1(5). — С. 20-27.
2. Драчева, Л. В. Суммарная антиоксидантная активность растительных экстрактов / Л. В. Драчева, Н. К. Зайцев, О. А. Жарикова, А. Т. Васюкова // Пищевая промышленность. — 2011. — № 9. — С. 43.
3. Попова, Е. А. Повышение биосинтеза вторичных метаболитов в каллусных культурах *Hyssopus Officinalis* L. / Е. А. Попова, А. В. Пунгин, А. П. Пантюхина // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. — 2024. — №3. — С. 102-126.

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА, ПШЕНИЦЫ  
И ЯЧМЕНЯ БАВ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН  
И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.), широко известная своими лекарственными свойствами, находит применение не только в медицине и пищевых технологиях, но и в растениеводстве, в том числе для обработки таких значимых культур, как горох, пшеница и ячмень. На основе ее экстрактов создаются регуляторы роста, такие как, например, Циркон [1; 2]. Основными действующими веществами выступают гидроксикоричные кислоты. Они положительно влияют на прорастание и лабораторную всхожесть семян, интенсифицируют развитие вегетативной массы и усиливают устойчивость растений к различным факторам стресса. [3]

В исследовании использовали семена гороха посевного (*Pisum sativum* L.) сортов Багу и Астронавт, пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) сортов Тобольская и Калинка, и ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) сорта Ирина. Семена обрабатывали 0,001% экстрактом эхинацеи в течение 15 минут. Для каждого сорта заложили опытные и контрольные варианты по 20 семян в двух повторностях с последующим усреднением данных.

Через 7 суток после посева провели морфометрические измерения: длину побега и корня; количество корней у злаков; развитие вторичных корней у гороха и корневых волосков (по 3-балльной шкале) у злаков. Также учитывали количество всходов, массу побегов и корневой системы. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты опытной группы в % от контрольной группы

	Тобольская	Калинка	Астронавт	Багу	Ирина
Длина побега	9,15	-2,4	-9,91	-13,4	5,74
Длина корня	9,05	1,03	-12,72	-10,38	9,11
Корневые волоски / Вторичные корни	-5,17	12,5	-5,77	-7,66	3,87
Масса побега	10,88	-4,71	-8,5	-10,69	5,68
Масса корня	11,22	3,57	-9,37	-12,67	10,76
Всхожесть	0	0	0	11,11	11,11

Обработка экстрактом эхинацеи показала неоднозначный результат на межвидовом уровне исследуемого биоматериала. Более отзывчивыми на обработку БАВ эхинацеи пурпурной оказались сорт пшеницы Тобольская и сорт ячменя Ирина. По гороху выявлено ингибирование всех показателей на 5,77-12,72% у сорта Астронавт, и на 7,66-13,4% у сорта Багу.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Гамзаева, Р. С. Влияние регуляторов роста на физиолого-биохимические показатели и продуктивность ярового ячменя / Р. С. Гамзаева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета - 2017. - Вып. 1(46). - С. 75-79.
2. Здор, В. Н. Биологическая активность экстрактов эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) / В. Н. Здор, С. В. Поспелов // Национальная ассоциация ученых. Сельскохозяйственные науки - 2020. - Вып. 56-1(56). - С. 31-34.
3. Меньщикова Я. В. Влияние препарата «Циркон» и сульфата калия на физиологические процессы *Capsicum annuum* L. (Solanaceae) сорта Калифорнийское чудо / Я. В. Меньщикова, Т. А. Лушникова // Вестник Удмуртского университета. Сер. «Биология. Науки о Земле» - 2019. - Вып. 29(1). - С. 31-39.

(Филиал Белорусского государственного технологического университета  
«Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов»)  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ  
МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ КЭФ**

Основным источником поступления в организм человека элементов комплекса минеральных соединений являются сырые овощи, фрукты и продукты их переработки: соки. В лабораторной практике для определения ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в соках используется метод атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС). Недостатком метода является необходимость введения в анализируемые и градуировочные растворы хлорида цезия и лантана для предотвращения частичной ионизации металлов в пламени.

Цель данного исследования – анализ одновременного определения содержания катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в соках при различном способе подготовки пробы.

Экспериментальные данные, представленные в таблице 1, показывают, что степень разбавления проб оказывает существенное влияние на величину относительной погрешности.

Таблица 1 – Содержание катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в соке при различном разбавлении, определенных методом капиллярного электрофореза

C (мг/дм <sup>3</sup> )	Разбавление $\text{H}_2\text{O}$ (1:10)		Разбавление $\text{H}_2\text{O}$ (1:25)		Разбавление $\text{H}_2\text{O}$ (1:100)		Разбавление $\text{CH}_3\text{COOH}$ (1:100)	
	$\text{C} \pm \delta$	$S_r$	$\text{C} \pm \delta$	$S_r$	$\text{C} \pm \delta$	$S_r$	$\text{C} \pm \delta$	$S_r$
$\text{C}(\text{Na}^+)$	$23,89 \pm 3,4$	14,10	$3,20 \pm 0,21$	6,53	$4,81 \pm 0,2$	4,28	$4,70 \pm 0,25$	5,41
$\text{C}(\text{K}^+)$	$227,58 \pm 15,8$	6,96	$36,96 \pm 3,49$	9,44	$48,71 \pm 2,0$	4,13	$48,71 \pm 1,00$	2,05
$\text{C}(\text{Mg}^{2+})$	$15,33 \pm 0,37$	2,39	$13,56 \pm 0,41$	3,06	$3,04 \pm 0,06$	2,0	$2,72 \pm 0,13$	4,99
$\text{C}(\text{Ca}^{2+})$	$12,60 \pm 0,36$	2,90	$7,35 \pm 0,12$	1,59	$2,86 \pm 0,03$	0,95	$6,60 \pm 0,46$	6,96

Величина относительной погрешности максимальна для  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  при разбавлении сока в 10 раз, для  $\text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  при разбавлении в 25 раз. Выявлено, что при разбавлении сока в 100 раз величина относительной погрешности минимальна и совпадает с заявленной величиной погрешности согласно [1]. Согласно [1] при определении  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , и  $\text{Ca}^{2+}$  в продуктах с объемной долей мякоти более 1% рекомендовано пробу продукта подвергать сухой минерализации. Сравнение результатов определения без и с озолением представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  методом капиллярного электрофореза при различном способе пробоподготовки (мг·дм<sup>-3</sup>)

Катион	Без озоления (1:100)			После озоления		
	C, мг/дм <sup>3</sup>	Введено, мг/дм <sup>3</sup>	Найдено, мг/дм <sup>3</sup>	C, мг/дм <sup>3</sup>	Введено, мг/дм <sup>3</sup>	Найдено, мг/дм <sup>3</sup>
$\text{Na}^+$	$476,1 \pm 19,6$	20,00	$15,65 \pm 1,22$	$602,6 \pm 9,1$	20,00	$24,81 \pm 3,71$
$\text{K}^+$	$4871 \pm 201$	20,00	$16,37 \pm 2,28$	$3826 \pm 22$	20,00	$22,74 \pm 2,47$
$\text{Mg}^{2+}$	$304,15 \pm 6,06$	20,00	$12,52 \pm 0,18$	$286,6 \pm 24,21$	20,00	$21,09 \pm 0,67$
$\text{Ca}^{2+}$	$285,85 \pm 2,73$	5,00	$5,33 \pm 0,11$	$86,9 \pm 10,79$	5,00	$4,11 \pm 0,15$

Из данных таблицы следует, что после проведения озоления содержание катионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{Ca}^{2+}$  в анализируемом образце уменьшилось, так как при озолении разрушаются комплексы, и устраняется мешающее влияние присутствующих в составе сложных смесей органических кислот и пектиновых веществ. Эксперимент «введенено-найдено» подтверждает достоверность результатов, полученных после проведения озоления.

## ЛИТЕРАТУРА

- МВИ М 04-52-2008. Методика определения неорганических катионов в напитках.

(Филиал Белорусского государственного технологического университета

«Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов»)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА, АЗОТА И КАЛИЯ В ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦАХ

Химические элементы могут находиться в составе почвенного раствора в форме свободных ионов, аквакомплексов, гидроксокомплексов, комплексов с органическими и неорганическими лигандами, в виде ионных пар и других ассоциатов. Избыточные количества растворимых солей создают повышенную концентрацию ионов в почвенном растворе, а это снижает плодородие почвы и её экологическое состояние.

Цель работы: определить количество доступных для растений фосфатов, соединений калия и азота.

В растения фосфор поступает исключительно из почвы, где он находится в форме органических соединений либо в виде минеральных, главным образом фосфорнокислых, солей кальция, магния, алюминия и железа. Актуальность калия и азота в почве заключается в их критически важной роли для роста и развития растений. Азот отвечает за рост зелёной массы и белков, а калий — за плодоношение, устойчивость к болезням и стрессам, а также за участие в углеводном и белковом обмене, при этом избыток калия может блокировать усвоение других элементов. Оба элемента, а также их баланс, требуют контроля, чтобы обеспечить урожайность и здоровье растений [1].

Подготовка проб: 5 г воздушно-сухой почвы, пропущенной через сито, отвешивают на аналитических весах, переносят в коническую колбу, прибавляют 25,0 мл 0,2 М раствора соляной кислоты, взбалтывают, оставляют отстаиваться на 15 минут, профильтровывают через ацетатно-целлюлозный фильтр в химический стакан и разбавляют бидистиллированной водой до 50,0 мл.

Результаты анализов по содержанию валовых форм N:P:K приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание фосфора, азота, калия

№ пробы	Почвы	pH водной вытяжки	Общий фосфор, мг/дм <sup>3</sup>	Общий азот, мг/дм <sup>3</sup>	Общий калий, мг/дм <sup>3</sup>
1	Супесь	6,26	0,18	1,865	44,54
2	Песчаные	6,12	0,44	4,376	12,73
3	Суглинистые	6,71	0,85	96,882	36,41

В почве нет единых ПДК для азота, фосфора и калия в привычном смысле, как для вредных веществ, но есть оптимальные диапазоны, которые зависят от типа почвы. Так общий азот оптимальным является 15-30 мг/дм<sup>3</sup>, фосфор 50-100 мг/дм<sup>3</sup>, калий 150-250 мг/дм<sup>3</sup>.

Полученные данные показывают, что в зависимости от типа почв содержание ионов фосфора, калия и азота варьирует. По уровню актуальной кислотности почвы классифицируются на: сильнокислые pH=3-4; слабощелочные pH=7-8; кислые pH=4-5; щелочные pH=8-9; слабокислые pH=5-6; сильнощелочные pH=9-11. нейтральные pH=7.

Представленные образцы относятся к слабокислому типу почвы. Данные показывают, что наибольшее содержание N: P: K характерно для суглинистого типа почв.

### ЛИТЕРАТУРА

- Методики агрохимических исследований почв и растений : учеб.-практическое пособие / В.Н. Дышко, В.В. Дышко, П.В. Романенко, Н.В. Слученкова. – Смоленск : ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 197 с

(Филиал Белорусского государственного технологического университета  
«Белорусский государственный колледж промышленности строительных материалов»)

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЭВТРОФИКАЦИИ ПРЕСНОВОДНЫХ СИСТЕМ МИНСКОГО РАЙОНА И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ВОДЫ

Эвтрофикация представляет собой процесс обогащения водной среды биогенными элементами, прежде всего соединениями азота и фосфора, что приводит к интенсивному развитию фитопланктона и нарушению экосистемного равновесия. Питательные вещества могут попадать в эвфотическую зону как за счёт естественных гидрографических механизмов (например, подъёма глубинной, богатой нутриентами воды), так и в результате антропогенной нагрузки (сельскохозяйственные стоки, промышленные и коммунальные сбросы, эрозия). Увеличение биодоступного азота и фосфора вызывает сдвиги в составе сообществ в пользу быстрорастущих видов, увеличение биомассы и частые цветения воды, что снижает прозрачность и изменяет потоки энергии и веществ в экосистеме.

В практическом плане борьба с культурной эвтрофикацией включает снижение поступления питательных веществ на источнике, управление внутренними запасами в толще воды и донных отложениях, а также регулярный мониторинг ключевых показателей для оценки эффективности мер и раннего выявления цветений [1].

Цель исследования – провести экологический мониторинг пресноводных систем Минского района и изучить их физико-химический и микробиологический состав для дальнейших исследований в области динамики эвтрофикации в условиях моделируемого стресса (добавление солей тяжёлых металлов, азотных и фосфорных удобрений и внедрение в системы новых участников трофической цепи).

Актуальность работы: на сегодняшний день проблема цветения водоёмов является одной из ключевых для экологического равновесия в водных системах. Отсюда актуальным является потенциальное исследование механизмов эвтрофикации для разработки безопасных и эффективных фильтрационных систем, занимающих малый объём.

В качестве объекта исследования была использована вода из озера Минской области деревни Тарасово (53.917572, 27.398143). Для проведения исследования были созданы два аквариума, заполненные водой, отобранный из исследуемого озера.

Результаты физико-химических исследований показали для анализируемых образцов слабоминерализованный состав, нейтральную реакцию среды ( $\text{pH}=7$ ) по потенциометрическому методу и умеренное содержание биогенных элементов, что соответствует типичным условиям пресноводных эвтрофных экосистем региона.

Результаты микробиологических исследований:

– посев проб воды показал наличие характерных для пресноводных водоёмов грамположительных бактерий (*bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*) и грамотрицательных бактерий (*Pseudomonas fluorescens*),

– микроскопирование при стократном увеличении показало наличие диатомовых водорослей и цианобактерий.

Полученные данные являются основой для дальнейших исследований данной водной системы в рамках моделируемых условий среды с целью создания микрофильтрационных систем.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Jorgensen, B. B.; Richardson, K. Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems / B. B. Jorgensen, K. Richardson. – Washington: American Geophysical Union, 1996. – 274 с.

УДК 577.164.2+54.084+544.4

Учащ. А. А. Карп, С. А. Стребко

(ГУО «Ордена Трудового Красного Знамени гимназия № 50 г. Минска»)

Науч. рук. учитель химии Ю. В. Акулич

(ГУО «Ордена Трудового Красного Знамени гимназия № 50 г. Минска»)

Консульт. доц. А. П. Подтероб

(кафедра аналитической химии, Белорусский государственный университет)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ

### АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

Аскорбиновая кислота — водорастворимый витамин, он участвует в синтезе коллагена, укрепляет иммунитет и поддерживает здоровье сосудов. Витамин С является антиоксидантом, легко отдает электроны, чтобы нейтрализовать нестабильные свободные радикалы, стабилизирует цвет соков и напитков. В настоящее время для обнаружения аскорбиновой кислоты используют высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), а также спектрофотометрические и флуориметрические методы.

Актуален поиск и использование общедоступной, точной и быстрой методики анализа не только для промышленности, но и для учебных заведений. Разработка и проверка методик, которые можно использовать в условиях обычного кабинета химии, дает нам шанс повысить качество практической деятельности и сделать исследования (научные работы) более доступными.

Цель работы — предложить простой и экспрессный метод количественного определения аскорбиновой кислоты.

Известно, что аскорбиновая кислота окисляется ионами Fe(+3). Нами предложено вместо ионов Fe(+3) использовать в данной реакции окрашенный комплекс, образованный ионами Fe(+3) и сульфосалициловой кислотой. В процессе окислительно-восстановительной реакции окрашенный комплекс должен разрушаться, а раствор обесцвечиваться. Скорость реакции будет возрастать с увеличением концентрации аскорбиновой кислоты. Таким образом, гипотеза заключается в возможности разработки кинетической методики количественного определения аскорбиновой кислоты. Контроль за протеканием реакции можно проводить как визуальным, так и спектрофотометрическим методом.

Нами исследована возможность визуального определения аскорбиновой кислоты с использованием окрашенного комплекса, образованного ионами Fe(+3) и сульфосалициловой кислотой. Предложена новая методика количественного определения аскорбиновой кислоты, основанная на зависимости времени протекания реакции от концентрации аскорбиновой кислоты в растворе, она применена в анализе лекарственного средства «Аскорбиновая кислота (витамин С). Порошок для приготовления раствора для приема внутрь». Установлено, что лекарственное средство представляет собой чистый порошок аскорбиновой кислоты.

Методика отличается быстрой выполнения (по сравнению с титрованием), доступностью с дешевизной растворов и небольшими погрешностями (2-3%). Методика рекомендуется для контроля качества лекарственных средств, содержащих аскорбиновую кислоту, но не содержащих красители.

В предложенной методике оптическая плотность используется как средство слежения за скоростью реакции окисления аскорбиновой кислоты окрашенным комплексом.

Научное издание

**НАУКА – ШАГ В БУДУЩЕЕ**

Тезисы докладов  
XIX студенческой научно-практической конференции  
факультета технологии органических веществ

9–12 декабря 2025 г.

В авторской редакции  
Компьютерная верстка *M. B. Рымовская*

Издатель:  
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.